

ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Доцент ОНД ИШПР
Холодная Галина Евгеньевна

Оборудование НГО

Вид занятий	Объем в часах	
	Аудиторные	Самостоят.
Лекции	8	
Практические зан.	24	
Курсовой проект		76
<i>Итого</i>	32	76

Оборудование НГО

Вид контроля	Баллы	Итог
Лекции	<i>1 занятие = 2 балла</i>	<i>5 занятий = 10 баллов</i>
Практические зан.	<i>1 занятие = 15 баллов</i>	<i>6 занятий = 90 баллов</i>
<i>Зачет по дисциплине</i>		<i>от 80 баллов</i>

Вид контроля	
Курсовой проект	<i>Диф. зачет по дисциплине</i>

Оборудование, применяемое в нефтегазовой отрасли, можно **подразделить на группы**:

- оборудование для эксплуатации;
- оборудование для освоения;
- оборудование для подъема продукции;
- оборудование для воздействия на пласт;
- оборудование для проведения ремонтных работ;
- оборудование для сбора и подготовки нефти и газа к транспортированию.

В рамках курса рассмотрим:

- гидравлические машины (насосное оборудование);
- компрессорное оборудование;
- теплообменное оборудование

Раздел 1. Насосное оборудование

Объемные гидромашины



Определение

Гидравлическими называют машины, которые сообщают протекающей через них жидкости механическую энергию (**насосы**), либо получают от жидкости часть энергии и передают ее рабочему органу для полезного использования (**гидродвигатели**).

Гидравлические машины (насосное оборудование)

Гидравлические машины в технологических процессах, связанных с добычей и транспортом нефти и газа широко применяются:

1. При бурении скважин: насосы буровые (поршневые и плунжерные), насосы центробежные (шламовые, подпорные, вспомогательные); забойные двигатели (турбобуры и винтовые); элементы гидроуправления (гидроцилиндры, гидропневмоаккумуляторы и т.д.); гидropередачи (гидромufты, гидротрансформаторы, гидротормозы).

Гидравлические машины (насосное оборудование)

ПРОДОЛЖЕНИЕ

- 2. Для подъёма жидкостей (нефти, воды и их смесей) из скважин:** погружные штанговые насосы; погружные электроцентробежные насосы; погружные винтовые насосы; гидроприводные плунжерные насосы; струйные насосы эжекторного типа.

- 3. Для внутрипромыслового, магистрального транспорта (нефти, воды и их смесей):** центробежные насосы; поршневые и плунжерные насосы; винтовые насосы.

- 4) Для закачки жидкостей в пласт (поддержания пластового давления, гидроразрыва пластов):** центробежные насосы; поршневые и плунжерные насосы.

Гидравлические машины (насосное оборудование)

ПРОДОЛЖЕНИЕ

5. Для цементированния скважин: поршневые и плунжерные, центробежные насосы, установленные на передвижных цементировочных агрегатах.

6. В системах гидропривода машин и комплексов: гидроцилиндры; шестерённые насосы и гидродвигатели; пластинчатые насосы и гидродвигатели; роторные аксиально-поршневые и радиально-поршневые насосы и гидродвигатели; поворотные гидродвигатели; гидроаппараты, регулирующие устройства и запорная арматура.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГИДРОМАШИН. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Изобретение гидромашин относится к глубокой древности.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ



Насос в Месопотамии – 3000 г. до н.э.

Месопотамский насос представлял собой деревянный рычаг, изобретательные месопотамцы ставили его рядом с берегом у воды. На одном конце рычага был ковш, а на противоположном конце был прикреплен противовес. Когда рычаг был опущен, ведро наполнялось водой, и противовес отскакивал, поднимая ведро вверх. Таким образом, вода выливалась в желоб.

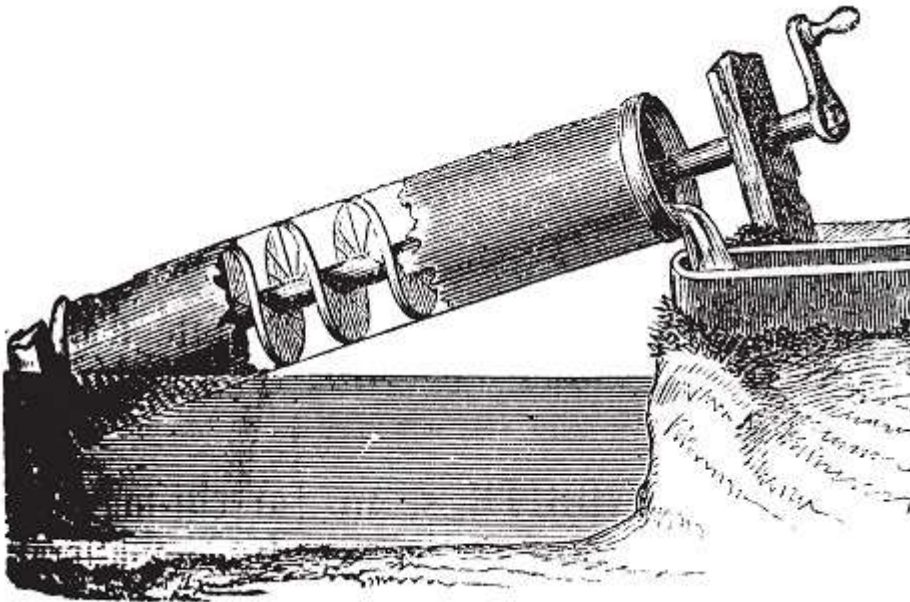
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ



Своя версия «протонасоса» была и в другой колыбели древней цивилизации – Египте. Древнеегипетский насос, он же шадуф представлял собой ведро, которое было привязано к стержню или веревке и использовалось для подъема воды из глубоких колодцев.

