

**Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого**

**Кафедра «Нефтегазозаготовка и гидропневмоавтоматика»**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2  
«Дроссельное регулирование скорости движения рабочего органа.  
»**

Выполнил студент группы АП-31  
Веремеев Д.О.  
Принял преподаватель  
Симанович Н.М.

Гомель 2021

**Цель работы:** Изучение различных способов дроссельного регулирования скорости рабочего органа и приобретения навыков сборки гидравлических схем.

### **1.1. Общие сведения о дроссельном регулировании**

В данной лабораторной работе рассматриваются различные способы дроссельного регулирования.

При дроссельном регулировании возможны 2 принципиально различных варианта установки дросселя: последовательно и параллельно рабочему органу (рис. 1.1 а, б, в). Существует два способа установки дросселя последовательно: на входе (рис. 1.1 а) и на выходе (рис. 1.1 б). Как производное от двух вариантов применяется дифференциально-дроссельное подключение (рис. 1.1 г).

В схеме при включении дросселя на входе (рис. 1.1 а) при работе насоса 1 с постоянным расходом, жидкость поступает к дросселю 2 и клапану 5. Дроссель 2 настроен на определенный расход, который необходим для обеспечения какой-то конкретной скорости рабочего органа. Жидкость с этим расходом попадает через распределитель 3 в бесштоковую полость цилиндра 4 и обеспечивает нужную скорость рабочего органа. Тем временем, в трубопроводе между насосом и дросселем создается избыточное давление, т.к. не вся жидкость, подаваемая насосом 1, проходит через дроссель 2. Клапан 5 открывается, и неиспользованная жидкость сливается в бак.

При выборе схемы установки дросселя на входе следует учитывать, что давление в цилиндре меньше, чем перед дросселем, поэтому снижается трение и улучшаются условия работы уплотнений. Поскольку дросселируется поток, поступающий в большую бесштоковую полость цилиндра, облегчается получение малых подач. Однако, в этом случае тепло, выделяющееся при дросселировании, поступает в гидросистему и не всегда хватает давления подпора для нормальной работы гидроцилиндров.

Схема с дросселем на выходе (рис. 1.1б) обеспечивает более плавное движение рабочего органа и может использоваться в гидроприводах с изменяющимся направлением действия нагрузки. Однако при применении переменной нагрузки возрастает опасность рывка.

