

**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ  
ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ТВЕРСКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ**



## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

**Методическое пособие к выполнению  
лабораторных и практических работ по дисциплине  
«Гидравлика, пневматика и термодинамика»**

Разработано для обучающихся очной формы обучения  
по специальности: - 15.02.08 «Технология машиностроения»  
и других специальностей

Тверь 2021

ОДОБРЕНО

ЦМК по специальности: 15.02.08;

Протокол № 3... от «22.11» 2021 г

Председатель ЦМК 15.02.08

Г.Б. Иванова / Иванова

Составитель: Камызин Н.М. - преподаватель ГБПОУ ТМК, высшая категория.

Рецензенты:

- Соболев Эдуард Валерьевич, Главный механик ОАО «ТВЗ»;
- Самылин Игорь Алексеевич, преподаватель ГБПОУ Тверской

машиностроительный колледж.

Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине «Гидравлика, пневматика и термодинамика».

Тверь: ГБПОУ ТМК, 2021. - 65 с.

Содержится описание лабораторных и практических работ, представлен краткий теоретический материал по разделам дисциплины «Гидравлика, пневматика и термодинамика».

Работа соответствует положениям Федерального общеобразовательного стандарта и рабочей программы дисциплины «Гидравлика, пневматика и термодинамика».

Методические указания к проведению лабораторных и практических работ содержат теоретические, практические сведения, и ссылки на нормативно-технические документы.

В работе изложены общие требования к содержанию, последовательности выполнения расчетов и анализа полученных результатов.

В работе предложены варианты контрольных вопросов для самостоятельного нахождения ответов по темам лабораторных работ.

Издание предназначено для обучающихся колледжа очной формы по направлениям подготовки специальности 15.02.08 – Технология машиностроения.

Методические указания могут использоваться при проведении лабораторных работ обучающимися других технических специальностей.

.@ ГБПОУ ТМК, 2021 г.

@ Н. М. Камызин, 2021 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Лабораторная работа № 1. «Определение вязкости рабочей жидкости, измерение давления» .....                                  | 4  |
| Лабораторная работа № 2. «Изучение устройства объёмных насосов. Определение подачи шестеренного насоса».....                | 13 |
| Лабораторная работа № 3. «Изучение устройства и принципа работы гидромоторов».....  | 21 |
| Лабораторная работа № 4. «Регулирование скорости движения исполнительного устройства гидропривода» .....                    | 28 |
| Лабораторная работа № 5. «Изучение устройства и работы гидропривода станка с ЦПУ модели 1Г340ПЦ».....                       | 40 |
| Лабораторная работа № 6. «Изучение устройства и работы гидропривода станка с ЧПУ модели 6Р11МФ3».....                       | 47 |
| Лабораторная работа № 7. «Изучение устройства и работы пневматической системы промышленного робота модели М20Ф2.40.01»..... | 55 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....   | 64 |
| ЛИТЕРАТУРА .....  | 65 |

## **Лабораторная работа № 1. «Определение вязкости рабочей жидкости, измерение давления манометром».**

Цель лабораторной работы: «Закрепление материала по теме «1.1 Основные понятия». Научиться определять вязкость рабочей жидкости и измерять давление жидкости манометром».

Содержание отчета:

1. Название работы.

2. Цель работы.

3. Перечень пунктов, содержащихся в лабораторной работе:

- схема вискозиметра ВПЖТ-2, описание устройства вискозиметра и последовательность определения вязкости рабочей жидкости.

- манометр;

- схема манометра, описание его устройства и принципа работы.

- комплект чертежных принадлежностей (для зарисовки).

4. Краткое описание последовательности выполнения практической работы.

4.1 Изучить устройство и принцип работы вискозиметра ВПЖТ-2 и устройство манометра по источнику [1; 2] и теоретической части данной лабораторной работы.

4.2 Теоретическая часть.

4.2.1 Измерение вязкости капиллярным вискозиметром

Вискозиметр ВПЖ-2 предназначен для определения кинематической вязкости прозрачных жидкостей, способен производить измерения как при положительных, так и при отрицательных температурах. Высокая точность производимых замеров, а также возможность производить измерения практически в любых условиях делают данную модель вискозиметра широко востребованным в различных отраслях промышленности. ВПЖ-2 широко применяется в нефтяной, химической промышленности, а также в машиностроении, строительстве и лабораториях по контролю качества горюче-смазочных материалов.

Вязкость определяется путем подсчета времени истечения установленного объема жидкости через отверстие капилляра с известным диаметром отверстия.

Определив время истечения, для вычисления показателя кинематической вязкости пользуются следующей формулой:

$$V = (g/9,807) \times t \times K, \text{ где}$$

$V$  – вязкость,

$t$  – время стекания жидкости,

$K$  – номинальное значение постоянной для данного вискозиметра (см. табл. ),

$g$  – ускорение свободного падения в месте проведения измерения (например, для Москвы  $g=9,8156$ ).

#### 4.2.2 Что такое динамическая вязкость?

Динамическая вязкость, или коэффициент динамической вязкости – это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости.

Динамическая вязкость служит мерой сопротивления жидкости течению.

За единицу динамической вязкости в системе СИ принята вязкость такой жидкости, которая оказывает сопротивление в 1Н взаимному перемещению двух слоев жидкости площадью  $1\text{ м}^2$ , находящихся один от другого на расстоянии 1 м и перемещающихся с относительной скоростью 1м/с.

Единицей динамической вязкости в системе СИ является Паскаль·секунда (Па·с). На практике применяют  $1 \text{ мПа} \cdot \text{с} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , или санти Пуаз ( $1 \text{ сП} = 1 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ ).

Динамическую вязкость  $\eta$  находят как произведение кинематической вязкости жидкости  $\nu$  и ее плотности  $\rho$  при той же температуре по формуле:

$$\eta = \nu \cdot \rho$$

#### 4.2.3 Что такое кинематическая вязкость?

Кинематическая вязкость - это отношение динамической вязкости  $\eta$  жидкости к плотности  $\rho$  при той же температуре:

$$\nu = \eta / \rho$$

Кинематическая вязкость служит мерой сопротивления жидкости течению под влиянием гравитационных сил.

Метод определения кинематической вязкости заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести.

В системе СИ единицей кинематической вязкости является  $\text{м}^2/\text{с}$ . На практике применяется меньшая единица –  $1 \text{ мм}^2/\text{с} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , санти Стокс ( $1 \text{ сСт} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$ ).

#### 4.2.4 В чем сущность определения кинематической вязкости?

Сущность определения кинематической вязкости заключается в установлении времени истечения определенного объема нефтепродукта через капилляр вискозиметра под действием собственной силы тяжести. Для определения кинематической вязкости используются вискозиметры ВПЖ-1, ВПЖ-2, ВПЖ-4, ВПЖМ, ВНЖ, а также вискозиметры Пинкевича.

На расширениях вискозиметра указываются тип стекла, дата изготовления, номер вискозиметра и диаметр капилляра. Каждый вискозиметр снабжен выпускным аттестатом, в котором указывается постоянная вискозиметра.

Для поддержания заданной температуры продукта при определении вязкости применяют термостат или термостатирующие устройства. В зависимости от температуры, при которой определяется кинематическая вязкость, термостат заполняют одной из следующих жидкостей:

- а) при температуре от  $-60^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$  — спиртом этиловым или изоктаном;
- б) от  $0^\circ$  до  $90^\circ \text{C}$  — дистиллированной водой;
- в) выше  $90^\circ \text{C}$  — глицерином или глицерином, разбавленным

дистиллированной водой в соотношении 1:1, или светлым нефтяным маслом, или 25%-ным водным раствором азотнокислого аммония.

Для нагрева жидкостей используют нагревательные приборы, применяют лед, твердую углекислоту (сухой лед) или жидкий азот.

Для определения кинематической вязкости испытуемого нефтепродукта подбирают вискозиметр с таким расчетом, чтобы время истечения через капилляр вискозиметра было не менее 200 сек. Делается это следующим образом. Зная вязкость нефтепродукта по техническим условиям при температуре определения,

делят ее на 200 и получают постоянную вискозиметра, по которой и подбирают вискозиметр с нужным диаметром капилляра.

Перед определением вязкости вискозиметр сначала тщательно промывают авиационным бензином Б-70, серным эфиром, дистиллированной водой или спиртом этиловым. Затем просушивают в сушильном шкафу и продувают чистым теплым воздухом. При сильном загрязнении вискозиметр промывают хромовой смесью.

При наличии в нефтепродукте воды его просушивают и фильтруют. В термостате устанавливают необходимую температуру, которую поддерживают во время определения с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Температуру определяют с помощью лабораторного термометра, устанавливаемого таким образом, чтобы его ртутный шарик находился примерно на уровне середины капилляра вискозиметра.

$C$  — постоянная вискозиметра, сСт/сек (дается в паспорте вискозиметра);

#### 4.2.5 Как происходит отбор пробы испытуемого нефтепродукта?

Отбор пробы испытуемого продукта вискозиметром ВПЖ-2 и вискозиметром Пинкевича одинаков (см. рис. 1). Для этого последовательно выполнить следующее:

- испытуемый продукт наливают в стеклянный стаканчик или фарфоровый тигель и опускают в него конец колена вискозиметра с капилляром;
- отверстие другого колена вискозиметра закрывают пробкой (пальцем);
- через резиновую трубку, надетую на отводную стеклянную трубку, резиновой грушей засасывают испытуемый продукт в вискозиметр до метки  $M_2$ ;
- во время засасывания продукта следят затем, чтобы не образовалось пузырьков воздуха, разрывов и пленок.

#### 4.2.6 Как происходит обработка и подсчет результатов испытаний?

По полученным результатам находят среднее арифметическое и сравнивают; с ним все отсчеты. Во внимание принимаются только те отсчеты, которые отличаются от среднего арифметического не более чем на  $\pm 0,5\%$ . При расхождении результатов

отсчетов на большее значение, измерения повторяют. Кинематическую вязкость ( $\nu$ ) испытуемого нефтепродукта вычисляют по формуле:

$$\nu = C \cdot \tau$$

где:  $C$  - постоянная вискозиметра, сСт/сек (дается в паспорте вискозиметра);

$\tau$  — среднее арифметическое времени истечения нефтепродукта в вискозиметре, сек.

Кинематическую вязкость нефтепродукта вычисляют с точностью до четвертой значащей цифры, например: 1,255; 16,48; 190,2; 1735. Расхождения между параллельными определениями кинематической вязкости нефтепродуктов (в процентах) от среднего арифметического сравниваемых результатов не должны превышать следующей величины:

- при температуре определения от  $-60^{\circ}$  до  $-30^{\circ}\text{C} \pm 2,5\%$ ;
- от  $-30^{\circ}$  до  $+15^{\circ}\text{C} - \pm 1,5\%$ ,
- от  $+15^{\circ}$  до  $+150^{\circ}\text{C} - \pm 1,2\%$ .

По итогам определения делается вывод о пригодности к использованию данной марки дизельного топлива

#### 4.3 Последовательность выполнения лабораторной работы

##### 4.3.1 Вискозиметры ВПЖ-2 (рисунок 1) и вискозиметр Пинкевича

представляют собой стеклянную U-образную трубку, в одно колено которой, впаян капилляр, переходящий в два расширения. Между расширениями имеется метка  $M_1$ , а внизу нижнего расширения - метка  $M_2$ . Технические характеристики вискозиметра ВПЖ-2 приведены в таблице 1.

В верхней части второго колена есть небольшой отвод, на который надевается резиновая трубка с грушей 1 на конце (рисунок 1б). В нижней части оба колена соединяются с помощью расширения 7 (рисунок 1б), который служит резервуаром для стока испытуемого нефтепродукта. Вискозиметр требуется заполнить нефтепродуктом.

Перевернуть вискозиметр (рисунок 1а) в вертикальную плоскости и определить секундомером время истекания объема жидкости через капилляр между

метками  $M_1$  до метки  $M_2$  из емкости вискозиметра в резервуар 3 и определить показатели температуры  $T$  по термометру 3 (рисунок 1б).

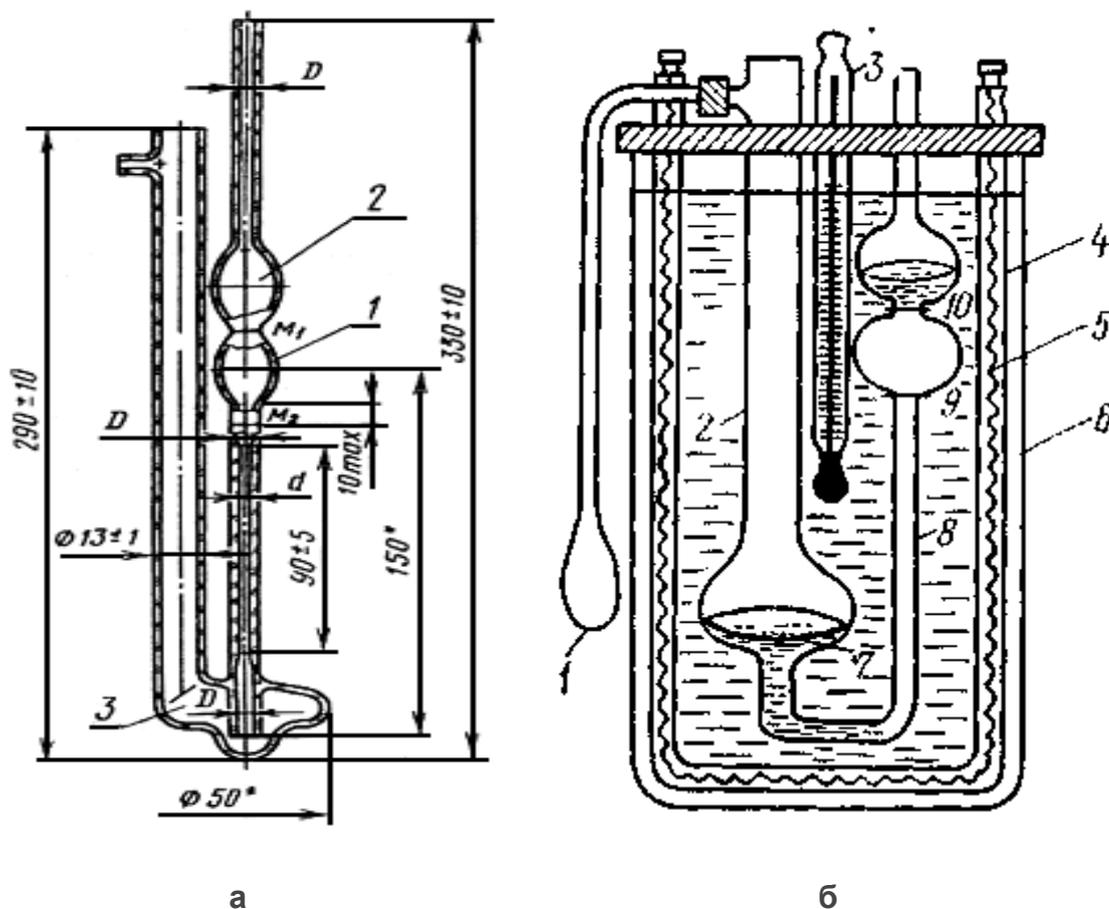


Рисунок 1. Вискозиметр стеклянный капиллярный типа ВПЖ-2.