Насос в древнем Египте – 2000 г. до н. э.

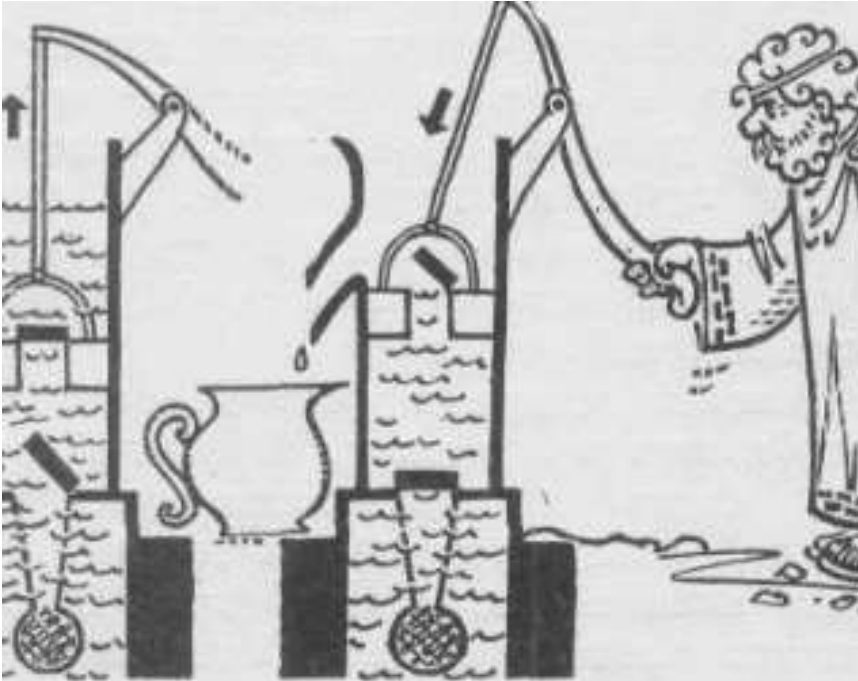
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ



Именно в этот период истории выдающийся древнегреческий ученый и изобретатель Архимед изобрел одно из лучших изобретений всего человечества – винтовой насос. Это простое, но гениальное изобретение до сих пор встречается в разных частях света.

Насос в древней Греции – с III по I век до н. э.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ



Еще один значительный вклад в эту эпоху был сделан Ктесибом из Александрии в Египте. Он был изобретателем силового насоса, который представляет собой тип ручного насоса. Он состоял из цилиндра и плунжера, установленного наверху, последний использовался для забора воды через специальные клапаны.

Насос в древней Греции – с III по I век до н. э.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

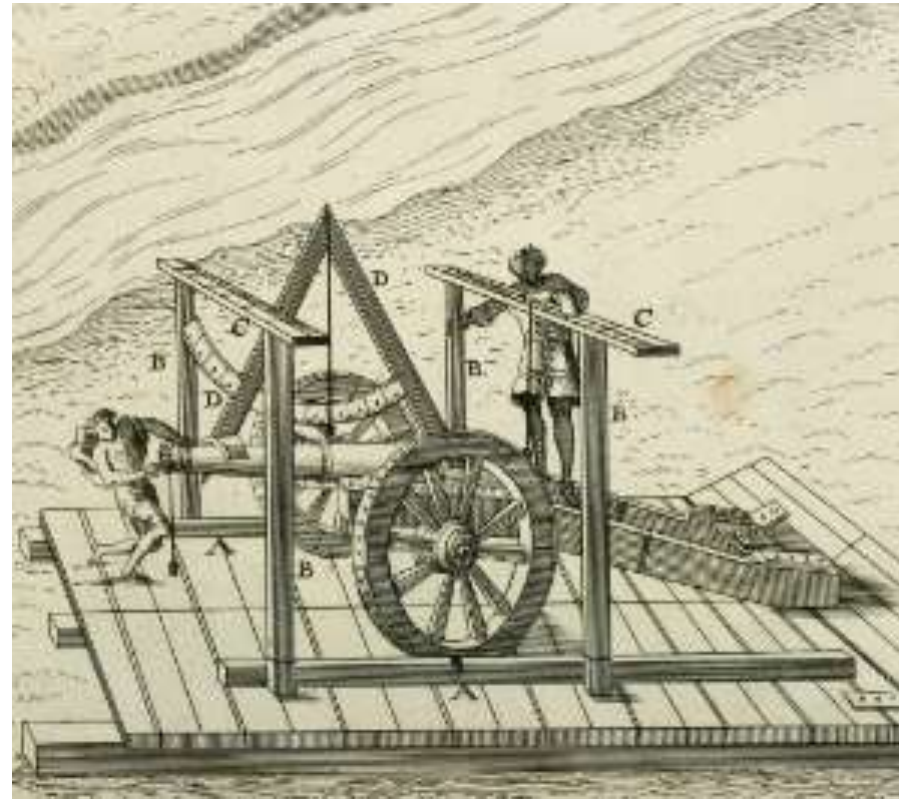
После падения Римской империи насосная техника застопорилась почти на полтора тысячелетия.

