

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»  
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части**

**по выбору студента профессионального цикла**

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОПРИВОДА**

## **МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН**

**для студентов всех форм обучения**

**направления подготовки 15.03.02**

**«Технологические машины и оборудование»**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ  
МЕТАЛЛУРГИИ» ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части**

**по выбору студента профессионального цикла**

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОПРИВОДА**

## **МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН**

**для студентов всех форм обучения**

**направления подготовки 15.03.02**

**«Технологические машины и оборудование»**

Рассмотрены на заседании  
кафедры «Механическое оборудование  
заводов черной металлургии»  
им. проф. Седуша В.Я.  
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании  
учебно-издательского совета ДОННТУ  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_.\_\_. 20\_\_ г.

**Донецк  
ДОННТУ  
2017**

УДК 53.083

Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине вариативной части по выбору студента профессионального цикла «Эксплуатация гидропривода металлургических машин» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров. – Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 16 с.

Отражены цели и задачи практических занятий по дисциплине «Эксплуатация гидропривода металлургических машин» для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Описаны структура занятий, порядок подготовки к ним, последовательность операций и действий, направленных на выполнение поставленных задач, даны рекомендации по использованию теоретического материала.

*Составители:* Сидоров В.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

*Рецензенты:* д.т.н., профессор А.П. Кононенко  
к.т.н., доцент Е.В. Ошовская

Ответственный за выпуск:

д. т. н., профессор А. Л. Сотников

© В. А. Сидоров

## 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия проводятся преподавателем в каждой группе потока ИТМО после прочитанной лекции по курсу «Эксплуатация гидропривода металлургических машин». Проведение практических занятий включает этапы:

- самостоятельная подготовка студентов к практическим занятиям;
- проверка степени усвоения студентами теоретического материала, изложенного на лекции;
- подведение итогов проведения занятия.

Во время самостоятельной подготовки к практическим занятиям студент изучает теоретический материал, обозначенный в методических указаниях. При этом кроме конспекта лекций следует использовать рекомендуемую основную и дополнительную литературу и акцентировать внимание на обозначенных в указаниях ключевых моментах.

Контроль степени готовности к проведению к занятиям состоит в проверке знания теоретического материала, имеющего непосредственное отношение к теме, которая изучается. В ходе проверки уровня теоретической подготовки преподаватель фиксирует сосредоточенность каждого студента на поставленных вопросах, логику их мышления и активность при поиске ответов на них.

## 2. ТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

*Тема занятия: «Свойства рабочих жидкостей».*

**Плотность** - масса жидкости заключенная в единице объема.

Плотность определяет значение гидравлических потерь и энергетические характеристики гидропривода.

**Удельный вес** - вес единицы объема жидкости

С увеличением температуры удельный вес жидкости уменьшается.

**Сжимаемость** - свойство жидкости изменять свой объем под действием давления. Сжимаемость понижает жесткость гидропривода и может явиться причиной возникновения автоколебаний в гидросистеме, создавая запаздывание в срабатывании гидроаппаратуры и исполнительных механизмах. Иногда сжимаемость жидкостей полезна - ее используют в гидравлических амортизаторах и пружинах. Обычно жидкости считают практически несжимаемыми. Сжатие жидкостей в основном обусловлено сжатием растворенного в них газа.

**Температурное расширение** - относительное изменение объема жидкости при увеличении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  при  $P = \text{const}$ . Характеризуется коэффициентом температурного расширения.

Для жидкостей коэффициент температурного расширения мал, однако это изменение следует учитывать при работе гидропривода с замкнутой циркуляцией, чтобы избежать разрушений элементов гидропривода при нагреве.

**Соппротивление растяжению.** Покоящаяся жидкость (в частности вода, ртуть) иногда способна сопротивляться очень большим растягивающим усилиям. Но в обычных условиях такого не происходит, и поэтому считают, что жидкость не способна сопротивляться растягивающим усилиям.

**Силы поверхностного натяжения** стремятся придать сферическую форму жидкости. Силы поверхностного натяжения обусловлены поверхностными силами и направлены внутрь рассматриваемого объема перпендикулярно свободной поверхности жидкости.

**Вязкость жидкости** - свойство жидкости сопротивляться скольжению или сдвигу ее слоев. Вязкость жидкости зависит от химического состава, температуры и давления. При повышении температуры вязкость жидкости уменьшается, а при повышении давления увеличивается. Зависимость вязкости от температуры различна для различных жидкостей.

**Температурой застывания** называется температура, при которой масло загустевает настолько, что при наклоне пробирки с маслом на  $45^{\circ}$  его уровень в течение 1 мин. остается неподвижным. При температуре застывания работа гидропривода невозможна. Минимальная рабочая температура принимается на  $10...15^{\circ}\text{C}$  выше температуры застывания.

