



Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Гидропневмоавтоматика»

## **ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ**

**Практическое пособие  
к лабораторным занятиям  
по одноименному курсу  
для студентов специальности 1-36 01 07  
«Гидропневмосистемы мобильных  
и технологических машин»  
дневной формы обучения**

Гомель 2006

УДК 621.225(075.8)  
ББК 30.123я73  
И87

*Рекомендовано научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого*

Авторы-составители: *А. В. Михневич, А. А. Гинзбург*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Техническая механика» ГГТУ им. П. О. Сухого  
*С. Ф. Андреев*

И87

**Исследования** и испытания гидропневмосистем : практ. пособие к лаб. занятиям по одно-им. курсу для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. формы обучения / авт.-сост. : А. В. Михневич, А. А. Гинзбург. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. – 35 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

В практическом пособии приведены краткие теоретические сведения, описание экспериментальных установок и порядок выполнения лабораторных работ по курсу «Исследования и испытания гидропневмосистем», методики обработки опытных результатов и составление отчета.

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

УДК 621.225(075.8)  
ББК 30.123я73

© Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», 2006

# Лабораторная работа № 1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Цель работы:

1. Изучение принципа действия гидравлического привода поступательного движения с дроссельным регулированием скорости.
2. Ознакомление с особенностями работы экспериментального стенда, на котором смонтирован гидравлический привод.
3. Изучение методики определения основных характеристик гидравлического привода.

Последовательность проведения работы:

1. Определить механический к.п.д. силового гидроцилиндра и его зависимости от величины рабочего давления и скорости движения поршня.
2. Сравнить эффективность 2-х способов регулирования скорости движения поршня: с дросселем и регулятором Г55-2 и без регулятора.
3. Определить регулировочные характеристики гидропривода и зависимость их от рабочего давления.

Схема лабораторного стенда.

Принципиальная схема лабораторного стенда для испытания гидропривода поступательного движения показана на рис.1.

Гидропривод состоит из следующих основных узлов:

- насосной станции, включающей в себя пластинчатый насос ЛПФ с производительностью 16 л/мин, приводной электродвигатель  $N = 1,7$  кВт,  $n = 930$  об/мин., и резервуар с минеральным маслом «индустриальное 20»;
- напорного золотника типа Г54-13, отрегулированного на давление 3,5Мпа;
- распределительного золотника с гидроуправлением типа Г72-14;
- крана управления типа Г71-21 (I);
- дросселя с регулятором типа Г55-23;
- дросселя типа Г77-11;
- пластинчатого фильтра типа Г41-12;
- рабочего гидроцилиндра РГЦ;
- нагрузочного гидроцилиндра НГЦ;
- крана отключения регулятора типа Г71-21 (II).

Штоки рабочего и нагрузочного гидроцилиндров связаны кольцевым диаметром  $D$ , а штоковые полости обоих цилиндров постоянно сообщены с баком, так что каждый из них работает как привод одностороннего действия: рабочий выполняет движение вправо, нагрузочный – влево.

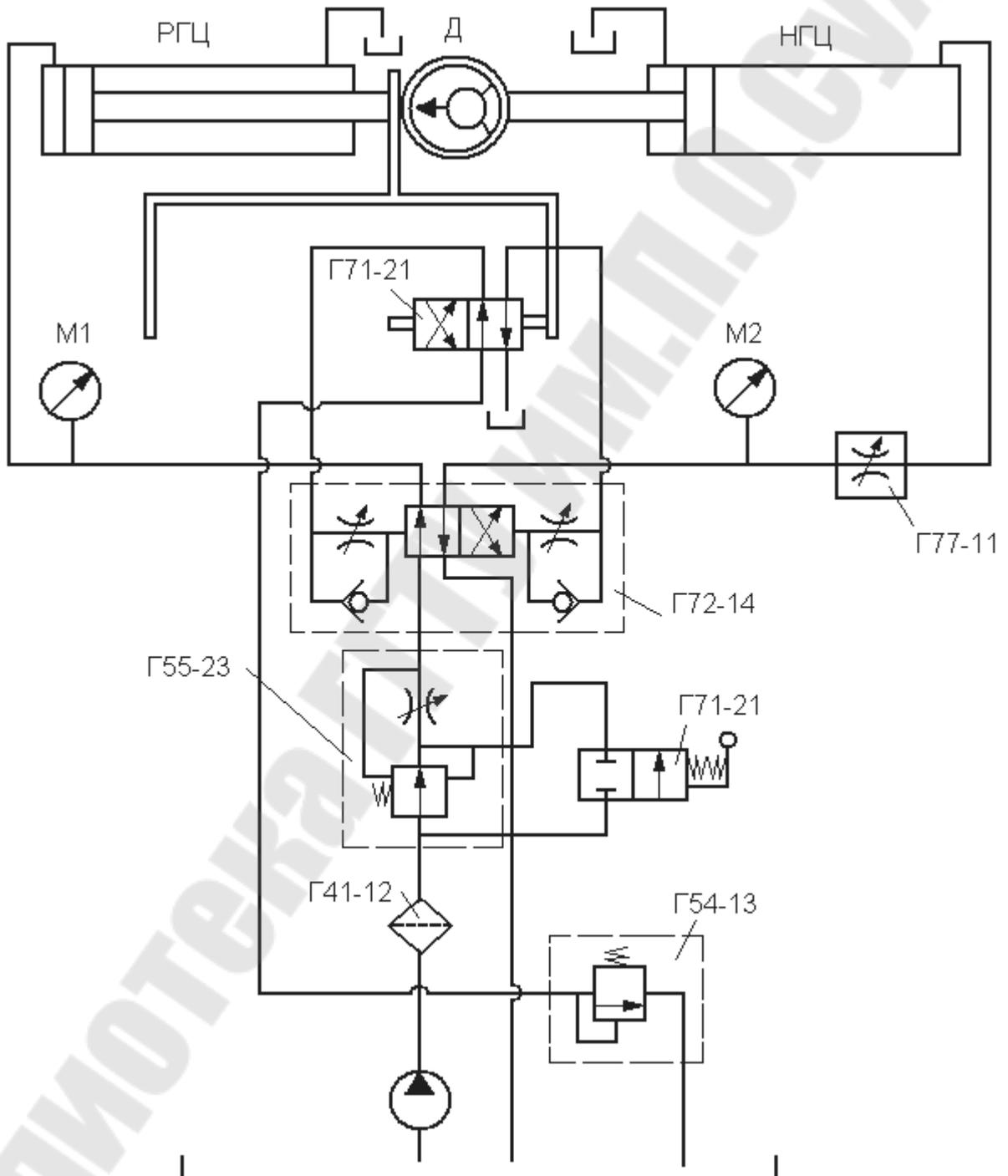


Рис. 1

Жидкость от насоса поступает через фильтр и дроссель с регулятором на вход распределительного золотника. В зависимости от положения распределительного золотника рабочий поток подводится в

рабочую полость одного из цилиндров, а поршневая полость другого сообщается при этом со сливным трубопроводом. Расход жидкости на линии подвода определяется настройкой дросселя с регулятором (дроссель «на входе»), а её излишек, создаваемый нерегулируемым насосом, отводится через напорный золотник в бак.

Управление распределительным золотником осуществляется краном Г71-21, который переключается упорами на линейке Л, связанной с подвижной частью приводов. Переключение производится автоматически в крайних положениях приводов. Поток жидкости, подведённый к крану от напорного трубопровода, направляется в одну из полостей управления распределительного золотника, а другая полость при этом сообщается с баком. Дроссели с обратными клапанами в цепи управления позволяют отрегулировать плавность реверса и время переключения золотника.

В положении, показанном на схеме, рабочий поток жидкости поступает через распределительный золотник в поршневую полость рабочего гидрцилиндра, вызывая перемещение подвижных частей приводов вправо (прямой ход). Скорость движения зависит от настройки дросселя с регулятором, а давление в рабочей полости, контролируемое манометром  $M_1$ , - от величины сил сопротивления движению (нагрузки).

Величину нагрузки можно регулировать дросселированием потока жидкости, вытесняемой на слив из поршневой полости нагрузочного гидроцилиндра. Для этой цели служит дроссель Г77-11, установленный на выходе из полости. Уменьшение площади проходного сечения дросселя приводит к возрастанию давления в полости нагрузочного гидроцилиндра, чем создаётся необходимый перепад давлений на дросселирующей щели, при котором она в состоянии пропустить расход вытесняемой жидкости.

В конце хода вправо упор на линейке Л переключает кран управления Г71-21, что приводит к переключению распределительного золотника. Рабочий поток с выхода золотника поступает в полость нагрузочного гидроцилиндра, вызывая перемещение подвижных частей приводов влево (обратный ход). Дроссель Г77-11 при этом осуществляет дросселирование потока на входе в полость. Так как параметры рабочего и нагрузочного гидроцилиндров одинаковы и скорости движения приводов, определяемые настройкой Г55-23, при прямом и обратном ходе равны, но подпор давления перед дросселем Г77-11, контролируемый манометром  $M_2$  будет равен давлению в полости рабочего гидроцилиндра при прямом ходе. Это позволяет использовать обратный ход для установки необходимых параметров гидропривода, а при прямом ходе только вести измерения.

Для сравнения эффективности регулирования скорости дросселем с регулятором, последний можно отключить краном Г71-21 (II) и произвести испытание без регулятора.

### Описание измерительных приборов.

Усилие, развиваемое рабочим гидроцилиндром, контролируется динамометром, представляющим собой пружинное кольцо, деформация которого под действием приложенного усилия измеряется индикатором типа КИ. Зависимость деформации от усилия (тарировочный график динамометра) приведена на рис.2.