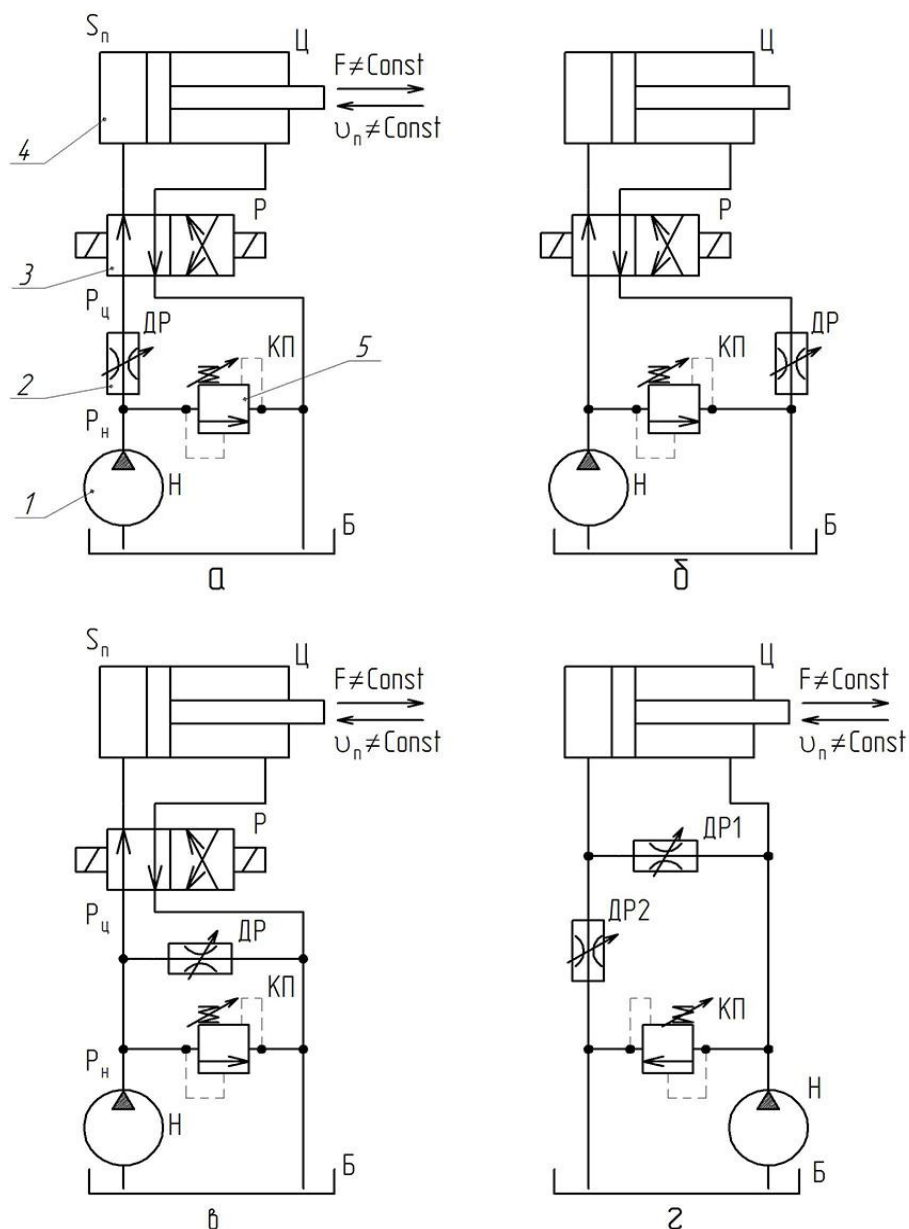


Рис.1.1 – Схема подключения дросселей:

а – последовательно на входе; б – последовательно на выходе; в – параллельно;  
г – дифференциально-дроссельным способом

При установке дросселя параллельно (рис. 1.1 в) снижаются энергетические потери в гидроприводе, так как дросселируется не весь поток рабочей жидкости. Через предохранительный клапан жидкость проходит лишь при перегрузке или остановке поршня. Однако, в этом случае скорость, как и в двух предыдущих случаях, зависит от нагрузки, причем в большей степени, так как с ростом

давления перед дросселем увеличивается расход масла через дроссель и одновременно несколько снижается подача в цилиндр.

При дифференциально-дроссельном подключении (рис. 1.1 г) обеспечивается изменение скорости рабочего органа как по величине, так и по направлению. За счет величины открытия дросселя ДР1 можно обеспечить перемещение поршня как в одном, так и в другом направлении, но при этом расход через ДР2 должен быть постоянным. Изменение скорости движения штока можно получить за счет изменения проходного сечения дросселя ДР2, при этом расход через дроссель ДР1 должен быть постоянным.

Рассмотрим особенности дроссельного регулирования, когда действует переменная нагрузка  $F \neq const$  на рабочий орган. В этом случае при постоянной площади проходного сечения дросселя, скорость будет изменяться.

Известно, что скорость поршня, пренебрегая гидравлическими сопротивлениями, определяется по формуле:

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

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

$S_{\Pi}$  – площадь поршня.

В свою очередь расход через дроссель

$$Q_{\text{д}} = \mu S_{\text{д}} \sqrt{\frac{2\Delta P_{\text{д}}}{\rho}}, \quad (1.1)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода;

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

$\Delta P_{\text{д}}$  – перепад давления на дросселе.

$$\Delta P_{\text{д}} = P_{\text{н}} - P_{\text{ц}}, \quad (1.2)$$

где  $P_{\text{н}}$  – давление перед дросселем;

$P_{\text{ц}}$  – давление в гидроцилиндре.

$$P_{\text{ц}} = \frac{F}{S_{\Pi}}, \quad (1.3)$$

где  $F$  – нагрузка;

$S_{\Pi}$  – эффективная площадь поршня.

Из формул 1.1 – 1.3 следует, что расход, а значит и скорость зависят от нагрузки.

