

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Гидропневмоавтоматика»

Ю. А. Андреевец

ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы
мобильных и технологических машин»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2019

УДК 62-82(075.8)
ББК 34.47я73
А65

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 8 от 02.04.2018 г.)*

Рецензент: главный конструктор ОАО «ГСКБ ГА» *А. А. Гинзбург*

Андреев, Ю. А.
А65 Теория и проектирование гидропневмосистем :практикум по выполнению лаборатор. работ по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. и заоч. форм обучения / Ю. А. Андреев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 143 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены общие указания по выполнению и оформлению лабораторных работ; теоретические материалы по выполняемым работам; описание экспериментальных установок; методика выполнения работ; порядок обработки опытных данных; контрольные вопросы.

Для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 62-82(075.8)
ББК 34.47я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2019

Общие указания по выполнению и оформлению лабораторных работ

Общие положения

Данный практикум написан для студентов, обучающихся по специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин», в соответствии с программой курса «Теория и проектирование гидропневмосистем» и образовательным стандартом высшего образования ОСВО 1-36 01 13.

Лабораторные работы выполняются в объеме 34 часов, проводятся параллельно с чтением лекций и имеют целью:

- 1) Закрепление лекционного материала.
- 2) Знакомство с методикой, оборудованием и приборами для определения основных параметров объемных гидро- и пневмоприводов.
- 3) Приобретение практических навыков в обращении с приборами и установками, применяемыми для лабораторных исследований параметров и объемных гидро- и пневмоприводов, составления схем принципиальных.
- 4) Практическое знакомство со схемотехническими решениями при проектировании объемных гидро- и пневмосистем.

Требования к выполнению лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются отдельными группами студентов на рабочих местах, снабженных приборами, образцами испытуемых материалов и методическими указаниями по проведению испытаний. Лабораторные работы должны быть результатом самостоятельной и творческой работы студента или группы студентов. Все режимы работы экспериментальных установок задаются, а требуемые замеры выполняются студентом.

Техническое оформление лабораторных работ должно соответствовать ЕСКД. Отчет по лабораторной работе должен быть написан на одной стороне листов формата А4 и отличаться краткостью и ясностью изложения, без сокращения фраз и ненужных пояснений.

В начале отчета должен быть титульный лист установленного образца. По согласованию с преподавателем допускается оформление отчетов в ученических тетрадях.

Приведенные в начале каждой лабораторной работы теоретические положения необходимо изучить перед выполнением экспериментов. После защиты лабораторных работ отчет хранится на кафедре.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) цель работы;
- 2) основные теоретические сведения;
- 3) схему и краткое описание конструкции экспериментальной лабораторной установки;
- 4) расчетные формулы по обработке результатов замеров;
- 5) таблицу замеров и результатов расчетов, а также необходимые графики и диаграммы;
- 6) вывод.

Указания по технике безопасности

Инструктаж по технике безопасности, при работе в лаборатории объемных гидромашин проводится на первом лабораторном занятии.

Лабораторные работы выполняются на стендах, разработанных на кафедре "Гидропневмоавтоматика". При их выполнении следует соблюдать следующие правила:

1) К практическим занятиям в лабораториях объемных гидро- и пневмомаши и гидропневмоавтоматики допускаются студенты, получившие инструктаж по технике безопасности у руководителя лабораторными занятиями с соответствующим оформлением его в журнале. Студенты, не прошедшие инструктаж, к работе в лабораториях не допускаются.

2) Включение и выключение стендов производится преподавателями или лаборантами.

3) Студентам запрещается входить в помещение лаборатории, самостоятельно включать электродвигатели, открывать и закрывать задвижки трубопроводов, включать измерительные приборы.

Эти работы должны выполняться либо обслуживающим персоналом лаборатории, либо студентом, но под наблюдением руководителя практических занятий.

4) Оборудование учебного зала лаборатории относится к разряду особо опасных в отношении поражения электротоком и поэтому студенты обязаны строго соблюдать правила защиты (заземление установок, диэлектрические коврики, низковольтное переносное освещение 12 В), уметь оказать помощь пострадавшим от электротока.

5) В процессе проведения опыта студент, допущенный к выполнению работы, должен находиться на своем рабочем месте, указанном преподавателем или лаборантом. Студенты, не знающие устройства опытной установки и порядка выполнения работы, к выполнению лабораторного опыта не допускаются.

6) При проведении опыта запрещается выполнение действий, не предусмотренных в разделах "Порядок выполнения работы" или не разрешенных преподавателем или лаборантом.

7) Окончив работу на установке, студент должен поставить в известность об этом руководителя практических работ или обслуживающий персонал лаборатории.

Категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- оставлять без надзора стенд при работающем электродвигателе;
- проводить монтаж–демонтаж и устранять неисправности элементов гидросистемы, находящихся под давлением;
- пользоваться неисправными инструментами и приборами;
- переставлять (без согласования с преподавателем) оборудование.
- проводить какие-либо операции на изучаемых установках при отсутствии преподавателя или учебного мастера.

Категорически запрещается включать или выключать установки при отсутствии преподавателя или учебного мастера.

Рекомендуемая литература

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, которые могут дать правильные ответы на контрольные вопросы данной работы. Для подготовки к лабораторным занятиям рекомендуется использовать следующие учебники и учебные пособия:

- 1) Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
- 2) Гойдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов. - М., Машиностроение, 2009. – 304 с.
- 3) Назаров В.И. Теплотехнические измерения и приборы: учебное пособие / В.И. Назаров, В.а. Чиж, А.Л. Буров. - Минск: Техноперспектива, 2008. – 174 с.
- 4) Свешников В.К., Усов В.В. Станочные гидроприводы: Справочник: Библиотека конструктора. –М.: Машиностроение, 2004. -512 с.
- 5) Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. М.: Машиностроение. 1991

Лабораторная работа № 1

Изучение теоретических основ объемного гидропривода

Цель работы: ознакомиться с теоретическими основами принципа действия объемного гидропривода, устройством опытной установки, изучить виды измерительных приборов для определения параметров гидропривода, научиться измерять параметры гидропривода.

1.1. Общие сведения

Механическая энергия состоит из трех частей: энергии положения, потенциальной энергии давления и кинетической энергии. В объемных гидромашинах используется удельная потенциальная энергия давления, которая с помощью объемных гидравлических двигателей преобразовывается в механическую работу; остальными видами механической энергии обычно пренебрегают [1].

Принцип действия объемных гидроприводов основан на высоком объемном модуле упругости (не сжимаемости) жидкости и на законе Паскаля: всякое изменение давления в какой-либо точке покоящейся капельной жидкости, не нарушающее ее равновесия, передается в другие точки без изменения. Кроме закона Паскаля при расчетах объемного гидропривода обычно используют следующие законы: закон Архимеда, законы Ньютона.

Жидкость в гидравлике рассматривают как непрерывную среду, заполняющую пространство без пустот и промежутков. Когда жидкость находится в равновесии, то под действием внешних сил в жидкости возникает давление. Давление в неподвижной жидкости называется *гидростатическим давлением*. Оно обладает двумя свойствами:

- 1) на внешней поверхности жидкости оно всегда направлено по нормали внутрь объёма жидкости;
- 2) в любой точке внутри жидкости оно по всем направлениям одинаково, т.е. зависит от угла наклона площадки, по которой действует.

В общем случае величина среднего давления $p_{\text{ср}}$ будет равна [1, 2]:

$$p_{\text{ср}} = \frac{F}{S}, \text{ Па.}$$

Сила F , действующая на единицу площади S при стремлении (стягивании) этой площади к размерам точки A , называется силой *гидростатического давления*.

За единицу давления в Международной системе единиц SI принят *Паскаль* – давление, вызываемое силой 1Н, равномерно распределённой по нормальной к ней поверхности площадью 1 м².

В технике в настоящее время продолжают применять также систему единиц метр, килограмм-сила, секунда (МКГСС), в которой за единицу давления принимается 1кгс/ м². Широко используют также внесистемные единицы – техническую атмосферу и бар:

$$1 \text{ атм} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10000 \text{ кгс/м}^2 = 98100 \text{ Па};$$

$$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па} = 1,02 \text{ атм} .$$

Давление часто выражается высотой столба жидкости, которая называется пьезометрической высотой или пьезометрическим напором:

$$h = \frac{P}{\rho \cdot g}, \text{ м.}$$

Пьезометрическая высота есть высота такого столба жидкости, который своим весом способен создать давление, равное гидростатическому давлению в рассматриваемой точке. Измеряется в метрах водяного столба или миллиметрах ртутного столба:

$$1 \text{ атм(физ)} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 10,33 \text{ м вд.ст.};$$

$$1 \text{ атм(тех)} = 736 \text{ мм рт.ст.} = 10 \text{ м вд.ст.}$$

Рассмотрим случай равновесия жидкости, когда на неё действует одна сила тяжести, и получим уравнение, позволяющее находить гидростатическое давление в любой точке рассматриваемого объёма жидкости.

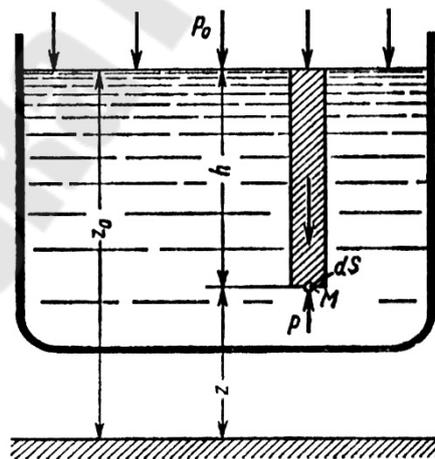


Рис. 1.1. Схема для вывода основного уравнения гидростатики

Пусть жидкость находится в сосуде (рис. 1.1) и на её свободную поверхность действует давление p_0 . Гидростатическое давление p в произвольно взятой точке M , расположенной на глубине h находится по формуле:

$$p = p_0 \pm \rho \cdot g \cdot h = p_0 \pm h \cdot \gamma \text{ Па,}$$

где ρ - плотность жидкости, кг/м³;

γ - удельный вес жидкости, Н/м³.

Полученное уравнение называют *основным уравнением гидростатики*; по нему можно подсчитывать давление в любой точке покоящейся жидкости.

Величина p_0 является одинаковой для всех точек объёма жидкости, поэтому можно сказать, что давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, передаётся всем точкам этой жидкости и по всем направлениям одинаково. Это *закон Паскаля*.

Рассмотрим случай, когда давление в сосуде больше атмосферного значения $p_0 > p_{\text{атм}}$.

Давление p_0 , определенное с учетом атмосферного давления, называется *абсолютным* давлением и определяется по формуле:

$$p_0 = p_{\text{атм}} + p_{\text{изб}}, \text{ Па.}$$

Давление p_0 , действующее на свободной поверхности жидкости в сосуде, превышает атмосферное давление на величину давления столба жидкости $\rho \cdot g \cdot h$. Это давление называется *избыточным* давлением:

$$p_{\text{изб}} = \rho \cdot g \cdot h, \text{ Па.}$$

Недостаток до атмосферного давления называется *вакуумметрическим* давлением:

$$p_0 = p_{\text{атм}} - \rho \cdot g \cdot h_{\text{вак}} = p_{\text{атм}} - p_{\text{вак}} \text{ или } p_{\text{вак}} = -\rho \cdot g \cdot h_{\text{вак}} < 0.$$

1.2. Приборы для измерения давления

Для измерения давления жидкости применяются различные приборы [3]:

- ✓ манометры – для измерения избыточного (или манометрического) давления,
- ✓ вакуумметры – для измерения вакуума,
- ✓ дифференциальные манометры – для измерения разности (перепада) давлений в двух точках (например, в двух сосудах).

Эти приборы могут быть:

- ✓ жидкостными,
- ✓ пружинными,
- ✓ поршневыми,
- ✓ электрическими,

✓ комбинированными.

Наиболее широкое распространение получили жидкостные и пружинные приборы.

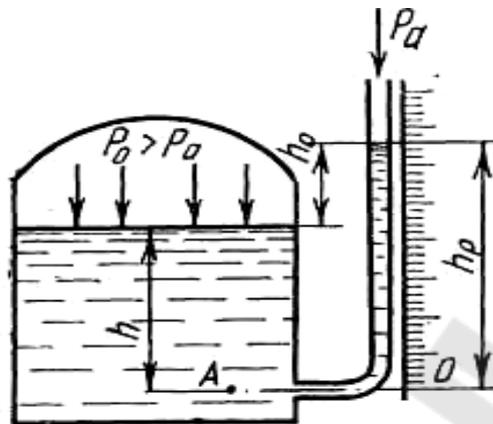


Рис. 1.2. Пьезометр

Жидкостный манометр (рис. 1.2) – пьезометр представляет собой стеклянную трубку, нижний конец которой соединен с точкой, где измеряется давление, а верхний открыт и сообщается с атмосферой.

Если давление на свободной поверхности жидкости в закрытом сосуде больше атмосферного, то уровень в пьезометрической трубке поднимется на высоту h_p , называемую *пьезометрической высотой*. Ее измерение производится по установленной строго вертикально линейной шкале.

Высоту столба жидкости в пьезометре h_p можно найти из условия равновесия жидкости по формуле [1]:

$$h_p = \frac{P_{\text{абс}}^A - P_{\text{атм}}}{\rho \cdot g} = \frac{P_{\text{изб}}^A}{\rho \cdot g}, \text{ м.}$$

Таким образом, по высоте столба жидкости в пьезометре с открытым верхним концом можно определить величину избыточного давления в сосуде на уровне точки подключения.

Для точки A , находящейся под свободной поверхностью в сосуде на глубине h абсолютное давление равно:

$$P_{\text{абс}}^A = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_p$$

где p_0 – давление на свободной поверхности в сосуде.

Жидкость поднимается в пьезометрах на определенную высоту и если установить несколько пьезометров на одном уровне, то измеряя пьезометрическую высоту (или давление) в каждом сечении можно получить пьезометрическую линию (рис. 1.3).

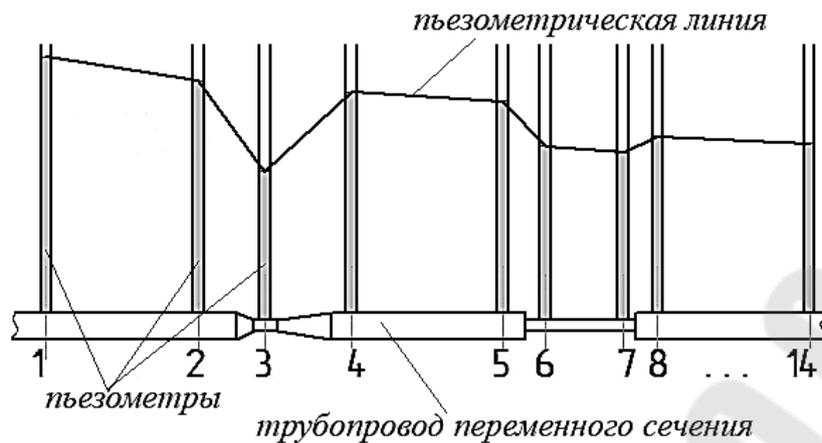


Рис. 1.3. Пьезометрическая линия

Для измерения небольших давлений (не более 0,15...0,20 атм) применяются пьезометры, наполненные водой, для больших давлений, но не свыше 2,0...2,5 атм (0,2...0,25 МПа) – пьезометры, наполненные ртутью, так называемые *ртутные манометры*.

Для измерений значительных величин избыточных давлений в жидкостях в практике используются металлические манометры. В *пружинном манометре* (рис. 1.4) жидкость или газ поступает через штуцер 1 в изогнутую медную или стальную полу трубку-пружину 2. Под действием избыточного давления трубка-пружина стремится разогнуться. Движение ее конца при помощи пластинки 3 передается на зубчатку, приводящую в движение стрелку 4, отклонение которой показывает на шкале прибора величину избыточного (манометрического) давления.

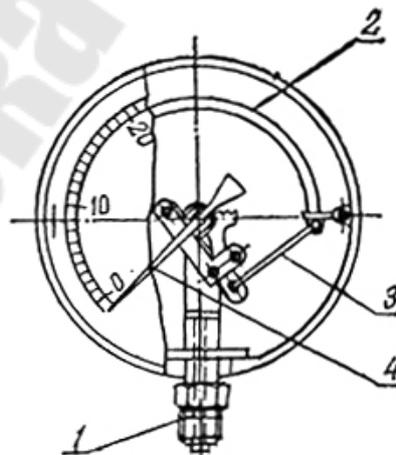


Рис. 1.4. Пружинный манометр

Для измерения вакуума применяются металлические *вакуумметры*, устройство которых аналогично металлическим манометрам. Кроме того, в технике используются *мановакуумметры* – приборы,

одна часть шкалы которых показывает манометрическое (избыточное) давление, а другая – вакуум.

1.3. Описание опытной установки

Опытная установка (рис. 1.5) состоит из резервуара 12, заполненного водой, центробежного насоса 13 с электродвигателем, расходомерного устройства (счетчика жидкости) 11, всасывающего 3 и напорного трубопроводов 4.

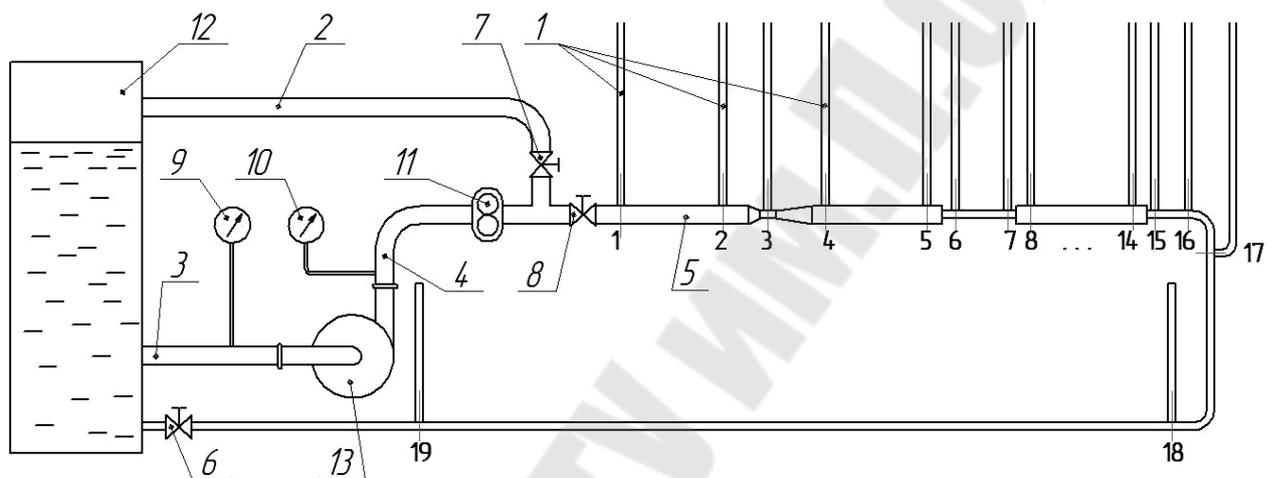


Рис. 1.5. Схема опытной установки

Напорная труба 4 после вентиля 8 переходит в трубопровод переменного сечения 5, на характерных участках которого установлены пьезометры 1, сливной трубопровод с вентилем 6. Вакуумметр 9 и манометр 10 служат для измерения давления соответственно на входе и на выходе из насоса. Расходомер 11 служит для измерения количества жидкости, проходящего через поперечное сечение трубопровода.

Вентиль 6 перекрывает подачу жидкости на слив трубопровода 5 переменного сечения. Вентиль 7 предназначен для регулирования расхода жидкости. Вентиль 8 перекрывает подачу жидкости в трубопровод переменного сечения.

В данной работе для измерения давления служат вакуумметр 9, манометр 10 и пьезометры 1. Пьезометры 1 сообщаются верхним концом с атмосферой, а нижним концом – с трубопроводом переменного сечения 5. Пьезометры служат для определения избыточного давления в трубопроводе переменного сечения 5, вакуумметр – во всасывающем трубопроводе 3, манометр – в напорном трубопроводе 4.

1.4. Порядок проведения работы

- 1) Снять эскиз трубопровода переменного сечения с указанием геометрических размеров (диаметры сечений и расстояния между ними), а также нумерации сечений (результаты внести в таблицу 1.1).
- 2) Измерить расстояние по горизонтали l_0 между точкой подключения манометра 10 и центром сечения 1 на трубопроводе 5.
- 3) Полностью открыть вентили 6 и 8, вентиль 7 закрыть.
- 4) Включить в работу насос 13, подающий воду из водосборного бака 12 в систему.
- 5) Установить уровень жидкости вентилем 8 в пьезометре, соответствующем сечению 1 на максимальном уровне (примерно 1 м).
- 6) Произвести измерения давления в трубопроводах 4 и 5 по манометру 10 и пьезометрам в сечениях 1...14.
- 7) Повторить измерения три раза.

1.5. Обработка опытных данных

Измерить расстояние от точки подключения манометра до первого сечения l_0 , см.

Измерить манометрическое давление $p_{\text{ман}}$, Па.

Определить пьезометрическое давление исходя из пьезометрического напора h_p по формуле:

$$p_p = h_p \cdot \rho \cdot g, \text{ Па}$$

где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды;

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

Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений и расчетов

№ сеч.	Диаметр сечения d , см	Расстояние между сечениями, l , см	Пьезометрический напор h_p , см	Пьезометрическое давление p_p , Па
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

По данным этой таблицы в масштабе построить пьезометрическую линию $p_p = f(l)$. За начало отсчета принять точку подключения манометра.

1.6. Контрольные вопросы

- 1) Из каких частей состоит механическая энергия?
- 2) Какой вид энергии используется в объемном гидроприводе?
- 3) Какие физические законы используют при расчетах гидравлических систем?
- 4) На чем основан принцип действия объемного гидропривода?
- 5) Что такое гидростатическое давление?
- 6) Сформулируйте первое свойство гидростатического давления
- 7) Сформулируйте второе свойство гидростатического давления
- 8) Формула основного уравнения гидростатики.
- 9) Закон Паскаля.
- 10) Что такое Паскаль?
- 11) Как определяется абсолютное давление?
- 12) Какое давление называется избыточным?
- 13) Какое давление называется абсолютным?
- 14) Какое давление называется вакуумметрическим?
- 15) Что такое пьезометрическая высота?
- 16) Какие приборы применяют для измерения давления?
- 17) Какие бывают виды измерительных приборов для давления в зависимости от способа измерения?
- 18) Какие приборы для измерения давления наиболее широко применяются?
- 19) В каком случае применяют ртутные манометры?
- 20) Как работает манометр?
- 21) Что представляет собой жидкостной манометр?
- 22) Что такое пьезометрическая линия?

Лабораторная работа №2

Составление принципиальных гидравлических схем объемного гидропривода

Цель работы: изучить элементы принципиальной схемы гидропривода (ГП), их обозначение и назначение; приобрести навыки построения гидросхем; разработать принципиальную схему ГП на основании задания, собрать схему из комплекта устройств и элементов лаборатории «Гидроавтоматики», проверить ее на работоспособность.

2.1. Правила выполнения схем

2.1.1. Общие требования к выполнению схем

Схема – графический конструкторский документ, на котором представлены составные части изделия и связи между ними в виде условных изображений и графических обозначений. Схема содержит необходимые данные для проектирования, регулировки, контроля, ремонта и эксплуатации изделия, разъясняет основные принципы действия и последовательность процессов при работе [4].

ГОСТ 2.701–2008 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» устанавливает виды и типы схем изделий всех отраслей промышленности и общие требования к выполнению этих схем.

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, схемы подразделяют на следующие виды и типы (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Виды, типы схем и их обозначения

Вид схемы	Обозначение	Тип схемы	Обозначение
Электрическая	Э	Структурная	1
Гидравлическая	Г	Функциональная	2
Пневматическая	П	Принципиальная	3
Кинематическая	К	Соединений	4
Оптическая	Л	Подключения	5
Вакуумная	В	Общая	6
Энергетическая	Р	Расположения	7
Газовая	Х	Объединенная	0
Деление изделия на составные части	Е		
Комбинированная	С		

Схемы выполняют на листах стандартных форматов.

При выборе форматов следует учитывать (ГОСТ 2.701–2008):

- объем и сложность проектируемого изделия (установки);
- необходимую степень детализации данных, обусловленную назначением схемы;
- условия хранения и обращения схем;
- особенности и возможности техники выполнения;
- возможность обработки схем средствами вычислительной техники.

Форматы листовых схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301-68, при этом основные форматы являются предпочтительными. Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею [5].

Каждой схеме присваивают код, состоящий из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы (таблица 2.1).

ГОСТ 2.701-2008 предусматривает следующие основные требования к выполнению схем:

- схема выполняется без соблюдения масштаба и действительного расположения составных частей изделия (установки);
- допускается располагать условные графические обозначения элементов на схеме в том же порядке, в котором они расположены в изделии, при условии, что это не затруднит чтение схемы;
- графические обозначения элементов и соединяющие их линии располагают на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействия его составных частей.

Каждая схема сопровождается перечнем элементов, которые помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа

На схеме допускается приводить различные технические данные, характер которых определяется видом и типом схемы. Эти сведения помещают около графических обозначений (по возможности справа или сверху) или на свободном поле схемы (по возможности над основной надписью). Около графических обозначений элементов и устройств помещают, в частности, номинальные значения их параметров, а на свободном поле – диаграммы, таблицы, текстовые указания. Схемы, выполняемые в электронной форме, рекомендуется выполнять однолистными с обеспечением деления этого листа при печати на необходимые форматы.

При вычерчивании схемы необходимо руководствоваться следующими стандартами:

- ГОСТ 2.704-76 Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
- ГОСТ 2.780-96 Обозначения условные графических, элементы гидравлических и пневматических сетей.
- ГОСТ 2.781-96 Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая;
- ГОСТ 2.782-96 Обозначения условные графические. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические.
- ГОСТ 2.784-96 Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов.
- ГОСТ 2.721-74 Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

2.1.2. Линии схем

Линии связи должны состоять из вертикальных и горизонтальных отрезков с минимальным количеством изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линий связи, ограничивая, по возможности их длину [4].

Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Линии связи показывают, как правило, полностью. Можно обрывать линии связи, если они затрудняют чтение чертежа. Обрывы линий связи заканчивают стрелками.

Линии связи, проходящие с одного листа на другой, обрывают за пределами изображения схемы. Рядом с местом обрыва линии указывают обозначение или наименование, присвоенное этой линии, и в круглых скобках номер листа схемы (при выполнении схемы на нескольких листах) или обозначение документа (при выполнении схемы самостоятельными документами), на который переходят линии связи.

Соединения линий связи в местах их пересечения отмечают точкой (рис. 2.1).

Согласно ГОСТ 2.701-2008 толщина линий гидравлической связи должна быть в пределах 0,7...1,4 мм в зависимости от форматов схем и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линии от 1 мм.

Элементы, составляющие функциональную группу или устройство, можно выделять на схеме штрихпунктирными линиями, указывают при этом наименование. Толщину штрихпунктирной линии принимают равной толщине линии связи.

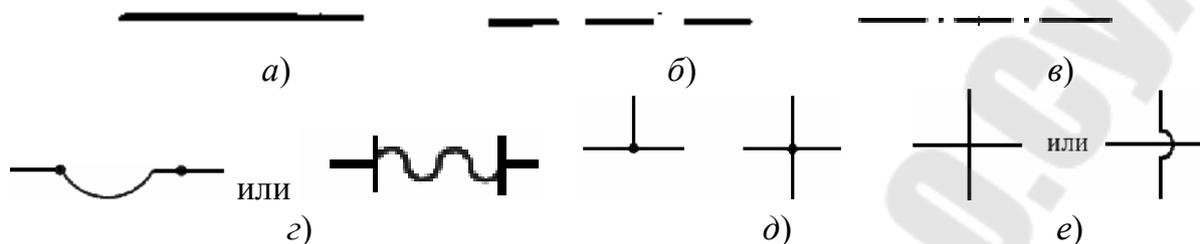


Рис. 2.1. Условное графическое обозначение гидрOLIний: а) рабочая линия (основная или тонкая); б) линия управления; в) линия выделения нескольких элементов в одном устройстве; г) гибкая линия (шланг или РВД); д) соединение линий; е) пересечение линий

Схему можно выполнять в пределах условного контура, упрощенно изображающего конструкцию изделия. В этих случаях условные контуры выполняют сплошными тонкими линиями.

2.1.3. Условные графические и буквенные обозначения элементов

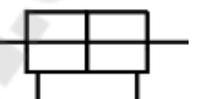
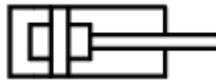
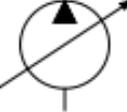
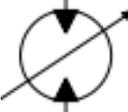
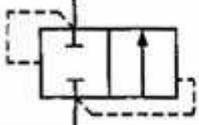
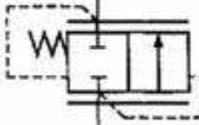
Все элементы на схеме изображаются условными графическими обозначениями, начертание и размеры которых установлены в стандартах ЕСКД (ГОСТ 2.721-74...ГОСТ 2.796-81) некоторые из них приведены в таблице 2.2 [6 ... 10].

Таблица 2.2

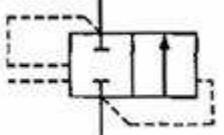
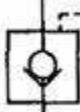
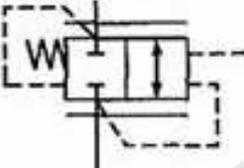
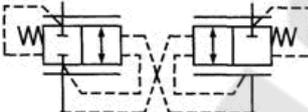
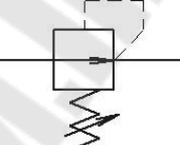
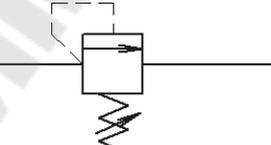
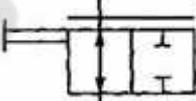
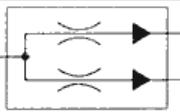
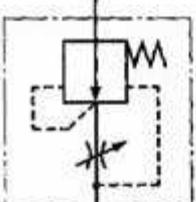
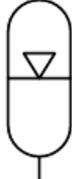
Условные графические обозначения элементов

Элемент гидросистемы	Обозначение	
	Детальное	Упрощенное
Гидро- и пневмомашины		
Цилиндр одностороннего действия: поршневой без указания способа возврата штока, пневматический		
поршневой с возвратом штока пружиной, пневматический		

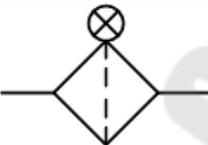
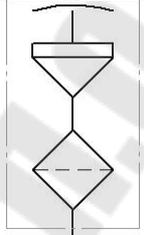
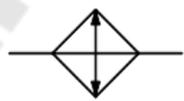
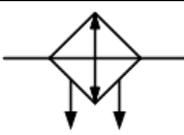
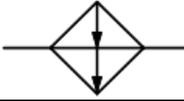
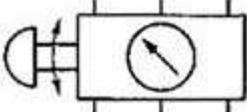
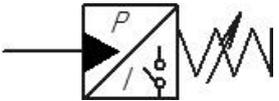
Продолжение таблицы 2.2

поршневой с выдвижением штока пружиной, гидравлический		
плунжерный		
Цилиндр двухстороннего действия: с односторонним штоком, гидравлический		
с двухсторонним штоком, пневматический		
Цилиндр двухстороннего действия с подводом рабочей среды через шток с одно- и двухсторонним штоком		
Цилиндр двухстороннего действия с постоянным торможением в конце хода одно- и двухсторонний		
Насос и мотор нерегулируемые с нереверсивным потоком (общее обозначение)		
Насос и мотор нерегулируемые с реверсивным потоком		
Насос и мотор регулируемый с нереверсивным потоком		
Поворотный гидродвигатель		
Гидро- и пневмоаппараты основные		
Клапан обратный - без пружины;		
- с пружиной;		

Продолжение таблицы 2.2

- с поджимом рабочей средой		
Гидрозамок односторонний		
Гидрозамок двухсторонний		
Клапан редуцирующий прямого действия		
Клапан предохранительный прямого действия		
Дроссель регулируемый. Без указания метода регулирования		
Вентиль. Без указания метода регулирования		
Дроссель с обратным клапаном.		
Делитель потока		
Регулятор расхода двухлинейный с изменяемым расходом на выходе		
Аккумулятор пневмогидравлический		

Продолжение таблицы 2.2

Вспомогательные гидроустройства	
Фильтры - общее обозначение	
- с индикатором загрязненности	
Фильтр заливной, совмещенный с воздушным фильтром (сапуном)	
Аппараты теплообменные - подогреватель	
- охладитель без указания линий подвода и отвода охлаждающей среды	
- охладитель с указанием линий подвода и отвода охлаждающей среды	
- охладитель и подогреватель	
Приборы контроля параметров	
Манометр	 или 
Манометр электроконтактный	
Манометр дифференциальный	
Переключатель манометра	
Реле давления	
Термометр	

Окончание таблицы 2.2

Термометр электроконтактный	
Расходомер	
Расходомер интегрирующий	
Маслоуказатель	

Таблица 2.3

Условные графические обозначения распределителей

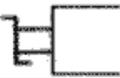
Номер схемы	Схема	Номер схемы	Схема	Номер схемы	Схема
14		44		74	
24		54		94	
34		64		134	

Таблица 2.4

Условные графические обозначения типов управления

Условное обозначение	Описание	Условное обозначение	Описание
Управление мускульной силой		Управление механическим воздействием	
	без уточнения типа		от толкателя
	ручное с кнопкой		от ролика
	ручное рычагом		от ролика с ломающимся рычагом
	ручное рычагом с фиксацией		от пружины

Продолжение таблицы 2.4

	ручное с поворотной кнопкой	Управление давлением	
	ножное педалью		прямое гидравлическое нагружением
			прямое пневматическое нагружением
			прямое гидравлическое разгрузением

Гидравлическому элементу и устройству, изображенному на схеме, должно быть присвоено буквенно-цифровое позиционное обозначение по ГОСТ 2.704-76 [4], которые записываются без разделительных знаков и пробелов. Каждое позиционное обозначение состоит из буквенного кода элемента (например, КМ, Н) и порядкового номера элемента, начиная с единицы (арабские цифры) и в пределах группы элементов с одним буквенным кодом, например, Н1, Н2, ..., Н15 и т.д.

Позиционные обозначения выполняются шрифтом №7,5 или №10 (высота букв и цифр в одном обозначении должна быть одинаковой) и наносят на схеме справа от условного графического изображения или над ним. Буквенно-цифровое обозначение записывается в одну строку без пробелов. Для установления единого порядка обозначений в соответствии с требованиями международных стандартов в позиционном обозначении элемента принимаются прописные буквы только латинского алфавита.

Порядковые номера присваиваются согласно последовательности расположения элементов на схеме в целом – сверху в низ в направлении слева на право.

Буквенные коды некоторых видов элементов в соответствии с ГОСТ 2.704-76 [4]:

— Устройство (общее обозначение)	А
— Гидроаккумулятор (пневмоаккумулятор)	АК
— Аппарат теплообменный	АТ
— Гидробак	Б
— Вентиль	ВН
— Пневмоглушитель	Г
— Гидродвигатель (пневмодвигатель) поворотный	Д
— Делитель потока	ДП
— Гидродроссель (пневмодроссель)	ДР

— Гидрозамок (пневмозамок)	ЗМ
— Гидроклапан (пневмоклапан)	К
— Гидроклапан (пневмоклапан) выдержки времени	КВ
— Гидроклапан (пневмоклапан) давления	КД
— Гидроклапан (пневмоклапан) обратный	КО
— Гидроклапан (пневмоклапан) предохранительный	КП
— Гидроклапан (пневмоклапан) редуционный	КР
— Компрессор	КМ
— Гидромотор (пневмомотор)	М
— Манометр	МН
— Маслораспылитель	МР
— Масленка	МС
— Маслоуказатель	МУ
— Насос	Н
— Насос-мотор	НМ
— Переключатель манометра	ПМ
— Гидрораспределитель (пневмораспределитель)	Р
— Расходомер	РМ
— Реле давления	РД
— Регулятор потока (расхода)	РП
— Ресивер	РС
— Термометр	Т
— Гидроусилитель	УС
— Фильтр	Ф
— Гидроцилиндр (пневоцилиндр)	Ц

В схемах, насыщенных условными графическими обозначениями, допускается все обозначения пропорционально уменьшать или увеличивать, при этом расстояние (просвет) между двумя соседними линиями условного графического обозначения должно быть не менее 1,0 мм. Условные графические обозначения элементов, используемых как составные части обозначений других элементов, можно изображать уменьшенными по сравнению с остальными элементами.

Графически обозначения выполняют линиями той же толщины, что и линии связи. Размеры условных графических обозначений, а также толщина их линий должны быть одинаковыми на всех схемах данного изделия. Если в условных графических обозначениях имеются утолщенные линии, то их выполняют толще линии связи в два раза.

Расстояние между отдельными условными графическими обозначениями должно быть не менее 2,0 мм.

Изображения элементов вычерчиваются на схемах в положении, установленном соответствующим стандартом, либо повернутые на угол кратный 90° , по отношению к этому положению. В отдельных случаях допускается условные графические обозначения поворачивать на угол, кратный 45° , или изображать вертикально повернутыми.

Условные графические обозначения, содержащие буквенные, цифровые, или буквено-цифровые обозначения, можно поворачивать против часовой стрелки только на угол 90° или 45° .

2.1.4. Составление гидравлической схемы

Принципиальная гидравлическая схема служит основой для расчета гидропривода, разработки схем соединений, изучения принципа действия машины.

При составлении принципиальной гидравлической схемы необходимо учитывать многие факторы: назначение гидропривода на машине (для привода рабочего оборудования или выполнения вспомогательных операций, установочных движений); уровень давления в гидросистеме: низкий (10...16 МПа), средний (16...25 МПа), высокий (25...42 МПа); условия функционирования гидропривода; надежность и др. [2, 11].

При составлении гидравлической схемы стремятся выполнить ее простой, с минимальным количеством элементов, необходимых для функционирования гидропривода и обеспечивающих заданную надежность.

В большинстве случаев выбираются гидравлические схемы с разомкнутой циркуляцией рабочей жидкости, когда жидкость от гидродвигателя поступает в гидробак.

Рекомендуется применять разгруженную схему гидропривода, т.е. со сливом рабочей жидкости в гидробак под малым давлением при нейтральном положении запорно-регулирующих элементов (золотников) гидрораспределителей.

Основанием для разработки принципиальной схемы ГП является вариант задания на лабораторную работу. В нем указаны требования к ГП и условия его работы – эти сведения являются исходными данными.

Для пуска, остановки и реверсирования гидродвигателя служат распределители.

Для поддержания необходимого уровня давления в гидросистеме установлен предохранительный клапан.

Производительность насоса измеряется расходомером.

Температура рабочей жидкости контролируется термометром.