Время движения поршня рабочего гидроцилиндра при прямом ходе измеряется секундомером, включение, выключение и установка на нуль (после каждого отсчёта) которого производится автоматически с помощью электромагнита. Электромагнит включается при замыкании электрической цепи конечными выключателями ВК (на схеме не показаны) при воздействии на них упоров линейки Л. Секундомер контролирует время на участке установившегося движения привода длиной  $l_K = 165$  мм. По времени движения определяется скорость на этом участке.

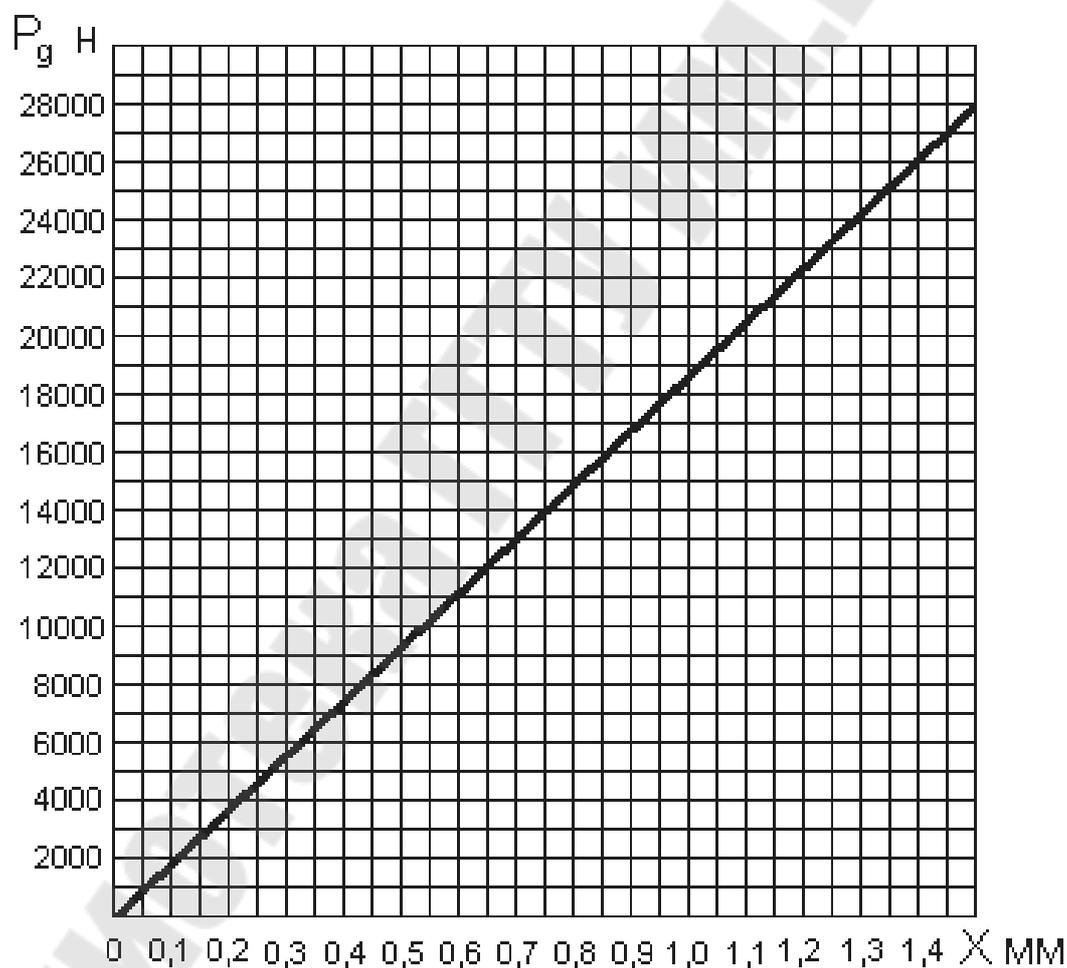


Рис. 2

Для определения скорости движения служит также самописец (на схеме не показан), состоящий из электродвигателя, редуктора, барабана и рычага с пером, соединённого со штоком гидроцилиндра. На барабан, вращающийся с угловой скоростью  $\omega = 3 \frac{1}{c}$ , устанавливается

диаграммная бумага, на которой производится запись перемещения в функции времени. Диаметр барабана  $D_6 = 127$  мм. Температура рабочей жидкости в баке измеряется термометром.

#### Схема управления стендом.

Стенд работает в автоматическом режиме, при котором обеспечивается возвратно-поступательное движение поршней рабочего и нагрузочного гидроцилиндров, автоматическое включение и выключение отсчёта времени.

Запуск стенда после подготовки к работе разрешается преподавателем. При пуске необходимо, чтобы дроссель с регулятором был перекрыт (лимба установлен на нуль), а дроссель Г77-11 полностью открыт поворотом рукоятки по часовой стрелке до упора. После включения гидростанции плавным открытием дросселя Г55-23 приводятся в движение приводы. Все последующие регулировки производятся при работающей гидросистеме рукоятками дросселей, расположенными на верхней панели стенда. Включение секундомера и саописца осуществляется тумблерами.

Методика и порядок проведения испытаний гидропривода.

#### 1. Механический к.п.д. рабочего гидроцилиндра.

Механическим к.п.д. гидроцилиндра называется отношение действительного усилия  $P_0$  на его штоке к теоретическому усилию  $P_m$ :

$$\eta_m = \frac{P_0}{P_m} .$$

Действительное усилие определяется прямым измерением, а теоретическое рассчитывается по формуле:

$$P_m = p \cdot F ,$$

где  $p$  – давление в рабочей полости цилиндра в Мпа;

$F = 95,4 \text{ см}^2$  – площадь поршня.

Известно, что  $\eta_m$  гидроцилиндра зависит от величины давления и скорости движения поршня:

$$\eta_m = \varphi(p, V) .$$

Для определения этой зависимости необходимо при заданной величине скорости определить  $\eta_m$  для разных давлений, затем повторить измерения при другой величине скорости и т. д.

Скорость устанавливается по лимбу дросселя с регулятором и её значения (в углах поворота лимба  $\alpha$ ) задаются преподавателем.

Давления, при которых определяется  $\eta_m$ , устанавливаются дросселем Г71-11, регулирующим величину нагрузки. Величины давления задаются преподавателем.

Действительные усилия на штоке гидроцилиндра определяются по показаниям индикатора динамометра и тарировочному графику (рис.2).

Действительные скорости движения определяются из зависимости:

$$V = \frac{l_k}{t},$$

где  $l_k = 165$  мм – длина контролируемого пути;

$t$  – время по секундомеру.

Результаты измерений и расчёта заносятся в таблицу.

По полученным данным строятся графики зависимостей:

$$\eta_m = \varphi(p, V_1), \quad \eta_m = \varphi(p, V_2), \quad \eta_m = \varphi(p, V_3).$$

## 2. Снятие регулировочной характеристики гидропривода.

Регулировочной характеристикой называется зависимость скорости движения подвижного элемента привода от положения регулирующего органа при фиксированном давлении жидкости.

В данном случае – это зависимость скорости поршня рабочего гидроцилиндра от угла поворота лимба дросселя с регулятором.

Измерения производятся для двух фиксированных значений давления, которые задаются преподавателем. Лимб дросселя последовательно устанавливается на угол  $30^0$ ,  $40^0$ ,  $50^0$ ,  $60^0$ ,  $70^0$ ,  $80$ ,  $90^0$  и для каждого положения определяется скорость установившегося движения путём измерения времени движения на участке  $l_k = 165$  мм. Все замеры производятся при одном давлении, которое регулируется дросселем Г77-11, а затем повторяется при другом значении давления. Результаты заносятся в таблицу и по ним строится график зависимости  $v = \varphi(\alpha, p)$ .

## Лабораторная работа № 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЕ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Цель работы:

Экспериментальное подтверждение расчёта потерь энергии в гидравлической ветви силового привода.

Краткое описание.

Работа выполняется на лабораторной установке, на которой изучаются и испытываются объёмные гидромашины.

Исследуется гидравлическая цепь пластинчатого насоса, содержащая трубопроводы, два регулятора расхода с предохранительным клапаном ПГ55-12 и без клапана ПГ77-12, гидромотор Г15-23, фильтр, теплообменник и ряд манометров. Гидромотор нагружается насосом второй гидросистемы. Влияние внешней нагрузки на гидравлическое сопротивление разных агрегатов невелико и при выполнении данной лабораторной работы нагрузку на гидромоторе можно не изменять. Исследуемый участок гидросистемы представлен на рис.3.

Манометры, обозначенные А, В, С, D позволяют контролировать давление в нескольких точках гидросистемы и определять потерю давления на заданных участках.