Только в эпоху Просвещения наука о гидравлике снова начала уделять внимание «насосному делу». Именно в эту эпоху насосы возродились, и в течение следующих двух столетий рынок начали наводнить новые идеи и изобретения, которые привели к созданию современных насосов.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

В 1593 году француз Николя Гролье де Сервьер нарисовал первые конструкции шестеренчатого насоса.

Позже, в 1636 году, немецкий инженер Паппенгейм изобрел двухконтактный роторный шестеренчатый насос с глубокими зубьями, который до сих пор используется для смазки двигателей.

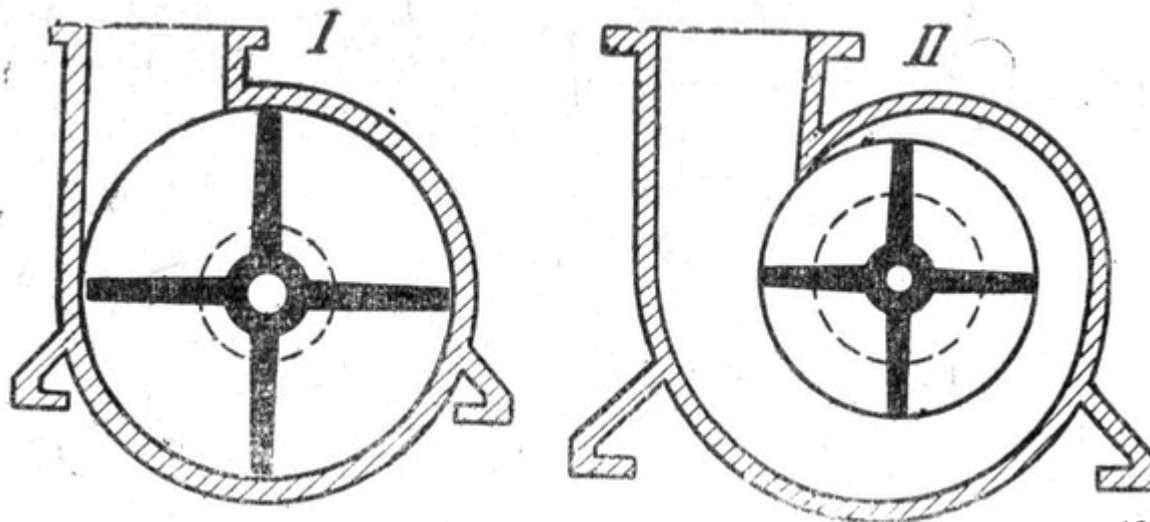


ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Центробежный насос – это один из наиболее распространенных типов насосов, используемых сегодня, он был изобретен в XVII веке французским изобретателем Дени Папеном.

Он использовал прямые лопасти для дренажа.

Центробежный насос – это насос с приводом от двигателя, который вытягивает воду за счет силы всасывания.



ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Насос с осевым потоком – с 1940-х годов осевые насосы постоянно используются в системах водоснабжения. Помимо этого применения, осевой насос также широко используется в промышленном и коммерческом секторах.

Струйный насос – похож на центробежный насос, но в основном используется для подъема воды из глубоких колодцев.

Электромагнитные насосы – в основном используются в сложных устройствах, таких как ядерные реакторы. Это связано с тем, что электромагнитные насосы могут выдерживать очень высокие температуры. Следовательно, они идеально подходят для перемещений жидких металлов и других электропроводящих жидкостей. Они используют электромагнитную силу для вытеснения жидкостей.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАСОСОВ. ИЗОБРЕТЕНИЕ НАСОСА: ВАЖНЫЕ ЭТАПЫ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Погружной насос, турбинный насос для глубоких скважин, вертикальный насос без уплотнения, втулочный насос, перистальтический насос, дозирующий насос, насос с магнитным приводом, измельчающий насос, циркуляционный насос, пневматический двухдиафрагменный насос – вот лишь некоторые из разных моделей насосов, которые были изобретены в 1900-е гг.

Современные направления развития насосов:

- увеличение производительности и снижение затрат;
- совершенствование уплотнений (торцевые, газовые, газодинамические) – увеличение КПД;
- создание систем мониторинга – системы контроля температуры, вибрации и других параметров

Классификация гидравлических машин

Гидравлические машины относятся к обширному классу **проточных машин** - процесс передачи работы у них целиком связан с потоком среды, протекающей через машину.

В частности, если текучей средой (флюидом) является капельная жидкость, то проточные машины называются **гидравлическими**; если же текучая среда газообразная, то говорят о газовых или **пневматических** проточных машинах.

Классификация гидравлических машин

Классификация по двум основным группам в зависимости от направления передачи работы:

- **проточные машины – орудия**, которые получают работу от приводного вала или штока, а отдают ее потоку текучей среды (насосы, и компрессоры);
- **проточные машины – двигатели**, которые воспринимают работу от потока жидкости или газа, а отдают ее через выводной вал (турбины, гидроцилиндры, гидромоторы и пневмодвигатели)

Основные разновидности и элементы гидро- и пневмосистем

Насос – машина, предназначенная для перемещения жидкости и увеличения ее энергии

Основные разновидности и элементы гидро- и пневмосистем

Машины для подачи газовых сред в зависимости от развиваемого ими давления подразделяют:

- на вентиляторы – машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления до 1,15;
- газодувки – машины, работающие при $e > 1,15$, без искусственного охлаждения;
- компрессоры – машины, сжимающие газ при $e > 1,15$, с искусственным охлаждением;
- гидро- и пневмодвигатели – машины, превращающие энергию потока текучей среды в механическую энергию (гидротурбины, гидро- и пневмомоторы, гидроцилиндры).