При параллельном подключении дросселя (рис. 1.1 в) расход, необходимый для обеспечения какой-то конкретной скорости определяется следующим образом:

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

где  $Q_{\text{н}}$  – расход насоса;

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

Так как потери давления в параллельных трубопроводах равны, то

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

Скорость поршня

$$v_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{S_{\text{п}}} = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{д}}}{S_{\text{п}}}, \quad (1.4)$$

а расход через дроссель

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

$$Q_{\text{д}} = \mu S_{\text{д}} \sqrt{\frac{2F}{\rho S_{\text{п}}}}, \quad (1.5)$$

При подстановке выражения (1.5) в формулу (1.4) получим

$$v_{\text{п}} = \frac{1}{S_{\text{п}}} \left( Q_{\text{н}} - \mu S_{\text{д}} \sqrt{\frac{2F}{\rho S_{\text{п}}}} \right), \quad (1.6)$$

Из формулы (1.6) следует, что скорость поршня  $v_{\text{п}}$  зависит от нагрузки  $F$ .

Для поддержания постоянной скорости рабочего органа при изменяющихся нагрузках применяют регулятор расхода (рис.1.2 и 1.3).

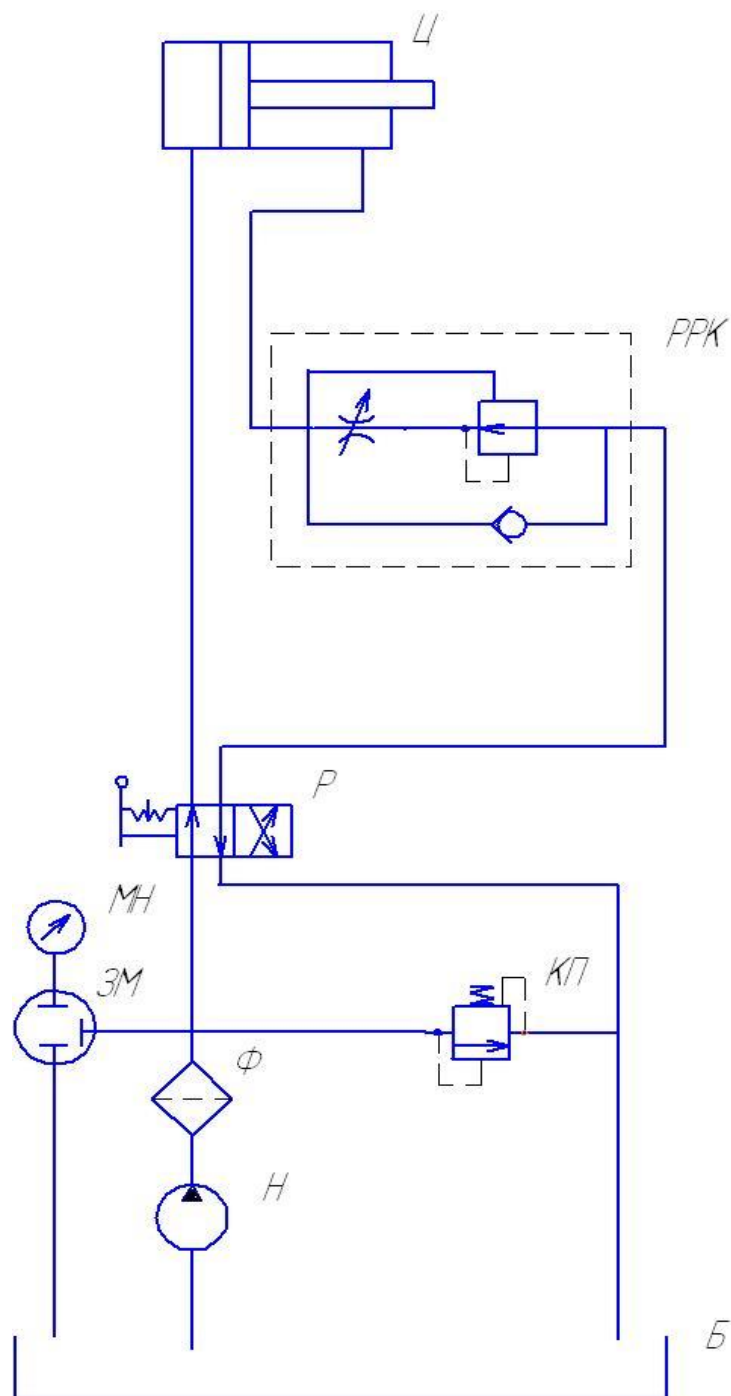


Рис.1.2 – Схема, обеспечивающая регулирование скорости регулятором расхода в одном направлении