- а) 1 - измерительный резервуар; 2, 3 – резервуары;  
 б) 1- груша; 2- трубка капилляра; 3- термометр; 4 - корпус нагревательного элемента; 5 – спираль; 6 – корпус прибора; 7 – резервуар; 8 – трубка капилляра; 9 – метка  $M_2$ ; 10 – метка  $M_1$

Вискозиметры выпускаются с капиллярами различного диаметра. В набор вискозиметров ВПЖ-2 и ВПЖ-4 входят вискозиметры с диаметром капилляров от 0,34 до 5,1 мм. Набор вискозиметров Пинкевича состоит из вискозиметров с диаметром капилляров от 0,4 до 4 мм.

Таблица 1 Технические характеристики вискозиметра ВПЖ-2

| № п.п. | Диаметр капилляра, мм | Постоянная $K$ , $\text{мм}^2/\text{с}^2$ | Диапазон измерения вязкости, $\text{мм}^2/\text{с}$ |
|--------|-----------------------|---|---|
| 1      | 0,34                  | 0,003                                     | 0,6-3   |
| 2      | 0,39                  | 0,005                                     | 1-5   |
| 3      | 0,56                  | 0,01                                      | 2-10  |
| 4      | 0,73                  | 0,03                                      | 6-30  |

|    |      |     |            |
|----|------|-----|------------|
| 5  | 0,99 | 0,1 | 20-100     |
| 6  | 1,31 | 0,3 | 60-300     |
| 7  | 1,77 | 1   | 200-1000   |
| 8  | 2,37 | 3   | 600-3000   |
| 9  | 3,35 | 10  | 2000-10000 |
| 10 | 4,66 | 30  | 6000-30000 |

Диапазон измерения вязкости для вискозиметра ВПЖ-2 находится в пределах от 0,6 до 30000 мм<sup>2</sup>/с. Диаметр отверстия встроенного капилляра может разным в зависимости от области применения вискозиметра. Для каждого диаметра капилляра при вычислениях кинематической вязкости следует использовать свое значение постоянной К.

#### 4.3.2 Вычислить значение кинематического коэффициента вязкости

$$v = M \cdot t \quad (M - \text{постоянная прибора})$$

Данные свести в таблицу 2, сравнить с табличным значением  $v^*$ , м<sup>2</sup>/с.

Таблица 2. Результаты измерений

| Вариант | Вид жидкости | M, м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup> | t, с | v, м <sup>2</sup> /с | T, °C | v*, м <sup>2</sup> /с |
|---------|--------------|-----------------------------------|------|----------------------|-------|-----------------------|
| 1       | М-8В         | 366·10 <sup>-8</sup>              | 82   |                      | 50    | 300·10 <sup>-6</sup>  |
| 1       | ЛЗ-МГ-2      | 366·10 <sup>-8</sup>              | 109  |                      | 50    | 400·10 <sup>-6</sup>  |
| 1       | МГЕ-4А       | 366·10 <sup>-8</sup>              | 98   |                      | 50    | 360·10 <sup>-6</sup>  |
| 1       | МГЕ-10А      | 366·10 <sup>-8</sup>              | 76   |                      | 50    | 280·10 <sup>-6</sup>  |
| 1       | ВМГЗ         | 366·10 <sup>-8</sup>              | 93   |                      | 50    | 340·10 <sup>-6</sup>  |
| 1       | АМГ-10       | 366·10 <sup>-8</sup>              | 109  |                      | 50    | 400·10 <sup>-6</sup>  |

## 5 Понятие об устройстве деформационных манометров

Манометр деформационного типа (рисунок 2) это компактное механическое устройство, измеряющее давление сразу в паскалях (без перевода из других единиц). Его рабочим элементом является дугообразная или спиральная трубка Бурдона, в которую накачивается газ. Если давление внутри трубки повышается, она начинает распрямляться, и это движение через систему тяг передается на стрелку. При снятии давления она возвращается в свое первоначальное положение.

Вместо трубки может быть использована пружина, мембрана или другой чувствительный элемент, который деформируется под давлением. Принцип действия манометра остается тем же: деформация передается на стрелку, движущуюся по шкале.

Деформационные металлические манометры чаще всего используются в быту и на производстве. Они компактны, отлично переносят вибрации, не требуют строго вертикальной установки. Если нужно выбрать, к примеру, автомобильный манометр, он будет именно такого типа.

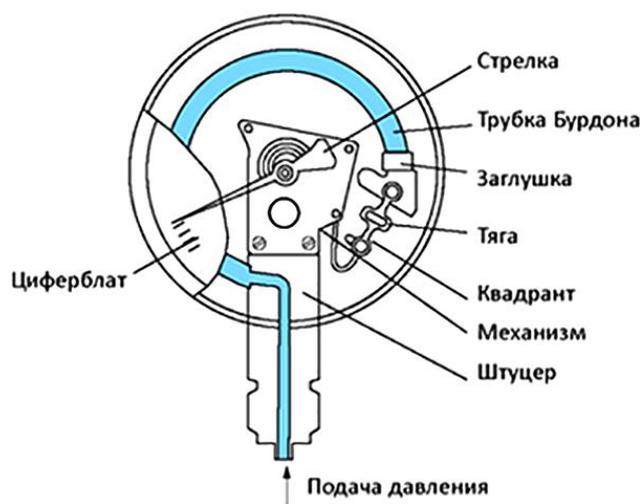


Рисунок 2. Манометр деформационного типа

Шкала показывающих приборов градуируется в МПа или в кПа (ранее кгс/см<sup>2</sup>), то есть в единицах давления. Для манометров верхний предел избыточного давления изменяется от 0,06 МПа до 1000 МПа, для вакуумметров нижний предел вакуумметрического давления составляет 0,1 МПа. Мановакуумметры имеют нижний предел избыточного давления 0,1 МПа, а верхний – до 4 МПа.

Рабочий предел измерений избыточного давления должен быть равен:

- 75 или 100 % от верхнего предела шкалы (при постоянном давлении);
- 66 или 88 % от верхнего предела шкалы (при переменном давлении).

Рабочий предел измерений вакуумметрического давления равен верхнему пределу шкалы прибора.

Под постоянным понимается давление, которое изменяется со скоростью не более 1 % от диапазона измерений по шкале прибора в секунду.

На циферблате прибора указываются:

- единица измерения;
- класс точности или максимальная относительная погрешность;
- знак «←» (минус) впереди числа, обозначающего верхний предел вакуумметрического давления;
- наименование среды при специальном исполнении прибора, например: «кислород-маслоопасно», Ж – для жидкой среды; Г – для газообразной среды.

Например: ОБМВ 1-160: ОБ – образцовый;

МВ – мановакуумметр;

160 – наружный диаметр корпуса прибора в мм.

6 Составить отчет (содержание по пунктам на стр.4).

7 Получить зачет (см. вопросы для самопроверки).

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Изучить определение вязкости жидкости.
- 2 Что такое динамическая вязкость?
- 3 В каких единицах измеряется динамическая вязкость?
- 4 Что такое кинематическая вязкость?
- 5 В каких единицах измеряется кинематическая вязкость?
- 6 Каково соотношение между стоксом и сантистоксом?
- 7 При какой температуре измеряется вязкость рабочей жидкости гидравлических приводов и почему?
- 8 Как влияет температура на вязкость жидкости?
- 9 Рассказать устройство вискозиметра ВПЖТ-2.
- 10 Рассказать последовательность определения кинематической вязкости рабочей жидкости с помощью вискозиметра ВПЖТ-2.
- 11 Что такое давление?
- 12 Что такое абсолютное и избыточное давление?
- 13 В каких единицах измеряется давление?
- 14 Как называются приборы для измерения избыточного давления жидкости?
- 15 Рассказать об устройстве манометра.
- 16 Почему трубка Бурдона изгибается при изменении избыточного давления?

## Лабораторная работа № 2. «Изучение устройства объёмных насосов. Определение подачи шестеренного насоса».

Цель лабораторной работы: «Закрепить материал темы «2.2 Источники питания гидравлических приводов». Научится рассчитывать подачу (производительность) объёмных насосов».

Содержание отчета:

1. Название работы.

2. Цель работы.

3. Перечень оборудования, приспособлений, инструмента и принадлежностей, необходимых для выполнения работы:

- рабочее место - лаборатория технической механики;

- методическое описание к лабораторной работе и др. литература;

- шестеренный насос Г11-II в разобранном виде..

- схемы шестеренного и пластинчатого насосов и описание их устройства и принципа работы

- комплект чертежных принадлежностей (для зарисовки).

4. Краткое описание последовательности выполнения практической работы.

4.1 Изучить устройство и принцип работы шестеренного и пластинчатого насосов по источнику [1] и теоретической части данной лабораторной работы.

4.2 Теоретическая часть.

4.2.1 Общие сведения о конструкции с внешним зацеплением

Данный вид конструкции наиболее распространен. Две шестерни закреплены напротив друг друга. Одна шестерня является ведущей, и приводит в движение вторую шестерню.

Устройство шестеренного насоса выполнено на рисунке 1. Шестерённый насос имеет следующее устройство. Основным элементом является корпус, в него входят две шестеренки внутри которого они закреплены. Одна из шестерней является ведущей и приводится в движение внешним механическим приводом. Вторая приводится в движение первой за счет зацепления. Вращаясь они перемещают жидкость, находящуюся между зубьями из камеры всасывания (1) в камеру нагнетания (2).

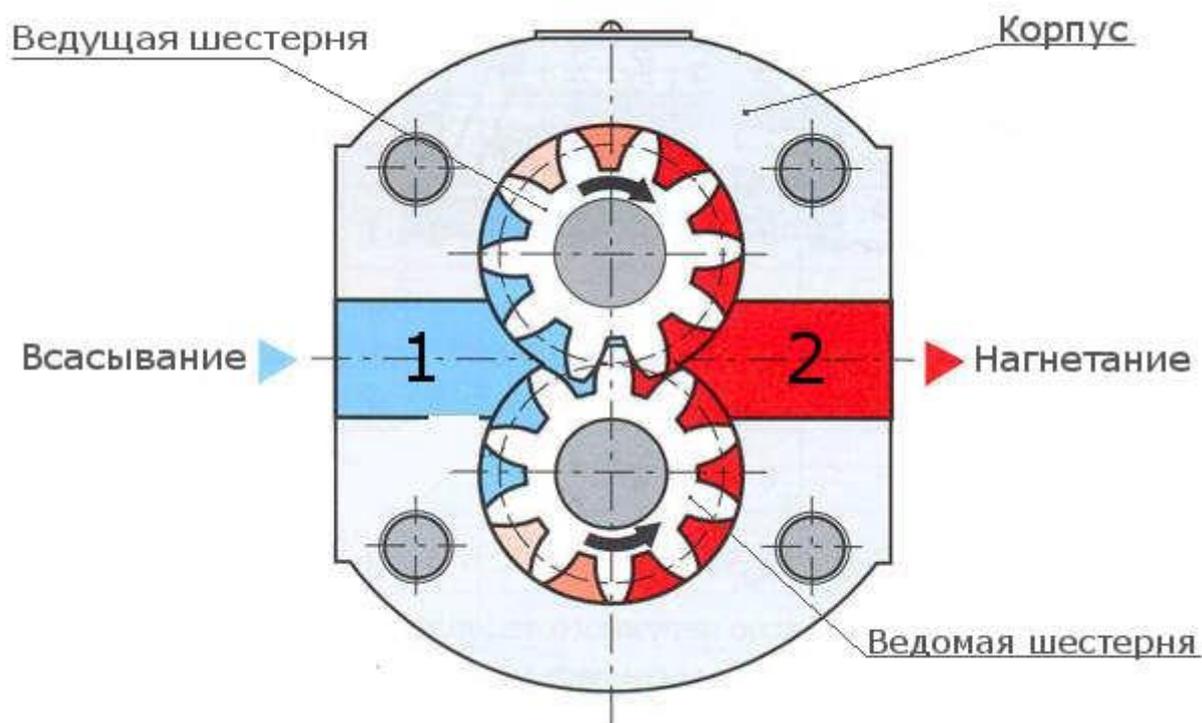


Рисунок 1. Устройство шестеренного насоса

#### 4.2.2 Принцип работы шестерённого насоса

Шестерённый насос имеет следующий принцип работы, который рассмотрим поэтапно:

а) забор жидкости (рисунок 1) происходит за счет выхода из зацепления шестерен в камере всасывания 1. Расходящиеся зубья расширяют объём камеры всасывания, в результате чего, в камере 1 образуется вакуум, который стремительно заполняется жидкостью через всасывающий канал. Это происходит в результате разности давлений в линии забора и подающей камеры.

б) шестерни переносят рабочую жидкость в пространстве между зубьев из камеры 1 в камеру 2;

в) при вхождении зубьев шестеренного насоса в зацепление происходит уменьшение объема камеры 1 всасывания. В результате этого происходит выдавливание жидкости из камеры 2 нагнетания.

Немаловажной проблемой в эксплуатации шестерённого насоса, считается проблема запертого объема. Так как жидкости плохо подвергаются сжатию и возникновение запертых объемов может серьёзно препятствовать работе гидромашин. Это происходит в следствии высокого момента сопротивления.

Чтобы решить эту проблему, на шестернях делают специальные канавки отвода жидкости, по которым избыточный объем уходит в зону всасывания или нагнетания.

Проблема запертого объема представлена на рисунке 2.

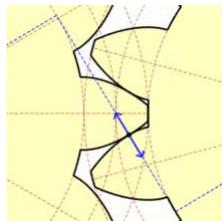


Рисунок 2. Запертый объем

#### 4.2.3 Формулы расчета производительности шестерённого насоса

Производительность вычисляется следующим образом:

$$Q_m = 2 \cdot \pi \cdot m^2 \cdot z \cdot b \cdot n,$$

где:  $Q_m$  – производительность шестеренного насоса, л/мин;

$m$  – модуль зубьев мм;

$z$  – число зубьев шт;

$b$  – ширина венца ведущего колеса мм;

$n$  – частота вращения вала насоса об/мин

Исходя из формулы, приведенной выше в тексте, можно сделать заключение о том, что производительность нельзя никак увеличить, кроме как увеличением частоты вращения ведущего вала.

Вывод: шестерённые насосы не регулируются.

#### 4.4.4 Область применения шестерённых насосов

Шестерённые насосы используются для подачи давления до 2,5 МПа.

Основное предназначение такого рода устройств это перекачка вязких жидкостей: масла, нефть, мазут и даже цемент и битум. Основной род применения шестерного насоса перекачка масла. Их применение весьма широко: нефтяная, машиностроительная, химическая промышленность, дорожное и сельское хозяйство.

#### 4.4.5 Преимущества и недостатки шестерённых насосов

Преимущества эксплуатации шестерённых насосов:

- шестерённые насосы самые простые по устройству и поэтому самые дешёвые;

- очень компактны, высоконадёжны, не требующие высококвалифицированного обслуживающего персонала;

- у них минимальные требования к очистке рабочей жидкости, им не нужна смазка. Её роль выполняет рабочая жидкость.

Недостатки в работе:

- низкий КПД - в большинстве случаев его значение не превышает 0,6-0,75.

Этот показатель является самым маленьким, относительно других типов.

- пульсация рабочей жидкости в нагнетательной линии, в результате чего происходят скачки давления, а это производит относительно высокий шум (до 90 дБ). Такой недостаток вызван конструктивными особенностями зубчатого зацепления.

- высокая нагрузка на опоры шестерен. Это происходит из-за большой разницы давлений в нагнетательной и всасывающих областях, что приводит к повышенной скорости износа опор, а это уменьшает срок эксплуатации устройства.