Основные разновидности и элементы гидро- и пневмосистем

Устройства, предназначенные для регулирования потоков жидкостей (распределения, изменения направления движения, регулирования расхода, давления и т.п.) называют **гидроаппаратурой**.

Емкости (баллоны, баки, расширительные сосуды), кондиционеры жидкости (фильтры, теплообменники), гидравлические и пневматические аккумуляторы составляют группу **вспомогательных устройств**.

Основные разновидности и элементы гидро- и пневмосистем

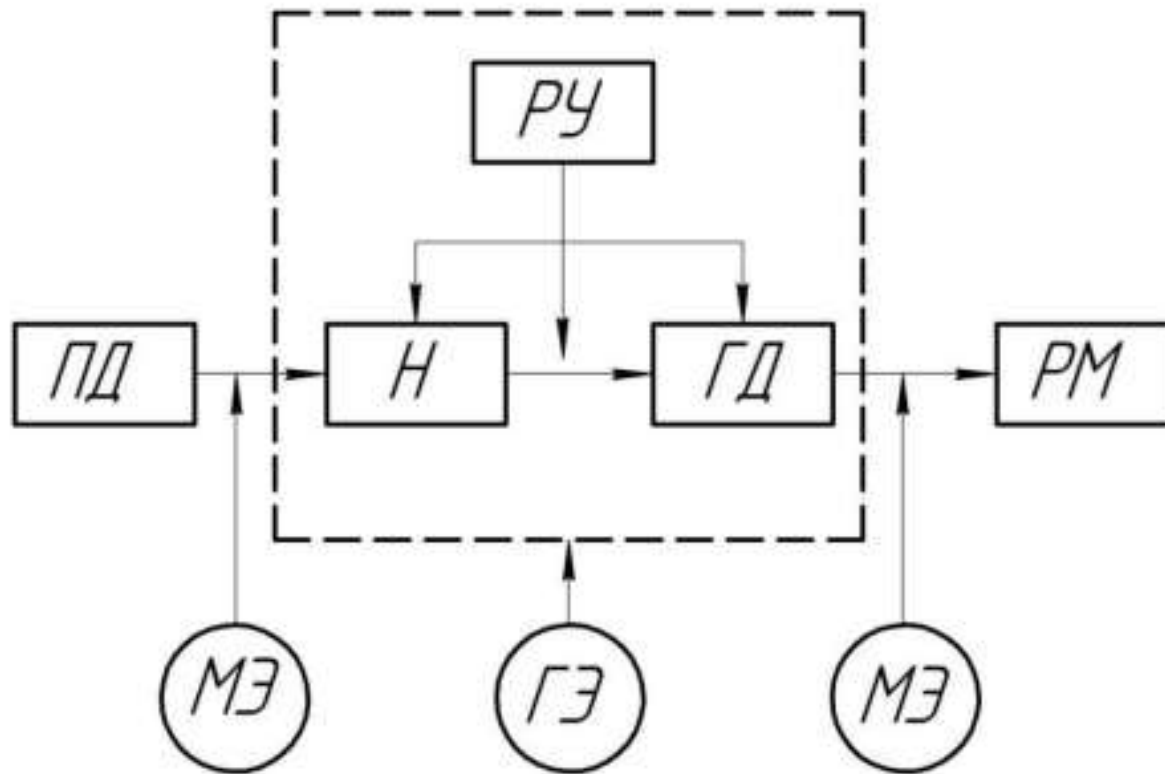
Совокупность гидравлических машин, гидроаппаратуры и вспомогательных устройств соединенные в определенной последовательности трубопроводами образуют **гидравлическую (пневматическую) систему**, которая предназначена для выполнения определенных функций, не свойственных каждому из ее элементов, взятому в отдельности.

Основные разновидности и элементы гидро- и пневмосистем

Гидравлическая система, предназначенная для передачи и преобразования механической энергии посредством жидкости, называется **гидравлическим приводом**.

Если насос и гидродвигатель конструктивно составляют один узел, то такой простейший гидропривод называют **гидропередачей**

Основные разновидности и элементы гидро- и пневмосистем



Структурная схема гидропривода:

ПД – приводной двигатель; Н – насос; ГД – гидродвигатель;

РМ – рабочая машина; РУ – регулирующие устройства;

МЭ и ГЭ – механическая и гидравлическая энергии

Преимущества гидропривода:

- Возможность получения любого вида механического перемещения выходного звена: поступательного или вращательного.
- Возможность плавного бесступенчатого регулирования скорости, крутящего момента или скорости.
- Надежная защита элементов машины от перегрузок. Возможность передачи больших мощностей при малых габаритах.
- Высокая надежность.
- Независимое расположение входных и выходных элементов привода.
- Хорошие динамические свойства, малое время реверсирования и высокое быстродействие

Недостатки гидропривода:

- Жесткие требования к точности изготовления.
- Возможность загрязнения и утечек рабочей жидкости.
- Более низкий КПД, чем у механических передач.

Достоинства пневмопривода:

- Простота устройства (забор и выброс воздуха в атмосферу).
- Экологичность.

Классификация гидравлических машин

В зависимости от принципа действия все проточные машины делятся на два класса: динамические и объемные.

Динамические. Их признаки:

- а) наличие лопаточного аппарата, обтекаемого рабочей средой;
- б) непрерывность потока в каналах машин;
- в) взаимодействие гидродинамических сил с текучей средой.

