



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

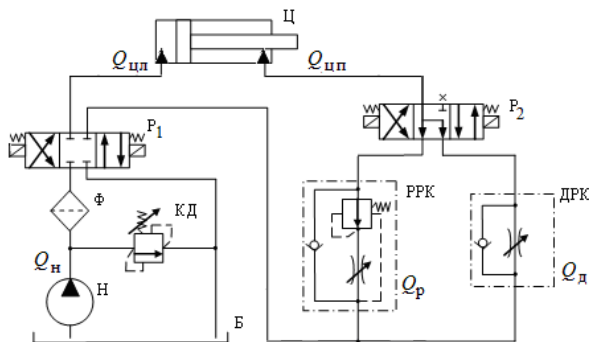
Белорусский национальный
технический университет

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

В.И. Глубокий
А.М. Якимович
И.В. Макаревич

ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

*Учебно-методическое пособие
к лабораторным занятиям*



Минск
БНТУ
2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

В. И. Глубокий
А. М. Якимович
И. В. Макаревич

ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

Учебно-методическое пособие
к лабораторным занятиям
для студентов технических специальностей
высших учебных заведений

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2015

УДК 621.22(075.8)

ББК 34.447я7

Г55

Рецензенты:

д-р техн. наук, заведующий лабораторией ОИМ НАН Беларуси

М. А. Белоцерковский;

д-р техн. наук, член-корреспондент, академик-секретарь
отделения физико-технических наук НАН Беларуси

А. П. Ласковнев

Глубокий, В. И.

Г55 Типовые схемы гидравлических приводов : учебно-методическое пособие к лабораторным занятиям для студентов технических специальностей высших учебных заведений / В. И. Глубокий, А. М. Якимович, И. В. Макаревич. – Минск : БНТУ, 2015. – 83 с.

ISBN 978-985-550-515-1.

Учебно-методическое пособие «Типовые схемы гидравлических приводов» по дисциплине «Гидропривод и гидропневмоавтоматика» предназначено для лабораторных занятий студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения»; 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»; 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника».

В пособии рассматриваются особенности и принцип работы гидравлических приводов и их гидравлических систем. Описывается назначение и приводятся примеры гидравлических схем и их применения в гидроприводах. Излагается методика проведения лабораторных работ на специальном стенде по сборке и исследованию гидросхем с дроссельным регулированием и управлением различными циклами работы гидроцилиндров приводов оборудования.

Данное учебно-методическое пособие также может быть использовано студентами при теоретической самостоятельной подготовке и курсовом проектировании гидравлических приводов.

УДК 621.22(075.8)

ББК 34.447 я 7

ISBN 978-985-550-515-1

© Глубокий В. И., Якимович А. М.,
Макаревич И.В., 2015

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

В в е д е н и е

В металлорежущих станках применяются различные по назначению гидравлические приводы, которые имеют разные законы работы исполнительного органа станка. Гидравлические главные станочные приводы обеспечивают движение рабочего органа станка со скоростью резания. Они применяются, когда это движение поступательное, и реже – когда вращательное. В качестве исполнительных двигателей используются гидроцилиндры возвратно-поступательного движения и реверсируемые гидромоторы. При возвратно-поступательном движении оба хода исполнительного органа могут быть рабочими с осуществлением процесса резания или один ход рабочий, а обратный ход – холостой, происходящий с большей скоростью. При вращательном движении частоты прямого и обратного вращения, как главных движений резания, могут быть разные, поэтому чаще применяется независимое регулирование скоростей прямого и обратного движения в гидравлических приводах главного движения.

Гидравлические приводы подач обеспечивают перемещение рабочего органа со скоростью подачи. Цикл работы этих приводов несколько отличается и может включать быстрые подводы рабочего органа, рабочие подачи, выстой на упоре, быстрые отводы в исходное положение и др. Скорости движения рабочего органа для указанных элементов цикла работы отличаются, т. е. имеют разные значения, и регулирование их независимое. Кроме того, привод подачи должен обеспечивать постоянство установленной скорости рабочей подачи при изменении нагрузки на рабочий орган станка, остановку рабочего органа в любом положении, исключение его самопроизвольного движения при остановке и т. д.

Гидравлические приводы вспомогательных механизмов станка применяются как приводы транспортных устройств, механизмов зажима, устройств автоматической смены инструментов, инструментальных магазинов и манипуляторов. В зависимости от вида и назначения вспомогательного устройства к его гидроприводу предъявляются соответствующие требования:

- возможность регулирования усилия зажима;
- исключение разжима при отключении или неисправности привода;
- уменьшение времени разгона и торможения;
- обеспечение плавности работы.

1. ОПИСАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ГИДРОПРИВОДА

Лабораторные работы выполняются на специальном монтажном гидравлическом испытательном стенде. К нему имеются набор сменных гидроаппаратов, а также комплект конечных выключателей и гибких трубопроводов. Стенд включает в себя (рис. 1.1, *а*) основание 5, на котором смонтированы монтажная стойка 1, насосная установка 7, блок питания 8, пульт управления 9, три силовых цилиндра 24 (рис. 1.1, *б*), напорный коллектор 21, сливной коллектор 16, два сдвоенных тройника 20, монтажная панель 22 и поддон 15.

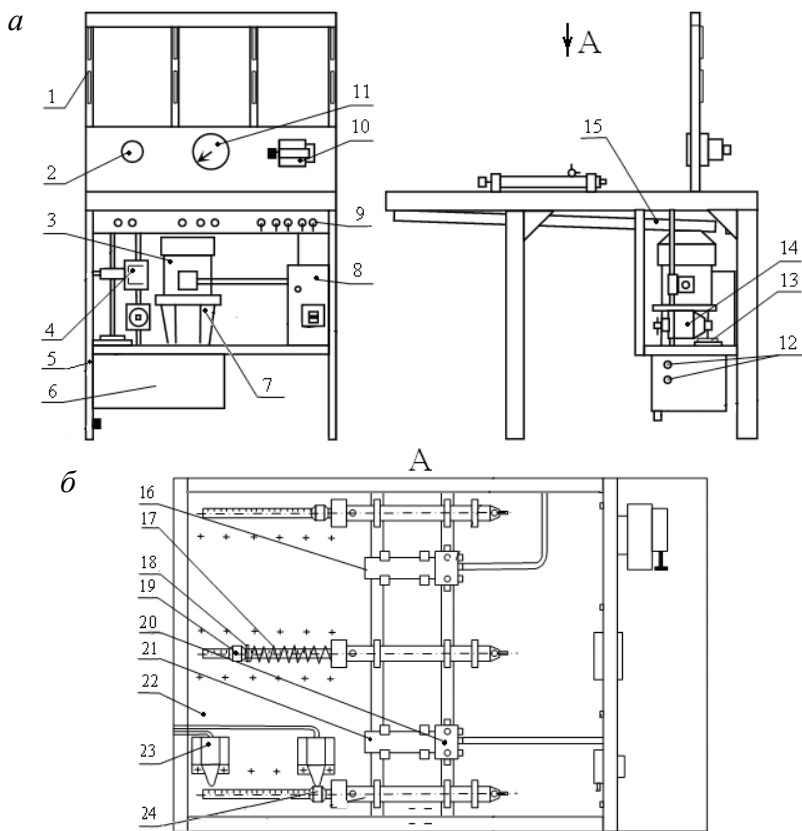


Рис. 1.1. Испытательный стенд

На панели монтажной стойки 1 (см. рис. 1.1) размещены золотник включения манометра 2, манометр 11, редукционный клапан 10. В верхней части монтажной стойки 1 имеется шесть гнезд для установки сменных гидроаппаратов, смонтированных на установочных пластинах.

В нижней части стенда расположена насосная установка 7, которая включает в себя пластинчатый насос, электродвигатель 3, заливной 13 и щелевой 14 фильтры, гидроклапан давления 4, маслоуказатели 12 и масляный бак 6.

Гидроклапан давления 4 используется в гидросистеме в качестве переливного гидроклапана для поддержания заданного давления путем непрерывного слива избыточной рабочей жидкости во время работы насоса. Заливной фильтр 13 предназначен для фильтрации масла при заправке в бак и сливе из гидросистемы. Для подключения гидроаппаратов к гидросистеме используются гибкие трубопроводы.

Золотник включений манометра 2 предназначен для подключения манометра к гидравлической системе в двух точках. Одной точкой является полость напорного клапана при первом положении рукоятки, что позволяет контролировать давление в линии нагнетания насосной установки, а второй точкой при втором положении рукоятки может быть любая магистраль, где необходимо замерить давление рабочей жидкости.

Под рабочим пространством стенда установлен поддон 15, предназначенный для сбора рабочей жидкости, стекающей при демонтаже гидравлических систем. Из поддона рабочая жидкость по резиновому шлангу через заливной фильтр отводится в масляный бак.

Гидроцилиндры 24 являются исполнительными элементами в собираемых гидросистемах лабораторных работ. На штоке одного из них имеется возвратная пружина 17 с двумя шайбами 18. Этот цилиндр может быть использован как цилиндр одностороннего действия. При необходимости пружина с шайбой может быть снята, для чего следует отвернуть кулачок 19. На торцах кулачков закреплены стрелки, которые используются при замерах хода штока.

Между цилиндрами установлены два коллектора. Напорный коллектор 21 соединен трубопроводом с насосной установкой. Сливной коллектор 16 соединен трубопроводом с фильтром 13. Над коллекторами на кронштейнах установлены два спаренных независимых тройника 20. Тройники служат для разветвлений нагнета-

тельных и сливных трубопроводов, предусмотренных схемами лабораторных работ.

Монтажная панель 22 с фигурными отверстиями предназначена для установки конечных выключателей 23. Выключатели установлены на кронштейнах, имеющих винты с контргайками для закрепления их на монтажной панели. Переключение конечных выключателей осуществляется кулачком 19.

Пульт управления (рис. 1.2) предназначен для пуска и останова электродвигателя насосной установки, а также для коммутации электрогидрораспределителей и конечных выключателей. Кнопки 1 («Пуск») и 2 («Стоп») предназначены для пуска и останова насосной установки, а кнопки 3 («Пуск») и 4 («Стоп») – для включения и отключения цепей управления. Кнопка 5 («Реверс») предназначена для изменения направления вращения гидромотора, входящего в состав гидроаппаратов. Световые индикаторы 6 и 7 загораются соответственно при подаче напряжения на насосную установку и в цепь управления.

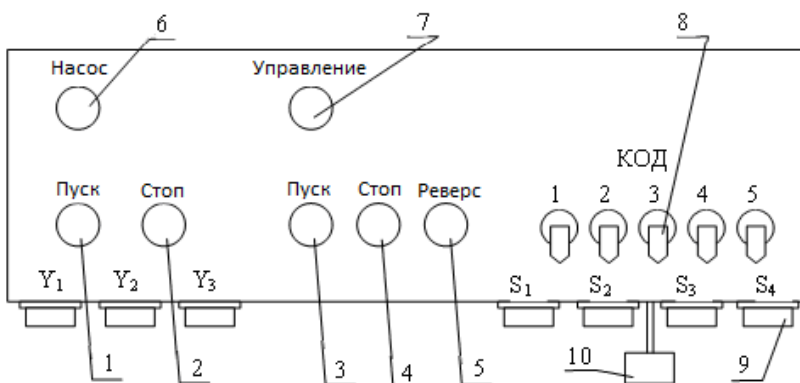


Рис. 1.2. Пульт управления стенда

Тумблеры 8 предназначены для набора кода лабораторных работ. Кнопки 3, 4, 5 и тумблеры 8 (с 1-го по 5-й) используются при выполнении лабораторных работ, в которых предусмотрены гидрораспределители с электромагнитным управлением. В нижней части пульта установлены разъемы 9 для подключения электрораспределителей и конечных выключателей. Напряжение постоянного тока

24 В подается на пульт управления от блока питания посредством разъема 10. К разъемам S1 и S3 подключаются кабели от гидрораспределителей с электроуправлением, а к разъемам S2 и S4 – кабели от конечных выключателей.

Гидравлическая схема насосной установки представлена на рис. 1.3. Резьбовые выходы коллекторов I и II предназначены для присоединения гибких рукавов, с помощью которых происходит соединение сменных гидроаппаратов в соответствии со схемами лабораторных работ. Неиспользованные после сборки схем выходы коллекторов должны быть заглушены. Для этой цели служат резьбовые заглушки, входящие в комплект поставки. Металлические резьбовые заглушки применяются для трубопроводов и аппаратов, находящихся под давлением, а для сливного коллектора могут быть использованы полимерные заглушки.

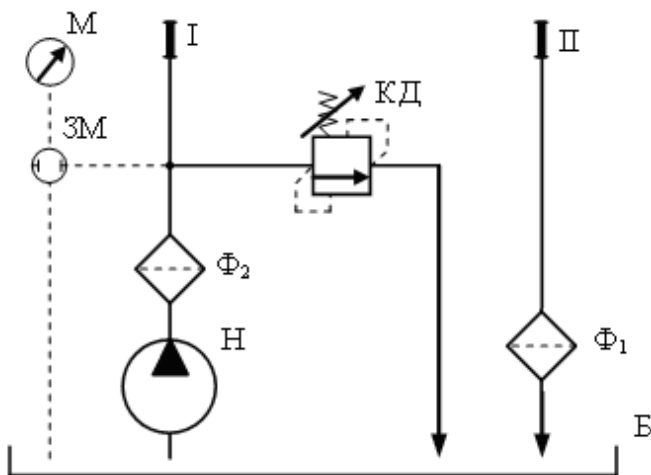


Рис. 1.3. Гидравлическая схема насосной установки

Клапан давления КД (см. рис. 1.3) служит для настройки максимального давления в гидросистеме, и настройку давления производят только при остановленном цилиндре. Клапан КД при движении поршня со штоком цилиндра работает в качестве переливного, сливая часть расхода жидкости от насоса в бак Б, а при остановке поршня цилиндра – в качестве предохранительного. Расход насоса Q , который он подает в гидросистему с учетом объемного КПД, равен 8 л/мин.

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Тумблер «Код» установить в нижнее положение на панели управления и в положение «0» – золотник включения манометра.

2. Согласно описанию выполняемой лабораторной работы подобрать сменные гидроаппараты и гибкие трубопроводы и освободить от заглушек их резьбовые отверстия.

3. Выбранные гидроаппараты привода установить на монтажной стойке.

4. Гидроаппараты соединить гибкими трубопроводами согласно принципиальной гидравлической схеме. Свободные выводы напорного и сливного коллекторов, а также сменных гидроаппаратов заглушить металлическими заглушками. Для затяжки накидных гаек гибких трубопроводов и других соединений необходимо использовать стандартные ключи, не применяя при этом чрезмерных усилий.

5. Разъемы электрогидрораспределителей и конечных выключателей, если они используются в данной лабораторной работе, подключить к разъемам на пульте управления в соответствии с их маркировкой. Кабели от конечных выключателей завести за скобки под верхней рамкой каркаса стенда.

6. Проверить правильность сборки схемы и надежность присоединения гидроаппаратов и гибких трубопроводов гидропривода.

7. При выполнении лабораторных работ с использованием гидрораспределителей с электромагнитным управлением по таблице определить код и включить соответствующие тумблеры на пульте управления. Коды указаны в описаниях соответствующих лабораторных работ.

8. Собранную гидросхему предъявить преподавателю для проверки и, получив разрешение, включить автоматический выключатель блока питания.

9. Нажатием кнопки «Насос-пуск» включить насосную установку.

10. С помощью напорного клапана насосной установки установить заданное давление рабочей жидкости в гидросистеме.

11. Включить собранную гидравлическую схему в соответствии с описанием лабораторной работы:

а) перемещением рычага гидрораспределителя, если схемой предусмотрено ручное управление;

б) нажатием кнопки «Управление-пуск», если управление электромагнитное.

12. Проверить герметичность гидропривода. В случае появления наружных утечек отключить насосную установку и питание и подтянуть накидные гайки или винтовые соединения.

13. Выключение гидравлической схемы привода после выполнения лабораторной работы производится в следующей последовательности:

а) рычаг гидрораспределителя переместить в исходное положение при ручном управлении;

б) при электромагнитном управлении нажать кнопку «Управление-стоп»;

в) затем кнопкой «Насос-стоп» выключить насосную установку.

14. По окончании работы установить тумблеры «Код» в нижнее положение, отключить автоматический выключатель блока питания и отвернуть регулировочный винт напорного клапана насосной установки.

15. Разобрать гидравлическую схему:

а) разъемы конечных выключателей и электрогидрораспределителей отключить от пульта управления;

б) отвернуть накидные гайки гибких трубопроводов;

в) слить масло из трубопроводов и гидроаппаратов;

г) трубопроводы и штуцеры гидроаппаратов заглушить резьбовыми пластмассовыми пробками;

д) снять сменные гидроаппараты и конечные выключатели;

е) протереть стенд, гидроаппараты и все принадлежности.

16. Аварийное отключение стенда производится нажатием кнопки «Насос-стоп» или отключением автоматического выключателя блока питания.

3. ДРОССЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА

3.1. Общие сведения о дроссельном регулировании

Скорость перемещения рабочего органа станка с помощью гидропривода определяет подача рабочей жидкости, т. е. расход жидкости – объем жидкости, подающийся или вытекающий из гидро-

двигателя в единицу времени. Чем больше расход жидкости, тем выше скорость рабочего органа.

Поэтому для регулирования расхода жидкости используют два способа:

1) объемное регулирование при применении гидромашин (насосов и гидромоторов) с регулируемым объемом;

2) дроссельное регулирование, когда расход жидкости изменяется аппаратурой и зависит от проходного сечения в дросселе или регуляторе расхода.

В данной лабораторной работе рассматриваются различные способы дроссельного регулирования. При дроссельном регулировании возможны два принципиально разных варианта установки дросселя:

- а) *последовательно* (рис. 3.1, а и б) и
- б) *параллельно* рабочему органу (рис. 3.2, а).

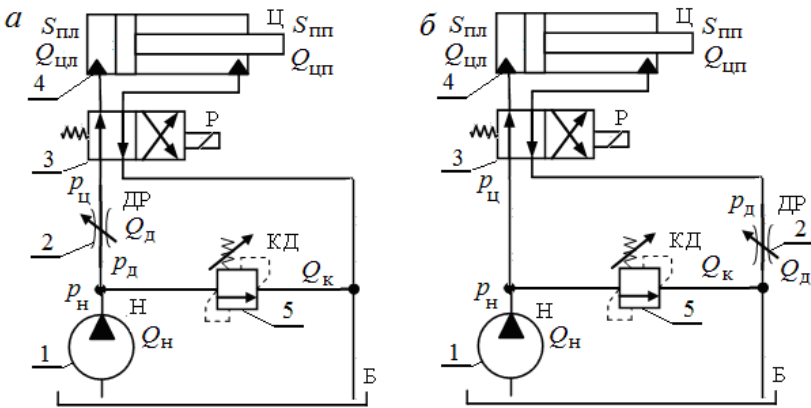


Рис. 3.1. Схемы подключения дросселей последовательно на входе (а) и на выходе (б)

Существуют два способа установки дросселя последовательно:

а) *на входе*, т. е. в напорной линии (см. рис. 3.1, а);

б) *на выходе*, т. е. в сливной магистрали (см. рис. 3.1, б).

Как производное от указанных выше вариантов применяется *дифференциально-дроссельное подключение* (рис. 3.2, б).

В схеме при включении дросселя *на входе* (см. рис. 3.1, а) при работе насоса 1 с постоянным расходом Q_n жидкость поступает к дросселю

2 и клапану 5. Дроссель 2 настроен на определенное проходное сечение S_d , которое в сочетании с перепадом давления Δp_d на дросселе обеспечивает определенный расход Q_d для обеспечения какой-то конкретной скорости рабочего органа $v_{п.}$ Жидкость с этим расходом Q_d через распределитель 3 попадает в бесштоковую полость цилиндра 4 и обеспечивает нужную скорость рабочего органа. Тем временем в трубопроводе между насосом и дросселем создается избыточное давление, так как не вся жидкость, подаваемая насосом 1, проходит через дроссель 2. Воспринимая это давление, клапан 5 открывается, и неиспользованная жидкость с расходом Q_k сливается в бак.

При выборе схемы установки *дросселя на входе* следует учитывать, что давление в цилиндре $p_{ц}$ меньше, чем перед дросселем p_d , поэтому снижается трение и улучшаются условия работы уплотнений. Поскольку дросселирующий поток Q_d поступает в большую бесштоковую полость цилиндра, то получение малых подач облегчается. Однако в этом случае тепло, выделяющееся при дросселировании рабочей жидкости, поступает в гидросистему, повышаются утечки из полости напора гидроцилиндра в полость слива через уплотнения поршня и не всегда хватает давления подпора для нормальной работы, особенно для гидромоторов. Кроме этого, данная схема нестабильно работает при знакопеременных нагрузках.

Схема с *дросселем на выходе* (см. рис. 3.1, б) обеспечивает более плавное движение рабочего органа, чем схема на входе, так как в сливной полости гидроцилиндра 4 дросселем 2 создается противодавление p_d . Эта схема может использоваться в гидроприводах с изменяющимся направлением действия нагрузки. Тепло, выделяющееся при дросселировании, поступает в бак. Однако при применении *дросселя на выходе* в приводах с переменной нагрузкой возрастает опасность рывков.