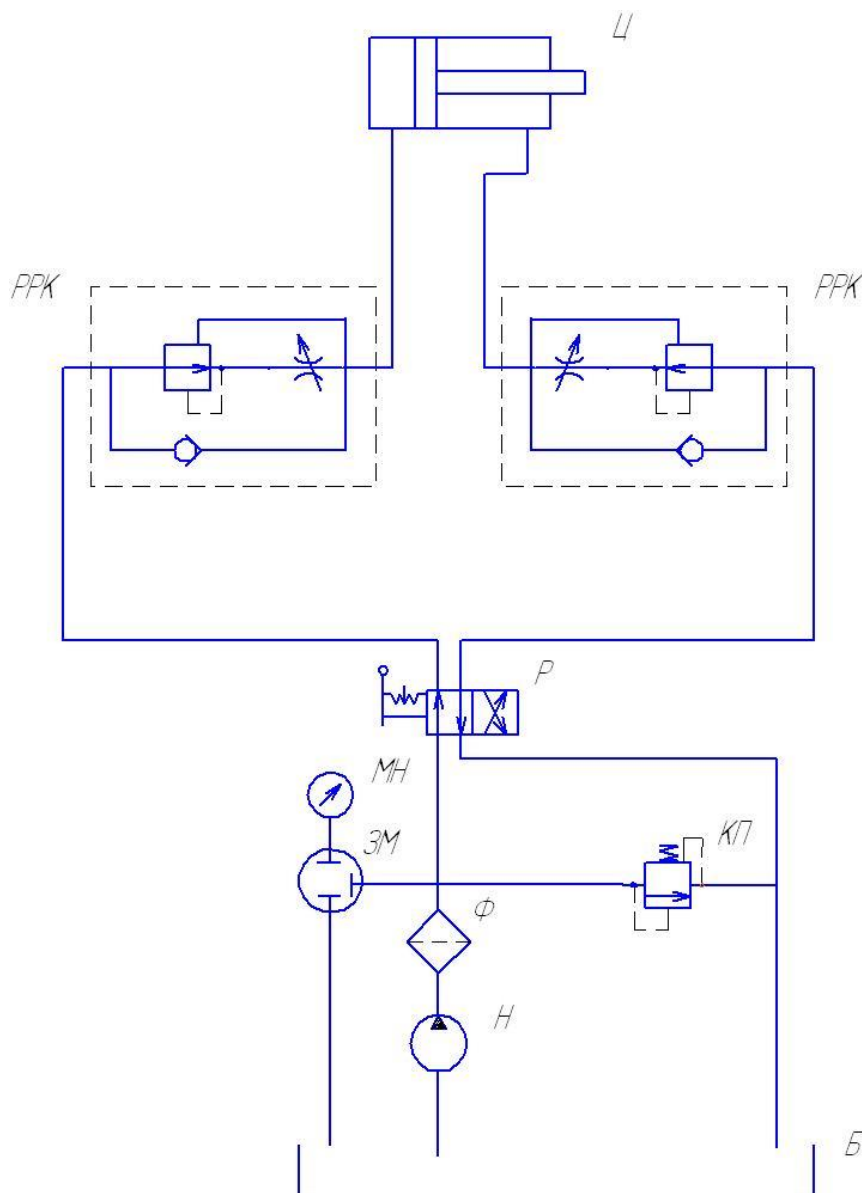


Рис.1.3 – Схема для регулирования скорости рабочего органа регуляторами расхода в прямом и обратном направлении

В современном оборудовании, особенно в станках автоматах и полуавтоматах, когда нужно обслуживать несколько станков, нет возможности каждый раз изменять скорость, поэтому применяют другие 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. Для примера рассмотрим схему на рис. 1.4 со следующим циклом: исходное положение – I рабочая подача – II рабочая подача – III рабочая подача – быстрый отвод.