- не рекомендуется к эксплуатации в гидросистемах с высоким давлением. В таких системах насосы подвергаются повышенному износу и быстро выходят из строя.

#### 4.4.6 Маркировка шестеренных насосов

Пример условного обозначения шестеренного масляного фланцевого насоса с подачей 4 м<sup>3</sup>/ч и давлением 2,5 МПа с проточной частью из бронзы, основного конструктивного исполнения, климатического исполнения ОМ, категории размещения 5 по ГОСТ 15150-69:

Насос НМШФ5-25Б У5 ГОСТ 19027-89

Буквенный ряд обозначает:

НШФ – насос шестерёнчатый фланцевый;

М – в качестве рабочей жидкости используется масло;

Б – материал проточной части (бронза)

25(2,5 Мпа) – давление на выходе из насоса в агрегате (кг/см<sup>2</sup>);

2,5 м<sup>3</sup>/час - объем подачи в час (м<sup>3</sup>/час)

Насосы, предназначенные для нужд народного хозяйства, изготавливаются в климатическом исполнении У по ГОСТ 15150-69.

#### 4.4.7 Устройство и конструкция пластинчатого насоса

Пластинчатые насосы (рисунок 3) относятся к классу объемных роторных шиберных машин.

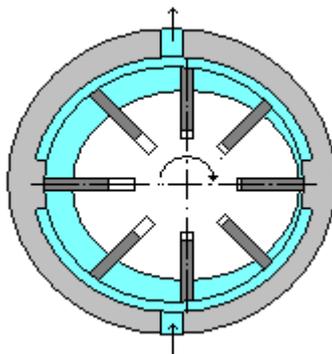


Рисунок 3. Схема пластинчатого насоса

В пластинчатых насосах перекачивание жидкости осуществляется за счет изменения объема камер, образуемых поверхностями ротора статора и подвижных пластин. Принцип работы пластинчатого насоса представлен на рисунке 4.

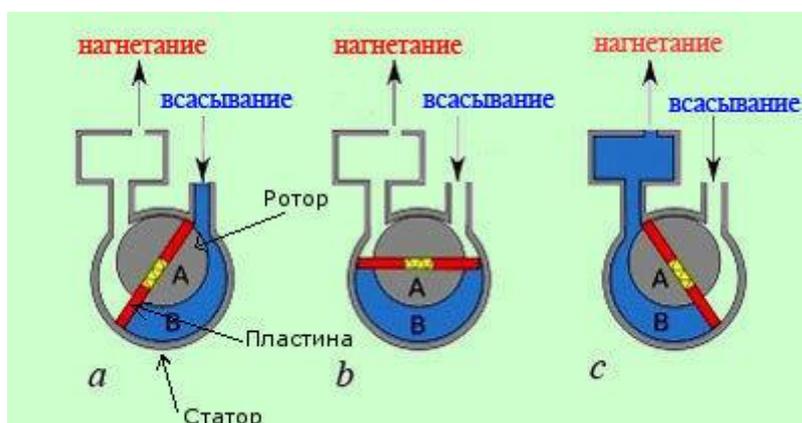


Рисунок 4. Принцип работы пластинчатого насоса

Понять принцип работы пластинчатого насоса можно используя рисунок выше. Вращаясь ротор перемещает пластины. Они в свою очередь под действием центробежной силы или пружины начинают выходить из пазов, плотно жмется к внутренней стенке статора. Благодаря тому, что центр ротора смещен относительно статора, объем рабочей камеры по мере движения растет – это событие всасывания

(рисунок 4а). Ротор продолжая движение переходит в фазу уменьшения рабочей камеры – это событие нагнетания (рисунок 4с). Итак, жидкость переносится между лопастями из системы всасывания в систему нагнетания.

#### 4.4.8 Формулы расчёта производительности пластинчатого насоса однократного действия

Производительность роторно-пластинчатого агрегата однократного действия определяется по формуле:

$$Q_m = 2 \cdot e \cdot (2 \cdot \pi \cdot R - z \cdot S) \cdot b \cdot n \frac{m^3}{c},$$

где:  $e$  – эксцентриситет;

$R$  – радиус цилиндрической расточки статора;

$z$  – число пластин;

$S$  и  $b$  – толщина и ширина пластин;

$n$  – частота вращения ротора насоса (вала приводного электродвигателя)

Как видно из формулы производительность зависит от величины  $e$ , которая определяет отклонение оси ротора от оси статора. Из чего следует что, если поместить ротор внутрь кольца, перемещением которого мы сможем управлять, мы получим регулируемый роторно-пластинчатый насос. Производительность роторно-пластинчатого устройства определяется по следующей формуле:

$$Q_m = 2 \cdot b \cdot n \cdot (R - r) \cdot [\pi \cdot (R + r) - z \cdot S], m^3/c,$$

где:  $b$  – ширина пластины;

$R$  и  $r$  – соответственно большой и малый диаметр расточки корпуса;

$z$  – число пластин;

$S$  – толщина пластины;

$n$  – частота вращения ротора (вала приводного электродвигателя)

Исходя из формулы можно сделать некоторый вывод. Мощность насоса невозможно повысить кроме как увеличением частоты вращений ротора ( $n$ ).

#### 4.4.9 Достоинства и недостатки пластинчатых насосов

Сравнение с другими типами насосов:

- в отличие от шестеренных, роторно-пластинчатые агрегаты производят наиболее равномерную подачу рабочей жидкости;
- у роторно-поршневых типов пластичные устройства выигрывают тем что требования к загрязнению рабочей жидкости весьма низкие;
- конструкция самого агрегата проще и дешевле.

Преимущества пластинчатых насосов:

- относительно низкая пульсация выходного потока;
- низкий уровень шума.

Общие недостатки:

- устройство насоса достаточно сложное и плохо ремонтпригодное;
- низкие рабочие давления;
- залипание пластин, случается при низких температурах;
- заклинивание пластин при высоких температурах.

Структурное обозначение пластинчатых насосов типа НПл выполнено на рисунке 5.



Насос пластинчатый двухпоточный на давление 6,3 МПа с рабочим объемом первого насоса 63 см<sup>3</sup>, второго насоса 80 см<sup>3</sup>, с правым вращением. Для районов с умеренным и холодным климатом

Рисунок 5 – Структурное обозначение пластинчатого насоса

#### 4.4.10 Определение объема подачи роторно-пластинчатых насосов

Теоретическая подача объемного насоса определяется по формуле:

$$Q = Vn \text{ м}^3/\text{с},$$

где:  $V$  – объем рабочей камеры насоса в куб. метрах;

$n$  – частота вращения рабочих колёс насоса в об/с;

Объем рабочей камеры шестеренного насоса определяется по формуле:

$$V = (\pi D_a^2/4 - \pi D_f^2/4)b,$$

где:  $D_a$  – диаметр вершин зубьев;

$D_f$  – диаметр впадин зубьев;

$b$  – ширина зубчатого венца (длина зубьев).

5 Составить отчет.

Для исходных данных и расчета подачи насоса Г11-II следует измерить основные параметры зубчатых колёс насоса Г11-II (ГОСТ 2.403-75) и рассчитать его подачу.

6. Получить зачет (см. вопросы для самопроверки).

### **Вопросы для самопроверки**

1 Каковы функции насоса в гидроприводе?

2 По каким основным признакам классифицируются гидравлические насосы?

3 Какие насосы называются динамическими?

4 Какие насосы называются объёмными?

5 Почему динамические насосы не применяются в гидравлических приводах?

6 Какие конструкции объёмных насосов Вы знаете?

7 Какие основные параметры указываются в технической характеристике гидравлических насосов?

8 Устройство и принцип работы шестеренного насоса.

9 Достоинства и недостатки шестеренных насосов.

10 Устройство и принцип работы пластинчатых насосов.

11 Устройство и принцип работы поршневых насосов.

12 Условные графические обозначения насосов на гидравлических схемах.

13 Какие объёмные насосы относятся к насосам низкого давления?

14 Какие объёмные насосы относятся к насосам среднего давления?

15 Какие объёмные насосы относятся к насосам высокого давления?

### **Лабораторная работа № 3. «Изучение устройства и принципа работы гидромоторов».**

Цель лабораторной работы: «Закрепить материал темы: «2.3 Гидравлические двигатели». Познакомиться с основными техническими характеристиками гидромотора.».

Содержание отчета:

1. Название работы.

2. Цель работы.

3. Перечень изучаемых тем, необходимых для выполнения работы:

- определение гидромотора;
- достоинства гидромоторов;
- основные технические характеристики гидромоторов;
- графическое изображение скоростной характеристики.

4. Краткое описание последовательности выполнения практической работы.

4.1 Изучить устройство и принцип работы аксиально-поршневого гидромотора по учебнику [1] и теоретической части данной лабораторной работы.

4.2 Теоретическая часть.

4.2.1 Общие сведения о гидравлических моторах

Насос аксиально-поршневой – это техническое устройство, относящееся к категории гидравлических машин, механическая энергия рабочего органа которых преобразуется в энергию движущегося потока жидкости. Если такие машины совершают обратное действие (другими словами, энергия потока жидкости преобразуется в механическую), они называются гидромоторами. Использоваться как гидромоторы, так и гидравлические насосы стали достаточно давно, а сегодня они активно применяются практически везде.

4.2.2 Конструктивные особенности и принцип действия

Гидромотор аксиально-поршневого типа состоит из следующих элементов:

- поршней, также называемых плунжерами, которые входят в состав блока цилиндров;

- элементов шатунного типа;
- ведущего вала, который также называется основным;
- механизма, который выполняет распределительные функции.

Конструкция аксиально-поршневого гидромотора типа Г15-2 выполнена на рисунке 1.

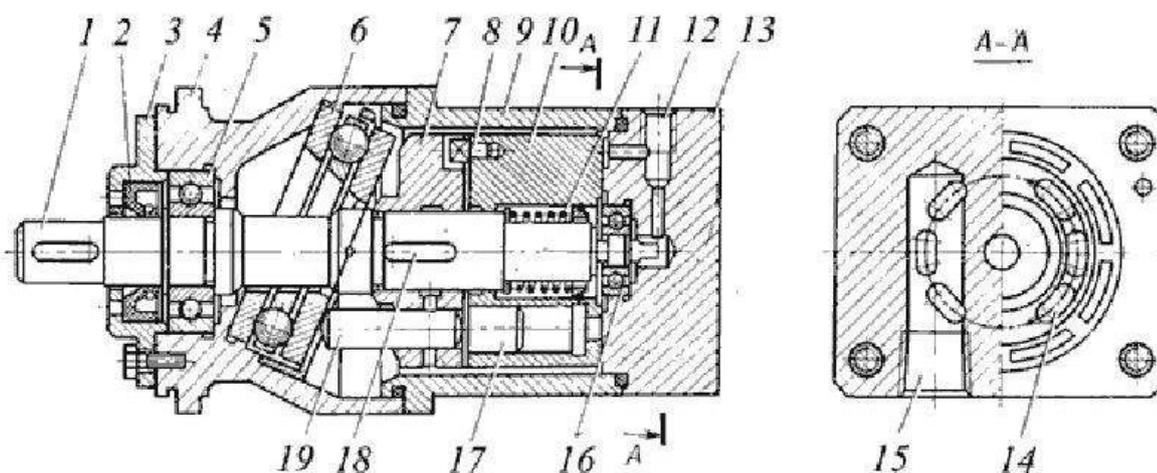


Рисунок 1 Аксиально поршневой гидромотор типа Г15-2

1 - вал; 2 - манжета; 3 - крышка; 4,9 – корпус; 5,16 – подшипник; 6 – радиально упорный подшипник; 7 – барабан; 8- поводок; 10 – ротор; 11- пружина; 12- дренажное отверстие; 13- распределительное устройство; 14- полукольцевые пазы; 15- отверстие напорное; 17 – поршни; 18 – шпонка; 19 – толкатель.

#### 4.2.3 Устройство аксиально-поршневого мотора с наклонным блоком

Принцип, по которому работает поршневой гидромотор аксиального типа, выполненный на рисунке 2, основывается на том, что его основной вал, вращаясь, сообщает движение элементам блока цилиндров. Вращение основного вала

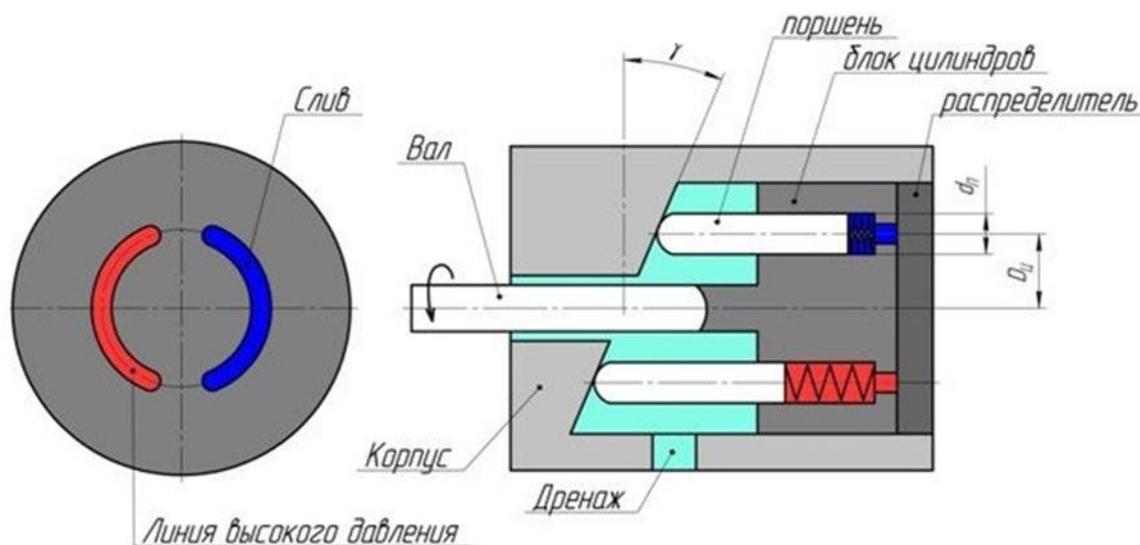


Рисунок 2. Принцип работы аксиально-поршневого гидромотора

насосов аксиально-поршневого типа преобразуется в возвратно-поступательное перемещение поршней, совершаемое параллельно оси блока цилиндров. Именно благодаря характеру таких движений поршня, которые являются аксиальными, насос и получил свое название.

Гидромоторы аксиально-поршневые Г15 предназначены для бесступенчатого регулирования скоростей, работы в системах, где требуется реверсирование, частое включение, автоматическое и дистанционное управления.

Гидромоторы Г15 работают на минеральных маслах с вязкостью от 10 до 200 сСт, при температуре масла от +10 до +60°C и температуре окружающей среды от 0 до +45°C.

Технические характеристики гидромоторов Г15-2 представлены в таблице 1.