**Пенообразование.** Выделение воздуха из рабочей жидкости при падении давления может вызвать пенообразование. На интенсивность пенообразования оказывает влияние содержащаяся в рабочей жидкости вода: даже при ничтожном количестве воды (менее 0,1% по массе рабочей жидкости) возникает устойчивая пена. Образование и стойкость пены зависят от типа рабочей жидкости, от ее температуры и размеров пузырьков, от материалов и покрытий гидроаппаратуры. Интенсивно пенообразование происходит в загрязненных жидкостях. При температуре жидкости свыше  $70^{\circ}\text{C}$  происходит быстрый спад пены.

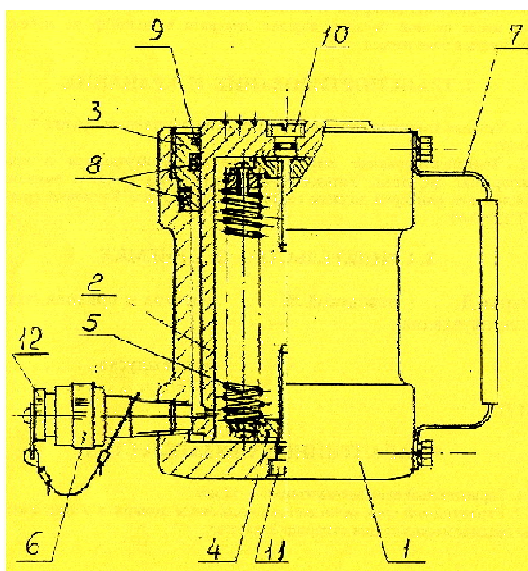
**Химическая и механическая стойкость** характеризует способность жидкости сохранять свои первоначальные физические свойства при эксплуатации и хранении. Окисление жидкости сопровождается выпадением из нее смол и шлаков, которые откладываются на поверхности элементов гидропривода в виде твердого налета. Снижается вязкость и изменяется цвет жидкости. Продукты окисления вызывают коррозию металлов и уменьшают надежность работы гидроаппаратуры. Налет вызывает заклинивание подвижных соединений, плунжерных пар, дросселирующих отверстий, разрушение уплотнений и разгерметизацию гидросистемы.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Тема занятия: «Устройство домкрата».

Гидравлические домкраты предназначены для выполнения ремонтных и монтажных работ с крупнотоннажным оборудованием. Домкрат (рисунок 1) имеет корпус 1, поршень 2, гайку 3, возвратный механизм, содержащий шайбы 4 и соединённые с ними пружины 5, клапан в сборе 6, ручку 7. В гайке 3 установлены уплотнения 8 и чистильщик 9. Возвратный механизм присоединён винтами 10 и 11 к поршню и корпусу. Гидравлический клапан 6 закрыт заглушкой 12.

При подаче масла от гидронасоса в домкрат поршень 2 выдвигается и взводит возвратный механизм, растягивая его пружины 5. При стравливании масла из домкрата в гидронасос (при открытом сливном клапане гидронасоса) поршень 2 опускается под действием возвратных пружин 5 и вытесняет масло из внутренней полости домкрата в маслобак насоса.



Грузоподъёмность 10 тонн



Грузоподъёмность 50 тонн



Грузоподъёмность 100 тонн

Рисунок 1 – Гидравлические домкраты

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Тема занятия: «Устройство ручного насоса».

Ручной гидравлический насос - предназначен для подачи рабочей жидкости в гидроприводы силовых механизмов в ручную. Насос (рисунок 2) состоит из маслобака 2, корпуса насоса 5 с двухступенчатым плунжером, рукоятки 1, рукава 6 высокого давления с гидравлической полумуфтой 9, снабжённой подпружиненным запорным клапаном и заглушкой. В корпусе насоса 5 установлены фильтр 8, всасывающие и напорные клапаны ступеней низкого и высокого давления двухступенчатого плунжера, сливной клапан с рукояткой управления 7, автоматический клапан управления потоком жидкости большей ступени плунжера и предохранительный клапан 4.

Корпус насоса 5 герметично соединён с маслобаком 2. Рукоятка 1 соединена с корпусом насоса и плунжером осями, а в транспортном положении фиксируется замком пробки 3 маслобака. Полости клапанов в корпусе насоса закрыты пробками.