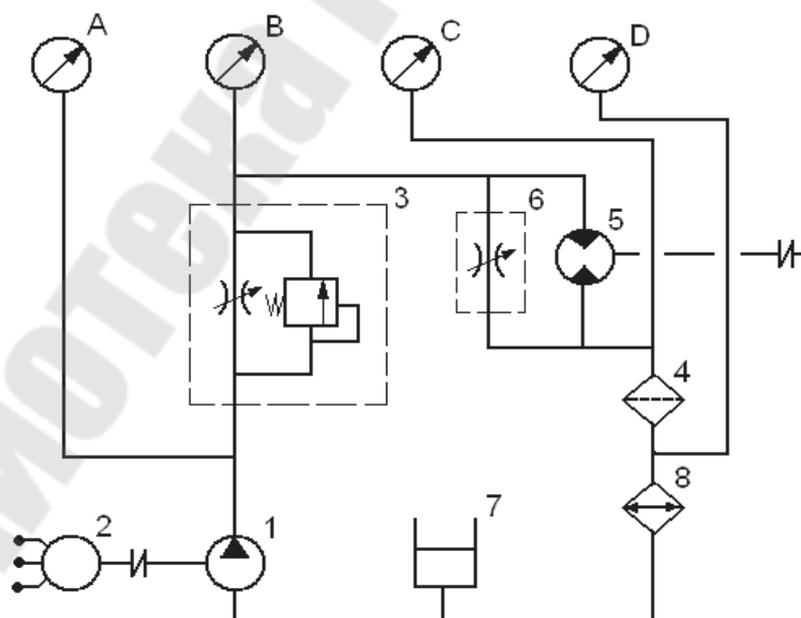


Рис. 3

Лабораторная работа выполняется в два этапа.  
Этап 1. Изучение и исследование регулятора потока ПГ55.  
Последовательное соединение.

Регулятор потока ПГ55-12 включен между насосом 1 и мотором 5, рис.3, и соединён с этими агрегатами трубопроводами. Манометры А и В регистрируют давление передач и регулятора. Трубопроводы на этом участке имеют известные размеры  $d$  и  $l_{(1),(2)}$ .

В данной лабораторной работе выполняется гидравлический расчёт участка гидросистемы, моделирующей реальный привод, и последующая экспериментальная проверка упомянутых расчётов.

Коэффициент местных сопротивлений приобретает различные значения. При этом каждому положению дросселя соответствует своя гидравлическая характеристика. Семейство гидравлических характеристик имеет форму квадратичной параболы.

Кроме гидравлической характеристики, у регулятора потока (дросселя) существует регулировочная характеристика, устанавливающая связь между расходом и величиной открытия проходного сечения. В общепринятой форме эта характеристика строится при фиксированном значении перепада давления. В частном случае характеристика имеет линейную форму.

В данной лабораторной работе строится регулировочная характеристика дросселирующего агрегата 3, рис. 3, при фиксированном значении расхода жидкости. Регистрируется перепад давления по манометрам А и В при различных положениях рукоятки дросселя с рисками на лимбе. Характеристика регулятора в данной гидросхеме имеет зону нечувствительности. Эта зона сравнительно велика. Поворот рукоятки на оборот и более не создаёт ощутимого изменения сопротивления. В других гидравлических системах с более высокими значениями расходов жидкости, зона нечувствительности сводится к минимуму.

Экспериментально построенная характеристика представляет собой результирующую кривую изменения местных сопротивлений по длине:

$$\Delta P_{A-B} = \Delta P_M + P_{\text{дл}},$$

где  $P_M$  и  $P_{\text{дл}}$  - соответственно потери давления от влияния местных и путевых сопротивлений. Левая часть измеряется, а правая вычисляется по известным формулам:

$$\Delta P_M = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma = \zeta \cdot \frac{8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot d^2};$$

$$\Delta P_{\text{от}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma = \lambda \cdot \frac{8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot d^2} \cdot (l_1 - l_2).$$

Коэффициент местных сопротивлений обычно приводится в справочниках, но в данном случае он подлежит вычислению.

## Этап 2. Параллельное соединение агрегатов и расчёт разветвлённой цепи.

В гидросхеме, представленной на рис.3, дроссель 6 и гидромотор 5 соединены параллельно. Для параллельного соединения справедливы следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \Delta P_{B-C} &= \Delta p_5 = \Delta p_6 \\ Q_H &= Q_5 = Q_6 \end{aligned}$$

На рассматриваемом участке, кроме упомянутых дросселя и гидромотора имеются трубопроводы. При параллельном соединении агрегатов появляются разветвлённые трубопроводы, чего не было при последовательном соединении. В узловых точках появляются местные сопротивления, соизмеримые с сопротивлениями каналов дросселя в открытом положении. Пренебрегая малыми сопротивлениями в местах изгиба трубопроводов, но учитывая местные сопротивления в двух узловых точках, получим:

$$\Delta P_M = \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \cdot (\zeta_6 + 2 \cdot \zeta_{\text{узн}})$$

где  $\zeta_6$  - коэффициент местных сопротивлений ПГ77-12 можно приравнять подобному коэффициенту ПГ55-12;

$\zeta_{\text{узн}}$  - в узловых точках происходит поворот потока на  $90^\circ$  и по справочнику  $\zeta_{\text{узн}} \approx 1,2$ .

Исходное состояние гидросистемы будем считать при закрытом дросселе 6 и полностью открытом дросселе 3. Перепад давления по манометрам В и С  $P_{B-C}$  отражает внутренние потери в гидромоторе и подсоединённом к его валу насосе. Внешняя нагрузка отсутствует. Расход жидкости в гидросистеме измеряется гидромотором 5 при закрытом дросселе 6 (рукоятка дросселя в левом крайнем положении).

$$Q = q_5 \cdot n_5 = 40 \cdot n_5$$

где  $n_5$  - частота вращения вала мотора по тахометру;  
 $q_5 = 40 \text{ см}^3/\text{об}$  – по паспорту Г15-23.

В таком расчёте не учитывается наличие некоторых объёмных потерь, которые особенно малы при отсутствии нагрузки на валу мотора-расходомера.

При открытом или частично открытом дросселе 6 поток разветвляется:

$$Q_H = Q_5 + Q_6$$

где  $Q_H$  и  $Q_5$  - общий и отдельный расходы жидкости через мотор;  
 $Q_6$  - поток через дроссель 6 ( $Q_6 = Q_H - Q_5$ ).

Следует обратить внимание на тот факт, что в стенде применены различные по типу регуляторы потока, но с одинаковым условным проходом и практически одинаковой длиной трубопроводов.

Существует единственное состояние лабораторной установки, когда коэффициент местного сопротивления обоих регуляторов и путевые потери в трубопроводах одинаковы – это при неподвижном валу мотора 5 и полном открытии дросселей 6 и 3. Надо помнить о появлении в узловых точках параллельно подсоединённого дросселя 6 двух дополнительных местных сопротивлений. В этом единственном состоянии:

$$\Delta P_{B-C} = \Delta P_M + \Delta P_{\text{дл}} = \Delta P_{A-B} + 2 \cdot \zeta \cdot \frac{8 \cdot Q^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot d_L^4},$$

где  $\Delta P_{B-C}$  - потеря давления на ветви с дросселем 6.

Расчётное значение сопоставляется с экспериментальным.

При вращении по направлению движения часовой стрелки рукоятки дросселя 6 сопротивление потоку возрастает. Вследствие специфики параллельного соединения, перепад давления в ветви регулятора потока равен перепаду давления в ветви гидромотора.

$$\Delta P_{B-C} = \Delta p_5 = \Delta p_6.$$

Как следует из записи, ветвь дросселя воспроизводит или дублирует потерю энергии в параллельно включённом гидромоторе. Постепенно наращивая обороты гидромотора и измеряя показания манометров В и С, получим кривую изменения внутренних потерь гидромотора с присоединённым к его валу насосом.

Показания потерь давления на фильтре 4 зависят от температурного состояния системы и в данном случае показания манометров С и D изменяются мало.

Следует обратить внимание на нагревание жидкости и постепенное снижение гидравлических сопротивлений на всех агрегатах.

### Порядок выполнения работы.

1. Подготовить к работе стенд :

а) ознакомится с трассой трубопроводов и расположением агрегатов.

Следить по схеме рис. 3;

б) вычертить гидросхему;

в) установить рукоятки всех регуляторов потока (3 шт.) в правое крайнее положение (открыть).

2. Подготовить таблицу для выполнения первой серии измерений и выполнения 1-го этапа работы.

Давление и перепад		Частота	Расход	Деление по лимбу	Вычисления	
A	$\Delta P_{A-B}$				$\lambda$	$\zeta$

3. Измерить  $l_1, l_2$  и  $d \neq d_L$  ( $d = 8$  мм;  $d_L = 6,5$  мм).

4. Придерживая рычаг электродвигателя, включить стенд и снять показания. Расход измерять при закрытом регуляторе 6.

5. Подготовить отчёт по первому этапу, в котором указать: режим течения, значения  $\lambda, \zeta$ ; показать график  $\Delta P_{A-B} = f(\text{дел. лимба})$ . Наложить на график расчётную зависимость  $P_{\text{дн}} = f(\text{дел. лимба})$ ,  $P_{\text{местн.}} = f(\text{дел. лимба})$ . Этот график совместить с графиком  $\zeta$ .

6. Подготовить таблицу для выполнения второй серии измерений и выполнения второго этапа работы.

7. Подготовить вычисления и построить график  $\Delta p_6 = \Delta p_5 = f(Q_{5,6})$  и на этом же графике  $\Delta P_{B-C} = f(Q)$ .

Зная, что в гидромашинах внутренние потери суммируются из потерь  $c_f, c_v, c_h$  соответственно, не зависящих от  $n_5$ : линейно зависящих от  $n_5$  и зависящих от квадрата  $n_5$  указать их примерное графическое изображение на графике  $\Delta p_5 = f(Q_5)$ .

## Лабораторная работа № 3

### ИСПЫТАНИЕ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА

Цель работы:

Получить внешнюю характеристику насоса, т. е. график зависимости подачи насоса  $Q_H$ , коэффициента подачи  $\varepsilon_H$ , коэффициента полезного действия  $\eta$  и мощности двигателя  $N_D$  от давления насоса  $P_H$ .