Таблица 1 Технические характеристики гидромоторов

| Наименование | Объем, см <sup>3</sup> | Q, л/мин | P, МПа | Вес кг |
|--------------|------------------------|----------|--------|--------|
| Г 15-21 Р    | 11,2                   | 10,75    | 6,3    | 4      |
| Г 15-22 Р    | 20                     | 19,2     | 6,3    | 6,1    |
| Г 15-23 Р    | 40                     | 38,4     | 6,3    | 10,6   |
| Г 15-23 Н    | 40                     | 38,4     | 6,3    | 10,6   |
| Г 15-24 Н    | 80                     | 76,8     | 6,3    | 19     |
| Г 15-25 Н    | 160                    | 153,6    | 6,3    | 37,3   |

#### 4.2.4 Достоинства и недостатки гидромоторов

Аксиально-поршневой гидромотор и гидравлический насос данного типа при сравнении с радиальными и паровыми устройствами имеют следующие отличия:

- при достаточно компактных размерах и небольшом весе такие устройства обладают внушительной мощностью и достойной производительностью;
- за счет компактных размеров и небольшого веса насосы, относящиеся к аксиально-поршневому типу, при работе создают небольшой момент инерции;
- частоту вращения выходного вала аксиально-поршневого гидромотора регулировать очень легко;
- данные устройства эффективно функционируют даже при достаточно

высоком давлении рабочей среды и при этом создают соответствующий крутящий момент выходного вала;

- в таких установках можно изменять объем рабочей камеры, чего не удастся достичь при использовании гидронасосов и гидромоторов радиально-поршневых;

- частота, с которой вращается выходной вал гидромоторов данного типа, в зависимости от модели может находиться в диапазоне 500–4000 об/мин;

- в отличие от насосов радиально-поршневых, которые могут работать при давлении рабочей жидкости, не превышающем значение 30 мПа, аксиальные установки способны функционировать при давлении, достигающем до 35–40 мПа. При этом потери величины такого давления будут составлять всего 3–5%;

- поскольку поршни аксиальных насосов устанавливаются в рабочих камерах с минимальными зазорами, достигается высокая герметичность таких установок;

- при использовании насосов данного типа можно регулировать как направление подачи, так и давление рабочей жидкости.

Регулируемые аксиально-поршневые гидромоторы применяются на погрузчиках, экскаваторах и автокранах.

Принцип работы аксиально-поршневого гидронасоса с объемным регулированием:

- стержень с резьбой ограничивает поворотный угол наклонного диска;

- при достижении крайнего положения ограничителя пружина двигает наклонный диск на максимально возможный угол;

- в это же время под действием движения ротора выполняется прижимание поршневых подпятников к поверхности диска. Возникают возвратно-поступательные движения поршневой группы, при этом первая половина поршней внутри ротора выдвигаются, создавая увеличенный объем. В результате этого жидкость заполняет рабочий объем через входное отверстие. Вторая половина поршней входят в ротор, создавая уменьшенный объем, а рабочая жидкость выходит через выходное отверстие;

- при уменьшении угла поворота диска ход поршней будет сокращаться, и количество рабочей жидкости уменьшится. Наибольший объем достигается при

повороте диска на максимально возможный угол.

Достоинства гидромоторов:

- компактные размеры в сочетании с внушительной мощностью;
- минимальный момент инерции;
- простая регулировка направления, давления;
- частота вращения до 4 тыс. оборотов/мин.;
- оптимальное давление до -40 МПа;
- высокий КПД — до 97%.

Недостатки гидромоторов:

- высокая стоимость в сравнении с нерегулируемыми гидронасосами;
- требуют точной настройки.

- гидравлические механизмы аксиально-поршневого типа очень критично реагируют на загрязненную рабочую среду, поэтому использовать их можно только с фильтрами, размер ячеек которых не превышает 10 мкм.

- аксиально-поршневые гидравлические устройства из-за особенностей своей конструкции издадут при работе значительно больше шума, чем модели насосов и гидравлических моторов пластинчатого и шестеренного типа.

К аксиально-поршневому типу, как упомянуто выше, могут относиться не только гидравлические насосы, но и гидромоторы. Принцип работы гидромотора практически идентичен принципу действия аксиально-поршневого насоса. Основная разница состоит в том, что совершается такая работа в обратной последовательности – в устройство под определенным давлением подается жидкость, которая и заставляет двигаться поршни гидромотора, приводящие во вращение его выходной вал.

#### 4.2.5 Технические характеристики гидромоторов

К основным техническим характеристикам гидромоторов относятся:

а) Рабочий объём ( $V$ ) – это разность между наибольшим и наименьшим значениями объёмов рабочих камер за один оборот вала гидромотора.

б) Номинальное давление ( $p_{ном}$ ) – Это наибольшее установившееся давление рабочей жидкости на входе в гидромотор, при котором он работает в течение установленного срока службы с сохранением всех параметров в пределах заданных норм.

в) Перепад давлений ( $\Delta p$ ) – Это разность давлений рабочей жидкости на входе и выходе гидромотора.

г) Номинальная частота вращения ( $n_{ном}$ ) – Это наибольшая частота вращения, при которой гидромотор работает в течении заданного ресурса времени с сохранением всех параметров в пределах заданных норм.

$$n_{ном} = Q/V;$$

д) Номинальный вращающий момент ( $M_{ном}$ ) – это вращающий момент на валу гидромотора при номинальных значениях  $V$  и  $\Delta p$ .

ж) Коэффициент полезного действия ( $\eta$ ) – это отношение эффективной мощности на его валу к теоретической.

$$\eta = N/N_T;$$

з). Скоростная характеристика – это зависимость частоты вращения вала гидромотора от расхода рабочей жидкости.

$$n = f(Q);$$

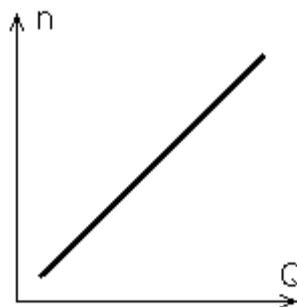


Рисунок 3. Скоростная характеристика гидромотора

5 Составить отчет.

6 Получить зачет (см. вопросы для самопроверки).

## Вопросы для самопроверки

- 1 Определение гидромотора.
- 2 Принцип действия гидромотора.
- 3 Достоинства гидромоторов в сравнении с электродвигателями
- 4 Назвать основные технические характеристики гидромотора.
- 5 Определение рабочего объёма гидромотора.
- 6 Определение номинального давления гидромотора.
- 7 Определение перепада давления.
- 8 Что такое номинальная частота вращения гидромотора?
- 9 Что такое номинальный вращающий момент гидромотора?
- 10 Как определяется КПД гидромотора?
- 11 Что такое скоростная характеристика гидромотора?

## Лабораторная работа № 4. «Регулирование скорости движения

### исполнительного устройства гидропривода».

Цель лабораторной работы: «Закрепить материал тем: «2.4 Направляющая и регулирующая гидроаппаратура», «2.5 Регулирование скорости в гидравлических приводах» и приобрести практические навыки составления гидравлических схем приводов с дроссельным регулированием скорости.

Содержание отчета:

1. Название работы.

2. Цель работы.

3. Перечень пунктов, содержащихся в лабораторной работе:

- краткое описание устройства стенда и его работы;

- основные технические характеристики гидромоторов;

- гидравлическая схема стенда для дроссельного регулирования скорости и её графическое изображение.

- на схеме нанести буквенные позиционные обозначения всех элементов в соответствии с ГОСТ 2.704-2011.

4. Краткое описание последовательности выполнения практической работы.

4.1 Изучить устройство и принцип работы аксиально-поршневого гидромотора по учебнику [1, стр. ] и теоретической части данной лабораторной работы.

4.2 Теоретическая часть.

4.2.1 Гидравлическая система стенда

Стенд для изучения дроссельного регулирования скорости движения исполнительных устройств гидравлических приводов оснащён гидравлическим цилиндром двустороннего действия с односторонним штоком и нерегулируемым реверсивным гидравлическим мотором.

Скорость движения штока гидравлического цилиндра определяется линейкой, жестко закреплённой на стенде, и секундомером. Частота вращения ротора гидравлического мотора определяется тахометром.

Гидравлическая система стенда рисунок 1, включает в себя: насосную установку, состоящую из гидравлического бака со встроенным нерегулируемым

насосом с постоянным направлением потока жидкости, и гидравлическую панель. На гидравлической панели смонтирована вся гидравлическая аппаратура управления стендом.

Напорный клапан поддерживает заданное давление в напорной магистрали и выполняет функцию переливного клапана. Скорость движения исполнительных устройств стенда регулируется изменением подачи (расхода) рабочей жидкости, для чего установлены два регулируемых дросселя. Один дроссель находится на входе в рабочие камеры гидравлических двигателей, а второй - на выходе.

Манометры, установленные в напорной магистрали, показывают перепад давления на входе и выходе дросселя.

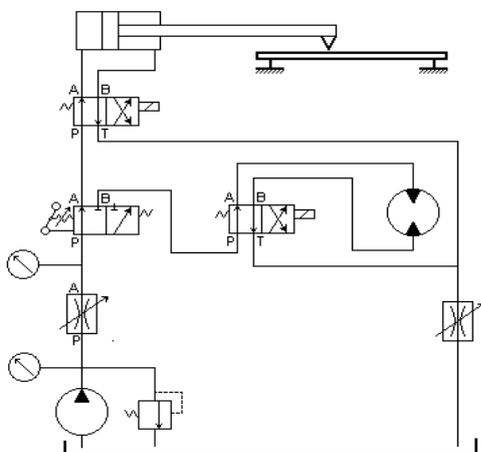


Рисунок 1. Гидравлическая схема стенда

Перепад давления на дросселе стоящем на входе, можно регулировать, изменяя нагрузку на двигателях дросселем, установленным на выходе (в сливной магистрали).

Гидравлический распределитель двухпозиционный с ручным управлением включает и выключает гидравлические двигатели. Когда запорный элемент распределителя находится в исходной позиции - гидравлический цилиндр включён, а гидравлический мотор выключен. Когда запорный элемент распределителя находится во второй позиции – гидравлический мотор включён, а гидравлический цилиндр выключен.

Гидравлические распределители двухпозиционные с электрическим управлением изменяют направление движения гидравлических двигателей.

## 4.2.2 Регулирование гидропривода

Скорость движения исполнительных органов объемного гидропривода зависит от расхода жидкости, поступающего в рабочую камеру, и от объема этой камеры, поэтому возможности регулирования скорости гидропривода основаны на различных способах изменения расхода, либо на изменении объема рабочей камеры. Рассмотрим подробнее каждый из возможных способов регулирования скорости движения исполнительных механизмов гидравлического привода.

### 4.2.2.1 Объемное регулирование

Данный способ регулирования основан на изменении объема рабочих камер гидромашин - насосов и гидромоторов.

Регулирование рабочего объема насоса выполнено на рисунок 2.

Подачу объемного насоса можно вычислить по формуле:

$$Q = q \times n \times \eta,$$

где:  $q$  - объем рабочей камеры насоса

$n$  - частота вращения вала насоса

$\eta$  - объемный КПД

Получается, что изменения объем рабочей камеры насоса, можно регулировать расход жидкости, подаваемой в напорный трубопровод при постоянной частоте вращения.

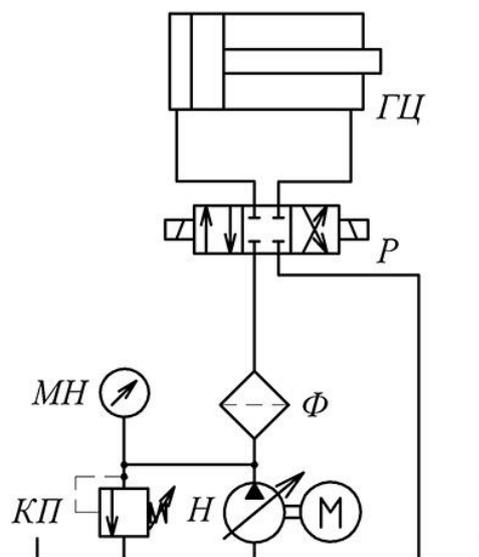


Рисунок 2. Регулирование рабочего объема насоса

Насосы, конструкция которых позволяет изменять объем рабочей камеры называют регулируемыми. Наибольшее распространение получили регулируемые пластинчатые и аксиально-поршневые насосы.

Конструкция регулируемых машин значительно сложнее чем нерегулируемых, а значит регулируемые насосы значительно дороже. Высокая стоимость является одним из главных недостатков объемного регулирования гидропривода.

Объемное регулирование насоса часто применяется для изменения скорости движения гидроцилиндров.

#### 4.2.2.2 Регулирование рабочего объема гидромотора

Скорость вращения вала гидромотора можно вычислить, используя зависимость:

$$n = \eta \times Q / v$$

где  $q$  - объем рабочей камеры гидромотора

$n$  - частота вращения вала гидромотора

$\eta$  - объемный КПД гидромотора

Используя данную зависимость можно сделать вывод, что изменяя объем рабочей камеры гидромотора можно регулировать скорость вращения вала.

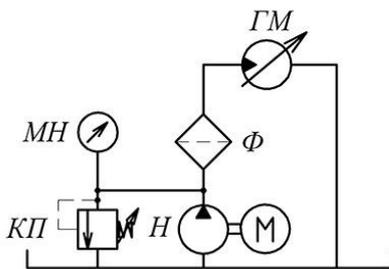


Рисунок 3. Регулирование рабочего объема гидромотора

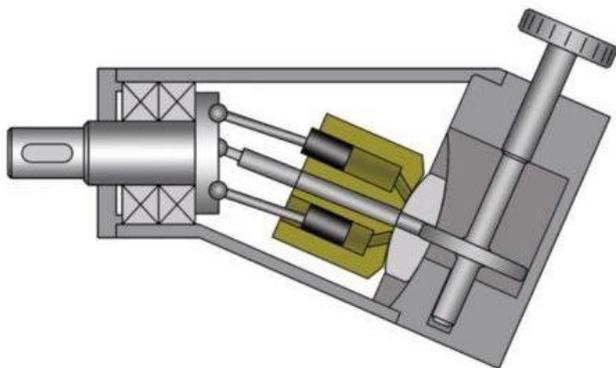
Регулируемым называют гидромотор, в конструкции которого предусмотрена возможность изменения объема рабочей камеры. Наиболее часто используются регулируемые аксиально-поршневые моторы, существуют конструкции регулируемых пластинчатых и радиально-поршневых гидромоторов.

Регулируемые аксиальные насосы. Ход поршней зависит от угла наклона блока или диска. Получается, если изменить этот угол, то можно изменить объём рабочей камеры насоса. А значит, регулировать его подачу. Насосы, конструкция которых предусматривает изменение объёма рабочей камеры, называют регулируемыми. Существуют регулируемые насосы с наклонным блоком и с наклонным диском. В данной конструкции на наклонный диск с одной стороны воздействует пружина, а с другой – управляющий плунжер. При увеличении давления под плунжером, угол наклона диска будет уменьшаться, подача насоса будет снижаться.

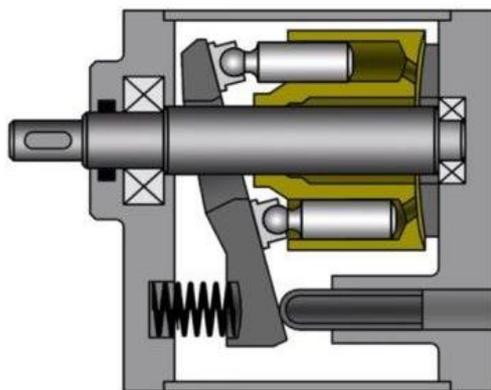
На рисунке 4 показан регулируемый аксиально-поршневой насос, изменение угла наклона блока, в данном случае, осуществляется с помощью механической передачи. При изменении угла наклона меняется величина хода поршней, а значит и подача насоса, чем меньше угол - тем меньше ход.

В данном регулируемом аксиально-поршневом насосе с наклонным блоком установлена винтовая передача, которая позволяет изменять угол наклона блока, а значит изменять рабочий объём и подачу насоса.