Объемные гидромашины: насос – насос служит для нагнетания жидкости в гидросистему, цилиндр – гидроцилиндр служит для осуществления возвратно-поступательного движения рабочего органа, мотор – гидромотор приводит рабочий орган во вращательное движение.

Вспомогательные устройства: гидробак служит для размещения, охлаждения и очистки рабочей жидкости, фильтр предназначен для очистки рабочей жидкости от механических частиц.

Элементы ГП соединены гидролиниями.

2.2. Правила выполнения работ на стендах

Сборка гидравлических схем осуществляется на монтажной сетке (рис. 2.2). Сначала необходимо закрепить на сетке гидроаппараты и далее соединить их шлангами [12].

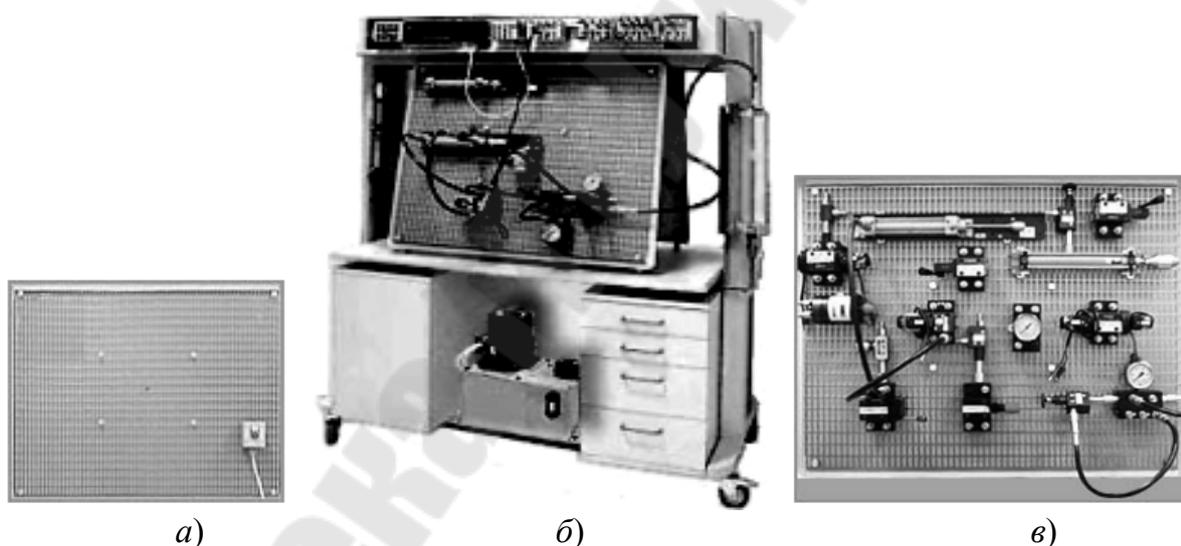


Рис. 2.2. Элементы лабораторной установки: а) монтажная сетка; б) гидравлический стенд; в) комплект гидравлических аппаратов

Присоединять шланги к аппаратам по навесу не разрешается. При размещении гидроцилиндров необходимо следить за тем, чтобы не создавалось преграды для движения штоков их поршней. В противном случае вследствие больших усилий аппараты и монтажная сетка могут быть повреждены.

Открытие крана пневмогидроаккумулятора разрешается только после присоединения его к напорной и сливной линиям. В противном

случае при наличии остаточного давления, не фиксируемого манометром пневмогидроаккумулятора, из него возможен выброс масла.

Особое внимание следует уделить монтажу датчиков. При этом следует иметь в виду, что зона чувствительности емкостного и индукционного датчиков не превышает 10 мм, а оптического – 25 см. При необходимости высота датчика должна быть подрегулирована установочными гайками.

Не разрешается самостоятельно перенастраивать предохранительный клапан насосной станции. Регулировки параметров элементов гидропривода необходимо выполнять плавно. Включение насосной станции производится после проверки схемы преподавателем.

Категорически запрещается предпринимать попытки остановить движение штока гидроцилиндра или вала гидромотора руками или какими-либо предметами.

Монтаж электрических соединений производится соединительными проводами различных цветов в соответствии с полярностью. После сборки схемы следует убедиться в ее работоспособности до включения насоса, замыкая датчики вручную.

При ошибочном соединении элементов электрической части схемы (коротком замыкании) возможно автоматическое выключение блока питания. В этом случае следует отключить его от сети с помощью сетевого выключателя и проверить правильность сборки схемы. Повторное включение производить не ранее, чем через 5 минут.

В случае обнаружения посторонних шумов, подтекания масла необходимо сразу выключить насосную станцию и поставить в известность преподавателя.

Все капли масла необходимо сразу удалять ветошью.

После завершения работы схема должна быть разобрана. Все гидроаппараты необходимо протереть ветошью, удалить капли масла из муфт соединительных шлангов и разложить по ящикам стенда. Стенд должен быть сдан преподавателю.

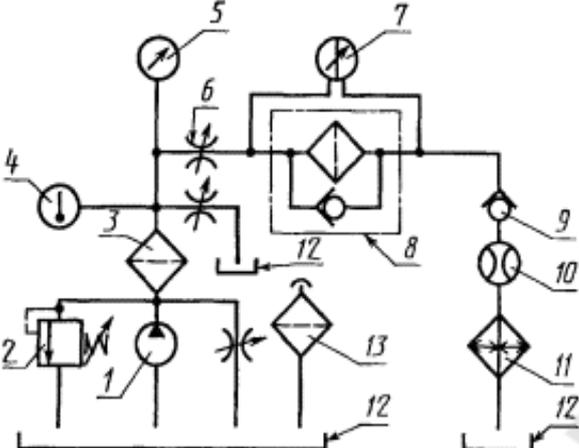
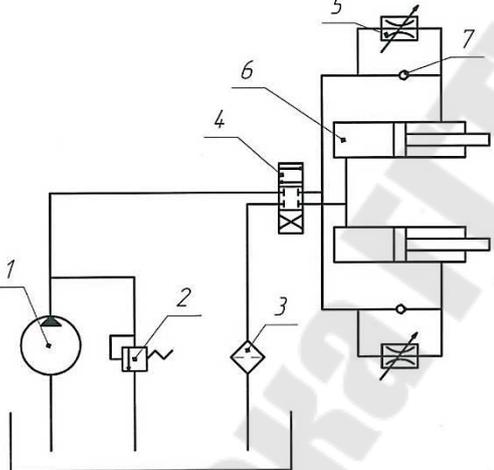
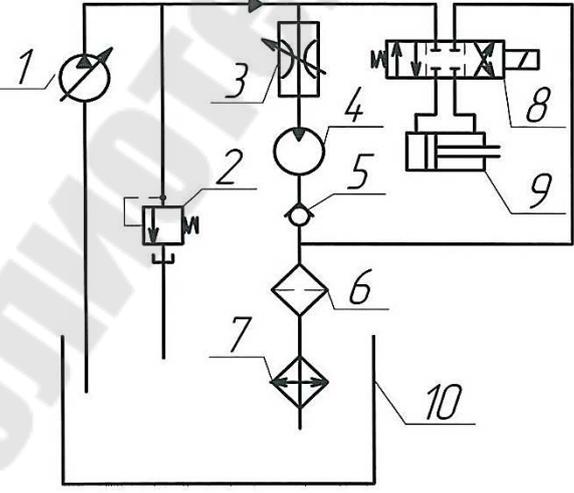
2.3. Порядок проведения работы и задание

- 1) Изучить правила выполнения схем гидравлических принципиальных.
- 2) Изучить правила выполнения работ на лабораторных стендах.
- 3) Используя условные обозначения, составить принципиальную гидравлическую схему гидропривода возвратно-поступательного или

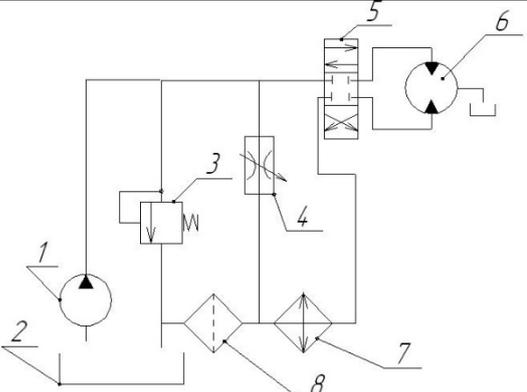
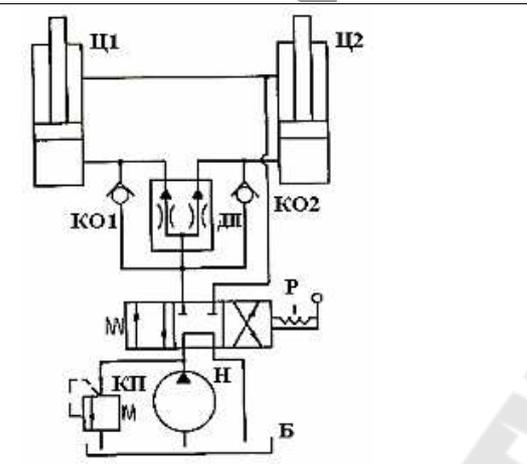
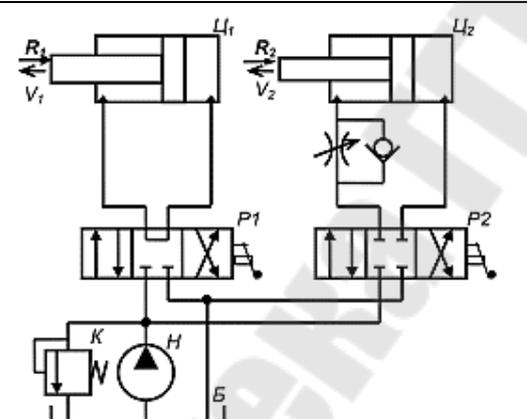
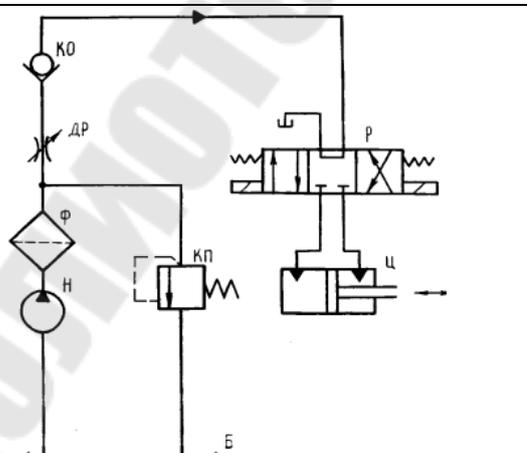
вращательного движения на основании задания (таблица 2.5), заменяя позиции, данные в задании буквенно-цифровым позиционным обозначением.

Таблица 2.5

Задание для лабораторной работы

№ п/п	Задание
1	 <p>1-насос; 2-предохранительный клапан; 3-технологический фильтр; 4-термометр; 5-манометр; 6-дроссель; 7-манометр дифференциальный; 8-фильтр испытуемый; 9-обратный клапан; 10-расходомер; 11-теплообменный аппарат; 12-гидробак; 13-сапун.</p>
2	 <p>1 – гидронасос нерегулируемый; 2 - клапан напорный; 3 – фильтр; 4 – гидрораспределитель; 5 – дроссель регулируемый; 6 – гидроцилиндр поршневой; 7 – клапан обратный.</p>
3	 <p>1 – насос; 2 – клапан предохранительный; 3 – дроссель; 4 – гидромотор; 5 – клапан обратный; 6 – фильтр; 7 – радиатор; 8 – гидрораспределитель; 9 – гидроцилиндр; 10 – бак открытый</p>

Продолжение таблицы 2.5

4		<p>1 - насос, 2 - гидробак, 3 - предохранительный клапан, 4 - дроссель-регулятор потока жидкости, 5 - распределитель, 6 - гидродвигатель, 7 - теплообменник, 8 - фильтр</p>
5		
6		
7		

2.4. Контрольные вопросы

- 1) Какие рекомендации надо учитывать при выборе формата схемы?
- 2) Какой ГОСТ устанавливает правила выполнения гидравлических и пневматических схем?
- 3) Какие требования к выполнению схем предусматривает ГОСТ?
- 4) Какие контролирующие устройства необходимо включать в схему при проектировании?
- 5) Какой ГОСТ устанавливает обозначение аппаратуры распределительной и регулирующей гидравлической и пневматической?
- 6) Какой ГОСТ устанавливает обозначение насосов и двигателей гидравлических и пневматических?
- 7) Какие вспомогательные устройства необходимо включать в схему при проектировании?
- 8) Каким размером шрифта выполняют позиционные обозначения гидроустройств на схемах?
- 9) Как на схемах обозначаются РВД?
- 10) Как на схемах обозначаются линии управления?
- 11) Как на схемах обозначаются цилиндры одностороннего действия с выдвиганием штока пружиной?
- 12) Как на схемах обозначаются цилиндры двухстороннего действия с подводом РЖ через шток?
- 13) Как на схемах обозначается охладитель с указанием линий подвода и отвода охлаждающей среды?
- 14) Как на схемах обозначается регулятор расхода двухлинейный с изменяемым расходом на выходе?
- 15) Как на схемах обозначается гидрозамок односторонний?
- 16) Как на схемах обозначается реле давления?
- 17) Как на схемах обозначается расходомер интегрирующий?
- 18) Какое существует правило нанесения позиционных обозначений элементов на схемах?
- 19) Какой буквой (буквами) на схемах обозначается гидрозамок?
- 20) Какой буквой (буквами) на схемах обозначается гидроклапан давления?
- 21) Какой толщины должна быть основная линия на схемах?
- 22) Какие факторы нужно учитывать при составлении принципиальной гидравлической схемы?

Лабораторная работа №3

Снятие статической характеристики объемной гидромашины

Цель работы: Построить по опытным данным рабочие характеристики объемной гидромашины. Определить теоретическую подачу насоса и величину утечек жидкости.

3.1. Общие сведения

Гидравлическими машинами называются машины, которые сообщают протекающей через них жидкости механическую энергию (насос), либо получают от жидкости часть энергии и передают её рабочему органу для полезного использования (гидравлический двигатель).

Всякая объемная гидравлическая машина (насос и гидромотор) работает на принципе вытеснения жидкости. Ее рабочий орган захватывает в приемной полости машины некоторый объем жидкости, который затем перемещается с рабочим органом машины к выходной полости, где жидкость вытесняется под некоторым давлением из рабочего органа в эту полость.

Объемные гидромашины имеют общие свойства [1]:

- 1) цикличность рабочего процесса;
- 2) герметичность;
- 3) самовсасывание;
- 4) независимость давления, создаваемого в напорной гидролинии, от подачи жидкости насосом.

Основными параметрами объемных насосов и гидромоторов являются: рабочий объем (q), подача (Q), давление нагнетания (p_n), крутящий момент (M), мощность (N), а также объемный ($\eta_{об}$) и механический ($\eta_{мех}$) КПД:

Рабочий объем (объемная постоянная) V_o (см^3) – подача насоса за один оборот вала. Обязательно указывается в маркировке насоса: в табличке, паспорте, каталоге.

Давление насоса на выходе МПа (кгс/см^2):

$p_{ном}$ – номинальное давление, часто указывается в маркировке насоса. Обязательно указывается в табличке, паспорте, каталоге.

p_{max} – максимальное давление – давление которое может создавать насос без поломки. Работа на максимальном давлении в десятки раз сокращает ресурс насоса ($p_{max} \approx (1,1...2) \cdot p_{ном}$).

Давление на входе МПа (кгс/см^2) минимальное $p_{\text{вх.} \cdot \text{min}} \approx -0,02$ МПа или абсолютное минимальное давление на входе $p_{\text{вх. абс.} \cdot \text{min}} \approx 0,08$ МПа; и давление на входе максимальное $p_{\text{вх.} \cdot \text{max}}$.

Частота вращения с^{-1} (об/мин): номинальная частота вращения $n_{\text{ном}}$, которая обязательно указывается в табличке, паспорте, каталоге; максимально допустимая частота вращения n_{max} .

Коэффициент полезного действия КПД насоса:

— объемный $\eta_{\text{об}}$ (коэффициент подачи) – отношение номинальной (действительной) подачи к теоретической (расчетной);

— полный КПД $\eta = \eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{мех}}$ - отношение полезной мощности к приведенной.

Подача насоса:

— теоретическая подача определяется по формуле:

$$Q_{\text{т.ном}} = V_0 \cdot n_{\text{ном}}, \text{ м}^3/\text{с};$$

— действительная номинальная подача определяется по формуле:

$$Q_{\text{ном}} = V_0 \cdot n_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{об}}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Обязательно указывается в табличке паспорте; каталоге.

Мощность насоса:

— номинальная потребляемая мощность определяется по формуле:

$$N_{\text{ном.потр}} = M_{\text{ном}} \cdot \omega_{\text{ном}}, \text{ кВт};$$

— номинальная эффективная мощность определяется по формуле:

$$N_{\text{ном.эф}} = p_{\text{ном}} \cdot Q_{\text{ном}} \cdot \eta, \text{ кВт}.$$

При режимах работы насоса не соответствующего номинальному, значения $\eta_{\text{об}}; \eta_{\text{мех}}; \eta; Q; N$ определяются из графиков, таблиц или рассчитываются по формулам.

Зависимость подачи Q насоса от давления $p_{\text{н}}$ при всех прочих равных условиях (частоте вращения, температуре, вязкости жидкости и пр.) называют характеристикой насоса $Q = f(p)$, т.е. *характеристика насоса* – это графическая зависимость его основных технических показателей от давления при постоянных значениях частоты вращения насоса, вязкости и плотность жидкой среды на входе в насос [13].

Теоретическая подача насоса не зависит от давления жидкости (рис. 3.1, а) [14].

В реальных насосах имеют место объемные потери, в результате которых фактическая подача жидкости будет меньше геометрической.

В соответствии с этим различают, помимо теоретической, *фактическую (эффективную) подачу* $Q_{\text{эф}}$ (действительная $Q_{\text{ном}}$) насоса

под которой понимают подачу жидкости насосом при определенных значениях перепада давления Δp , частоте вращения n и при прочих условиях, влияющих на объемные потери в насосе.

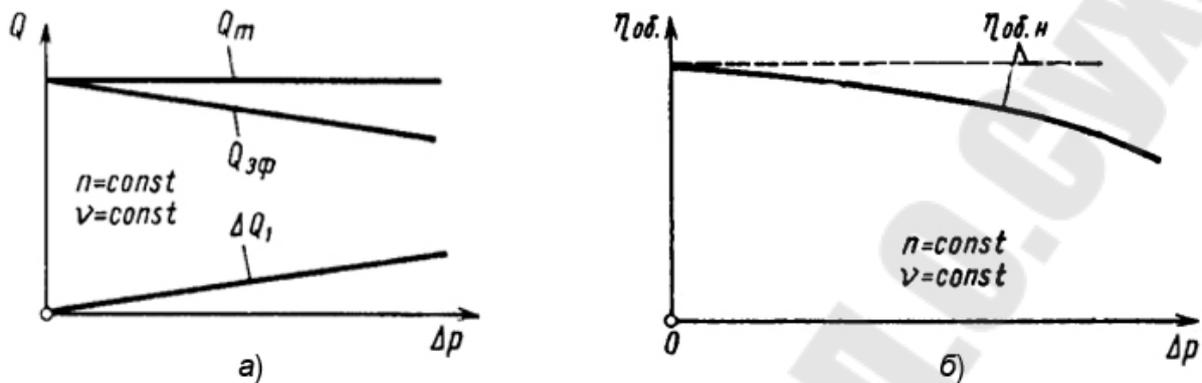


Рис. 3.1. Характеристика роторного насоса

Величина фактической подачи $Q_{эф}$ будет меньше расчетной $Q_{т}$ на величину объемных потерь:

$$\Delta Q_{н} = Q_{т} - Q_{эф}.$$

Большую часть этих потерь составляют утечки жидкости ΔQ_1 через внутренние зазоры из рабочей полости в нерабочую под действием перепада давления.

Экспериментально доказано, что непосредственные утечки жидкости ΔQ_1 через зазоры гидравлических машин изменяются при всех прочих равных условиях прямо пропорционально перепаду давления:

$$\Delta Q_1 = r \cdot p,$$

где r – постоянный при прочих равных условиях коэффициент утечек.

В ряде случаев вместо характеристики $Q = f(p)$ используют характеристику $\eta_{об} = f(p)$, т. е. изменения объемного коэффициента полезного действия в зависимости от давления (рис. 3.1, б). Изменение объемного КПД $\eta_{об.н}$ насоса практически находится в прямой зависимости от перепада давления.

С повышением давления для всех насосов увеличиваются утечки рабочей жидкости и снижается объемный КПД (рис. 3.2) [14].

Наиболее высокие значения КПД характерны для аксиально-поршневых гидромашин. Объясняется это технологической простотой получения малых зазоров сопряженных деталей, что обеспечивает высокое качество изготовления машины, малые утечки рабочей жидкости и потери мощности на трение.

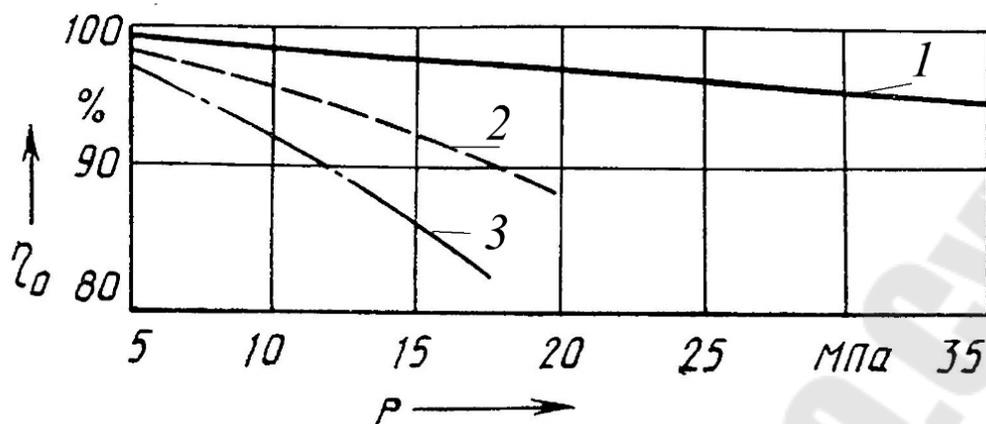


Рис. 3.2. Зависимость объемного КПД от давления рабочей жидкости для разных конструктивных типов объемных гидромашин: 1 – аксиально-поршневые насосы; 2 – шестеренные; 3 – пластинчатые насосы.

3.2. Описание опытной установки

Схема лабораторной установки представлена на рис. 3.3. Она включает электродвигатель 1 и шестеренный насос 2 типа НШ-10. Для предохранения системы от перегрузок служит предохранительный клапан 6. Изменение расхода и давления производится регулятором потока 8. Распределитель 9 служит для переключения потока жидкости либо в основной бак 12 либо в мерный бак 11. К нему подключен секундомер (на схеме условно не показан).

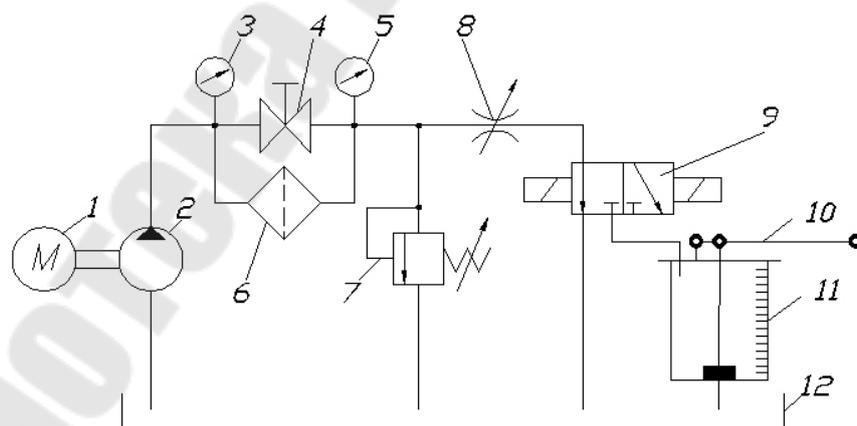


Рис. 3.3. Схема опытной установки

Для определения расхода жидкости имеется стеклянный мерный цилиндр 11 диаметром $D = 150$ мм с мерной линейкой. Клапан 10 служит для слива жидкости из мерного бака в основной бак 12. Давление в нагнетательном трубопроводе измеряется манометрами 3 и 5.

При полном открытии вентиля 4 жидкость идет по линии наименьшего сопротивления минуя фильтр 6.

3.3. Порядок проведения работы

- 1) Переключить распределитель 9 в правое положение (жидкость будет поступать в мерный бак 11).
- 2) При открытом клапане 10 включить установку. С помощью регулятора потока 8 установить определенное давление в напорной магистрали по манометру 3.
- 3) Закрыть клапан 10. При этом автоматически включается секундомер. Через 5-15 секунд открыть клапан 10, одновременно необходимо заметить уровень жидкости в мерном сосуде 11. При этом секундомер автоматически отключается.
- 4) Опыт повторить 6...8 раз при различных значениях развиваемого насосом давления.
- 5) Переключить распределитель 9 в левое положение (жидкость будет поступать в основной бак 12).

Данные опытов и расчетов заносятся в таблицу 3.1.

3.4. Обработка результатов измерений

Произвести геометрический обмер деталей насоса, аналогичного испытываемому. Численные значения подставить в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Результаты измерений

Число зубьев z	
Ширина зубчатого колеса b , мм	
Диаметр окружности зубьев D_z , мм	
Модуль зубчатого колеса $m = D_z/(z+2)$, мм	
Частота вращения n , об/мин	1100

Определить теоретическую Q_T производительность насоса по формуле:

$$Q_T = 2 \cdot \pi \cdot m^2 \cdot b \cdot n \cdot (z + 1), \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определить действительную Q производительность насоса для каждого опыта по формуле:

$$Q = \frac{(h_2 - h_1) \cdot \pi \cdot D^2}{4t}, \text{ см}^3/\text{с},$$

где $D = 150$ мм – диаметр внутреннего сечения мерного цилиндра,
 h_1, h_2 – начальный и конечный уровни жидкости в мерном цилиндре (измеряется опытным путем).

Определить фактический рабочий объем насоса в каждом опыте:

$$V_0 = \frac{Q}{n}, \text{ см}^3/\text{об}.$$

и определить его среднее значение $V_{0\text{ср}}$.

Сравнить полученное среднее фактическое значение рабочего объема шестеренного насоса НШ-10 со справочным значением $V_{0н} = 10 \text{ см}^3$.

Определить объемный КПД насоса:

$$\eta_{об} = \frac{Q}{Q_T}.$$

Определить полезную мощность насоса по формуле:

$$N_{п} = p \cdot Q, \text{ Вт}.$$

Результаты расчетов и экспериментов занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Результаты расчетов и измерений

№ опыта	Давление, p , атм	Уровень,		Время, t , с	Подача, Q , см ³ /с	Объемный КПД, $\eta_{об}$	Полезная мощность $N_{п}$, Вт
		h_1 , см	h_2 , см				
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Построить графики зависимостей Q , $N_{п}$ и $\eta_{об}$ от давления p .

Записать вывод.

3.3. Контрольные вопросы

- 1) Какие машины называются гидравлическими?

- 2) Описать принцип действия гидравлических машин.
- 3) На каком принципе работают объемные гидромашин?
- 4) Какие параметры относятся к основным для гидравлических машин?
- 5) Что такое рабочий объем?
- 6) Какие свойства имеют объемные гидромашин?
- 7) Определение характеристики насоса.
- 8) По какой формуле определяется теоретическая подача насоса?
- 9) По какой формуле определяется теоретический расход гидромотора?
- 10) Какие характеристики относятся к характеристикам роторных насосов?
- 11) Какую подачу жидкости называют эффективной?
- 12) Как определяют объемные потери насоса?
- 13) По какой формуле определяют утечки жидкости в насосе?
- 14) Почему возникают утечки жидкости в объемной гидромашине?
- 15) Чему равна величина минимального давления на входе в насос?
- 16) Как зависит объемный КПД от вида объемной гидромашин?
- 17) Какие объемные машин имеют максимальный объемный КПД?
- 18) Какие объемные машин имеют минимальный объемный КПД?
- 19) Почему аксиально-поршневые гидромашин имеют максимальный объемный КПД?
- 20) По какой формуле определяется действительная подача насоса?
- 21) По какой формуле определяется полезная мощность насоса?
- 22) Формула потребной мощности насоса.

Лабораторная работа №4

Изучение способов монтажа гидро- и пневмоаппаратов

Цель работы: изучить способы монтажа гидроаппаратов, их достоинства и недостатки, сравнительную характеристику, области применения; получить практические навыки определения вида монтажа гидроаппарата и зарисовать стыковые плоскости гидроаппаратов по выбору преподавателя.

4.1. Общие сведения

Для удобства применения в различных промышленных системах гидравлические элементы изготавливают в различных исполнениях, чаще всего изготавливаются аппараты трубного, стыкового, модульного, фланцевого, ввертного, вставного монтажа [2, 11, 15].

Сравнительная характеристика способов монтажа ГА (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Сравнительная характеристика способов монтажа ГА

№	Сравниваемые показатели	Виды монтажа гидравлических аппаратов			
		трубный	стыковой	модульный	Вставной
1.	Потери энергии	наибольшие	Относительно большие	Относительно малые	Наименьшие
2.	Количество труб и концевых соединений в гидросистеме	наибольшее	небольшое	наименьшее	Наименьшее
3.	Металлоемкость гидросистемы	высокая	Относительно высокая	низкая	Низкая
4.	Наружная герметичность	низкая	средняя	низкая	Высокая
5.	Чувствительность к вибрациям	высокая	низкая	низкая	Низкая
6.	Трудоемкость монтажа	высокая	средняя	самая низкая	Низкая
7.	Диагностируемость неисправностей	легкая	затруднённая	затрудненная	трудно осуществимая
8.	Влияние на уровень шума гидросистемы	способствует усилению шума	снижение шума при блочном монтаже	способствует снижению	Способствует снижению

Продолжение таблицы 4.1

9.	Максимальная пропускная способность аппаратов	До 200 л/мин	До 800 л/мин	До 100 л/мин	До 800 л/мин (при $d_v=32$ мм)
10.	Наличие модификаций с дистанционным пропорциональным управлением	отсутствует	имеется	отсутствует	Имеется
11.	Рациональные области применения	Простые ГС с небольшим числом аппаратов рассредоточенных по всему объему гидрофицированной машины. Единичное производство	ГС средней и большой сложности, со средоточением большинства аппаратов на блоках или щитах, устанавливаемых в определенных местах гидрофицированной машины. Единичное и мелкосерийное производство	ГС ограниченной мощности до 15 кВт, с небольшими расходами жидкости, до 40, 60л/мин, с локальными размещением аппаратов. Все виды производства	ГС и большой сложности с повышенными требованиями и наружной внутренней герметичны и быстродействую. Гидросистемы высокого давления расходом более 100л/мин и с ограниченными габаритно-весовыми показателями. Серийное крупносерийное производство

В общем случае при выборе гидравлических аппаратов для приводов конкретных машин целесообразно принимать во внимание следующее [2, 11, 17]:

1) Гидроаппараты с трубным присоединением достаточно эффективны в приводах машин со сравнительно простой схемой управления, имеющих небольшое число исполнительных механизмов и рассчитанных на индивидуальное или мелкосерийное производство, причем, когда сами аппараты рассредоточены по всему пространству, занимаемой машиной.

Предпочтение следует отдавать гидроаппаратам, присоединительные отверстия которых имеют метрическую резьбу.

Гидравлические аппараты *трубного монтажа* выполнены с резьбой во всех каналах к которым подводится (отводится) рабочая жидкость. К этим каналам крепятся резьбовые штуцера и трубопроводы и таким образом образуется гидравлическая система (рис. 4.1, а).

Недостатки этого способа монтажа:

- трудность монтажа и демонтажа;
- большие габариты гидроприводов;
- большой ассортимент применяемых труб, резьб, концевых, угловых и промежуточных соединений;
- увеличенные потери на местных сопротивлениях;
- вибрации трубопроводов увеличивают шум, создаваемый насосной установкой.

2) Применение гидроаппаратуры стыкового исполнения рекомендуется в гидросистемах средней сложности машин, рассчитанных на мелкосерийное и серийное производство, при условии, что большая часть аппаратов может быть сосредоточена в каком-либо месте пространства, занимаемого машиной.

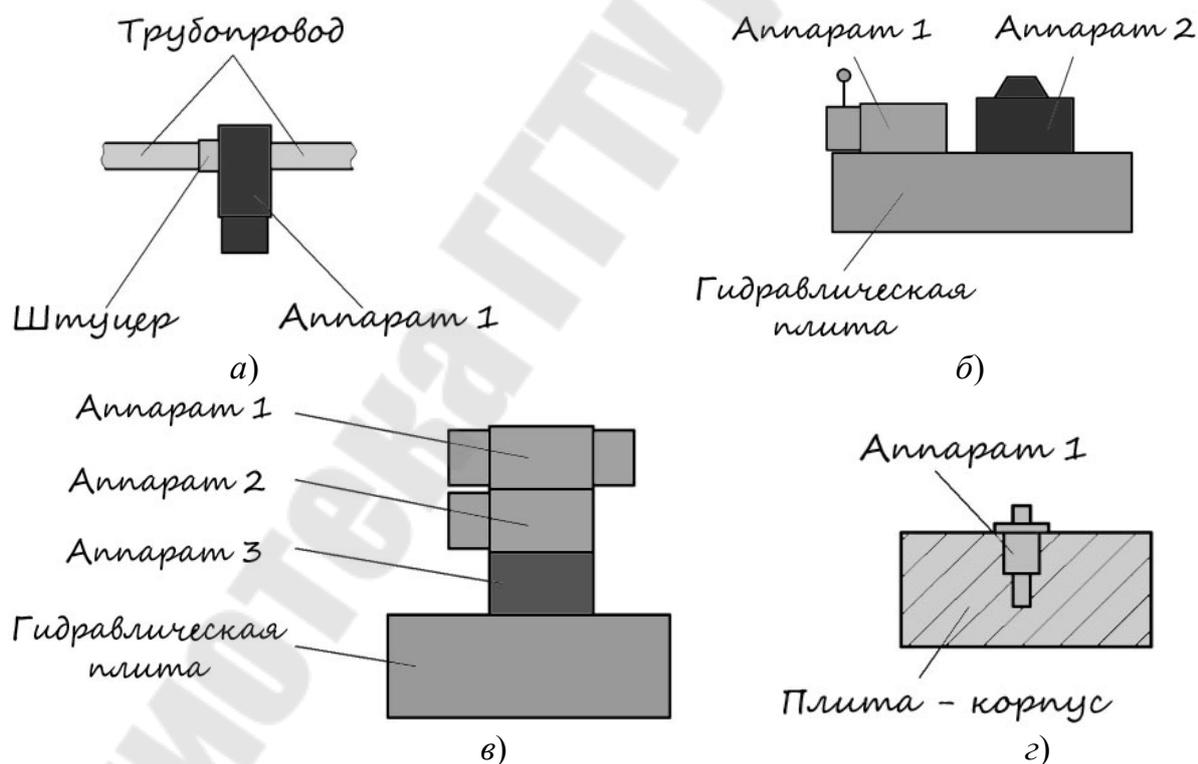


Рис. 4.1. Способы монтажа гидроаппаратов: а) трубный; б) стыковой; в) модульной; з) встраиваемый

Аппараты *стыкового монтажа* имеют стыковую плоскость на которую выведены все подводящие каналы. Несколько гидравличе-

ских элементов стыкового монтажа часто располагают на одной гидравлической плите, в которой выполняют соединительные каналы (рис. 4.1, б). Расстояние между гидроаппаратами определяется удобством сверления отверстий в панели и удобством разводки труб с концевыми соединениями с боковых сторон монтажной плиты. Габариты привода в этом случае значительно меньше, чем при трубном способе монтажа. Значительно сокращается количество трубопроводов. Проще монтаж и демонтаж гидроаппаратов.

Недостатки этого способа монтажа:

- большие затраты времени на разработку монтажных плит;
- трудоемкость изготовления и невозможность их стандартизации;
- увеличенная металлоемкость гидроприводов;
- сложность обнаружения и устранения ошибок, допущенных при разработке или изготовлении монтажных плит.

Аппаратура стыкового выполнения является одним из наиболее широко распространенных ее видов. Оптимальная область применения гидравлической аппаратуры стыкового исполнения: по давлению – от 5 до 25 МПа, по расходу от 50 до 200-250 л/мин.

Применение стыковой гидроаппаратуры с условным проходом свыше 32 мм, а также гидрораспределителей при повышенных требованиях к скорости срабатывания (менее 0,1 с для распределителей с условным проходом 16 мм и менее 0,2 с для $d_y = 20$ мм) и к внутренней герметичности (допускаемая утечка меньше 200 см³/мин) не рекомендуется.

3) Гидроаппаратуру модульного исполнения рекомендуется применять для гидросхем машин с любым уровнем серийности при условии, что гидроблок управления исполнительным механизмом может быть сосредоточен в каком-либо одной месте.

Каждый из гидроаппаратов, входящих в комплекс модульной гидроаппаратуры, имеет две стыковые плоскости. Эти плоскости одинаковы по размерам, числу и расположению отверстий для прохода рабочей жидкости и крепежа; и унифицированы со стыковой полостью распределителя соответствующего типоразмера. Благодаря этому обеспечивается модульный монтаж аппаратуры – аппараты различного функционального назначения устанавливаются один на другой в последовательности, определяемой гидросхемой (рис. 4.1, в). При этом образуется модульный блок. Замыкается блок, как правило, стыковым распределителем или специальной переходной или замыкающей плиткой.

Достоинства этого способа монтажа:

- модульный аппарат дешевле и легче стыковой на 20-30%;
- аппараты-модули, устанавливаемые один на другой под распределителем не занимают самостоятельной площади на панели машины;
- потери давления снижаются $\approx 1/3$;
- значительно уменьшено количество труб и арматуры, обеспечен легкий монтаж, демонтаж и переналадка гидросхемы.

Оптимальная область применения модульной гидроаппаратуры по давлению до 20 МПа, по расходу при $d_y = 6$ мм до 12-15 л/мм, а при $d_y = 10$ мм до 40-45 л/мин.

4) Гидравлическую аппаратуру встраиваемую в отверстие как правило, применяют в гидроприводах с достаточно высоким уровнем передаваемой мощности (порядка десятков киловатт), для машин выпускаемых партиями не менее 50 шт. в год, а также в случаях, когда к гидросистемам предъявляются жесткие требования по внутренней герметичности, быстродействию и габаритно-весовым показателям. Время переключения направляющих гидроаппаратов встраиваемого исполнения на 15-20% меньше, чем у гидрораспределителей золотникового типа, а внутренняя герметичность выше примерно в 3 раза, чем у распределителя с соответствующим условным проходом.