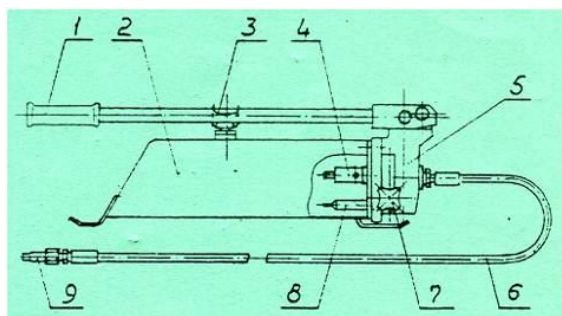


Рисунок 2 – Насос ручной: 1 – рукоять; 2 – маслобак; 3 – пробка с замком; 4 – предохранительный клапан; 5 – корпус насоса; 6 – рукав высокого давления; 7 – рукоятка управления сливного клапана; 8 – фильтр; 9 – гидравлическая полумуфта

Принцип действия насоса показан на схеме (рисунок 3). При поднятии рукояти 1 ступенчатый плунжер 6 движется вверх. При этом в полостях корпуса образуется разрежение, под действием которого происходит всасывание масла из маслобака 8 через фильтр 7 и всасывающие клапаны 5 и 9. При опускании рукояти

всасывающие клапаны 5 и 9 закрываются и жидкость, преодолевая сопротивление пружин напорных клапанов 4 и 11, попадает к потребителю 12, присоединённому к насосу. Когда давление рабочей жидкости достигает определённого значения, срабатывает клапан 10 управления потоком жидкости и соединяется ступень низкого давления со сливом. После этого на потребителя работает только ступень высокого давления. Когда давление в системе превышает допустимое значение, срабатывает предохранительный клапан 3, предохраняя систему от перегрузки. При отвинчивании сливного клапана 2 напорная линия соединяется с маслобаком.

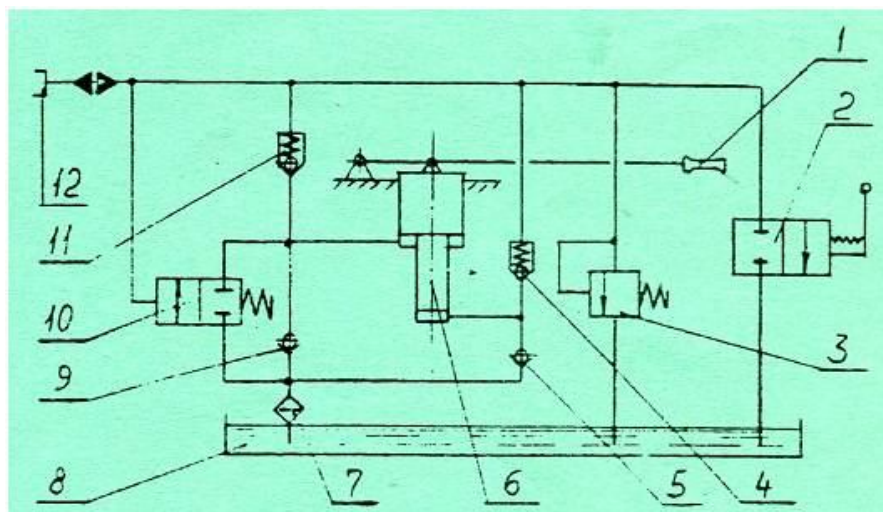


Рисунок 3 – Схема гидравлическая принципиальная насоса ручного:

- 1 – рукоятка; 2 – сливной клапан; 3 – предохранительный клапан;
- 4, 11 – напорные клапаны; 5, 9 – всасывающие обратные клапаны;
- 6 – ступенчатый плунжер; 7 – фильтр; 8 – маслобак;
- 10 – клапан управления потоком; 12 – гидравлическая полумуфта

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

*Тема занятия: «Устройство гидроцилиндра».*

*Гидроцилиндры* являются простейшими гидродвигателями, выходное звено которых совершает возвратно-поступательное или поворотное движение.

Основными параметрами гидроцилиндров являются: внутренний диаметр цилиндра, диаметр штока, ход поршня, номинальное давление. Номинальное давление определяет: конструкцию, тип применяемых уплотнений, требования к качеству обработки и шероховатости рабочих поверхностей гидроцилиндра и штока. Гидроцилиндры бывают одностороннего и двустороннего действия.

*Устройство и последовательность разборки - сборки.* Гидроцилиндр традиционной конструкции представлен на рисунках 2.87...2.92.