Регулируемые насосы.



а) С наклонным блоком



б) С наклонным диском (шайбой)

Рисунок 4. Регулируемый аксиально-поршневой насос

Достаточно часто используется схема объемного регулирования с одновременным использованием регулируемых насоса и гидромотора. Наибольшее распространение получили регулируемые аксиально-поршневые моторы.

Преимущества объемного регулирования:

- высокий КПД
- отсутствие нагрева жидкости в результате дросселирования

Недостатки объемного регулирования:

- высокая стоимость
- сложность конструкции регулируемых машин
- медленное срабатывание

#### 4.2.2.3 Дроссельное регулирование

Суть дроссельного регулирования заключается в отводе части жидкости, подаваемой насосом. Подача насоса при дроссельном регулировании делится на два потока.

$$Q_n = Q_{гд} + Q_{сл},$$

где:  $Q_{гд}$  - расход, подводимый к гидродвигателям;

$Q_{сл}$  – расход, отправляемый на слив.

Изменяя соотношение этих расходов можно менять скорость движения исполнительных механизмов.

В зависимости от схемы установки регулируемого гидравлического сопротивления - дросселя, различают три типовых схемы дроссельного регулирования гидропривода:

- последовательное в линии нагнетания;
- последовательное в линии слива;
- параллельное.

Кроме этого применяется частотное регулирование или изменяя частоту вращения вала электродвигателя можно влиять на подачу насоса.

Рассмотрим подробнее каждый из этих способов регулирования.

а) Последовательное регулирование с установкой дросселя в линии нагнетания.

Дроссель или регулятор расхода при данном способе регулирования устанавливается в линию нагнетания насоса, он необходим для создания необходимого перепада давления. Сброс части жидкости осуществляется через предохранительный клапан.

Рассмотрим принцип работы схемы (рисунок 5), с последовательным дроссельным регулированием.

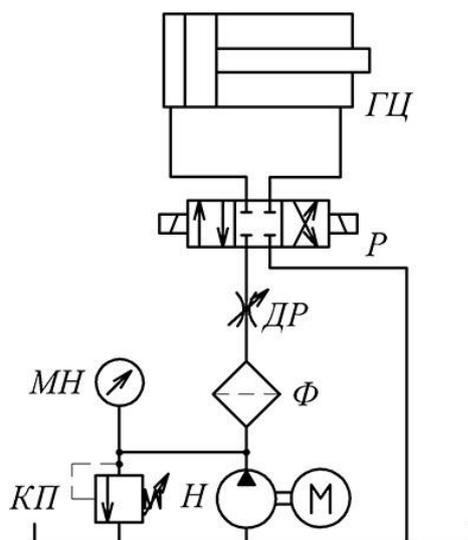


Рисунок 5. Регулирование с установкой дросселя в линии нагнетания

При полном открытии дросселя весь поток жидкости направляется к гидроцилиндру, скорость его движения при переключении распределителя будет максимальной.

При уменьшении проходного сечения дросселя давление перед ним будет увеличиваться. При достижении давления начала открытия предохранительного клапана, часть жидкость через него будет отправляться на слив. Скорость перемещения штока гидроцилиндра будет уменьшаться.

При дальнейшем закрытии дросселя давление перед ним будет расти, а значит предохранительный клапан будет открываться сильнее отправляя большее количество жидкости на слив. Что позволит уменьшать скорость движения штока цилиндра.

Данный способ регулирования характеризуется простотой реализации и относительной дешевизной органов регулирования. Однако дросселирование обуславливает большие потери энергии, а значит низкий КПД и большое тепловыделение. Причем при последовательном регулировании, нагретая на дросселе жидкость будет поступать в полость исполнительного гидродвигателя.

б) Последовательное регулирование с установкой дросселя в линии слива

Дроссель может устанавливаться не только в линии нагнетания насоса, но и в линии слива гидродвигателя, такую схему называют последовательным регулированием гидравлического привода с установкой дросселя в линии слива.

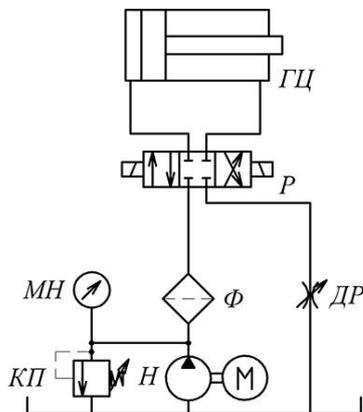


Рисунок 6. Регулирование с установкой дросселя в линии слива

В результате уменьшения проходного сечения дросселя давление в линии нагнетания будет возрастать, когда оно достигнет величины достаточной для открытия предохранительного клапана часть жидкости через него будет отправлена на слив. Получается что при дроссельном регулировании гидродвигатель постоянно будет находится под нагрузкой за счет противодействия на сливе, что может негативно сказаться на его ресурсе.

При установке дросселя в линии слива нагретая на гидравлическом сопротивлении жидкость поступает не к гидродвигателю, как в случае с установкой дросселя в линию нагнетания, а в накопительный бак, где накопленное тепло рассеивается.

в) Параллельное дроссельное регулирование скорости гидропривода

На схеме параллельного регулирования дроссель установлен параллельно гидроцилиндру (рисунок 7). При увеличении открытия дросселя поток жидкости, проходящий через него на слив будет увеличиваться, а поток жидкости направляемый к гидродвигателю будет уменьшаться.

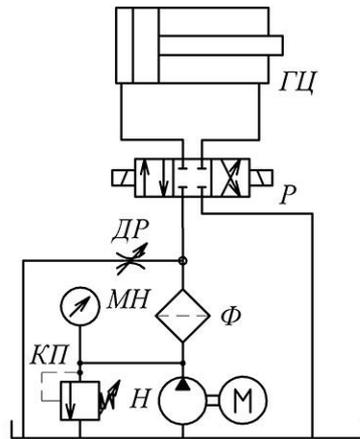


Рисунок 7. Регулирование с установкой дросселя параллельно гидроцилиндру

Изменяя открытие дросселя можно регулировать соотношение расходов этих потоков. Выделяемое при дросселировании тепло с жидкостью отводится в бак.

Достоинства дроссельного регулирования гидравлического привода:

- регулирование в широком диапазоне;
- простота реализации;
- низкая стоимость;
- возможность плавного

Недостатки дроссельного регулирования:

- большие потери энергии - низкий КПД,
- нагрев рабочей жидкости, необходимость использования теплообмен-

ников.

#### г) Частотное регулирование скорости гидропривода

В том случае, если для вращения вала насоса используется электродвигатель, для изменения подачи можно применить частотное регулирование.

Подача насоса определяется его рабочим объемом и частотой вращения вала. Изменяя частоту вращения можно влиять на подачу насоса. Для регулирования частоты вращения вала электродвигателя, а значит и насоса, используется специальный регулятор частоты. Он позволяет изменять скорость вращения вала электродвигателя в широком диапазоне. При увеличении частоты вращения подача насоса будет расти, при уменьшении - снижаться. Диапазон регулирования ограничен возможностями частотного регулятора, и величиной рабочего диапазона

частот вращения насоса, например радиально-поршневые насосы устойчиво работают в диапазоне 1000 - 3000 об/мин.

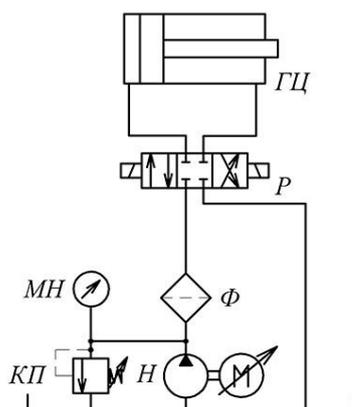


Рисунок 8. Регулирование частотой вращения вала электродвигателя

Достоинства частотного регулирования:

- высокий КПД;
- отсутствие нагрева;
- простота реализации автоматизации управления.

Недостатки частотного регулирования:

- снижение жесткости внешней характеристики привода,
- высокая стоимость;
- ограниченный диапазон регулирования.

Для выполнения гидравлических схем изделий во всех отраслях промышленности устанавливаются *единые* правила, соответствующие ГОСТу 2.704-2011.

В таблице 1 приведены буквенные позиционные обозначения основных элементов на гидравлических и пневматических схемах по ГОСТ 2.704-2011.

Таблица 1

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Гидроаккумулятор (пневмоаккумулятор) | АК |
| Аппарат теплообменный                | АТ |
| Гидробак                             | Б  |
| Влагоотделитель                      | ВД |
| Вентиль                              | ВН |
| Гидровытеснитель                     | ВТ |
| Пневмоглушитель                      | Г  |

|   |    |
|---|----|
| Гидродвигатель (пневмодвигатель) поворотный     | Д  |
| Делитель потока                                 | ДП |
| Гидродроссель (пневмодроссель)                  | ДР |
| Гидрозамок (пневмозамок)                        | ЗМ |
| Гидроклапан (пневмоклапан)                      | К  |
| Гидроклапан (пневмоклапан) выдержки времени     | КВ |
| Гидроклапан (пневмоклапан) давления             | КД |
| Гидроклапан (пневмоклапан) обратный             | КО |
| Гидроклапан (пневмоклапан)<br>предохранительный | КП |
| Гидроклапан (пневмоклапан) редуционный          | КР |
| Компрессор                                      | КМ |
| Гидромотор (пневмомотор)                        | М  |
| Манометр  | МН |
| Гидродинамическая передача                      | МП |
| Маслораспылитель                                | МР |
| Гидродинамическая муфта                         | МФ |
| Насос   | Н  |
| Насос аксиально-поршневой                       | НА |
| Насос-мотор                                     | НМ |
| Насос пластинчатый                              | НП |
| Насос радиально-поршневой                       | НР |
| Гидрораспределитель (пневмораспределитель)      | Р  |
| Реле давления                                   | РД |
| Гидроаппарат (пнеumoаппарат) золотниковый       | РЗ |
| Гидроаппарат (пнеumoаппарат) клапанный          | РК |
| Регулятор потока                                | РП |
| Ресивер   | РС |
| Сепаратор                                       | С  |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Сумматор потока                 | СП |
| Термометр                       | Т  |
| Гидродинамический трансформатор | ТР |
| Устройство воздушоспускное      | УВ |
| Гидроусилитель                  | УС |
| Фильтр                          | Ф  |
| Гидроцилиндр (пневмоцилиндр)    | Ц  |

5 Составить отчет.

6 Получить зачет (см. вопросы для самопроверки).

#### Вопросы для самопроверки

1 От чего зависит скорость движения гидродвигателя?

2 Назовите способы регулирования скорости в гидравлических приводах.

3 Какой гидравлический привод называют приводом с дроссельным регулированием скорости?

4 Какой гидравлический привод называют приводом с объёмным регулированием скорости?

5 Какой гидравлический привод называют приводом с машинным управлением?

6 Назовите основной недостаток дроссельного регулирования скорости.

7 Какое основное достоинство привода с дроссельным регулированием скорости?

8 Какое основное достоинство привода с объёмным регулированием скорости?

## **Лабораторная работа № 5. «Изучение устройства и работы гидропривода станка с ЦПУ модели 1Г340ПЦ».**

Цель лабораторной работы: «Закрепить материал темы «2.7 Гидравлические приводы металлорежущих станков», изучить функции, устройство и принцип работы гидравлической системы станка с ЦПУ модели 1Г340ПЦ, приобрести практические навыки составления и чтения гидравлических схем приводов металлорежущих станков».

Содержание отчета:

1. Название работы.

2. Цель работы.

3. Перечень пунктов, содержащихся в лабораторной работе:

- краткое описание станка и его назначение;
- гидравлическая схема станка и её графическое изображение;
- спецификация к гидравлической схеме;
- на схеме нанести буквенные позиционные обозначения всех элементов в соответствии с ГОСТ 2.704-2011.

4. Краткое описание последовательности выполнения практической работы.

4.1 Изучить гидравлическую систему станка модели 1Г340ПЦ по учебнику [1] и ознакомится со станком и его работой.

4.2 Теоретическая часть.

4.2.1 Назначение и область применения токарно-револьверного станка модели 1Г340ПЦ

Токарно-револьверный станок с горизонтальной осью револьверной головки и цикловым программным управлением 1Г340ПЦ предназначен для высокопроизводительного выполнения токарных операций таких как:

- обточка, зенкерование, растачивание, развертывание, отрезка;
- резбонарезных операций выполняемых с помощью метчиков или с помощью автоматического резбонарезного устройства;
- сверлильных работ в условиях серийного и мелкосерийного производства.

На станке устанавливается:

- автоматический гидрофицированный механизм зажима круглых (20-40 мм) и шестигранных ( $S = 19-32$  мм) прутков в цанговом патроне, а также штучных заготовок (до 200 мм) в трехкулачковом патроне;

- задание программы изменения частот вращения шпинделя и подач на штекерной панели пульта;

- автоматическое переключение частот вращения шпинделя и подач суппорта при смене позиций револьверной головки;

Наибольшее допускаемое колебание сечения прутка  $\pm 1$  мм, а диаметра штучных заготовок  $\pm 3$  мм.

#### 4.2.2 Гидравлическая система станка модели 1Г340ПЦ

Гидравлическая система станка выполняет следующие функции:

- зажим и разжим обрабатываемого прутка;
- подача прутка до упора;
- фиксация и рас фиксация револьверной головки;
- работа разгружающего устройства.

#### 4.2.3 Механизм зажима и подачи пруткового материала.

При перемещении зажимной цанги вперед происходит разжим материала, при перемещении назад – зажим. Усилие на зажимную цангу передается трубой зажима, связанной с помощью двух гаек с поршнем цилиндра зажима. Подвод масла к обеим полостям цилиндра осуществляется с помощью неподвижной масло подводящей втулки, расположенной внутри шпиндельной бабки. Цилиндр подачи материала размещен в кронштейне, закрепленном на заднем торце шпиндельной бабки. Масло, поступающее в левую полость цилиндра, перемещает вправо поршень и, соответственно, ползун, скользящий по направляющим штангам. В ползуне закреплен подшипник, в котором вращается втулка. К ней винтом прикрепляется труба подачи с ввинченной в нее сменной подающей цангой. Подшипник закрыт с двух сторон крышками. При движении ползуна вправо подается пруток. После поступления масла в правую полость цилиндра подачи происходит отвод цанги по

прутку, зажатому в зажимной цанге - происходит захват прутка. Ползун отходит влево до упора, который регулирует величину подачи прутка, перемещаясь по штанге. Вкладыши, подающие цангу и кольца являются сменными деталями и устанавливаются в соответствии с диаметром и формой обрабатываемого материала. Комплект этих деталей для круглых и шестигранных прутков поставляются вместе со станком. Для подачи круглых прутков диаметром 20...30 мм и шестигранных прутков с размером «под ключ»  $S=19...27$  мм применяется универсальная цанга подачи. Цанга состоит из трубы, пружины и насадки. Для подачи прутков диаметров 32...40 мм и с размером «под ключ»  $S=32$  мм служат сменные цанги подачи.

При необходимости изготовления деталей в трехкулачковом патроне станок можно переоснастить.

#### 4.2.4 Описание работы гидравлической схемы станка 1Г340ПЦ.

Гидропривод станка предназначен для обслуживания механизма зажима и подачи, а также для осуществления смазки шпиндельных опор (рисунок 1).