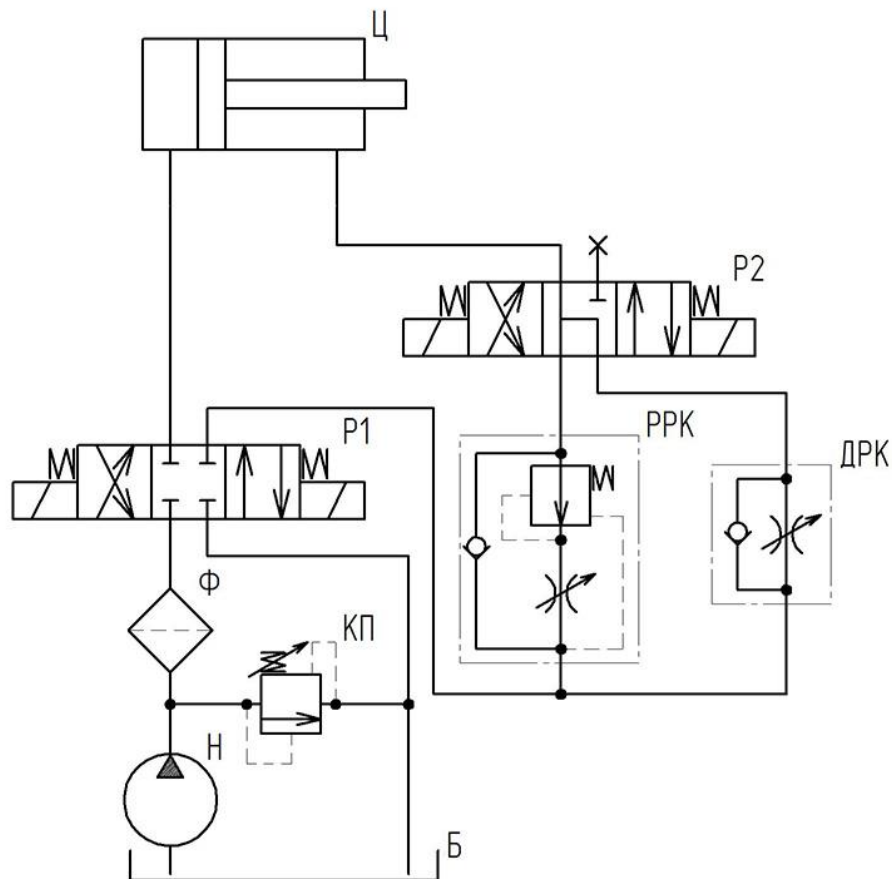


Рис.1.4 – Гидравлическая схема для обеспечения трех скоростей, ИП - I РП - II РП – III РП – БО

Режим работы – «I рабочая подача» осуществляется переключением распределителя P1 в левое положение, тогда жидкость будет подаваться через следующие гидроаппараты: насос Н – фильтр Ф – распределитель P1 – цилиндр Ц – распределитель P2 – дроссель ДРК и регулятор расхода с обратным клапаном РРК одновременно (расход дросселя суммируется с расходом регулятора расхода) – распределитель P1 – сливной бак Б. Так как суммарный расход дросселя и регулятора меньше расхода насоса, то излишки рабочей жидкости сливаются через предохранительный клапан КП в бак Б. Иначе это можно записать следующим образом:

$$Б - Н \begin{cases} \text{Ф} - P1 - Ц / Ц - P2 - \begin{bmatrix} РРК \\ ДРК \end{bmatrix} - P1 - Б \\ \text{КП} - Б \end{cases}$$

1.



Рабочие подачи II и III получают 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 или регулятора расхода.

При II рабочей подаче жидкость будет подаваться через следующие аппараты:

$$\begin{array}{c}
 \text{Б} - \text{Н} \begin{array}{l} \text{—} \text{Ф} - \text{Р1} - \text{Ц} / \text{Ц} - \text{Р2} - \text{РРК} - \text{Р1} - \text{Б} \\ \text{—} \text{КП} - \text{Б} \end{array}
 \end{array}$$

2.