При установке *дросселя параллельно* (см. рис. 3.2, а) энергетические потери в гидроприводе снижаются, так как через дроссель ДР дросселируется не весь поток рабочей жидкости, а лишь часть Q_d , отводимая на слив в бак. Через клапан давления КД, исполняющий функцию предохранительного, при перегрузке или остановке поршня жидкость проходит на слив. Но и в этом случае скорость, как и в двух предыдущих случаях, зависит от нагрузки, причем в большей степени. Так как с ростом давления p_d перед дросселем увеличивается расход масла Q_d через дроссель, то одновременно несколько снижается подача $Q_{ц}$ рабочей жидкости в цилиндр.

При дифференциально-дрессельном подключении дросселя (см. рис. 3.2, б) обеспечивается изменение скорости рабочего органа как по величине, так и по направлению и из гидросхемы исключается распределительный реверсивный золотник. При этом за счет величины открытия дросселей ДР1 и ДР2 можно обеспечить регулирование скорости и перемещение поршня как в одном, так и в другом направлении. Например, при малом расходе $Q_{д1}$ через дроссель ДР1 и большом расходе $Q_{д2}$ через дроссель ДР2 в штоковой полости создается давление $p_{цп}$, обеспечивающее в правой полости цилиндра большую силу давления $P_{п}$, чем слева $P_{л}$, и происходит перемещение поршня со штоком влево. Увеличивая расход $Q_{д1}$ через дроссель ДР1, можно уменьшать скорость втягивания штока и даже его остановить при равенстве сил давления справа $P_{п}$ и слева $P_{л}$. При малом расходе $Q_{д2}$ через дроссель ДР2 и большом расходе $Q_{д1}$ через дроссель ДР1 в бесштоковой полости создается давление $p_{цл}$, слева обеспечивающее большую силу давления $P_{л}$, чем справа $P_{п}$, и происходит выдвигание штока. Увеличивая расход $Q_{д2}$ через дроссель ДР2, можно уменьшать скорость выдвигания поршня со штоком вправо.

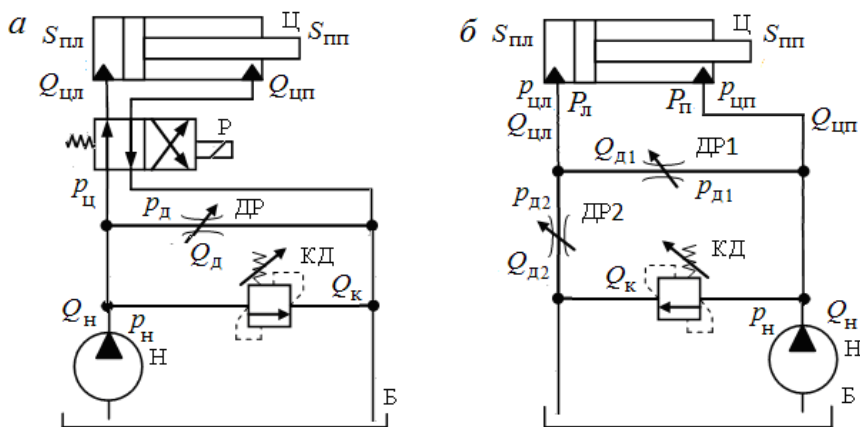


Рис. 3.2. Схемы подключения дросселей параллельно (а) и дифференциально-дрессельным способом (б)

Дроссельное регулирование имеет особенности, когда на рабочий орган действует переменная нагрузка ($F \neq const$). Известно, что

при последовательном включении дросселя (см. рис. 3.1), если пренебречь гидравлическими утечками, скорость поршня $v_{\text{п}}$ определяется по следующей зависимости:

$$v_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{д}}}{S_{\text{п}}},$$

где $Q_{\text{д}}$ – расход жидкости через дроссель;

$S_{\text{п}}$ – эффективная площадь поршня; при включении дросселя на входе или на выходе соответственно для бесштоковой и штоковой полости

$$S_{\text{п}} = \frac{\pi D^2}{4} \text{ и } S_{\text{п}} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4};$$

D и d – диаметры поршня и штока гидроцилиндра.

В свою очередь, расход через дроссель определяется по формуле

$$Q_{\text{д}} = \mu S_{\text{д}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_{\text{д}}},$$

где μ – коэффициент расхода;

$S_{\text{д}}$ – площадь проходного сечения дросселя;

ρ – плотность рабочей жидкости;

$\Delta p_{\text{д}}$ – перепад давления на дросселе; при включении на входе или выходе соответственно

$$\Delta p_{\text{д}} = p_{\text{н}} - p_{\text{ц}} \text{ и } \Delta p_{\text{д}} = p_{\text{ц}} - p_{\text{с}},$$

где $p_{\text{н}}$ – давление в напорной линии перед дросселем;

$p_{\text{с}}$ – давление в сливной линии после дросселя;

$p_{\text{ц}}$ – давление в полости гидроцилиндра:

$$p_{\text{ц}} = \frac{F}{S_{\text{п}}},$$

где F – нагрузка на рабочий орган привода;

$S_{\text{п}}$ – эффективная площадь поршня цилиндра.

Из вышеприведенных формул следует, что скорость поршня

$$v_{\text{п}} = \frac{\mu S_{\text{д}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \left(P_{\text{н}} - \frac{F}{S_{\text{п}}} \right)}}{S_{\text{п}}}.$$

Из формулы скорости следует, что при постоянной площади проходного сечения дросселя $S_{\text{д}}$ скорость $v_{\text{п}}$ будет изменяться и зависеть от перепада давления $\Delta p_{\text{д}}$ на дросселе. Перепад давления $\Delta p_{\text{д}}$ на дросселе будет зависеть от нагрузки F , которую преодолевает гидродвигатель. Это значит, что расход $Q_{\text{д}}$, а значит и скорость $v_{\text{п}}$ зависят от нагрузки F и чем больше нагрузка F , тем меньше скорость $v_{\text{п}}$.

При параллельном подключении дросселя (см. рис. 3.2, б) расход $Q_{\text{ц}}$, необходимый для обеспечения какой-то конкретной скорости поршня гидроцилиндра, определяется следующим образом:

$$Q_{\text{ц}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{д}},$$

где $Q_{\text{н}}$ – расход насоса;

$Q_{\text{д}}$ – расход через дроссель.

Так как давления в трубопроводах, которые подключены параллельно, равны, то можно записать, что

$$P_{\text{н}} = P_{\text{ц}} = P_{\text{д}} = \frac{F}{S_{\text{п}}}.$$

Скорость поршня определяется по формуле

$$v_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{ц}}}{S_{\text{п}}} = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{д}}}{S_{\text{п}}},$$

а расход через дроссель

$$Q_{\text{д}} = \mu S_{\text{д}} \sqrt{\frac{2}{\rho} P_{\text{д}}} \quad \text{и} \quad Q_{\text{д}} = \mu S_{\text{д}} \sqrt{\frac{2F}{\rho S_{\text{п}}}}.$$

Из вышеприведенных формул получается выражение скорости поршня:

$$v_{\text{п}} = \frac{1}{S_{\text{п}}} \left(Q_{\text{н}} - \mu S_{\text{д}} \sqrt{\frac{2F}{\rho S_{\text{п}}}} \right).$$

Из формулы скорости следует, что скорость поршня $v_{\text{п}}$ зависит от нагрузки F в большей степени, чем при последовательном подключении, так как с ростом давления $p_{\text{д}}$ перед дросселем расход масла $Q_{\text{д}}$ через дроссель увеличивается в большей степени, а давление после дросселя атмосферное.

Для стабилизации скорости, т. е. поддержания постоянной скорости рабочего органа при изменяющихся нагрузках, применяют специальные дросселирующие аппараты – регуляторы расхода.

В современном оборудовании, особенно в станках-автоматах и полуавтоматах, когда нет возможности каждый раз изменять скорость, применяются схемы с несколькими дросселями, настроенными на определенный расход. В определенный момент, когда нужна та или иная подача, с помощью гидрораспределителя жидкость направляется через тот или иной дроссель. Например, может быть гидросхема со следующим циклом:

исходное положение ИП – рабочая подача 1 РП1 – рабочая подача 2 РП2 – рабочая подача 3 РП3 – быстрый отвод БО (рис. 3.3).

Элемент цикла «рабочая подача РП1» осуществляется переключением распределителя Р1 в левое положение и с направлением рабочей жидкости по стрелкам, указанным в правом квадрате. Тогда жидкость будет подаваться через следующие гидроаппараты: насос Н – фильтр Ф – распределитель Р1 – цилиндр Ц_д / Ц_п – распределитель Р2 – дроссель ДРК и регулятор расхода с обратным клапаном РРК одновременно с суммированием расхода дросселя $Q_{\text{д}}$ с расходом регулятора расхода $Q_{\text{р}}$ – распределитель Р1 – сливной бак Б. Так как суммарный расход дросселя $Q_{\text{д}}$ и регулятора $Q_{\text{р}}$ меньше расхода насоса $Q_{\text{н}}$, то излишки рабочей жидкости сливаются через гидроклапан давления КД в бак Б. Все это можно записать так:

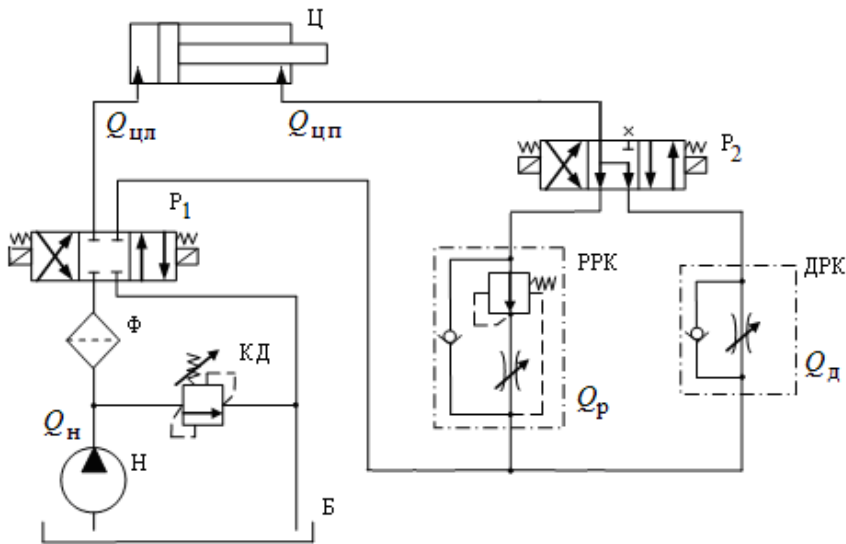
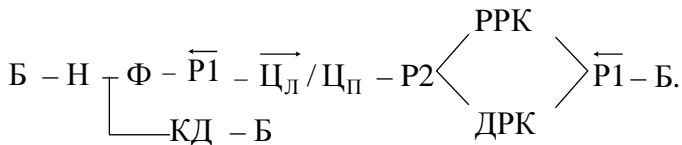
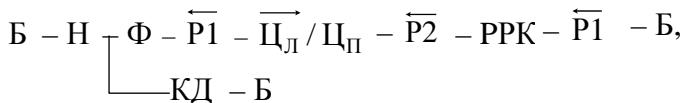


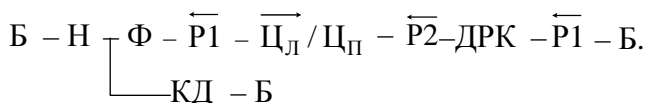
Рис. 3.3. Гидравлическая схема для обеспечения трех скоростей по циклу ИП – РП1 – РП2 – РП3 – БО

Рабочие подачи РП2 и РП3 получаются переключением распределителя P2 в правое или левое положение. В этом случае будут задействованы дроссель ДРК или регулятор расхода РРК по отдельности, т. е. скорость рабочего органа будет зависеть от расхода дросселя Q_d или регулятора расхода Q_p .

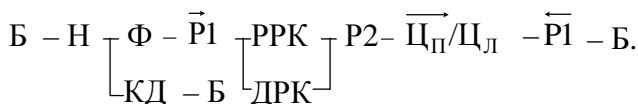
При рабочей подаче РП2 жидкость подается через следующие аппараты:



а при рабочей подаче РПЗ



Быстрый отвод осуществляется при установке распределителей Р1 в правом и Р2 – в среднем положениях, и рабочая жидкость подается в правую полость цилиндра через обратные клапаны дросселя ДРК и регулятора расхода РРК, а в целом через следующие гидравлические аппараты:



Рассмотренная схема обеспечивает три различные скорости рабочего органа при одной предварительной настройке дросселя и регулятора расхода. Этого нельзя достичь в гидравлических схемах, приведенных на рис. 3.1 и 3.2, так как для получения нескольких скоростей каждый раз нужно перенастраивать дроссель.

3.2. Цель лабораторной работы

В процессе выполнения лабораторной работы по изучению гидросхем приводов дроссельного регулирования скорости рабочего органа ставится цель:

- а) изучить различные способы дроссельного регулирования расхода рабочей жидкости при регулировании скорости рабочего органа;
- б) знать типовую гидравлическую аппаратуру для регулирования скорости рабочего органа и схемы ее подключения в гидросистемы приводов;
- в) научиться составлять гидравлические схемы приводов с регулированием скорости рабочего органа дросселями и регуляторами расходов;
- г) уметь собирать на стенде реальные гидравлические схемы приводов с различными способами регулирования скорости рабочего органа.

В данной лабораторной работе на испытательном монтажном стенде предлагается собрать действующие гидравлические схемы приводов с дроссельным регулированием расхода рабочей жидкости при регулировании скорости рабочего органа из реальных гидравлических аппаратов и провести их исследования.

3.3. Исследование гидравлического привода с регулированием скорости в одном направлении

3.3.1. Сборка гидравлической схемы привода

1. Изучить одну гидросхему соответственно с включением регулятора расхода РРК на входе или выходе (рис. 3.4 или 3.5) по согласованию с преподавателем.

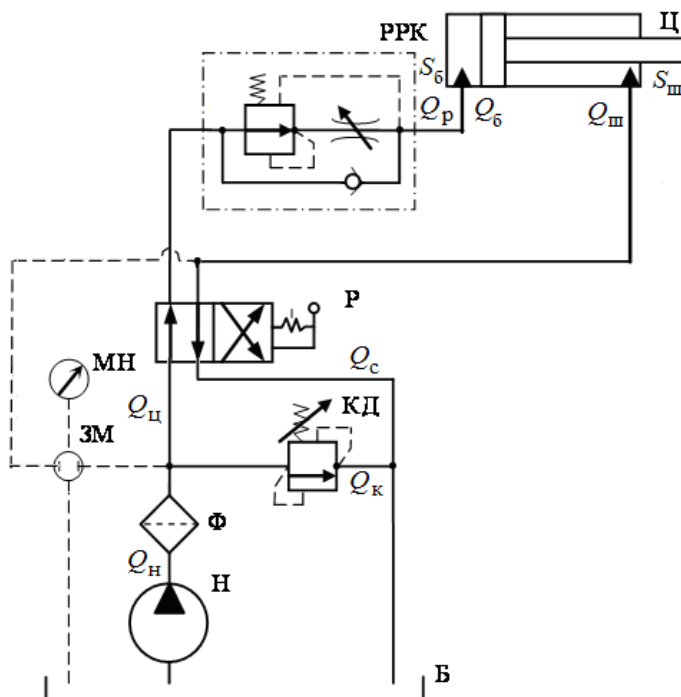


Рис. 3.4. Гидравлическая схема регулирования скорости в одном направлении регулятором расхода на входе

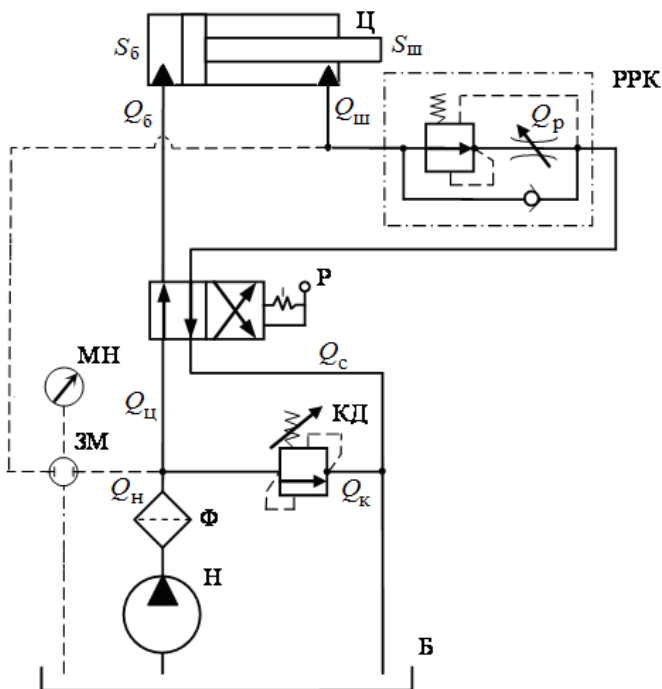


Рис. 3.5. Гидравлическая схема регулирования скорости в одном направлении с регулятором расхода на выходе

2. Подобрать гидроаппараты в соответствии с условиями пункта 2 раздела 2 и выбранной гидросхемой (см. рис. 3.4 или 3.5), для сборки которой используются:

- а) насосная установка – 1 шт.;
- б) гидроцилиндр – 1 шт.;
- в) распределитель ВММ6.574А.31/Ф – 1 шт.;
- г) регулятор расхода с обратным клапаном МПГ 55-32 – 1 шт.

3. Собрать гидросхему привода, обеспечивающего регулирование скорости поршня в одном направлении регулятором расхода, установленным на входе или выходе (см. рис. 3.3 или 3.4), выполнив условия пунктов 3, 4 и 5 раздела 2.

4. Проверить правильность сборки схемы, выполнив пункты 6, 7 и 8 раздела 2.

3.3.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Выполнить работу в соответствии с пунктами 9–12 раздела 2, включив насосную установку и собранную гидравлическую схему.

2. Регулятор расхода РРК установить в максимально открытое положение.

3. Распределитель Р переключать вправо для прямого хода, приведя поршень цилиндра Ц в движение с подачей жидкости в бесштоковую полость и произвести пять замеров давления p_{1-5} и времени прямого перемещения поршня t_{1-5} на величину хода L , постепенно уменьшая проходное сечение регулятора расхода РРК. Результаты занести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные и результаты измерений

Направление движения	Диаметр поршня D , мм	Диаметр штока d , мм	Длина хода L , мм	Давление p , МПа			Время t , с	Скорость v , м/мин	Расход Q , л/мин, в линии		
				Настр. клапан P_k	При движ.				напор.	слива	через клапан
					p_n	p_c					
Прямой ход	36	20	250	1							
Обратный	36	20	250	1							

4. Переключать распределитель Р влево для обратного хода поршня в исходное положение с подачей жидкости в штоковую полость цилиндра Ц, при этом зафиксировать время обратного перемещения поршня $t_{ох}$ и давление $p_{ох}$. Их значения занести в табл. 3.1.

5. Окончив работу, выключить и разобрать гидравлическую схему, выполнив требования пунктов 13, 14 и 15 раздела 2.

3.3.3. Заполнение таблицы исходных данных и результатов экспериментов

1. Данные о времени перемещения поршня при прямом и обратном ходе t_{1-5} и $t_{\text{оx}}$ по результатам измерений при проведении эксперимента заносятся в табл. 3.1.

2. Также в табл. 3.1 записывается скорость движения рабочего органа при прямом и обратном ходе по расчетным данным, определенным по формулам

$$v_i = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_i} \quad \text{и} \quad v_{\text{оx}} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{\text{оx}}},$$

где v_i и $v_{\text{оx}}$ – скорость движения поршня при прямом и обратном ходе, м/мин;

L – длина хода рабочего органа, мм;

t_i и $t_{\text{оx}}$ – время движения рабочего органа при прямом и обратном ходе, с.

3. Расход жидкости при прямом и обратном ходе определяется по формулам

$$Q_i = 10^3 v_i S_i \quad \text{и} \quad Q_{\text{оx}} = 10^3 v_{\text{оx}} S_i,$$

где Q_i – расходы жидкости в напорной или сливной линии, л/мин;

v_i и $v_{\text{оx}}$ – скорость движения поршня при прямом и обратном ходе, м/мин;

S_i – эффективная площадь напорной или сливной рабочей штоковой или бесштоковой полости цилиндра, м²:

$$S_6 = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{и} \quad S_{\text{ш}} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}.$$

Для расчета расхода жидкости используются формулы:

а) в линии напора к цилиндру при прямом ходе

$$Q_{\text{ци}} = 10^3 v_i S_6;$$

б) в линии слива в бак при прямом ходе

$$Q_{ci} = 10^3 v_i S_{ш};$$

в) в линии напора к цилиндру при обратном ходе

$$Q_{цо} = 10^3 v_{ох} S_{ш};$$

г) в линии слива в бак при обратном ходе

$$Q_{co} = 10^3 v_{ох} S_{б};$$

д) в линии клапана на слив

$$Q_{ки} = Q_n - Q_{ци} \quad \text{и} \quad Q_{ко} = Q_n - Q_{цо},$$

где Q_n – подача жидкости насосной установкой, л/мин: $Q_n = 8$ л/мин;

$S_{б}$ и $S_{ш}$ – эффективные площади напорной или сливной рабочей штоковой или бесштоковой полости цилиндра.