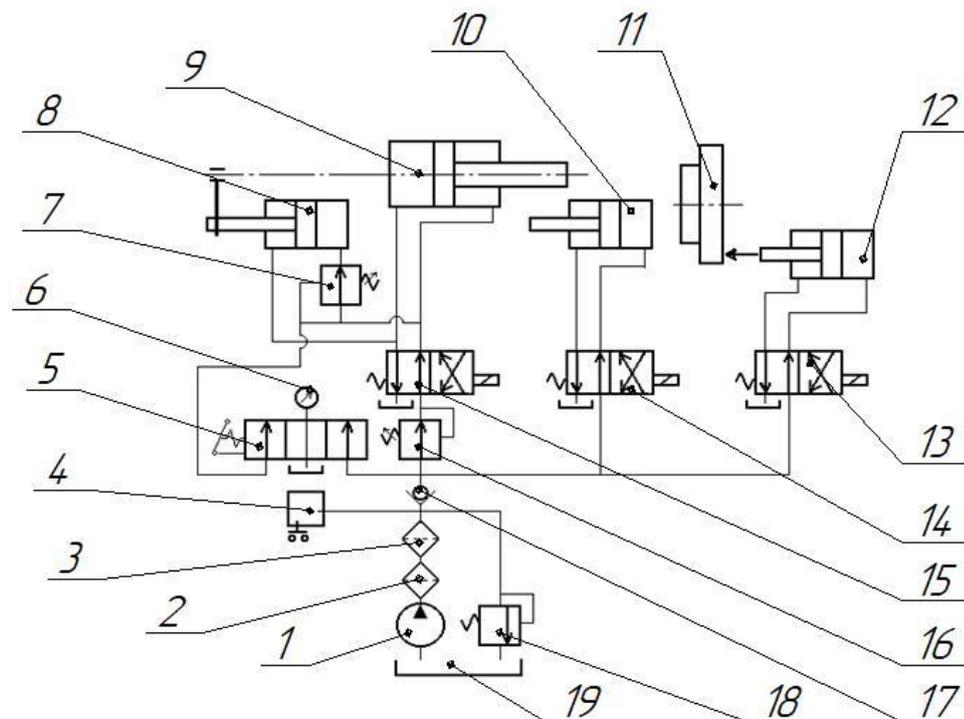


Рисунок 1 Гидравлическая схема станка 1Г340ПЦ

Гидростанция представляет собой автономный узел, установленный справа от станка. На верхней крышке сварного бака поз.19 вместимостью 50 л смонтированы

электродвигатель с насосом поз.1 и гидропанель с золотниками, с помощью которых осуществляются зажим и разжим поз. 8 заготовок, регулировка максимального и минимального давления и регулировка набора прутка.

В гидросистеме применяется масло марки Т-22 ГОСТ 32-74. От насоса через фильтры грубой поз. 2 и тонкой поз. 3 очистки масло поступает в гидропанель, на которой расположен обратный клапан поз.17, предназначенный для предотвращения резкого падения давления в цепи зажима детали.

На пути к обратному клапану установлено реле давления поз.18, служащее для контроля минимального давления в системе. Предотвращение утяжки прутка обеспечивает напорный золотник поз.16. Гидросистема включается кнопкой, расположенной на панели управления.

В исходном положении масло поступает в зажимную полость цилиндра зажима поз. 8 материала. При повороте переключателя «Зажим-разжим изделия» из положения «зажим» в положение «разжим» срабатывает реверсивный золотник поз.15, изменяя направление подвода масла из зажимной полости цилиндра в полость разжима. Одновременно масло подводится в левую полость цилиндра подачи материала поз.9. Происходит разжим и подача пруткового материала.

Работа гидравлических цилиндров Ц1 поз. 9 и Ц2 поз. 12 (Ц1 -осуществляет зажим и разжим зажимной цанги, а Ц2 – подачу прутка до упора поз 11 и возврат подающей цанги в исходное положение) обеспечивается распределителем Р1 поз. 13. Гидравлическим клапаном К1 настраивается давление зажима прутка (1,2...1,6) Мпа.

При повороте того же переключателя «Зажим-разжим изделия» в положение «зажим» реверсивный золотник отключается, открывая доступ масла в правую полость цилиндра зажима – полость зажима. По окончании зажима, когда движение поршня в цилиндре зажима прекращается, давление в системе возрастает и масло поступает через напорный золотник в полость цилиндра подачи. Происходит отвод ползуна подачи то есть набор прутка. Отвод ползуна подачи начинается после полного окончания зажима прутка.

Распределитель Р2 поз.14 управляет гидроцилиндром Ц3 поз.10, обеспечивающим работу разгружающего устройства станка, а распределитель Р3 – гидроцилиндром Ц4 поз.5, осуществляющим фиксацию и расфиксацию револьверной головки.

Реле давления поз. 5 отключает главный двигатель станка при падении давления в гидросистеме ниже 3 атмосфер. Визуальный контроль за давлением в гидросистеме осуществляется с помощью манометра поз. 6.

#### 4.2.5 Система смазки станка 1Г340ПЦ. .

В станке 1Г340ПЦ применяется централизованная ( от насоса гидропривода и станции смазки) и автономная системы смазки.

Станция смазки предназначена для смазывания элементов коробки скоростей, коробки подачи и фартука револьверного суппорта. Она представляет собой сварной бак вместимостью 28 литров, на крышке которого расположена аппаратура. Масло, необходимое для смазки и охлаждения электромагнитных муфт. подводится маслоподводящими трубками индивидуально к каждой муфте; смазка производится поливом ленточной струей. Кроме того, смазка деталей производится разбрызгиванием, что обеспечивается наличием масла корпусах коробок скоростей и подач и фартука револьверного суппорта. Смазка опор шпинделя осуществляется от системы гидропривода с использованием фильтра из тонкошерстного войлока. Смазка капельная, ее регулировка производится специальными винтами. Смазка револьверного суппорта осуществляется от индивидуальной системы с использованием плунжерного насоса. Смазка червячных подач и электромагнитных муфт производится постоянно, а смазка направляющих –периодически.

Клапан предохранительный КП поддерживает заданное давление в системе, которое можно проверить распределителем Р4 с ручным управлением и манометром МН.

Периодичность и способ смазки элементов станка указывается в паспорте станка. Контроль за подачей масла и его уровнем осуществляется с помощью

маслоуказателей. Если масло в маслоуказатель не поступает, то работа на станке недопустима.

#### 5. Обозначения элементов гидравлических и пневматических схем

Для обозначения основных элементов гидравлических и пневматических схем используют следующие буквенные позиционные обозначения, которые приведены в таблице 1 по ГОСТ 2.704-2011.

Таблица 1 Обозначения элементов гидравлических и пневматических схем

|  |    |
|--|----|
| Гидроаккумулятор (пневмоаккумулятор)         | АК |
| Аппарат теплообменный                        | АТ |
| Гидробак                                     | Б  |
| Влагоотделитель                              | ВД |
| Вентиль                                      | ВН |
| Гидровытеснитель                             | ВТ |
| Пневмоглушитель                              | Г  |
| Гидродвигатель (пневмодвигатель) поворотный  | Д  |
| Делитель потока                              | ДП |
| Гидродроссель (пневмодроссель)               | ДР |
| Гидрозамок (пневмозамок)                     | ЗМ |
| Гидроклапан (пневмоклапан)                   | К  |
| Гидроклапан (пневмоклапан) выдержки времени  | КВ |
| Гидроклапан (пневмоклапан) давления          | КД |
| Гидроклапан (пневмоклапан) обратный          | КО |
| Гидроклапан (пневмоклапан) предохранительный | КП |
| Гидроклапан (пневмоклапан) редуционный       | КР |
| Компрессор                                   | КМ |
| Гидромотор (пневмомотор)                     | М  |
| Манометр                                     | МН |
| Гидродинамическая передача                   | МП |
| Маслораспылитель                             | МР |
| Гидродинамическая муфта                      | МФ |
| Насос  | Н  |
| Насос аксиально-поршневой                    | НА |
| Насос-мотор                                  | НМ |
| Насос пластинчатый                           | НП |
| Насос радиально-поршневой                    | НР |
| Гидрораспределитель (пневмораспределитель)   | Р  |
| Реле давления                                | РД |
| Гидроаппарат (пневмоаппарат) золотниковый    | РЗ |
| Гидроаппарат (пневмоаппарат) клапанный       | РК |
| Регулятор потока                             | РП |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Ресивер                         | РС |
| Сепаратор                       | С  |
| Сумматор потока                 | СП |
| Термометр                       | Т  |
| Гидродинамический трансформатор | ТР |
| Устройство воздушоспускное      | УВ |
| Гидроусилитель                  | УС |
| Фильтр                          | Ф  |
| Гидроцилиндр (пневмоцилиндр)    | Ц  |

5 Составить отчет.

6 Получить зачет (см. вопросы для самопроверки).

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие функции выполняет гидравлическая система станка модели 1Г340ПЦ?

2 Что входит в состав гидравлической станции станка?

3 Какие гидравлические аппараты включает в себя гидропанель?

4 По гидравлической схеме показать потоки масла при зажиме и разжиме прутка.

5 По гидравлической схеме показать потоки масла при подаче прутка до упора и возврате подающей цанги в исходное положение.

6 По гидравлической схеме показать потоки масла при работе разгружающего устройства.

7 По гидравлической схеме показать потоки масла при фиксации и расфиксации револьверной головки.

8 Какую функцию выполняет клапан предохранительный КП?

9 Какую функцию выполняет клапан К1?

10 Какую функцию выполняет клапан К2?

11 Какую функцию выполняет реле давления РД?

12 Какую функцию выполняет обратный клапан КО?

## **Лабораторная работа № 6. «Изучение устройства и работы гидропривода станка с ЧПУ модели 6P11MФ3».**

Закрепить материал темы «2.7 Гидравлические приводы металлорежущих станков», изучить функции, устройство и принцип работы гидравлической системы станка с ЧПУ модели 6P11MФ3, закрепить практические навыки составления и чтения гидравлических схем приводов металлорежущих станков».

Содержание отчета:

1. Название работы.

2. Цель работы.

3. Перечень пунктов, содержащихся в лабораторной работе:

- краткое описание станка и его назначение;

- гидравлическая схема станка и её графическое изображение;

- спецификация к гидравлической схеме;

- на схеме нанести буквенные позиционные обозначения всех элементов в соответствии с ГОСТ 2.704-2011.

4. Краткое описание последовательности выполнения практической работы.

4.1 Изучить гидравлическую систему станка модели 6P11MФ3 по учебнику [1 ] и ознакомиться со станком и его работой.

4.2 Теоретическая часть.

4.2.1 Назначение и область применения многоцелевого станка с ЧПУ модели 6P11MФ3.

Вертикально-фрезерный станок 6P11MФ3 с ЧПУ с инструментальным магазином предназначен для многооперационной обработки изделий сложного профиля из стали, чугуна, легких и цветных металлов. Общий вид вертикально-фрезерного станка 6P11MФ3 с ЧПУ представлен на рисунке 1.

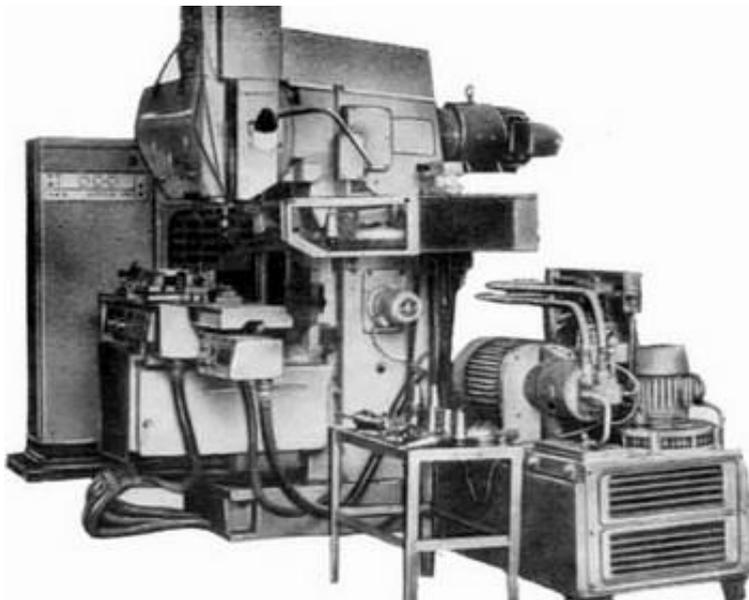


Рисунок 1. Общий вид вертикально-фрезерного станка 6P11MФ3

### Технические характеристики станка 6P11MФ3

| Параметр   | Значение       |
|--|----------------|
| Класс точности станка по ГОСТ 8-82 (Н, П, В, А, С) | Н              |
| Длина рабочей поверхности стола, мм                | 1000           |
| Ширина стола, мм                                   | 250            |
| Наибольшее перемещение по осям X,Y,Z, мм           | 630_300_350    |
| ЧПУ  | Н33-1М         |
| Пределы частот вращения шпинделя Min/Max, об/мин.  | 63 — 2500      |
| Мощность, кВт                                      | 7.5            |
| Габариты, мм                                       | 1720_2560_2425 |
| Масса, кг  | 3800           |

#### 4.2.2 Описание работы механизмов станка при смене инструмента

Станок имеет следующую компоновку. Станина смонтирована на основании 2, представляющей собой пустотелую чугунную отливку коробчатой формы с несколькими отсеками, которые используются в качестве резервуаров для СОЖ. По горизонтальным направляющим в верхней части станины может перемещаться шпиндельная головка (координата Z), над которой на кронштейне установлен магазин инструментов. На том же кронштейне

смонтирован кантователь и манипулятор, осуществляющие автоматическую смену инструмента. В верхней части станины расположена также коробка скоростей, обеспечивающая 12 (двенадцать) частот вращения шпинделя. На передней торцевой стенке станины имеются вертикальные направляющие, по которым может перемещаться суппорт (координата  $Y$ ). В свою очередь по направляющим на суппорте могут перемещаться горизонтальные салазки (координата  $X$ ), на которых установлен подъемно-поворотный стол с горизонтальной рабочей поверхностью.

Станок оснащен контурно-позиционной системой ЧПУ типа «NC - 210» которая предназначена для управления многооперационными станками, в том числе, и фрезерно-сверлильно-расточной группы. На станке программируются следующие перемещения:

- осевое перемещение шпиндельной головки;
- вертикальное перемещение суппорта;
- горизонтальное перемещение салазок;
- круговое перемещение подъемно-поворотного стола.

Ввод программы на восьмидорожковой перфоленте, или ручной, или по каналу связи с ЭВМ. Для переключения исполнительных органов используется следящий привод с двигателями постоянного тока и датчиками обратной связи типа «Индуктосин». Дискретность линейных перемещений 0,01 мм

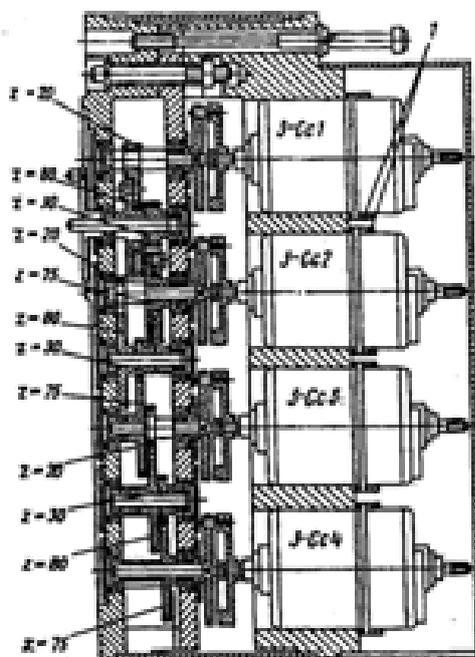
Привод поворота шпинделя в ориентированное положение, необходимое для автоматического съема и установки инструмента состоит из электродвигателя  $M4$ , червячной пары, соединяемый электромагнитной муфтой с валом  $VI$  и зубчатых передач.