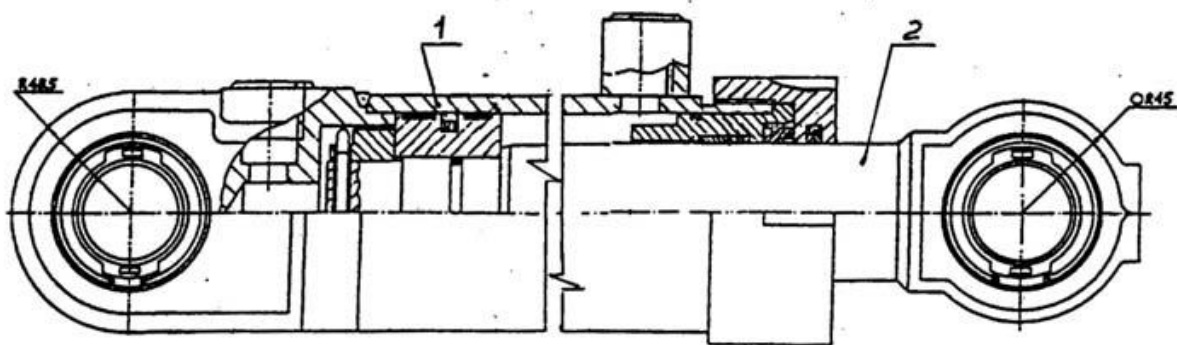


Рисунок 2.87 – Общий вид: 1 – корпус в сборе; 2 – шток в сборе

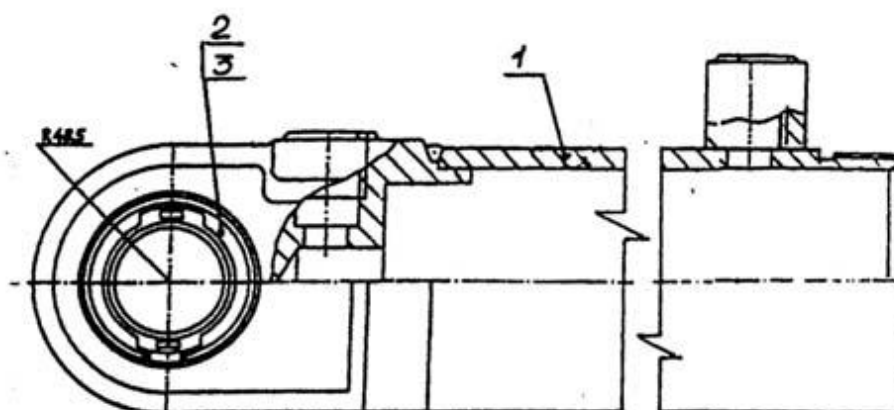


Рисунок 2.88 – Корпус в сборе: 1 – цилиндр; 2 – подшипник ШС;  
3 – кольцо наружное пружинное

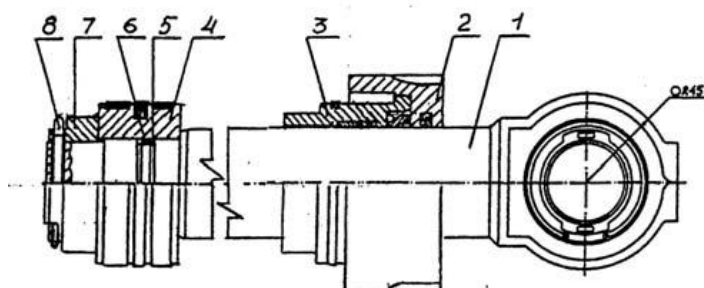


Рисунок 2.89 – Шток в сборе: 1 – шток; 2 – гайка в сборе; 3 – втулка в сборе;  
4 – поршень в сборе; 5 – кольцо защитное; 6 – кольцо уплотнительное;  
7 – гайка шлицевая; 8 – шплинт

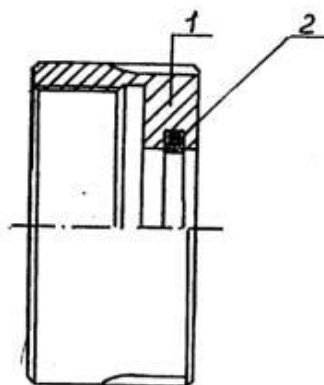


Рисунок 2.90 – Крышка: 1 – гайка; 2 – грязесъемник

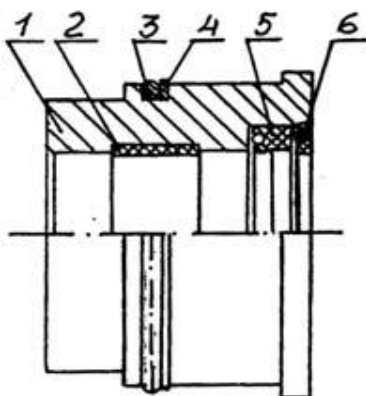


Рисунок 2.91 – Втулка передняя: 1 – втулка; 2 – кольцо опорное; 3 – кольцо уплотнительное; 4 – кольцо защитное; 5 – манжета; 6 – кольцо защитное