4. Давление в напорной и сливной магистралях определяется по манометру при переключении золотника манометра ЗМ.

5. Сила трения $F_{тр}$ определяется из уравнения равновесия сил, действующих на шток гидроцилиндр рабочего органа:

$$F_{раб} = F_{пр} + F_{тр}, \quad \text{т. е.} \quad F_{тр} = F_{раб} - F_{пр},$$

где $F_{раб}$ – рабочая нагрузка на рабочий орган:

$$F_{раб} = p_n S_n;$$

$F_{пр}$ – сила противодействия:

$$F_{пр} = p_c S_c.$$

3.3.4. Построение графика зависимости скорости от расхода

Используя данные табл. 3.1, построить график зависимости скорости прямого хода от расхода жидкости, проходящего через регулятор расхода, $v_i = f(Q_{pi})$.

3.4. Исследование гидравлического привода с независимым регулированием прямого и обратного хода

3.4.1. Сборка гидравлической схемы привода

1. По согласованию с преподавателем изучить одну гидросхему с включением регуляторов расхода РПК1 и РПК2 на входе или выходе (рис. 3.6 или 3.7).

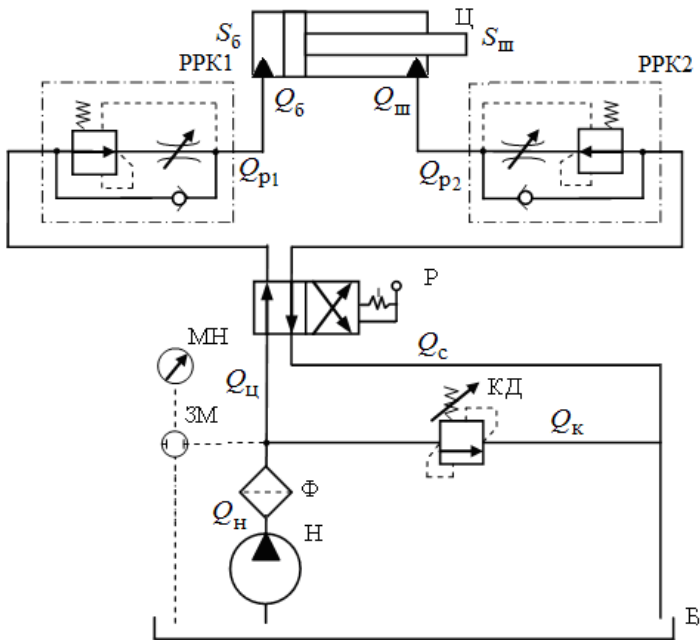


Рис. 3.6. Гидравлическая схема для регулирования скорости рабочего органа в прямом и обратном направлении регуляторами расхода на входе

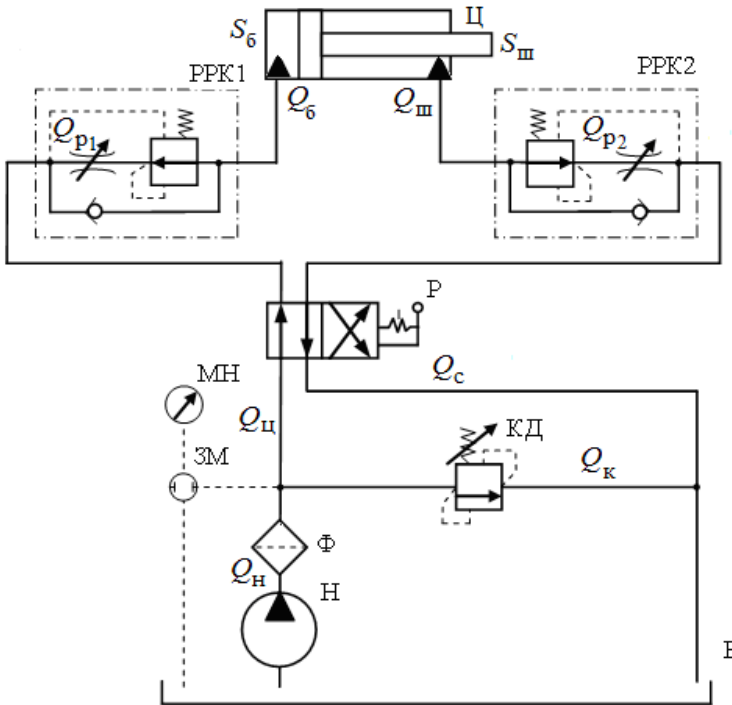


Рис. 3.7. Гидравлическая схема для регулирования скорости рабочего органа в прямом и обратном направлении регуляторами расхода на выходе

2. Подобрать гидроаппараты в соответствии с условиями пункта 2 раздела 2 и с выбранной гидросхемой (рис. 3.6 или 3.7), для сборки которой используются:

- а) насосная установка – 1 шт.;
- б) гидроцилиндр – 1 шт.;
- в) распределитель ВММ6.574А.31/Ф – 1 шт.;
- г) регуляторы расхода с обратным клапаном МПГ 55-32 – 2 шт.

3. Собрать гидравлическую схему привода, обеспечивающую регулирование скорости поршня в прямом и обратном направлении (рис. 3.6 или 3.7), выполнив условия пунктов 3, 4 и 5 раздела 2.

4. Проверить правильность сборки схемы, выполнив пункты 6, 7 и 8 раздела 2.

3.4.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Выполнить работу в соответствии с пунктами 9–12 раздела 2, включив насосную установку и собранную гидравлическую схему.

2. Регуляторы расхода РРК1 и РРК2 для гидросхем (рис. 3.6 или рис. 3.7) установить в максимально открытое положение для прямого хода.

3. Распределитель Р переключить вправо для прямого хода, приведя поршень в движение и записать время перемещения поршня t_i и давление p_i в табл. 3.2.

4. Распределитель Р переключить влево для обратного хода поршня в исходное положение, при этом зафиксировать время перемещения поршня t_i и давление p_i и занести их значения в табл. 3.2.

5. Распределитель Р переключить три раза и произвести три замера времени прямого и обратного хода t_{1-3} , уменьшая проходные сечения регуляторов расхода РРК1 и РРК2, и давления напора p_{1-3} . Результаты занести в табл. 3.2.

6. Окончив работу, выключить и разобрать гидравлическую схему, выполнив требования пунктов 13, 14 и 15 раздела 2.

3.4.3. Заполнение таблицы исходных данных и результатов измерения

Таблица исходных данных и результатов эксперимента по измерениям времени перемещения поршня t_i и давления в напорной магистрали p_n , а также результатов расчета скорости движения рабочего органа v_i и расхода рабочей жидкости в магистралях Q_i заполняется аналогично табл. 3.1 (см. п. 3.3.3).

1. Данные о времени перемещения поршня при прямом t_{pi} и обратном t_{oi} ходе по результатам измерений при проведении эксперимента вносятся в табл. 3.1.

2. Значения скорости движения рабочего органа при прямом и обратном ходе записываются по расчетным данным, определенным по формуле

$$v_{pi} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{pi}} \quad \text{и} \quad v_{oi} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{oi}},$$

где v_{pi} и v_{oi} – скорость движения поршня при прямом и обратном ходе, м/мин;

L – длина хода рабочего органа, мм ;

$t_{\text{пi}}$ и t_{oi} – время движения рабочего органа при прямом и обратном ходе, с.

3. Расход жидкости при прямом и обратном ходе определяется по формулам

$$Q_{\text{пi}} = 10^3 v_{\text{пi}} S_i \quad \text{и} \quad Q_{\text{oi}} = 10^3 v_{\text{oi}} S_i,$$

где $Q_{\text{пi}}$ и Q_{oi} – расходы жидкости при прямом и обратном ходе в напорной или сливной линии, л/мин;

$v_{\text{пi}}$ и v_{oi} – скорости движения поршня при прямом и обратном ходе, м/мин;

S_i – эффективная площадь напорной или сливной рабочей штоковой или бесштоковой полости цилиндра, м².

Для расчета расхода жидкости используются формулы:

а) в линиях напора к цилиндру и слива при прямом ходе (см. рис. 3.6)

$$Q_{\text{цi}} = Q_{\text{п1i}} = Q_{\text{бi}} = 10^3 v_{\text{пi}} S_{\text{б}} \quad \text{и} \quad Q_{\text{ci}} = Q_{\text{шi}} = 10^3 v_{\text{пi}} S_{\text{ш}};$$

б) в линиях напора к цилиндру и слива при обратном ходе (см. рис. 3.6)

$$Q_{\text{цi}} = Q_{\text{п2i}} = Q_{\text{шi}} = 10^3 v_{\text{oi}} S_{\text{ш}} \quad \text{и} \quad Q_{\text{ci}} = Q_{\text{бi}} = 10^3 v_{\text{oi}} S_{\text{б}};$$

в) в линиях напора к цилиндру и слива при прямом ходе (см. рис. 3.7)

$$Q_{\text{цi}} = Q_{\text{бi}} = 10^3 v_{\text{пi}} S_{\text{б}} \quad \text{и} \quad Q_{\text{ci}} = Q_{\text{п2i}} = Q_{\text{шi}} = 10^3 v_{\text{пi}} S_{\text{ш}};$$

г) в линиях напора к цилиндру и слива при обратном ходе (см. рис. 3.7)

$$Q_{\text{цi}} = Q_{\text{шi}} = 10^3 v_{\text{oi}} S_{\text{ш}} \quad \text{и} \quad Q_{\text{ci}} = Q_{\text{п1i}} = Q_{\text{бi}} = 10^3 v_{\text{oi}} S_{\text{б}};$$

д) в линии клапана на слив

$$Q_{\text{ки}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{цi}},$$

где Q_n – подача жидкости насосной установкой, л/мин: $Q_n = 8$ л/мин;
 S_6 и $S_{ш}$ – эффективные площади бесштоковой и штоковой полости цилиндра.

4. Давление в напорной магистрали определяется по манометру ЗМ.

Таблица 3.2

Исходные данные и результаты измерений

Ход	Диаметр поршня D , мм	Диаметр штока d , мм	Длина хода L , мм	Давление при движении p_i , МПа	Время t_i , с	Скорость v , м/мин	Расход Q , л/мин, в линии		
							напора	слива	через клапан
Прямой	36	20	250						
Обратный	36	20	250						

3.4.4. Построение графика зависимости скорости от расхода

Используя данные табл. 3.2, построить графики зависимости скорости прямого $v_{пх}$ и обратного $v_{ох}$ хода штока с поршнем гидравлического цилиндра Ц от расхода жидкости, проходящего через регуляторы расхода $Q_{пх}$ и $Q_{ох}$:

$$v_{пх} = f(Q_{пх}) \quad \text{и} \quad v_{ох} = f(Q_{ох}).$$

3.5. Исследование гидравлического привода со ступенчатым изменением скоростей

3.5.1. Сборка гидравлической схемы привода

1. Изучить гидравлическую схему регулирования трех скоростей (рис. 3.8).

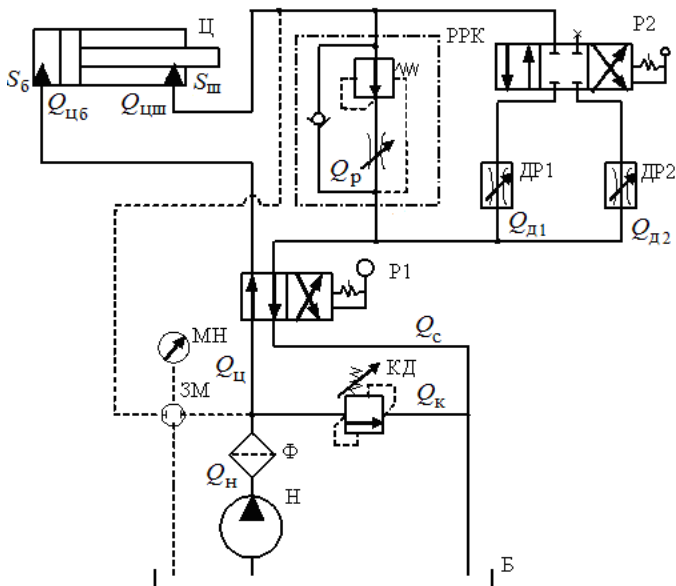


Рис. 3.8. Гидравлическая схема ступенчатого регулирования трех скоростей рабочего органа

2. Подобрать гидроаппараты в соответствии с условиями пункта 2 раздела 2 и с выбранной гидросхемой (рис. 3.8), для сборки которой используются:

- а) насосная установка – 1 шт.;
- б) гидроцилиндр – 1 шт.;
- в) распределитель ВММ6.31/Ф – 1 шт.;
- г) распределитель ВММ 6.44А.31 – 1 шт.;
- д) регулятор расхода с обратным клапаном МПГ 55-32 – 1 шт.;
- е) дроссели ПГ77-12 – 2 шт.

3. Собрать гидравлическую схему привода, обеспечивающую ступенчатое изменение скорости прямого хода штока с поршнем за счет направления потока жидкости на слив через постоянно настроенные регулятор расхода и два дросселя (см. рис. 3.8), выполнив условия пунктов 3, 4 и 5 раздела 2.

4. Проверить правильность сборки схемы, выполнив пункты 6, 7 и 8 раздела 2.

3.5.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Выполнить работу в соответствии с пунктами 9–12 раздела 2, включив насосную установку и собранную гидравлическую схему (см. рис. 3.8).

2. Регулятор расхода РРК на 0,25 и дроссель ДР1 установить на 0,50 их полного открытия, а дроссель ДР2 на полное открытие проходного сечения.

3. Распределитель Р2 установить в нулевую позицию, перекрыв дроссели.

4. Распределитель Р1 переключить вправо для подачи жидкости в бесштоковую полость цилиндра и слива жидкости через регулятор расхода РРК со штоковой полости и получить выдвижение поршня и медленную первую скорость прямого хода v_1 , при этом значения времени перемещения поршня t_1 и давления p_1 записать в табл. 3.3.

5. Распределитель Р1 переключить влево и вернуть поршень в исходное положение при обратном ходе с подачей рабочей жидкости через обратный клапан регулятора расхода РРК в штоковую правую полость гидроцилиндра Ц и со сливом из левой бесштоковой полости. Значения времени перемещения поршня t_{ox} со скоростью обратного хода v_{ox} и давления p_{ox} записать в табл. 3.3.

6. Гидрораспределители Р1 и Р2 переключить вправо соответственно для подачи жидкости в бесштоковую полость цилиндра Ц и слива жидкости со штоковой полости через регулятор РРК и дополнительно через дроссель ДР1 и получить выдвижение поршня и более высокую вторую скорость прямого хода поршня v_2 , при этом время перемещения поршня t_2 и давление p_2 записать в табл. 3.3.

7. Распределитель Р1 переключить влево и поршень цилиндра Ц вернуть в исходное положение при подаче жидкости через обратный клапан регулятора расхода РРК в штоковую правую полость гидроцилиндра.

8. Распределитель Р1 переключить вправо и Р2 – влево соответственно для подачи жидкости в бесштоковую полость цилиндра Ц и слива жидкости со штоковой полости через регулятор РРК и дополнительно через дроссель ДР2 и получить высокую третью скорость прямого хода поршня v_3 , при этом значения времени перемещения поршня t_3 и давления p_3 записать в табл. 3.3.

9. Распределитель Р1 переключить влево и вернуть поршень в исходное положение при подаче жидкости в штоковую правую полость гидроцилиндра Ц.

10. Окончив работу, выключить и разобрать гидравлическую схему, выполнив требования пунктов 13, 14 и 15 раздела 2.

3.5.3. Заполнение таблицы исходных данных и результатов экспериментов

1. Значения времени перемещения поршня t_{1-3} с тремя скоростями при прямом v_{1-3} и $t_{\text{ох}}$ с одной скоростью при обратном ходе $v_{\text{ох}}$ по результатам измерений при эксперименте записываются в табл. 3.3.

2. Скорости движения рабочего органа при прямом и обратном ходе записываются в табл. 3.3 по расчетным данным, определенным по формулам в соответствии с п. 3.3.3:

$$v_1 = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_1};$$

$$v_2 = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_2};$$

$$v_3 = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_3} \quad \text{и} \quad v_{\text{ох}} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{\text{ох}}}.$$

3. Расходы жидкости при прямом и обратном ходе определяются по формуле

$$Q_i = 10^3 v_i S_i,$$

где Q_i – расход напорной или сливной линии, л/мин;

v_i – скорость движения рабочего органа, м/мин;

S_i – эффективная площадь напорной или сливной рабочей штоковой или бесштоковой полости цилиндра, м²:

$$S_{\text{б}} = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{и} \quad S_{\text{ш}} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}.$$

Таблица 3.3

Исходные данные и результаты измерений

Ход	Диаметр поршня D , мм	Диаметр штока d , мм	Длина хода L , мм	Давление клапана p_k , МПа	Давление при движении p , МПа		Время t , с	Скорость v , м/мин	Расход Q , л/мин, в линии			
					Нап.	Слив			слива через			
									напора клапана	РРК	ДР1	ДР2
Прямой	36	20	250	1,2								
Обратный	36	20	250									

Для расчета трех расходов жидкости при прямом и одного при обратном ходе, обеспечивающих требуемые скорости поршня со штоком, используются формулы:

а) в линии напора к цилиндру при прямом ходе

$$Q_{ц} = Q_n - Q_k \quad \text{и} \quad Q_{ц1-3} = 10^3 v_{1-3} S_6;$$

б) в линии слива в бак через регулятор расхода РРК при скорости поршня v_1

$$Q_{с1} = Q_p = 10^3 v_1 S_{ш};$$

в) в линии слива через регулятор РРК и дроссель ДР1 при скорости v_2

$$Q_{с2} = Q_p + Q_{д1} = 10^3 v_2 S_{ш};$$

г) в линии слива через регулятор РРК и дроссель ДР2 при скорости v_3

$$Q_{с3} = Q_p + Q_{д2} = 10^3 v_3 S_{ш};$$

д) в линии напора к цилиндру при обратном ходе со скоростью $v_{ох}$

$$Q_{ц} = 10^3 v_{ох} S_{ш};$$

е) в линии слива при обратном ходе со скоростью v_{ox}

$$Q_c = 10^3 v_{ox} S_6,$$

где Q_{c1} , Q_{c2} , Q_{c3} – общие расходы в сливной линии при скоростях v_1 , v_2 , v_3 ;

Q_p , $Q_{д1}$, $Q_{д2}$ – расходы через регулятор РРК, дроссели ДР1 и ДР2;

$Q_{ц}$, $Q_{н}$ – расходы в напорной линии к цилиндру и от насоса;

v_1 , v_2 , v_3 , v_{ox} – три скорости поршня прямого и одна – обратного хода;

$S_{ш}$ и S_6 – эффективная площадь штоковой и бесштоковой полостей цилиндра.

Из вышеприведенных формул следует, что расходы через дроссели и в линии клапана определяются из следующих зависимостей:

а) через дроссель ДР1

$$Q_{д1} = Q_{c2} - Q_p;$$

б) через дроссель ДР2

$$Q_{д2} = Q_{c3} - Q_p;$$

в) в линии клапана давления на слив

$$Q_k = Q_n - Q_{ц}.$$

4. Давление в напорной и сливной магистралях определяется по манометру при переключении золотника манометра ЗМ.

3.5.4. Составление диаграммы расхода рабочей жидкости

По табл. 3.3, содержащей результаты замеров времени t_i движения поршня гидроцилиндра и расчетов скоростей движения v_i и соответствующих им расходов рабочей жидкости Q_i , построить диаграмму расхода жидкости в зависимости от времени работы привода по образцу, представленному на рис. 3.9.

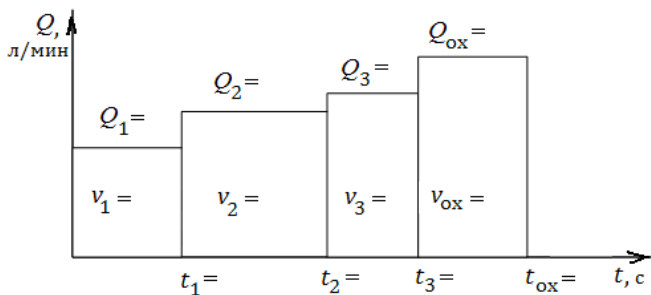


Рис. 3.9. Пример построения диаграммы расхода рабочей жидкости

3.6. Исследование гидравлического привода с регулированием прямого и обратного хода при параллельном включении дросселя

3.6.1. Сборка гидравлической схемы привода

1. Изучить гидравлическую схему регулирования скоростей прямого и обратного хода при включении дросселя параллельно (рис. 3.10).

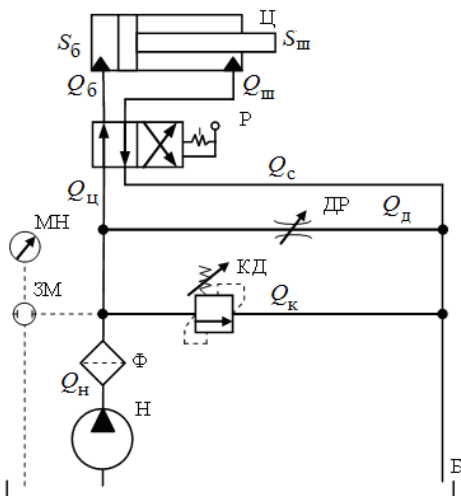


Рис. 3.10. Гидравлическая схема регулирования скорости рабочего органа в прямом и обратном направлениях дросселем с параллельным включением

2. Подобрать гидроаппараты в соответствии с условиями пункта 2 раздела 2 и с выбранной гидросхемой (см. рис. 3.10), для сборки которой используются:

- а) насосная установка – 1 шт.;
- б) гидроцилиндр – 1 шт.;
- в) распределитель ВММ 6.574А.31/Ф – 1 шт.;
- г) дроссель ПГ77-12 – 1 шт.