Устройство и работа насоса.

На рис. 4 представлен продольный разрез аксиально-поршневого насоса с нерегулируемой производительностью. Основными элементами этого насоса являются: блок цилиндров 1, поршни 2, распределитель 3, шатуны 4, вал 5 с гнёздами 6 для головок шатунов, опоры вала 7, карданный вал 8, корпус 9. Торсионным валиком 10 вал 5 насоса соединяется с валом двигателя.

Ось вращения вала и ось вращения блока цилиндров пересекаются под углом  $\gamma$ .

В блоке 1 размещается от семи до девяти цилиндров насоса. В исследуемом насосе их семь. Оси этих цилиндров параллельны оси вращения блока и размещены от неё на равных расстояниях. Продольный разрез по одному из цилиндров показан на рис.1. В каждом цилиндре размещается поршень 2, соединённый с валом посредством шатуна 4. Соединения шатуна с поршнем и с валом – шаровые шарниры. При вращении вала 5 вращается и блок цилиндров 1. При этом вращающиеся вместе с блоком цилиндров поршни совершают относительно цилиндров возвратно-поступательное движение. Так, показанный на рис.4 нижний поршень полностью вдвинулся в свой цилиндр. Выдвигаясь из цилиндра, этот поршень достигает своего противоположного крайнего положения тогда, когда блок цилиндров повернётся на  $180^\circ$ . При дальнейшем вращении блока поршень вновь вдвигается в цилиндр. Расстояние между крайними положениями поршня в цилиндре называется ходом поршня и обозначается  $S_n$ . Когда поршень выдвигается из цилиндра, перекачиваемая жидкость поступает в цилиндр, при движении поршня в противоположном направлении жидкость вытесняется из цилиндра через канал в торце цилиндра и распределитель 3.

На рис.4б представлен вид на рабочий торец распределителя. Две серповидные канавки  $m$  и  $n$  разъединены перемычками  $g$  и  $e$ . Если блок цилиндров, при взгляде на него в направлении стрелок  $A$ , вращается по часовой стрелке, то канавка  $m$  подводит перекачиваемую жидкость (к цилиндрам), а канавка  $n$  отводит её к выходному патрубку.

Во время работы насоса вследствие различных причин, среди которых основной является перепад давлений, появляются утечки. Небольшая часть перекачиваемой жидкости из насосного цилиндра не

попадает в напорный трубопровод, а утекает в зазоры между торцами вращающегося блока цилиндров 1 и неподвижного распределителя 3 (основная часть утечек) и между поршнями 2 и цилиндрами в корпус насоса. Из корпуса утечки отводятся по дренажной трубке 11.

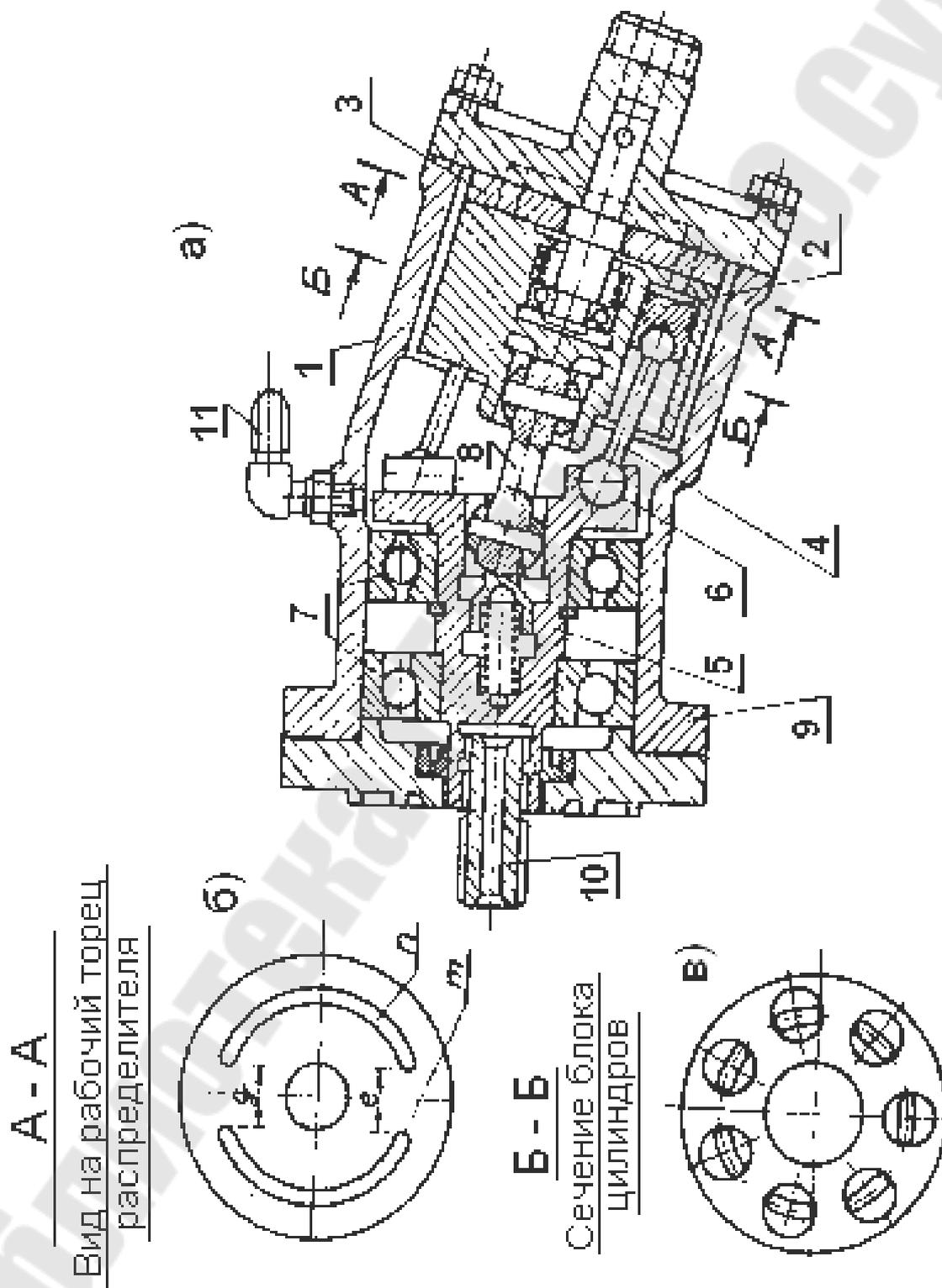


Рис. 4

## Схема стенда.

Принципиальная схема стенда для испытания аксиально-поршневого насоса показана на рис.5.

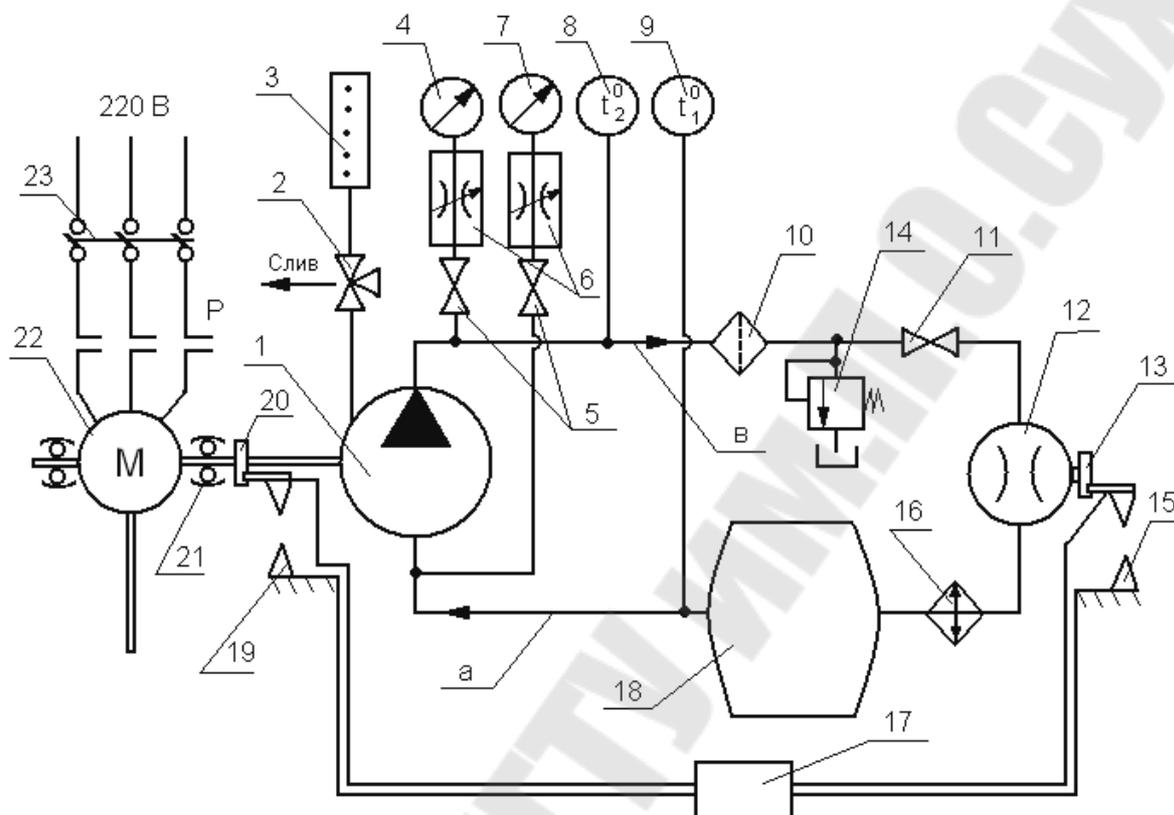


Рис. 5

Испытуемый насос 1 приводится во вращение мотор-весами 22 в виде нерегулируемого асинхронного двигателя переменного тока, статор которого подвешен на подшипниках 21 и снабжен рычагом, соединенным с весами.