Гидравлические элементы *ввертного, встраиваемого или вставного монтажа*, могут устанавливаться в гидравлическую плиту, в которой выполнены соответствующие каналы (рис. 4.1, з).

Ввертные элементы можно установить в специально изготовленный корпус, который в свою очередь может быть с фланцевыми, резьбовыми подводами, или выполнять роль плиты модульного, стыкового монтажа.

Встраиваемая аппаратура применяется для систем с высоким давлением и большими расходами рабочей жидкости.

Достоинства встраиваемой гидроаппаратуры:

- простота конструкций аппаратов;
- возможность снижения шума и вибрации;
- большая пропускная способность аппаратов;
- минимальная металлоемкость гидроприводов;
- возможность создания клапанных распределителей.

Недостатки:

- усложняется технология изготовления корпусов под установку гидроаппаратов по сравнению со стыковой и модульной;
- усложняются системы управления клапанным распределителем.

Оптимальная область применения встраиваемой гидроаппаратуры по давлению от 16 до 32 МПа, по расходу от 50 до 800 л/мин и выше.

При использовании в гидросистемах аппаратов с условным проходом выше 32 мм предпочтение следует отдавать аппаратам встраиваемого исполнения.

Выполнение гидропривода на базе только одного вида гидроаппаратуры не всегда возможно и оправдано. Рационально применять в конкретном гидроприводе те виды гидроаппаратуры или сочетание видов, которые позволяют для данного привода оптимально реализовать цикл работы гидрофицированной машины (рисунок 4.2).

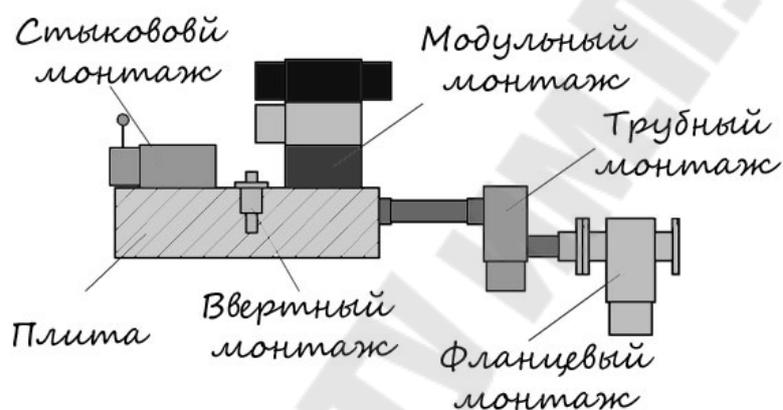


Рис. 4.2. Схема системы с гидравлическими аппаратами различных монтажных исполнением

4.2. Порядок проведения работы

- 1) Используя методические указания, плакаты, отдельные аппараты, изучить способы монтажа гидроаппаратов.
- 2) Определить вид монтажа гидроаппаратов, выданных преподавателем.
- 3) Выполнить необходимые измерения геометрических размеров стыковых плоскостей гидроаппаратов.
- 4) Выполнить чертежи стыковых плоскостей с проставлением всех необходимых размеров и с выполнением требований ЕСКД к рабочим чертежам деталей.

4.3. Контрольные вопросы

- 1) Какие существуют виды монтажа гидравлической аппаратуры?

- 2) Куда устанавливают гидроаппараты при стыковом способе монтажа?
- 3) Сколько стыковых плоскостей имеет каждый из гидроаппаратов, входящих в комплекс модульной гидроаппаратуры?
- 4) Чему равен параметр шероховатости стыковых плоскостей монтажных плит и модульных элементов?
- 5) Для каких систем применяется встраиваемая аппаратура?
- 6) Требования к монтажу гидроаппаратов стыкового способа монтажа.
- 7) Требования к монтажу гидроаппаратов трубного способа монтажа.
- 8) Требования к монтажу гидроаппаратов модульного исполнения.
- 9) Требования к монтажу гидроаппаратов встраиваемого исполнения.
- 10) Какие достоинства и недостатки имеют гидроаппараты трубного монтажа?
- 11) Какие достоинства и недостатки имеют гидроаппараты стыкового монтажа?
- 12) Какие достоинства и недостатки имеют гидроаппараты модульного монтажа?
- 13) Какие достоинства и недостатки имеют гидроаппараты вставного монтажа?
- 14) В каких системах рекомендуется применять гидроаппараты стыкового способа монтажа?
- 15) Какие преимущества и недостатки у гидроаппаратов стыкового монтажа в сравнении с гидроаппаратами модульного монтажа?
- 16) Какие преимущества и недостатки у гидроаппаратов трубного монтажа в сравнении с гидроаппаратами встраиваемого монтажа?
- 17) На какие виды можно условно разделить гидроаппараты встраиваемого исполнения?

Лабораторная работа №5

Дроссельное регулирование скорости гидропривода

Цель работы: Изучение принципа действия, функциональных схем гидравлических приводов с дроссельным регулированием скорости. Построение механических характеристик приводов дроссельного регулирования при различных способах установки дросселя.

5.1. Общие сведения

Регулируемым называется гидропривод, в котором скорость движения выходного звена гидродвигателя может изменяться по требуемому закону [4, 16, 17]. Внешняя (механическая) характеристика объемного гидропривода, т.е. зависимость скорости исполнительного механизма от нагрузки определяется характеристиками насосов и гидродвигателей и выбранным способом регулирования. Создать необходимую для работы конкретного механизма выходную характеристику можно следующими способами:

- 1) используя регулировочные возможности силовой установки (т.е. регулированием частоты вращения насоса n_n);
- 2) изменяя рабочий объем гидромашины (машинное регулирование);
- 3) изменяя проходное сечение местного сопротивления (дроссельное регулирование).

Гидроприводы с дроссельным регулированием являются приводами с разомкнутой циркуляцией рабочей жидкости, они могут быть поступательного (наиболее распространены), поворотного и вращательного движения. Несколько исполнительных двигателей с дроссельным регулированием могут работать независимо от одного насоса. Данный способ регулирования основан на изменении параметров привода за счет снижения составляющих общего КПД системы: при уменьшении объемного КПД снижается скорость двигателя, при уменьшении гидравлического КПД возрастает давление при неизменной нагрузке гидродвигателя.

Гидравлические устройства с дроссельным управлением находят большое распространение в силовых системах автоматического управления малой и средней мощности. При большой мощности системы (более 10 кВт) из-за сравнительно низкого КПД и трудностей отвода тепла такие устройства не используются.

Гидроприводы с дроссельным регулированием скорости обладают высоким быстродействием, имеют относительно малую массу на единицу выходной мощности, небольшие размеры, высокую надежность и широкую полосу пропускания частот. Питание нескольких гидродвигателей дроссельного регулирования от одного источника (насоса) упрощает систему приводов по сравнению с приводами объемного регулирования, поскольку гидроусилители мощности проще регулируемых насосов.

Однако системы с дроссельным регулированием могут обладать нестабильными характеристиками при изменении температур рабочей жидкости или окружающей среды, нуждаются в тщательной очистке рабочей жидкости, требуют высокой точности при изготовлении рабочих органов привода и надежной герметизации подвижных и неподвижных соединений, работа системы сопровождается большой потерей энергии, поскольку управляющее устройство не является регулятором, а представляет собой распределитель мощности. К недостаткам таких приводов относится и то, что скорость движения штока при одной и той же площади сечения открытия дросселя с увеличением внешней нагрузки на штоке гидроцилиндра уменьшается (мягкая механическая характеристика).

По месту установки дросселя в системе различают схемы:

- 1) с дросселем на входе в гидродвигатель,
- 2) с дросселем на выходе из двигателя,
- 3) с дросселем, установленным параллельно двигателю.

При достаточно высоких требованиях к регулированию используют только первые две схемы или их комбинации.

По схеме работы нерегулируемых насосов гидроприводы с дроссельным регулированием можно разделить на две группы:

- 1) с постоянным давлением,
- 2) с переменным давлением.

В приводе с постоянным давлением предохранительный клапан работает в режиме переливного, т.е. он постоянно открыт, и часть потока рабочей жидкости идет на слив. За счет этого в напорной магистрали поддерживается практически постоянное давление. В таких приводах регулируемые дроссели устанавливаются либо в напорной линии перед направляющим распределителем (дроссель на входе), либо в сливной линии после направляющего распределителя (дроссель на выходе).

В приводе с переменным давлением предохранительный клапан открывается только при превышении давления в напорной магистрали над давлением настройки предохранительного клапана. Давление в напорной линии может изменяться и зависит от нагрузки на гидродвигателе.

Выбор схемы установки регулирующего гидроаппарата зависит от вида нагрузки, точности и быстродействия отработки команды, требуемых величин КПД и надежности гидроустройств и всего привода, фактора экономической эффективности.

5.2. Дроссельное регулирование

В некоторых гидросистемах основным органом, регулирующим скорость, является дроссель, изменяющий величину прохода для жидкости в трубопроводе.

Дроссель – регулирующий гидроаппарат, предназначенный для изменения расхода и давления потока жидкости в результате его прохождения через местное сопротивление [1, 11, 17].

Чем больше перекрыт дроссель, тем большее сопротивление испытывает жидкость при проходе через него и тем меньше расход жидкости.

В щелевом дросселе с обратным клапаном (рис. 5.1) поворотом (навинчиванием) трубки 4 изменяют площадь щели В, сообщаемой с отверстиями D и Б. Поверхность трубки 4 снабжена тарировочной шкалой.

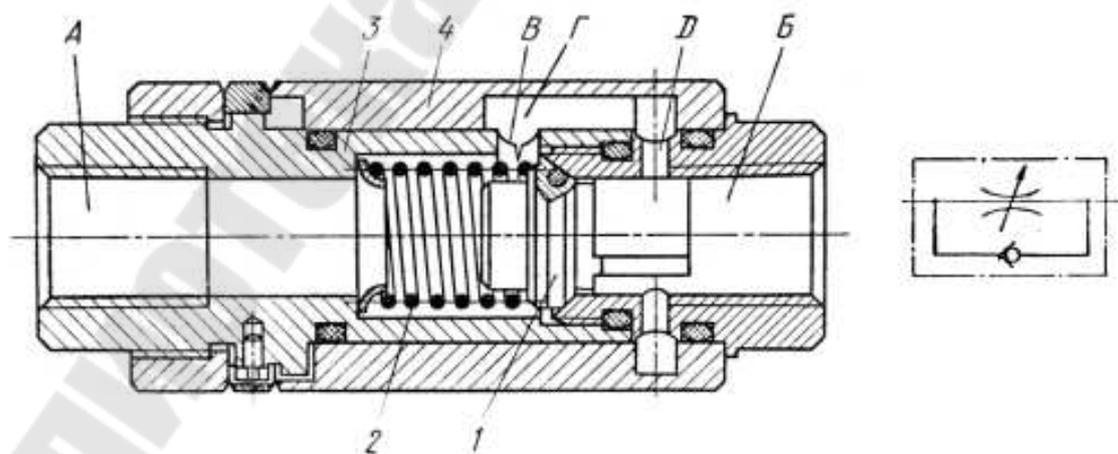


Рис. 5.1. Щелевой дроссель с обратным клапаном

Вращением трубки 4 устанавливается необходимая площадь сечения щели В, соединяющей отверстия А и Б. При направлении пото-

ка $B \rightarrow A$ дроссель обеспечивает свободный проход жидкости через встроенный обратный клапан, при прохождении рабочей жидкости в обратном направлении происходит дроссельное регулирование потока.

Иногда применяются игольчатые дроссели, площадь пропускного сечения которых изменяется при подъёме и опускании иглы.

Дроссели должны обеспечивать плавную настройку и не засоряться при малых расходах. Щелевые дроссели меньше засоряются при малых расходах, так как имеют наименьшее отношение периметра сечения к его площади. Однако при больших расходах в них труднее осуществить герметизацию.

Чаще используют квадратичные дроссели (рис. 5.1), имеющие зависимость $\Delta p = f(Q^2)$:

$$\Delta p = \frac{\rho}{\mu^2 \cdot S_{\text{отв}}^2 \cdot 2} \cdot Q^2 \text{ Па,}$$

где $S_{\text{отв}}$ – площадь сечения отверстия дросселя;
 μ – коэффициент расхода;
 ρ – плотность рабочей жидкости.

5.2.1. Работа гидроприводов с постоянным давлением

Принципиальная схема гидропривода с дросселем на входе показана на рис. 5.2, а.

В рассматриваемом приводе расход рабочей жидкости, подводимой к гидроцилиндру, равен расходу рабочей жидкости через дроссель:

$$Q_{\text{ц}} = Q_{\text{др}} = \mu \cdot S_{\text{др}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}.$$

Излишек рабочей жидкости $Q_{\text{н}} - Q_{\text{др}}$ сливается в бак через переливной клапан, который поддерживает давление p_1 постоянным.

Скорость поршня в этом случае равна

$$v = \frac{Q_{\text{др}}}{S_{\text{п}}} = \frac{\mu \cdot S_{\text{др}}}{S_{\text{п}}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left(p_1 - \frac{F_{\text{н}}}{S_{\text{п}}} \right)}, \quad (5.1)$$

где $S_{\text{п}}$ – площадь сечения поршня.

Т.о., при полном открытии дросселя скорость поршня получается максимальной. При уменьшении открытия дросселя давление перед ним повышается, предохранительный клапан приоткрывается больше и

пропускает часть подачи насоса. Скорость поршня при этом уменьшается. При полном закрытии дросселя вся подача насоса направляется через клапан на слив в бак, а скорость поршня равна нулю. При постоянном $S_{др}$ и увеличении преодолеваемой нагрузки, т.е. силы F_H , скорость поршня уменьшается.

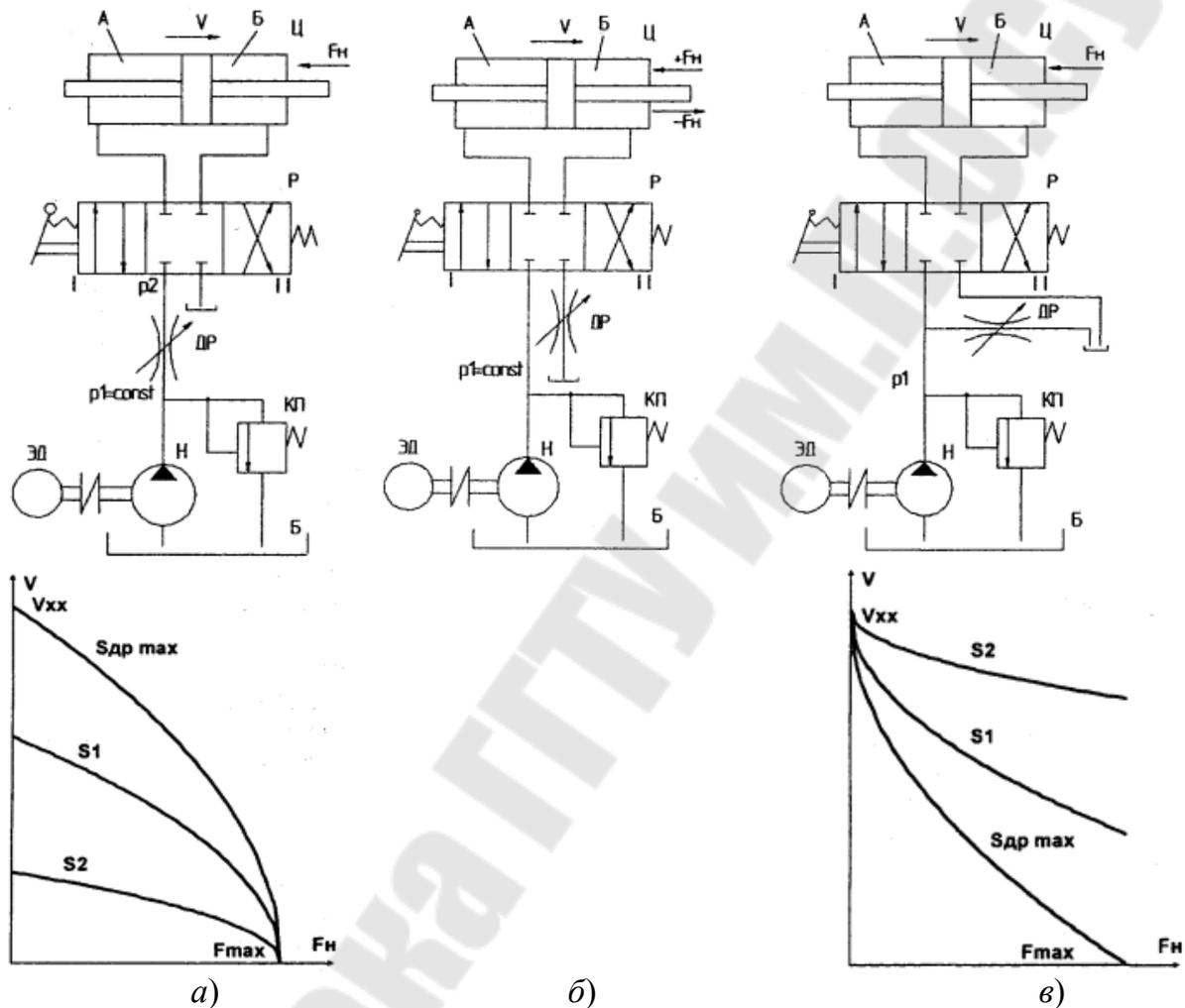


Рис. 5.2. Схемы ОГП с механическими характеристиками:
 а) с дросселем на входе; б) с дросселем на выходе; в) с дросселем, установленным параллельно

Гидроприводы с дросселем на входе непригодны для работы в режимах с отрицательными нагрузками (т.е. с нагрузками, направление действия которых совпадает с направлением движения поршня гидроцилиндра).

Принципиальная схема гидропривода с дросселем на выходе показана на рис. 5.2, б. В данной схеме давление p_1 в напорной линии

поддерживается постоянным с помощью переливного клапана. Скорость движения поршня гидроцилиндра определяется по такой же формуле, как и при установке дросселя на входе.

Достоинство - возможность регулирования скорости при знакопеременной нагрузке (т.к. при любом направлении действия силы F_H изменению скорости препятствует сопротивление дросселя), быстрая затормаживаемость двигателя, отвод теплового потока, выделяющегося при дросселировании рабочей жидкости непосредственно в бак, минуя гидроцилиндр.

Недостатки - зависимость скорости движения выходного звена гидроцилиндра от нагрузки, а также меньшая экономичность по сравнению со схемой с дросселем на входе (т.к. часть мощность двигателя затрачивается на преодоление противодействия в сливной полости).

На практике с целью независимого регулирования скорости гидродвигателя в рабочем и обратном направлениях устанавливают два дросселя с встроенными обратными клапанами на входе и на выходе.

5.2.2. Работа гидроприводов с переменным давлением

Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием с параллельным включением дросселя показана на рис. 5.2, в. В данной схеме регулируемый дроссель ДР установлен в линии соединяющей напорную гидролинию со сливной. При таком включении дросселя рабочая жидкость, подаваемая насосом, разделяется на два потока, один из которых проходит через гидроцилиндр Ц, другой - через дроссель ДР. Регулирование скорости производится изменением величины расхода рабочей жидкости через дроссель. Давление в напорной линии зависит от нагрузки гидродвигателя, т.к. предохранительный клапан работает в обычном режиме.

Скорость поршня в этом случае равна:

$$v = \frac{Q_{ц}}{S_{п}} = \frac{Q_{н}}{S_{п}} - \frac{\mu \cdot S_{др}}{S_{п}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{F_{н}}{S_{п}}}. \quad (5.2)$$

Следовательно, скорость движения штока гидроцилиндра зависит от настройки дросселя (площади его рабочего проходного сечения) и внешней нагрузки при прочих равных условиях. При неизменной нагрузке скорость штока цилиндра максимальна при площади рабочего проходного сечения дросселя, равной нулю, т.е. при полно-

Объектом испытаний является гидропривод с последовательным расположением дросселя $ДР2$ в напорной гидролинии (рис. 5.3, а). Направление движения выходного звена гидроцилиндра $Ц$ обеспечивается переключением направляющего распределителя $Р$. Имитация встречной нагрузки осуществляется регулируемым дросселем $ДР1$.

Обратный клапан на дросселе $ДР1$ необходим для исключения влияния дросселя при обратном ходе штока $Ц$.

Для определения параметров ОГП установка снабжена измерительно-регистрирующей аппаратурой, которая включает: манометры $МН1-МН3$, секундомер.

Работа испытательной установки происходит следующим образом. При запуске электродвигателя с помощью насоса $Н$ подается рабочая жидкость в напорную магистраль и через обратный клапан $КО$, распределитель $Р$ (в нейтральной позиции) на слив в бак $Б$.

При переключении распределителя $Р$ в левое положение жидкость движется в поршневую полость гидроцилиндра $Ц$ через дроссель $ДР2$. Жидкость из штоковой полости гидроцилиндра поступает через дроссель $ДР1$ по сливной магистрали в гидробак $Б$. При этом скорость движения штока гидроцилиндра определяется по секундомеру при известной величине хода штока, а величина нагружения на выходном звене определяется косвенным методом по перепаду давления $p_2-p_{сл}$.

При переключении распределителя $Р$ в правое положение жидкость движется в штоковую полость гидроцилиндра $Ц$ через дроссели $ДР2$ и $ДР1$. Жидкость из поршневой полости гидроцилиндра поступает по сливной магистрали в гидробак $Б$.

Также на лабораторном стенде возможна реализация схемы ОГП с параллельной установкой дросселя (рис. 5.3, б).

5.4. Порядок проведения работы

5.4.1. Принципиальная схема гидропривода с дросселем на входе

- 1) Собрать гидравлическую схему, изображенную на рис. 5.3, а.
- 2) Включить электродвигатель.
- 3) Переключая направляющий распределитель $Р$, убедиться в движении выходного звена гидроцилиндра $Ц$. Изменяя проходное сечение дросселя $ДР1$, наблюдать изменение скорости прямого хода поршня.
- 4) Измерить время полного выдвигания выходного звена при максимальном открытии дросселей $ДР1$ и $ДР2$.

5) Установить с помощью дросселя $ДР2$ время выдвижения в 2 раза больше измеренного в п. 4.

6) Изменяя проходное сечение $ДР1$, определять время t движения поршня гидроцилиндра и давления p_2 , $p_{сл}$ и p_n по манометрам. Результаты измерений занести в таблицу 5.1.

7) Выключить электродвигатель насоса и убедиться в падении давления в системе.

5.4.2. Принципиальная схема гидропривода с дросселем, установленным параллельно

1) Собрать гидравлическую схему, изображенную на рисунке 5.3, б.

2) Включить электродвигатель.

3) Полностью закрыть дроссель $ДР2$, и переключить направляющий распределитель P в среднее положение. Изменяя величину затяжки пружины клапана $KП$, настроить его на давление 2,5 МПа.

4) Переключая направляющий распределитель P , убедиться в движении выходного звена гидроцилиндра $Ц$. Изменяя проходное сечение дросселя $ДР1$, наблюдать изменение скорости прямого хода поршня.

5) Максимально открыть дроссель $ДР1$ при закрытом дросселе $ДР2$. Измерить время полного выдвижения выходного звена.

6) Установить с помощью дросселя $ДР2$ время выдвижения в 2 раза больше измеренного в п. 4.

7) Изменяя проходное сечение $ДР1$, определять время t движения поршня гидроцилиндра и давления p_2 , $p_{сл}$ и p_n по манометрам. Результаты измерений занести в таблицу 5.1.

8) Выключить электродвигатель насоса и убедиться в падении давления в системе.

5.5. Обработка результатов измерений

1) Определить площадь поршневой полости по формуле:

$$S_{п} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \text{ м}^2,$$

где D – диаметр поршня цилиндра, м.

2) Определить площадь полностью открытого дросселя по формуле:

$$S_{др.мах} = \frac{\pi \cdot D_y^2}{4} \text{ м}^2,$$

где D_y – диаметр условного прохода дросселя, м.

3) Определить нагрузку на штоке гидроцилиндра по формуле:

$$F_{шт} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot (p_2 - p_{сл}), \text{ Па.}$$

где d – диаметр штока цилиндра, м.

4) Определить действительную скорость движения поршня:

$$v_d = \frac{L}{t}, \text{ м/с,}$$

где L - ход поршня цилиндра, м.

5) Определить теоретическую скорость движения поршня по формуле (5.1) или (5.2) в зависимости от схемы экспериментальной установки.

б) Заполнить таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Результаты расчетов и измерений

№ оп.	$S_{др}, \text{ м}^2$	Давление			Нагрузка, $F_{шт}, \text{ Н}$	Время $t, \text{ с}$	Действ. скорость, $v_d, \text{ м/с}$	Теорет. скорость, $v, \text{ м/с}$
		насоса, $p_{н}, \text{ атм}$	слива, $p_{сл}, \text{ атм}$	на выходе, $p_2, \text{ атм}$				
1								
2								
3								
4								
5								
6								

7) Построить механические характеристики объемного гидропривода с дроссельным регулированием на одном графике: $v_d = f(F_{шт})$ и $v = f(F_{шт})$

5.6. Контрольные вопросы

- 1) Какой гидропривод называется регулируемым?
- 2) Какими способами можно создать внешнюю характеристику объемного гидропривода?
- 3) Как называется гидропривод, если в качестве регулирующего устройства является гидроаппарат?

- 4) Как называется гидропривод, если в качестве регулирующего устройства является гидромашина?
- 5) Какие достоинства имеют гидроприводы с дроссельным регулированием скорости?
- 6) Какие недостатки имеют гидроприводы с дроссельным регулированием скорости?
- 7) Где применяются гидроприводы с дроссельным регулированием скорости?
- 8) Почему в системах большой мощности не применяются гидроприводы с дроссельным регулированием скорости?
- 9) На чем основан способ регулирования скорости выходного звена с помощью дросселей?
- 10) Как можно разделить схемы гидроприводов по месту установки дросселя?
- 11) На какие группы можно разделить гидроприводы с дроссельным регулированием по схеме работы насосов?
- 12) Что такое дроссель?
- 13) Как обозначаются разные виды дросселей на схемах?
- 14) Устройство и принцип действия щелевого дросселя с обратным клапаном.
- 15) Формула перепада давления для квадратичного дросселя.
- 16) Формула скорости поршня гидроцилиндра при установке дросселя на входе.
- 17) Формула скорости поршня гидроцилиндра при регулировании в гидроприводе в постоянным давлением.
- 18) Формула скорости поршня гидроцилиндра при регулировании в гидроприводе в переменным давлением.

Лабораторная работа №6 Трубопроводы и трубопроводные соединения

Цель работы: изучить типы гидролиний в гидросистемах, материал трубопроводов, схемы соединений гидролиний, типы заглушек, уплотнения неподвижных соединений и соединений труб, применение соединений различных труб; зарисовать трубопроводное соединение, проставив основные размеры.

6.1. Общие сведения

Гидролиния – устройство, предназначенное для прохождения рабочей среды в процессе работы объемного гидропривода [1, 11]. Различают:

- всасывающую линию, по которой рабочая жидкость движется к насосу;
- напорную линию, по которой жидкость движется от насоса к распределителю или к гидродвигателю;
- сливную линию, по которой жидкость движется в бак от гидроаппарата или от объемного гидродвигателя.

Гидролинии конструктивно могут быть выполнены в виде труб, рукавов, каналов и различных соединений.

Трубопроводы являются важной частью всей гидравлической системы. В них энергия жидкости передаётся на большие расстояния. Трубопроводы должны выдерживать высокие давления, пульсацию и вибрации которым подвергается система.

Система трубопроводов – это соединительные трубопроводы между гидравлическими агрегатами и потребителями. При проектировании системы трубопроводов исходят из определённых диаметров и из имеющихся в обычной продаже трубопроводов и соединительных элементов для них. При проектировании необходимо учитывать прокладку трасс их доступность и безопасность. При проектировании систем трубопроводов должны учитываться следующие аспекты [17, 18]:

- величины давления;
- величины скоростей;
- внешние факторы;
- чистота;
- возможности обзора, монтажа и демонтажа;

- безопасность, предотвращающая повреждения;
- наличие контрольных устройств;
- качество материалов;
- крепление.

Для уменьшения возможности скопления механических загрязнений и исключения остатков технологических загрязнений гидролинии необходимо делать плавными, без резких изгибов, переходов и глухих камер, а их внутренние поверхности обрабатывать очень чисто, иногда прибегая к полированию. Иногда по условиям компоновки применяют резкие изгибы каналов в виде Г-образных штуцеров и сложных сверлений в корпусе или резкие переходы от одного сечения к другому.

6.1.1. Соединения труб

Различают следующие способы соединений: неразъемный и разъемный. Под *неразъемными* соединениями в гидравлических системах понимают соединения труб сваркой или пайкой, соединяются их в «бесконечную» цепочку. В сварных и паяных соединениях штуцеры, фланцы, пояски, трубы, колена и другие фасонные детали привариваются друг к другу. Этот способ не дает возможности изменения системы трубопроводов [19, 20].

При *разъемных* соединениях трубы сначала соединяются с резьбовым элементом или фланцем. Это может выполняться различными способами: резьбовые соединения сфера по конусу; резьбовые соединения с врезными кольцами; резьбовые соединения с зажимными кольцами; резьбовые соединения в отбортовкой; резьбовые соединения с коническим штуцером под сварку; фланцевые соединения.

Все трубные соединения выполняют функции фиксации и уплотнения. Кроме того различают резьбовые соединения труб и резьбовые соединения элементов системы (вентилей, опорных плит, блоков управления, насосов).

Резьбовое соединение сфера по конусу (рис. 6.1, а).

Это соединение выполняется при помощи резьбы на трубе. Уплотнение обеспечивается работой металла по металлу. Фиксация осуществляется за счёт резьбы. Используются для вспомогательных целей в диапазоне низкого давления.

Резьбовые соединения с врезными кольцами.

Наиболее применяемый способ трубного соединения. Врезное кольцо насаживается на трубу при помощи специального устройства

и выполняет функцию фиксации и уплотнения резьбового элемента, выполняется металлом по металлу. Фиксация кольца относительно резьбового соединительного элемента выполняется при помощи накидной гайки. Эти соединения имеют утечки, из-за уплотнения металла по металлу. В настоящее время устанавливаются одинарные (рис. 6.1, б) и двойные (рис. 6.1, в) врезные кольца.

Двойное врезное кольцо повышает фиксацию и уплотнение за счет врезания в тело трубы по двум линиям.

Одним из основных признаков всех резьбовых соединений с врезными кольцами является наличие внутреннего конуса с углом 24° на соединительном резьбовом элементе.

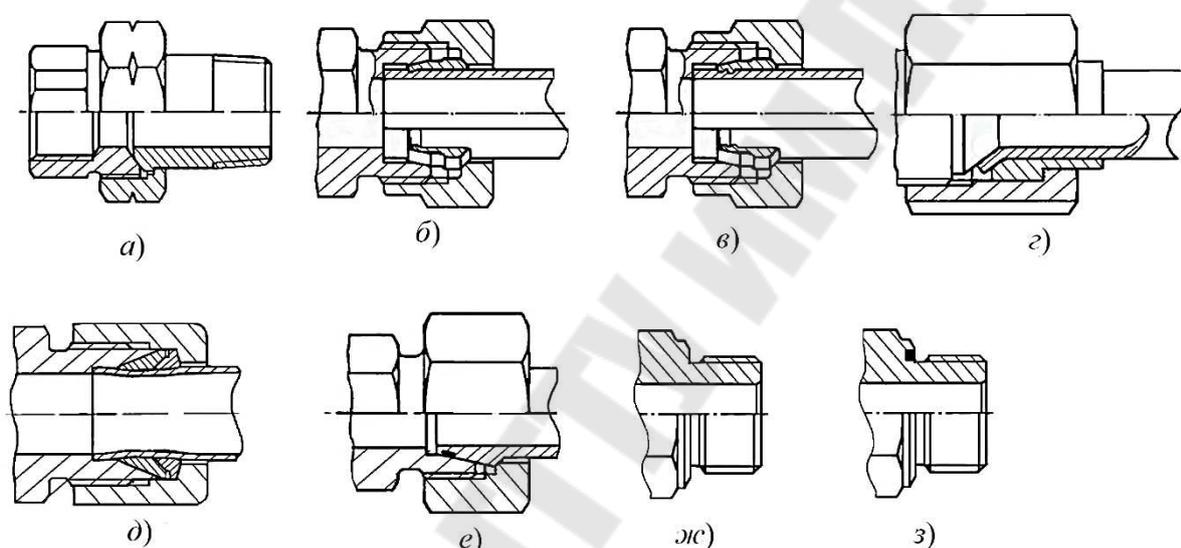


Рис. 6.1. Виды соединений трубопроводов

Резьбовые соединения с уплотняющей отбортовкой (рис. 6.1, з).

Фиксация достигается при помощи отбортовки конца трубы, прижимающейся к проточке на штуцере. Уплотнение «металл по металлу» работает при помощи опорного кольца

Резьбовые соединения с зажимным кольцом (рис. 6.1, д).

В этих соединениях должны использоваться нестандартные резьбовые соединительные элементы. Они образуют ответную деталь резьбовому соединению с врезными кольцами, в котором фиксация обеспечивается зажимом кольца на поверхности трубы. Уплотнение «металл по металлу» для трубы и для резьбового соединительного элемента.

Резьбовые соединения с коническим штуцером под сварку (рис. 6.1, е). В этом соединении конический штуцер приваривается к трубе. Уплотнение между штуцером и соединением эластичное. Фиксация обеспечивается при помощи накидной гайки и сварного шва

Резьбовое присоединение компонентов системы.

Во всех присоединениях фиксация между ввертываемым элементом и компонентом системы обеспечивается за счёт резьбы. Резьбовые шейки отличаются только видом уплотнения резьбового элемента относительно подключаемых компонентов системы

- Уплотнительная кромка (рис. 6.1, ж). На резьбовых шейках протачивается уплотнительная кромка, обеспечивающая уплотнение «металл по металлу» на компонентах системы. Необходимым условием является перпендикулярность уплотняющей поверхности к резьбе и отсутствие каких-либо поперечных рисок.
- Резьбовой соединительный элемент с прокладкой или кольцом (рис. 6.1, з). При использовании такого соединительного элемента уплотнение обеспечивается за счёт прокладки или кольца. Необходимым условием является перпендикулярность уплотняющей поверхности к резьбе и отсутствие каких-либо поперечных рисок. Эластичное уплотнение.

В качестве уплотняющих элементов могут быть использованы кольца различного сечения, изготовленные из резины марок, соответствующих типу применяемых рабочих жидкостей. Наиболее широкое распространение получили резиновые кольца круглого сечения (рис. 6.2).

Уплотнение (рис. 6.2, з и д) имеет зазор между поверхностями, в который кольцо под действием давления может выдавливаться. При низких давлениях (до 5 МПа) эти кольца устанавливаются в канавку (рис. 6.2, а). При более высоких давлениях в зазор устанавливают защитные кольца (рис. 6.2, в и е). Защитные кольца выполняют из фторопласта, твердой резины, капрона, кожи и других материалов, твердость которых выше твердости резиновых колец.

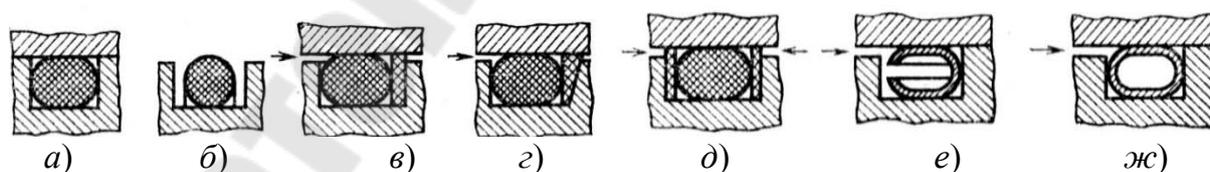


Рис. 6.2. Схемы уплотнений упругими кольцами круглого сечения

Защитные кольца устанавливают со стороны более низкого давления. Если же давление знакопеременное, то уплотнительное кольцо снабжается двумя защитными кольцами (рис. 6.2, д).

Уплотнения резиновыми кольцами имеют недостатки, ограничивающие область их применения, так как резина может со временем набухать или усаживаться и зависит от температуры. При низких темпе-

ратурах резина твердеет, а при высоких температурах выгорает или плавится. Эти недостатки отсутствуют у металлических самораспорных толстостенных колец (рис. 6.2, *е*). Они применяются при температуре до 800 К и давлений до 100 МПа. При высоких температурах рабочей жидкости применяются полые металлические кольца (рис. 6.2, *ж*). Незаполненные газом кольца применяют при давлениях до 0,7 МПа. Для более высоких давлений кольца заполняют инертным газом давлением 4-5 МПа и используют в системах с таким же давлением.

Для предотвращения утечек жидкости наружу соединяющий канал снабжается заглушкой. В устройствах гидроавтоматики применяются самые разнообразные типы заглушек (рис. 6.3.).

Простыми заглушками являются пробка (рис. 6.3, *а*) или шарик (рис. 6.3, *б*), которые ставятся в канал по плотной посадке. Для предотвращения их выдавливания на наружной кромке, в основном при установке шарика, производится завальцовка канала. Такие заглушки являются неразборными.

На рис. 6.3, *в* показана заглушка с уплотнением, крепление которой в корпусе обеспечивается с помощью резьбы на ее хвостовой части. Такие заглушки применяются в тех случаях, когда глубина канала для заглушки достаточно велика, а вокруг наружного отверстия канала пространство ограничено.

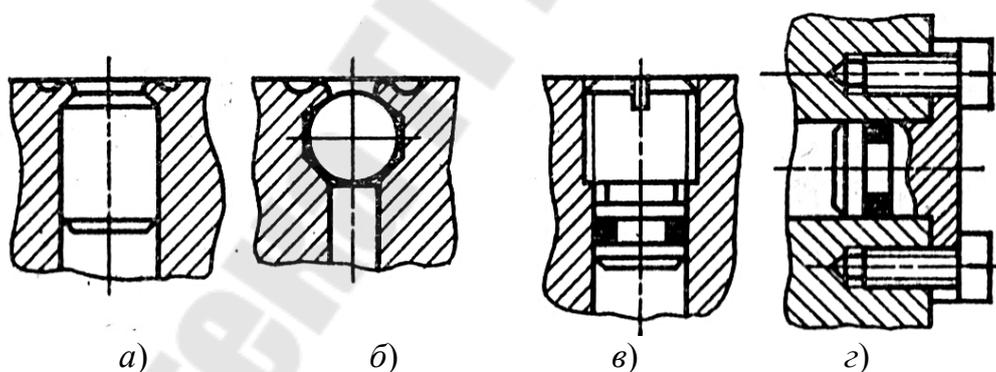


Рис. 6.3. Типы заглушек

Если вокруг отверстия канала на плоскости корпуса достаточно места, а длина канала под заглушку ограничена, то применяется заглушка с уплотнением (рис. 6.3, *г*) и крепится к корпусу винтами.