3. Собрать гидравлическую схему привода, обеспечивающую регулирование скоростей прямого и обратного хода при включении дросселя параллельно (см. рис. 3.10), выполнив условия пунктов 3, 4 и 5 раздела 2.

4. Проверить правильность сборки схемы, выполнив пункты 6, 7 и 8 раздела 2.

3.6.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Выполнить работу в соответствии с пунктами 9–12 раздела 2, включив насосную установку и собранную гидравлическую схему.

2. Параллельный дроссель ДР установить в максимально открытое положение.

3. Распределитель Р переключить вправо для прямого хода, приведя поршень в движение, при этом время перемещения поршня t_i на величину хода L и давление p_i при прямом ходе записать в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Исходные данные и результаты измерений

Ход	Диаметр поршня D , мм	Диаметр штока d , мм	Длина хода L , мм	Давление при движении p , МПа	Время t , с	Скорость v , м/мин	Расход Q , л/мин, в линиях		
							напора	слива	через дроссель
Прямой	36	20	250						
Обратный	36	20	250						

4. Распределитель Р переключить влево для обратного хода и поршень цилиндра Ц вернуть в исходное положение при подаче жидкости в штоковую правую полость цилиндра, при этом значения времени перемещения поршня t_i на величину хода L и давления p_i при обратном ходе записать в табл. 3.4.

5. Распределитель Р переключить три раза и произвести три замера времени прямого и обратного хода t_{1-3} , постепенно уменьшая проходное сечение дросселя ДР, и давление p_{1-3} . Результаты занести в табл. 3.4.

6. Окончив работу, выключить и разобрать гидравлическую схему, выполнив требования пунктов 13, 14 и 15 раздела 2.

3.6.3. Заполнение таблицы исходных данных и результатов экспериментов

1. Время перемещения поршня с тремя скоростями t_{1-3} при прямом $t_{пх}$ и обратном $t_{ох}$ ходе записывается по результатам измерений при эксперименте.

2. Скорости движения рабочего органа при прямом и обратном ходе записываются по расчетным данным, определенным по формулам в соответствии с п. 3.3.3:

$$v_{пх} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{пх}} \quad \text{и} \quad v_{ох} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{ох}}.$$

3. Расходы жидкости в напорной линии цилиндра $Q_{ц}$ при прямом и обратном ходе определяются формулам

$$Q_{ц} = Q_6 = Q_{пх} = 10^3 v_{пх} S_6 \quad \text{и} \quad Q_{ц} = Q_{ш} = Q_{ох} = 10^3 v_{ох} S_{ш},$$

где $Q_{пх}$ и $Q_{ох}$ – расходы в напорной линии при прямом и обратном ходе, л/мин;

$v_{пх}$ и $v_{ох}$ – скорости движения поршня при прямом и обратном ходе, м/мин;

S_6 и $S_{ш}$ – эффективная площадь напорной бесштоковой и штоковой полости цилиндра, м²:

$$S_6 = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{и} \quad S_{ш} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}.$$

Для расчета расхода жидкости в линиях системы используются формулы:

а) в линии слива в бак при прямом ходе

$$Q_c = Q_{ш} = Q_{пх} = 10^3 v_{пх} S_{ш};$$

б) в линии слива в бак при обратном ходе

$$Q_c = Q_6 = Q_{ох} = 10^3 v_{ох} S_6;$$

в) через дроссель ДР

$$Q_d = Q_n - Q_{ц},$$

где Q_n – подача жидкости насосной установкой, л/мин: $Q_n = 8$ л/мин.

4. Давление в напорной и сливной магистралях определяется по манометру при переключении золотника манометра ЗМ.

3.6.4. Построение графика зависимости скорости от расхода

Используя данные табл. 3.4, построить графики зависимости скорости прямого и обратного хода штока с поршнем гидравлического цилиндра $v_{пх}$ и $v_{ох}$ от расхода жидкости Q_d , проходящей через дроссель ДР включенный параллельно:

$$v_{пх} = f(Q_{пх}) \quad \text{и} \quad v_{ох} = f(Q_{ох}).$$

3.7. Содержание отчета

1. Чертежи гидравлических схем регулирования скоростей рабочего органа.

2. Описание принципа работы гидравлических схем привода и особенностей регулирования скоростей при различных вариантах включения дросселей и регуляторов расхода с использованием гидравлических распределителей.

3. Направления потоков рабочей жидкости в гидросистемах приводов.
4. Таблица исходных данных и результатов проведенных экспериментов.
5. Необходимые расчеты для гидравлических систем гидроприводов.
6. Графики и циклограммы расхода рабочей жидкости приводов.

3.8. Контрольные вопросы

1. Виды установки дросселей в гидросистемы и особенности их работы.
2. От чего в общем случае зависит расход жидкости через дроссель?
3. По каким формулам рассчитываются расход жидкости через дроссель и скорость поршня?
4. Как определяется расход через дроссель при его параллельном подключении?
5. Принцип работы гидравлической системы с дифференциально-дроссельным регулированием скорости и его главная отличительная особенность.
6. Принцип работы гидравлической системы, обеспечивающей три скорости перемещения поршня, и направления потоков рабочей жидкости в гидросистеме.
7. Особенности гидросхем с регулированием скорости в одном и в двух направлениях регулятором расхода с установкой их на входе и выходе.
8. Принцип работы гидравлической системы привода со ступенчатым регулированием скорости и направления потоков рабочей жидкости через гидроаппараты.
9. Принцип работы гидравлической схемы с регулированием скорости при прямом и обратном ходе с параллельным включением дросселя.
10. Расчет скорости перемещения поршня при проведении экспериментов и расходов рабочей жидкости в напорных и сливных линиях и через дроссель.

4. УПРАВЛЕНИЕ ЦИКЛОМ РАБОТЫ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

4.1. Особенности управления циклом работы гидроцилиндров

4.1.1. Методы контроля и управления циклом работы

Для обеспечения требуемого цикла работы гидроцилиндра или при работе нескольких цилиндров применяются три основных метода контроля и управления переходами и последовательностью работы: по давлению, по пути и по времени.

Контроль *по давлению* осуществляется с помощью гидроклапанов давления, гидравлических реле давления и др., реагирующих на изменение давления в гидросистеме, и может быть рекомендован для сравнительно простых циклов. В гидравлических системах с более сложными циклами возникают трудности, связанные с необходимостью поддерживать достаточные величины и постоянство перепадов давления в гидросистеме, и четкость работы гидропривода с этими гидроаппаратами не всегда выдерживается. Однако в системах зажима контроль по давлению является практически единственным надежным способом, гарантирующим команду на рабочий ход лишь после достижения заданного давления в рабочих полостях гидроцилиндра зажима.

Контроль *по пути*, при котором команда на последующий переход дается от датчика, включаемого рабочим органом, завершившим движение предыдущего перехода, является необходимым и наиболее надежным средством, обеспечивающим заданную последовательность цикла работы. При этом способе контроля и управления влияние изменения скоростей движения механизмов на четкость последовательного выполнения переходов исключается и может лишь несколько изменить темп работы привода. В качестве датчиков, сигнализирующих о завершении движения рабочих органов и дающих команду на включение следующего перехода цикла, применяются гидравлические золотники управления и электрические конечные выключатели. Применение в качестве датчиков гидравлических путевых золотников управления упрощает электрическую схему привода. Однако это ведет к значительному удлинению трубопроводов гидропривода из-за того, что путевые золотники должны быть расположены вблизи тех механизмов, работу которых они контролируют. При этом через золотники может проходить только вспомогательный поток масла, с помощью

которого производится переключение основных распределительных золотников гидропривода. Наиболее универсальными и приемлемыми для применения в системах управления гидроприводов являются электрические конечные выключатели, при нажатии на них подвижными упорами управления, подающие электрические сигналы о завершении соответствующего перехода цикла работы механизма. Применение в качестве датчиков электрических конечных выключателей позволяет создать гибкие и работоспособные системы управления, в которых возможно осуществлять надежную последовательность и блокировку отдельных переходов.

Контроль *по времени* в гидросистемах применяется реже контроля по пути и давлению вследствие возможной нестабильности во времени отдельных переходов цикла. Однако контроль по времени с помощью электрического реле времени применяется, если необходима выдержка рабочего органа на упоре после его остановки.

4.1.2. Управление заданным циклом работы гидроцилиндра

Гидропривод может обеспечивать работу исполнительного органа по заданному циклу. Например, гидравлическая схема обеспечивает цикл работы, состоящий из следующих элементов (рис. 4.1):

- *рабочая подача РП;*
- *быстрый подвод БП;*
- *вторая рабочая подача РП;*
- *переключение на обратный ход (реверс Р);*
- *быстрый отвод БО и остановка в исходном положении (стоп С).*

Переключение на *рабочую подачу РП* и на *быстрый подвод БП* осуществляется гидравлическим золотником управления РЗ с контролем по пути при воздействии на него подвижных кулачков К1 и К2. При этом поток рабочей жидкости при рабочей подаче направляется на слив из правой полости цилиндра Ц с расходом Q_c , равным расходу $Q_{д1}$, через дроссель ДР1, обеспечивающий регулирование скорости подачи. При *быстром подводе* основной поток жидкости направляется через гидроклапан давления КД2 с дистанционным управлением и дроссель ДР2 с расходом $Q_{д2}$, обеспечивающий более высокую скорость перемещения за счет большой его пропускной способности и соответственно большего расхода рабочей жидкости на слив.

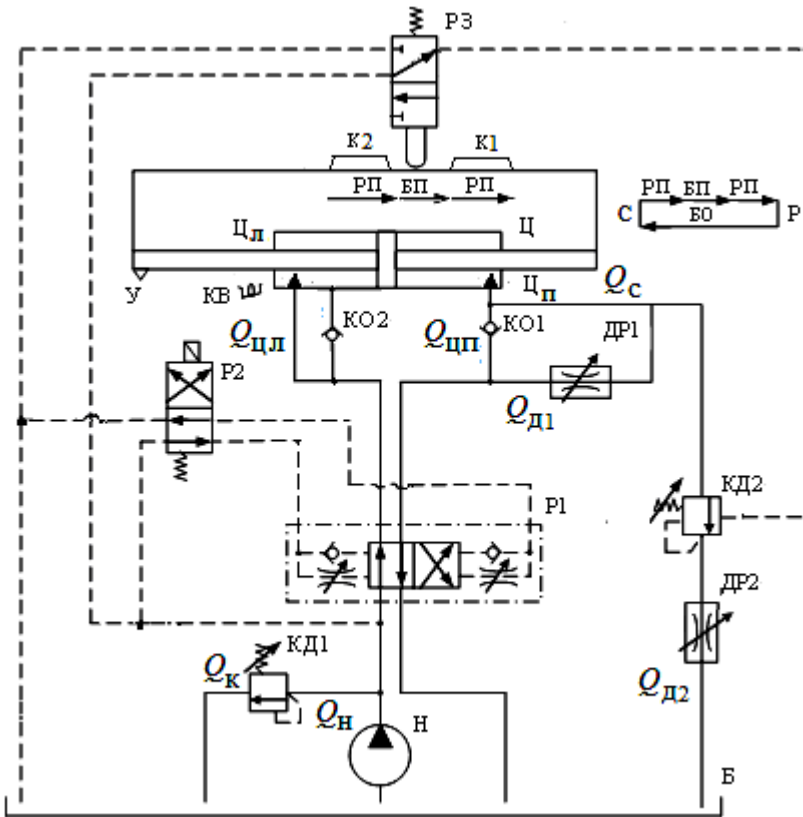


Рис. 4.1. Гидравлическая схема привода с работой по заданному циклу

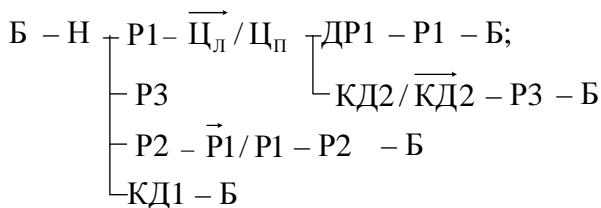
В конце *второй рабочей подачи* происходит переключение на *обратный ход*, т. е. *реверс Р* с помощью вспомогательного распределительного золотника Р2 с электромагнитным управлением и контролем по пути при воздействии подвижного упора У на конечный выключатель КВ и основного распределительного золотника Р1 с гидравлическим управлением.

При *быстром отводе БО* подача рабочей жидкости в правую рабочую полость цилиндра происходит через обратный клапан КО1. Он установлен параллельно дросселю ДР1 и имеет большую пропускную способность, чем дроссель. При этом гидроклапан КД2

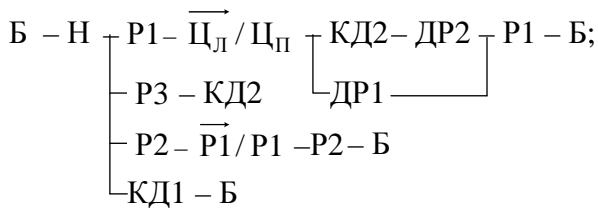
закрит, так как он настраивается на давление, превышающее величину давления обратного хода. Остановка рабочего органа происходит в исходном положении, т. е. команда «стоп» обеспечивается обратным клапаном КО2. Через него рабочая жидкость из полости напора цилиндра пропускается на слив, когда правый торец поршня при его перемещении откроет канал к клапану КО2 и рабочий орган в связи с падением давления в полости напора остановится.

Ниже приведены направления потоков рабочей жидкости в гидроприводе при выполнении отдельных элементов цикла:

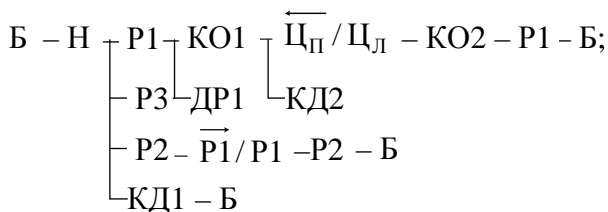
а) рабочая подача



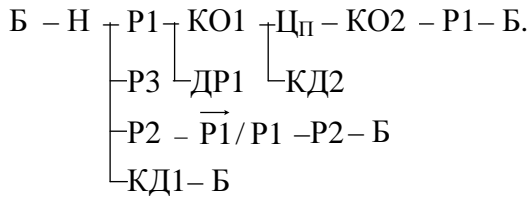
б) быстрый подвод



в) быстрый отвод



г) исходные положения (стоп)



4.1.3. Управление циклом работы нескольких цилиндров

Питание нескольких цилиндров может осуществляться от своих независимых насосов, или от одного насоса может питаться группа гидроцилиндров. При питании цилиндров от независимых насосов они, совместно с соответствующей аппаратурой, образуют независимый гидропривод. Однако использование независимых гидроприводов для каждого из цилиндров приводит к значительному усложнению гидравлической схемы. Поэтому питание нескольких гидроцилиндров осуществляется преимущественно от одного насоса, но возникает вопрос *управления и синхронизации* их движения. При этом гидроцилиндры могут работать *параллельно* или *последовательно* с различной фазой опережения при *одновременном* или *автономном* их управлении.

В гидравлическом приводе может применяться *одновременное управление* несколькими цилиндрами одним гидрораспределителем. В этом случае включение прямого и обратного хода, т. е. реверсирование движений всех гидроцилиндров, будет происходить одновременно. Однако скорости движений исполнительных органов могут регулироваться независимо для каждого цилиндра.

При применении *автономного управления* цилиндрами отдельными гидрораспределителями очередность перемещений исполнительных органов и их реверсирование определяются очередностью переключения распределителей. При этом имеется возможность обеспечить управление *параллельной* и *последовательной* работой цилиндров.

При *параллельной работе* гидроцилиндров имеются некоторые особенности управления. Если от одного насоса питаются два цилиндра или более, работающие при различных давлениях, то применение регулируемых дросселей обязательно. Они обеспечивают строгую *синхронизацию работы* цилиндров, так как скорость движения зависит

от нагрузки. Кроме того, цилиндр, осуществляющий рабочий ход, не может работать параллельно с цилиндром, осуществляющим холостой ход. Это связано с тем, что при работе цилиндра, осуществляющего холостой ход, давление в гидросистеме меньше и определяется именно условиями работы цилиндра. При параллельной работе цилиндров, осуществляющих рабочие ходы, дроссели или регуляторы потоков могут устанавливаться на входе или выходе. В обоих случаях давление в системе не зависит от условий работы каждого из цилиндров, а настраивается гидроклапаном давления, благодаря чему работа каждого из цилиндров происходит независимо.

При *последовательной работе* цилиндров каждый цилиндр в определенный момент с помощью соответствующей аппаратуры подключается к общей магистрали. Для этого может использоваться аппаратура, обеспечивающая контроль по давлению, пути или по времени.

Ниже представлена схема (рис. 4.2), обеспечивающая принцип возможной *синхронизации работы* двух гидроцилиндров. Для согласования одновременного *синхронного движения* двух поршней в одном рабочем направлении применен принцип регулирования по *противодавлению с помощью дросселей*. Скорость поршня каждого цилиндра может независимо регулироваться дросселями ДР1 и ДР2. Обратные клапаны КО1 и КО2 подсоединены параллельно дросселям ДР1 и ДР2 для автоматического их отключения, т. е. для подачи жидкости через них при обратном ходе и возвращении поршней в исходное положение.

Следует отметить, что для данной гидравлической схемы (см. рис. 4.2) совместное движение цилиндров будет происходить в том случае, когда они преодолевают приблизительно одинаковое усилие. Если же усилие на одном из них во много раз больше, то цилиндры будут работать последовательно: сначала цилиндр с малым усилием, а затем начнет движение цилиндр с большим усилием. Объясняется это тем, что цилиндр, преодолевающий малое усилие, в напорной линии двух цилиндров создает давление, достаточное для преодоления только своей силы, которого может быть недостаточно для преодоления силы второго цилиндра. Чтобы в таком случае гарантированно обеспечить совместную работу цилиндров, необходимо редуцирующий клапан КР установить на напорную линию с меньшим давлением, а для слива рабочей жидкости устанавливается обратный клапан КО3.

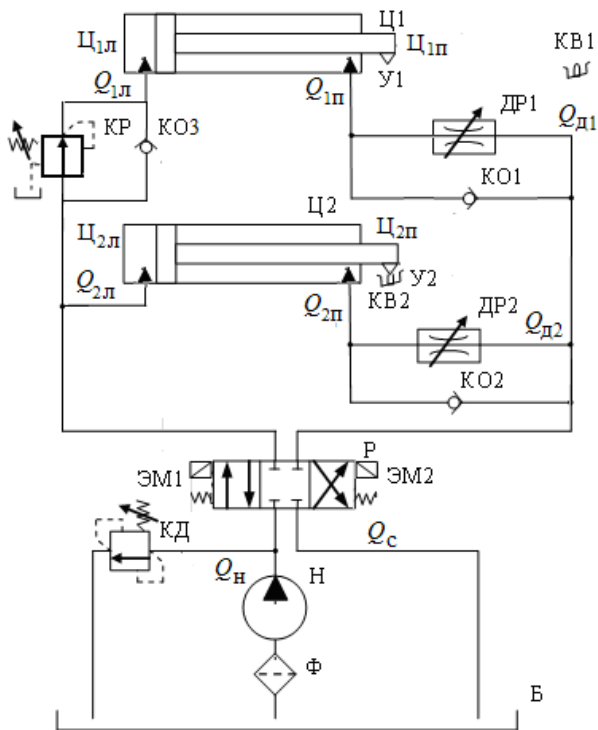
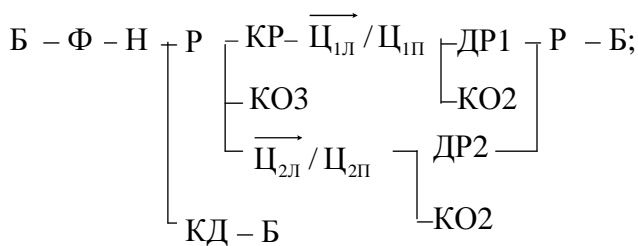


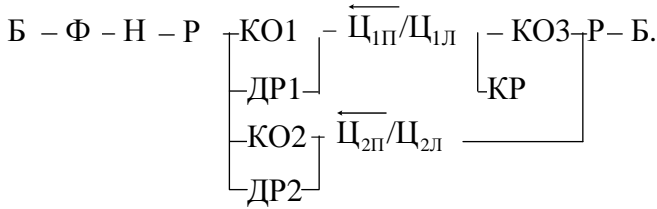
Рис. 4.2. Гидравлическая схема привода для обеспечения совместной работы гидроцилиндров в автоматическом режиме

Направления потоков рабочей жидкости при различных элементах цикла совместной работы двух гидроцилиндров приведены ниже:

а) рабочая подача



б) быстрый отвод



Последовательная работа гидроцилиндров может обеспечиваться гидросхемой с гидроклапаном давления, выполняющим функцию клапана последовательности (рис. 4.3).