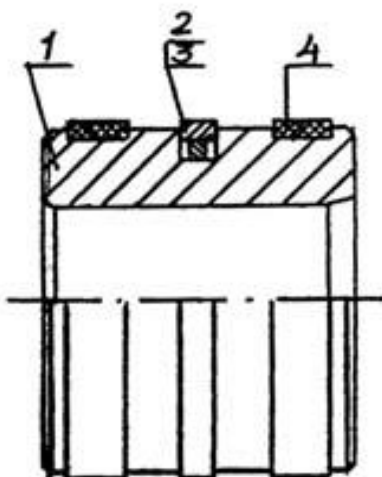


Рисунок 2.92 – Поршень: 1 – поршень; 2,3 – уплотнение; 4 – кольцо опорное

Разборку гидроцилиндра проводят в последовательности, показанной на рисунках 2.93...2.97.

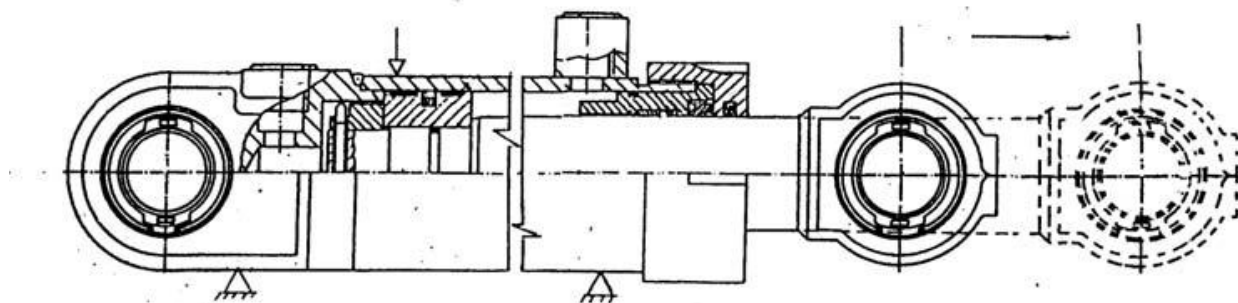


Рисунок 2.93 - Базирование гидроцилиндра

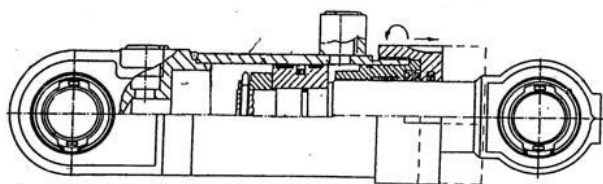


Рисунок 2.94 – Снятие крышки

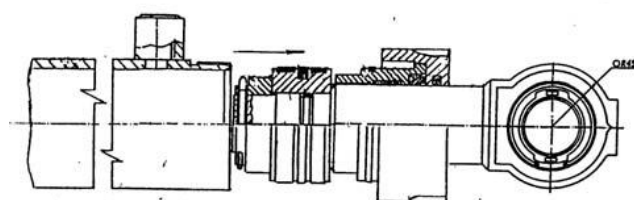


Рисунок 2.95 – Извлечение штока и поршня

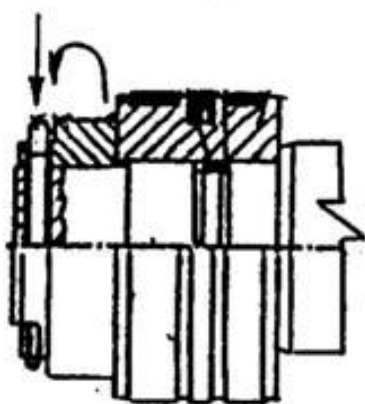


Рисунок 2.96 – Снятие шлицевой гайки

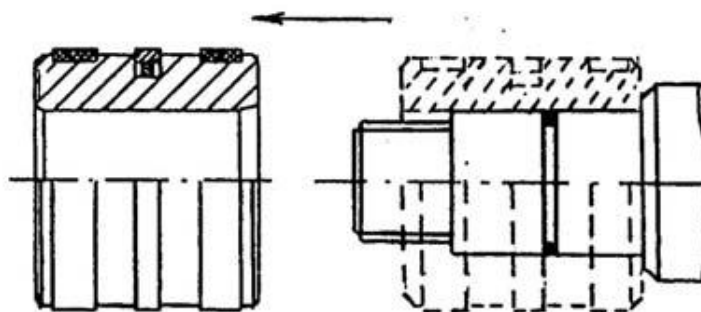


Рисунок 2.97 – Снятие поршня

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

*Тема занятия: «Устройство лопастного насоса».*

*Лопастные насосы* - различают одинарного и двойного действия, состоят из ротора и пластин. Пластины в роторе перемещаются в радиальном направлении. Различие заключается в форме внутренней поверхности статора, которая ограничивает перемещение пластин.