6.1.2. Шланги

Шланги являются надёжными элементами энергопередачи в гидравлических системах. Они должны надёжно компенсировать движения

трубопроводов или являться продольными компенсаторами на длинных участках систем. Шланговые (или рукавные) линии состоят из шлангов и соответствующей арматуры. При этом арматура согласуется с системой соединений, принятой для данных трубопроводов [19, 20].

Выбор арматуры зависит от системы трубопроводной обвязки: соединения с уплотняющей отбортовкой; с врезными кольцами; на приварных конусах или на фланцах. Используемая в гидравлических системах арматура изготавливается из стали.

При выборе шлангов необходимо в общем исходить из диаметра условного прохода и давления в линии. Кроме того при выборе необходимо учитывать стойкость материалов к среде, рабочую температуру и влияние внешних условий.

В напорных и сливных шланговых линиях скорость движения жидкости для снижения уровня шума не должна превышать 2...3 м/с.

Необходимая длина шланговой линии рассчитывается с учетом минимального радиуса изгиба (рис.6.4).

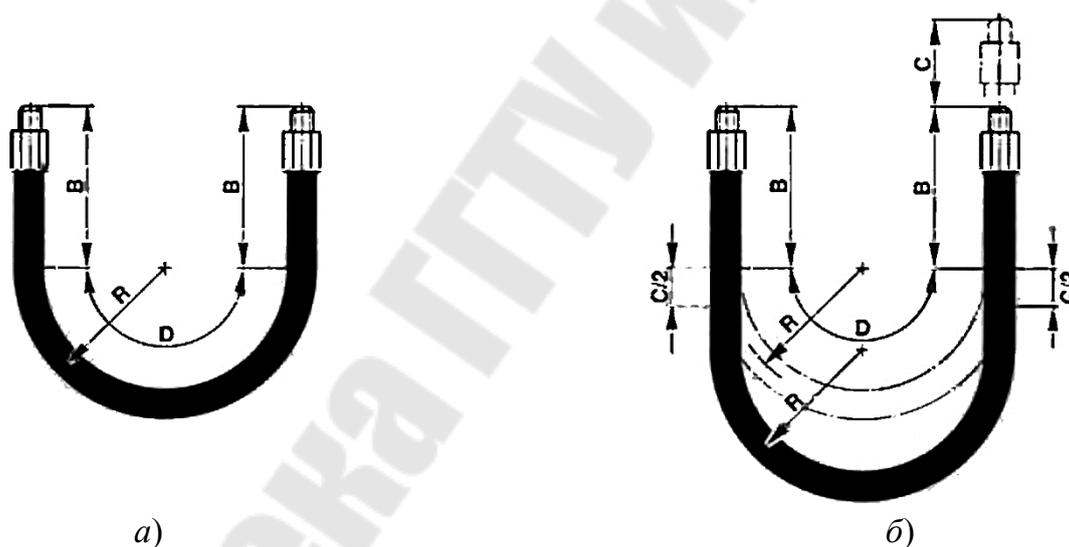


Рис. 6.4. Расчет жестко установленных (а) и жестко передвигаемых (б) шлангов

6.1.3. Монтаж шланговых линий

Правильная прокладка шланговых линий повышает срок их эксплуатации. При проектировании шланговых линий необходимо выполнять следующие требования (рис. 6.5):

- 1) Избегать скручивания шланга при монтаже.

- 2) Шланговые линии должны монтироваться так, чтобы на них действовала только нагрузка от собственного веса.
- 3) При сложной конфигурации прокладки длина шланговых линий должна выбираться так чтобы оставалась зона без изгиба.
- 4) Арматура должна выбираться таким образом чтобы не было дополнительных нагрузок на шланг.
- 5) Шланговые линии должны быть защищены от внешних воздействий. Элементы конструкций с острыми краями должны иметь защитные покрытия. В случае необходимости, шланги сами должны иметь защитные покрытия.

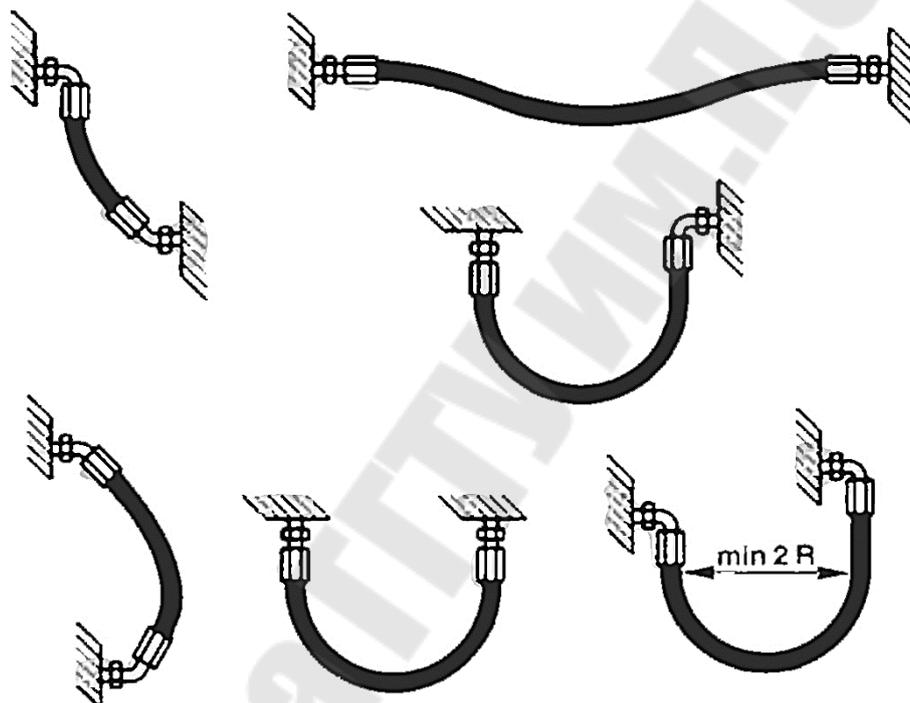


Рис. 6.5. Примеры правильной прокладки шланговых линий

6.1.4. Применение соединений различных труб

В станочных гидроприводах применяют стальные бесшовные холоднодеформированные трубы по ГОСТ 8734-75, стальные прецизионные трубы по ГОСТ 9567-75, медные трубы по ГОСТ 617-72, алюминиевые трубы по ГОСТ 18475-82, латунные трубы по ГОСТ 494-76 и рукава высокого давления по ГОСТ 6286-73 [15, 17, 19, 20].

Соединения трубопроводов применяются для давлений до 6,3 МПа (со стальными трубами до 16 МПа). Соединения медных, алюминиевых и латунных труб чаще всего применяются в системах низ-

кого (до 2,5 МПа) давления. Эти трубы используются также для дренажных линий, подключения манометров, для линий управления.

Соединения трубопроводов с врезающимся кольцом применяются для давлений до 16 МПа, в специальных случаях до 40 МПа. Такие соединения требуют применения прецизионных труб.

Разборные соединения рукавов используются со штуцерами, угольниками, тройниками и крестовинами.

6.1.5. Общие требования по монтажу трубопроводов

Приступая к монтажу трубопровода, следует проверить правильность выбора его диаметра; следует тщательно очистить трубопровод от окалины, грязи и ржавчины. Внутренние поверхности должны быть протравлены и промыты в специальных промывочных ваннах, просушены сухим сжатым воздухом и закупорены до начала установки в машину [11, 17, 19, 20].

Скобы для крепления труб следует устанавливать как можно ближе к коленам или изгибам. Расстояние между опорами или скобами выбирают в зависимости от наружного диаметра трубы.

Ко всем элементам трубопровода необходимо иметь свободный доступ. Трубопроводы должны отсоединяться без снятия агрегатов.

Штуцера следует располагать так, чтобы можно было осуществлять сборку и разборку каждого соединения в отдельности. При большой длине трубопровода необходимо предусматривать компенсацию температурных расширений.

В штуцерах, которыми трубопроводы присоединяют к агрегатам, нарезают цилиндрическую и коническую резьбы. Коническая резьба не требует уплотняющих прокладок, однако в соединениях, подвергаемых частой разборке, применять ее не следует, так как она теряет герметичность.

Трубопроводы должны быть жестко закреплены во избежание утечек рабочей жидкости в трубных соединениях вследствие ослабления из-за вибраций. Кронштейны для крепления труб устанавливаются на расстоянии не более 1,5 м на прямых участках трубопровода, а при изгибах и у трубных соединений – с двух сторон.

Трубопроводы у места присоединения к ним шлангов должны иметь опоры. Радиус изгиба должен быть не менее десяти наружных диаметров шланга.

Смонтированную систему проверяют на герметичность (обычно полуторным рабочим давлением).

Гидравлические трубопроводы следует проектировать без местных возвышений, чтобы в них не собирался воздух, а также без изгибов, препятствующих сливу жидкости. В воздухопроводах необходимо избегать резких изменений направления движения воздуха и «воздушных мешков», способствующих выделению влаги и скоплению конденсата. В самой высокой точке трубопровода устанавливают воздухопускное устройство.

Радиусы изгиба труб. Наименьшие радиусы изгиба труб и наименьшие длины прямых участков (рис. 6.7). длина изогнутого участка A определяется по формуле [21]:

$$A = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot \left(R + \frac{d_H}{2} \right),$$

где R – наименьший радиус изгиба, мм;
 d_H – наружный диаметр трубы, мм.

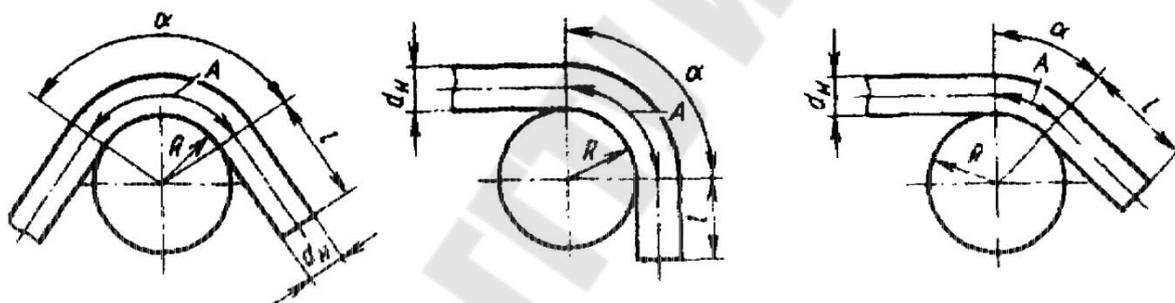
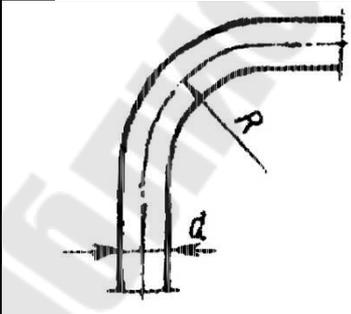


Рис. 6.7. Радиусы изгиба труб

Наименьшая длина прямого участка необходима для зажима конца трубы при изгибе.

Радиусы изгиба стальных труб зависят от их радиуса и толщины стенок (таблица 6.1).

Таблица 6.1.
 Размер, мм

	Диаметр трубы d	Наименьший радиус изгиба при толщине стенки	
		До 2	Свыше 2
	От 5 до 20	$4d$	$3d$
	От 20 до 35	$5d$	$3d$
	От 35 до 60	--	$4d$
	От 60 до 140	--	$5d$

6.2. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Изучить трубопроводы, применяемые в лабораторных установках и в различных гидросистемах.
- 3) Получить индивидуальное задание у преподавателя и выполнить его.
- 4) Составить отчет к лабораторной работе в соответствии с индивидуальным заданием.

6.3. Контрольные вопросы

- 1) Что такое гидролиния?
- 2) Виды гидролиний.
- 3) Назначение трубопроводов в гидросистеме.
- 4) Обозначение трубопроводов в гидросистемах.
- 5) Что такое трубопроводная система?
- 6) Какие аспекты нужно учитывать при проектировании систем трубопроводов?
- 7) Определение радиуса изгиба труб.
- 8) Типы соединения труб и рекомендации по их применению.
- 9) Правила монтажа трубопроводов.
- 10) Опоры и хомуты для крепления трубопроводов.
- 11) Рукава высокого давления: рекомендации по выбору.
- 12) Монтаж шланговых линий.
- 13) Обозначение шланговых линий на гидросхемах.
- 14) Какой способ соединения труб наиболее применяемый?
- 15) Какие достоинства и недостатки при уплотнении трубопроводных соединений резиновыми кольцами?
- 16) Какие есть виды заглушек?
- 17) Какие требования необходимо выполнять при проектировании шланговых линий?
- 18) В каких случаях какие виды труб применяют?
- 19) Общие требования к монтажу трубопроводов.

Лабораторная работа №7

Меры по снижению шума и вибрации в гидросистемах

Цель работы: изучить источники вибрации и шума; способы виброизоляции насосной установки в целом; методы демпфирования колебаний трубопроводов, насосов и электродвигателей; меры по снижению шума, производимого насосными установками и гидроаппаратами.

7.1. Общие сведения

7.1.1. Источники вибрации и шума

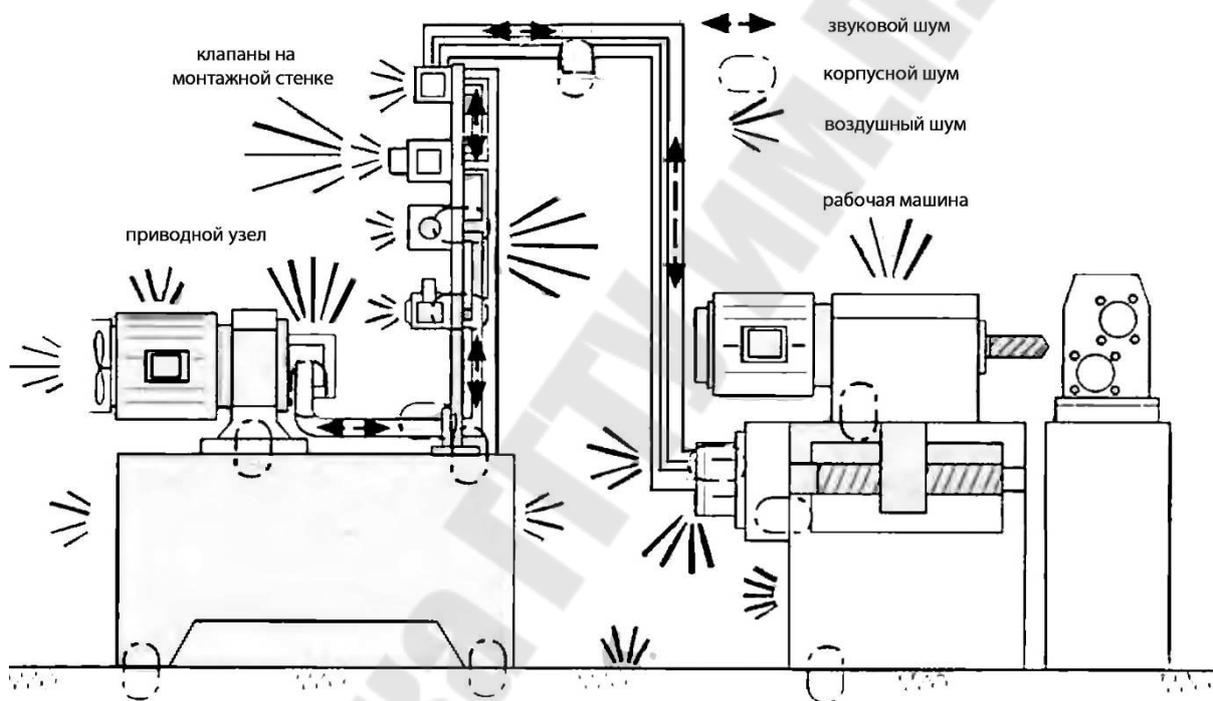


Рис. 7.1. Звуковой поток в гидроприводе и системах управления

В гидравлических приводах шум создается разнообразными источниками передается несколькими путями и в конце концов излучается разными поверхностями (рис. 7.1). Отдельные элементы, такие как приводной двигатель с насосом, клапаны для управления или регулирования энергетического потока и т.п. часто объединяются в функциональные группы расположенные на гидробаке [19].

Как правило, гидроагрегаты устанавливаются отдельно от рабочей машины. Для соединения с гидродвигателями этих агрегатов служат трубо- и/или шлангопроводы. При составлении схемы шумового потока для этой приводной системы выясняется, что основным источником воздушного шума - это насос, который к тому же генерирует кор-

пусный и жидкостный шум. Дальнейшей передаче и распространению корпусного шума содействует механическая связь между моторно-насосной группой и гидробаком. Еще один способ передачи корпусного шума возникает при непосредственной связи насоса с вентилями через трубопроводы.

Кроме того сам принцип подачи жидкости насосом обуславливает постоянный жидкостный шум в виде периодических пульсаций давления. Жидкостный шум распространяется по всей системе труб. Эти колебания воспринимает сам насос, а также все последовательно включенные элементы в том числе гидроагрегат и рабочая машина.

Колебания передаются и примыкающим полам и стенам, вдоль которых проложены трубы. Все эти приемники колебаний излучают воздушный шум, непосредственной причиной которого является процесс подачи жидкости насосом.

Гидроклапаны также генерируют воздушный корпусный и жидкостный шум. При переключении распределителей ходовых клапанов потоки жидкости затормаживаются или ускоряются. При этом возникают колебания давления, распространяющиеся в установке в виде жидкостного шума. Клапаны могут генерировать высокочастотные шипящие шумы, обусловленные турбулентными и кавитационными явлениями в местах дросселирования.

Возбужденный в детали корпусный шум, в дальнейшем передается корпусом и распространяется в примыкающей структуре. Процесс распространения зависит от изолирующих или демпфирующих свойств структуры. Излучающая поверхность колеблясь со некоторой скоростью создает в своем окружении переменное давление воздуха (т.е. воздушный шум), которое зависит от определенных свойств этой поверхности (площадь, форма, материал и толщина).

7.1.2. Виброизоляция насосной установки

В идеальном случае насос и приводной электродвигатель собирают на общей плите, которую затем монтируют на крышке масляного резервуара с применением амортизаторов.

Применяют амортизаторы резиновые, резинометаллические (рис. 7.2, а), пластмассовые и комбинированные.

Широкое распространение получили резинометаллические амортизаторы с мягким демпфирующим элементом (рис. 7.2, б). В случае разрушения резинового упругого элемента или его отслоения

от металлических деталей амортизатор продолжает удерживать амортизируемый объект на несущем основании.

Демпфирование передачи вибраций монтажной плите и гидравлическому резервуару привело к снижению уровня звуковой мощности, создаваемого гидросистемой на 2-3 дБА.

Значительное уменьшение уровня звуковой мощности обеспечивается при установке между насосом и его опорой звукопоглощающего фланца, представляющего собой пербутановое кольцо, привулканизированное к металлической втулке. Снижение уровня звуковой мощности в этом случае составляет от 2 до 5 дБА.

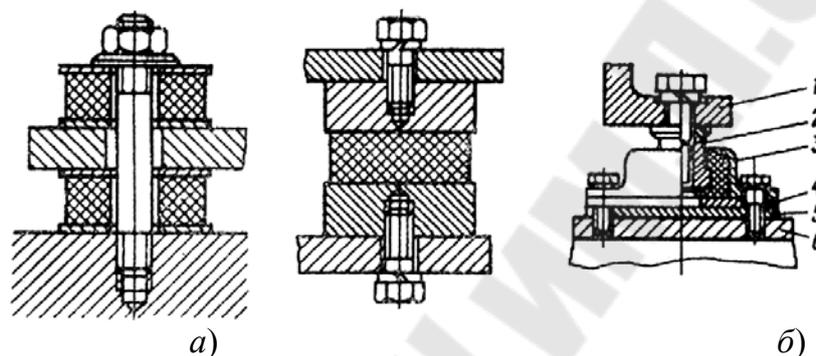


Рис. 7.2. Амортизаторы: а) резинометаллические; б) резинометаллические с мягким демпфирующим элементом

1 – лапы амортизируемого объекта; 2-4 – детали металлической арматуры, соединенные с резиновым массивом; 5 – накладка, приваренная к фундаменту; 6 – фундамент

Эффективность применения эластичных опор зависит от характеристик упругого материала, типа опоры и может быть определена как отношение амплитуды колебаний монтажной плиты насосной установки при непосредственном креплении к ней насоса и электродвигателя к амплитуде колебаний монтажной плиты при использовании эластичных опор между насосной установкой и плитой.

Как правило, резинометаллические виброопоры эффективно демпфируют колебания на средних и высоких частотах и исключают их передачу и распространение на большие поверхности монтажных плит, баков и т.п. Достижимое снижение уровня звуковой мощности составляет 2-5 дБА.

В то же время эффективное снижение колебаний при установке насосного агрегата на амортизаторах может быть достигнуто только при допустимых величинах биения вала. В противном случае амплитуда вибрации при снижении жесткости крепления насоса к установочной плоскости рачительно возрастет.

7.1.3. Выбор и монтаж трубопроводов

Диаметры трубопроводов должны быть достаточно большими, чтобы скорости потока соответствовали приведенным ниже [2, 11, 15]:

- 1) для линий всасывания диаметром до 32 мм - 0,6-1,2 м/с, более 32 мм - 1,6 м/с;
- 2) для линий нагнетания диаметром до 50 мм - 3 м/с, более 50 мм - 3,6 м/с.

Скорость протекания рабочей жидкости через клапаны управления и другие короткие участки труб с меньшим сечением - 6,0 м/с, скорость в переливных и предохранительных клапанах - 30 м/с.

При изготовлении элементов гидропривода следует применять плавные изгибы труб. Радиусы изгиба труб должны составлять пять-шесть диаметров труб. По возможности следует избегать изгибов трубопроводов, поскольку каждый из них повышает создаваемый гидроприводом шум. Для подавления вибрации трубопроводов, вызываемой пульсирующим потоком, целесообразно применять массивные трубы с большой толщиной стенки. Эффективной мерой для демпфирования колебаний служит применение в линии нагнетания армированных гибких рукавов. С этой целью в отдельных участках трубопроводов устанавливают гибкие рукава, которые ослабляют передачу вибрации от одного участка трубопровода к другому. Лучшее демпфирование достигается, когда гибкие шланги присоединяются к жесткому трубопроводу с обеих концов.

Тип всасывающего трубопровода влияет на создаваемый гидросистемой уровень звуковой мощности. Рациональна замена металлического трубопровода на пластмассовый.

Для изоляции вибрирующих труб от непосредственного контакта с металлическими деталями гидропривода используют различные конструктивные решения: всасывающие, сливные и дренажные трубопроводы, проходящие через крышку резервуара или другие металлические перегородки, уплотняют упругими втулками или манжетами (рис. 7.3, а). Применение эластичных промежуточных соединений трубопроводов в сочетании с другими виброизолирующими элементами обеспечивает снижение шума установки до 20%.

Напорные магистрали иногда выполняют из отдельных отрезков труб, соединенных между собой промежуточной кольцеобразной муфтой с демпфирующим элементом (рис. 7.3, б).

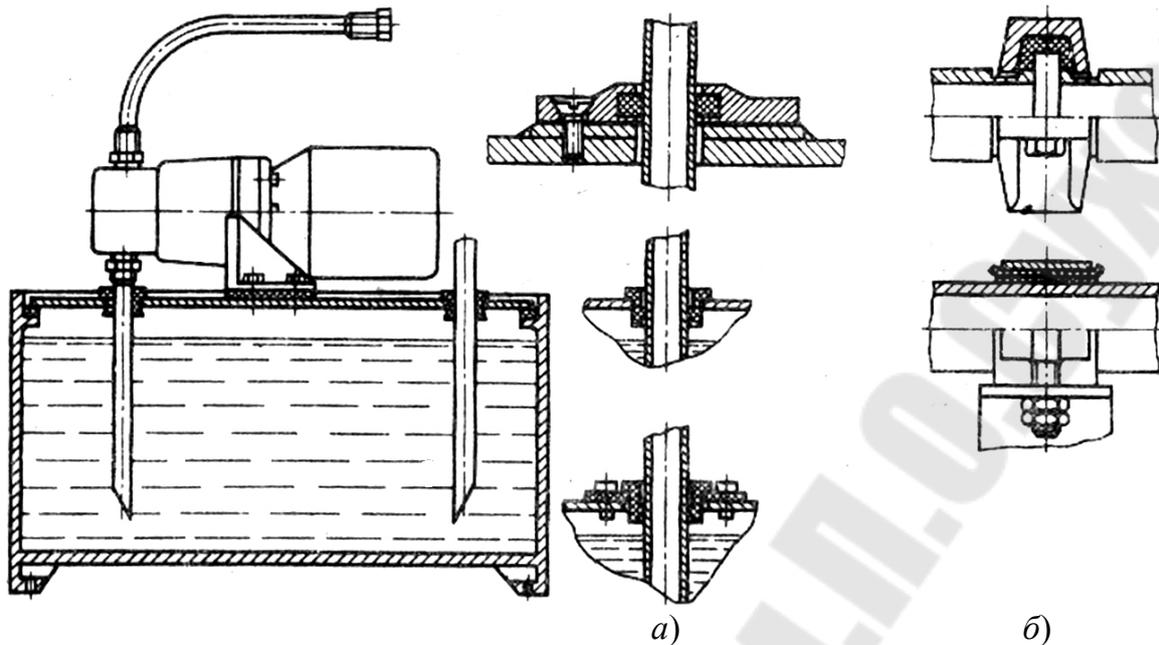


Рис. 7.3. Виброизоляция металлических трубопроводов упругими втулками и муфтами при прохождении трубопровода через крышку резервуара (а) и промежуточными кольцеобразными муфтами с демпфирующим элементом (б)

Поперечная вибрация трубопровода может быть устранена с помощью установки кронштейнов, зажимов или колодок таким образом, чтобы основная резонансная частота пролета незакрепленной части трубы была больше, чем самая высокая частота, создаваемая насосом. Для этого определяют критическую длину пролета между опорами, исходя из ее собственной частоты.

Трубы должны устанавливаться с зазором, который обеспечивает удобство монтажа и отсутствие касаний при вибрации или перемещениях других элементов конструкции. Кронштейны для труб и зажимы должны быть облицованы эластичным материалом и прикреплены к относительно массивным фундаментам, или к стойкам.

7.1.3. Демпфирование роторных колебаний в насосных установках

Сложение колебаний ротора насоса, вызванных пульсацией расхода и давления, с колебаниями ротора электродвигателя, являющимися следствием взаимодействия магнитных сил, образует гармоники, влияющие на уровень звука и вибрацию насосной установки. Для демпфирования этих колебаний применяют соединительные муфты с упругими элементами различной конструкции.

В гидроприводе преимущественное распространение получили муфты с резиновыми элементами, отличающимися высокими компенсационными свойствами и хорошей демпфирующей способностью при сравнительной простоте конструкции и отсутствии специальных требований к уходу при эксплуатации.

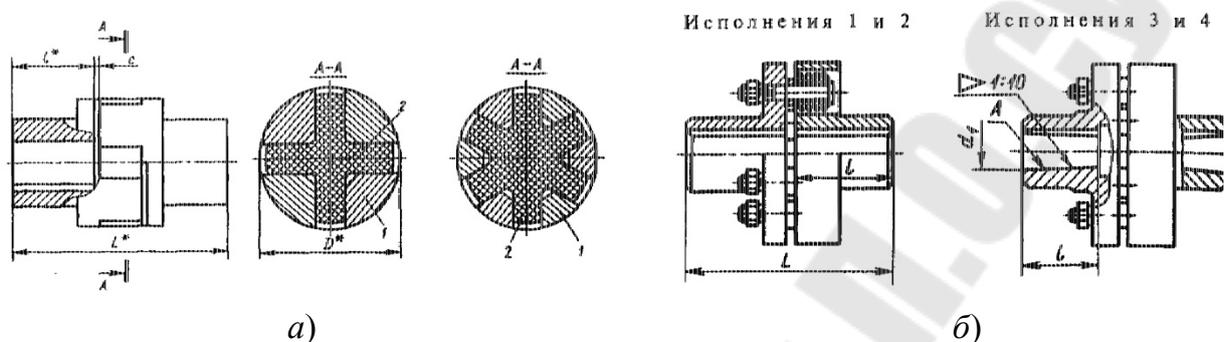


Рис. 7.4. Муфты с эластичными элементами

Для монтажа небольших насосных станций часто применяют муфты со звездочкой (ГОСТ 14084-76) (рис. 7.4, а), а для более крупных установок - втулочно-пальцевые муфты (ГОСТ 21424-75) (рис. 7.4, б).

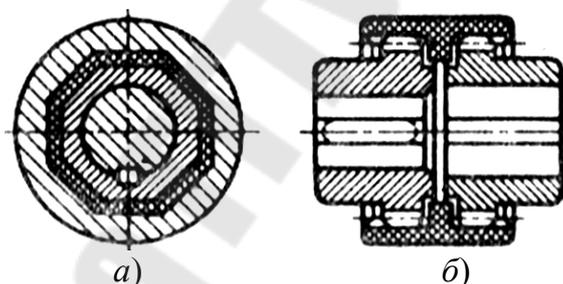


Рис. 7.5. Муфты с эластичными демпфирующими элементами

На рис. 7.5 показаны конструкции муфт с упругими элементами. Резиновый демпфирующий элемент выполнен в форме восьмиугольной втулки (рис. 7.5, а). При такой форме элемента обеспечивается сравнительно большая поверхность контакта полумуфт, воспринимающих крутящий момент. Указанная муфта обеспечивает снижение уровня звуковой мощности насосной установки на 6 дБА.

Зубчатая муфта с эластичной оболочкой (рис. 7.5, б), изготовленной из полиуретана или суперполиамида, обладающих высоким сопротивлением изнашиванию и хорошими виброакустическими свойствами. Муфты этого типа изготавливают для компенсации несоосности насосных установок и агрегатов.

Испытания муфт разных конструкций показали недостаточные демпфирующие свойства оболочковой муфты. К наиболее оптимальным с точки зрения снижения шума можно отнести втулочно-пальцевые муфты (уровень звука снижается на 2-4 дБА).

7.1.5. Погружение насоса в рабочую жидкость

Экспериментальные исследования уровней звука и уровней звукового давления, создаваемых насосной установкой с аксиально-поршневым насосом НА...8/320М, при монтаже его на резервуаре и в погружном состоянии показали, что в последнем случае уровень шума значительно ниже, что объясняется главным образом улучшением условий всасывания и исключением подсоса воздуха.

При погружном исполнении в качестве элемента виброизоляции может быть использован гибкий установочный фланец, который способен снизить уровень звука на 2-4 дБА.

7.1.6. Меры по снижению уровня шума электродвигателей и теплообменников

Электродвигатель занимает одно из первых мест по уровню создаваемого шума. Создаваемая им звуковая энергия представляет собой результат взаимодействия различных факторов, в том числе: механического, магнитного и аэродинамического происхождения, что является следствием неудовлетворительной балансировки вращающихся элементов, трения, колебаний ротора и статора под воздействием магнитных сил, циркуляции внутри машины охлаждающего воздуха, нагнетаемого вентилятором.

Борьба с шумом ограничивается, как правило, пассивными методами; наиболее эффективно акустическое ограждение, не препятствующее циркуляции охлаждающего воздуха. Снижение шума, создаваемого вентилятором, достигается установкой глушителя на впуске охлаждающего воздуха и приданием лопастям вентилятора оптимальной геометрической формы. Это позволяет снизить уровень звука на 5- 7 дБА при 1500 об/мин.

Глушитель аэродинамического шума представляет собой металлическую конструкцию с двойными стенками, пространство между которыми заполнено звукопоглощающим материалом. Такое решение может понизить уровень звука до 10 дБА и более.

Существенное снижение уровня звуковой мощности достигается также при замене прямых лопастей вентилятора наклонными.

Электротехнической промышленностью выпускаются электромоторы с пониженными шумовыми характеристиками. Они имеют уменьшенный воздушный зазор между статором и ротором, лопасти вентиляторов выполнены из пластмассы или специальной синтетической резины, применены прецизионные подшипники качения.

Указанные меры по снижению шумовых характеристик приводных электродвигателей применяются и для теплообменников с воздушным охлаждением.

7.1.7. Звукоизолирующие ограждения

При акустическом ограждении всей насосной установки можно достичь уровня звука до 25-45 дБА. Ограждение должно быть сплошным, выполненным из материалов большой плотности при минимальном количестве пустот.

Наиболее эффективно трехслойное ограждение из тяжелых металлических стенок, оснащенных ребрами жесткости, а также слоев стекловолокна и звукопоглощающей пасты (рис. 7.6).

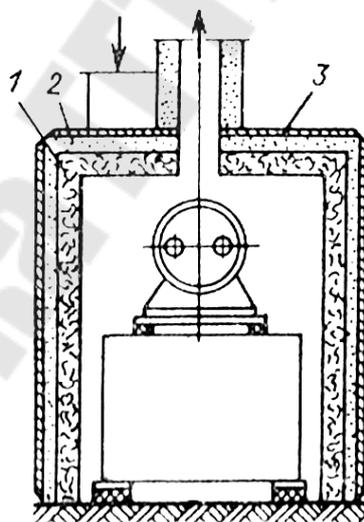


Рис. 7.6. Звукоизолирующее ограждение насосных станций с трехслойной изоляцией: 1 – пористый звукопоглощающий материал; 2 – звукопоглощающая замазка; 3 – металлические листы

Насосный агрегат установлен на резиновые амортизаторы. Дверцы проемов для обслуживания и ухода за агрегатом уплотнены. Такое ограждение обеспечивает снижение уровня звука 25–35 дБА.

Суммарное сечение вентиляционных отверстий не должно превышать 10% общей площади ограждающих стен.

7.1.8. Вибропоглощающие покрытия

Снижение шума может быть достигнуто демпфированием вибрирующей поверхности различными покрытиями. Материал покрытия должен плотно прилегать к колеблющейся поверхности.

Поглощение энергии происходит в основном за счет деформации вибропоглощающего слоя и особенно эффективно для высоких звуковых частот.

Вибропоглощающие покрытия подразделяют на:

- 1) жесткие, к которым относят твердые пластмассы с наполнителями (например, листы из спеченного алюминия толщиной 2-3 мм);
- 2) мягкие, к которым относят мягкие резины и пластмассы, прорезиненный войлок, мастики.

Звукопоглощающие покрытия должны иметь большую величину звукопоглощения; хорошую газопроницаемость и теплоизолирующую способность и минимальную толщину; обладать такой же прочностью, как металлы, хорошей обрабатываемостью, коррозионной стойкостью и негорючестью; не электризоваться; допускать применение воды и моющих растворов при обслуживании; иметь невысокую стоимость.

7.1.9. Снижение шума гидроаппаратуры

Основными источниками шума гидроаппаратуры являются: механические вибрации элементов управления и регулирования (расхода, давления), вызванные воздействием гидродинамических сил потока; удары, связанные с переключением распределительных золотников и срабатыванием электромагнитов; турбулентность рабочей жидкости (при высоких скоростях потока), кавитация (при наличии в жидкости незначительного количества воздуха и воды).

Снижение уровня звука достигается: правильным выбором диаметра условного прохода гидроаппаратов, обеспечивающего рекомендуемые скорости потока жидкости при максимальной подаче насосной установки; применением гидроаппаратуры модульного монтажа (снижает шум установки до 6 дБА), а также распределительной аппаратуры, оснащенной магнитами с "мокрым" якорем.

При монтаже насосной установки целесообразно: предохранительный клапан установить на некотором расстоянии от масляного резервуара, а слив из него осуществить с помощью эластичного трубопровода; вместо одного нерегулируемого дросселя, работающего при полном перепаде давления, установить последовательно два дросселя, каждый из которых будет работать на половинном перепаде давления; обеспечить абсолютную герметизацию присоединений клапанов, устанавливаемых на сливной магистрали.

7.2. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Изучить методы звуко- и вибропоглощения, применяемые в лабораторных установках или выполнить другое практическое задание по выбору преподавателя.

7.3. Контрольные вопросы

- 1) Источники шума в гидроприводах и пути их снижения.
- 2) Разновидности шума.
- 3) Способы снижения распределения корпусного и жидкостного шума.
- 4) Виброизоляция насосной установки.
- 5) Демпфирование роторных колебаний насосного агрегата.
- 6) Снижение излучения шумов трубами и шлангами.
- 7) Экранирование.
- 8) При каком постоянном воздействии шума неизбежны повреждения слуха?
- 9) Какую наименьшую частоту воспринимает человеческое ухо?
- 10) Что такое акустическая эмиссия?
- 11) Что является основным источником воздушного шума в гидроприводе?
- 12) Какая должна быть скорость протекания жидкости через клапаны управления и другие короткие участки труб с небольшим сечением?
- 13) Какая должна быть скорость протекания жидкости в переливных и предохранительных клапанах?
- 14) Какие нужно применять трубы для подавления вибрации трубопроводов?
- 15) На сколько снижается уровень звуковой мощности насосной установки при установке эластичной соединительной муфты?
- 16) Какие муфты наиболее оптимальны, с точки зрения снижения шума?
- 17) Какой уровень звука можно достичь, при акустическом ограждении всей насосной установки?

Лабораторная работа №8

Проектирование принципиальной гидро- или пневмосхемы привода рабочего оборудования машин

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия гидрофицированного оборудования, определить порядок действия гидродвигателей, разработать или модернизировать схему гидравлическую принципиальную и описать принцип ее работы.

8.1. Общие сведения

Существует несколько принципиально отличных моделей решения при проектировании гидропневмоприводов в зависимости от того, что является объектом проектирования [2, 11, 17, 20]:

- модернизация существующего объекта под новые условия эксплуатации;
- создание принципиально нового конструктивного решения, функционального назначения объекта как опытного образца и его апробация в различных условиях эксплуатации;
- создание и внедрение в серийное производство новой конструкции объекта.

Конструкция гидропривода и его основные параметры определяются типом машины, для которой он предназначен, поэтому разработка гидропривода должна начинаться с анализа технического задания (ТЗ). Этот документ составляется ведущим разработчиком машины и содержит:

- 1) общее описание машины, включая механическую часть,
- 2) электрические и гидравлические узлы с предварительной компоновкой на машине гидродвигателей, насосной установки, а также указанием возможных мест размещения гидроаппаратуры,
- 3) методы управления и контроля,
- 4) требуемые блокировки,
- 5) нагрузочные характеристики и режимы движения каждого рабочего органа,
- 6) циклограмму рабочего цикла машины,
- 7) необходимые средства диагностики технического состояния,
- 8) основные требования надежности,
- 9) другие сведения (точность, дискретность перемещений, жесткость, вибрации, шум, качество переходных процессов, температура

масла, точность гидравлического уравнивания, возможность регулировок, необходимость остановок гидродвигателей в промежуточных положениях, время выстоя и др.).