Насос забирает перекачиваемую жидкость (нефтяное масло) из бака 18 по трубе *a*, а затем по трубе *b* через фильтр тонкой очистки 10, вентиль 11, расходомер 12 и холодильник 16 возвращает эту жидкость в бак 18.

Давление за насосом устанавливается вентилем 11 в соответствии с программой испытания. Предохранительный клапан 14 предотвращает возможность аварии. Постоянство температуры, а следовательно, и вязкость масла обеспечивает холодильник 16.

Измерение давлений во входном патрубке насоса производится манометром 7, а в выходном патрубке – манометром 4. Вентили 5 служат для подключения и отключения манометров, а регулируемые дроссели 6 дают возможность уменьшать влияние колебаний давления в трубопроводах на показания манометров.

Частота вращения вала насоса 1 и вала расходомера 12 измеряется с помощью системы отсчёта 17, схема которой представлена на рис.5б. Эксцентрики 13 и 20, закреплённые соответственно на валах расходомера 12 и насоса 1, замыкают контакты 15 и 19. При установке ключ-кнопки 27 в положение *Д* одновременно включаются счётчики импульсов 24 и 25 и секундомер 26, при этом должна загораться лампочка 29. Переключением ключ-кнопки в положение *Г* система отсчёта выключается и переводится в режим ожидания; должна загораться лампочка 28. Счётчик 24 измеряет число оборотов вала насоса, а счётчик 25 – вала расходомера за один и тот же промежуток времени, определённый секундомером 26.

Подача насоса измеряется расходомером 12, в качестве которого использован аксиально-поршневой гидромотор. Количество жидкости, проходящее через расходомер, пропорционально частоте вращения его вала, которая измеряется при посредстве системы отсчёта, описанной выше и приведённой на рис.5б.

Крутящий момент  $M_{кр}$  на валу двигателя измеряется с помощью мотор-весов 22 как:

$$M_{кр} = G \cdot l,$$

где  $G$  - величина усилия, приложенного к концу рычага для уравнивания статора;

$l$  - длина рычага от оси двигателя до точки приложения усилия.

Величина  $G$  измеряется с помощью весов, длина  $l$  заранее тщательно измерена и указана на стенде.

Контроль постоянства температуры осуществляется при помощи термометров 8 и 9.

Порядок проведения испытания.

До запуска насоса необходимо:

1) ознакомиться с установкой и занести в протокол дату выпуска и заводской номер насоса и номера приборов;

2) полностью открыть вентиль 11 (невыполнение этого указания грозит аварией);

3) статор мотор-весов поставить в положение, исключаящее его удар о фундамент во время пуска;

4) ключ-кнопку 27 поставить в положение «*Г*»;

5) трёхходовой кран 2 поставить в положение «слив».

Запускается насос путём нажатия кнопки пускателя 23.

После запуска насоса необходимо:

1) медленно, избегая забросов стрелок манометров, открыть вентили 5 и дросселями 6 устранить чрезмерные колебания стрелок;

2) согласовать с преподавателем величину максимального давления за насосом (манометр 4) и последовательность понижения этого давления (вентиль 11) с тем, чтобы провести испытания при 5 – 6 различных давлениях насоса.

Перед каждым опытом счётчики импульсов 24 и 25 и секундомер 26 выводятся в нулевое положение.

Опыт начинается переключением ключа-кнопки 27 в положение *Д*. При этом включается система отсчёта чисел оборотов насоса и расходомера. Опыт заканчивается через 2 – 4 минуты переключением кнопки 27 в положение *Г*. В протокол испытаний заносятся показания счётчиков импульсов и секундомера.

Во время опыта измеряются и вносятся в протокол следующие величины:

1) показания манометров 7 и 4, измеряющих давление  $P_1$  перед насосом и  $P_2$  - за ним;

2) показания термометров 9 и 8, измеряющих температуру  $t_1$  перед насосом и  $t_2$  - за ним;

3) показание весов, измеряющих усилие  $G$  на рычаге мотор весов.

Для измерения утечек кран 2 из положения «слив» переводится в положение, при котором утечки будут поступать в мензурку 3. В момент включения и остановки ручного секундомера фиксируются показания по шкале мензурки. Показания вносятся в протокол. Разность показаний по шкале мензурки равна объёму утечек за время этого измерения. По окончании измерения утечек вентиль 2 следует вернуть в положение «слив».

Следующий опыт проводится в таком же порядке при новом показании манометра 4, устанавливаемом вентилем 11 в соответствии с согласованной программой с преподавателем программой всего испытания.

### Обработка опытных данных.

Первичные измерения, собранные в протоколе, следует обработать, чтобы дать необходимый материал для построения внешней характеристики насоса в форме графиков зависимостей:

подачи  $Q_H$  от давления насоса  $P_H$ ;

коэффициента полезного действия  $\eta$  от  $P_H$ ;

коэффициента подачи  $\varepsilon$  от  $P_H$ ;

расход утечек  $Q_y$  от  $P_H$ .

Обработка первичных измерений проводится в соответствующем протоколе и в определённом порядке.

Давление насоса  $P_H$  рассчитывается как разность давления  $P_2$  за насосом и давления  $P_1$  - перед ним:

$$P_H = P_2 - P_1.$$

Подача насоса определяется выражением:

$$Q_H = q_p \cdot \frac{\Pi_p}{t},$$

где  $\Pi_p$  - число оборотов вала расходомера, измеренное счётчиком импульсов 25 за время  $t$  ( $t$  измерено секундомером 26);

$q_p$  - литраж расходомера.

Литражом поршневой гидромашин (в нашем случае насоса и расходомера) называется объём, описанный поперечными сечениями всех её поршней за один оборот вала. Следовательно,

$$q_p = \frac{\pi}{4} \cdot \sum_1^k d_i^2 \cdot S_i,$$

и литраж можно определить, измерив диаметры  $d_i$  поршней и их хода  $S_i$  ( $k$  - число поршней). Но для исключения ошибок измерения размеров целесообразно литраж определять экспериментально, как объём жидкости, перекачиваемой машиной за один оборот при медленном (вручную) вращении вала и одинаковом давлении на выходном и входном патрубках машины. Численное значение литража  $q_H$  испытуемого насоса, определённые описанным способом, указаны на стенде.

Коэффициент подачи насоса определяется выражением:

$$\varepsilon = \frac{Q_H}{Q_G}.$$

Но имея в виду, что геометрическая подача:

$$Q_G = q_H \cdot \frac{\Pi_H}{t},$$

$$\text{где } q_H = \frac{\pi}{4} \cdot \sum_1^k d_{Hi}^2 \cdot S_{Hi},$$

его целесообразно вычислять по формуле:

$$\varepsilon = \frac{q_p \cdot \Pi_p}{q_H \cdot \Pi_H},$$

не вычисляя геометрической подачи  $Q_G$ , которая сама по себе интереса не представляет. В приведённых выражениях  $\Pi_H$  - число оборотов вала насоса, измеренное импульсным счётчиком 24 за время  $t$ , которое измерено секундомером 26.

Полезная мощность  $N_H$  насоса вычисляется как произведение подачи насоса на его давление:

$$N_H = Q_H \cdot P_H.$$

Мощность двигателя, потребляемая насосом  $N_\partial$ , измеряется с помощью мотор-весов и определяется как:

$$N_\partial = G \cdot l \cdot \frac{2\pi \cdot \Pi_H}{60 \cdot t},$$

где  $l$  - длина плеча мотор-весов, указанная на стенде.

Коэффициент полезного действия  $\eta_H$  насоса вычисляется как отношение полезной мощности  $N_H$  насоса к потребляемой им мощности

$$N_\partial \text{ двигателя: } \eta = \frac{N_H}{N_\partial}.$$

Расход утечек  $Q_y$  определяется как, объём жидкости, поступившей в мензурку за время  $t_y$ , измеренное ручным секундомером:  $Q_y = \frac{W_2 - W_1}{t_y}$ ,

где  $W_1$  и  $W_2$  - показания мензурки в единицах объёма, зафиксированные в моменты пуска и остановки ручного секундомера.

Полученные в результате обработки данные представляют в виде внешней характеристики насоса (рис. 6).