*Насос одинарного действия* - рабочий объем образуется между цилиндрическим статором, ротором и пластинами (рисунок 2.10).

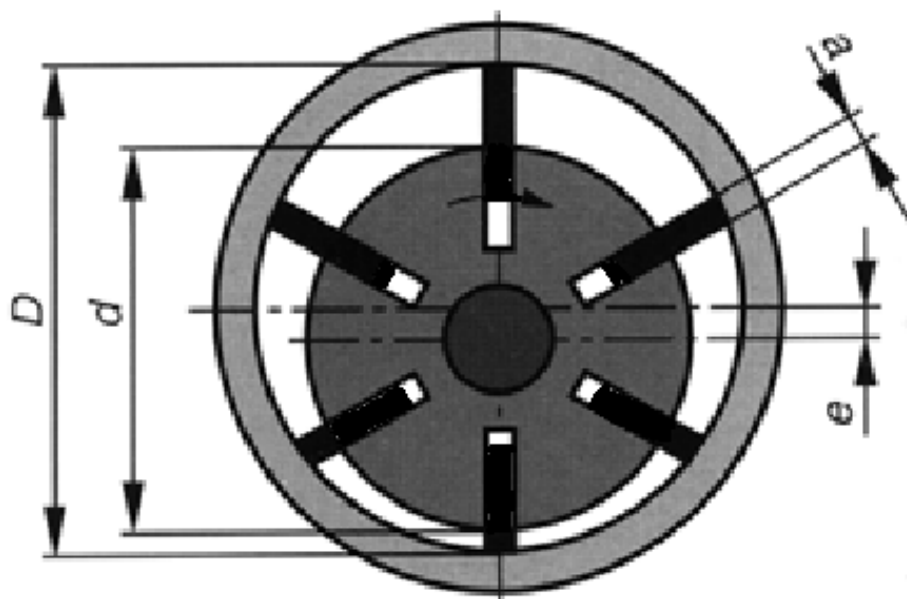


Рисунок 2.10 – Пластинчатый насос одинарного действия

*Насос двойного действия* - благодаря овальной форме статора образуются две зоны нагнетания за один оборот вала и каждая пластина за один оборот вала осуществляет два такта (рисунок 2.11).

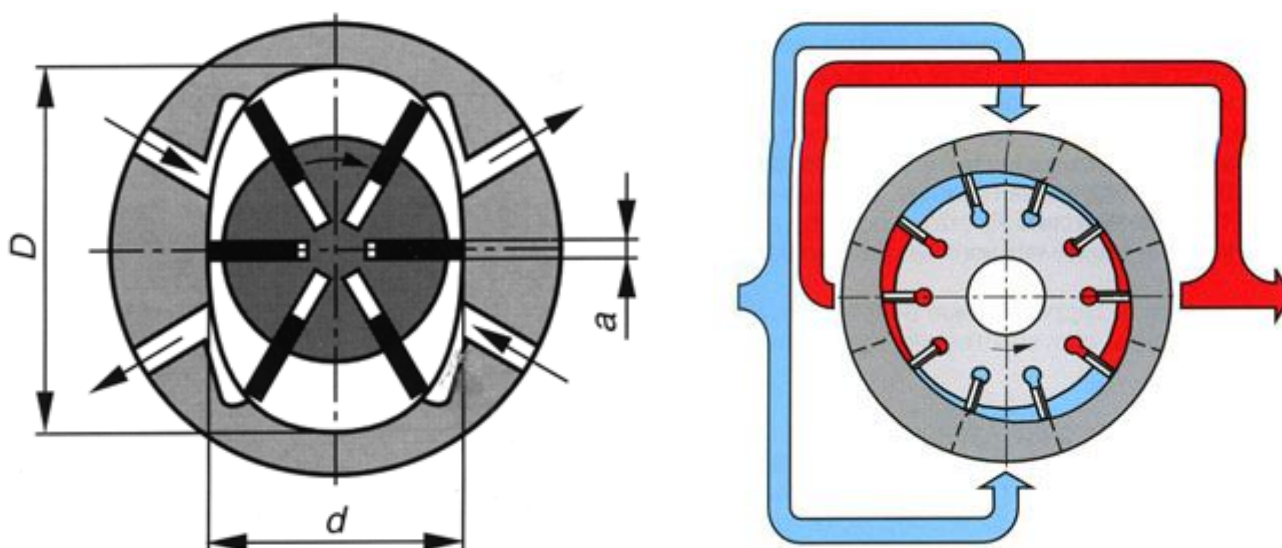


Рисунок 2.11 – Пластинчатый насос двойного действия

Камеры нагнетания образуются ротором, двумя соседними пластинами, внутренней поверхностью статора и боковыми распределительными дисками.