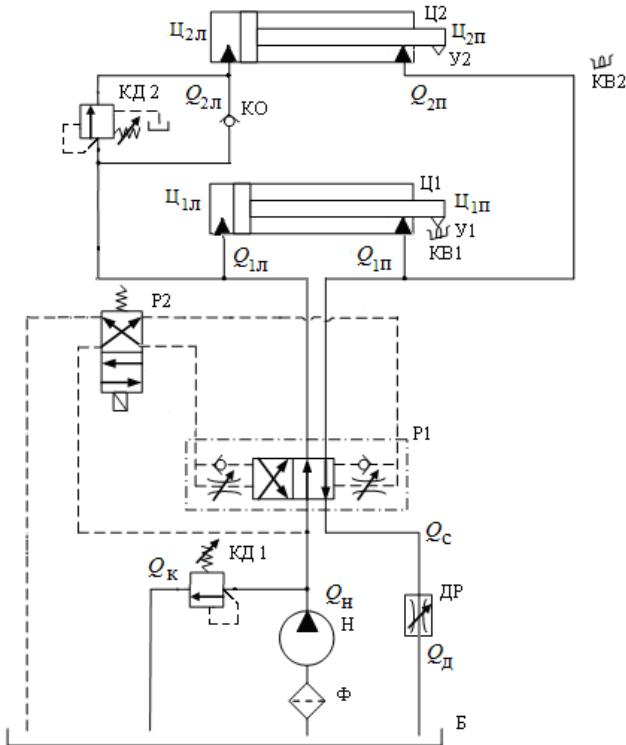
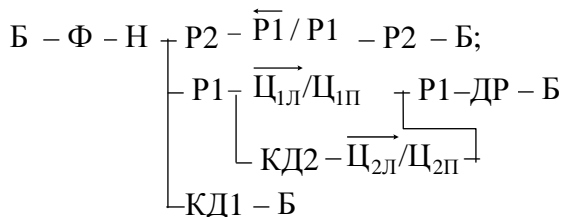


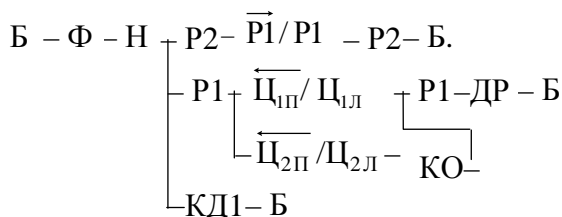
Рис. 4.3. Гидравлическая схема привода с последовательной работой гидроцилиндров в автоматическом режиме

Поршень цилиндра Ц2 начинает совершать рабочий ход только после перемещения поршня цилиндра Ц1 в крайнее правое положение. При этом давление в напорной магистрали гидросистемы повышается и гидроклапан КД2 автоматически открывается. Рабочая жидкость через клапан давления КД2 поступает в левую полость Ц_{2л} цилиндра Ц2, и поршень начинает перемещаться. При воздействии упора У2 на конечный выключатель КВ2 переключаются гидрораспределители Р1 с гидравлическим управлением и Р2 – с электромагнитным и осуществляется обратный ход поршней обоих цилиндров. При этом обратный клапан КО подключен параллельно гидроклапану давления и шунтирует его, т. е. пропускает жидкость на слив. Ниже приводятся направления потоков рабочей жидкости для прямого и обратного хода цилиндров:

а) прямой ход



б) обратный ход



4.2. Цель лабораторной работы

В процессе выполнения лабораторной работы по изучению гидросхем приводов с различными видами управления циклом работы гидроцилиндров рабочего органа ставится цель:

а) изучить различные способы управления циклом работы гидроцилиндров с синхронными и последовательными движениями рабочих органов;

б) знать типовую гидравлическую аппаратуру для направления и распределения потоков рабочей жидкости при управлении циклом работы рабочего органа и схемы ее подключения в гидросистемы приводов;

в) научиться составлять гидравлические схемы приводов с различными видами и элементами циклов работы гидроцилиндров рабочих органов, обеспечивающих работу гидравлических цилиндров по заданному циклу и управление несколькими цилиндрами;

г) уметь собирать на стенде реальные гидравлические схемы приводов с различными видами и элементами циклов работы гидроцилиндров при рабочем ходе с несколькими разными скоростями и с другими значениями скоростей при холостом ходе.

В данной лабораторной работе предлагается из реальных гидравлических аппаратов собрать на стенде действующие гидравлические схемы приводов с различными видами циклов работы гидроцилиндров при прямом и обратном ходе и провести их исследования.

4.3. Исследование гидравлического привода с одновременным управлением работой гидроцилиндров

4.3.1. Сборка гидравлической схемы привода

1. Изучить гидравлическую схему привода с одновременным управлением работой двух гидроцилиндров Ц1 и Ц2 с установленными дросселем ДР и регулятором расхода с обратным клапаном РРК на входе (рис. 4.4).

2. Составить направления потоков рабочей жидкости через гидроаппараты при прямом и обратном ходе гидроцилиндров Ц1 и Ц2 (см. рис. 4.4).

3. Подобрать гидроаппараты в соответствии с условиями пункта 2 раздела 2 и с гидравлической схемой (см. рис. 4.4), для сборки которой используются:

- а) насосная установка – 1 шт.;
- б) гидроцилиндр – 2 шт.;
- в) гидрораспределитель ВММ6.44.31/Ф – 1 шт.;
- г) дроссель ПГ77-12 – 1 шт.;
- д) гидроклапан обратный ПГ51-22 – 1 шт.;
- е) регулятор расхода с обратным клапаном МПГ 55-32 – 1 шт.

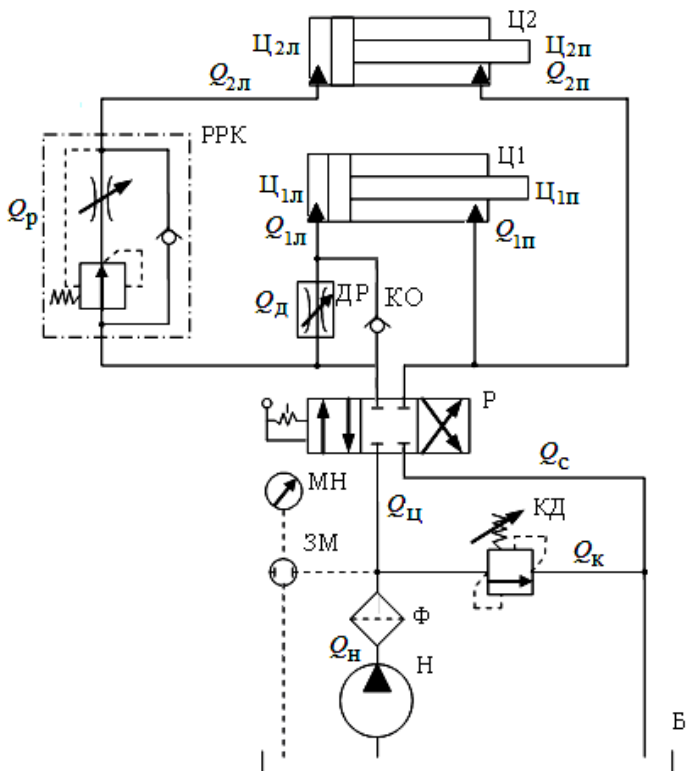


Рис. 4.4. Гидравлическая схема привода с одновременной работой гидроцилиндров

4. На стенде собрать гидравлическую схему привода, обеспечивающую одновременное управление работой двух гидроцилиндров (см. рис. 4.4), выполнив условия пунктов 3, 4 и 5 раздела 2.

5. Проверить правильность сборки гидросхемы и предъявить преподавателю для проверки, выполнив пункты 6, 7 и 8 раздела 2.

4.3.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Выполнить работу в соответствии с пунктами 9–12 раздела 2, включив с разрешения преподавателя насосную установку и собранную гидросхему.

2. Распределитель Р установить в среднее положение и дроссель ДР отрегулировать для прямого хода так, чтобы поршень цилиндра Ц1 выдвигался с малой скоростью $v_{1м}$, а регулятор расхода РРК открыть полностью для быстрого перемещения поршня цилиндра Ц2 со скоростью $v_{2б}$.

3. Гидрораспределитель Р переключить вправо для выполнения прямого хода гидроцилиндров Ц1 и Ц2, зафиксировать время $t_{1м}$ и $t_{2б}$ и давление p_p при движении поршней цилиндров Ц1 и Ц2 соответственно со скоростями медленно $v_{1м}$ и быстро $v_{2б}$, а также момент изменения давления в системе p при достижении поршнем цилиндра Ц2 крайнего положения. Результаты занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Исходные и экспериментальные данные

Исполнительный механизм	Движение поршня	Параметры цилиндра		Ход L , мм	Давление p , МПа	Время движения t , с	Скорость v , м/мин	Расход Q , л/мин	
		D , мм	d , мм					Напорная полость	Сливная полость
Ц1	Вперед медленно	36	20	250					
	Назад								
Ц2	Вперед быстро								
	Назад								
Ц1	Вперед быстро								
Ц2	Вперед медленно								

4. Гидрораспределитель Р переключить влево для выполнения обратного хода поршней цилиндров Ц1 и Ц2 со скоростями $v_{1о}$ и $v_{2о}$ и произвести замеры времени $t_{1о}$ и $t_{2о}$ и давления p_o при их движении, а результаты занести в табл. 4.1.

5. Распределитель Р установить в среднее положение и для прямого хода поршней и полностью открыть дроссель ДР для быстрого перемещения поршня цилиндра Ц1 со скоростью $v_{1б}$, а регулятор

расхода РРК отрегулировать так, чтобы поршень цилиндра Ц2 выдвигался с малой скоростью v_{2M} .

6. Гидрораспределитель Р переключить вправо для выполнения прямого хода гидроцилиндров Ц1 и Ц2, зафиксировать время t_{16} и t_{2M} и давление $p_{п}$ при движении поршней цилиндров Ц1 и Ц2 соответственно со скоростями быстро v_{16} и медленно v_{2M} , а также момент изменения давления p в системе при достижении поршнем цилиндра Ц1 крайнего положения. Результаты занести в табл. 4.1.

7. Гидрораспределитель Р переключить влево для выполнения обратного хода и возвращения поршней цилиндров Ц1 и Ц2 в исходное положение.

8. По окончании работы выключить насосную установку и гидросистему и разобрать гидросхему, выполнив требования пунктов 13, 14 и 15 раздела 2.

4.3.3. Заполнение таблицы исходных данных и результатов измерений

Табл. 4.1 исходных данных и результатов эксперимента заполняется по измерениям времени t_{1M} , t_{16} , t_{2M} , t_{26} , t_{10} и t_{20} перемещения поршней цилиндров Ц1 и Ц2 и давлений $p_{п}$ и p_{o} в напорной магистрали гидросистемы, обеспечивающей одновременное управление работой двух гидроцилиндров Ц1 и Ц2, и результатов расчета скоростей движения рабочих органов v_{1M} , v_{16} , v_{2M} , v_{26} , v_{10} , v_{20} и расходов Q_{1M} , Q_{16} , Q_{2M} , Q_{26} , Q_{10} и Q_{20} рабочей жидкости в магистралях при медленных и быстрых перемещениях поршней цилиндров Ц1 и Ц2, а также при обратном ходе.

1. Время перемещения поршней цилиндров Ц1 и Ц2 с медленными и быстрыми скоростями при прямом t_{1M} , t_{16} , t_{2M} и t_{26} и при обратном t_{10} и t_{20} ходе записывается по результатам измерений при эксперименте.

2. Скорости движения рабочего органа v_{1M} , v_{16} , v_{2M} и v_{26} при прямом и v_{10} и v_{20} – обратном ходе записывается по расчетным данным, определенным по формулам

$$v_{1M} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{1M}}, \quad v_{16} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{16}}, \quad v_{2M} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{2M}}, \quad v_{26} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{26}},$$

$$v_{10} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{10}} \quad \text{и} \quad v_{20} = \frac{6 \cdot 10^{-2} L}{t_{20}}.$$

3. Расходы жидкости $Q_{1м}$, $Q_{1б}$, $Q_{2м}$ и $Q_{2б}$ отдельно для цилиндров Ц1 и Ц2 в гидролиниях при прямом ходе при медленном и быстром перемещениях, а также $Q_{1о}$ и $Q_{2о}$ при обратном ходе определяются по формулам:

а) в напорной линии при прямом ходе

$$Q_{1мн} = Q_{1лм} = 10^3 v_{1м} S_{1б} \quad \text{и} \quad Q_{2бн} = Q_{2лб} = 10^3 v_{2б} S_{2б};$$

$$Q_{1бн} = Q_{1лб} = 10^3 v_{1б} S_{1б} \quad \text{и} \quad Q_{2мн} = Q_{2лм} = 10^3 v_{2м} S_{2б};$$

б) в сливной линии при прямом ходе

$$Q_{1мс} = Q_{1пм} = 10^3 v_{1м} S_{1ш} \quad \text{и} \quad Q_{2бс} = Q_{2пб} = 10^3 v_{2б} S_{2ш};$$

$$Q_{1бс} = Q_{1пб} = 10^3 v_{1б} S_{1ш} \quad \text{и} \quad Q_{2мс} = Q_{2пм} = 10^3 v_{2м} S_{2ш};$$

в) в напорной линии при обратном ходе

$$Q_{1он} = Q_{1п} = 10^3 v_{1о} S_{1ш} \quad \text{и} \quad Q_{2он} = Q_{2п} = 10^3 v_{2о} S_{2ш};$$

г) в сливной линии при обратном ходе

$$Q_{1ос} = Q_{1л} = 10^3 v_{1о} S_{1б} \quad \text{и} \quad Q_{2ос} = Q_{2л} = 10^3 v_{2о} S_{2б},$$

где $S_б$ и $S_ш$ – эффективные площади бесштоковой и штоковой полости.

4. Давление в напорной магистрали определяется по манометру при переключении золотника манометра ЗМ.

4.3.4. Анализ экспериментальных данных и описание особенностей системы

На основании анализа экспериментальных данных сделать выводы и описать особенности работы заданной гидросистемы, обеспечивающей одновременное управление работой двух гидроцилин-

дров Ц1 и Ц2 одним гидрораспределителем Р с регулированием скорости и расхода включенными на входе дросселем ДР и регулятором расхода РРК соответственно для гидроцилиндров Ц1 и Ц2.

4.4. Исследование гидравлического привода с автономным управлением работой гидроцилиндров

4.4.1. Сборка гидравлической схемы

1. Изучить гидравлическую схему привода с автономным управлением работой двух гидроцилиндров Ц1 и Ц2 с установленными дросселем ДР и регулятором расхода с обратным клапаном РРК на выходе (рис. 4.5).

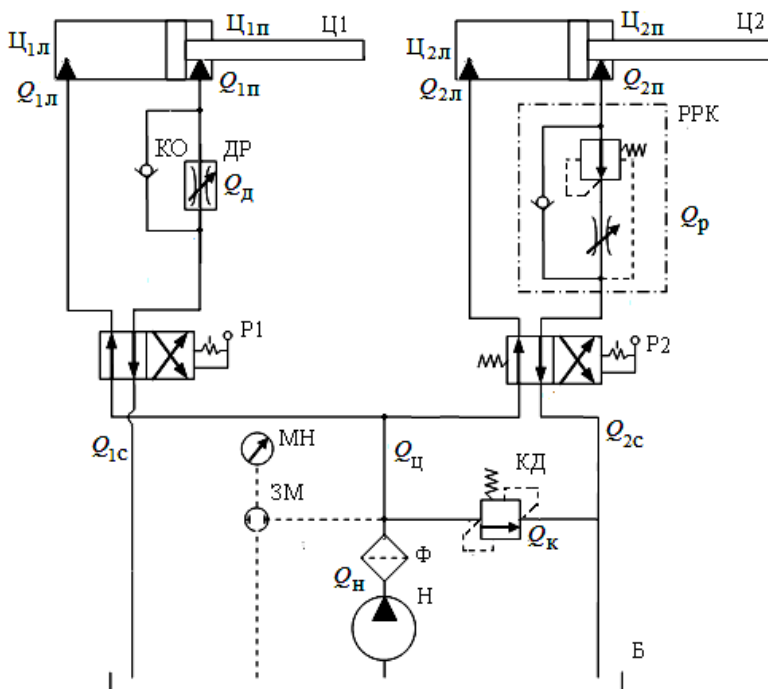


Рис. 4.5. Гидравлическая схема привода с автономным управлением работой гидроцилиндров

2. Составить направления потоков рабочей жидкости через гидроаппараты при прямом и обратном ходе гидроцилиндров Ц1 и Ц2 (см. рис. 4.5).

3. Подобрать гидроаппараты в соответствии с условиями пункта 2 раздела 2 и с гидравлической схемой (см. рис. 4.5), для сборки которой используются:

- а) насосная установка – 1 шт.;
- б) гидроцилиндр – 2 шт.;
- в) гидрораспределитель ВММ6.44.31/Ф – 2 шт.;
- г) дроссель ПГ77-12 – 1 шт.;
- д) регулятор расхода с обратным клапаном МПГ 55-32 – 1 шт.;
- е) гидроклапан обратный ПГ51-22 – 1 шт.

4. Собрать на стенде гидравлическую схему привода, обеспечивающую автономное управление работой двух гидроцилиндров Ц1 и Ц2 (см. рис. 4.5), выполнив условия пунктов 3, 4 и 5 раздела 2.

5. Проверить правильность сборки схемы и предъявить преподавателю для проверки, выполнив пункты 6, 7 и 8 раздела 2.

4.4.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Дроссель ДР отрегулировать для прямого хода так, чтобы поршень цилиндра Ц1 выдвигался с малой скоростью $v_{1м}$, а регулятор расхода РРК открыть полностью для быстрого перемещения поршня цилиндра Ц2 со скоростью $v_{2б}$.

2. Выполнить работу в соответствии с пунктами 9–12 раздела 2, включив с разрешения преподавателя насосную установку и собранную гидросхему.

3. Переключить гидрораспределители Р1 и Р2 вправо для выполнения прямого хода гидроцилиндров Ц1 и Ц2, зафиксировать время $t_{1м}$ и $t_{2б}$ и давление $p_{п}$ при движении поршней цилиндров Ц1 и Ц2 соответственно со скоростями медленно $v_{1м}$ и быстро $v_{2б}$. Результаты занести в табл. 4.2.

4. Гидрораспределители Р1 и Р2 переключить влево для выполнения обратного хода поршней цилиндров Ц1 и Ц2 со скоростями $v_{1о}$ и $v_{2о}$ и произвести замеры времени $t_{1о}$ и $t_{2о}$ их движения и давления $p_{о}$. Результаты занести в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Исходные и экспериментальные данные

Исполнительный механизм	Движения поршня	Параметры цилиндра		Ход L , мм	Давление p , МПа	Время движения t , с	Скорость v , м/мин	Расход Q , л/мин	
		D , мм	d , мм					Напорная полость	Сливная полость
Ц1	Вперед медленно	36	20	250					
	Назад								
Ц2	Вперед быстро								
	Назад								
Ц1	Вперед быстро								
Ц2	Вперед медленно								

5. Выключить насосную установку и собранную гидросхему для прямого хода поршней и полностью открыть дроссель ДР для быстрого перемещения поршня цилиндра Ц1 со скоростью v_{16} , а регулятор расхода РРК отрегулировать так, чтобы поршень цилиндра Ц2 выдвигался с малой скоростью $v_{2м}$.

6. Гидрораспределители Р1 и Р2 переключить вправо для выполнения прямого хода гидроцилиндров Ц1 и Ц2, включить насосную установку и собранную гидросхему и зафиксировать время t_{16} и $t_{2м}$ и давление p_p при движении поршней цилиндров Ц1 и Ц2 соответственно со скоростями быстро v_{16} и медленно $v_{2м}$. Результаты занести в табл. 4.2.

7. Гидрораспределители Р1 и Р2 переключить влево для выполнения обратного хода и возвращения поршней цилиндров Ц1 и Ц2 в исходное положение.

8. По окончании работы выключить насосную установку и гидросистему и разобрать гидросхему, выполнив требования пунктов 13, 14 и 15 раздела 2.

4.4.3. Заполнение таблицы исходных данных и результатов измерений

В табл. 4.2 исходных данных и результатов эксперимента записываются измерения времени перемещения $t_{1м}$, $t_{1б}$, $t_{2м}$, $t_{2б}$, $t_{1о}$ и $t_{2о}$ поршней цилиндров Ц1 и Ц2 и давления в напорной магистрали $p_{п}$ и p_0 гидросистемы, обеспечивающей автономное управление работой двух гидроцилиндров Ц1 и Ц2 (см. рис. 4.5), а также результаты расчета скоростей движения $v_{1м}$, $v_{1б}$, $v_{2м}$, $v_{2б}$, $v_{1о}$, $v_{2о}$ и расходов рабочей жидкости $Q_{1м}$, $Q_{1б}$, $Q_{2м}$, $Q_{2б}$, $Q_{1о}$ и $Q_{2о}$ в магистралях при медленных и быстрых перемещениях поршней цилиндров Ц1 и Ц2, а также при обратном ходе.

1. Время перемещения поршней цилиндров Ц1 и Ц2 с медленными и быстрыми скоростями при прямом ходе $t_{1м}$, $t_{1б}$, $t_{2м}$ и $t_{2б}$ и при обратном ходе $t_{1о}$ и $t_{2о}$ записывается по результатам измерений при эксперименте.