Перед выбором гидроаппаратов и выполнением расчетов предварительно составляется принципиальная схема привода из типовых гидравлических устройств, обеспечивающая заданный цикл работы. Схематично последовательность составления гидросхемы можно представить в виде, приведенном на рис. 8.1.

При составлении гидравлической схемы какой-либо машины необходимо использовать опыт разработки и эксплуатации аналогичных машин. Применение типовых схем повышает качество проектирования гидроприводов, снижает номенклатуру применяемого оборудования, упрощает производство.

При составлении гидравлической схемы стремятся выполнить ее простой, с минимальным количеством элементов, необходимых для функционирования гидропривода и обеспечивающих заданную надежность [4]. В большинстве случаев выбираются гидравлические схемы с разомкнутой циркуляцией рабочей жидкости, когда жидкость от гидродвигателя поступает в гидробак.

Принципиальная схема гидропневмопривода состоит из стандартных или унифицированных гидроаппаратов и устройств, отличающихся функциями, техническими характеристиками, размерами и имеющих стандартные условные обозначения по ГОСТ 2.780–68 [7].

В состав гидро- и пневмооборудования входят: гидробак; насосные, установки; гидропневмоаккумуляторы; фильтрующие устройства; теплообменники; направляющая гидроаппаратура; регулирующая гидроаппаратура; трубопроводы и соединения; гидравлические двигатели; панели и блоки для установки гидроаппаратуры [11].

Пути совершенствования традиционных гидравлических систем связаны с уменьшением гидравлических потерь давления в трубопроводах (за счет сокращения длины трубопроводов между насосами, гидрораспределителями и гидродвигателями, сокращения количества соединений трубопроводов, применения фланцевых соединений и рукавов высокого давления с гнутой арматурой и др.); с повышением надежности и безопасности за счет применения встроенных комбинированных предохранительных и подпиточных клапанов, устройств ограничения скорости нарастания давления, вторичных предохранительных клапанов, прифланцованных к гидродвигателям, и др.



Рис. 8.1. Последовательность составления принципиальной схемы

8.2. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Повторить правила выполнения схем (лабораторная работа №2).
- 3) Изучить принцип работы проектируемого или модернизируемого объекта.
- 4) Описать устройство и принцип действия объекта.
- 5) Проанализировать типовые схмотехнические решения для обеспечения работы аналогичного оборудования.
- 6) Разработать принципиальную схему гидро- или пневмопривода для проектируемого или модернизируемого объекта.
- 7) Выполнить чертеж схемы гидравлической или пневматической в соответствии с правилами оформления схем.
- 8) Описать принцип действия гидро- или пневмопривода проектируемого или модернизируемого объекта.
- 9) Сделать вывод о необходимости проектирования или модернизации гидро- или пневмосистемы.

8.3. Контрольные вопросы

- 1) Основные задачи, решаемые при проектировании гидросистем.
- 2) Что такое схема?
- 3) Какую информацию содержит схема?
- 4) Какие существуют требования к выполнению схем?
- 5) Какое условие определяет выбор формата для схемы?
- 6) Какую информацию можно приводить на чертеже схемы?
- 7) Каким размером шрифта выполняются обозначения гидроаппаратов на схемах?
- 8) Где по отношению к условному обозначению гидроаппарата записывается буквенное обозначение на схеме?
- 9) Почему при проектировании рекомендуют применять типовые схемные решения?
- 10) С определения чего начинается процесс проектирования схем?
- 11) Какая схема циркуляции жидкости преобладает в большинстве систем?
- 12) Что значит «разгруженная схема гидропривода»?
- 13) Какую информацию содержит техническое задание?
- 14) В какой последовательности производят составление принципиальной схемы привода?

Лабораторная работа №9

Изучение методов, приборов для измерения параметров гидро- и пневмоприводов

Цель работы: ознакомиться с параметрами диагностирования гидро- и пневмосистем, методами и приборами для измерения параметров гидро- и пневмоприводов, изучить средства и приборы контроля параметров в проектируемом гидро- или пневмоприводе.

9.1. Параметры состояния гидро- и пневмопривода

Для определения действительного (фактического) состояния привода необходимо установить, какие параметры и каким способом следует проверять, а также какие технические средства при этом задействовать.

Параметры состояния гидро- и пневмопривода - это физические величины, характеризующие его работоспособность или исправность и изменяющиеся в процессе его работы [3, 17, 19, 20].

Структурные параметры гидроприводов непосредственно характеризуют работоспособность агрегатов и привода в целом (зазоры, износы, натяги в сопряжениях, геометрическая форма и др.).

Изменение структурных параметров сопровождается изменением параметров рабочих процессов гидропривода (давление и расход рабочей жидкости, температура рабочей жидкости, время подъема штока силового цилиндра и т.п.).

Косвенными диагностическими признаками могут служить акустические сигналы, изменение температуры корпусных деталей и рабочей жидкости, изменение давления в системе, наличие в рабочей жидкости продуктов износа, параметры, характеризующие динамическое состояние системы и т.п. Преимущество косвенных диагностических параметров перед структурными состоит в том, что их контроль не требует, как правило, разборки агрегатов и может осуществляться в процессе работы гидропривода.

Можно также выделить в отдельную группу выходные параметры. Выходные параметры (признаки) привода или гидроагрегатов определяют их работоспособность согласно установленным техническим условиям. Обычно эти параметры могут быть измерены тем или иным способом. Контроль выходных параметров дает ответ на вопрос

о работоспособности привода, но не определяет места и вида повреждения.

Контроль работоспособности привода по косвенным признакам наиболее распространен и производится в том случае, когда непосредственное измерение выходных параметров затруднено. Эти признаки должны быть функционально связаны с работоспособностью изделия и отражать изменения технического состояния, происходящие в гидроприводе.

Количественной мерой параметра состояния является его значение, которое может быть номинальным, нормальным и предельным.

Значение параметра технического состояния изделия или его элемента в начале эксплуатации называют *номинальным*: зазор в сопряжении, давление регулировки клапана, расход рабочей жидкости и т.д.

Допустимое значение параметра - значение, при котором обеспечивается безотказная работа составной части до очередного обслуживания при высоких технико-экономических показателях. Многие из параметров, характеризующих техническое состояние гидроприводов и их узлов, имеют два допустимых значения. Одно из них рассчитывают исходя из необходимости обеспечения надежной работы гидроагрегата до соответствующего очередного технического обслуживания, а второе - до очередного ремонта. Значения параметра, не выходящие за пределы допустимых величин, называют *нормальными*. Они находятся в диапазоне между номинальными и допустимыми величинами.

Предельное значение параметра - наибольшее или наименьшее, которое может иметь работоспособный гидроагрегат. При выходе значений параметров за предельные дальнейшая эксплуатация агрегата или привода в целом без проведения ремонта недопустима.

Основными параметрами, по которым осуществляется диагностирование гидроприводов в целом, гидромашин, гидрораспределителей, гидроцилиндров, клапанов и других гидроагрегатов, являются:

- давление рабочей жидкости;
- перепад (разность) давлений;
- разрежение;
- расход рабочей жидкости;
- уровень жидкости в баке;
- температура жидкости;
- время;

- перемещение линейное;
- перемещение угловое;
- частота вращения ротора;
- усилие;
- крутящий момент;
- уровень шума;
- виброударные характеристики;
- параметры рабочей жидкости.

9.2. Измерение параметров гидро- и пневмопривода

Измерением называют нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Различают прямое и косвенное измерения. При прямом измерении искомое значение физической величины находят непосредственным измерением, например, температуры – термометром, давления – манометром и т. д. При косвенном измерении искомое значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям, например расход жидкости определяют с помощью тахометрического преобразователя расхода и т. д.

Средством измерения называют техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства. Средства измерений (РМГ 29-2013) [22] подразделяют на следующие виды: меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки и системы.

Мерой называют средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера, например гиря – мера массы, линейка с миллиметровыми делениями – мера длины, измерительная мензурка – мера объема, вместимости и т. д.

Измерительным прибором называют средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительные приборы подразделяют на показывающие и регистрирующие. Показывающие измерительные приборы (например, манометры) допускают только отсчитывание показаний, а регистрирующие (самопишущие и печатающие) – регистрацию показаний.

Измерительным преобразователем называют средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной инфор-

мации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем, например манометрический преобразователь в цепи электрического манометра, преобразователь расхода в цепи электрического расходомера, термометр в цепи термоэлектрического термометра и т. д.

Измерительной установкой называют совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенных в одном месте.

При использовании средств измерения необходимо знать их пределы измерений, цену деления шкалы и абсолютную погрешность.

Методы измерения основных параметров гидроприводов и пневмоприводов устанавливают соответственно ГОСТ 17108-79 и ГОСТ 19862-74.

При испытаниях приводов измеряют, как правило, давление, расход и температуру рабочих сред, а также частоту вращения и крутящие моменты.

Таблица 9.1

Допустимые погрешности при измерении параметров ГиПП

Параметр	Допустимая погрешность измерения, %, для группы точности		
	1	2	3
Давление	±0,6	±1,5	±2,5
Расход жидкости	±0,5	±1,0	±2,0
Температура	±0,5	±1,0	±2,0
Время	±0,2	±0,5	±1,0
Сила (момент силы)	±0,5	±1,5	±3,0

9.2.1. Измерение давления рабочих сред

Давление рабочих сред приводов измеряют деформационными, электрическими и жидкостными манометрами (рис. 9.1) [3, 15].

В гидросистемах обычно применяют манометры с упругим чувствительным элементом.

В систему обычно подключается через демпфер, т.к. колебания давления и гидравлические удары выводят манометр из строя.

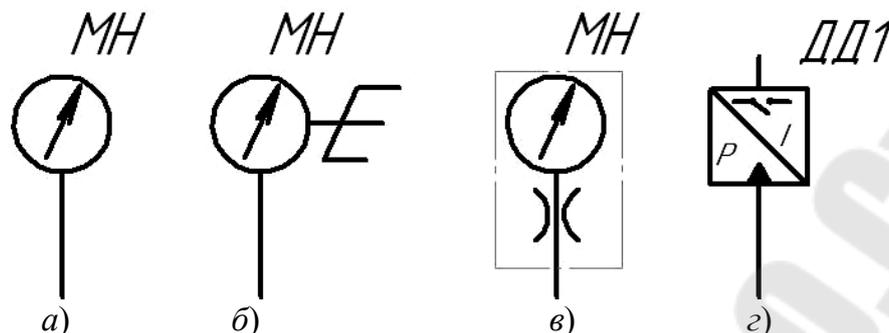


Рис. 9.1. Схематическое обозначение приборов для измерения давления:
 а) общее изображение манометра; б) манометр электроконтактный;
 в) манометр с демпфером; г) датчик давления.

Верхний предел измерения давления, МПа, манометром выбирается из ряда: 0,06; 0,1; 0,16; 0,2; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160.

Манометры общего назначения изготовляют следующих классов точности: 0,4; 0,6; 1,0; 1,5; 1,5; 4,0.

Манометры подбирают по максимальному измеряемому давлению таким образом, чтобы рабочий предел измерения давления был равен $3/4$ верхнего предела измерений при постоянном давлении и не менее $2/3$ верхнего предела при переменном давлении измеряемой среды.

Датчик давления – устройство, физические параметры которого изменяются в зависимости от давления измеряемой среды (жидкости, газа, пара). В датчиках, в отличие от манометров, давление измеряемой среды преобразуется в унифицированный пневматический, электрический сигналы или цифровой код.

9.2.2. Измерение расхода рабочих сред

В гидроприводах необходимость измерения расхода жидкости возникает лишь при испытаниях гидрооборудования либо при поломках оборудования. Для измерения расхода применяют тарированные объемные гидромоторы, счетчики рабочей жидкости, специальные расходомеры, мерные бачки [3, 15].

Косвенное измерение объемного расхода рабочей среды заключается в измерении объема V рабочей жидкости с помощью мерного сосуда и времени заполнения объема мерного сосуда. Кроме

того, часто в качестве косвенного измерителя расхода используют объемные нерегулируемые гидромоторы с известным рабочим объемом и измеряемой частотой вращения.

Схематичное обозначение расходомера - рис. 9.2.



Рис. 9.2. Схематичное обозначение приборов для измерения расхода: а) расходомер, общее обозначение; б) расходомер интегрирующий.

9.2.3. Измерение температуры рабочих сред

Температуру рабочей среды в гидро- и пневмоприводах определяют термометрами.

Термометром называют средство измерений (совокупность средств измерений), предназначенное для выработки сигнала температурной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления (рисунок 9.3, а-в) [3, 15].

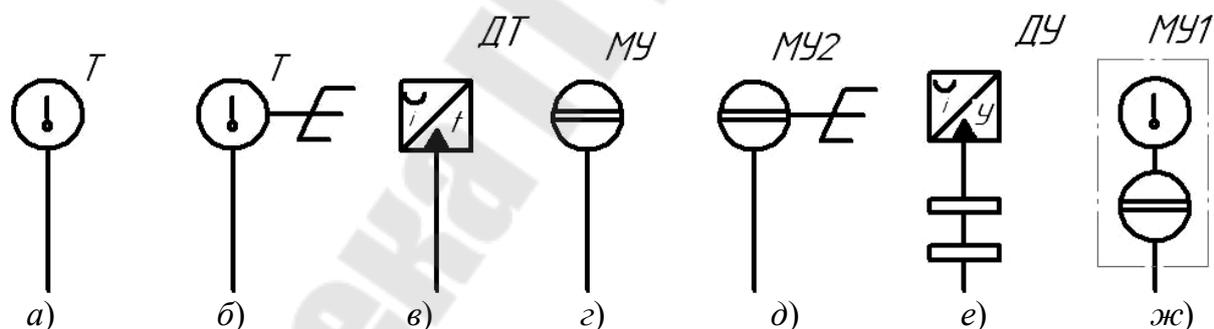


Рис. 9.3. Схематичное обозначение приборов для измерения температуры и уровня жидкости: а) общее изображение термометра; б) термометр электроконтактный; в) датчик температуры; г) общее изображение маслоуказателя; д) маслоуказатель электроконтактный; е) датчик уровня жидкости поплавковый; ж) маслоуказатель совмещенный с термометром

Измерить температуру можно только косвенным путем, основываясь на зависимости от температуры длины, объема, плотности и т.п. физических свойств тела. Существует большое количество методов измерения температуры и, следовательно, типов термометров.

Желательно иметь информацию о температуре рабочей жидкости и в процессе эксплуатации гидроприводов. В гидроприводе мобильных машин применяют манометрические термометры и термометры сопротивления, имеющие датчики температуры, приемники с показывающей стрелкой и шкалой, а также соединительные элементы.

9.2.4. Измерение уровня жидкости

Датчики уровня жидкостей необходимы для контроля уровня жидкостей в ёмкостях или трубопроводах. По функционалу датчики уровня делятся на уровнемеры и сигнализаторы (рис. 9.3, *г-ж*) [3, 15].

Уровнемеры – это датчики, предназначенные для непрерывного измерения уровня жидкостей. Их работа базируется на определённых физических принципах, благодаря которым электронный блок уровнемера преобразует значение уровня жидкости в пропорциональный аналоговый сигнал или в цифровой код.

Сигнализаторы – это датчики, предназначенные для определения заданного положения уровня (заполнение/опустошение) жидкости в ёмкости или трубе. Как правило, срабатывание сигнализатора происходит при блокировании или освобождении чувствительного элемента жидкостью.

В зависимости от поставленных задач подбирается необходимый тип оборудования, уровнемеры или сигнализаторы. Однако зачастую используются оба типа устройств, например, для гарантированного предотвращения «сухого хода насоса», перелива жидкости через край ёмкости или для точного дозирования жидкостей, используемых в технологическом процессе.

Наиболее простым и часто используемым прибором контроля уровня жидкости в баке стационарных машин является визуальный маслоуказатель, который монтируется на боковой стенке гидравлического бака таким образом, чтобы можно было наблюдать максимальный и минимальный уровень жидкости. Таких маслоуказателей может быть установлено два и более, а также часто визуальный метод контроля сочетается с применением датчиков уровня.

9.3. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теоретический материал по данной теме.

- 2) Изучить приборы контроля параметров в проектируемой гидро- или пневмосистеме.
- 3) Записать обозначение, технические характеристики, конструктивные особенности применяемых приборов контроля параметров системы.

9.4. Контрольные вопросы

- 1) Параметры гидропривода, характеризующие его работоспособность.
- 2) Измерение параметров гидро- и пневмопривода.
- 3) Обозначение на схемах контрольно-измерительных приборов.
- 4) Какие контрольно-измерительные приборы обеспечивают безопасную работу объемного гидропневмопривода.
- 5) Основные технические параметры приборов для измерения давления.
- 6) Условные обозначения приборов для измерения давления.
- 7) Основные технические параметры приборов для измерения расхода.
- 8) Условные обозначения приборов для измерения расхода.
- 9) Основные технические параметры приборов и преобразователей для измерения температуры.
- 10) Условные обозначения приборов и преобразователей для измерения температуры.
- 11) Основные технические параметры приборов и преобразователей для измерения уровня жидкости.
- 12) Условные обозначения приборов и преобразователей для измерения уровня жидкости.
- 13) Что называют измерением?
- 14) Что называют измерительным прибором?
- 15) Что называют измерительным преобразователем?
- 16) Что называют измерительной установкой?
- 17) Какой прибор называют датчиком давления?
- 18) Каким образом производится косвенное измерение расхода?
- 19) Какой прибор называют термометром?
- 20) Какой прибор называют уровнемером?
- 21) Какой прибор называют сигнализатором?
- 22) Какой прибор является наиболее простым и часто используемым для измерения уровня жидкости в баке?

Лабораторная работа №10
Изучение типов насосных агрегатов.
Проектирование конструкции насосного агрегата

Цель работы: изучить конструкции насосных агрегатов гидроприводов, а так же основные требования при проектировании насосных агрегатов; разработать 3D модель насосного агрегата и его сборочный чертеж.

10.1. Общие сведения

Насосный агрегат – это насос с приводным двигателем, соединенные между собой упругой муфтой (чаще всего) [2, 11, 19].

Узел двигатель-насос часто устанавливают на гидробаке. Требующиеся для этого несущие элементы изготавливаются, как правило, из поддающихся сварке материалов – в основном из стали. Способ изготовления, при котором материал несущего элемента может свариваться называют *строительством из металлоконструкций*.

При разработке металлоконструкций для гидроагрегатов действуют те же принципы, которые обычно используются при изготовлении деталей из металлоконструкций [23].

При разработке конструкции гидроагрегатов следует учитывать особенности технологии использования рабочих жидкостей. Надо следить за тем, чтобы расположение элементов гидрооборудования обеспечивало их нормальное техническое обслуживание, и был обеспечен доступ к резьбовым соединениям. Кроме того, в процессе конструирования необходимо соблюдать требования основных стандартов, специальных рабочих инструкций и руководств по техническому обслуживанию, составленных производителями элементов.

С целью организации экономичного производства узлы или отдельные детали должны соответствовать заводским стандартам. Основной разработкой конструкции гидроагрегатов является гидросхема и спецификация элементов.

10.2. Конструктивные разновидности насосных агрегатов

Конструкции гидроприводных насосных агрегатов компании-изготовители разрабатывают обычно по заказу потребителя с техническими требованиями, содержащими основные параметры и гидравлическую схему для конкретного применения.

Насосные агрегаты изготавливаются, в основном, двух видов по компоновке мотор - насосного агрегата:

– вертикальное расположение мотор - насосного агрегата с погружным насосом (используется с насосами постоянного объёма) (рис. 10.1), компактен и имеет низкий уровень шума;

– горизонтальное расположение мотор - насосного агрегата (рис. 10.4). Используется с регулируемыми насосами переменного объёма.

Насосные агрегаты вертикального исполнения (рис. 10.1) предпочтительны, поскольку благодаря принудительной соосности насоса и вала двигателя предотвращается смещение муфты, и не требуется ее длительная регулировка.

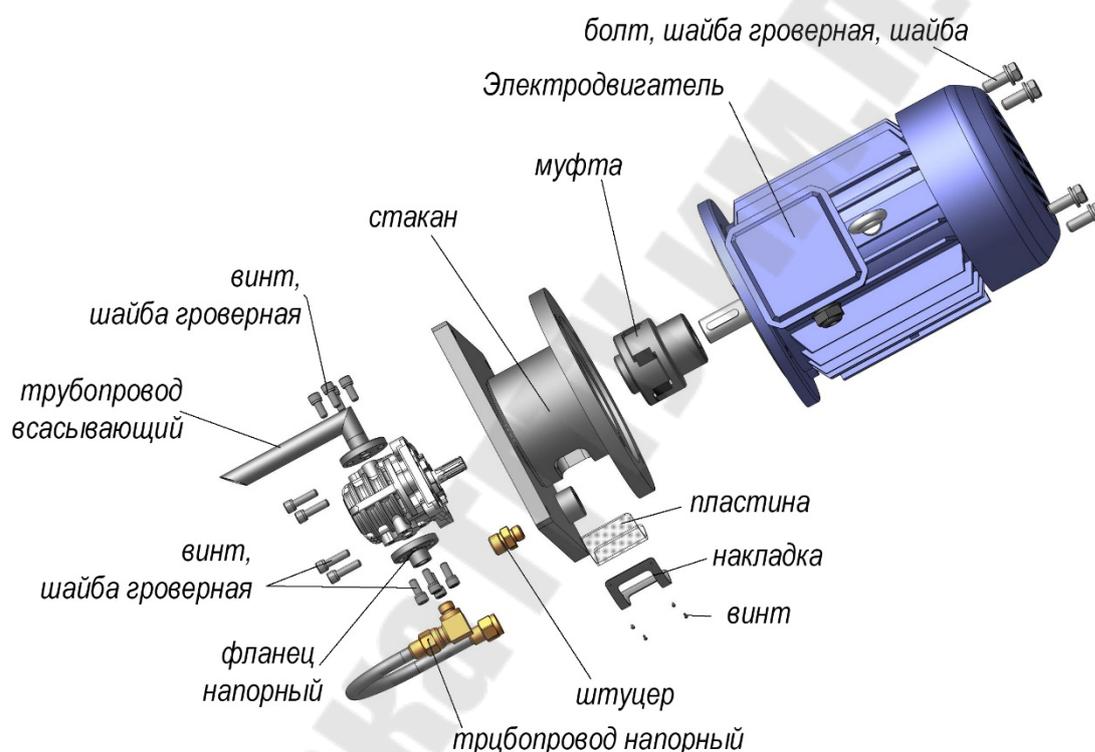


Рис. 10.1. Типовая комплектация насосного агрегата вертикального

В идеальном случае насос и приводной электродвигатель собирают на общей плите, которую затем монтируют на крышке масляного резервуара с применением амортизаторов. Погружное исполнение насоса позволяет уменьшить габариты насосного агрегата и гидростанции в целом, снизить уровень шума, улучшить условия всасывания насоса и исключить подсоса воздуха.

При проектировании конструкции насосного агрегата необходимо (по возможности и по максимуму) использовать стандартные элементы, такие как: болты, шайбы гроверные, шайбы, винты, за-

клепки, трубы, фланцы, трубопроводные соединения, муфта, электродвигатель, насос, заготовки из проката (пластины, листы и т.п.). Данные элементы должны выбираться из стандартных деталей, выпускаемых промышленностью или использоваться после небольшой доработки.

Примером индивидуального сборочного узла может служить стакан (рис. 10.2), выполняющий роль опоры ЭД и насоса, а также выполняющий защитную функцию для муфты.

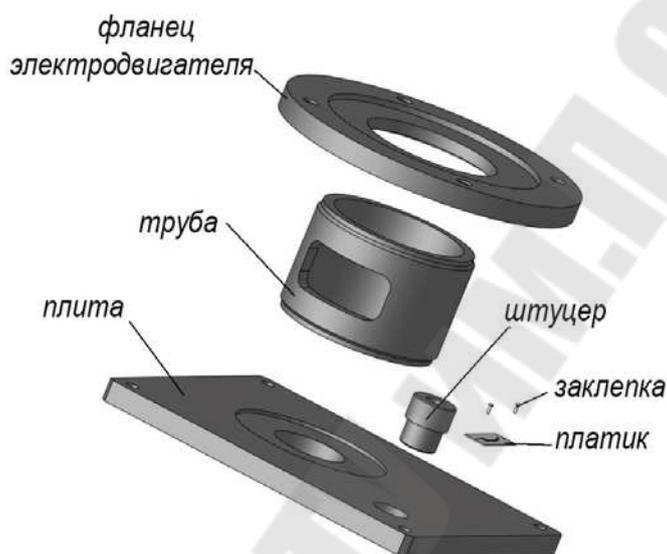


Рис. 10.2. Примерная конструкция соединительного стакана

Стакан выполняется как сборочный узел из деталей, выполненных из стандартного проката (фланец ЭД, плита, трубы, штуцер, пластик) и стандартных изделий (заклепка).

Насосные агрегаты горизонтального исполнения имеют двигатель и насос установленные на общей раме или баке. Общая рама передает крутящие моменты и усилия, поэтому ее конструкция должна предотвращать взаимное перемещение электродвигателя и насоса под действием передаваемых усилий [17, 19].

Для электродвигателей мощностью до 4 кВт (при частоте вращения 1500 об/мин) достаточна простая рама из полосовой стали (рис. 10.3, а). Крепежный угольник (дополнительные плоские или угловых профилей) к такой раме необходимо приваривать для усиления кронштейна при мощности от 4 до 22 кВт (при частоте вращения 1500 об/мин) (рис. 10.3, б).

При мощности от 22 до 200 кВт электродвигатели устанавливаются на лапах (рис. 10.3, в). При большей мощности электродвигатель устанавливается на лапах, а насос на усиленном кронштейне на об-

щей раме, которая монтируется на бак или на специально подготовленный фундамент через амортизаторы (рис. 10.3, з).

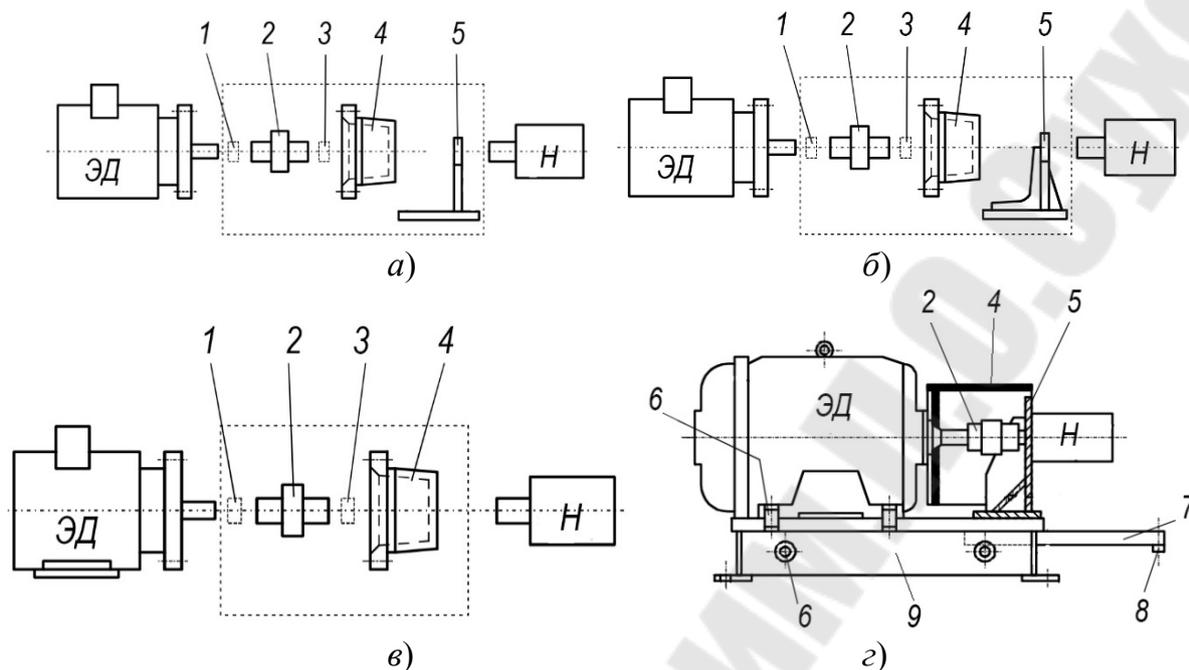


Рис. 10.3. Варианты горизонтальных насосных агрегатов: а) ЭД с фланцевым креплением к силовому стакану, Н на кронштейне; б) ЭД с фланцевым креплением к силовому стакану, Н на усиленном кронштейне; в) ЭД на лапах, Н с фланцевым креплением к силовому стакану; г) ЭН и Н на общей раме; 1, 3 – втулки, 2 – муфта, 4 – стакан, 5 – кронштейн, 6 – отверстия для транспортирования, 7 – поддон для сбора утечек, 8 – пробка, 9 – рама

Пример конструкции горизонтального насосного агрегата в электродвигателем на лапах, насосом который присоединяется к фланцу силового стакана, выполненного заодно с кронштейном – рис. 10.4.

10.3 Основные требования при проектировании насосных агрегатов

Для обеспечения безупречной работы насоса или мотора необходимо соблюдать: технические данные каталога; общие указания для введения в эксплуатацию гидравлических установок.

У насосов со склада возможно образование смолы, которую нужно удалить, затем насос заполнить свежей жидкостью; для трудно воспламеняющихся жидкостей не требуется никаких особых мероприятий.

Монтаж НА проводить в соответствии с чертежом и инструкциями; приводной двигатель должен быть расположен соосно с насосом.

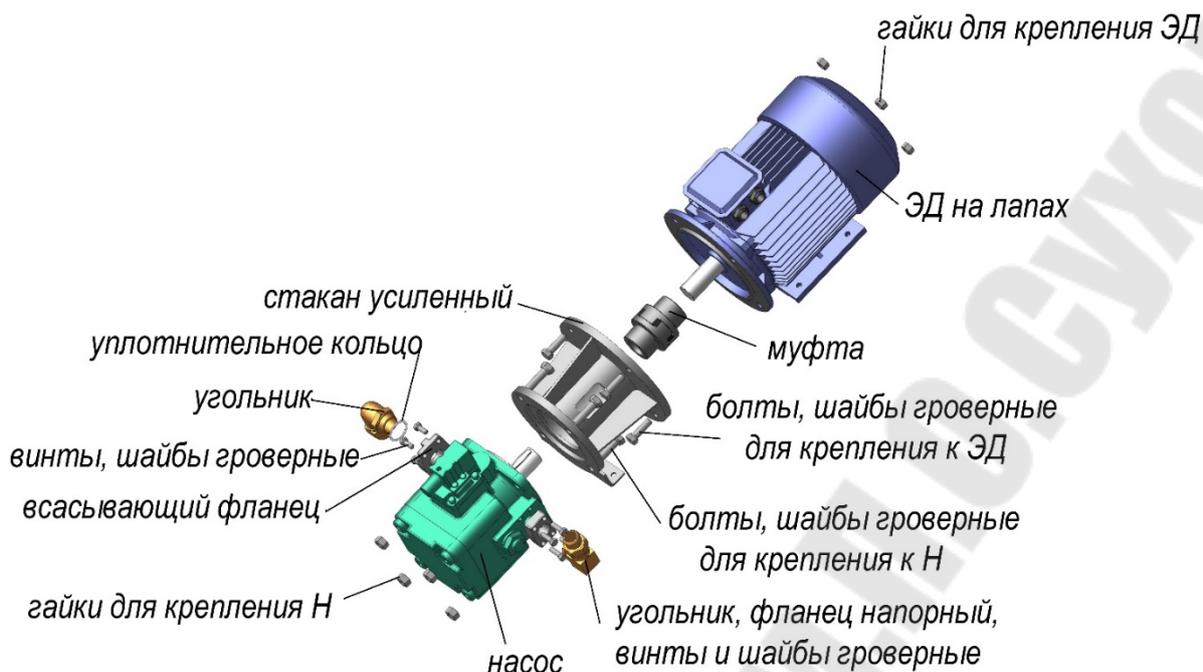


Рис. 10.4. Типовая комплектация насосного агрегата горизонтально-го

Требования к всасывающим трубопроводам [2, 11, 19]:

- 1) Трубопроводы должны быть сконструированы и смонтированы по инструкциям изготовителя.
- 2) Величины разрежения всасывания или давления на входе должны лежать в пределах, установленных изготовителем; при этом нужно учитывать встроенные фильтры, клапаны и краны.
- 3) Концы труб в баке должны быть обрезаны под углом 45° и не приближаться ближе, чем на $2,5$ диаметра трубы к днищу бака, чтобы избежать всасывания отложений со дна бака.
- 4) Должна быть обеспечена герметичность трубопроводов.
- 5) Диаметр всасывающих трубопроводов выбирается по допустимой скорости движения жидкости $0,5 - 1,6$ м/с.

Требования к дренажным трубопроводам:

- 1) должны иметь достаточно большой номинальный внутренний диаметр, чтобы противодавление со стороны бака не превышало максимально допустимого значения;
- 2) должны так присоединяться, чтобы корпус всегда оставался наполненным рабочей жидкостью, но не мог возникнуть сифонный эффект;
- 3) утечки должны попадать в бак без давления;
- 4) эффективное охлаждение и успокоение рабочей жидкости достигается отведением жидкости к стенке бака;
- 5) обеспечить достаточное удаление от температурных датчиков

Указания по монтажу:

- 1) концы всех трубопроводов должны оставаться при самом низком допустимом уровне жидкости в баке ниже уровня зеркала на 2,5 диаметра трубы и минимально на 100 мм, чтобы избежать пенообразования;
- 2) трубопроводы утечек должны встраиваться выше, чем всасывающие, и так, чтобы утечки не сразу попадали во всасывающие трубопроводы;
- 3) концы всасывающего трубопровода, сливного и трубопровода утечек должны отстоять друг от друга минимально на 200 мм;
- 4) рекомендуется использовать бесшовные стальные трубы высокого качества по DIN 2391 и разъемные трубные соединения;
- 5) фильтр во всасывающей магистрали использовать только с реле разрежения и указателем степени загрязнения фильтра;
- 6) требуемая тонкость фильтрации 25 мкм до 40 мкм, в зависимости от типа насоса. Рекомендация: 10 мкм фильтры обеспечивают возможность длительной эксплуатации при больших нагрузках.

Подготовка к эксплуатации:

- 1) Электрическая аппаратура управления и регулирования должна быть проверена на соответствие подаваемых и требуемых напряжений и сил тока;
- 2) Проверить направления вращения ведущего и ведомого валов (строго соблюдая указание стрелки направления вращения) при заполненной маслом системе кратковременным включением, что предотвратит возможность повреждения при неправильном направлении вращения.
- 3) Перед запуском проверить необходимость заполнения насоса жидкостью (по технической документации).
- 4) Перед пуском необходимо убедиться в том, что все клапаны системы, особенно на всасывающей и подводной магистралях, открыты для потока.
- 5) Несколько раз коротко включить и выключить двигатель, чтобы облегчить выход воздуха; только после безукоризненной и плавной работы насоса на малой нагрузке можно давать полную нагрузку.
- 6) При первом запуске необходимо освободить систему от воздуха, чтобы сделать возможным заполнение насоса; исключением являются насосы с автоматическим воздухопускным клапаном.
- 7) При запуске системы следует наблюдать за тем, чтобы уровень рабочей жидкости в баке не упал ниже необходимого для всасывания минимума.
- 8) Контроль правильной установки и крепления насосов, двигателей, цилиндров, других преобразователей энергии и трубопроводов проводить

при нормальном рабочем давлении и температуре.

9) Следить за указанием степени загрязнения; особенно контролировать фильтры на всасывающей магистрали в соответствии с условиями работы

10.4. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Изучить типы насосных агрегатов и их конструкции, применяемые в лабораторных испытательных стендах.
- 3) Записать обозначение, технические характеристики выбранного насоса, электродвигателя, соединительной муфты, привести их габаритные и присоединительные размеры.
- 4) Обосновать выбор типа насосного агрегата.
- 5) Разработать 3D-модель насосного агрегата.
- 6) Разработать сборочный чертеж со спецификацией насосного агрегата.

10.5. Контрольные вопросы

- 1) Что такое насосный агрегат?
- 2) Где возможна установка насосного агрегата?
- 3) Конструктивные разновидности насосных агрегатов.
- 4) Какие достоинства и недостатки имеют насосные агрегаты вертикального исполнения?
- 5) Почему при проектировании насосного агрегата необходимо использовать стандартные элементы?
- 6) Для чего в насосном агрегате применяется «соединительный стакан»?
- 7) Какие достоинства и недостатки имеют насосные агрегаты вертикального исполнения?
- 8) Рекомендации по проектированию насосного агрегата.
- 9) Основные требования при проектировании насосных агрегатов.
- 10) Требования к всасывающим трубопроводам насосных агрегатов.
- 11) Требования к дренажным трубопроводам насосных агрегатов.
- 12) Способы монтажа дренажных трубопроводов.
- 13) Требования по монтажу насосных агрегатов.
- 14) Подготовка к эксплуатации насосных агрегатов.

Лабораторная работа № 11

Фильтрация в гидросистемах. Фильтры

Цель работы: изучить источники загрязнения в рабочих жидкостях, защиту гидравлических систем от загрязнений, виды фильтров и схемы установки фильтров в системах; зарисовать фильтр и его основные элементы, проставив основные размеры.

11.1. Общие сведения

Экономический ущерб от применения некондиционных по загрязненности жидкостей гидравлических систем очень значителен. По экспериментальным данным из 100 аварийных ситуаций в гидросистемах 90 происходит вследствие загрязненности жидкости [11, 12, 17, 18, 19, 20].

Особенно чувствительны к загрязнениям агрегаты, работающие при высоких рабочих давлениях. Для защиты аппаратуры, чувствительной к загрязнениям, жидкость перед заправкой в гидросистему и в самой системе подвергают очистке. Однако используемые в настоящее время методы очистки и конструкции фильтров не могут полностью решить этой задачи. По мере уменьшения размера частиц загрязнений в жидкости заметно возрастает их число и вместе с тем увеличивается стоимость их удаления.

11.1.1. Источники загрязнения в рабочих жидкостях

При эксплуатации, хранении, перевозках загрязнение рабочей жидкости идет *непрерывно*. Загрязняющие вещества выделяются из жидкости в виде частиц красителя, различных присадок и добавок, улучшающих те или иные свойства жидкости. При длительном хранении в условиях положительных температур в маслах могут развиваться колонии микроорганизмов, водорослей и грибов. В основном их наблюдают на границе масло – вода, в отстойной зоне. Загрязнения биологического характера представляют собой желеобразную массу, которая может удерживаться на поверхности трубопроводов, фильтров, агрегатов.

Непрерывно идет процесс окисления рабочей жидкости; активность этого процесса повышается с увеличением температуры. Катализатором окисления являются частицы износа стальных и медных

деталей. При окислении в масле образуются растворимые и нерастворимые продукты, которые способствуют его сгущению и могут в конечном счете выпадать в виде «лака» на детали.