Классификация гидравлических машин

Объёмные. Их признаки:

- а) наличие рабочих камер (полостей), которые периодически сообщаются с входом и выходом из машины;
- б) давление в рабочих камерах изменяется от начального на входе до конечного на выходе плавно (поршневой насос) или скачкообразно (шестерённый насос);
- в) усилия на рабочих органах практически не зависят от скоростей омывающих их жидкостей.

Классификация гидравлических машин

Кроме того, каждый из основных разделов классификации *включает в себя множество подразделов.*

Все типы гидравлических машин *не имеющие клапанов* являются **обратимыми**, то есть после некоторых преобразований конструкции могут использоваться *как машины орудия, так и машины двигатели.*

В современной технике применяется большое количество разновидностей гидромашин.

Однако их можно разделить на два основных класса: *лопастные и объемные*.

Лопастные гидромашины

Рабочим органом лопастной гидромашины является рабочее колесо, снабженное лопастями.

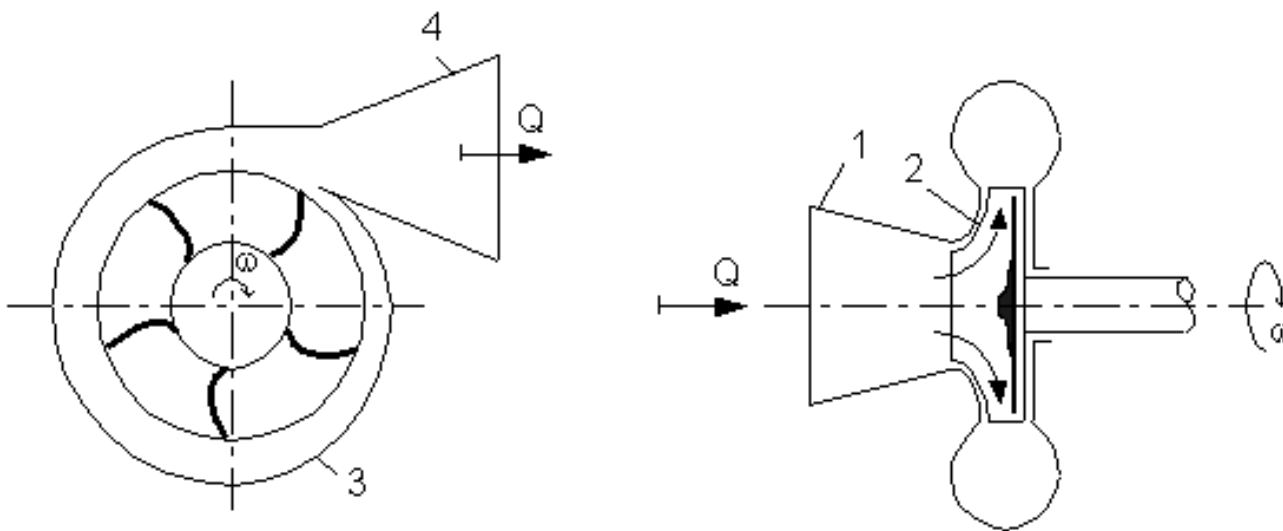


Схема центробежного насоса:

1 - подвод; 2 - рабочее колесо; 3 - отвод; 4 - диффузор

Лопастные гидромашины

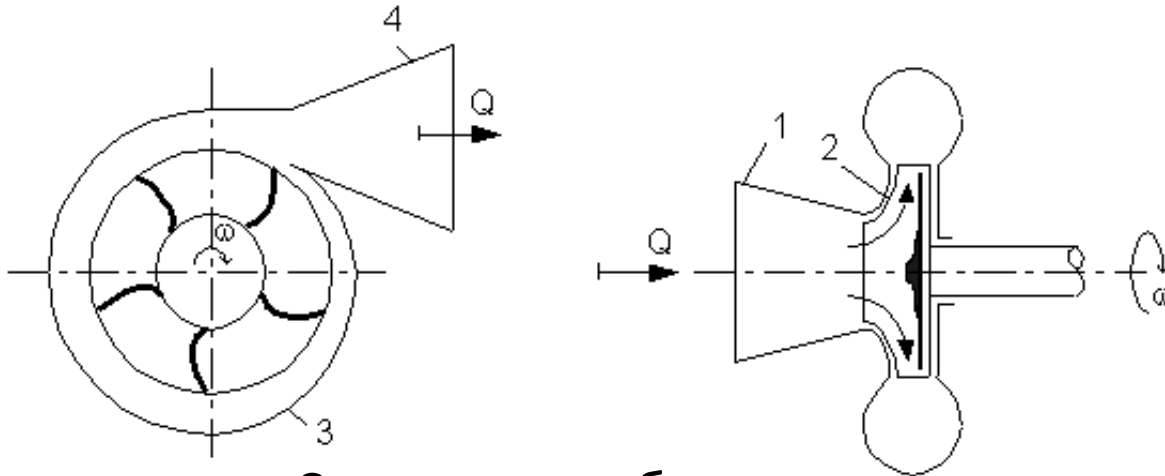


Схема центробежного насоса:

1 - подвод; 2 - рабочее колесо; 3 - отвод; 4 - диффузор

Энергия от рабочего колеса жидкости (или, наоборот, от жидкости колесу) передается путем динамического взаимодействия лопастей с обтекающей их жидкостью. При этом происходит перемещение жидкости от центра колеса к его периферии (центробежные насосы) или в осевом направлении (осевые насосы).