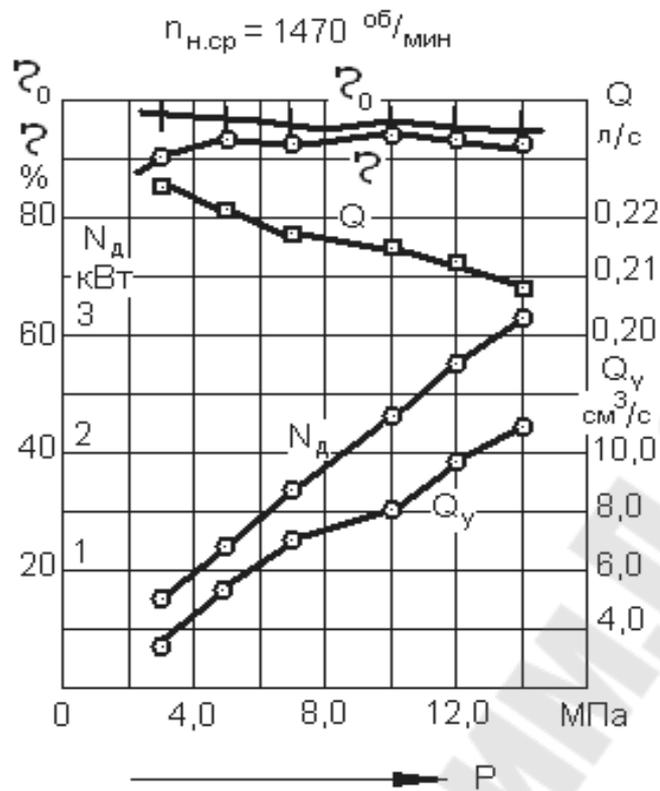


Рис. 6

Внешняя характеристика насоса строится для определенного значения частоты вращения  $n_{Hcp}$  вала насоса, которое вычисляется как среднее арифметическое из значений  $n_H = \frac{\Pi_H}{t}$ , измеренных в отдельных

опытах: 
$$n_{Hcp} = \frac{\sum_{i=1}^m n_{Hi}}{m},$$

где  $n_{Hi}$  - частота вращения вала насоса, измеренная в  $i$ -ом опыте;  
 $m$  - число опытов, проведённых для определения внешней характеристики насоса.

Подача насоса, приведённая к  $n_{Hcp}$ , определяется выражением:

$$Q_{Hn} = Q_H \cdot \frac{n_{Hcp}}{n_H},$$

где  $n_H = \frac{\Pi_H}{t}$ .

Мощность двигателя, потребляемая насосом и приведённая к  $n_{Hcp}$ , определяется выражением:

$$N_{dn} = N_d \cdot \frac{n_{Hcp}}{n_H}.$$

## ИСПЫТАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА УНИВЕРСАЛЬНОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ

Описание испытательного стенда.

Испытательный стенд, позволяет испытывать: регулируемый дроссель, клапаны, делители потока, реверсивный (золотник) распределитель.

Стенд обслуживается аксиально-поршневым насосом НС-14Д, расположенным внутри стенда и имеющим защиту от перегрузки по давлению.

Лицевая сторона стенда, как показано на рис.7, условно разделена на три уровня (зоны):

Зона I - расположение управляющих и контролирующих приборов;

Зона II - расположение исследуемых агрегатов (фильтр, дроссель, клапан, делитель потока, реверсивный переключатель) и золотник переключения манометров (ЗПМ);

Зона III - расположение модели автокрана с подвижной стрелой и вращающимися колёсами.

Гидросхема стенда показана на рис. 8. Исследуемые и демонстрационные агрегаты условно разделены на две группы, которые образуют соответственно две ветви гидросхемы. Разветвление начинается после распределителя Р1 с электромагнитным управлением, скрытого внутри стенда. Упомянутые две ветви условно именуется левая и правая.

### Левая группа агрегатов.

В левую ветвь входят: фильтр Ф1, дроссель ДР3, клапан КП2. Включение этой ветви производится тумблером «Левая ветвь». Левая ветвь обслуживается расположенным в средней части зоны II золотником переключения манометров (ЗПМ). Это четвёртый агрегат левой ветви. Для поочерёдного включения исследуемых агрегатов и регулирования потока жидкости (расхода) через них, в левой ветви имеются запорные вентили игольчатого типа (В1, В2), регулятор потока (РП1), рукоятки управления которых выведены на панель в зоне I. При закрытом В2 и открытом В1 подключен к насосу и может испытываться фильтр Ф1, а в другом случае – открытым В2 и закрытым В1 - испытывается дроссель ДР3. Клапан КП2 испытывается при закрытых В1 и В2. Поток жидкости от исследуемых агрегатов направляется в мерную ёмкость Б, показанную на гидросхеме (рис.8), а манометр М3 подключенный через ЗПМ, позволяет контролировать давление на входе и выходе из исследуемых агрегатов. В напорную магистраль фильтра включен манометр М4, измеряющий малые перепады давления.

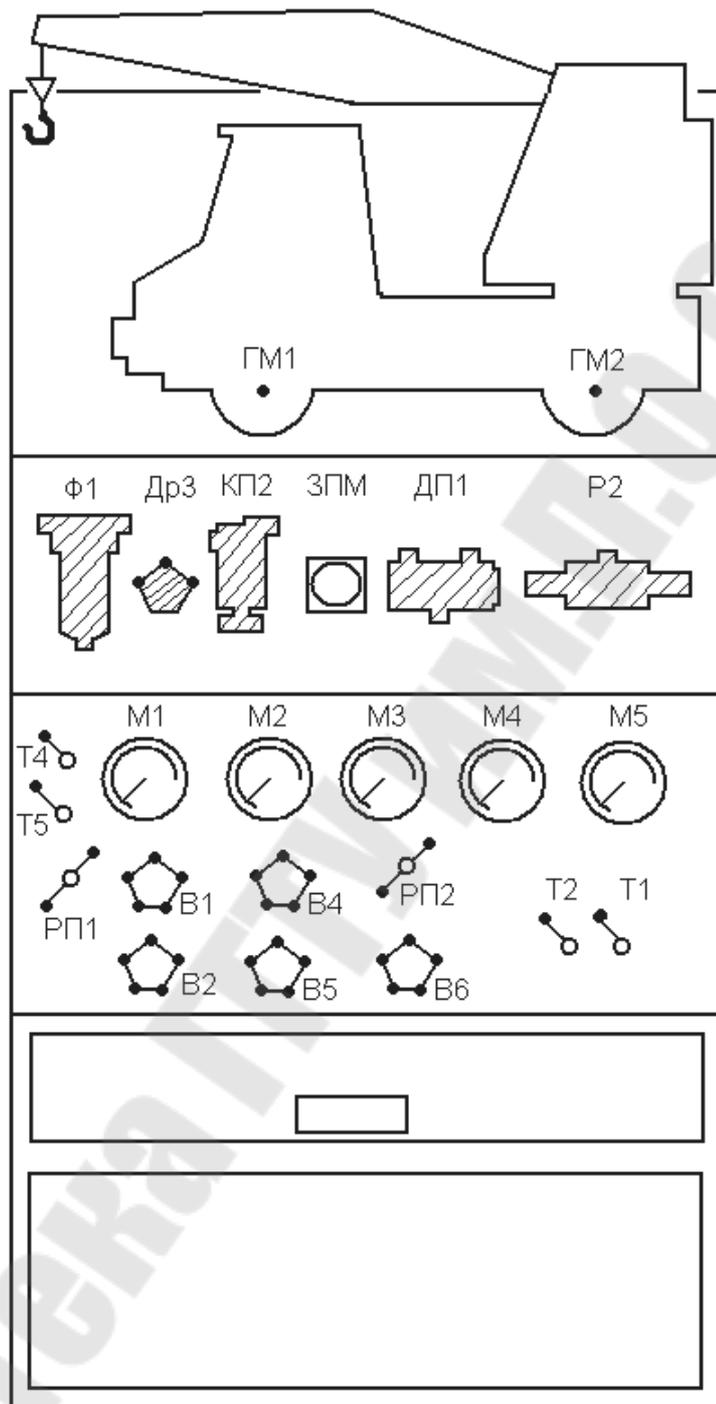


Рис. 7

### Правая группа агрегатов.

Тумблер в положении «Правая ветвь» переключает распределитель Р1, направляющий поток жидкости в правую ветвь. Вентильми В4 и В5, путём открытия одного и закрытия другого, производится выбор работы с делителем потока ДП1 или с реверсивным золотником Р2. Для демонстрации точности действия делителя потока имеются два гидромотора равновеликих размеров, вращающие колёса макета

подъёмного крана. Для имитации нагрузки на одном из моторов, в его подводящую линию включен дросселирующий вентиль В6 и манометр М5.