2. Скорости движения рабочего органа $v_{1м}$, $v_{1б}$, $v_{2м}$ и $v_{2б}$ при прямом и $v_{1о}$ и $v_{2о}$ обратном ходе определяются по времени медленных и быстрых перемещений $t_{1м}$, $t_{1б}$, $t_{2м}$ и $t_{2б}$ поршней цилиндров Ц1 и Ц2 и при обратном ходе $t_{1о}$ и $t_{2о}$.

3. Расходы жидкости $Q_{1м}$, $Q_{1б}$, $Q_{2м}$ и $Q_{2б}$ отдельно для цилиндров Ц1 и Ц2 в напорных и сливных гидролиниях при прямом ходе при медленном и быстром перемещениях, а также $Q_{1о}$ и $Q_{2о}$ при обратном ходе определяются соответственно по скоростям движения поршней цилиндров $v_{1м}$, $v_{1б}$, $v_{2м}$, $v_{2б}$ и $v_{1о}$, $v_{2о}$.

4. Давление в напорной магистрали определяется по манометру при переключении золотника манометра ЗМ.

4.4.4. Анализ результатов эксперимента и особенностей гидросистемы

На основании анализа экспериментальных данных сделать выводы и описать особенности работы заданной гидросистемы, обеспечивающей автономное управление работой двух гидроцилиндров Ц1 и Ц2 (см. рис. 4.5) двумя независимыми гидрораспределителями Р1 и Р2 с регулированием скорости и расхода соответственно для цилиндров Ц1 и Ц2 включенным на выходе дросселем ДР и регулятором расхода с обратным клапаном РРК.

4.5. Содержание отчета

1. Чертежи гидравлических схем приводов с параллельной или последовательной работой гидроцилиндров при одновременном или автономном их управлении.
2. Описание принципа работы гидросхем приводов с параллельной или последовательной работой гидроцилиндров при одновременном или автономном их управлении с использованием гидравлических распределителей.
3. Направления потоков рабочей жидкости в гидросистемах приводов.
4. Необходимые расчеты для гидравлических систем гидроприводов.
5. Таблица исходных данных и результатов проведенных экспериментов.
6. Анализ экспериментальных данных и описание особенностей гидросистем.

4.6. Контрольные вопросы

1. Виды и особенности методов контроля и управления циклом работы цилиндров гидравлических приводов.
2. Гидравлическая схема привода с работой по заданному циклу, принцип ее работы и направления потоков рабочей жидкости (см. рис. 4.1).
3. Какие функции выполняют гидрораспределители P1, P2 и P3 и как регулируются скорости рабочей подачи и быстрого подвода и отвода (см. рис. 4.1)?
4. Каковы особенности управления циклом работы нескольких гидроцилиндров?
5. Параллельная и последовательная работа гидроцилиндров приводов с одновременным и автономным управлением и их особенности.
6. Гидравлическая схема привода с совместной работой гидроцилиндров в автоматическом режиме, принцип синхронизации работы и направление потоков рабочей жидкости через гидроаппараты и их назначение (см. рис. 4.2).

7. Гидравлическая схема привода с последовательной работой гидроцилиндров в автоматическом режиме, принцип обеспечения последовательности их работы и направления потоков рабочей жидкости через гидроаппараты (см. рис. 4.3).

8. Схема гидропривода с одновременной работой цилиндров и применяемая гидроаппаратура, обеспечивающая синхронизацию их работы и регулирование скорости каждого цилиндра при прямом и обратном ходе и направления потоков рабочей жидкости через гидроаппараты, и их назначение (см. рис. 4.4).

9. Схема гидропривода с автономным управлением работой цилиндров и применяемая гидроаппаратура, обеспечивающая автономность их работы и регулирование скорости цилиндров при прямом и обратном ходе и направления потоков рабочей жидкости через гидроаппараты, и их назначение (см. рис. 4.5).

10. Методика расчета и формулы для определения расходов рабочей жидкости в гидролиниях при различных вариантах работы гидроприводов.

5. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДОВ С ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ФРЕЗЕРНО-ОТРЕЗНОГО СТАНКА

5.1. Описание испытательного гидростенда

Работа выполняется на специальном стенде, предназначенном для имитации работы гидравлических приводов подачи фрезерно-отрезного станка. Основными узлами испытательного стенда являются следующие (рис. 5.1):

- а) гидростанция 1 с панелями подачи материала и инструмента 2 и 3;
- б) стол 10 с цилиндром подачи материала 9, датчиками 8 и баком 15;
- в) рабочий 6 и нагрузочный 12 гидравлические цилиндры;
- г) гидропанель 11 с дросселем настройки скорости рабочей подачи 7 и дросселями 13 и 14 настройки условной рабочей нагрузки при фрезеровании;
- д) электрический шкаф 4 с электроаппаратурой;
- е) пульт управления 5 испытательного стенда.

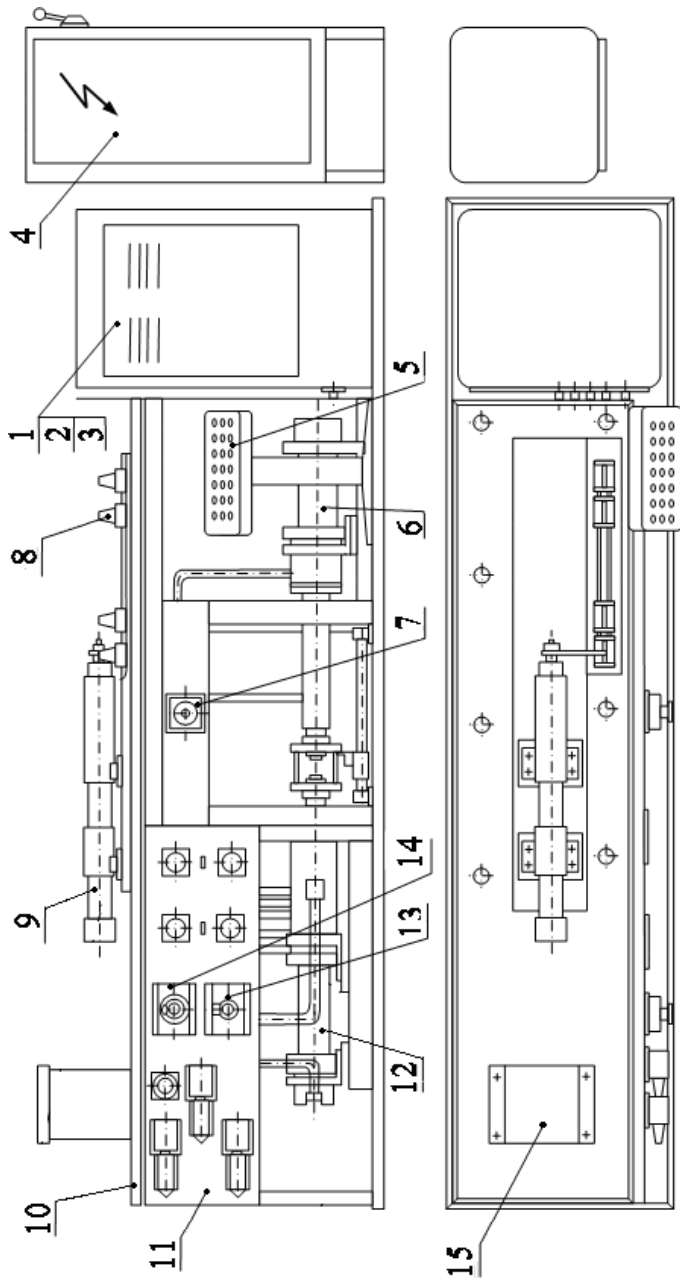


Рис. 5.1. Общий вид гидравлического стенда для исследования дроссельного регулирования приводов подачи фрезерно-отрезного станка

Гидростанция стенда смонтирована на базе нормализованной и унифицированной станции гидропривода Г48-88 и расположена рядом со стендом. Станция гидропривода состоит из гидробака, насосного агрегата, теплообменного аппарата и шкафа, в котором установлена гидравлическая аппаратура. Гидробак служит резервуаром для хранения масла и основанием для размещения шкафа и насосных установок. Сварной корпус гидробака разделен перегородкой на два отсека: отсек всасывания и отсек слива. На основании гидробака крепятся гидропанели подачи инструмента и подачи материала и насосный агрегат, выполненный в виде автономного узла, с погруженным под уровень масла насосом.

Подвод масла к гидроцилиндрам осуществляется по трубопроводам, идущим от панелей гидроагрегата к специальной переходной колодке на столе. Для имитации нагрузки на рабочий гидроцилиндр подачи фрезерной бабки в конструкции стенда предусмотрен специальный нагрузочный цилиндр 12. Величина нагрузки определяется площадью поршня нагрузочного цилиндра и давлением нагрузки, установившимся в его рабочей полости. Данное давление нагрузки создается двумя дросселями 13 и 14, которые установлены на сливной магистрали нагрузочного цилиндра. Гидравлической (рис. 5.2) и электрической схемами предусмотрены следующие циклы работы стенда: автоматический (рис. 5.3), полуавтоматический и наладочный.

На гидравлическом стенде производится имитация работы следующих гидроприводов в соответствии с циклом работы фрезерно-отрезного станка (рис. 5.4):

- а) захват материала;
- б) медленная подача материала;
- в) быстрая подача материала;
- г) снова медленная подача материала;
- д) раскрытие захватов при многократной подаче материала;
- е) медленный, быстрый и снова медленный возврат каретки и далее повторение пунктов а, б, в и г;
- ж) зажим материала;
- з) рабочая подача фрезерной бабки;
- и) имитация нагрузки на бабку;
- к) раскрытие захватов одновременно с рабочим ходом бабки;
- л) медленный, быстрый и снова медленный возврат каретки в исходное положение в процессе рабочего хода фрезерной бабки;
- м) отвод фрезерной бабки;
- н) разжим материала и далее – повторение цикла.

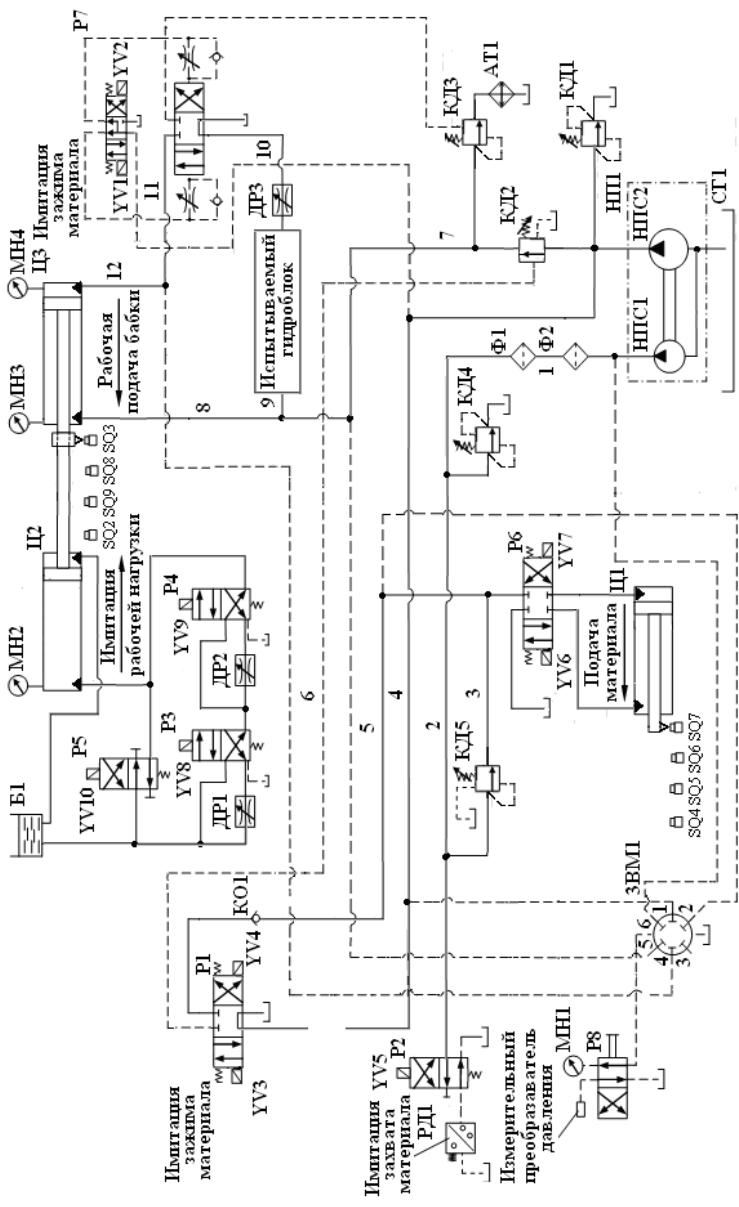


Рис. 5.2. Гидравлическая схема испытательного стенда, имитирующего работу приводов фрезерно-огрезного станка

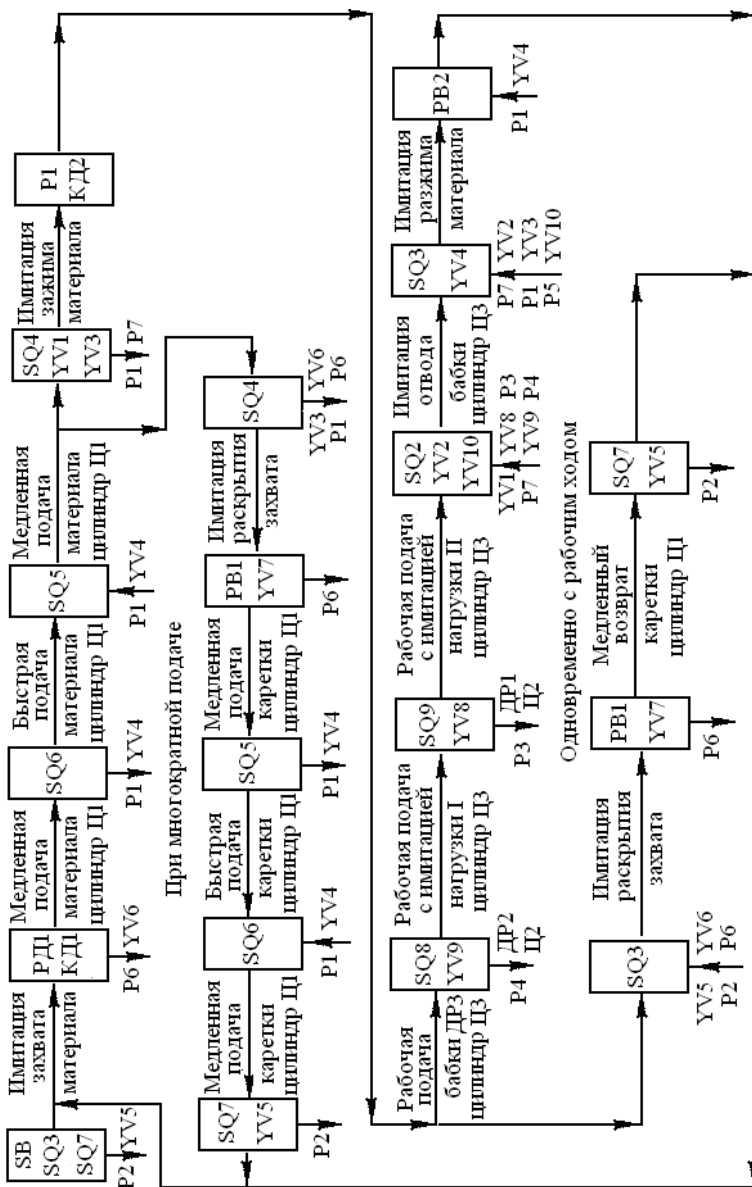


Рис. 5.3. Автоматический цикл работы станда, имитирующего работу приводов фрезерно-отрезного станка

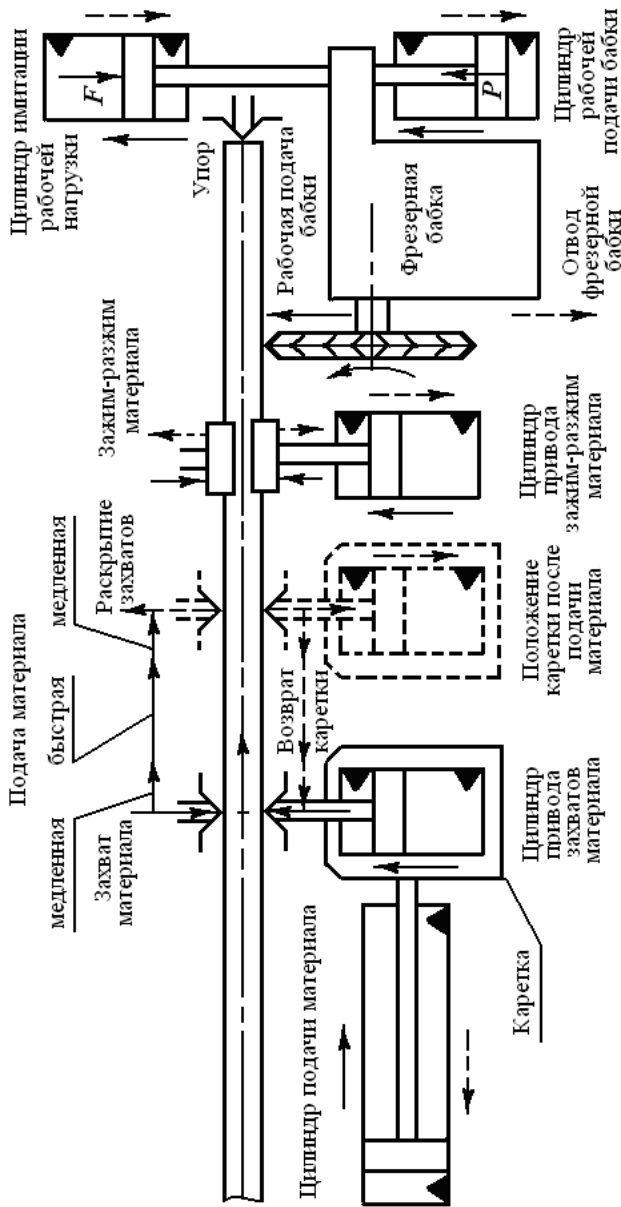


Рис. 5.4. Схема имитации этапов цикла работы гидравлических приводов подачи фрезерно-отрезного станка на испытательном стенде:

- захват материала; - медленная, быстрая и снова медленная подача материала;
- зажим материала; - рабочая подача фрезерной бабки; - имитация рабочей нагрузки на бабку;
- раскрытие захватов и медленный, быстрый и снова медленный возврат каретки одновременно с рабочей подачей бабки;
- отвод фрезерной бабки; - разжим материала

5.2. Описание работы гидросистемы испытательного стенда

5.2.1. Автоматический цикл работы гидростенда при имитации процесса захвата и подачи материала

Одновременно с подачей команды на начало непрерывного цикла при включении кнопки SB включается электромагнит YV5 (см. рис. 5.2 и 5.3). При этом срабатывает золотниковый распределитель P2 и масло по трубопроводу 1–2 поступает к реле давления РД1, которое *имитирует захват материала*. При срабатывании реле РД1 подается сигнал на включение электромагнита YV6 реверсивного распределителя P6 цилиндра Ц1, который *имитирует подачу материала*. Подача материала начинается только после того, как давление поднимется до величины настройки клапана давления КД5. При этом вначале следует *медленная подача* при подаче рабочей жидкости по трубопроводу 3, а затем при включении электромагнита YV4 распределителя P1 – *быстрая* и после его отключения снова *медленная подача материала* в зону резания на длину, регулируемую бесконтактными выключателями SQ4–SQ7. Быстрая подача осуществляется при подключении распределителем P1 дополнительного расхода от насоса НП1 по трубопроводам 4 и 5.

На пульте управления установлен пакетный переключатель многократной подачи, в зависимости от положения которого обеспечиваются однократная или двух- и трехкратные подачи материала в зону резания на мерную длину. При имитации многократной подачи материала в зону резания возврат каретки в исходное положение происходит в следующей последовательности: *раскрытие захватов* с выключением электромагнита YV5, а затем *медленный, быстрый и снова медленный* возврат каретки с управлением от электромагнита YV4.

5.2.2. Автоматический цикл работы гидростенда при имитации процесса зажима материала и подачи фрезерной бабки

Срабатывание конечного выключателя SQ4 в конце хода цилиндра Ц1 имитации *подачи материала* дает команду на включение электромагнитов YV1 и YV3 и соответственно гидрораспределителей P1 и P7. В отрезном станке такое положение соответствует *зажиму материала*,

но в данном стенде цилиндр зажима отсутствует. Давление управления для гидроклапана КД2, выполняющего функции клапана последовательности, подается по магистрали 6 непосредственно от напорной магистрали после включения гидрораспределителя Р1 вправо электромагнитом YV3. Когда давление в трубопроводе 6 достигнет величины настройки гидроклапана давления КД2, он откроется и рабочая жидкость по трубопроводам 7 и 8 поступит в штоковую полость цилиндра Ц3. Происходит имитация *подачи фрезерной бабки*. Одновременно жидкость по трубопроводу 9 через исследуемый гидроблок, дроссель ДР3, трубопровод 10, гидрораспределитель Р7 и трубопроводы 11 и 12 подается в бесштоковую рабочую полость цилиндра Ц3 и происходит *имитация рабочей подачи фрезерной бабки*. Гидроцилиндр Ц3 имеет дифференциальную схему подключения, и, как указывалась выше, рабочая жидкость одновременно подается в его штоковую и бесштоковую полости.