Объёмные гидромашины

Объёмные гидромашины - гидравлические машины, рабочий процесс которой основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении ее из рабочей камеры.

Под рабочей камерой объемной гидромашины понимается ограниченное пространство внутри машины (одно или более), периодически изменяющее свой объем и попеременно сообщаемое с местами входа и выхода жидкости

Объёмные гидромашины

В соответствии с тем, создают гидромашины поток жидкости или используют его, их разделяют на **объемные гидронасосы** и **объёмные гидродвигатели**.

Объёмные гидромашины

преобразуют энергию поступательного или вращательного движения в энергию потока жидкости.

Объёмные гидродвигатели преобразуют энергию потока и давления жидкости в энергию поступательного или вращательного движения выходного звена.

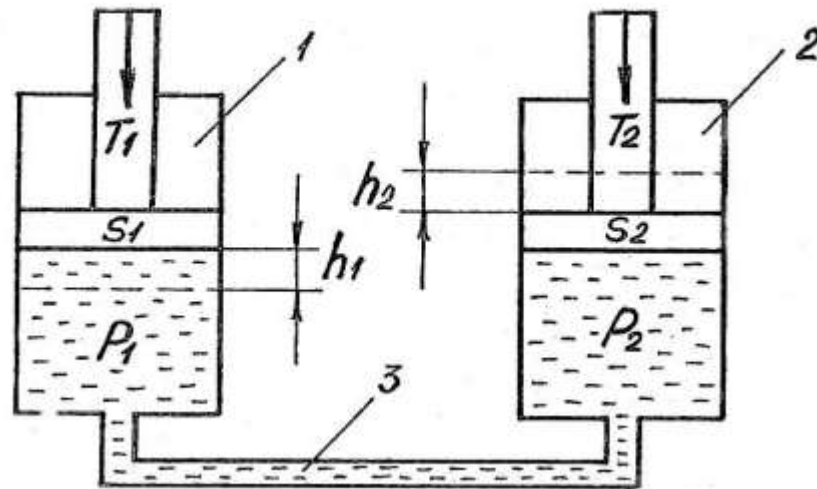
Специфическим свойством объёмных гидромашин является обратимость - способность работать как в качестве гидронасоса, так и в качестве гидродвигателя

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

Принцип действия объемного гидропривода основан на высоком значении объемного модуля упругости жидкости и на законе Паскаля.

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

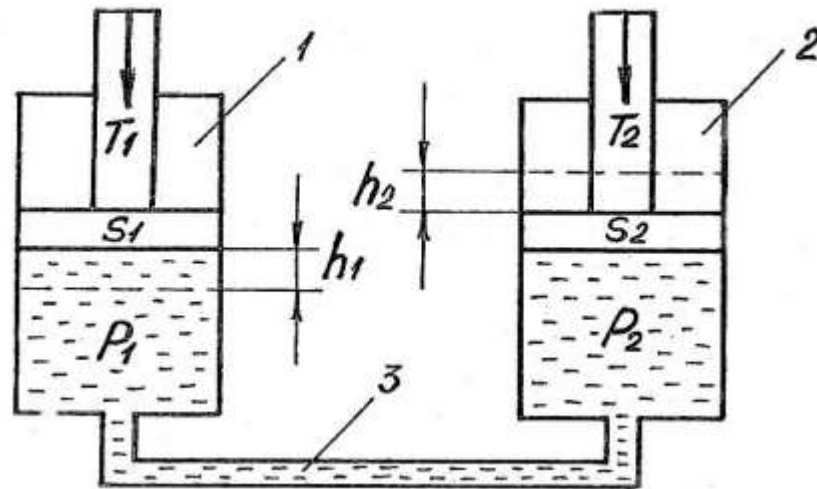
Для пояснения принципа действия и выяснения основных зависимостей гидропривода рассмотрим схему. Схема включает две гидравлические машины в виде герметичных цилиндров 1 и 2, соединенных последовательно гидролинией 3.



Принципиальная схема
объемного гидропривода

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

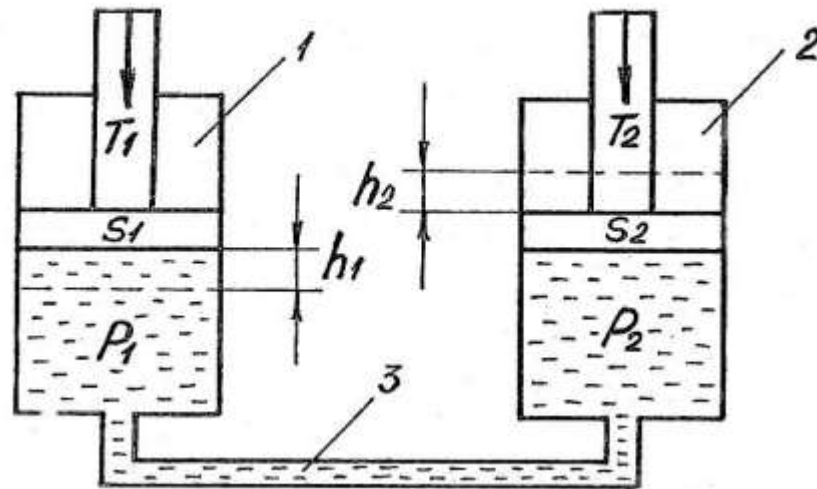
Цилиндр 1 является насосом (входным звеном), цилиндр 2 – гидродвигателем (выходным звеном). Поршень первого цилиндра нагружен силой T_1 , поршень второго – внешней нагрузкой T_2 .