*Тема занятия: «Устройство золотника».*

Technical drawing of a mechanical device, likely a pump or valve, showing a cross-section and a side view. The device features a central shaft (13) with a circular end, a main body (1) with internal components (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12), and a handle (13). The drawing is labeled with Roman numerals I, II, III, and IV.

1...5 — отверстия в гильзе; 6 — пружина; 7, 11 — крышки; 8 — гильза;  
9 — корпус; 10 — золотник; 12 — болт; 13 — рукоятка;  
линии: I — сливная, II — напорная, III, IV — рабочие

13

внутренней поверхностью гильзы 8. Перемещают золотник из нейтрального положения рукояткой 13, а возвращается обратно золотник под действием пружины 6.

Чтобы разгрузить насос от избыточного давления, возникающего из-за непрерывной подачи жидкости в напорную линию II, в среднем и правом поясах золотника сделаны радиальные отверстия, соединенные между собой осевыми каналами и расположенными соответственно напротив отверстий 3 и 5. Через эти отверстия жидкость, поступающая из насоса, попадает в сливную линию I.

При перемещении золотника вправо (рукоятку 13 на себя) жидкость по правому ответвлению напорной линии II через отверстие 5 поступает в полость, образованную правой выточкой золотника и гильзой. Из этой полости через отверстие 4 гильзы жидкость поступает в рабочую линию III, соединенную с гидродвигателем. Совершив работу, жидкость возвращается вновь в распределитель в линию IV, соединенную через отверстия 2 и 3 гильзы со сливной линией I.

При перемещении золотника влево (рукоятку от себя) жидкость от насоса по левому ответвлению напорной линии II через отверстие 1 поступает в полость, образованную левой выточкой золотника и втулкой. Из этой полости через отверстие 2 жидкость поступает в рабочую линию IV, соединенную с гидродвигателем. Совершив работу по реверсированию ведомого звена гидродвигателя, жидкость возвращается в линию III, соединенную отверстиями 4 и 3 со сливной линией I.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7**

*Тема занятия: «Устройство поршневого насоса».*

*Роторные аксиально-поршневые насосы* работают в средних и тяжёлых режимах с большой частотой вращения. В этих насосах цилиндры перемещаются параллельно один другому, а поршни или плунжеры движутся вместе с цилиндрами и одновременно перемещаются относительно цилиндров благодаря вращению приводного вала. Аксиально-поршневые насосы изготавливают по двум основным схемам: с наклонным диском и с наклонным блоком цилиндров (рисунок 2.13).

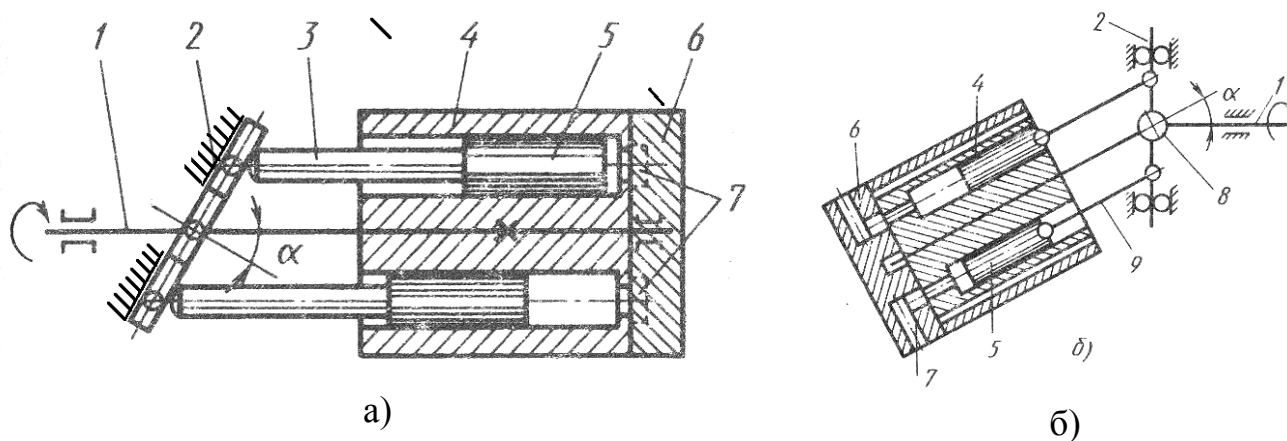


Рисунок 2.13 – Принципиальные схемы аксиально-поршневых насосов:

а) с наклонным диском; б) с наклонным блоком цилиндров;

1 – ведущий вал; 2 – диск; 3 – шток; 4 – блок цилиндров; 5 – поршень;

6 – гидрораспределитель; 7 – пазы; 8 – шарнир; 9 – шатун

Аксиально-поршневой насос с наклонным диском (рисунок 2.13а) включает в себя блок цилиндров, ось которого совпадает с осью ведущего вала 1, а под углом  $\alpha$  к нему расположена ось диска 2, с которым связаны штоки 3 поршней 5. В режиме насоса работа происходит следующим образом - ведущий вал приводит во вращение блок цилиндров. При повороте блока вокруг оси насоса на  $180^\circ$  поршень совершает поступательное движение, выталкивая жидкость из цилиндра. При дальнейшем повороте на  $180^\circ$  поршень совершает ход всасывания. Блок цилиндров своей шлифованной торцевой поверхностью плотно прилегает к тщательно обработанной поверхности неподвижного гидрораспределителя 6, в котором сделаны полукольцевые пазы 7. Один из этих пазов соединен через каналы со всасывающим трубопроводом, другой — с напорным трубопроводом. В блоке цилиндров выполнены отверстия, соединяющие каждый из цилиндров блока с гидрораспределителем. Если через каналы подавать под давлением рабочую жидкость, то поршни, совершают возвратно-поступательное движение, и они вращают диск и связанный с ним вал. Таким образом, аксиально-поршневой насос превращается в гидромотор.

Работа аксиально-поршневого насоса с наклонным блоком цилиндров (рисунок 2.13б) происходит следующим образом. Блок 4 цилиндров с поршнями 5 и шатунами 9 наклонен относительно приводного диска 2 вала 1 на некоторый угол. Блок цилиндров получает вращение от вала через универсальный шарнир 8. При вращении вала поршни 5 и связанные с ними шатуны 9 начинают совершать возвратно-поступательные движения в цилиндрах блока, который вращается вместе с валом. За время одного оборота блока каждый поршень производит всасывание и нагнетание рабочей жидкости. Один из пазов 7 в

гидрораспределителе 6 соединен со всасывающим трубопроводом, другой — с напорным. Объёмную подачу аксиально-поршневого насоса с наклонным блоком цилиндров можно регулировать, изменяя угол наклона оси блока относительно оси вала в пределах  $25^0$ . При соосном расположении блока цилиндров с ведущим валом поршни не перемещаются и объёмная подача насоса равна нулю.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8**

*Тема занятия: «Характерные виды повреждений элементов гидропривода».*

Современная гидравлическая аппаратура изготавливается с высокой точностью, при строгом соответствии технических условий. Во время работы гидросистемы её элементы омываются рабочей жидкостью, что способствует отводу тепла, уносу продуктов износа, хорошему смазыванию сопрягаемых деталей. При соблюдении правил эксплуатации гидропривод работает надёжно в течение длительного времени. Анализ данных неисправностей гидрооборудования позволяет выделить следующие причины отказов:

- изменение свойств рабочей жидкости: окисление, образование эмульсии, загрязненность, старение;
- неисправности электрической части привода: отсутствие контакта, пробой изоляции, неправильная регулировка;
- неисправности механической части привода: износ, поломка, неправильная сборка или регулировка.

Главной причиной отказов является загрязненность рабочей жидкости при нарушении требований нормативно-технической документации во время: хранения, заправки в гидросистему, в процессе сборки и испытания элементов гидросистемы, во время эксплуатации из-за износа подвижных частей насосов, гидромоторов и гидроаппаратуры. Частицы пыли проникают в бак под давлением всасывающего эффекта и в гидросистему через уплотнения штоков и не плотности соединений. При загрязненной рабочей жидкости усилия необходимые для перемещения золотников, возрастают, в результате нарушается цикл работы оборудования.

Размеры частиц кварца, полевого шпата и окислов металлов, в основном загрязняющих жидкость, колеблются в пределах 10...100 мкм. Большая часть частиц имеет размеры 10...25 мкм. Твёрдость некоторых частиц превышает твёрдость материалов, из которых изготовлены детали гидроаппаратуры. Твёрдые частицы разрывают масляную пленку, ухудшая режим смазывания, закупоривают щели дросселей и другие каналы малого сечения, приводят к абразивному износу. Число отказов вызванных износом гидроаппаратуры, увеличивается при повышенной загрязненности гидросистемы и возрастает с повышением давления.