Шток цилиндра подачи бабки Ц3 жестко связан со штоком *цилиндра имитации нагрузки* Ц2. Поршень цилиндра подачи бабки Ц3 перемещает поршень цилиндра нагрузки Ц2, который через систему нагрузки, состоящую из двух гидрораспределителей Р3 и Р4 и двух гидродросселей ДР1 и ДР2, вытесняет рабочую жидкость из бесштоковой полости на слив в бак Б1. Изменяя распределителями Р3 и Р4 с управлением электромагнитами YV8 и YV9 направление движения масла и расходы через гидродроссели ДР1 и ДР2, можно получить несколько ступеней *имитации нагрузки* цилиндром Ц2. В начале движения, от конечного выключателя SQ3 до SQ8, шток цилиндра Ц3 движется без нагрузки. При срабатывании конечного выключателя SQ8 подается команда на электромагнит YV9, включается распределитель Р4 и рабочая жидкость проходит через дроссель ДР2, которым первая нагрузка настраивается на шток рабочего цилиндра Ц3. Давление в нагрузочном цилиндре отображается на манометре МН2. При срабатывании конечного выключателя SQ9 подается команда на электромагнит YV8, включается распределитель Р3 и рабочая жидкость проходит через дроссель ДР1, которым настраивается вторая нагрузка на шток рабочего цилиндра Ц3.

При срабатывании конечного выключателя SQ2 включаются электромагниты YV2 распределителя Р7 и YV10 распределителя Р5, отключаются электромагниты YV1, YV8 и YV9 и имитируется *отвод фрезерной бабки*. Шток цилиндра нагрузки Ц2, жестко свя-

занный со штоком цилиндра подачи бабки Ц3, выдвигается вправо. При включении электромагнита YV10 масло из бака Б1, минуя систему нагрузки, самотеком поступает в бесштоковую полость цилиндра нагрузки Ц2.

В конце обратного хода конечный выключатель SQ3 дает команду на отключение электромагнитов YV2, YV3 и включение электромагнита YV4. Происходят остановка штока цилиндра Ц3 и *имитация разжима материала*, при этом реле времени PB2 отключает электромагнит YV4.

Для сокращения времени цикла одновременно с рабочим ходом цилиндра Ц3 происходит движение штока цилиндра Ц1, *имитирующее возврат каретки* в отрезном станке. При освобождении конечного выключателя SQ3 отключаются электромагниты YV5 и YV6. Происходит *имитация раскрытия захватов*, реле времени PB1 включает электромагнит YV7 и подается команда на медленный возврат поршня со штоком цилиндра Ц1. При нажатии конечного выключателя SQ7 включается электромагнит YV5 и имитируется *захват материала*. Начало нового цикла осуществляется по одновременной команде конечных выключателей SQ3 и SQ7.

5.2.3. Полуавтоматический цикл работы гидростенда

Для пуска цикла необходимо, чтобы стенд находился в исходном положении: цилиндр Ц3 подачи бабки отведен, произведена имитация разжима материала. Пуск цикла осуществляется нажатием на кнопку SB и начинается с имитации зажима материала. В дальнейшем движения происходят в описанной выше последовательности, а после отвода штока цилиндра Ц3 и имитации разжима материала цикл останавливается.

5.2.4. Наладочный режим работы гидростенда

В наладочном режиме имеется возможность независимо производить ранее описанные движения узлов стенда с подачей команды от отдельных кнопок на пульте управления стенда. При данном режиме работы гидростенда отдельно осуществляется наладка процессов имитации захвата и подачи материала, а также имитации зажима материала и подачи фрезерной бабки.

5.2.5. Блокировки при работе гидроприводов станда

При работе гидравлических приводов станда так же, как и на реальном фрезерно-отрезном станке, для обеспечения полного соответствия цикла его работы и исключения аварийных ситуаций предусматриваются блокировки. Так, имитация работы привода подачи материала происходит только после имитации захвата материала, т. е. при срабатывании реле давления РД1. Имитация работы привода рабочей подачи фрезерно-отрезной бабки с инструментом возможна только при имитации зажима материала, т. е. при открытии клапана КД2.

5.3. Цель лабораторной работы

В процессе выполнения лабораторной работы по изучению гидравлических схем, имитирующих работу приводов подачи фрезерной бабки фрезерно-отрезных станков на специальном стенде, ставится цель:

а) изучить работу гидравлической схемы гидропривода при имитации процессов захвата, подачи и зажима материала и подачи фрезерной бабки;

б) знать законы изменения расхода в зависимости от изменения нагрузки на рабочий орган при дроссельном регулировании скорости рабочего органа;

в) научиться проводить исследования процесса работы гидроприводов на примере приводов на стенде, имитирующих работу фрезерно-отрезного станка;

г) уметь на основании экспериментальных данных строить графические зависимости минутной подачи рабочего органа s_m от нагрузки на шток цилиндра F , перепада давления Δp и расхода Q на дросселе.

В данной лабораторной работе на действующем стенде предлагается изучить работу гидравлических приводов, имитирующих подачу фрезерной бабки фрезерно-отрезных станков, и провести исследования изменения расхода рабочей жидкости в зависимости от изменения нагрузки на рабочий орган при дроссельном регулировании скорости рабочего органа.

5.4. Методика проведения исследований и порядок выполнения работы

Дроссельному регулированию присуща некоторая нестабильность скорости рабочего органа. Объясняется это тем, что при изменении нагрузки меняется перепад давления на дросселе, а следовательно, расход через него. Это следует из формулы расхода через дроссель, которая в общем случае имеет вид

$$Q = K \Delta p^m,$$

где Q – расход через дроссель;

Δp – перепад давления на дросселе;

K – коэффициент пропорциональности;

m – показатель степени.

В свою очередь, скорость перемещения рабочего органа с минутной подачей s_m имеет следующую зависимость от расхода Q , л/мин:

$$s_m = \frac{10^6 Q}{S}, \text{ мм/мин,}$$

где S – площадь поршня бесштоковой полости цилиндра ЦЗ:
 $S = 12950 \text{ мм}^2$.

Как указывалось выше, стенд предназначен для проведения исследования гидроприводов с дроссельным регулированием, имитирующих процесс работы приводов фрезерно-отрезного станка. В станках этого типа при разрезке заготовок с переменной высотой пропила, например круглой заготовки, минутная подача пильного диска s_m в процессе резания не остается величиной постоянной, а уменьшается с увеличением высоты пропила, и наоборот. Это связано с тем, что с увеличением величины пропила увеличивается количество зубьев инструмента, одновременно находящихся в контакте с разрезаемым материалом. При этом растут нагрузки F , такие как силы резания, и изменяется величина давления p в рабочем цилиндре. Перепад давления Δp на дросселе уменьшается, что ведет к уменьшению расхода Q через дроссель и, следовательно, к уменьшению минутной подачи s_m .

Для определения зависимости минутной подачи гидропривода от перепада давления $s_m = f(\Delta p)$ необходимо знать следующие параметры:

а) настроенное с помощью дросселя, регулирующего скорость рабочего хода, значение минутной подачи при холостом ходе s_m на участке между конечными выключателями SQ3 и SQ8, когда значение нагрузки $F = 0$;

б) величину действующих нагрузок F в процессе рабочего хода и соответствующие им значения минутных подач s_m .

Скорость перемещения рабочего органа, т. е. минутная подача s_m , определяется как частное от деления длины пути L , мм, проходимо-го поршнем со штоком между выключателями SQ8 и SQ9 с установившейся скоростью, на время движения t_s , с,

$$s_m = \frac{60L}{t_s}, \text{ мм/мин.}$$

Имеющийся комплект из трех электросекундомеров позволяет фиксировать время разгона t_p рабочего органа от 0 до установившейся скорости подачи s_m , время t_s движения с установившейся скоростью и время замедления t_3 .

Величина действующей нагрузки F на поршень рабочего органа регулируется с помощью дросселей ДР1 и ДР2 и равна произведению давления p_2 , согласно показаниям манометра МН2, на площадь поршня S_2 нагрузочного цилиндра Ц2 со стороны бесштоковой полости:

$$F = p_2 S_2.$$

Перепад давления Δp на дросселе ДР3, регулирующем скорость рабочего хода, равен разности показаний давлений p_3 и p_4 по манометрам МН3 и МН4:

$$\Delta p = p_3 - p_4.$$

Определенные значения минутных подач s_m , равные 80, 100, 150, 200 мм/мин, последовательно настраиваются дросселем ДР3, регулирующим скорость рабочего хода в наладочном режиме при отсутствии нагрузки F со стороны нагрузочного цилиндра Ц2 на хо-

лостом ходу. После этого на каждой настроенной подаче s_m в нагру- зочном цилиндре с помощью дросселей ДР1 и ДР2 по манометру МН2 последовательно устанавливаются следующие значения давлени- p_2 : 0; 0,15; 0,30; 0,50; 0,70 МПа. Установка давлений p_2 про- изводится во время рабочего хода на участке установившегося дви- жения, и они соответствуют нагрузке на шток рабочего цилиндра силой F , равной 0; 1,83; 3,7; 6,13; 8,6 кН.

После настройки соответствующей скорости подачи s_m и нагруз- ки F включается автоматический цикл, для чего переключатель на панели управления ставится в положение «ЦИКЛ» и включается кнопка «ПУСК». В течение цикла фиксируются:

а) время t_s , с, прохождения мерного отрезка пути L , мм, с устано- вившейся скоростью подачи s_m , мм/мин, с помощью электросекун- домера;

б) показания манометра МН2 для определения рабочей нагрузки F , а также манометров МН3 и МН4 для определения перепада давлени- Δp на дросселе ДР3.

После окончания одного цикла и выполнения вышеуказанных измерений, без изменения настроенной скорости подачи s_m , с помо- щью дросселей ДР1 и ДР2 меняется величина действующей нагруз- ки F и исследования снова повторяются.

5.5. Заполнение таблицы исходных данных и результатов измерений

Таблица исходных данных и результатов эксперимента заполня- ется по измерениям времени t_s перемещения поршней цилиндров и давлений p_2 , p_3 и p_4 в магистралях гидросистемы, а также результа- тов расчета значений минутных подач s_m , мм/мин, и расходов рабо- чей жидкости Q , л/мин, в магистралях.

Исходные и экспериментальные данные

№ опыта	L , мм	t , с	Настроенная минутная подача s_M , мм/мин	Настроенное давление в нагрузочном цилиндре p_2 , МПа	Нагрузка на шток рабочего цилиндра F , кН	L , мм	t , с	s_M , мм/мин	Q , л/мин	P_3 , МПа	P_4 , МПа	Δp , МПа
1				0	–							
2				0,15	1,83							
3				0,3	3,70							
4				0,5	6,13							
5				0,7	8,60							
6				0	–							
7				0,15	1,83							
8				0,3	3,70							
9				0,5	6,13							
10				0,7	8,60							

Полученная в результате эксперимента информация дает возможность построить зависимости минутной подачи рабочего органа s_M от нагрузки на шток рабочего цилиндра F и перепада давления на дросселе Δp :

$$s_M = f(F_i) \quad \text{и} \quad s_M = f(\Delta p_i).$$

Расход рабочей жидкости Q , поступающей в рабочий цилиндр, зависит от минутной подачи s_M , мм/мин, и связан с ней следующей зависимостью:

$$Q = 10^{-6} s_M S, \text{ л/мин,}$$

где S – площадь бесштоковой полости рабочего цилиндра ЦЗ: $S = 12950 \text{ мм}^2$.

После расчета значения расхода через дроссель Q при различных значениях минутной подачи s_M и построения в логарифмических координатах зависимости расхода от перепада давления $Q = f(\Delta p_i)$ определяются значения показателя степени m и коэффициента пропорциональности K . Показатель степени m численно равен тангенсу угла наклона прямой

$$\log Q = f(\log(\Delta p_i)).$$

Коэффициент пропорциональности K численно равен значению длины отрезка на вертикальной оси в точке пересечения оси с построенным графиком.

5.6. Содержание отчета

1. Описание принципа работы гидросхем, имитирующих работу приводов.
2. Необходимые расчеты по гидравлическим системам приводов.
3. Таблица исходных и экспериментальных данных.
4. Графики зависимости минутной подачи рабочего органа от нагрузки на шток рабочего цилиндра и перепада давления на дросселе $s_M = f(F_i)$ и $s_M = f(\Delta p_i)$.
5. Графики зависимости расхода от перепада давления на дросселе в логарифмических координатах

$$\log Q = f(\log(\Delta p)).$$

6. Выводы и объяснение характера полученных зависимостей.

5.7. Контрольные вопросы

1. В какой последовательности работают приводы фрезерно-отрезного станка?
2. Какие элементы цикла работы гидравлических приводов имитируются на специальном испытательном стенде?
3. Как обеспечивается имитация работы приводов захвата и подачи материала?
4. Какие гидроаппараты имитируют работу гидроприводов зажима материала и рабочей подачи фрезерной бабки фрезерно-отрезного станка?
5. Как имитируется создание рабочей нагрузки на фрезерную бабку станка?
6. Какие гидроаппараты имитируют создание ступенчатого изменения нагрузки на фрезерную бабку станка при рабочем ходе в процессе фрезерования?
7. Как имитируется отвод каретки и фрезерной бабки при холостом ходе?

8. Какими должны быть последовательность и блокировка работы гидроприводов станка для исключения аварийной ситуации?

9. Как определяется и от чего зависит минутная подача s_m фрезерной бабки?

10. Методика определения значений коэффициента пропорциональности K и показателя t для расчета расхода жидкости Q по результатам исследований?

Л и т е р а т у р а

1. Башта, Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.
2. Бирюков, Б. Н. Гидравлическое оборудование металлорежущих станков / Б. Н. Бирюков. – М. : Машиностроение, 1979. – 112 с.
3. Богданович, Л. Б. Гидравлические приводы / Л. Б. Богданович. – Киев : Вища школа, 1980. – 231 с.
4. Гидропривод и гидропневмоавтоматика станков / под ред. В. А. Федорца. – Киев : Вища школа, 1987. – 375 с.
5. Гидроприводы и гидрооборудование в станкостроении / А. Я. Оксененко [и др.]. – М. : НИИмаш, 1982. – 112 с.
6. Глубокий, В. И. Расчет гидравлических приводов станочного оборудования / В. И. Глубокий. – Минск : БНТУ, 2005. – 80 с.
7. Гидравлические приводы станочного оборудования / В. И. Глубокий [и др.]. – Минск : БГПА, 1994. – 68 с.
8. Глубокий, В. И. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. Гидравлическая аппаратура / В. И. Глубокий, В. Ф. Горошко, В. И. Клевзович. – Минск : БПИ, 1986. – 44 с.
9. Глубокий, В. И. Гидравлическая аппаратура станочного оборудования / В. И. Глубокий, В. И. Клевзович, А. М. Якимович. – Минск : БГПА, 1994. – 52 с.
10. Данилов, Ю. А. Аппаратура объемных гидроприводов. Рабочие процессы и характеристики / Ю. А. Данилов, Ю. Л. Кирилловский, Ю. Г. Колпаков. – М. : Машиностроение, 1990. – 272 с.
11. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу / под ред. Б. Б. Некрасова. – М. : Высшая школа, 1989. – 192 с.
12. Иринг, Ю. С. Проектирование гидравлических и пневматических систем / Ю. С. Иринг, Д. К. Раппопорт. – Л. : Машиностроение, 1983. – 363 с.
13. Корнилов, В. В. Гидропривод в кузнечно-штамповочном оборудовании / В. В. Корнилов, В. М. Сеницкий; под ред. Н. В. Пасечника. – М. : Машиностроение, 2002. – 224 с.
14. Кузнецов, В. Г. Приводы станков с программным управлением / В. Г. Кузнецов. – М. : Машиностроение, 1983. – 248 с.
15. Машиностроительный гидропривод / под ред. В. И. Прокофьева. – М. : Машиностроение, 1978. – 495 с.

16. Металлорежущие станки / Н. С. Колев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1980. – 288 с.
17. Металлорежущие станки / под ред. В. Э. Пуша. – М. : Машиностроение, 1985. – 575 с.
18. Металлорежущие станки и автоматы / под ред. А. С. Проникова. – М. : Машиностроение, 1981. – 479 с.
19. Навроцкий, К. Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов / К. Л. Навроцкий. – М. : Машиностроение, 1991. – 384 с.
20. Никитин, О. Ф. Объемные гидравлические и пневматические приводы / О. Ф. Никитин, К. М. Холин. – М. : Машиностроение, 1981. – 269 с.
21. Иванов, Г. М. Проектирование гидравлических систем машин / Г. М. Иванов, С. А. Ермаков, Б. Л. Коробочкин. – М. : Машиностроение, 1992. – 224 с.
22. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы / В. К. Свешников, А. А. Усов. – М. : Машиностроение, 1995. – 464 с.
23. Скрицкий, В. Я. Эксплуатация промышленных гидропроводов / В. Я. Скрицкий, В. А. Рокшевский. – М. : Машиностроение, 1984. – 176 с.
24. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / под ред. Б. Б. Некрасова. – Минск : Вышэйшая школа, 1985. – 216 с.
25. Столбов, Л. С. Основы гидравлики и гидропривод станков / Л. С. Столбов, А. Д. Перова, О. В. Ложкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 256 с.
26. Федорец, В. А. Расчет гидравлических и пневматических приводов гибких производственных систем / В. А. Федорец. – Киев : Вища школа, 1988. – 176 с.
27. Холин, К. М. Основы гидравлики и объемные гидроприводы / К. М. Холин, О. Ф. Никитин. – М. : Машиностроение, 1989. – 264 с.
28. Чупраков, Ю. И. Гидропривод и средства гидропневмоавтоматики / Ю. И. Чупраков. – М. : Машиностроение, 1979. – 232 с.
29. Юшкин, В. В. Основные расчеты объемного гидропривода / В. В. Юшкин. – Минск : Вышэйшая школа, 1982. – 94 с.
30. Якимович, А. М. Проектирование гидравлических приводов / А. М. Якимович, В. И. Клевзович, А. И. Бачанцев. – Минск : БНТУ, 2002. – 71 с.