Принципиальная схема
объемного гидропривода

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

При перемещении поршня цилиндра 1 вниз жидкость из него вытесняется в цилиндр 2, приводя его поршень в движение.



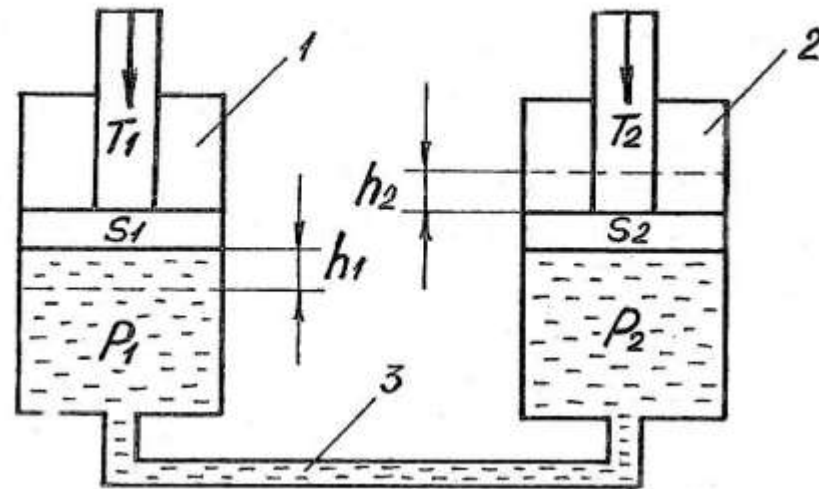
Принципиальная схема
объемного гидропривода

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

В гидроцилиндрах и гидролинии установится гидростатическое давление, величина которого без учета потерь будет равна:

$$P_1 = \frac{T_1}{S_1} = \frac{T_2}{S_2} = P_2 = P, \quad (1)$$

где S_1 и S_2 – площади первого и второго цилиндров соответственно.



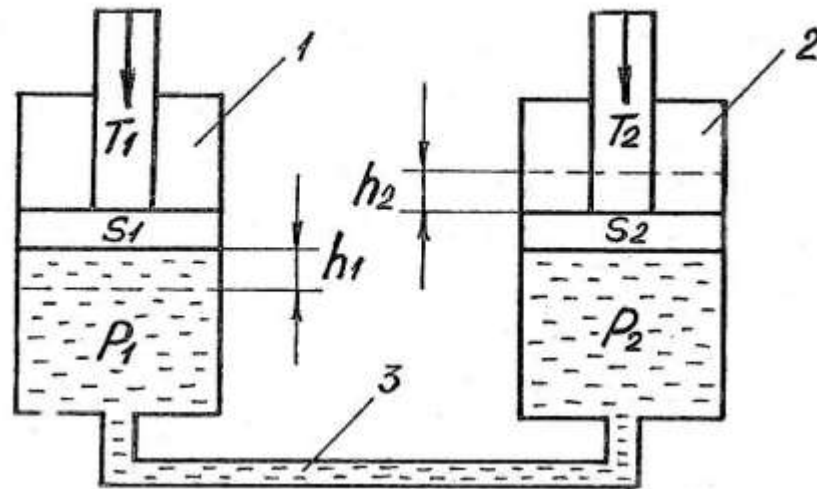
Принципиальная схема
объемного гидропривода

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

Следовательно, давление
в гидроприводе
определяется нагрузкой,
а сила, развиваемая на
поршне цилиндра 2

$$T_2 = P \cdot S_2, \quad (2)$$

приводит в движение
гидродвигатель,
преодолевая нагрузку и
совершая полезную
работу.



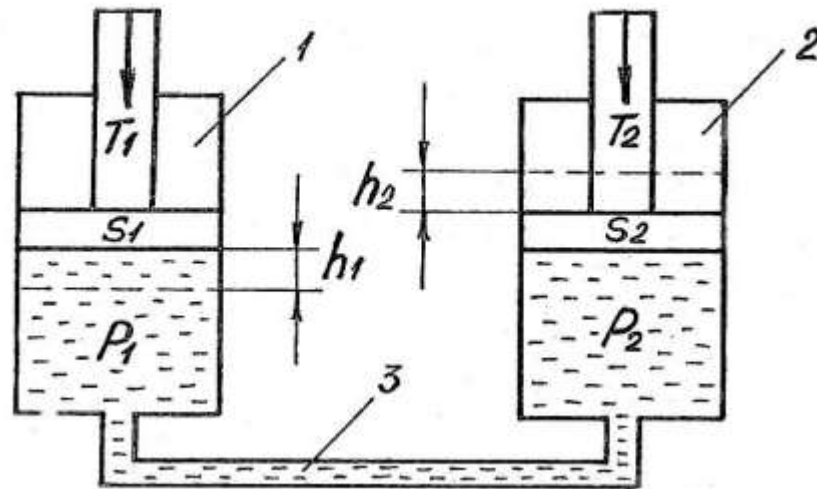
Принципиальная схема
объемного гидропривода

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

При отсутствии нагрузки на гидродвигатель давление будет равно нулю. На основании (1) можно записать

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{S_2}{S_1} = i_c, \quad (3)$$

где i_c - силовое передаточное отношение гидропривода.