Может произойти «самопроизвольное» увеличение размера частиц загрязнений в герметически закрытых сосудах. В жидкости, не имеющей при заполнении агрегатов и сосудов частиц загрязнений размером более 10 мкм, со временем обнаруживаются частицы размером 25-200 мкм в виде рыхлых образований. Быстрый рост размера частиц происходит в жидкости, подвергающейся вибрационному воздействию – при транспортировке.

Жидкость может загрязняться частицами пыли из воздуха. Пыль поступает в баки через систему наддува и дренажа, через заливные горловины при «открытой» заправке баков; в гидросистему пыль попадает при сборке и изготовлении, через уплотнения штоков гидроцилиндров при их работе. Большая доля частиц пыли соизмерима с зазорами в подвижных узлах гидроагрегатов, а твердость может значительно превосходить твердость материалов сопрягаемых деталей.

Непрерывно в жидкость генерируются продукты износа трущихся деталей, особенно у насосов и гидромоторов. За время эксплуатации только цилиндры и плунжеры каждого насоса вносят в систему более 800 млн. частиц загрязнений. Кроме плунжерной пары, у насосов интенсивно изнашиваются трущиеся поверхности распределительного золотника и блока цилиндров, шаровой опоры толкателей поршней, подшипников и т. п.

Много частиц загрязнений остается в гидросистеме и ее элементах после изготовления и ремонта; это песок, попадающий при литье; пыль, осевшая на стенках; окалина от сварки,ковки или термической обработки; остатки механической обработки деталей; заусенцы от трубопроводов; волокна ветоши, остающиеся после протирки. Кроме того, загрязнения в жидкость попадают при обслуживании системы.

Совместное воздействие влаги, кислорода воздуха и рабочей жидкости может вызвать на поверхности деталей, трубопроводов, баков образование ржавчины и шелушение покрытий. Частицы ржавчины выпадают в виде осадков частиц микронных размеров. Этому способствует вибрация конструкции и пульсация давления.

Источником загрязнения могут служить фильтры, т.к. в процессе работы фильтрующие элементы (из бумаги, шерсти, войлока, целлюлозы, стекловолокна и т. п.) частично разрушаются и их компоненты вымываются потоком жидкости.

11.1.2. Нормы допустимой загрязненности жидкости

Чистота жидкости регламентируется специальными стандартами. В гидравлических системах общепромышленного назначения жидкость считается чистой, если содержание загрязнений при анализе пробы по ГОСТ 6370-59 по массе не превышает 0,005%, что составляет 50 мг/л.

ГОСТ 17216-2001 на чистоту рабочей жидкости устанавливает 19 классов чистоты жидкости, каждому из которых соответствует определенное число частиц различного размера, содержащихся в 100 см³ жидкости.

Каждой системе в зависимости от ее назначения и важности выполняемых функций, планируемой надежности и срока службы аппаратуры должен быть определен класс чистоты жидкости. При этом следует учитывать, что работоспособность системы кроме размера частиц загрязнений зависит еще и от концентрации, природы и твердости частиц, величины зазоров в сопрягаемых деталях гидроагрегатов, скорости взаимного перемещения деталей, твердости и шероховатости их поверхностей, величины рабочего давления и температуры жидкости.

11.1.3. Защита гидравлических систем от загрязнений

Наиболее опасными для гидравлических систем является содержание в рабочей жидкости частиц большой твердости, соизмеримых с зазорами в гидроагрегатах. Чем выше требования к чистоте системы, тем она будет дороже как в части фильтровального оборудования, так и в части профилактических эксплуатационных мер.

Желательно обеспечивать изоляцию рабочей жидкости от окружающей среды. Емкости, агрегаты и трубопроводы должны изготавливаться из антикоррозионных материалов. Целесообразно применять агрегаты, нечувствительные или малочувствительные к загрязнениям. Для обеспечения чистоты трубопроводов и агрегатов при их изготовлении и ремонте на заводах выделяют специальные сборочные участки, в которых не должно быть операций, приводящих к загрязнениям – сверления, клепки, окраски. Вводятся нормы допустимой загрязненности воздуха этих участков. К работе с гидросистемами или их компонентами должны допускаться только аттестованные сборщики.

Перед началом любой работы необходимо проверить пломбы на деталях и их упаковку. Детали и трубопроводы с поврежденной герметизацией отсылают на повторную очистку. Разгерметизацию соединительных штуцеров производят поочередно, в соответствии с последовательностью сборочных операций отверстия должны оставаться открытыми только очень короткое время. Особо тщательно производят сборку уплотнений и соединений трубопроводов, поскольку сборка под напряжением может вызвать отделение металлических или пластмассовых частиц. Использование для очистки сжатого воздуха категорически запрещается, следует для этого применять пылесосы или специальную противопыльную или неворсистую ветошь.

Системы собирают из предварительно очищенных и промытых агрегатов и непосредственно перед использованием тщательно промывают очищенной рабочей жидкостью. Промывку целесообразно проводить в два этапа: сначала промывают трубопроводы при закольцованных агрегатах, а затем систему с подключенными агрегатами. При промывке фильтры системы заменяют технологическими фильтрами тонкой очистки. Каждый агрегат за время промывки должен сработать не менее 20 раз.

Для устранения возможности попадания в гидросистему загрязнений при заполнении ее жидкостью заправку целесообразно производить закрытым способом, с помощью специальных стендов. Заправляться система должна чистой жидкостью. Заправочные стенды и емкости для хранения жидкостей должны периодически очищаться от загрязнений, горловины баков маслозаправщиков должны пломбироваться, рукава и наконечники средств заправки должны иметь чехлы.

При эксплуатации рабочие жидкости необходимо периодически проверять на засорение механическими примесями. Критерий или уровень допустимой загрязненности рабочей жидкости системы по ГОСТ 17216-2001 следует устанавливать в зависимости от ее назначения и важности выполняемых функций, а также чувствительности агрегатов к загрязнениям.

Все способы очистки жидкости от нерастворимых частиц загрязнений делятся на две группы:

- 1) фильтрация – отделение загрязнений при прокачке жидкости через пористый фильтровальный материал;
- 2) очистка жидкости в силовых полях – гравитационных, центробежных, магнитных, электрических и др. Выбор способа очистки жидкости, конструкции и места установки очистителя в гидросистеме

должен производиться с учетом необходимой степени очистки и ее стоимости.

При выборе очистителя необходимо учитывать: размер удерживаемых частиц, прочность, пропускную способность, гидравлическое сопротивление, срок службы и удобство обслуживания. Фильтровальный материал не должен влиять на жидкость, так же как и жидкость не должна влиять на фильтр. При выборе фильтров обязательен учет температуры жидкости, так как при высоких температурах некоторые фильтроэлементы повреждаются. Все эти факторы взаимосвязаны и не могут рассматриваться изолированно.

11.2. Механизмы фильтрации и фильтрующие среды

Фильтрующие элементы подразделяются на несколько типов по различным механизмам фильтрации:

- *Прямой перехват и глубинное задержание* - частица блокируются на фильтрующей поверхности в связи с тем, что размер частиц, больше, чем проходы в фильтрующей среде.

- *Адсорбция* - электростатическое или молекулярное притяжение частиц между волокнами фильтрующей среды.

- *Инерционное столкновение* - частицы сталкиваются с фильтрующим материалом по инерции при обтекании маслом и подвергаются абсорбции (поглощению).

- *Броуновское движение* - частицы размером менее 1 микрона перемещаются независимо от потока жидкости и адсорбируются при непосредственной близости к фильтрующей среде. Этот механизм гораздо менее распространен, особенно в вязкой жидкости.

- *Гравитационный эффект* - при низком давлении в потоке оседают гораздо больше загрязняющих частиц.

Два основных принципа фильтрации – *поверхностный* и *глубинный*. Простой пример поверхностного принципа фильтрации – это дуршлаг или сито. Чем больше макарон высыпается в дуршлаг, тем хуже сливается вода, так как эти же макароны закрывают отверстия и создают дополнительное сопротивление для воды. Чтобы этого избежать, фильтр приходилось бы очень часто очищать от поверхностных загрязнений.

Таких недостатков лишён принцип глубинного фильтрования. Этот принцип основан на применении специального фильтровального полотна, который, к примеру, создается из смеси разных сортов дре-

весины, в которую добавляются специальные синтетические волокна. Это полотно еще пропитывают специальными смолами, чтобы придать ему особые свойства. Полученная таким способом объемная структура волокна позволяет задерживать значительное количество загрязнений, а также сохранять в течение длительного времени минимальный перепад давлений между входом и выходом. Загрязнения в этом случае удерживаются внутри фильтровального материала.

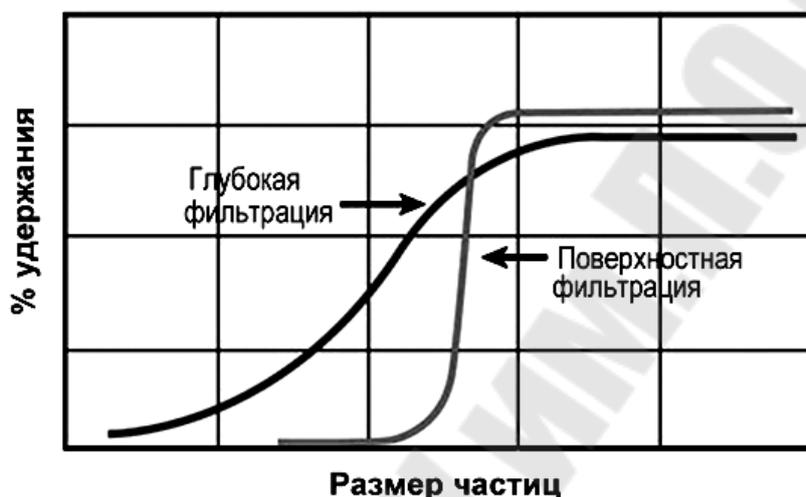


Рис. 11.1. Сравнение методов фильтрации

На рисунке 11.1 показано, что глубинная фильтрация является более эффективной в захвате мелких частиц по сравнению с поверхностной фильтрацией. Это связано с глубокими слоями фильтра, обеспечивающими наиболее оптимальное улавливание частиц.

Пористость фильтрующего материала играет важную роль в том, насколько хорошо фильтр может сохранять захваченные частицы. Это известно как *грязеёмкость* фильтра.

Когда размер пор уменьшается, для поддержания низкого перепада давления через фильтрующий элемент, плотность пор должна увеличиться для поддержания объема масла в контакте с поверхностью. Другим фактором является материал фильтрующего элемента. Существуют три основных типа фильтрующего материала, чаще всего используемых для фильтров:

- 1) Целлюлоза — состоит из древесной массы с волокнами разного размера и несогласованным размером пор.
- 2) Стекловолокно (синтетические) — состоит из мелких искусственных стеклянных волокон с более последовательным размером пор.
- 3) Композитный — состоит из комбинации целлюлозы и стекловолокна.

Целлюлозные фильтры изготавливаются из волокон различного размера. Они обладают хорошей грязеемкостью за счет высокого уровня адсорбции. Недостатком такого фильтра является то, что продукты окисления масла вызывают распад чистой целлюлозы, но в этом случае добавляют примерно 25% полиэфира, что увеличивает стойкость материала к старению в пять раз.

Фильтры из стекловолокна обладают меньшим размером волокон, что способствует более высокой грязеемкости и долговечность фильтра.

Наиболее эффективными являются *многослойные* материалы, в которых на одном полотне располагают слои с разной плотностью и размером пор. За счет этого получается значительный прирост грязеемкости, вплоть до 100%.

Основными характеристиками фильтров и фильтровальных материалов являются тонкость очистки (филтрации), пропускная способность, гидравлическое сопротивление и срок службы.

Примеси задерживаются фильтрами (рис. 11.2), принцип работы которых основан на пропуске жидкости через фильтрующие элементы (щелевые, сетчатые, пористые) или через силовые поля (сепараторы). В первом случае примеси задерживаются на поверхности или в глубине фильтрующих элементов, во втором рабочая жидкость проходит через искусственно создаваемое магнитное, электрическое, центробежное или гравитационное поле, где происходит оседание примесей.

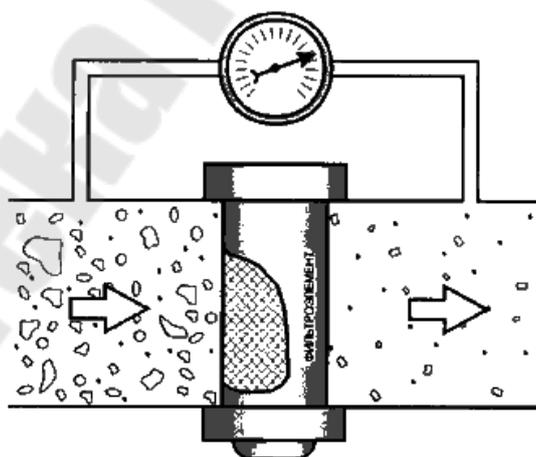


Рис. 11.2. Схема фильтрации рабочей жидкости

По тонкости очистки, т.е. по размеру задерживаемых частиц фильтры делятся на фильтры грубой, нормальной и тонкой очистки.

Фильтры грубой очистки задерживают частицы размером до 0,1 мм (сетчатые, пластинчатые) и устанавливаются в отверстиях для заливки рабочей жидкости в гидробаки, во всасывающих и напорных гидролиниях и служат для предварительной очистки.

Фильтры нормальной очистки задерживают частицы от 0,1 до 0,05 мм (сетчатые, пластинчатые, магнитно-сетчатые) и устанавливаются на напорных и сливных гидролиниях.

Фильтры тонкой очистки задерживают частицы размером менее 0,05 мм (картонные, войлочные, керамические), рассчитаны на небольшой расход и устанавливаются в ответвлениях от гидромагистралей.

В зависимости от мест установки фильтров в гидросистеме различают фильтры высокого и низкого давления. Последние можно устанавливать только на всасывающих или сливных гидролиниях.

4.3. Конструкции фильтров

Типовая конструкция масляного фильтра представлена на рис. 11.3.

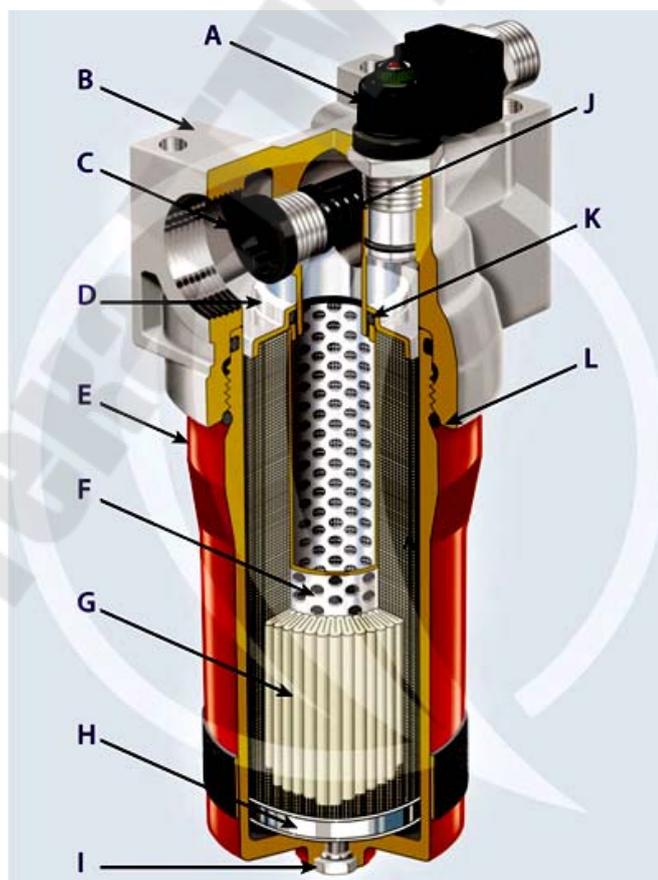


Рис. 11.3. Типовые компоненты масляного фильтра

В состав конструкции фильтра входят следующие детали:

✓ **A** - Индикатор состояния - это устройство обычно измеряет перепад давления для того, чтобы указывать оставшийся срок эксплуатации или отказ масляного фильтра.

✓ **B** - Крышка фильтра – верхняя часть корпуса фильтра, содержащая порты для входного и выходного потока, а также показатели байпаса и перепада давления.

✓ **C** - Перепускной клапан – иногда называют предохранительным, обводным или байпасным. Его назначение – обеспечить гарантированную подачу рабочей жидкости в систему в случае, если оно не может пройти через фильтрующий элемент при его полном засорении или слишком большой вязкости масла при низких температурах.

✓ **D** – Основание – опорная часть фильтрующей структуры, обеспечивающая соединение с крышкой фильтра. Это помогает предотвратить утечки или разрывы в связи с увеличением перепада давления и часто содержит монтажные устройства для подключения к крышке фильтра.

✓ **E** - Корпус фильтра – служит для монтажа всех элементов фильтра, помогает направить масляный поток через фильтрующий элемент. Корпус не оказывает большого влияния на работу масляного фильтра. Однако он позволяет сохранять целостность всех его внутренних элементов.

✓ **F** - Центральная труба (внутренний каркас) – это центральный канал для выхода потока из фильтрующего материала. Отвечает за возврат отфильтрованного рабочей жидкости в систему. Центральная трубка является остовом всего фильтра, действует в качестве опоры для фильтрующего элемента и предотвращает его разрушение при увеличении перепада давления.

✓ **G** - Фильтрующий элемент – гофрированный фильтрующий материал, обеспечивающий большую площадь поверхности фильтрации.

✓ **H** – Заглушка – торцевая крышка несущей конструкции фильтрующего элемента на противоположном конце фильтра. Помогает предотвратить утечки или разрывы в связи с увеличением перепада давления.

✓ **I** – Дренажное отверстие – обеспечивает возможность слива масла перед снятием масляного фильтра. Оно может также использоваться для взятия образца масла или удаления излишек масла перед утилизацией.

✓ **J** – Пружина – задает натяжение для перепускного клапана.

✓ **К** - Противосливной клапан – это предварительно смазанное уплотнительное кольцо. Не даёт маслу уйти из фильтра при неработающей системе.

✓ **L** - Пылезащитное уплотнение - предотвращает попадание пыли и других загрязняющих веществ внутрь корпуса фильтра.

Можно выделить несколько наиболее часто используемых фильтров в гидросистемах технологического оборудования и мобильных машин.

Заливной фильтр ФЗ (ОАО «САЛЕО-Гомель») предназначен для очистки рабочей жидкости при заливке в гидробак, а также для компенсации давления воздуха в баке с давлением окружающей среды вызванного колебанием уровня жидкости с одновременной фильтрацией воздуха (рис. 11.4) [24].

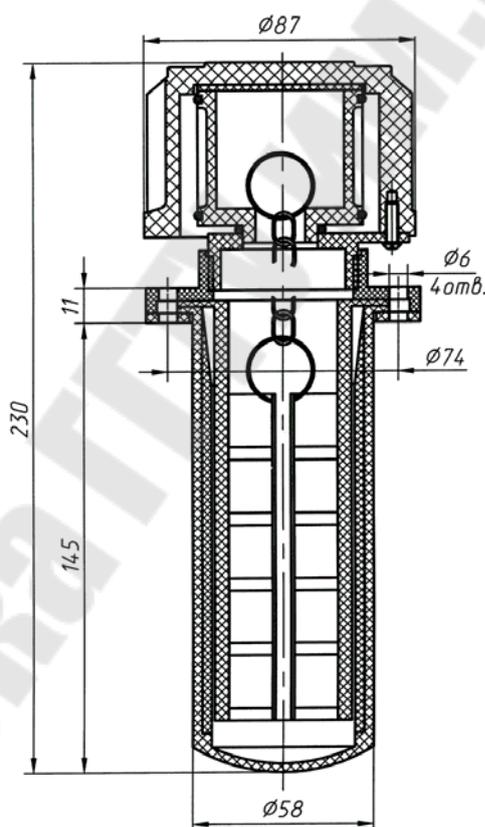


Рис. 11.4. Фильтр заливной типа ФЗ

Рабочая жидкость: топливо и рабочие жидкости гидросистем с кинематической вязкостью от 10 до 400 мм²/с (сСт). Температура рабочей жидкости: от 0 до +80 °С. Положение при эксплуатации: вертикальное.

Фильтр напорный ФГИ (ОАО «САЛЕО-Гомель») с электровизуальным или визуальным индикатором загрязненности предназначен

для очистки от механических примесей фильтруемых рабочих жидкостей в гидросистемах стационарных, мобильных машин и механизмов.

Номинальное давление: 32МПа. Фильтруемая жидкость: масло минеральное с кинематической вязкостью от 10 до 200 мм²/с (сСт). Температура фильтруемой жидкостью: от -10°С до +60°С. Положение при эксплуатации: вертикальное, горизонтальное. Тонкость фильтрации 10, 25 и 40 мкм [24].

Напорные фильтры ФГИ (рис. 11.5) состоят из фильтроэлемента 1, стакана 2, переходника 3, крышки 4 с подводным I и отводным II отверстиями и индикаторного устройства 5 с перепускным клапаном 17.

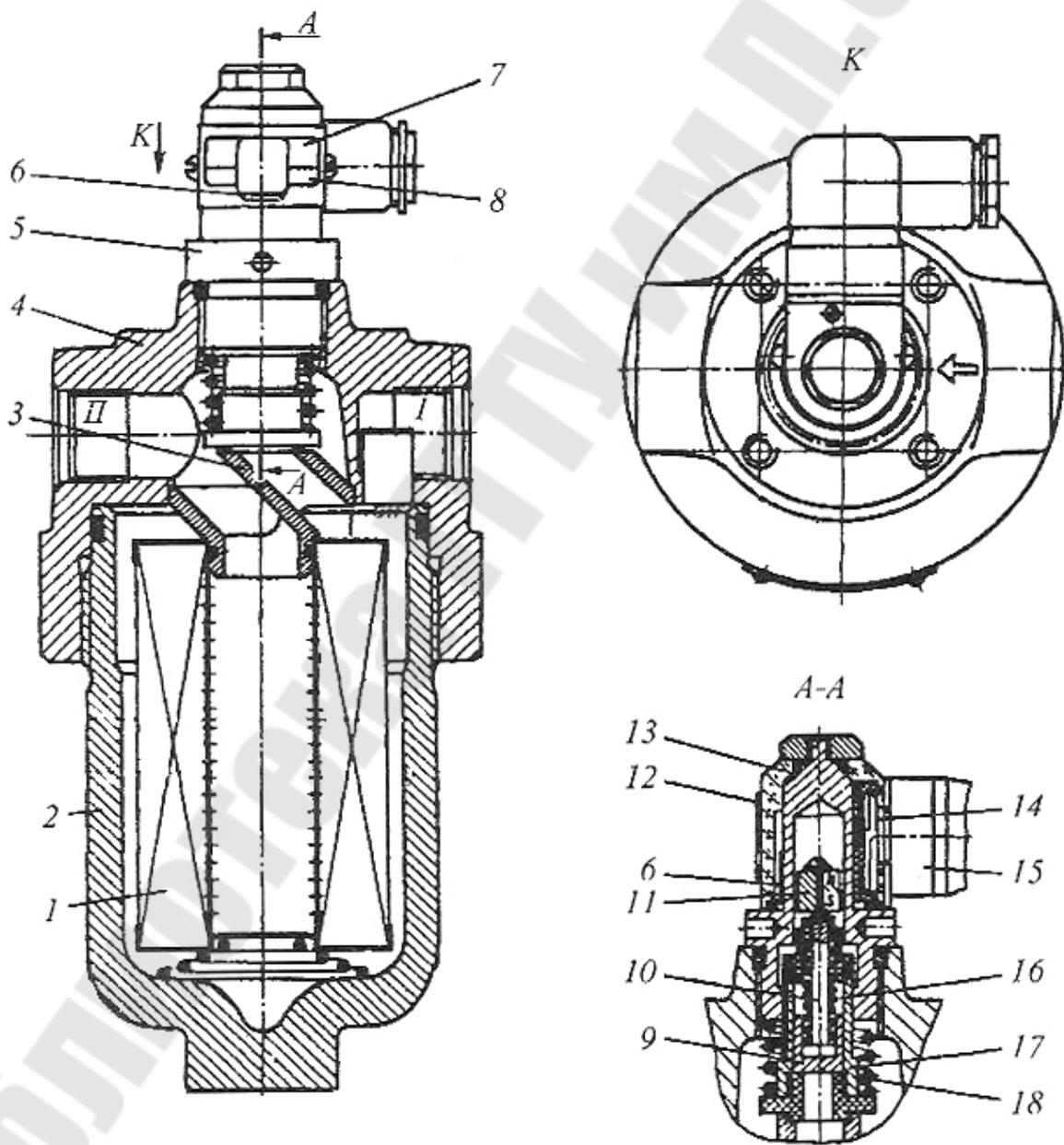


Рис. 11.5. Фильтр напорный ФГИ

Последнее содержит плунжер 9, нагруженный силой сжатия пружины 16 и перепадом давлений между отверстиями I и II шток 10, магнит 11 и геркон 14, подключенный через штепсельный разъем 15.

При повышении перепада давлений на фильтроэлементе до 0,3 МПа поршень 9 поднимается вверх, визуальный указатель 6, расположенный в прозрачном колпачке 13, магнитом 11 перемещается в желтую зону 8 шкалы и одновременно срабатывает геркон 14. Если фильтроэлемент не был своевременно заменен, в результате его дальнейшего загрязнения открывается перепускной клапан 17, сжимая пружину 18, указатель 6 перемещается в красную зону 7 шкалы 12 и фильтр начинает пропускать жидкость без очистки. Для комплектации фильтров применяются фильтроэлементы из гофрированного картона и не подлежащие регенерации.

В настоящее время все более широкое применение находят встраиваемые в крышку бака или линейные всасывающие/сливные фильтры (фирмы MP-Filtri, HYDAC и т.д.) [25].

Сливные/всасывающие фильтры применяются в системах мобильных машин, использующих гидростатические приводы (например, колесные погрузчики, вилочные погрузчики, уборочная техника, комбайны), если обратный поток больше, чем поток, требуемый на стороне всасывания по условиям эксплуатации. Может комплектоваться байпасным клапаном или обратным клапаном.

Сливной поток из рабочей гидросистемы подается на фильтр через один или несколько входов А и очищается фильтроэлементом (фильтрация линии полного потока) при стандартном давлении 0,5 атм внутри элемента за счет противодействия клапана «V1».

Это гарантирует, что отфильтрованная жидкость будет доступна для питающего насоса, подключенного к портам «В» (полная фильтрация потока на всасывании), что является эффективной защитой от кавитационных повреждений, в особенности при холодном запуске. Избыток жидкости сливается в бак через порт «Т». Перепускной клапан «V2» (с давлением 2,5 атм) используется для сброса жидкости в обход фильтра при затрудненном прохождении через фильтроэлемент (при высокой вязкости). Кроме того, этот клапан обеспечивает то, что только тонко отфильтрованное масло доступно для всасывания в гидросистему во время работы. С дополнительным клапаном «V3» масло можно всасывать из бака в течение коротких периодов времени, например, вначале заполнения гидросистемы после смены фильтроэлемента.

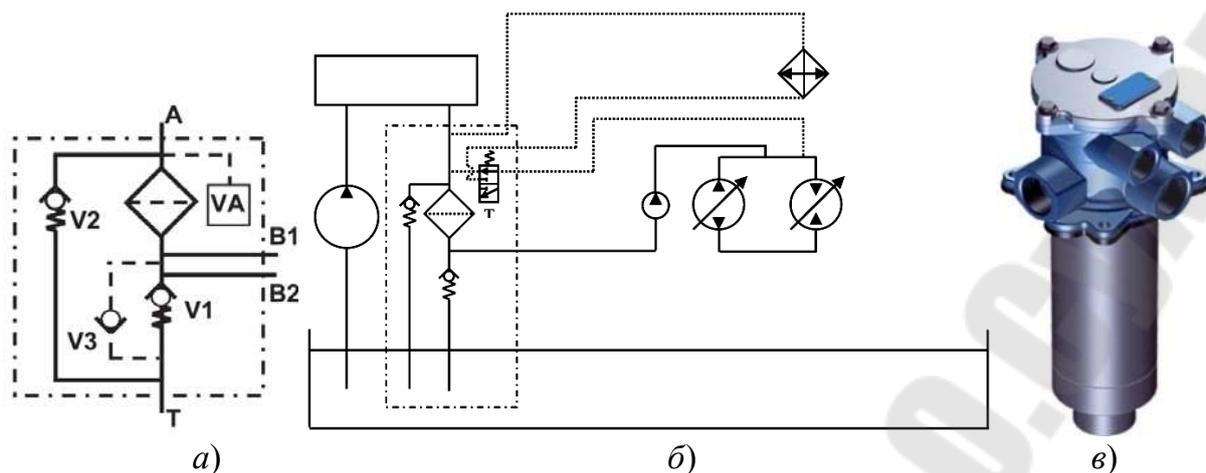


Рис. 11.6. Сливной/всасывающий фильтр: а) схема фильтра; б) способ установки фильтра в систему; в) внешний вид фильтра

11.4. Установка фильтров в гидросистему

При выборе схемы установки необходимо учесть факторы:

- источник загрязнений;
- чувствительность элементов гидропривода к загрязнениям;
- режим работы машины;
- рабочее давление;
- регулярность и нерегулярность обслуживания;
- тип рабочей жидкости;
- условия эксплуатации.

Установка возможна на всасывающей, напорной и сливной гидролиниях (рис. 11.7), а также в ответвлениях.

Установка фильтров на всасывающей гидролинии обеспечивает защиту всех элементов гидросистемы. Недостатки: ухудшатся всасывающая способность насосов и возможно появление кавитации. Дополнительно устанавливаются индикатор, выключающий привод насоса совместно с обратным клапаном, включающимся в работу при недопустимом засорении (рис. 11.7, а).

Установка фильтров в напорной гидролинии обеспечивает защиту всех элементов, кроме насоса. Засорение может вызвать разрушение фильтрующих элементов. Для этого устанавливаются предохранительные клапаны (рис. 11.7, б).

Установка фильтров на сливной гидролинии наиболее распространена, так как фильтры не испытывают высокого давления, не создают дополнительного сопротивления на всасывающей и напорной

гидролинии и задерживают все механические примеси, содержащиеся в рабочей жидкости, возвращающейся в гидробак. Недостаток такой схемы заключается в создании подпора в сливной гидролинии, что не всегда является желательным (рис. 11.7, в).

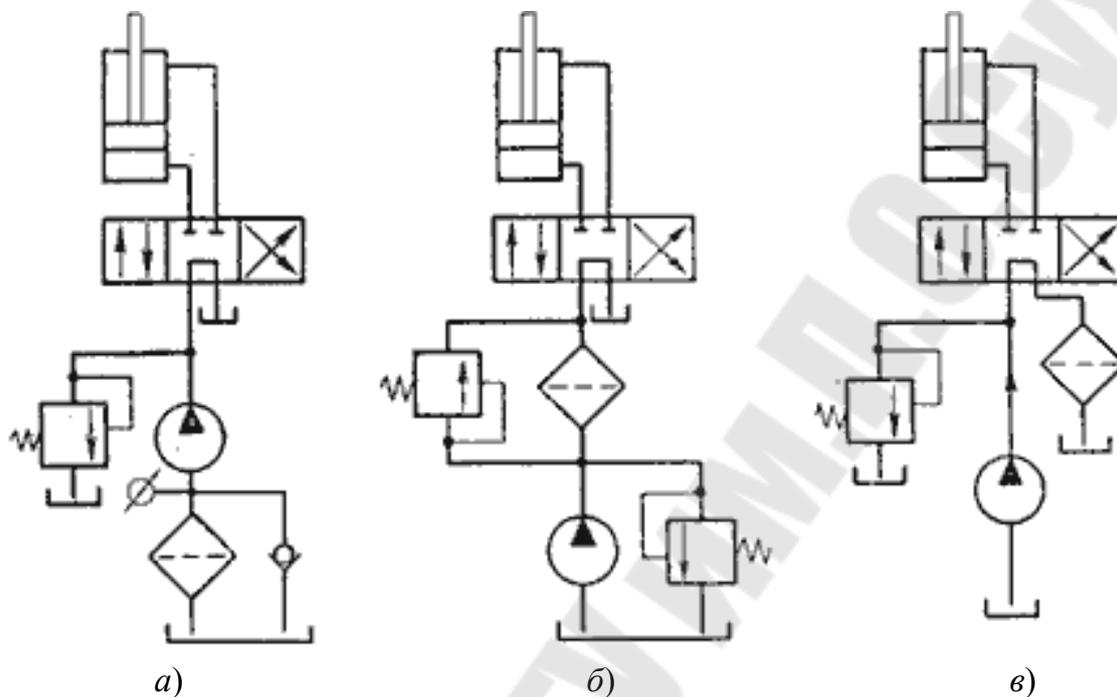


Рис. 11.7. Схемы включения фильтров: а) на всасывающей гидролинии; б) в напорной гидролинии; в) в сливной гидролинии

Установка на ответвлениях не обеспечивает полной защиты, но уменьшает общую загрязненность рабочей жидкости. Монтируется как дополнительная очистка к основной очистке. Наиболее выгодна схема установки фильтра тонкой очистки в ответвлениях от сливной гидролинии.

11.5. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Изучить различные типы фильтров применяемые в гидро- и пневмосистемах.
- 3) Обосновать места установки фильтров в проектируемых гидро- и пневмосистемах.
- 4) Выбрать фильтры для проектируемых систем, записать их обозначение, технические характеристики, привести габаритные и присоединительные размеры.

11.5. Контрольные вопросы

- 1) Происхождение твердых загрязнителей.
- 2) Классы чистоты.
- 3) Требования к чистоте рабочей жидкости ОГП.
- 4) Основные меры по обеспечению промышленной чистоты.
- 5) Фильтры: классификация, обозначение на схемах, основные параметры.
- 6) Функции систем очистки рабочей жидкости.
- 7) Установка фильтров систему.
- 8) Рекомендации по монтажу фильтров.
- 9) Какой процент отказов гидросистем приходится на отказ из-за загрязненности рабочей жидкости?
- 10) Какое существует правило при проектировании системы фильтрации?
- 11) На какие группы делятся загрязнения по источникам и причинам возникновения?
- 12) Что является критерием допустимого количества загрязнений в рабочей жидкости?
- 13) Каким образом производится разделение загрязнений на классы?
- 14) Сколько классов чистоты устанавливает ГОСТ 17216?
- 15) Жидкости какого класса чистоты применяются для ГП общемашиностроительного назначения?
- 16) Как назначается класс чистоты при разработке гидросистем содержащих устройства с различными требованиями к чистоте рабочей жидкости?
- 17) На какие группы делятся способы очистки рабочей жидкости?
- 18) На какие группы делятся фильтры по тонкости фильтрации?
- 19) На какие группы делятся фильтры по виду фильтровального материала?
- 20) На какие группы делятся фильтры в зависимости от места установки в гидросистеме?
- 21) Какие показатели характеризуют фильтры?
- 22) Какими достоинствами и недостатками обладает установка фильтра на всасывании?
- 23) Какими достоинствами и недостатками обладает установка фильтра на нагнетании?
- 24) Какими достоинствами и недостатками обладает установка фильтра на сливе?

Лабораторная работа № 12

Изучение принципов проектирования блоков управления

Цель работы: изучить принципы проектирования блоков управления различного назначения, рекомендации по проектированию монтажных схем гидроаппаратов в блоке управления; разработать монтажную схему ГА в соответствии с выбранными ГА и схемой гидравлической принципиальной, 3D – модель блока управления, чертеж блока управления и монтажной плиты.

12.1. Общие сведения

При необходимости компактного размещения гидравлического оборудования используются гидропанели и гидроблоки. Современное производство гидроблоков рассчитано на отсутствие в системе трубопроводов, а, следовательно, на снижение гидравлических потерь и повышение производительности оборудования

Гидроблок - это гидравлическое устройство (совокупность гидравлических аппаратов), предназначенное для распределения потоков жидкости, ограничения давления и управления гидравлическим контуром. Представляет собой часть гидравлической системы, в которой включены гидроаппараты, соединенные между собой при помощи соединительных элементов (трубопроводов, структурно-монтажных модулей, монтажных и переходных плит и др.) согласно требуемой гидравлической схемы [2, 11, 15, 17, 19, 20].

Блоки гидравлические устанавливаются на строительной, коммунальной, лесной технике, технологическом оборудовании. В зависимости от назначения в состав гидроблока могут входить следующие элементы:

- гидрораспределители;
- клапаны и реле давления;
- расходные клапаны;
- обратные клапаны;
- гидрозатворы и дроссели;
- установочные плиты;
- манометры;
- различные соединительные фитинги.

В зависимости от гидроаппаратов, входящих в блок управления и назначения его, блоки условно можно разделить на следующие виды:

- 1) блок клапанов (включает клапана обратные, предохранительные и т.д.);
- 2) блок распределителей;
- 3) блок управления (может включать любые виды гидроаппаратов любого вида монтажа).

Для удобства применения в различных промышленных системах гидравлические элементы изготавливают в различных исполнениях, чаще всего изготавливаются аппараты трубного, стыкового, модульного, фланцевого, ввертного, вставного монтажа.

На начальных стадиях развития гидропривода аппараты имели резьбовое присоединение, при котором в корпусе выполняется резьба для ввертывания штуцеров присоединительных гидролиний. В наше время этот способ монтажа применяется только для простейших аппаратов (краны, обратные клапаны, дроссели), монтируемых непосредственно на трубопроводах.

Гидроаппараты стыкового монтажа имеют присоединительные отверстия выведенные на стандартную стыковую плоскость (ISO 4401) и заканчиваются цековками под резиновые уплотнительные кольца. Аппарат винтами крепится к монтажной плите с резьбовыми отверстиями для подключения внешних гидролиний.

Модульные гидроаппараты имеют две стыковые плоскости (сверху и снизу) с одинаковыми стандартизованными координатами крепежных и присоединительных отверстий. Устанавливая аппараты один на другой, получают пакеты гидроаппаратуры различного назначения, причем сверху пакет замыкается гидрораспределителем или плитой-заглушкой. Модульный пакет устанавливается на монтажных плитах, аналогичных плитам для стыкового монтажа; плиты могут быть многоместными или соединяемыми между собой в горизонтальном направлении.

Возможности компактного монтажа стыковой и модульной аппаратуры практически исчерпаны, поэтому новое поколение гидроаппаратов имеет встраиваемое исполнение, которое может иметь несколько вариантов:

- 1) вставной монтаж - гидроаппараты содержат цилиндрический картридж с радиальными отверстиями подвода основных гидролиний и крепежный фланец с отверстиями подвода линий управления, возможностью размещения дополнительных аппаратов и верхней стыковой плоскостью для установки пилотов электроуправления;
- 2) ввертный монтаж – гидроаппараты максимальной ком-

пактности, у которых фланец отсутствует, а все гидролинии подводятся через радиальные отверстия в картридже, снабженном резьбой для закрепления в гидроблоке.