При III рабочей подаче:

$$\begin{array}{c}
 \text{Б} \begin{array}{l} \text{—} \text{Н} - \text{Ф} - \text{Р1} - \text{Ц} / \text{Ц} - \text{Р2} - \text{ДРК} - \text{Р1} - \text{Б} \\ \text{—} \text{КП} - \text{Б} \end{array}
 \end{array}$$

3.

Быстрый отвод осуществляется при установке распределителей P1 в правое и P2 в среднем положениях и жидкость будет подаваться через следующие аппараты:

$$\begin{array}{c}
 \text{Б} - \text{Н} \begin{array}{l} \text{—} \text{Ф} - \text{Р1} - \text{РРК} \text{—} \text{Р2} - \text{Ц} / \text{Ц} - \text{Р1} - \text{Б} \\ \text{—} \text{КП} - \text{Б} - \text{ДРК} \text{—} \end{array}
 \end{array}$$

4.

Рассмотренная схема обеспечивает три различные скорости рабочего органа при одной предварительной настройке дросселя и регулятора расхода, чего нельзя достичь, используя схемы приведенные на рис. 1.1. Там для получения трех скоростей необходимо три раза настраивать дроссель.

## 1.2. Порядок выполнения работы

1. Подобрать гидродвигатели и аппараты в соответствии со схемой (рис. 1.5) из числа тех, которые перечислены в таблице 1.

2. Собрать гидравлическую схему привода, обеспечивающую регулирование скорости РО (гидроматора) в одном направлении (рис. 1.5).