Этот привод обеспечивает медленное вращение шпинделя с частотой 6 об/мин. При включении фиксатора на заднем торце шпинделя микропереключатель  $B1$  отключает электромагнитную муфту и электродвигатель  $M4$ . В результате передний торец шпинделя с выступом занимает ориентированное положение.

О входе фиксатора в паз диска сигнализирует микропереключатель  $B2$ .

Программируемое перемещение шпиндельной головки осуществляется при помощи регулируемого электродвигателя *M5* постоянного тока, редуктора и пары винт-гайка качения.

Контроль величины перемещения происходит посредством датчика абсолютного отсчета (рисунок 2) с дискретностью 0,001 мм.



Поз 1 - хомутик

Рисунок 2. Датчик абсолютного отсчета.

Датчик представляет собой блок из четырех сельсинов, связанных друг с другом зубчатыми передачами.

Движение на вал первого сельсина 3-Сс1 (рисунок 2) передается от ходового винта через передачи .

Нулевое исходное положение сельсинов при отвернутом хомутике 1 (рисунок 2) устанавливается вручную.

Аналогичный привод, как и для шпиндельной головки, используется для перемещения суппорта, салазок и подъемно-поворотного стола.

Поворот магазина инструментов осуществляется при помощи электродвигателя *M2* постоянного тока, червячной передачи и зубчатых передач .

Положение диска магазина определяется посредством сельсина 7=Сс1.

Осевое перемещение манипулятора и его поворот в позицию съема и установки инструмента осуществляется барабаном управления, который вращается от электродвигателя *M3* через червячную передачу и зубчатые передачи.

За цикл смены инструмента барабан управления делает один оборот. Поворот кантователя передающего инструмент от магазина к манипулятору и наоборот, происходит от электродвигателя *M1* через червячную передачу и зубчатую передачу.

О горизонтальном и вертикальном конечных положениях кантователя сигнализируют соответственно микропереключатели 7=B1 и 7=B2.

В таблице 1 и на гидравлической схеме (рисунок 3) представлены все выполняемые команды при смене инструмента.

Таблица 1

| Команды                          | Электромагниты                                      |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|                                  | Y8  | Y2 | Y7 | Y4 | Y5 | Y3 | Y1 | Y9 | Y10 |
| Магазин вперёд                   | -   | +  |    |    |    |    |    |    |     |
| Магазин назад                    | +   | -  |    |    |    |    |    |    |     |
| Магазин вниз                     |   |    | -  |    |    |    |    |    |     |
| Магазин вверх                    |   |    | +  | +  |    |    |    |    |     |
| Вращение магазина                |   |    |    | -  |    |    |    |    |     |
| Замедленное вращение<br>магазина |   |    |    | +  | +  |    |    |    |     |
| Остановка магазина               |   |    |    | -  | -  |    |    |    |     |
| Инструмент зажат                 |   |    |    | -  | -  |    |    |    |     |
| Инструмент отжат                 |   |    |    |    |    | -  |    |    |     |
| Шпиндель рас фиксирован          |   |    |    |    |    | +  | -  |    |     |
| Шпиндель зафиксирован            |   |    |    |    |    |    | +  | +  |     |
| Перебор включен                  |   |    |    |    |    |    |    | -  | -   |
| Перебор выключен                 |   |    |    |    |    |    |    |    | +   |
| Условные обозначения:            | + электромагнит включен<br>- электромагнит выключен |    |    |    |    |    |    |    |     |

В таблице 1 условными знаками (+) или (-) обозначены включение и выключение электрических магнитов привода золотника.

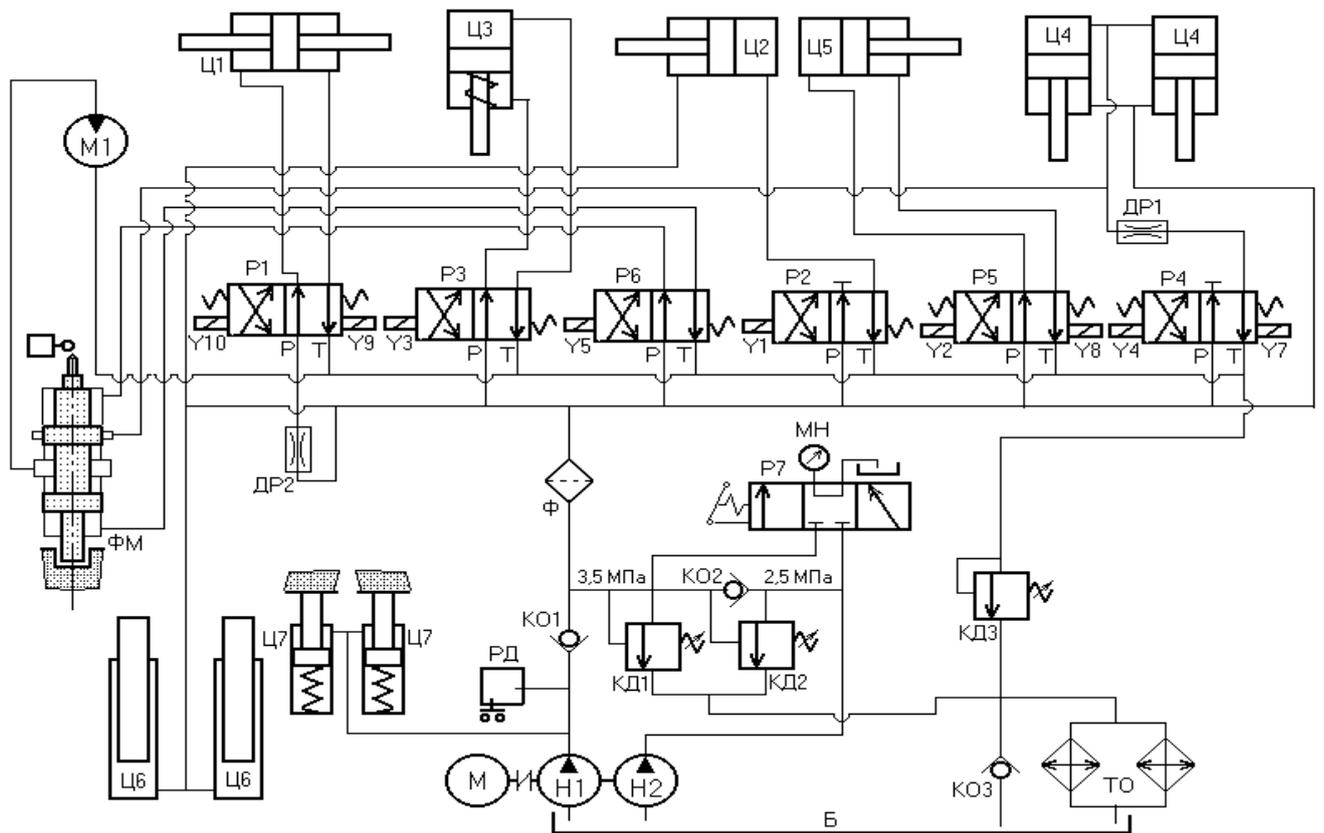


Рисунок 3 Гидравлическая схема станка 6P11MF3

Для обозначения основных элементов гидравлических и пневматических схем используют следующие буквенные позиционные обозначения, которые приведены в таблице 1 по ГОСТ 2.704-2013.

Таблица 1

|   |    |
|---|----|
| Гидроаккумулятор (пневмоаккумулятор)        | АК |
| Аппарат теплообменный                       | АТ |
| Гидробак                                    | Б  |
| Влагоотделитель                             | ВД |
| Вентиль                                     | ВН |
| Гидровытеснитель                            | ВТ |
| Пневмоглушитель                             | Г  |
| Гидродвигатель (пневмодвигатель) поворотный | Д  |
| Делитель потока                             | ДП |

|   |    |
|---|----|
| Гидродроссель (пневмодроссель)                  | ДР |
| Гидрозамок (пневмозамок)                        | ЗМ |
| Гидроклапан (пневмоклапан)                      | К  |
| Гидроклапан (пневмоклапан) выдержки времени     | КВ |
| Гидроклапан (пневмоклапан) давления             | КД |
| Гидроклапан (пневмоклапан) обратный             | КО |
| Гидроклапан (пневмоклапан)<br>предохранительный | КП |
| Гидроклапан (пневмоклапан) редуционный          | КР |
| Компрессор                                      | КМ |
| Гидромотор (пневмомотор)                        | М  |
| Манометр  | МН |
| Гидродинамическая передача                      | МП |
| Маслораспылитель                                | МР |
| Гидродинамическая муфта                         | МФ |
| Насос   | Н  |
| Насос аксиально-поршневой                       | НА |
| Насос-мотор                                     | НМ |
| Насос пластинчатый                              | НП |
| Насос радиально-поршневой                       | НР |
| Гидрораспределитель (пневмораспределитель)      | Р  |
| Реле давления                                   | РД |
| Гидроаппарат (пневмоаппарат) золотниковый       | РЗ |
| Гидроаппарат (пневмоаппарат) клапанный          | РК |
| Регулятор потока                                | РП |
| Ресивер   | РС |
| Сепаратор                                       | С  |
| Сумматор потока                                 | СП |
| Термометр                                       | Т  |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Гидродинамический трансформатор | ТР |
| Устройство воздушоспускное      | УВ |
| Гидроусилитель                  | УС |
| Фильтр                          | Ф  |
| Гидроцилиндр (пневмоцилиндр)    | Ц  |

5 Составить отчет.

6 Получить зачет (см. вопросы для самопроверки).

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что понимают под рабочей средой в гидроприводах?
2. Объяснить гидравлическую схему, используемую в работе.
3. К какому классу гидромашин (гидронасосы или гидродвигатели) относятся гидроцилиндры?
4. Где используются гидроцилиндры?
5. Показать взаимосвязь полезной мощности и скорости движения штока в гидроцилиндре.
6. Каким образом можно найти КПД объёмного гидропривода?
7. От каких параметров зависит усилие на штоке? 8. Как можно определить скорость выдвижения штока?

## **Лабораторная работа № 7. «Изучение устройства и работы пневматической системы промышленного робота модели СМ20Ф2.40.01».**

Закрепить материал темы «3.3 Пневматические приводы», изучить функции, устройство и принцип работы пневматической системы промышленного робота модели СМ20Ф2.40.01. Приобрести практические навыки составления и чтения пневматических схем».

Содержание отчета:

1. Название работы.

2. Цель работы.

3. Перечень пунктов, содержащихся в лабораторной работе:

- краткое описание промышленного робота и его назначение;
- пневматическая схема робота СМ20Ф2.40.01 и её графическое изображение;
- спецификация к пневматической схеме;
- на схеме нанести буквенные позиционные обозначения всех элементов в соответствии с ГОСТ 2.704-2011.

4. Краткое описание последовательности выполнения практической работы.

4.1 Изучить пневматическую систему промышленного робота модели СМ20Ф2.40.01 по пункту 4.2 данной лабораторной работы и ознакомится с промышленным роботом и его работой.

4.2 Теоретическая часть.

4.2.1 Назначение и область применения промышленных роботов.

Промышленные роботы применяются для обслуживания технологического оборудования при обработке деталей типа тел вращения или призматических деталей с различной массой. Например, если требуется перемещать заготовку по определенной траектории для загрузки оборудования. В пользу использования именно роботов говорят скорость, высокая адаптивность под разные задачи и заготовки, а также точность и надежность. Промышленная роботизация не сможет вытеснить человека с рынка труда. К тому же, в России плотность использования роботов пока очень низкая.

Технический уровень промышленных роботов определяется грузоподъемностью, видом управления (цикловым, позиционным, контурным), способом программирования (по упорам, обучением, аналитическим), емкостью памяти системы управления, типом привода (пневматическим, гидравлическим, электромеханическим, электрогидравлическим), количеством степеней подвижности и скоростью перемещений.

Привод робота является составной частью его манипулятора. Он предназначен для преобразования подводимой энергии в энергию движения исполнительных звеньев. По виду энергоносителя различают привода:

- пневматический,
- гидравлический,
- электрический
- или их комбинации

#### 4.2.2 Пневматическая система промышленного робота модели СМ20Ф2.40.01

Принцип действия пневматической системы очень прост. Компрессор является своеобразной «газовой пружиной». Он сжимает воздух и хранит накопленную потенциальную энергию до момента подачи его в пневматический двигатель.

Пневматическая система робота (рисунок 1) включает в себя:

- узел подготовки сжатого воздуха (установлен на боковой стенке устройства ЧПУ «Контур 1»);
- блоки пневматической аппаратуры приводов поворотного и хватного устройств;
- пневматический балансир.

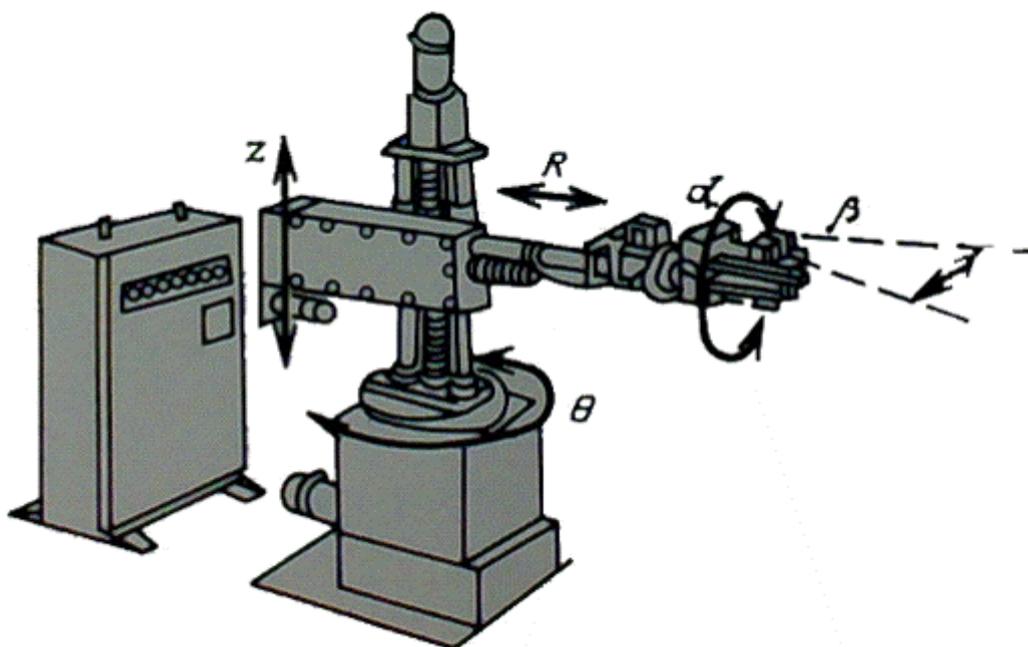


Рисунок 1 Общий вид робота мод. SM20Ф2.40.01

К достоинствам пневматических приводов следует отнести:

- конструктивную простоту и дешевизну (особенно при наличии централизованной сети сжатого воздуха);
- высокую скорость перемещений;
- простоту обслуживания;
- высокую надежность и пожаробезопасность.