12.2. Требования к конструкции гидроблоков

Конструкция блоков управления должна удовлетворять требованиям по ГОСТ 17411-91 «Гидроприводы объемные. Общие технические требования», а именно [26]:

Габаритные размеры и масса гидроблоков зависят от расхода жидкости через них и должны соответствовать требованиям конструкторской документации.

Конструкция гидроблоков должна обеспечивать безопасность при эксплуатации предусматривать возможность технического осмотра и ремонта.

Необходимость, периодичность и продолжительность остановки работы гидроблоков для проведения техобслуживания и ремонта определяется эксплуатирующей организацией в зависимости от характера технологического процесса и возможности безопасного проведения работ в соответствии с разработанной ремонтной документацией.

Конструкция гидроблоков должна обеспечивать монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств, их ремонт и контроль.

Гидроблоки должны быть прочными при давлении не менее $1,25 \cdot p_{ном}$.

Гидроблоки должны иметь резьбовые, фланцевые или стыковые отверстия, необходимые для подключения к гидравлической системе.

Конструкция гидроблоков должна исключить самопроизвольное изменение положения деталей крепления и соединений, элементов регулирования и настройки при транспортировании и эксплуатации.

При проектировании гидроблоков необходимо предусматривать исполнение, имеющее устройство для предотвращения постороннего вмешательства или случайного включения.

Конструкция гидроблоков должна обеспечивать доступность органов управления, регулирования и настройки, а также возможность удобной замены быстроизнашивающихся деталей и проведения технического обслуживания в минимальное время.

При проектировании гидроблока управления должна обеспечиваться компактность, технологичность конструкции, удобство сборки, а также возможность установки его на оборудовании.

Применяемые конструкционные материалы и покрытия должны быть совместимы между собой и с рабочей жидкостью.

Гидроблоки должны иметь элементы для транспортирования.

12.3. Рекомендации по проектированию блоков управления

Проектирование обычно состоит из двух этапов: эскизного и рабочего.

В эскизной компоновке разрабатывают основную схему и общую конструкцию блока (иногда несколько вариантов).

На основании обсуждения эскизной компоновки составляют рабочую компоновку, уточняющую конструкцию блоков управления и служащую исходным материалом для дальнейшего проектирования.

При проектировании важно, выделить первостепенное и установить правильную последовательность разработки конструкции.

Разработку надо начинать с решения важных вопросов конструкционного выбора рациональной схемы монтажа гидроаппаратов в блоках управления, правильных определения монтажного исполнения гидроаппаратов, их размеров, определения наиболее целесообразного взаимного их расположения.

Другое основное правило проектирования – параллельная разработка нескольких вариантов и выбор наиболее рациональных. Ошибочно, если конструктор сразу задается направлениями конструирования, выбирая или первый пришедший в голову тип конструкции, или принимая за образец шаблонную конструкцию.

Необходимое условие правильного конструирования – постоянно иметь в виду вопросы изготовления и с самого начала придавать деталям технологически целесообразные формы.

Компоновку необходимо вести на основе нормальных размеров (диаметры посадочных поверхностей, диаметры резьб и т.д.). Особенно это важно при проектировании узлов с несколькими концентричными посадочными поверхностями.

Одновременно надо добиваться максимальной унификации нормальных элементов. Выбранные элементы, неизбежные по конструкции главных деталей и узлов, следует всемерно использовать в остальных частях конструкции.

Компонование лучше всего вести в масштабе 1:1. При этом легче выбрать нужные размеры и сечения, составить представление о соизмерности частей конструкции. Вместе с тем, масштаб облегчает

последующие процессы проектирования, в частности детализовки. Размеры деталей в этом случае можно брать непосредственно со сборочного чертежа.

При разработке гидроблока конструктор должен учитывать такие основные характеристики гидроаппаратов, как назначение и принцип работы, технические характеристики, способ монтажа выбранных гидроаппаратов, особенности стыковых плоскостей, особенности внутренней разводки каналов, соединяющих входные и выходные отверстия на стыковых или присоединительных плоскостях.

12.4. Автоматизация процесса проектирования гидроблоков

Одна из основных задач инженера при проектировании гидроблока является разводка каналов при помощи соединительных элементов с учетом расположения в пространстве гидроаппаратов. Эта задача является одной из трудоемких и требующая значительных затрат времени при разработке гидропривода, от рациональности решения которой зависит не только правильность функционирования гидросистемы в целом, но и экономичность при ее обслуживании и эксплуатации. Для решения этой задачи наиболее целесообразным является создание системы автоматизированного проектирования (САПР) соединительных элементов, позволяющей учесть все условия, которыми руководствуется разработчик при его проектировании. Это позволит значительно сократить затраты времени на проектирование гидроблоков и снизить трудоемкость этой работы.

В настоящее время существует несколько пакетов программ, позволяющих осуществлять автоматическое проектирование блоков управления:

- 1) Полный пакет HydroMan программного обеспечения в 3-D формате фирмы PARO software & engineering - содержит обширную библиотеку всех стандартных гнезд для установки гидроаппаратов, а также размеры монтажных поверхностей и инструментов, используемых в гидравлике. Так же позволяет осуществлять авто-трассировку гидролиний после ручного размещения гидроаппаратов и присоединительных отверстий на сторонах гидроблока. Программный пакет показывает потенциальные ошибки в процессе проектирования (расстояния между отверстиями, площади проходных сечений пересекающихся отверстий и т. п.). Устраняя эти ошибки, пользователь наблюдает результат одновременно в 3-D и

2-D моделях в цвете на всех шести сторонах гидроблока. После завершения проектирования одним кликом генерируются список отверстий, сборочный чертеж и спецификация.

- 2) Программа i-Design фирмы HydraForce – это программа для проектирования гидроблоков, учитывающая тенденции к расширению использования электрогидравлики, гидроблоков и аппаратов ввертного монтажа. Программа позволяет создавать интегральные схемы гидроблоков, указывать расположение комплектующих гидроаппаратов и гидролиний, причем возможна технология «перетаскивания» каналов. После окончания проектирования могут быть сгенерированы отчеты и перечни материалов, необходимые для работы с дистрибьюторами фирмы. Библиотека включает более 500 гидроаппаратов, в том числе новейших multifunctional устройств высокого давления, грузочувствительных картриджей и драйверов электронных компонентов.
- 3) Программный продукт Circuit Design Software Studio фирмы Eaton предоставляет всю необходимую информацию для проектирования гидроблоков, включая сбор требований заказчика, выбор типов гидроаппаратов, их установка в гидроблок и подготовку спецификации.

Данные программы позволяют уменьшить время на проектирование блоков управления до 80 %, причем полностью исключаются ошибки проектирования.

12.5. Проектирование блока управления

Проектирование монтажной плиты и гидроблока начинается с:

- выделения части общей принципиальной гидросхемы, реализуемой в проектируемом блоке;
- определения типов и размеров выводных отверстий к блоку (тип присоединительной резьбы или фланцы);
- определения варианта начальной установки аппаратов и внешних выводов на грани плиты с учетом обеспечения свободного доступа к регулируемым узлам и удобства последующей сборки гидросистемы.

Рассмотрим проектирование блока управления на примере блоку управления гидропривода кантователя, гидравлическая схема которого представлена на рис. 12.1.

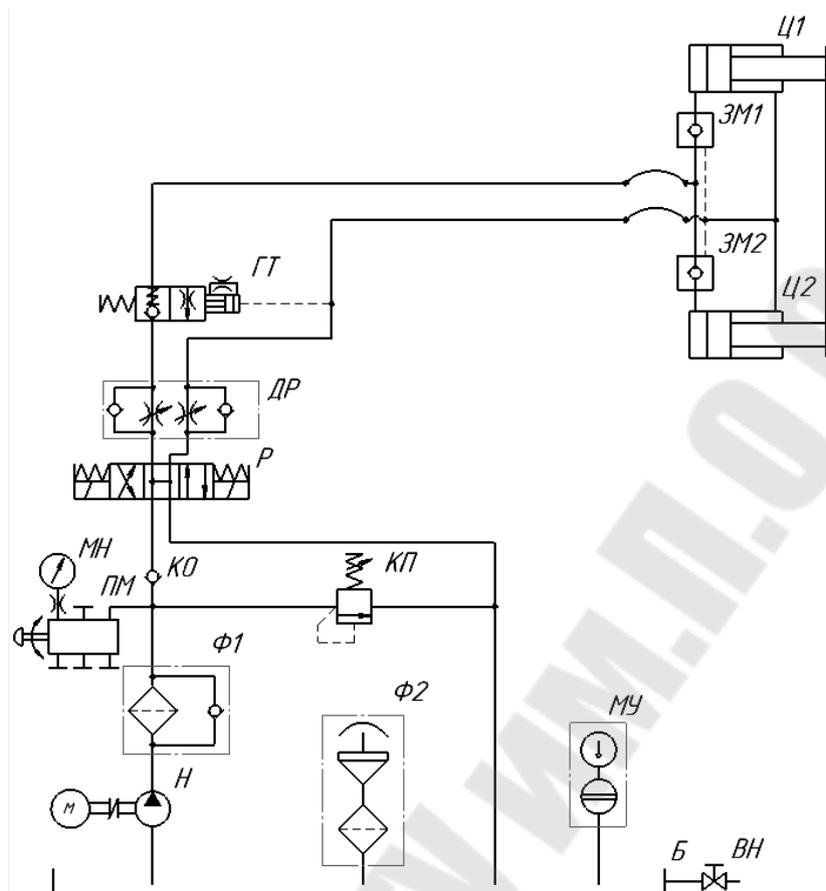


Рис. 12.1. Схема гидравлическая принципиальная

В блоке управления целесообразно компоновать все гидроаппараты, входящие в систему, т.к. это обеспечивает компактность гидростанции в целом. Исключение могут составлять гидроаппараты, устанавливаемые непосредственно у гидродвигателей и насосов, а также те гидроаппараты трубного (резьбового) монтажа, которые удобнее встраивать в гидросистему (к ним относятся гидрозамки, клапаны обратные, дроссели и т.п.).

Проектирование блока управления производилось с помощью программы Компас - 3D (V13 и выше).

В данном случае в блок управления рационально включить следующие гидроаппараты: клапан предохранительный, клапан обратный, переключатель манометра, манометр, распределитель, дроссель, клапан тормозной. Выбранные гидроаппараты модульного способа монтажа, кроме распределителя, клапана тормозного и переключателя манометра, которые стыкового монтажа.

Проектирование монтажной схемы установки гидроаппаратов в блоке управления производится из условия минимальных габаритов и удобства монтажа гидроаппаратов и подключения трубопроводов.

На монтажной схеме показан порядок соединения гидроаппаратов, состав гидроаппаратов, места присоединений, ввода и вывода.

Элементы, устройства и соединения трубопроводов изображают в виде монтажных схем в соответствии с обозначениями в каталогах продукции фирм-производителей.

Гидроаппаратура располагается на верхней и боковой грани плиты (рис. 12.2), причем:

- отверстие подвода от насоса располагаю на лицевой стороне блока управления;
- гидроаппарат стыкового монтажа переключатель манометра устанавливаю сверху на плите блока управления последовательно на напорной линии;
- гидроаппараты модульного монтажа клапан предохранительный, клапан обратный, дроссель устанавливаю друг на друга и закрываю распределителем стыкового монтажа;
- сливные линии выполняю отдельно в монтажной плите, т.к. это линии слива из гидродвигателей и утечек из переключателя манометра;
- вывожу отдельные отверстия *A* и *B* от распределителя и тормозного клапана к гидроцилиндрам;
- вспомогательные отверстия закрываю пробками.

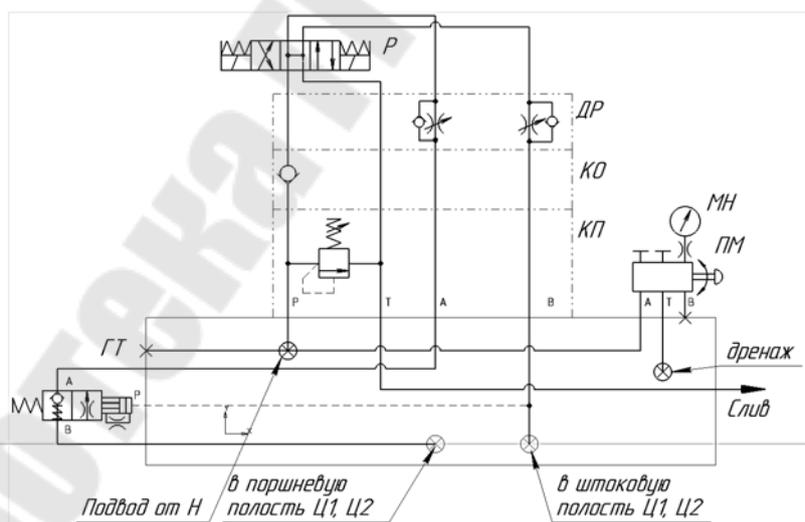


Рис. 12.2. Монтажная схема гидроаппаратов в блоке управления

Плита монтажная выполняется из стандартного проката (полоса горячекатаная по ГОСТ 103-2006; квадрат по ГОСТ 8559-75; лист по ГОСТ 19903-2016 и т.п.) из стали, легко поддающейся обработке (например, сталь 45 ГОСТ 1050-2013).

Плита и аппараты скрепляются посредством стандартных крепежных деталей. В данном случае - это шпильки и винты. Размер крепежных деталей определяется по соответствующим отверстиям в гидроаппарате.

Диаметры отверстий в плите соответствуют диаметрам отверстий в аппаратах, которые к нему присоединяются. Толщина перемычек между отверстиями не превышает 3...5 мм.

Присоединение трубопроводов обеспечивается стандартными угольниками и штуцерами, которые используются при переходе от трубы к гидравлической плите (рис. 12.3).

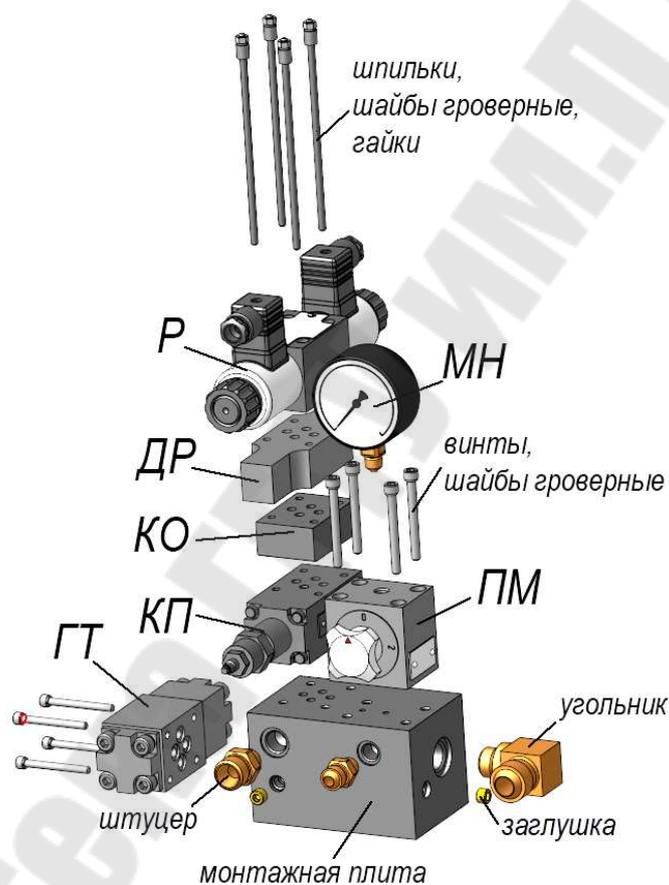


Рис. 12.3 –3D-модель блока управления

При определении присоединительных резьб под трубопроводные соединения необходимо учитывать следующие рекомендации:

- 1) использовать конические резьбы только для отверстий с заглушками (пробками);
- 2) выбирать типоразмер резьбы под пробки по диаметру заглушаемого отверстия, однако, с другой стороны, большого разнообразия размеров необходимо избегать;
- 3) для отверстий под трубопроводные соединения использовать

метрические или трубные цилиндрические резьбы с обязательным местом под уплотнение;

- 4) типоразмер резьбы под трубопроводные соединения выбирать по диаметру условного прохода присоединяемой гидрوليнии;
- 5) необходимо использовать стандартные виды резьб.

Монтажная плита, выполненная для данного блока (рисунок 5.4).

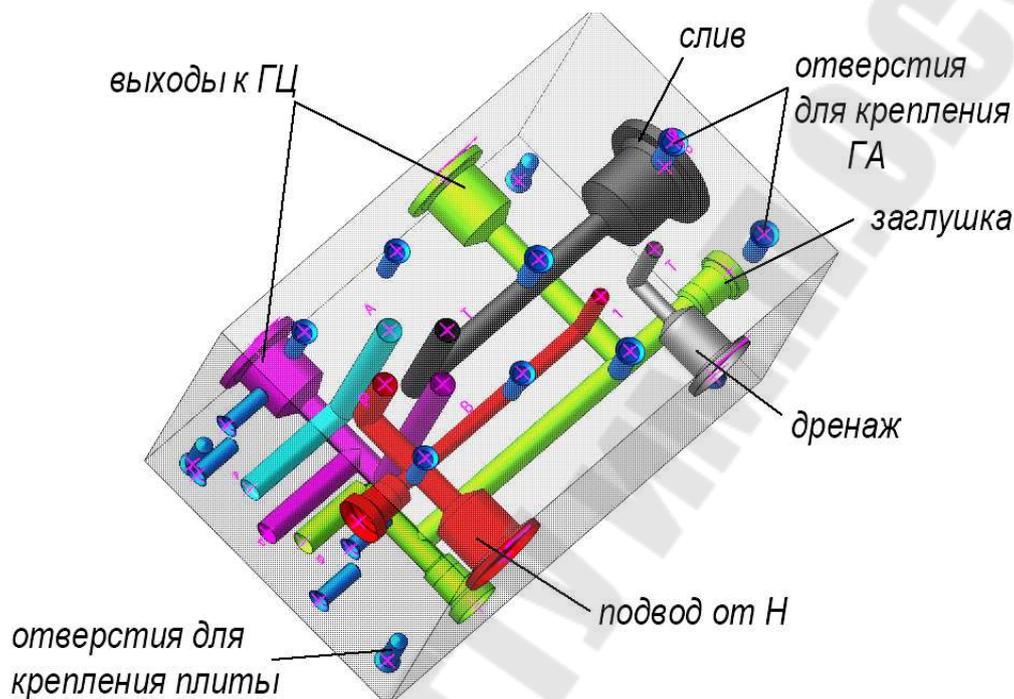


Рис. 12.4. 3D-модель монтажной плиты

12.6. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Изучить рекомендации и требования по проектированию гидроблоков.
- 3) Разработать 3D-модель блока управления по выбранным гидроаппаратам.
- 4) Разработать сборочный чертеж со спецификацией блока управления.
- 5) Разработать рабочий чертеж монтажной плиты.

12.7. Контрольные вопросы

- 1) Определение блока управления.
- 2) Где применяются блоки управления?

- 3) Для чего необходимо компоновать гидроаппараты в блоки управления?
- 4) Какие гидроаппараты могут входить в блок управления?
- 5) Гидроаппараты каких видов монтажа можно компоновать в блок управления?
- 6) Чем внешне отличаются гидроаппараты разного вида монтажа?
- 7) Классификация гидроблоков управления.
- 8) Состав гидроблоков управления.
- 9) Требования к конструкции гидроблоков управления.
- 10) Из каких этапов состоит проектирование блока управления?
- 11) С чего начинают проектирование блока управления?
- 12) Какое существует правило при проектировании блока управления?
- 13) Какое необходимое условие нужно выполнять при проектировании блока управления?
- 14) Почему в конструкции блока управления необходимо использовать стандартные элементы?
- 15) В каком масштабе лучше всего производить проектирование блока управления?
- 16) Какие программы автоматизируют процесс проектирования блока управления?
- 17) Рекомендации по проектированию блоков управления.
- 18) Порядок проектирования блока управления.
- 19) Порядок проектирования монтажной схемы гидроаппаратов в блоке управления.
- 20) Какие условия необходимо удовлетворять при проектировании блока управления?
- 21) Как производится выбор материала для монтажной плиты блока управления?
- 22) Почему присоединение трубопроводов к блоку управления рекомендуют выполнять метрическими или трубными резьбами?

Лабораторная работа № 13

Изучение принципов проектирования гидравлических баков

Цель работы: изучить назначение и конструктивные разновидности гидробаков; устройства, входящие в комплект гидробака; основные требования при проектировании гидробаков; разработать 3D – модель бака гидравлического и его сборочный чертеж со спецификацией.

13.1. Общие сведения

Гидробаком называется гидравлическая емкость, предназначенная для питания объемного гидропривода рабочей жидкостью. Бак относится к вспомогательной аппаратуре гидросистемы, которая обеспечивает нормальную работу гидросистемы [2, 11, 15, 17, 19, 20].

Гидробак имеет следующие функции:

- резервуар для масла системы;
- охладитель;
- грубый фильтр, для отстаивания загрязнений;
- отделитель воздуха и воды;
- источник для насоса и т. д.

Наиболее простым является гидробак под атмосферным давлением (открытого типа) (рис. 13.1, а).

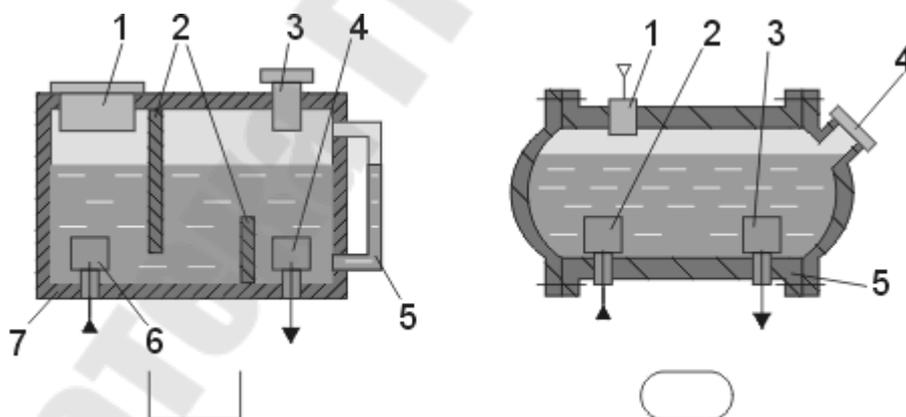


Рис. 13.1. Гидробаки: а) открытого типа; б) для работы под избыточным давлением

В корпус 7 бака через горловину 1 с сеткой заливается рабочая жидкость. Жидкость попадает в насос из бака через всасывающий патрубок 4, а из сливной гидролинии попадает в бак через сливной патрубок 6. Перегородки 2 служат для улучшения условий отстоя жидкости. Сапун 3 предназначен для очистки воздуха, поступающего

в гидробак, от механических загрязняющих частиц и обеспечивает сообщение объема над свободной поверхностью жидкости с атмосферой. Уровень жидкости в баке регистрируется с помощью уровнемера 5. Для слива рабочей жидкости из бака и удобства его промывки в самом низком месте корпуса бака предусматривается сливная пробка. С целью сбора ферромагнитных частиц, содержащихся в рабочей жидкости, внутри гидробака устанавливаются постоянные магниты.

Достоинства бака открытого типа – хорошие условия для естественного охлаждения и отстоя жидкости. Однако рабочая жидкость при соприкосновении с воздухом быстрее окисляется, засоряется, насыщается воздухом.

На рис. 13.1, б показана конструктивная схема и условное обозначение гидробака, предназначенного для работы под избыточным давлением. Корпус 5 бака герметичен и закрывается крышкой 4 после того, как через этот патрубок бак перед работой заполнится рабочей жидкостью. Через всасывающий патрубок 3 жидкость поступает из бака к насосу, а из сливной гидролинии попадает в бак через патрубок 2. Избыточное давление над свободной поверхностью жидкости обеспечивается за счет подачи инертного газа, например азота, через штуцер 1. При этом достигается изоляция рабочей жидкости от окружающего воздуха и облегчается работа насоса, если его конструкция требует обеспечения избыточного давления на выходе во всасывающую гидролинию. Гидробаки закрытого типа подвергаются гидравлическим испытаниям на прочность пробным давлением.

Минимальная вместимость бака равна максимальному расходу жидкости, проходящей через него за 0,3 ... 0,5 мин, максимальная вместимость ограничивается 3-х минутным расходом насосной установки. Наиболее рациональной формой бака (для улучшения теплоотдачи) считается параллелепипед с соотношением сторон 1:1,5:3 (иногда с ребристой поверхностью).

Гидробаки не унифицированы, поэтому их конструкцию и форму выбирают в зависимости от компоновки на проектируемой машине. Баки делают сварными из листовой стали толщиной 1...2 мм, снабжают всасывающим и сливным патрубками, горловиной и фильтрами для заправки, сапуном, пробкой или краном для слива рабочей жидкости. Уровень рабочей жидкости в баке не должен превышать 0,8 его высоты.

Баки гидравлические можно условно разделить на баки, применяемые в мобильных машинах и в гидросистемах технологического

оборудования. В зависимости от места применения конструкции баков имеют свои особенности (рис. 13.2 и 13.4).

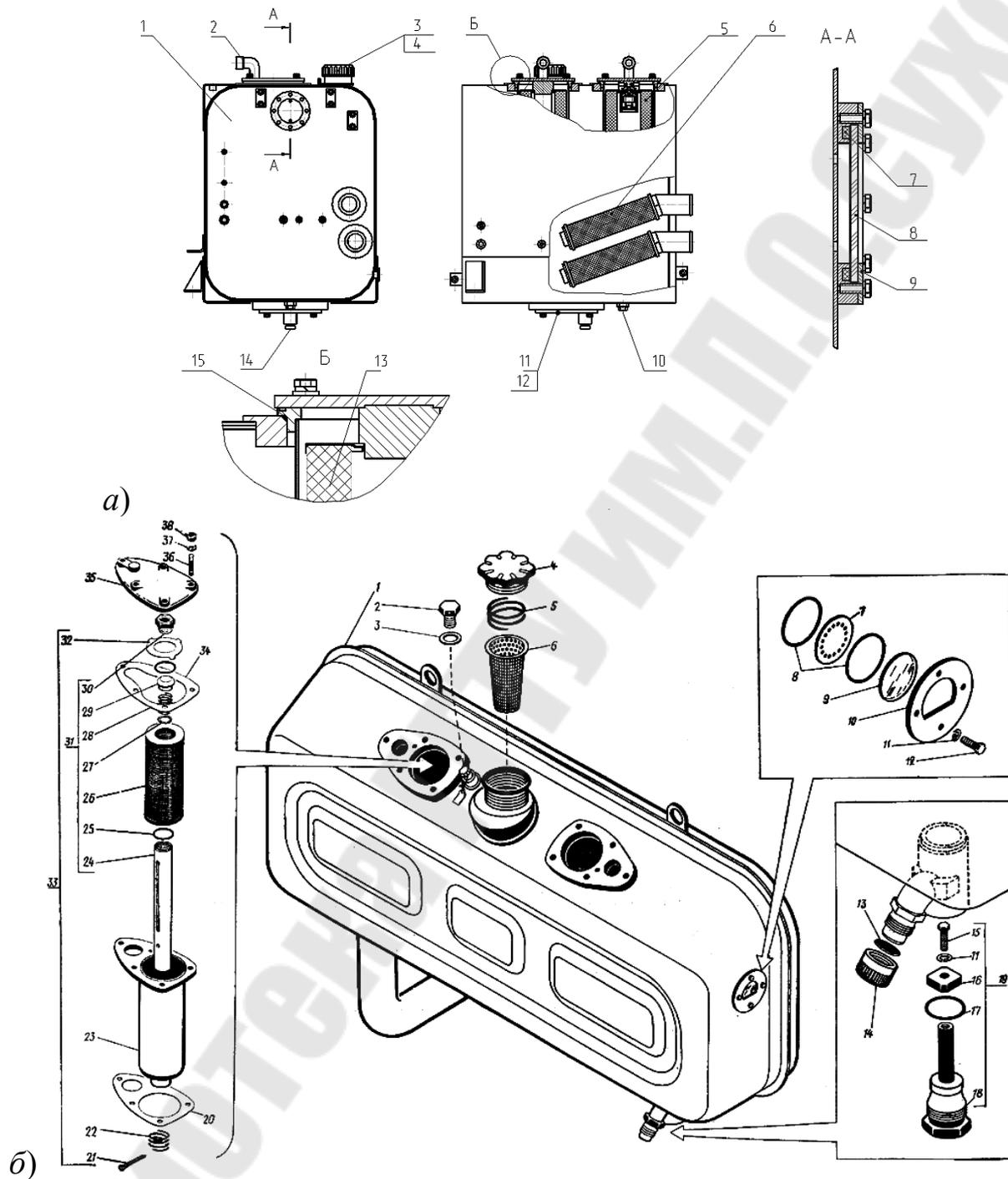


Рис. 13.2. Баки для мобильных машин

Гидробак для мобильной машины может иметь достаточно традиционную форму параллелепипеда (рис. 13.2, а) со следующими комплектующими устройствами: 1 - бак гидравлический; 2, 11 - крышка; 3 - сапун; 4 - фильтр сетчатый; 5, 13 - фильтр; 6 - фильтр вса-

сывающий; 7, 12 - кольца уплотнительные; 8 - стекло смотровое; 10 - пробка коническая; 14 - штуцер. Такая конструкция устанавливается, если компоновка мобильной машины достаточно свободна и нет жестких ограничений по габаритам: бурильные машины, автокраны, экскаваторы, комбайны и т.п. мобильные машины.

Если конструкция мобильной машины предъявляет жесткие требования по габаритам к элементам гидросистемы, то используют гидробаки более компактной конструкции, которые часто встроены в металлоконструкцию машины (рис. 13.2.2, б).

Бак на мобильной машине часто крепится хомутами (рис. 13.3).



Рис. 13.3. Крепление баков хомутами

К гидробакам мобильных машин, работающих в тяжелых условиях, предъявляют следующие требования [11, 15, 17, 19]:

- 1) Учитывая интенсивность использования грузовой автотранспортной техники, баки масляные должны быть особенно прочными и надежными. В частности, повышенные требования предъявляются к герметичности шовных соединений.
- 2) Важно сохранение целостности конструкции бака при длительном воздействии высоких температур.
- 3) Малый вес. Снижение массы конструкции при сохранении жесткости и прочности конструкции – одно из важнейших условий при изготовлении современного масляного резервуара.
- 4) Простота конструкции.
- 5) Удобство заливки рабочей жидкости.
- 6) Удобство очистки и ремонтного обслуживания. Важно учесть, что замена масла должна стать плановым мероприятием, которое выполняется регулярно.

Для гидросистем технологического оборудования используют в основном одну типовую конструкцию (рис. 13.4), причем конструктивные особенности того или иного бака зависят от компоновки гидрооборудования на крышке и боковых поверхностях емкости. В общем случае перед проектированием конструкции бака необходимо определиться с положением следующих гидроустройств:

- 1) насосный агрегат: горизонтальное или вертикальное исполнение. При горизонтальном расположении также необходимо знать где находится насосный агрегат: на баке, рядом или под ним;
- 2) где располагается аккумулятор, как он крепится, нужна ли для него специальная подставка;
- 3) какой тип теплообменника используется в системе (если он есть) (масляный или водяной), где его рационально расположить: на крышке бака, на боковой поверхности или на специальной подставке рядом с баком;
- 4) где рациональнее всего расположить фильтры с точки зрения доступности и возможности замены фильтроэлемента;
- 5) где устанавливаются блоки управления и т.д.

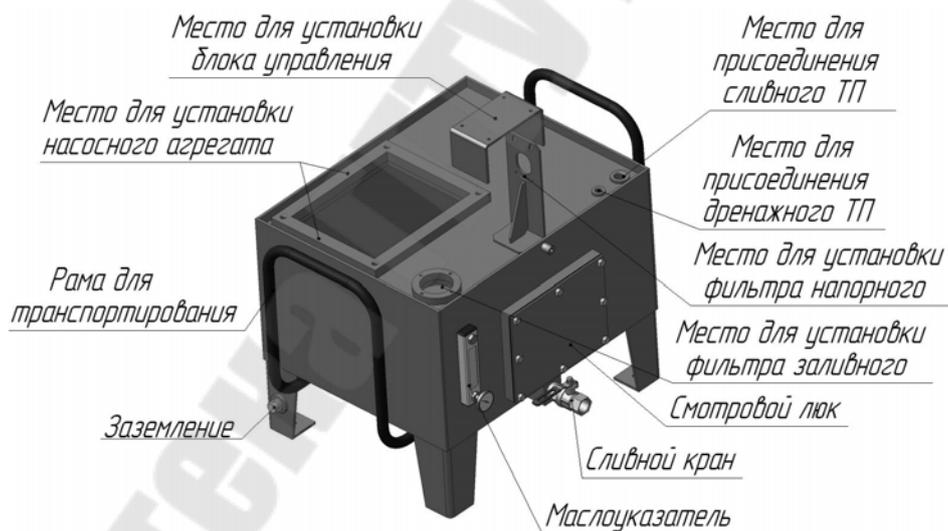


Рис. 13.4. Типовая конструкция бака гидравлического для технологического оборудования

Т.о. перед разработкой конструкции гидробака необходимо произвести расчет и выбор всех основных элементов гидросистемы, предварительно скомпоновать гидрооборудование на гидрофицированной машине (при этом управляющие и регулирующие элементы гидроаппаратов должны быть доступны), определить рабочее место оператора (при необходимости), произвести трассировку гидролиний.

13.2. Основные требования при проектировании гидробаков

Размеры бака и его форма имеют большое значение, поэтому он, как и другие элементы гидросистемы, должен быть специально спроектирован в соответствии с назначением. При проектировании необходимо соблюдать некоторые требования по ГОСТ 16770 [27]:

- 1) обеспечивать удобство монтажа и демонтажа гидроаппаратов и трубопроводов;
- 2) легкий доступ к регуляторам и контролирующим устройствам;
- 3) фильтры, должны располагаться выше уровня масла в баке так, чтобы их можно было легко заменить без утечки масла;
- 4) заливные горловины должны быть доступны для обслуживания;
- 5) ножки бака должны быть высотой не менее 100 мм, для лучшего охлаждения конструкции;
- 6) для увеличения способности бака отделять грязь и воду его дно должно быть немного наклонено;
- 7) сливной кран устанавливается так, чтобы все загрязнения могли быть легко слиты, т.е. в самой низкой точке бака;
- 8) диаметр сливного отверстия должен быть не меньше 25 мм;
- 9) должны быть установлены перегородки внутри бака, разделяющие зону слива и всасывания и для максимально возможного охлаждающего действия;
- 10) для обеспечения легкости доступа к внутренней поверхности при ежегодной чистке бак должен иметь большие смотровые люки размером более 200 × 200 мм со съемными крышками;
- 11) заливная горловина должна быть поднята над поверхностью бака как минимум на 20 мм, иметь пропускную способность более 20 л/мин и снабжена сетчатым фильтром;
- 12) внутренняя полость бака должна быть герметичной;
- 13) глубина сливной и дренажной линии должна быть ниже минимального уровня жидкости в баке на 4...5 внутренних диаметров трубопроводов, в тоже время расстояние от края трубопровода до дна бака не должно быть меньше 2^x диаметров трубопровода;
- 14) устанавливать маслоуказатели на минимальном и максимальном уровне масла в баке;
- 15) при необходимости нужно устанавливать магнитные патроны в сливном отсеке и легко демонтироваться;
- 16) в боковых стенках нужно предусмотреть отверстия для транспортирования бака с жидкостью и без нее;

- 17) рекомендуется подвергнуть внутреннюю часть бака поверхностной обработке, причем используемая краска должна быть стойкой к горячему маслу гидросистемы.

13.3. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Изучить рекомендации и требования по проектированию баков.
- 3) Разработать 3D-модель бака гидравлического.
- 4) Разработать сборочный чертеж со спецификацией бака.

13.3. Контрольные вопросы

- 1) Бак гидравлический: определение, назначение,
- 2) Обозначения баков на схемах.
- 3) Основные требования при проектировании баков.
- 4) Особенности конструкций баков для мобильных машин.
- 5) Требования к конструкции баков для мобильных машин.
- 6) Особенности конструкций гидравлических баков для технологического оборудования.
- 7) Классификация баков.
- 8) Нарисуйте способы установки перегородки внутри бака.
- 9) Достоинства и недостатки баков открытого типа.
- 10) Достоинства и недостатки баков закрытого типа.
- 11) Почему нельзя допускать прямой циркуляции рабочей жидкости в баке между всасывающими и сливными трубопроводами?
- 12) Почему конструкцию бака рекомендуют выполнять длинной, узкой и глубокой?
- 13) Как обеспечивается слив утечек с крышки бака?
- 14) Как предотвращается в конструкции бака проникновение воздуха в рабочую жидкость и вспенивание ее?
- 15) Как в конструкции бака обеспечивается увеличение его способности отделять грязь и воду?
- 16) Где устанавливается маслоуказатель на поверхности бака?
- 17) Зачем в баках открытого типа устанавливают сапун?
- 18) Где устанавливается сливной кран в баке?
- 19) Зачем в конструкции нужны смотровые люки и какого они должны быть размера?

Лабораторная работа № 14

Проектирование монтажной схемы трубопроводов

Цель работы: изучить способы и виды трубопроводных соединений, рекомендации по проектированию монтажных схем трубопроводов; произвести трассировку гидролиний, разработать монтажную схему трубопроводов в соответствии компоновкой гидроустройств на машине, разбивая гидролинии на отдельные участки, произвести описание участков.

14.1. Общие сведения

Устройства, предназначенные для подвода рабочей жидкости от одного элемента к другому в процессе работы гидропривода, называют *гидравлической линией* [2, 11, 15, 17 - 20].

По назначению гидравлические линии подразделяют на всасывающие, напорные, сливные, дренажные и линии управления. Всасывающие линии служат для подвода рабочей жидкости к насосам, напорные – для подачи жидкости под давлением к распределительным и исполнительным рабочим органам; сливные – для подачи жидкости в резервуары; дренажные – для отвода утечек от гидродвигателей и распределительных устройств; линии управления служат для подвода рабочей жидкости к элементам гидропривода.

Гидравлические линии представляют собой трубопроводы, рукава, каналы в монтажных плитах.

Трубопроводы изготавливают из стальных бесшовных горячекатаных, холоднотянутых или холоднокатаных труб.

Рукава применяются для соединения гидролиний в различных плоскостях. Гибкий рукав высокого давления состоит из внутреннего резинового слоя, хлопчатобумажной оплетки, двух металлических оплеток, промежуточного и наружного резинового слоев.