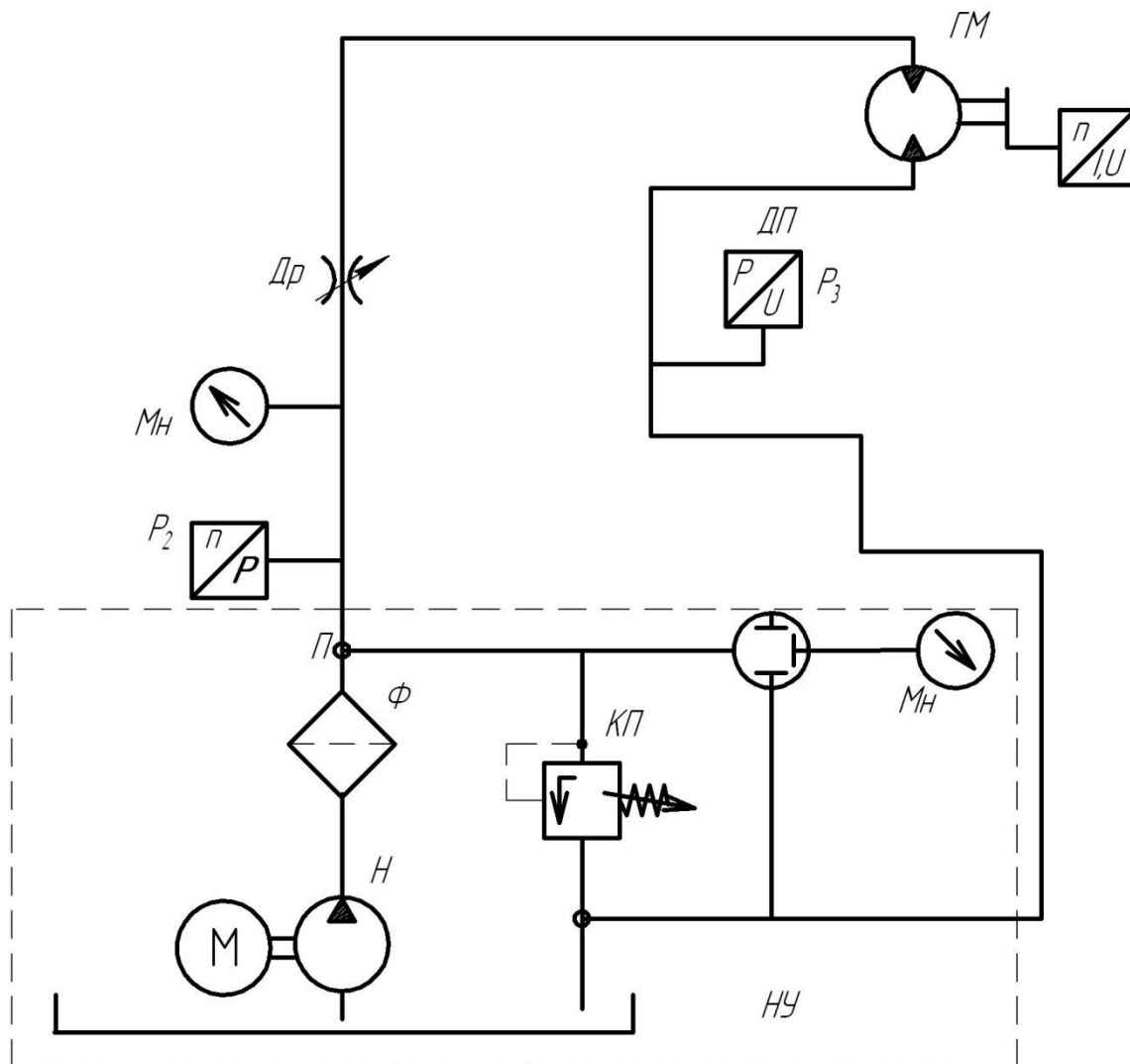


Рис.1.5 – Схема испытаний

3. Включить установку.

Включать установку можно только по указанию преподавателя или мастера, после того как будет подтверждено, что схема собрана правильно.

4. Снять показания измерительных устройств.

4.1 В данной схеме используются три измерительных устройства для осцилографирования параметров:

- датчик давления  $P_2$ , установленный до регулируемого дросселя;

- датчик расхода, предназначенный для измерения расхода  $Q_{ГМ}$  в гидромоторе;

- датчик давления  $P_3$ , установленный в сливной магистрали.

Перепад давления на дросселе

$$\Delta P_d = P_2 - P_{ГМ}$$

где  $P_{ГМ}$  – давление на гидромоторе, атм.

5. Закрыть дроссель. Произвести замеры расхода и давления, постепенно увеличивая проходное сечение дросселя до полного его открытия. Результаты замеров занести в таблицу или вставить в отчет рисунок с показаниями на осциллограмме (см. рис. 1.6).

6. Выполнить описание результатов измерений по каждой зоне расходно-перепадной характеристики установки (описать зависимость давлений  $P_2$  и  $P_3$  от расхода гидромотора  $Q_{ГМ}$  по гидролиниям).

7. Выполнить расчеты параметров по гидравлической схеме.

(Тема расчета задается преподавателем индивидуально).

*Пример описания результатов измерений.*

В результате проведения измерений по датчикам установлена следующая зависимость давлений  $P_2$  и  $P_3$  от расхода гидромотора  $Q_{ГМ}$  по гидролиниям (рис.1.6).