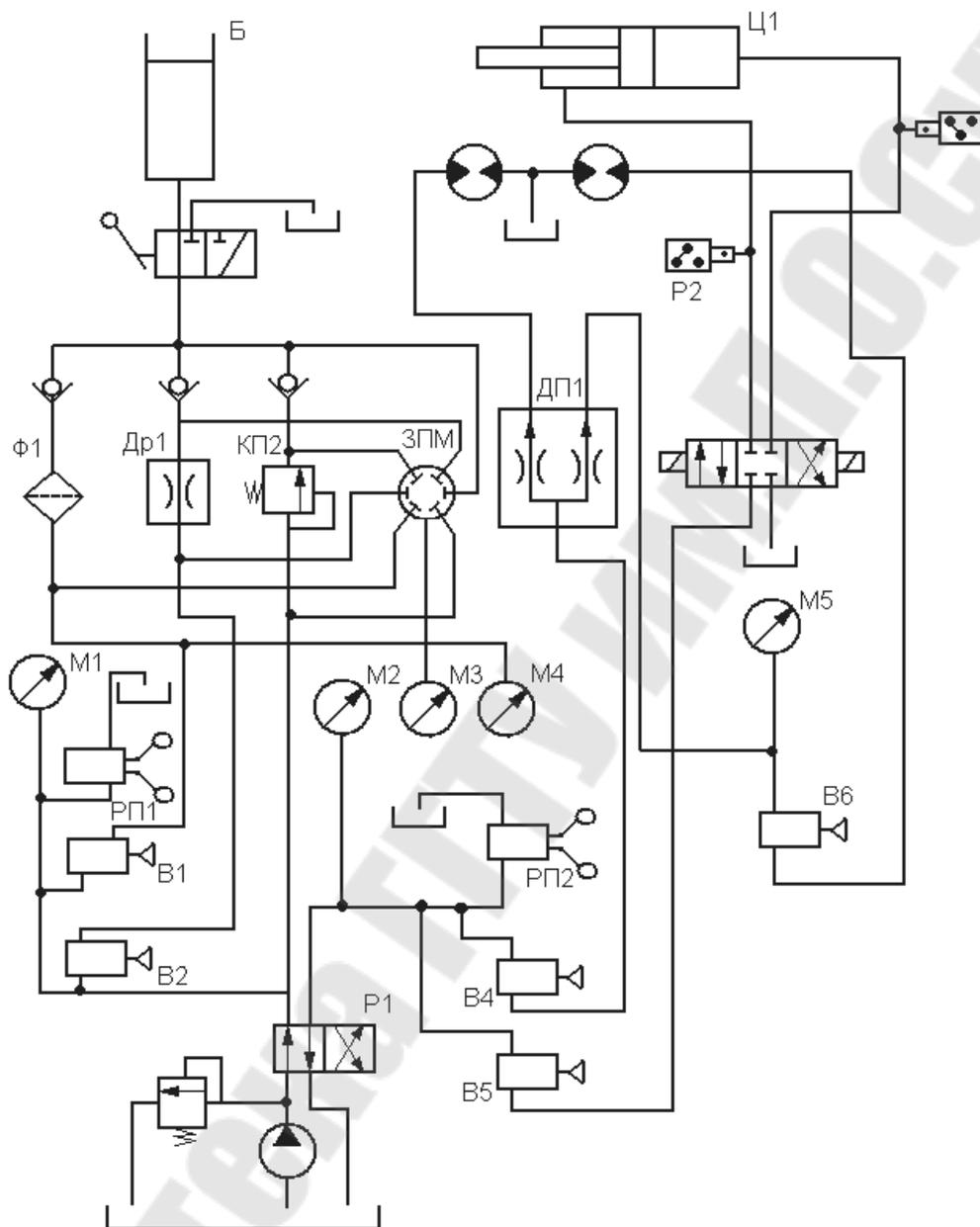


Рис. 8

При закрытом вентиле В4 и открытом вентиле В5 работает линия подъёма - опускания стрелы модели крана. Эта операция осуществляется с помощью реверсивного золотника Р2, снабжённого электроуправлением и кнопчным дублированным управлением. В цепи электроуправления имеются два реле давления, позволяющие автоматически перебрасывать распределитель в положение обратного движения штока цилиндра Ц1.

## Лабораторная работа № 4

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРОССЕЛЯ

Цель работы:

Изучение конструкции и снятие семейства гидравлических характеристик дросселя.

Краткое описание работы.

Работа выполняется на универсальном стенде. Расположение агрегатов на стенде, в том числе исследуемого дросселя, показаны на рис.7 и гидросхеме на рис.8. В качестве дросселя взят запорный вентиль.

По отношению к насосу дроссель включен последовательно. Для измерения потока жидкости, проходящей через дроссель, параллельно ему подсоединён регулятор потока РП1. При выполнении лабораторной работы исследуемый дроссель устанавливается в ряд последовательных положений и при каждом его положении может быть получена характеристика из числа семейства характеристик.

При снятии гидравлических характеристик, в том числе дросселя, требуется стабилизация температурно-вязкостных характеристик жидкости. Термостатирование в стенде отсутствует, что вносит погрешность в снимаемые характеристики.

Порядок выполнения работы.

1. Из общей гидросхемы в отчёте изобразить гидравлическую цепь, включающую исследуемый дроссель.
2. Подготовить таблицу.

№	Р по М3	Р по М4	$\Delta P$	V1	t сек	v2

3. Открыть вентили В1, В2, регулятор потока РП1, и исследуемый дроссель ДР3 (в зоне II). Тумблер Т2 поставить в положение «Левая ветвь».

Включить насос тумблером Т1.

4. Направить поток в исследуемый дроссель ДРЗ, для этого закрыть В1.

5. При заданном фиксированном положении рукоятки исследуемого дросселя, рукояткой регулятора потока РП1 установить ряд величин потока (расхода) жидкости через дроссель и произвести его измерения с помощью мерной ёмкости Б с регистрацией перепада давлений на входе и выходе из дросселя манометром МЗ. Переключатель манометров ЗПМ позволяет подсоединять манометр к входу и выходу. Манометр М1 с некоторой погрешностью дублирует показание манометра МЗ при измерении последним давлений на входе в исследуемые агрегаты.

6. Изменить положение дросселя ДРЗ и повторить измерения для получения очередной характеристики. Выполнить измерения при 3 – 4 положениях дросселя ДРЗ.

7. Подготовить отчёт, содержащий гидросхему, таблицу и графики  $\Delta p = f\left(\frac{V}{t}\right)$ , именуемые гидравлической характеристикой дросселя.

## Лабораторная работа № 5

### ИСПЫТАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КЛАПАНА

#### Цель работы:

Изучение предохранительного клапана и снятие характеристики его срабатывания.

#### Краткое описание работы.

Работа выполняется на универсальном стенде, взаимное расположение агрегатов которого и его гидросхема приведены соответственно на рис. 7 и рис. 8. Описание стенда приводится выше. Исследуемый предохранительный клапан КП2 находится в напорной линии «Левая ветвь». Распределительные вентили В1 и В2 необходимо закрыть. Регулятор потока РП1, включенный (как и вентили В1 и В2) параллельно исследуемому клапану, работает в режиме регулятора давления.

При закрытых В1, В2 и РП1 давление возрастает до давления настройки КП2 и происходит срабатывание его и сброс жидкости в сливную магистраль. Начало работы необходимо производить при открытых вентилях и регуляторе потока. Давление срабатывания клапана КП2 сделано ниже настройки предохранительных устройств аксиального насоса. Давление контролируется манометром М1 и манометром М3. Последний подключен через золотник переключения манометров ЗПМ.

#### Порядок выполнения работы.

1. Из общей гидросхемы, приведённой на рис. 8, выделить ветвь, содержащую исследуемый клапан.

2. Подготовить таблицу.

№	Р по М1	Р по М3	$\Delta P$	V 1	t c	v <sub>2</sub>

3. При открытых вентилях В1, В2 и регуляторе потока РП1 поставить тумблер Т2 в положение «Левая ветвь» и включить насос тумблером Т1.

4. Закрыть оба вентиля В1 и В2. Медленно вращая рукоятку РП1 наращивать давление в напорной ветви и контролировать по манометру М1. Манометр М3 подключить к входу в клапан.

5. Определить момент срабатывания клапана.

**ВНИМАНИЕ:** не допускать повышения давления выше номинала манометров (номинал 2/3 шкалы).

6. При работающем открытом клапане КП2 произвести измерение расхода через этот клапан ёмкостью «Б», при этом контролировать давление за клапаном манометром М3 путём переключения на выход.

7. Удерживая клапан в открытом состоянии, изменить расход с помощью рукоятки РП1 и выполнить повторные измерения расхода и перепада давления. Повторить несколько раз.

8. По результатам измерений построить график  $\Delta p = f\left(\frac{V}{t}\right)$  который именуется характеристикой срабатывания клапана.

*Примечание:* при тщательно проделанном опыте и более точных средствах измерений удаётся обнаружить «несовпадение» характеристики открытия по отношению к закрытию клапана.

## Лабораторная работа № 6

### ИСПЫТАНИЕ ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА

Цель работы:

Изучение и испытание делителя потока жидкости. Определение погрешности срабатывания.

Краткое описание работы.

Работа выполняется на универсальном стенде. Взаимное расположение агрегатов указано на рис.7. На рис. 8 показана гидросхема стенда и дано краткое пояснение взаимодействия исследуемого агрегата с другими узлами.

При выполнении данной и последующей работы реверсивный золотник тумблером Т2 переводится в положение «Правая ветвь». В напорной магистрали этой ветви имеются два вентиля В4, В5, позволяющие выбрать для испытаний делитель потока ДП1 или реверсивный золотник Р2. В данной работе вентиль В5 закрыт и вентиль В4 открыт. Регулятор потока РП3 управляет количеством жидкости, направляемой к делителю потока.

В одну из линий на выходе из делителя ДП1 введён вентиль В6. В другой линии вентиля нет. В обе независимые линии на выходе из делителя включены два равновеликих и однотипных гидромотора. Их частота вращения должна быть одинаковой, причём независимо от возможного неравенства крутящих моментов. На валу каждого гидромотора установлены макеты колёс. С помощью вентиля В6 изменяется давление в одной линии и моделируется нагрузка на соответствующем гидромоторе. За счёт особенностей делителя потока частота вращения колёс должна быть одинаковой.

Конструкция делителя потока показана на рис.9.

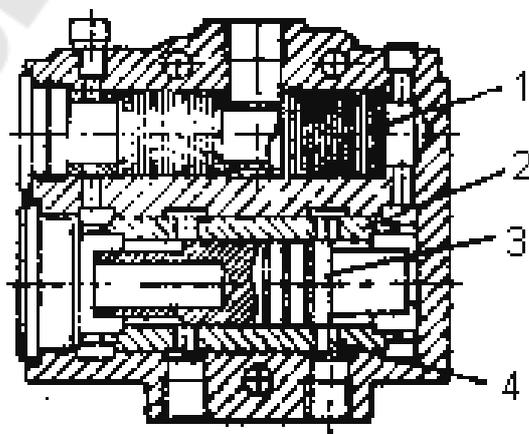


Рис. 9

1. Пакет дросселирующих шайб.
2. Гильза делителя потока.
3. Золотник делителя.
4. Рабочие окна.