Схема монтажная - схема, показывающая соединения составных частей изделия (установки) и определяющая провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.) [4].

Монтажными схемами пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь, чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии (установке), а также для осуществления

присоединений и при контроле, эксплуатации и ремонте изделий (установок).

В отличие от принципиальных схем элементы, устройства и соединения изображают на монтажных схемах не в виде условных графических обозначений, а внешними очертаниями, значительно упрощенными.

Технологическое оборудование показывают схематически. На схемах наносятся высотные отметки расположения линий трубопроводов, а также маркировка их, обычно цифровая.

Как правило, на монтажно-технологической схеме не показывают дренажных сливных и продувочных линий, для этого обычно составляется отдельная схема. При большой насыщенности основной схемы для вспомогательных трубопроводов также составляется отдельная схема.

При выборе трассы трубопроводов в первую очередь надлежит руководствоваться выполнением следующих условий: надежности передачи энергии по гидролиниям, безопасности работы эксплуатационного персонала и быстрой ликвидации возможных аварий.

Следует выбрать такое расположение трубопроводов, которое обеспечило бы наименьшую протяженность и меньший объем работ при прокладке.

На монтажной схеме указывают:

- 1) длины участков между элементами гидросистемы или их координаты;
- 2) величины углов поворотов, кроме углов 90° ;
- 3) маркировку и нумерацию элементов схемы.

Соединения трубопроводов и рукавов должны быть надежными и обеспечивать заданную герметичность. В гидроприводах широкое применение получили следующие виды соединений: по наружному или внутреннему конусам; фланцевые; соединения с уплотнительными кольцами; быстроразъемные; ниппельные.

По способу выполнения прокладку трубопроводов разделяют на следующие виды:

- открытая - проложенная по поверхности стен и потолков, по фермам, колоннам и т.п.;
- скрытая - проложенная в конструктивных элементах машин.

Открытую прокладку трубопроводов осуществляют с использованием опорных и несущих металлоконструкций.

Согласно РТМ 36.22.13-90 «Системы автоматизации. Монтажно-технологические требования к проектированию» устанавливаются следующие требования к монтажным схемам и прокладке трубопроводов:

1) проектирование трубопроводных систем должны предусматривать применение механизированных способов монтажа, безопасность производства работ, доступ к трубопроводам в процессе эксплуатации;

2) материалы труб, пневмокабелей, арматуры, соединительных и присоединительных устройств должны быть стойкими против агрессивных воздействий как со стороны протекающих по ним веществ, так и со стороны окружающих сред;

3) трубы, пневмокабели, арматура, соединительные и присоединительные устройства должны обладать достаточной механической прочностью и плотностью соединений при воздействии на них со стороны протекающих веществ максимально возможных давлений при максимально возможных температурах (в том числе при продувках и испытаниях);

4) выбор сортамента и материала труб или пневмокабелей для конкретного объекта автоматизации должен осуществляться с учетом характерных эксплуатационных особенностей объекта;

5) арматуру, соединительные и присоединительные устройства следует выбирать по каталогам и другим информационным материалам поставщиков или заводов-изготовителей;

6) для присоединения трубопроводов к гидроаппаратам, к приборам и средствам автоматизации, а также для соединения отдельных участков трубопроводов между собой следует применять преимущественно резьбовые соединительные и присоединительные устройства;

7) в трубопроводах, подверженных вибрации, применение арматуры из чугуна, не рекомендуют.

В соответствии с ГОСТ Р 52543–2006 (ЕН 982:1996) «Гидроприводы объемные. Требования безопасности» выделяют следующие требования к гидролиниям [28]:

1) При размещении гидролинии на машине (агрегате) должны быть исключены трение, скручивание, недопустимые перегибы и напряжения рукавов при перемещении подвижных частей системы и машины. Рукава следует размещать с учетом естественного прогиба.

2) Соединения трубопроводов и рукавов должны быть доступны для наружного осмотра, ремонта и замены.

3) Трубы, трубопроводные соединения и каналы, включая литые и просверленные отверстия, должны быть свободны от опасных инородных тел, таких как окалина, заусенцы, стружка и т.п.

4) Быстроразъёмные муфты следует выбирать так, чтобы в разомкнутом состоянии они с обеих сторон независимо друг от друга осуществляли изоляцию гидрочиний без потерь рабочей жидкости. Самопроизвольная расстыковка не должна приводить к возникновению опасностей.

5) Чтобы исключить неправильные соединения которые могли бы привести к возникновению опасности трубопроводы и рукава, при необходимости, должны быть соответственно промаркированы и размещены.

6) Рекомендуется не применять напорные и сливные трубы с одинаковыми внешними диаметрами при соответствующих разных толщинах стенок труб.

7) Не допускается приваривать крепежные элементы к трубопроводам и использовать трубопроводы для крепления других элементов конструкции.

8) Трубопроводы, если это необходимо, на обоих концах и в отдельных точках по их длине должны быть надёжно закреплены посредством опор специальной конструкции.

9) Элементы крепления трубопроводов следует устанавливать вне зоны сварных стыков трубопроводов и не должны создавать опасности электролитической коррозии.

10) Контакт трубопроводов с элементами конструкции, а также друг с другом вне мест креплений не допускается.

11) Пайку и сварку трубопроводов следует проводить только после травления, промывки и просушки полостей этих устройств для удаления следов рабочей жидкости. После пайки и сварки полости трубопроводов промыть рабочей жидкостью с контролем чистоты рабочей жидкости.

12) Изгиб труб выполняют в холодном состоянии вручную, в трубогибочных приспособлениях, на станках и в штампах.

13) При развальцовке концов труб должно быть исключено образование трещин на раструбах и недопустимое утоньшение стенок труб. Размер штуцеров, под которые развальцовывается труба, должен соответствовать диаметру этой трубы.

14) Способ заделки конца резинового шланга должен соответствовать рабочему давлению в гидросистеме.

15) Необходимо производить трассировку гидролиний на машине учитывая эти рекомендации, в результате получаем монтажную схему ТП, которую в дальнейшем разбивают на отдельные участки.

16) При проектировании монтажной схемы необходимо упрощенно прорисовать весь гидропривод на мобильной машине или технологическом оборудовании. Кроме того, само гидрофицированное устройство необходимо также упрощенно прорисовать и указать места установки гидродвигателей.

17) Монтажные схемы трубопроводов необходимо выполнять в нескольких видах, чтобы указать все гидролинии.

18) Пример монтажной схемы трубопроводов гидропривода технологического оборудования представлен на рис. 14.1 и 14.2.

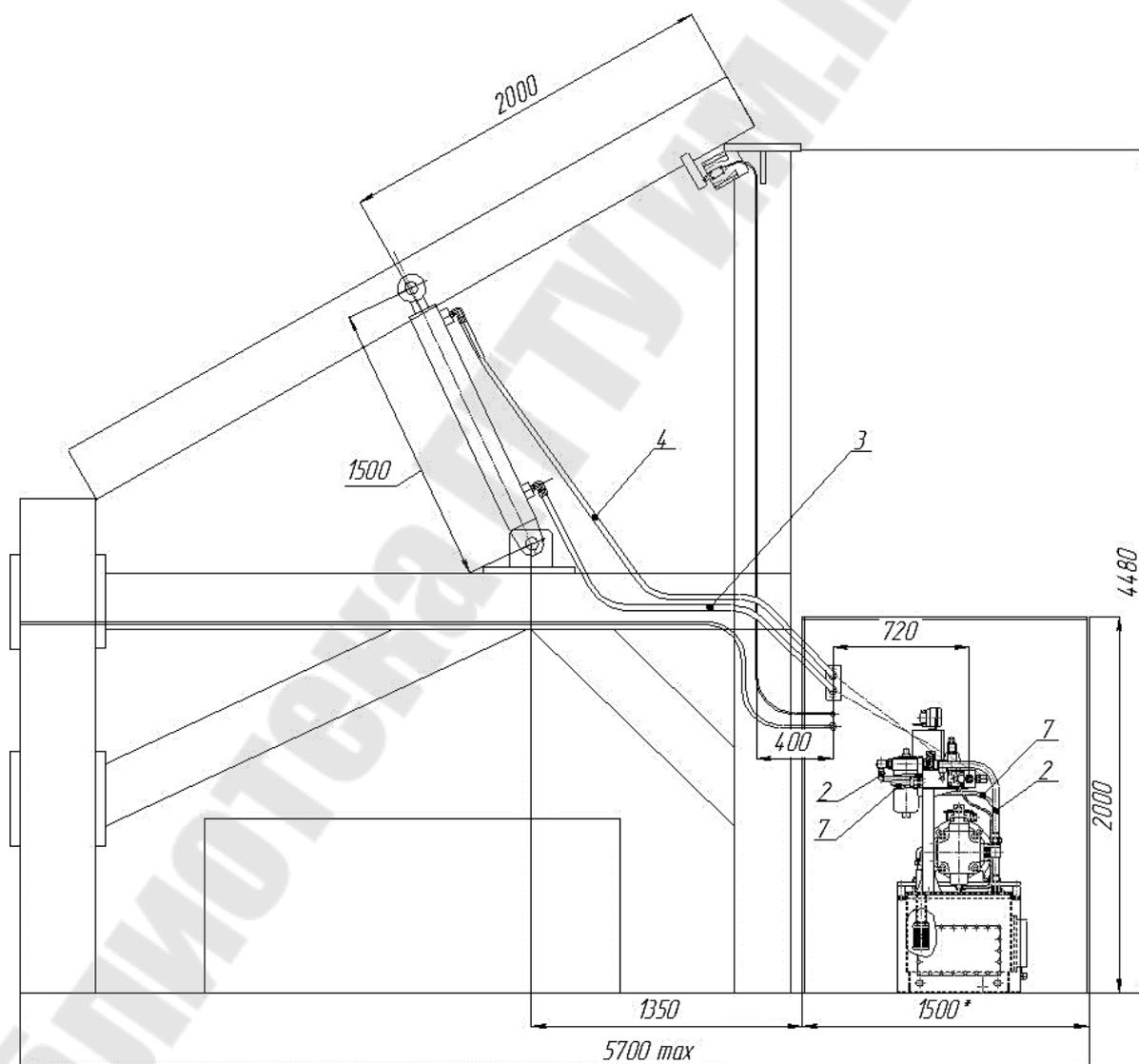


Рис. 14.1. Монтажная схема трубопроводов на линии переработки шлака (вид сбоку)

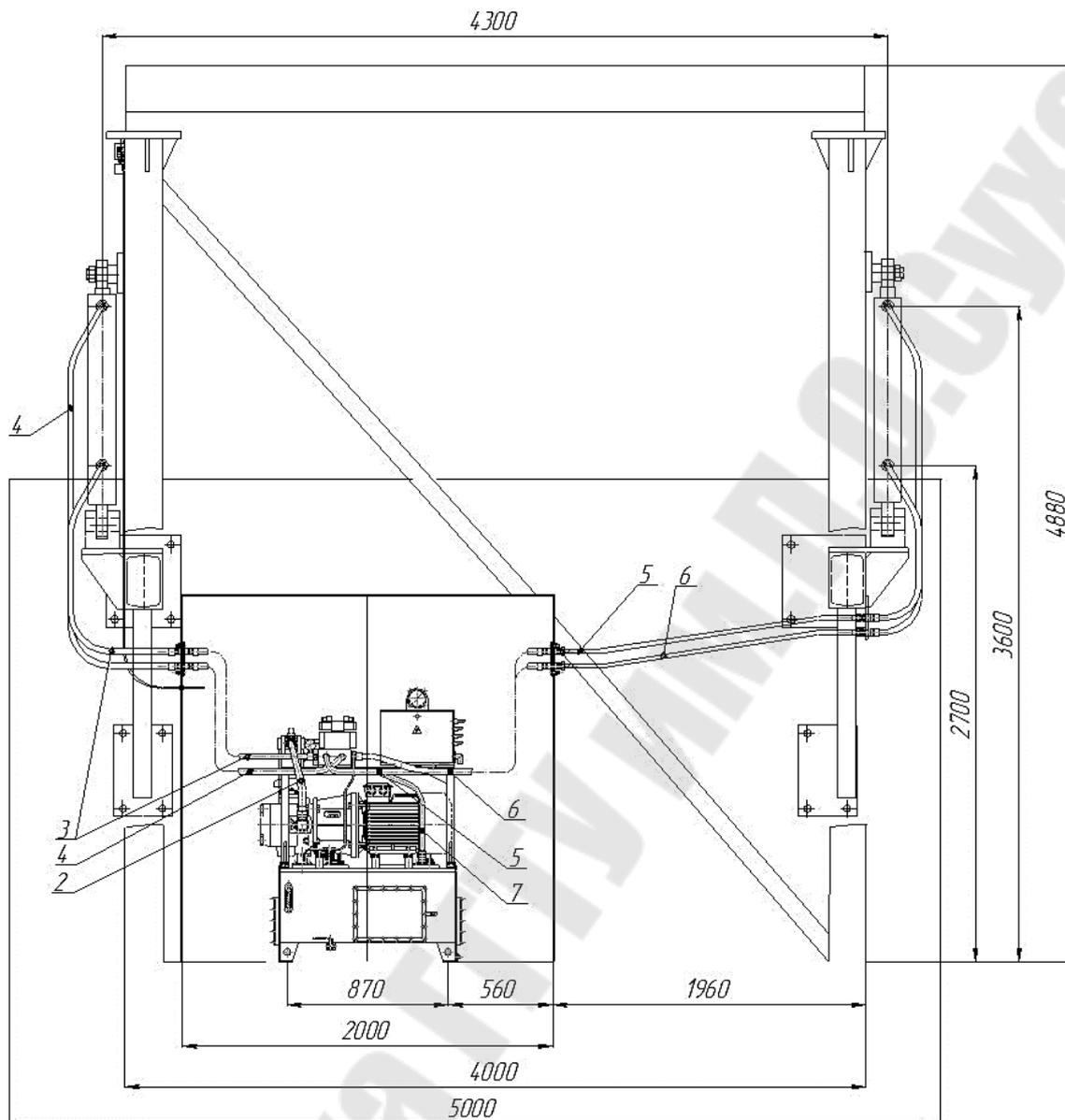


Рис. 14.2. Монтажная схема трубопроводов на линии переработки шлака (вид спереди)

Пример монтажной схемы трубопроводов гидросистемы мобильной машины представлен на рис. 14.3 и 14.4.

После составления монтажной схемы и разбиения ее на отдельные участки, необходимо сделать описание участков по типу:

№ участка – назначение участка, внутренний диаметр, скорость движения жидкости, длина участка, местные сопротивления (если трубопроводы выполнены из металла).

Например:

1 – Всасывающий, с внутренним диаметром $d_1 = 40$ мм, длиной $l = 620$ мм, скоростью движения жидкости $v_1 = 1,53$ м/с, вход в трубопровод с острыми кромками, угольник.

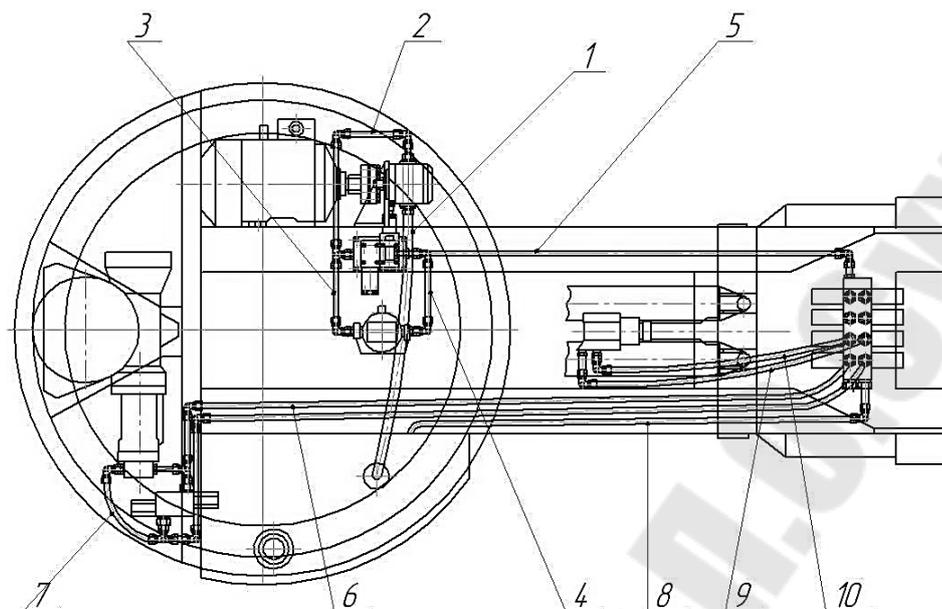


Рис. 14.3. Монтажная схема трубопроводов на подъемнике
(вид сверху)

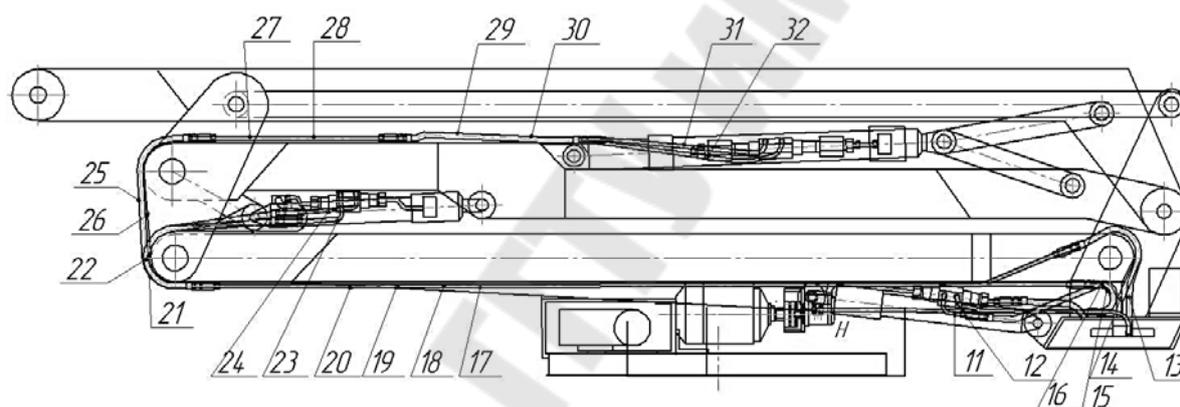


Рис. 14.4. Монтажная схема трубопроводов на подъемнике
(вид спереди)

14.2. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Изучить рекомендации и требования по проектированию монтажной схемы трубопроводов.
- 3) Разработать монтажную схему трубопроводов.
- 4) Произвести описание участков монтажной схемы ТП.

14.3. Контрольные вопросы

- 1) Определение гидравлической линии.

- 2) Как классифицируют гидролинии по назначению?
- 3) Для чего служат всасывающие линии?
- 4) Для чего служат напорные линии?
- 5) Для чего служат сливные линии?
- 6) Для чего служат дренажные линии?
- 7) Для чего служат линии управления?
- 8) Как классифицируют гидролинии по применяемым материалам?
- 9) Определение монтажной схемы.
- 10) Для чего служит монтажная схема трубопроводов?
- 11) Чем монтажная схема отличается от принципиальной?
- 12) Что необходимо указывать на монтажных схемах?
- 13) Что допускается не указывать на монтажных схемах?
- 14) Какие условия необходимо удовлетворять при выборе трассы трубопроводов?
- 15) Исходя из какого условия выбирают расположение трубопроводов?
- 16) Какие условия должно выполнять соединение трубопроводов?
- 17) Как классифицируют виды прокладки трубопроводов?
- 18) Требования к монтажным схемам и прокладке трубопроводов.
- 19) Требования безопасности к гидролиниям.
- 20) Для чего монтажную схему рекомендуют выполнять в нескольких видах или в изометрии?

Лабораторная работа № 15

Проектирование гидростанции

Цель работы: изучить теорию к лабораторной работе; основные требования при проектировании гидростанций; конструктивные разновидности гидростанций; разработать чертеж гидростанции и спецификацию к нему.

15.1. Общие сведения

Гидростанция (гидравлическая насосная станция) – техническое устройство (система), преобразующее различные виды энергии в механическую энергию жидкости, и управляющее движением потока этой жидкости. Вид преобразуемой энергии (электрическая, механическая энергия жидкости или сжатого газа, химическая энергия топлива) зависит от типа первичного двигателя, входящего в состав гидростанции [2, 11, 15, 17 - 20].

В состав гидростанции входят следующие компоненты:

- ✓ Двигатель первичный – электрический, гидравлический, пневматический, двигатель внутреннего сгорания (бензиновый или дизельный). Предназначен для преобразования соответствующего вида энергии в кинетическую энергию вращательного или поступательного движения.
- ✓ Насос гидравлический – шестеренный, пластинчатый, аксиально-поршневой, радиально-поршневой или плунжерный насос. Предназначен для преобразования кинетической энергии вращательного или поступательного движения в механическую энергию жидкости.
- ✓ Гидробак – металлическая или пластиковая ёмкость, содержащая рабочую жидкость, которая используется в основном для переноса энергии к исполнительному механизму - гидродвигателю.
- ✓ Трубопроводы – система каналов, которая может состоять из рукавов высокого давления, металлических труб, плит модульного и стыкового монтажа. Служит для соединения гидравлического насоса с различного рода управляющей, регулирующей и распределяющей гидравлической аппаратурой. Обеспечивает передачу потока жидкости, нагнетаемой гидравлическим насосом к исполнительному механизму и её возврат в гидробак.
- ✓ Фильтр сливной – устройство, фильтрующее рабочую жидкость,

которая возвращается от исполнительного механизма (гидродвигателя) в гидробак.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации гидростанция может включать в себя следующие дополнительные компоненты: фильтр всасывающий, фильтр напорный, устройства управления давлением, устройства управления потоком, распределительные устройства, гидроаккумулятор, теплообменник, ТЭН (трубчатый электронагреватель), манометр, датчики, реле, блок управления, пульт управления.

Гидростанции делятся:

По конструктивному исполнению:

- 1) мобильная – смонтированная в едином корпусе и/или раме, имеющая ручки для переноски или проушины для строповки, может оснащаться колесами или полозьями;
- 2) стационарная (насосный гидравлический модуль) – монтируемая поагрегатно в специальном помещении или непосредственно на оборудовании;
- 3) самоходная – смонтирована на самоходном шасси, в качестве привода которого может использоваться гидросистема маслостанции.

По типу приводного (первичного) двигателя:

- 1) с электроприводом;
- 2) с гидроприводом;
- 3) с пневмоприводом;
- 4) с дизельным приводом;
- 5) с бензоприводом.

По номинальному давлению:

- 1) низкого (до 16 МПа)
- 2) среднего давления (до 40 МПа);
- 3) высокого давления (до 150 МПа);
- 4) сверхвысокого давления (свыше 150 МПа).

15.2. Конструктивные разновидности гидростанций

Конструкции гидростанций компании-изготовители разрабатывают обычно по заказу потребителя с техническими требованиями, содержащими основные параметры и гидравлическую схему для конкретного применения.

Гидростанции изготавливаются, в основном, двух видов по компоновке мотор - насосного агрегата:

– вертикальное расположение мотор - насосного агрегата с погружным насосом (используется с насосами постоянного объёма) (рис. 15.1., а). Преимущества таких гидростанций заключается в компактности и низком уровне шума.

– гидростанции с горизонтальным расположением мотор - насосного агрегата (рис. 15.1., б и в). Используется с регулируемыми насосами переменного объёма.

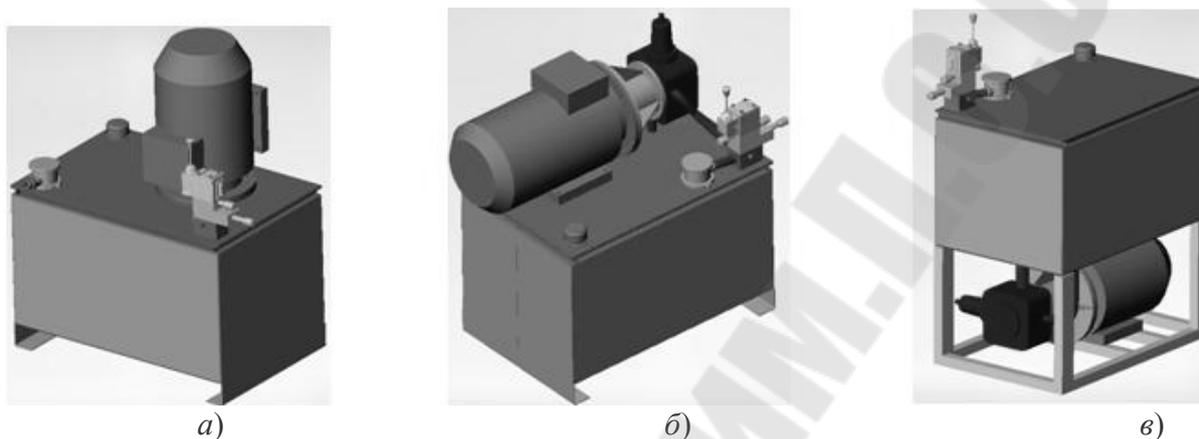


Рис. 15.1. Компоновка гидростанций: а) вертикальное расположение насосного агрегата; б) горизонтальное расположение насосного агрегата на баке; в) горизонтальное расположение насосного агрегата под баком

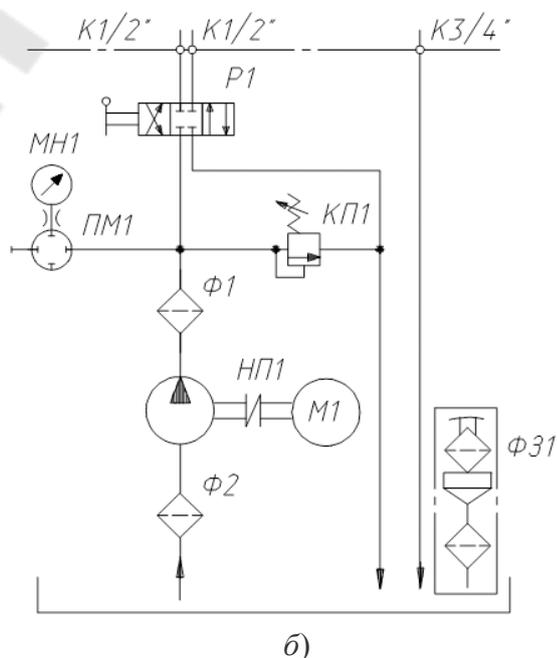
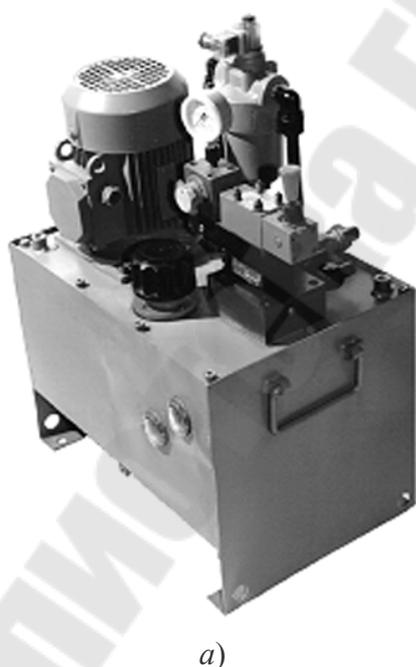


Рис. 15.2. Станция гидропривода: а) внешний вид станции; б) принципиальная гидравлическая схема

Примером гидростанции может служить станция гидропривода С22-РТ70.04 производства ОАО «ГСКТБ Гидропневмоавтоматика» (рис. 15.2). Станция гидропривода предназначена для подачи рабочей жидкости в гидросистему и дистанционного управления движением рабочего органа исполнительной машины. По принципиальной схеме системы разрабатывают чертеж станции с указанием присоединительных и габаритных размеров (рис. 15.3).

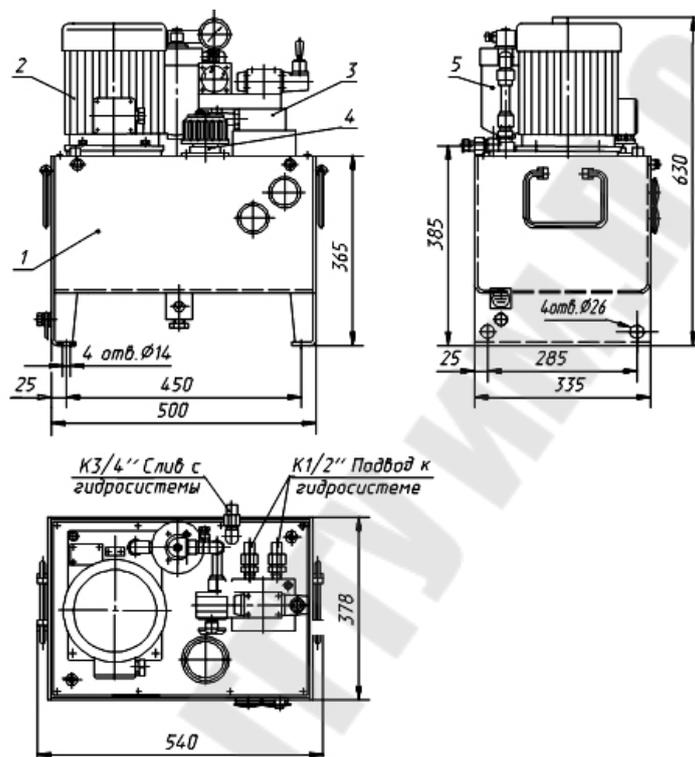


Рис. 15.3. Чертеж станции гидропривода: 1 – гидробак; 2 – насосный агрегат погружного исполнения; 3 – блок управления; 4 – заливной фильтр, совмещенный с сапуном; 5 – напорный фильтр

15.3. Требования к проектированию гидростанций

При проектировании гидравлических систем стационарных машин необходимо учитывать технические требования, выполнение которых оказывает существенное влияние на надежность машин. Перечисленные ниже требования охватывают гидросистемы в целом, а не отдельные элементы, требования к которым обусловлены соответствующими стандартами [2, 17 - 20].

- 1) Станции гидропривода должны устанавливаться преимущественно вне оборудования.
- 2) Конструкция станции гидропривода должна обеспечивать:

– удобство демонтажа и монтажа отдельных гидроаппаратов и трубопроводов;

– легкий доступ к регуляторам гидроаппаратов и контролирующим устройствам;

– отсутствие, наружных утечек;

– удобство смены фильтров, возможность их замены, а также возможность замены фильтроэлемента без снятия фильтра.

3) Установившаяся температура масла в баке не должна превышать 50°C при температуре окружающей среды +20 °C. При превышении допустимой температуры должен поступать сигнал на пульт управления.

4) Основная гидросистема должна быть отделена от системы принудительной смазки.

5) Отвод внешних утечек в гидробак не рекомендуется. При такой необходимости утечки должны пропускаться через фильтр с толщиной фильтрации не ниже 10 мкм.

6) Гидросистема должна быть снабжена защитными устройствами, останавливающими оборудование в случае уменьшения давления ниже минимального допустимого значения. При этом не должны отключаться узлы представляющие опасность для персонала (зажим, поджим, фиксация), так как это представляет опасность для персонала.

7) Гидросистемы должны быть разработаны таким образом, чтобы потребляемая мощность гидропривода и тепловыделение в системе были минимальны. С этой целью рекомендуется применять насосы регулируемой подачи и гидроаккумуляторы.

8) Гидроаппаратура управления должна применяться преимущественно в стыковом, блочном или модульном исполнениях.

9) Изменение рабочей нагрузки и температуры рабочей жидкости в пределах допустимых значений не должно вызывать изменений, нарушающих цикл работы оборудования.

10) При работе гидропривода должны отсутствовать гидроудары и вибрации в гидросистеме.

11) Трубопроводы должны быть металлическими, имеющим меньшие размеры и гидравлическое сопротивление. Допускаются гибкие шланги только для подвода жидкости к подвижным узлам и в тех случаях, когда это дает преимущества или упрощает соединение отдельных узлов.

12) Соединения трубопроводов должны быть выполнены предпочтительно без пайки и сварки. В случае применения сварных соединений

их сварка должна, выполняться в среде нейтрального газа и они должны быть тщательно очищены от окалины.

13) В конструкции оборудования должны быть предусмотрены поддоны для сбора утечек.

14) Должна быть полностью исключена возможность попадания охлаждающей жидкости в гидросистему.

15.4. Порядок проведения работы

- 1) Изучить теорию к лабораторной работе.
- 2) Изучить рекомендации и требования по проектированию гидростанций.
- 3) Разработать чертеж гидростанции со спецификацией.

15.5. Контрольные вопросы

- 1) Определение гидростанции.
- 2) Какие компоненты входят в состав гидростанции?
- 3) Как классифицируют гидростанции по конструктивному исполнению?
- 4) Как классифицируют гидростанции по типу приводного двигателя?
- 5) Как классифицируют гидростанции по номинальному давлению?
- 6) Требования к конструкции гидростанций.
- 7) Где должна устанавливаться гидростанция по отношению к основному оборудованию?
- 8) В каком случае используют гидростанции с вертикальной компоновкой насосного агрегата?
- 9) В каком случае используют гидростанции с горизонтальной компоновкой насосного агрегата?
- 10) Перечислите требования к проектированию гидростанций.
- 11) Какими дополнительными устройствами должна быть снабжена гидростанция для обеспечения безопасности?
- 12) Какие виды монтажа ГА управления рекомендуется применять?
- 13) Какие существуют требования к гидростанциям в отношении внешних утечек?

Список литературы

- 1) Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
- 2) Гойдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов. - М., Машиностроение, 2009. – 304 с.
- 3) Назаров В.И. Теплотехнические измерения и приборы: учебное пособие / В.И. Назаров, В.а. Чиж, А.Л. Буров. - Минск: Техноперспектива, 2008. – 174 с.
- 4) ГОСТ 2.701–2008. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. [Текст]. Введ. 2009-07-01. – Москва: «Стандартинформ», 2009.
- 5) ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. Форматы. [Текст]. Введ. 1971-01-01. – Москва: ИПК «Изд-во стандартов», 1971.
- 6) ГОСТ 2.721-74 Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. [Текст]. Введ. 1975-07-01. – Москва: ИПК «Изд-во стандартов», 1975.
- 7) ГОСТ 2.780-96. Обозначения условные графические. Кондиционеры рабочей среды, емкости гидравлические и пневматические. [Текст]. Введ. 1998-01-01. – Минск: ИПК «Изд-во стандартов», 1998.
- 8) ГОСТ 2.781-96 Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая. [Текст]. Введ. 1998-01-01. – Минск: ИПК «Изд-во стандартов», 1998.
- 9) ГОСТ 2.782-96 Обозначения условные графические. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические. [Текст]. Введ. 1998-01-01. – Минск: ИПК «Изд-во стандартов», 1998.
- 10) ГОСТ 2.784-96 Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов. [Текст]. Введ. 1998-01-01. – Минск: ИПК «Изд-во стандартов», 1998.
- 11) Л Иванов Г.М. Проектирование гидравлических систем машин / Учебное пособие. – Г.М. Иванов, С.А. Ермаков, Б.Л. Коробочкин, Р.М. Пасынков. – М.: Машиностроение, 1992. – 224 с.:
- 12) Гидравлика. Основной курс ТР 501. Учебное пособие / Д.Меркле, Б.Шрадер, М.Томес – Киев.: ДП «Фесто», 2002. – 145 с.
- 13) Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. Учебник для ВУЗов по специальности «Гидропневмоавтоматика и

- гидропривод». - М.: Машиностроение, 1974. – 606 с.
- 14) Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмомашин и передачи: Учебное пособие для вузов. / Под ред. В.В. Гуськова – Мн.: Выш. шк., 1987. – 310 с.
 - 15) Свешников В.К., Усов В.В. Станочные гидроприводы: Справочник: Библиотека конструктора. –М.: Машиностроение, 2004. -512 с.
 - 16) Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. М.: Машиностроение. 1991
 - 17) Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Учебное пособие. – М.: Форум, 2007. – 304 с.
 - 18) Теория и проектирование гидропневмосистем: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения / авт.-сост. Ю.А. Андреевец, Ю.В. Сериков, С.М. Матвеевкова. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2011.- 99 с.
 - 19) Маннесман Рексрот. Проектирование и сооружение гидроустановок: Учебный курс гидравлики. В 3 т. Т.3. – Лор на Майне: 1988. – 380 с.
 - 20) Лозовецкий В. В. Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин: Учебное пособие.– СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 560 с.: ил.
 - 21) Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3^х томах. Т.3. – М., Машиностроение, 2001. – 864 с.
 - 22) РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения/
 - 23) Гольдшмидт М. Г. Методология конструирования: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 173 с.
 - 24) Каталог продукции фирмы ОАО "Салео-Кобрин"
 - 25) Каталог продукции фирмы " HYDAC"
 - 26) ГОСТ 17411-91. Гидроприводы объемные. Общие технические требования. [Текст]. Введ. 1992-01-01. – Москва: «Стандартинформ», 1992.
 - 27) ГОСТ 16770-86 Баки для объемных гидроприводов и смазочных систем. Общие технические требования. [Текст]. Введ. 1987-07-01. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1987.
 - 28) ГОСТ Р 52543–2006. Гидроприводы объемные. Требования безопасности. [Текст]. Введ. 2007-01-01. – Москва: «Стандартинформ», 2007.

Содержание

Общие указания по выполнению и оформлению лабораторных работ.....	3
Лабораторная работа № 1 Изучение теоретических основ объемного гидропривода.....	6
Лабораторная работа №2 Составление принципиальных гидравлических схем объемного гидропривода.....	14
Лабораторная работа №3 Снятие статической характеристики объемной гидромашины.....	30
Лабораторная работа №4 Изучение способов монтажа гидро- и пневмоаппаратов.....	37
Лабораторная работа №5 Дроссельное регулирование скорости гидропривода.....	44
Лабораторная работа №6 Трубопроводы и трубопроводные соединения.....	55
Лабораторная работа №7 Меры по снижению шума и вибрации в гидросистемах.....	65
Лабораторная работа №8 Проектирование принципиальной гидро- или пневмосхемы привода рабочего оборудования машин	75
Лабораторная работа №9 Изучение методов, приборов для измерения параметров гидро- и пневмоприводов.....	79
Лабораторная работа №10 Изучение типов насосных агрегатов. Проектирование конструкции насосного агрегата.....	87
Лабораторная работа №11 Фильтрация в гидросистемах. Фильтры.....	94
Лабораторная работа №12 Изучение принципов проектирования блоков управления.....	109
Лабораторная работа №13 Изучение принципов проектирования гидравлических баков.....	120
Лабораторная работа №14 Проектирование монтажной схемы трубопроводов.....	127
Лабораторная работа №15 Проектирование гидростанции....	135
Список литературы.....	141

Андреевец Юлия Ахатовна

**ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ**

**Практикум
по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы
мобильных и технологических машин»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 14.01.19.

Рег. № 24Е.
<http://www.gstu.by>