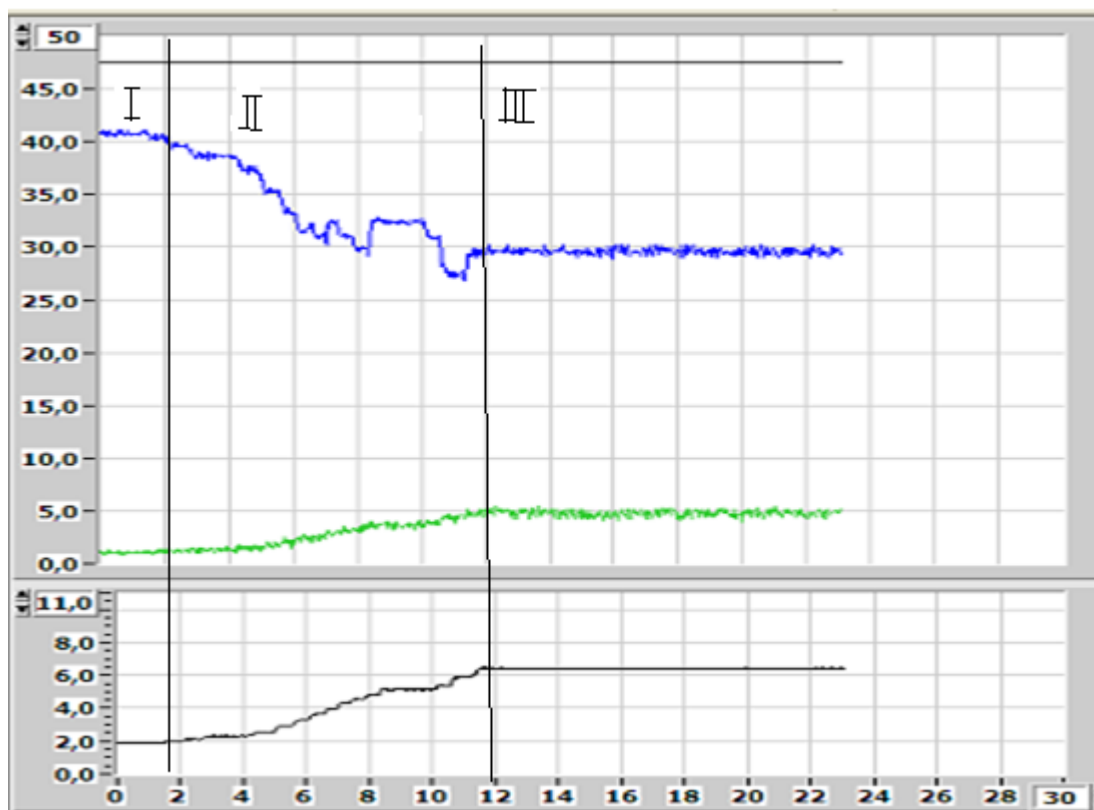


Рис. 1.6 – Расходно-перепадная характеристика

График расходно-перепадной характеристики условно разобьем на три зоны:

I – зона исходного положения, перепад давления  $\Delta P_d$  в которой максимальный, а расход  $Q$  минимален;

II – зона открытия дросселя, в которой  $\Delta P_d$  постепенно уменьшается за счет уменьшения давления  $P_2$  (давление  $P_3$  условно считаем постоянным);

III – зона действия гидромотора, в которой дроссель полностью открыт. Перепад давления на дросселе равен:

$$\Delta P_d = P_2 - P_{ГМ}.$$

Расход через дроссель:

$$Q_d = \mu_d S_d \sqrt{\frac{2\Delta P_d}{\rho}},$$

где  $\mu_d$  – коэффициент расхода, зависящий от числа Рейнольдса;

$S_d$  – площадь дросселя, м<sup>2</sup>;

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

Следовательно, перепад давления на насосе равен:

$$\Delta P_H = P_2 + \Delta P_D + P_{ГМ} + P_3.$$

Расход через насос:

$$Q_H = Q_{ут.Н} + Q_{КП} + Q_{ГМ},$$

где  $Q_{ГМ}$  – расход через гидромотор;

$Q_{КП}$  – расход через предохранительный клапан ( $Q_{КП} \rightarrow 0$ , при  $P_2 < P_{КП}$ ), л/мин;

$Q_{ут.Н}$  – утечки насоса, определяемые по следующей формуле:

$$Q_{ут.Н} = V_O n (1 - \eta_O),$$

где  $V_O$  – рабочий объем насоса, л /мин;

$n$  – частота вращения насоса, об/мин;

$\eta_O$  – объемный к.п.д. насоса.

### 1.3 Контрольные вопросы.

1. Какие способы регулирования скорости в гидравлических приводах станков вы знаете.

2. Объяснить преимущества и недостатки дроссельного регулирования скорости.

3. Какие варианты установки дросселя для регулирования скорости в гидравлических системах вы знаете. Какие из вариантов нашли наибольшее применение в станочных гидроприводах.

4. Зависит ли скорость рабочего органа от нагрузки на нем при дроссельном регулировании. Может ли в этом случае скорость оставаться постоянной при изменяющейся нагрузке.

5. Какое условие должно выполняться для обеспечения постоянной скорости при изменяющейся нагрузке на рабочем органе.

6. Какие аппараты могут обеспечить постоянную скорость движения рабочего органа при изменяющейся нагрузке на нем.

7. Начертите гидравлическую схему привода рабочего органа (РО), которая обеспечивает следующие требования:

- при нагрузке на РО  $F = const$  – регулирование скорости при прямом и обратном ходе РО;

- при нагрузке на РО  $F \neq const$  – регулирование скорости в прямом и обратном ходе РО с постоянной скоростью;