К его недостаткам следует отнести:

- трудность реализации следящего привода;
- невозможность точного позиционирования из-за высокой сжимаемости энергоносителя (отсюда - использование пневмопривода только в промышленных роботах с цикловым программным управлением и позиционированием по упорам);
- значительные размеры исполнительных двигателей из-за ограниченного давления энергоносителя (не более 0,6 МПа);
- необходимость в специальных тормозных устройствах для остановки исполнительных органов в заданных точках с доступными ускорениями;
- пониженный КПД (0,15-0,20).

Промышленные роботы с пневматическими приводами, оборудованные цикловой системой программного управления, имеют небольшие (до 20- 30 кг)

грузоподъемности, высокие (до 2 м/с) скорости движения звеньев и могут эксплуатироваться в тяжелых условиях окружающей среды (при высокой запыленности и загазованности, пожаро- и взрывоопасности и т.д.). Наиболее целесообразно применение пневмопривода в промышленных роботах при потребляемой мощности 60 - 800 Вт. Кинематическая схема робота СМ20Ф2.40.01 с пневматическим приводом выполнена на рисунке 2.

Промышленный робот с программным управлением предназначен для загрузки деталей типа тел вращения в станках с горизонтальной осью шпинделя. Обширная рабочая зона площадью более 30 м<sup>2</sup> позволяет обслуживать группу станков при линейном или линейно-параллельном (в два ряда) расположении.

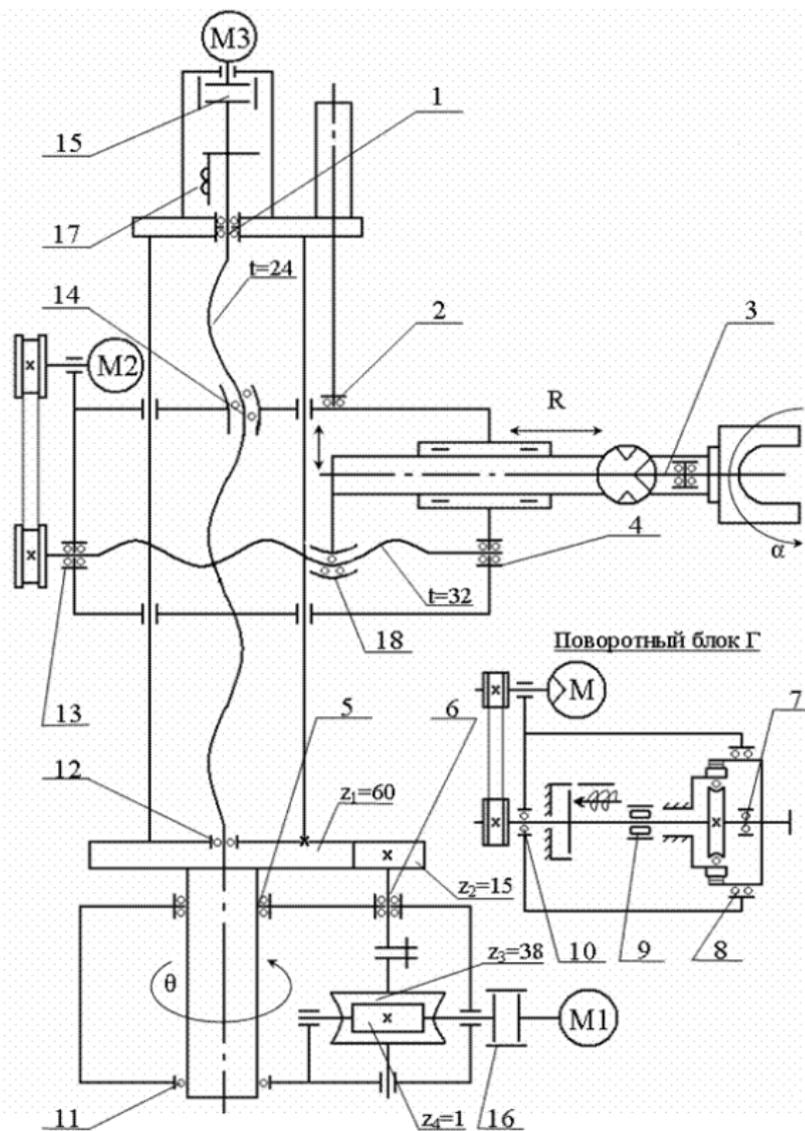


Рисунок 2. Кинематическая схема промышленного робота СМ20Ф2.40.01 с пневматическим приводом.

1,12 – верхний и нижний подшипниковые узлы винтов подъема;

- 2– узел крепления балансира;
- 3 – поворотный блок Б;
- 4,15 – подшипниковые узлы винта выдвижной руки;
- 5,11 – подшипниковые узлы поворотной платформы;
- 6 – подшипниковый узел ведущей шестерни;
- 7,9,10 – подшипники генератора редуктора поворотного блока Г;
- 8 – подшипниковый узел ведомого колеса волнового редуктора;
- 14,18 – шариковая гайка;
- 15,16- зубчатая муфта;
- 17- электромагнитный тормоз.

#### 4.2.3 Привод промышленного робота

Система координат - угловая. Промышленные роботы комплектуется быстросменными широкодиапазонными самоцентрирующими захватными устройствами. Имеется специальный датчик для определения положения заготовок на позициях вспомогательных устройств. Предусмотрено устройство светозащиты, обеспечивающее безопасность эксплуатации оборудования.

Техническая характеристика промышленного робота СМ20Ф2.40.01.

- Грузоподъемность 40 кг;
- число степеней подвижности (без захвата) 4;
- число захватных устройств 1;
- наибольший диаметр и длина транспортируемых заготовок соответственно 250 и 1200 мм;
- максимальные линейные перемещения 1900 мм;
- углы поворота плеча и локтя 90°, кантования захватного устройства 180°;
- максимальная скорость перемещений рабочих органов:
- каретки 0,8 м/с;
- плеча и локтя 0,6 м/с, кантования захватного устройства 0,5 м/с.

Сжатый воздух из пневмомагистрали поступает в узел подготовки воздуха, где проходит через фильтр-влагоотделитель ВД, в котором воздух очищается от загрязнений и происходит отделение конденсата, и маслораспылитель МР, в котором воздух насыщается маслом. Давление воздуха контролируется с помощью реле давления РД, которое настраивается на давление 0,4...0,42 МПа.

Блок пневмоаппаратуры привода поворотного устройства осуществляет поворот захватного устройства по координате  $\alpha$  и состоит из пневмораспределителя Р с электромагнитным управлением и неполноповоротного пневматического двигателя Д. При включении электромагнита YA1 происходит поворот блока по часовой стрелке, а при включении электромагнита YA2 – против часовой стрелки.

Блок пневмоаппаратуры привода захватного устройства осуществляет зажим и разжим изделий и состоит из трёх пневмораспределителей Р1; Р2; Р3, двух обратных клапанов КО, двух клапанов быстрого выхлопа КБВ и трёхпоршневого пневмоцилиндра Ц1. Зажимное устройство оснащено тремя губками (держателями). Держатели соединены между собой и цилиндром Ц1 шестерёнчато-рычажной системой, которая центrostоремительно и синхронно перемещает держатели. При толкающем движении цилиндра Ц1 держатели расходятся (разжим), а при тянущем – сходятся (зажим). При включении электромагнитов YA3 и YA5 сжатый воздух через распределитель Р1, клапан быстрого выхлопа КБВ подаётся в штоковую полость цилиндра Ц1, а из бесштоковой полости воздух через клапан быстрого выхлопа КБВ, распределитель Р2, обратный клапан КО и распределитель Р3 вытесняется в атмосферу (происходит зажим). При включении электромагнитов YA4 и YA5 сжатый воздух через распределитель Р2, клапан быстрого выхлопа КБВ подаётся в бесштоковую полость, а из штоковой полости воздух через клапан КБВ, распределитель Р1, обратный клапан КО и распределитель Р3 вытесняется в атмосферу (происходит разжим).

В качестве пневматического балансира используется пневмоцилиндр Ц. Сжатый воздух постоянно поступает в штоковую полость пневмоцилиндра через редукционный клапан КР. При перемещении рукава вверх сжатый воздух заполняет штоковую полость, а из бесштоковой полости пневмоцилиндра воздух вытесняется в атмосферу через пневмоклапан предельного давления с глушителем КПД-Г. При перемещении рукава вниз сжатый воздух из штоковой полости через КПД-Г вытесняется в атмосферу, а бесштоковая полость заполняется воздухом, вытесняемым из штоковой полости под давлением, устанавливаемым КПД-Г. Редукционный клапан КР устанавливается на давление 0,35 ... 0,63 МПа, а

пневмоклапан КПД-Г регулируется на величину 0,02 ... 0,04 МПа превышающую настройку редукционного клапана КР.

На рисунке 2 выполнена пневматическая схема промышленного робота мод. СМ20Ф2.40.01

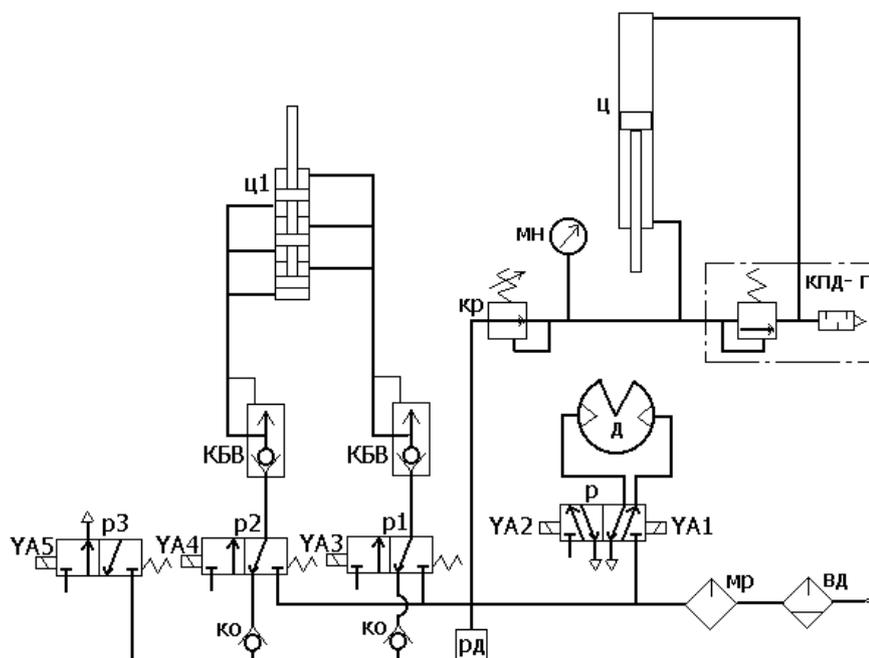


Рисунок 2.- Схема пневматическая ПР модели СМ20Ф2.40.01

Захватное устройство имеет две пары губок специального профиля, обеспечивающего центрирование заготовок с диаметрами, лежащими в диапазоне работы захвата. На губках, шарнирно закрепленных на корпусе нарезаны зубчатые сектора, и губки попарно зацепляются с двусторонними рейками 1. Зубчатые рейки связаны с цилиндром зажима Ц1.

Высокоавтоматизированные станки, обслуживаемые промышленными роботами, окупаются в приемлемые сроки только при условии их работы в две-три смены.

В таблице 1 приведены буквенные позиционные обозначения основных элементов на гидравлических и пневматических схемах по ГОСТ 2.704-2011.

Таблица 1. Буквенные позиционные обозначения

| № №<br>п. п | Основные элементы | Обозначения |
|-------------|-------------------|-------------|
|-------------|-------------------|-------------|

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  | Влагоотделитель                                 | ВД  |
| 2  | Пневмоглушитель                                 | Г   |
| 3  | Гидродвигатель (пневмодвигатель) поворотный     | Д   |
| 4  | Гидродроссель (пневмодроссель)                  | ДР  |
| 5  | Гидрозамок (пневмозамок)                        | ЗМ  |
| 6  | Гидроклапан (пневмоклапан)                      | К   |
| 7  | Гидроклапан (пневмоклапан) давления             | КД  |
| 8  | Гидроклапан (пневмоклапан) обратный             | КО  |
| 9  | Гидроклапан (пневмоклапан)<br>предохранительный | КП  |
| 10 | Гидроклапан (пневмоклапан) редуционный          | КР  |
| 11 | Клапан быстрого выхлопа                         | КБВ |
| 12 | Клапан предельного давления                     | КПД |
| 13 | Компрессор                                      | КМ  |
| 14 | Гидромотор (пневмомотор)                        | М   |
| 15 | Манометр  | МН  |
| 16 | Гидродинамическая передача                      | МП  |
| 17 | Маслораспылитель                                | МР  |
| 18 | Гидрораспределитель (пневмораспределитель)      | Р   |
| 19 | Реле давления                                   | РД  |
| 20 | Ресивер   | РС  |
| 21 | Фильтр  | Ф   |
| 22 | Гидроцилиндр (пневмоцилиндр)                    | Ц   |

5 Составить отчет.

6 Получить зачет (см. вопросы для самопроверки).

Вопросы для самопроверки

1. Какие функции выполняет пневматическая система робота модели  
СМ20Ф2.40.01?

2 Что входит в состав пневматической системы робота?

3 Какие пневматические устройства включает в себя узел подготовки воздуха?

4 По пневматической схеме показать потоки воздуха при работе поворотного блока.

5 По пневматической схеме показать потоки воздуха при зажиме захватного устройства.

6 По пневматической схеме показать потоки воздуха при разжиме захватного устройства.

7 По пневматической схеме показать потоки воздуха при работе балансира пневматического.

8 Какую функцию выполняет клапан редукционный КР?

9 Какую функцию выполняет клапан КПД-Г?

10 Какую функцию выполняют клапаны КБВ?

11 Какую функцию выполняет реле давления РД?

12 Какую функцию выполняют обратные клапаны КО?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные методические указания (лабораторный практикум) к проведению лабораторных и практических работ содержат теоретические и практические сведения.

В соответствии с учебным планом и требованиями ФГОС составлено семь работ.

В данной методической разработке описаны учебные материалы для проведения лабораторных и практических работ на все темы курса.

Составлены гидравлические и пневматические схемы для самостоятельного изучения и решения вопросов по темам выполняемых работ.

На рисунках представлены схемы действий различных элементов гидравлики, насосов, клапанов, гидромоторов и другое.

В ходе выполнения работ у обучающихся формируются основные компетенции и важнейшие практические умения и навыки, необходимые для успешного усвоения междисциплинарных курсов, реализующих учебный материал.

Качественное выполнение лабораторной работы – это предпосылка для подготовки в будущем квалифицированных специалистов.

Знания и умения, полученные учащимися на практических и лабораторных занятиях, могут использоваться при подготовке к зачетам и экзаменам в конце учебного года, а так же к любым конкурсам, проводимым по предмету «Гидравлика, пневматика и термодинамика».

Данная работа может быть полезна преподавателям других учебных заведений.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Столбов Л.С. Перова А.Д. Ложкин О.В. Основы гидравлики и гидропривод станков. М.: Машиностроение. 1988
- 2 Холин К.М. Никитин О.Ф. Основы гидравлики и объемные гидроприводы. М.: Машиностроение. 1989
3. ГОСТ 2.403-75 Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес.
4. ГОСТ 2.704-2011 Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
5. ГОСТ 2.781–96 Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические. Устройства управления и приборы контрольно-измерительные.
- 6 ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
- 7 ГОСТ 32-74 Масла турбинные. Технические условия.