Примеры гидравлических схем приводов
подач технологического оборудования
с различными циклами работы

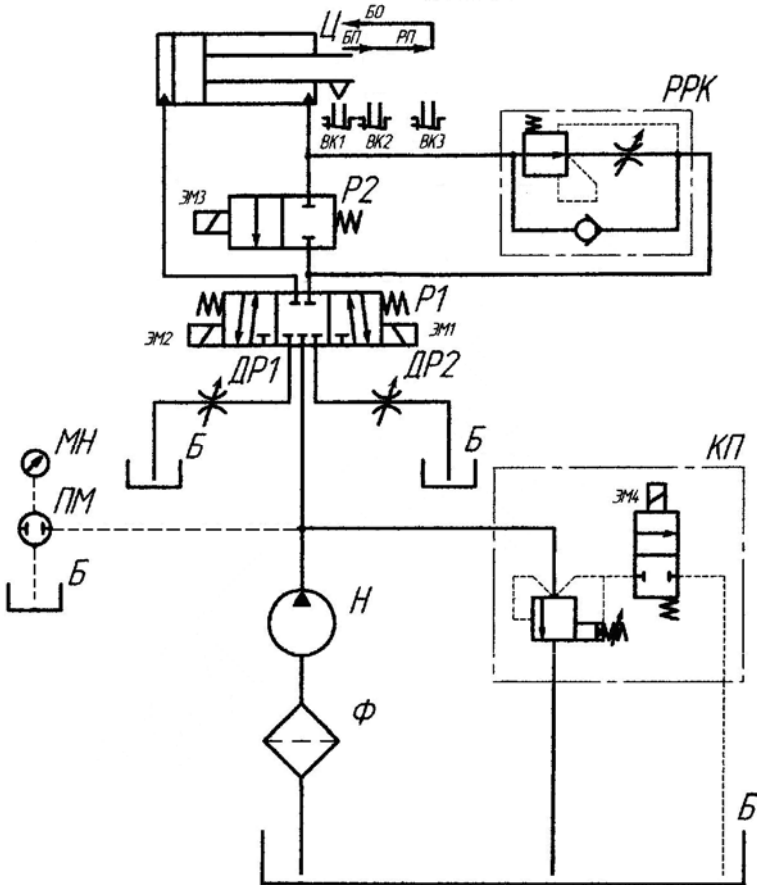


Рис. П1. Гидравлическая схема привода подач с пятилинейным трехпозиционным распределителем P1 с электрическим управлением цикла работы:

- быстрый подвод БП (ДР2; ЭМ1–P1; ЭМ3–P2);
- рабочая подача РП (РРК; ЭМ1–P1);
- быстрый отвод БО (ДР1; ЭМ2–P1)

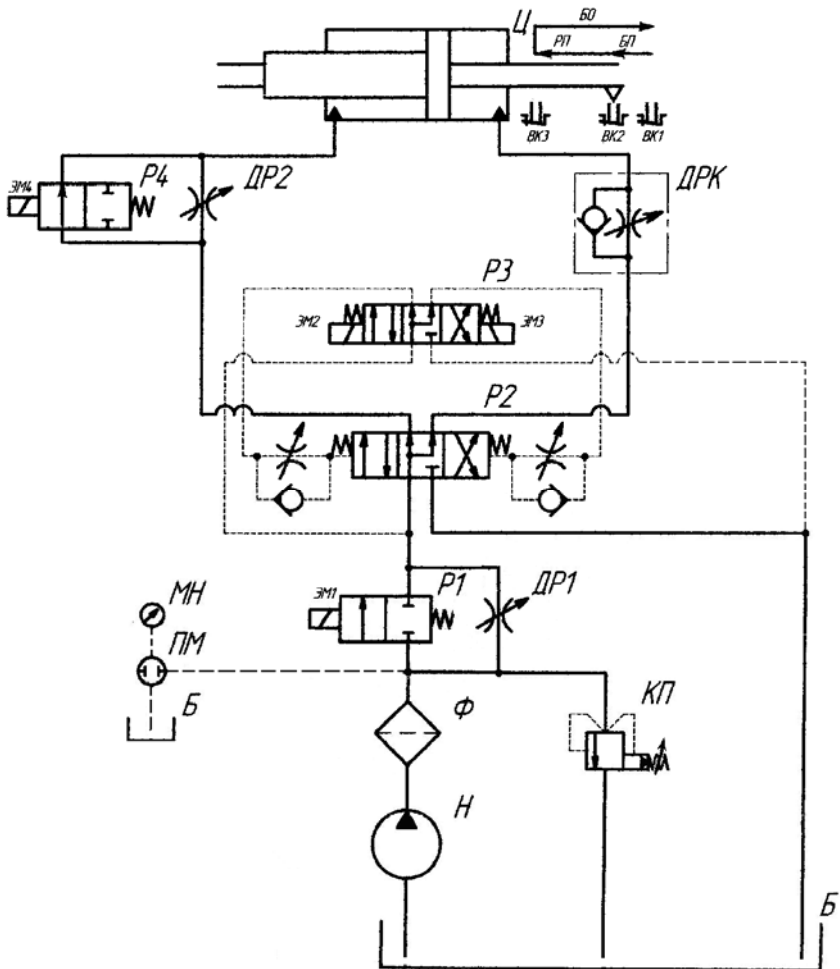


Рис. П2. Гидравлическая схема привода подач с дифференциальным цилиндром Ц, четырехлинейным трехпозиционным распределителем P2 с гидравлическим управлением от распределителя P3 и электрическим управлением цикла работы:

- **быстрый подвод БП** (ДР2; ЭМ1–P1; ЭМ3–P3; P2 – влево);
- **рабочая подача РП** (ДР1; P2 – среднее положение; ЭМ4–P4);
- **быстрый отвод БО** (ДРК; ЭМ1–P1; ЭМ2–P3; P2 – вправо; ЭМ4–P4)

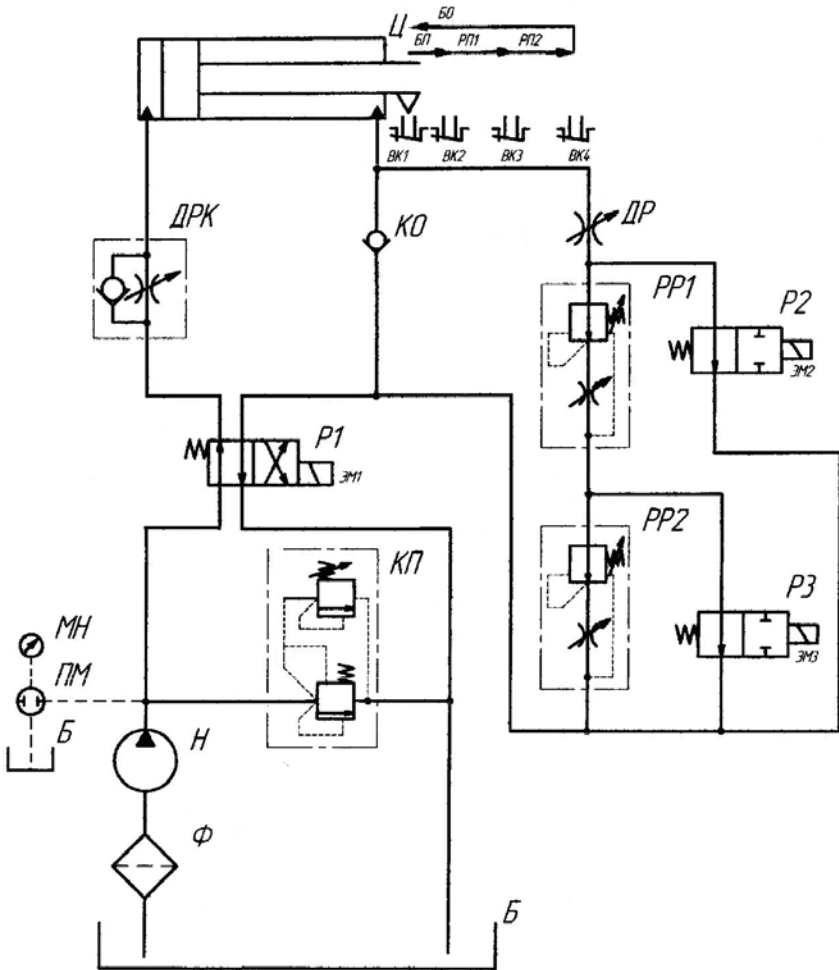


Рис. ПЗ. Гидравлическая схема привода подач с четырехлинейным двухпозиционным распределителем Р2 с электромагнитным управлением, с последовательным подключением дросселя ДР и регуляторов расхода РР1 и РР2 и электрическим управлением цикла работы:

- **быстрый подвод БП** (ДР; Р1 – вправо; отключены ЭМ2–Р2 и ЭМ3–Р3);
- **первая рабочая подача РП** (РР1; Р1 – вправо; включен ЭМ2–Р2; отключен ЭМ3–Р3);
- **вторая рабочая подача РП** (РР2; Р1 – вправо; включены ЭМ2–Р2 и ЭМ3–Р3);
- **быстрый отвод БО** (ДРК; включен ЭМ1–Р1 – влево)

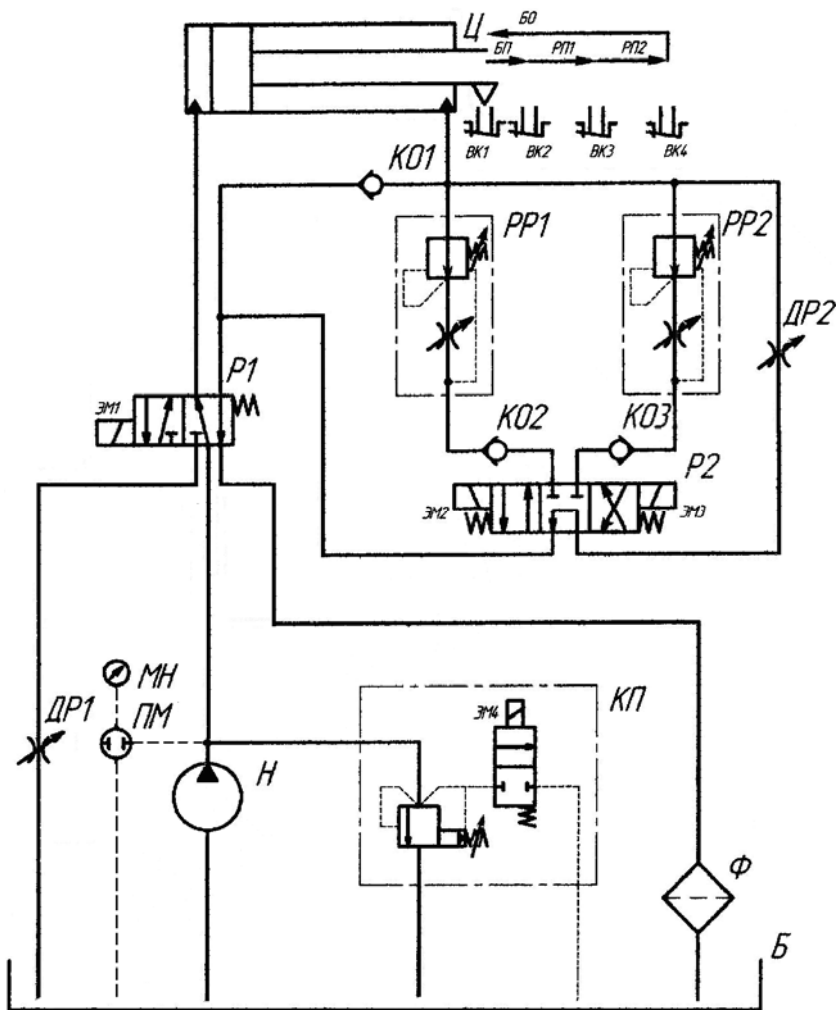


Рис. П4. Гидравлическая схема привода подач с четырехлинейными двухпозиционным P1 и трехпозиционным P2 распределителями с электромагнитным управлением, с параллельным подключением дросселя ДР2 и регуляторов расхода PP1 и PP2 и электрическим управлением цикла работы:

- **быстрый подвод БП** (ДР2; P1 – влево; отключены ЭМ2 и ЭМ3–P2);
- **первая рабочая подача РП** (PP1; P1 – влево; включен ЭМ2–P2 – вправо);
- **вторая рабочая подача РП** (PP2; P1 – влево; включен ЭМ3–P2 – влево);
- **быстрый отвод БО** (ДР1; включен ЭМ1–P1 – вправо)

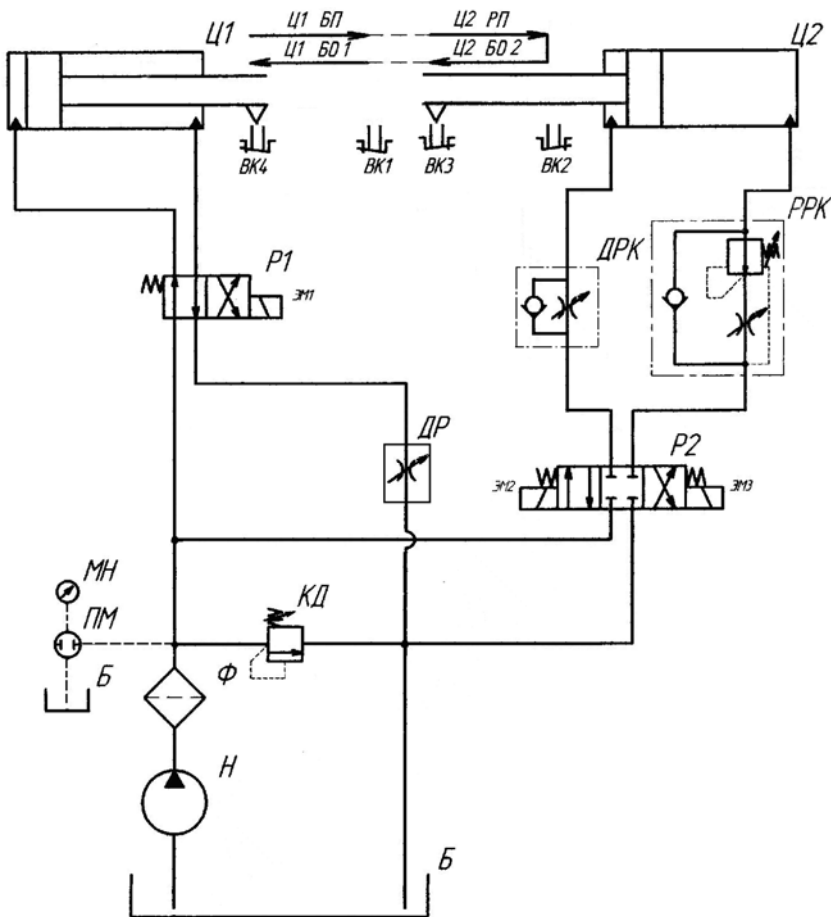


Рис. П5. Гидравлическая схема приводов подач с четырехлинейными двухпозиционным P1 и трехпозиционным P2 распределителями с электромагнитным управлением, с автономным управлением и последовательной работой цилиндров Ц1 и Ц2 по циклу:

- Ц1 – быстрый подвод БП вправо (ДР; P1 – вправо; отключены ЭМ2 и ЭМ3–P2);
- Ц2 – рабочая подача РП вправо (РРК; P1 – вправо; включен ЭМ2–P2 – вправо);
- Ц2 – быстрый отвод БО 2 влево (ДРК; P1 – вправо; включен ЭМ3–P2 – влево);
- Ц1 – быстрый отвод БО 1 влево (ДР; ЭМ1–P1 – влево; отключены ЭМ2 и ЭМ3–P2)

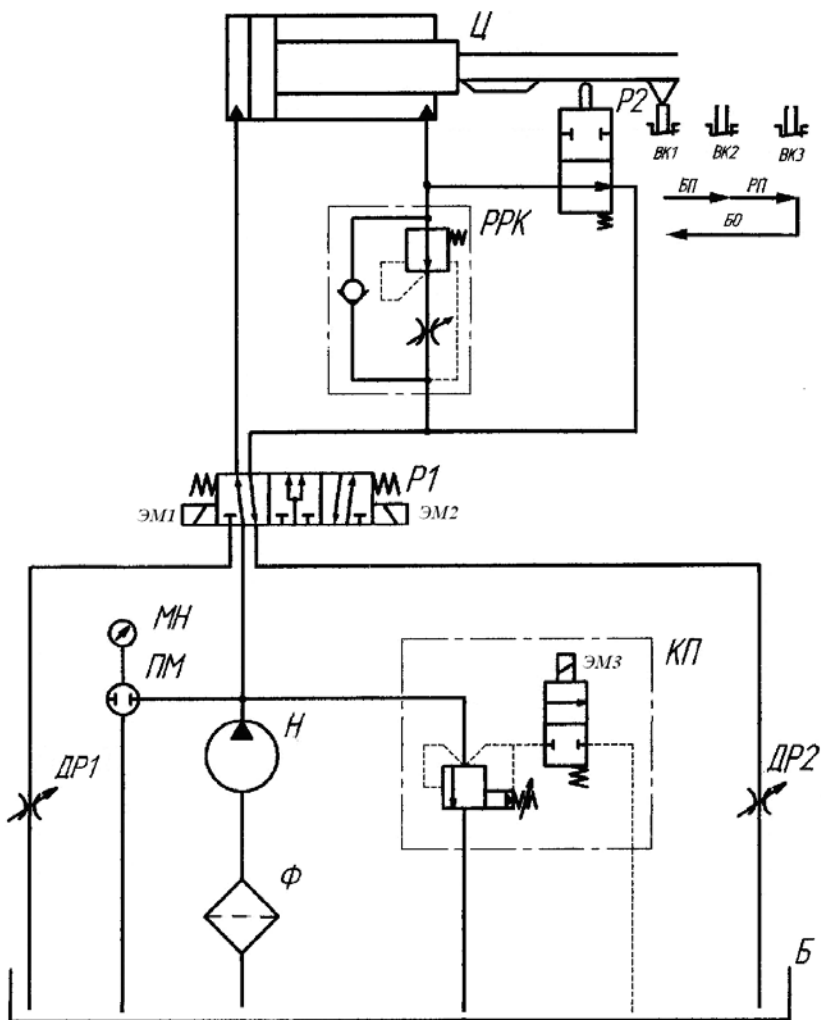


Рис. Пб. Гидравлическая схема привода подач с дифференциальным цилиндром и пятилинейным трехпозиционным распределителем P1 с электромагнитным управлением и двухпозиционным распределителем P2 с управлением от кулачка с последовательным подключением регулятора расхода РПК и дросселя ДР2 и с электромеханическим управлением цикла работы:

- **быстрый подвод БП** (ДР2; P1 – влево; включен ЭМ1 – P1; включен P2 – вверх);
- **рабочая подача РП** (РПК; P1 – центр; отключены ЭМ2 и ЭМ3; включен P2 – вниз);
- **быстрый отвод БО** (ДР1; P1 – вправо; включен ЭМ2)

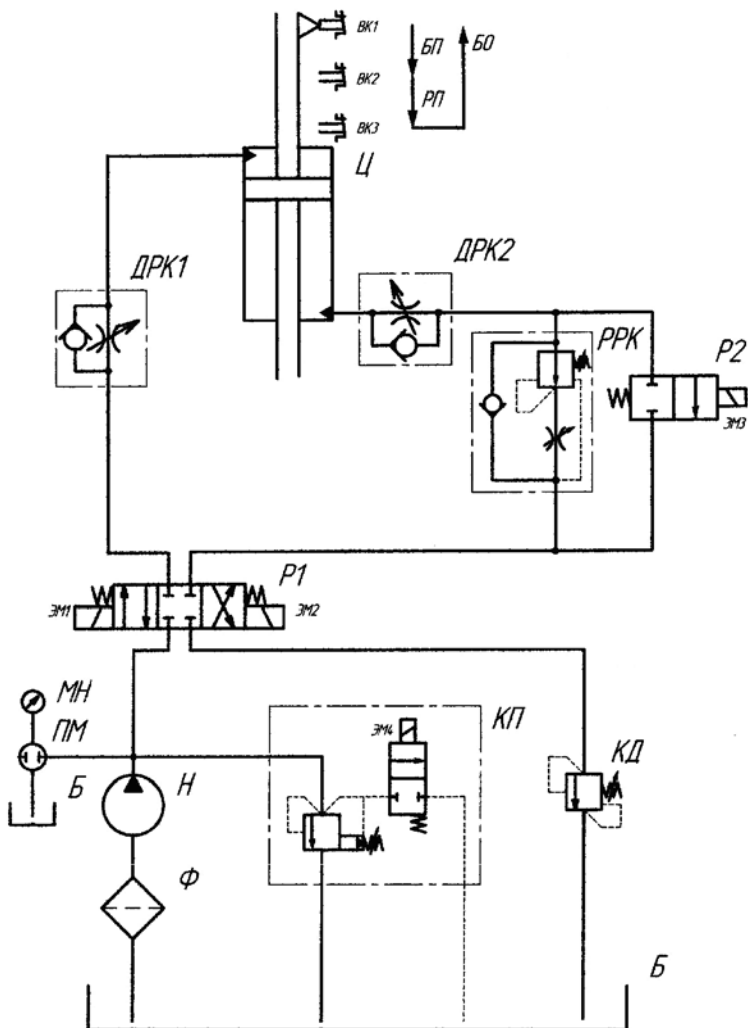


Рис. П7. Гидравлическая схема привода вертикальной подачи с двухштоковым цилиндром четырехлинейным трехпозиционным распределителем P1 с электромагнитным управлением, с последовательным подключением дросселя ДРК2 и регулятора расхода РРК и электрическим управлением цикла работы:

- **быстрый подвод БП** (ДРК1; P1 – вправо; включены ЭМ1–P1 и ЭМ3–P2);
- **рабочая подача РП** (РРК; P1 – вправо; включен ЭМ1–P1; отключен ЭМ3–P2);
- **быстрый отвод БО** (ДРК2; P1 – влево; включен ЭМ2–P1; отключен ЭМ3–P2)

О г л а в л е н и е

Введение.....	3
1. ОПИСАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ГИДРОПРИВОДА.....	4
2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	8
3. ДРОССЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА.....	9
3.1. Общие сведения о дроссельном регулировании.....	9
3.2. Цель лабораторной работы.....	17
3.3. Исследование гидравлического привода с регулированием скорости в одном направлении.....	18
3.4. Исследование гидравлического привода с независимым регулированием прямого и обратного хода.....	23
3.5. Исследование гидравлического привода со ступенчатым изменением скоростей.....	27
3.6. Исследование гидравлического привода с регулированием прямого и обратного хода при параллельном включении дросселя.....	33
3.7. Содержание отчета.....	36
3.8. Контрольные вопросы.....	37
4. УПРАВЛЕНИЕ ЦИКЛОМ РАБОТЫ ГИДРОЦИЛИНДРОВ....	38
4.1. Особенности управления циклом работы гидроцилиндров.....	38
4.2. Цель лабораторной работы.....	46
4.3. Исследование гидравлического привода с одновременным управлением работой гидроцилиндров.....	47
4.4. Исследование гидравлического привода с автономным управлением работы гидроцилиндров.....	52
4.5. Содержание отчета.....	56
4.6. Контрольные вопросы.....	56
5. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДОВ С ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ФРЕЗЕРНО-ОТРЕЗНОГО СТАНКА.....	57
5.1. Описание испытательного гидростенда.....	57
5.2. Описание работы гидросистемы испытательного стенда...	63
5.3. Цель лабораторной работы.....	66

5.4. Методика проведения исследований и порядок выполнения работы.....	67
5.5. Заполнение таблицы исходных данных и результатов измерений.....	69
5.6. Содержание отчета.....	71
5.7. Контрольные вопросы.....	71
Литература.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	75

Учебное издание

ГЛУБОКИЙ Владимир Игнатьевич
ЯКИМОВИЧ Александр Максимович
МАКАРЕВИЧ Игнат Владимирович

**ТИПОВЫЕ СХЕМЫ
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ**

Учебно-методическое пособие
к лабораторным занятиям
для студентов технических специальностей
высших учебных заведений

Редактор *Т. Н. Микулик*
Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 15.12.2014. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 3,82. Тираж 100. Заказ 818.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.