Поток жидкости подаётся к верхнему отверстию и расходится в двух направлениях к пакетам дросселирующих шайб 1. В корпусе делителя имеется неподвижная гильза 2 и внутри гильзы плавающий золотник 3. Кромки золотника «К» взаимодействуют с отверстиями 4 на гильзе. Через соответствующие отверстия 4 жидкость поступает в одну и другую магистрали. Если в магистралях давление одинаково, то это давление установит плавающий золотник так, чтоб потери давления на противоположных кромках золотника (на входе в отверстия) были одинаковы. Изменение нагрузки в одной ветви вызовет соответствующее изменение давления на торце золотника. Золотник сместится и изменит соотношение проходных сечений отверстий, взаимодействующих с его кромками. Проходное сечение уменьшается в линии с меньшим давлением (с меньшей нагрузкой на двигателе). Как следствие этого, давление от нагрузки на двигателе плюс возросший перепад давления на кромке золотника выравниваются по отношению к давлению во второй ветви делителя и вместе с этим выравнивается величина потоков жидкости в одной и другой ветвях делителя.

Объёмная постоянная гидромоторов ГМ1 и ГМ2 (их марка Г15-21), работающих как расходомеры в одной и другой ветвях равны  $11,2 \text{ см}^3/\text{об.}$  (На валу этих гидромоторов модели колёс крана). При измеренной частоте вращения вала обоих гидромоторов, расход жидкости равен:

$$Q_H = 11,2 \cdot (n_1 + n_2), \frac{\text{см}^3}{\text{мин}}$$

Величина подачи жидкости насосом контролируется с помощью мерной ёмкости «Б». Разница расходов в одной и второй ветвях делителя потока равна:

$$\Delta Q = 11,2 \cdot (n_1 - n_2).$$

Относительная погрешность действия делителя потока определяется из соотношения:

$$\frac{\Delta Q}{Q_H} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \cdot 100\%.$$

Как показано на гидросхеме рис.8, в одну ветвь делителя включен дроссель-вентиль В6. Как следствие, гидравлическое сопротивление одной и второй ветви неодинаково. Вентиль В6 в процессе регулирования увеличивает разницу гидравлических сопротивлений.

**ВНИМАНИЕ:** избегать полного закрытия вентиля В6. Давление контролировать по манометру М5.

### Порядок выполнения работы.

1.Ознакомится с гидросхемой правой ветви стенда по рис.8. Выделить из гидросхемы участок с делителем потока и вычертить в отчёте эту часть схемы.

2.Подготовить таблицу.

$n_1$ об/м	$n_2$ об/м	$Q_H$	$\Delta Q$	$P_{M5}$	$\frac{\Delta Q}{Q} \cdot 100\%$

3.Открыть вентили правой ветви В4, В5, В6 и регулятор потока РП2. Тумблером Т2поставить золотник Р1 в положение «Правая ветвь». Тумблером Т1 включить насос стенда.

4.Закрыть вентиль В5 (В4 – открыт). Полностью закрыть РП2 и измерить параметры, указанные в таблице.

5.Изменить гидравлическое сопротивление одной ветви с помощью вентиля В6, при этом следить за показаниями М5. Произвести измерения. Выполнить ряд повторных измерений при различных положениях вентиля В6. Избегать полного закрытия вентиля. Стенд позволяет выполнить другую серию опытов. При фиксированном или полностью открытом положении В6 регулируется поток, подводимый к делителю и определяется погрешностью работы. Регулирование с помощью РП2.

6.Подготовить отчёт с гидросхемой, таблицей и графиком:

$$\frac{\Delta Q}{Q_H} = f(\Delta p).$$

Допущение:  $\Delta P = P_{M5}$ .

## Лабораторная работа № 7

### ИСПЫТАНИЕ РЕВЕРСИВНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

#### Цель работы:

Изучение реверсивных распределителей и способов организации их циклового действия.

#### Краткое описание работы.

Работа выполняется на универсальном стенде, с использованием образцов гидравлических распределителей. По упомянутым натурным образцам составить эскиз реверсивного четырёхходового золотника с указанием рабочих кромок. Изучить распределитель ВЕ644 (по макету с разрезом, В – золотниковый, Е – с электроуправлением, 6 – условный проход 6 мм, 44 – с закрытым средним положением). Обратить внимание на кнопочное дублирование. Объектом управления является силовой цилиндр, соединённый со стрелой модели автокрана.

В гидросхеме правой ветви стенда, в которую включен рассматриваемый распределитель, имеются два одинаковых реле давления. Реле, марка которого Г62-21М, настраивается на определённое давление и при достижении этого давления прогибается внутренняя мембрана, которая передаёт усилие на рычажное устройство, взаимодействующее с микровыключателем. Настройка производится изменением поджатия пружины, возвращающей рычаг и мембрану в исходное положение. Давление срабатывания можно оценить по манометру М2.

Силовой цилиндр, соединённый со стрелой модели крана, не имеет внешней нагрузки. При остановке штока поршня силового цилиндра происходит ступенчатое нарастание давления, превышающего срабатывания реле – РД.

При наличии двух реле РД можно создать автоматическое повторение циклов движения поршня, т. е. цикловое действие его. В рассматриваемом варианте имеется переключатель с электрическим управлением и два реле, управляющие электрической цепью. Для вмешательства оператора, имеются два тумблера этой электрической сети Т4 и Т5 (рис.7) на лицевой панели стенда.

Организация циклового действия силового цилиндра, например, строгального или плоско-шлифовального станка, чаще производится с помощью концевых выключателей. Подразумевается ход стола, где концевой выключатель именуется ограничитель хода. Следует заметить, что реле давления больше используется как ограничитель давления (пороговый сигнализатор).

В процессе циклического действия поршня с демонстрацией подъёма и опускания стрелы модели автокрана измеряется время действия одного и второго циклов. Измеренное время сопоставить с расчётным временем выполнения цикла, которое равно:

$$t = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot L}{4 \cdot Q_H}, \text{ с/1ц}$$

где  $Q_H$  - расход жидкости. Расход жидкости измеряется мерной ёмкостью при работе насоса на левую ветвь при полностью закрытом регуляторе РП.

$D$  и  $d$  - соответственно диаметр поршня и штока.

$L$  - ход поршня.

При измерении геометрических размеров элементов силового цилиндра, принимаем:  $D = D_{нар} - 2\delta$ ,  $\delta \cong 3$  мм.

В процессе выполнения лабораторной работы выполнить операцию управления кнопкой на золотнике.

Порядок выполнения работы.

1. Вычертить часть гидросхемы по рис.8, которая содержит рассматриваемый распределитель Р2 и силовой цилиндр Ц1. По имеющимся макетам и разрезам выполнить эскизы четырёхходового, трёх и двух пояскового распределителей. Указать рабочие кромки и маркировку каналов.

2. Подготовить таблицу в 2-х формах.

Время цикла $t$ , с	Расход полный $Q_H = \frac{V}{t}$	$d$ мм	$L$ мм	$D$ мм	$t_{\text{вычисл.}}$ $t_e = \frac{V_y}{Q_H}$	$\frac{t_H}{t_e}$

Обратная задача: определить расход жидкости по времени цикла.

Время цикла $t_H$	$V_y = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot L$	$Q_H = \frac{V_y}{t}$

3. При открытых В4, В5, РП2 и тумблере Т2 в положении «Правая ветвь», включить насосную установку. Направить жидкость к

распределителю Р2 управления цилиндром Ц1, для этого закрыть В4 и, прикрывая РП2, поднять давление до уровня срабатывания имеющихся реле давления РД.

Добиться чёткой циклической работы цилиндра при обоих тумблерах Т4 и Т5 в верхнем положении (подъём – опускание стрелы модели автокрана). Измерить время цикла. Отдельно измерить расход с переключением на «Левую ветвь».

4. Выключить тумблеры Т4 и Т5 установкой в нижнее положение. Цилиндр Ц1 перестаёт действовать. С помощью кнопочного (ручного) управления выполнить цикл и убедиться в возможности промежуточной остановки цилиндра.

5. Выполнить отсчёт с указанием пределов регулирования длительности цикла по времени.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ.....	3
Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЕ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ.....	9
Лабораторная работа № 3 ИСПЫТАНИЕ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА.....	14
ИСПЫТАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА УНИВЕРСАЛЬНОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ.....	22
Лабораторная работа № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРОССЕЛЯ.....	25
Лабораторная работа № 5 ИСПЫТАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КЛАПАНА.....	27
Лабораторная работа № 6 ИСПЫТАНИЕ ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА.....	29
Лабораторная работа № 7 ИСПЫТАНИЕ РЕВЕРСИВНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ.....	32

**ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ  
ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ  
Практическое пособие  
к лабораторным занятиям  
по одноименному курсу  
для студентов специальности 1-36 01 07  
«Гидропневмосистемы мобильных  
и технологических машин»  
дневной формы обучения**

Автор-составитель: **Михневич** Анатолий Васильевич  
**Гинзбург** Александр Анатольевич

Подписано в печать 19.04.06.  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,09. Уч. - изд. л. 2,06.  
Изд. № 209.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)  
<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на МФУ XEROX WorkCentre 35 DADF  
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.  
Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого».  
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, т. 47-71-64.