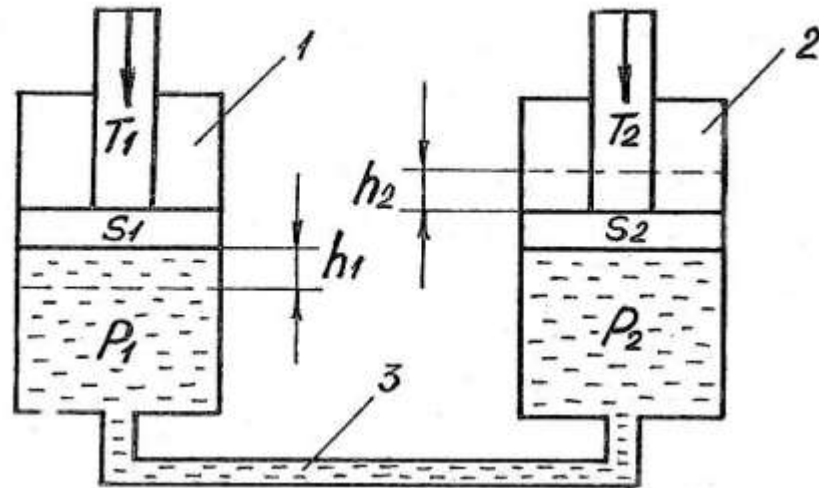
Принципиальная схема объемного гидропривода

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

В случае полной герметичности цилиндров и соединяющего их трубопровода, несжимаемости жидкости, отсутствия деформации цилиндров справедливо равенство

$$h_1 S_1 = h_2 S_2, \quad (4)$$

где h_1 и h_2 - перемещение поршней цилиндров 1 и 2 соответственно.



Принципиальная схема
объемного гидропривода

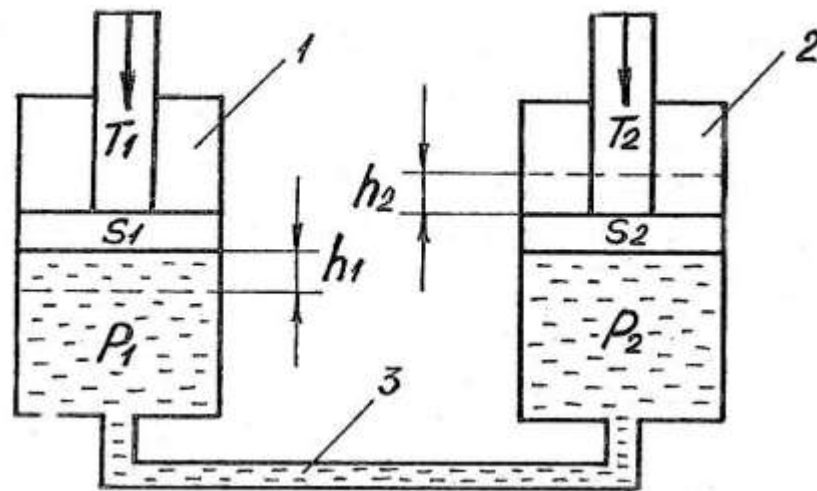
Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

Считая, что перемещение поршней происходит равномерно за время t , получим

$$\frac{h_1 \cdot S_1}{t} = \frac{h_2 \cdot S_2}{t}$$

или $g_1 S_1 = g_2 S_2$, (5)

откуда $\frac{g_2}{g_1} = \frac{S_1}{S_2} = i_k$, (6)



Принципиальная схема
объемного гидропривода

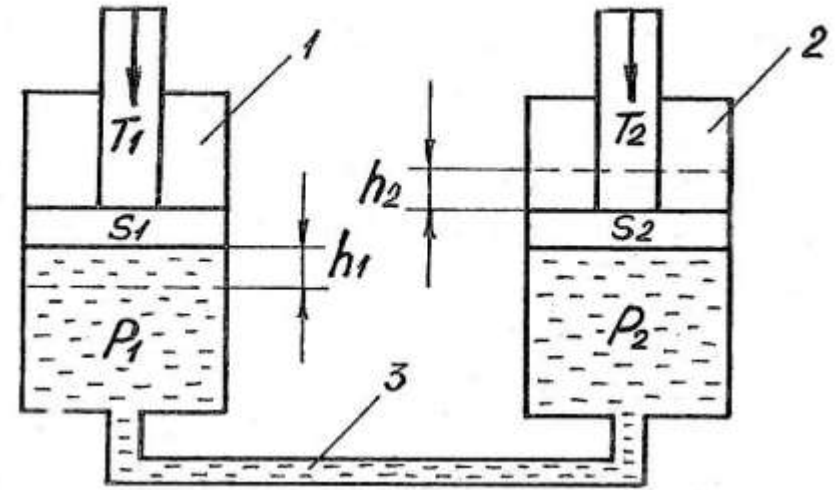
где i_k - кинематическое
передаточное число
гидропривода.

Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

На основании (5) скорость выходного звена гидропривода будет равна

$$g_2 = \frac{g_1 S_1}{S_2} = \frac{Q_1}{S_2} = \frac{Q_2}{S_2}, \quad (7)$$

где Q_1 – подача насоса, Q_2 – расход гидродвигателя.



Принципиальная схема
объемного гидропривода

Из полученных зависимостей следует, **что расход жидкости обеспечивает скоростные показатели привода, а давление – силовые.**

Объёмные гидромашины

Основные типы объёмных гидромашин:

- *шестерённая гидромашина;*
- *коловратная гидромашина;*
- *винтовая гидромашина;*
- *шиберная гидромашина;*
- *аксиально-поршневая гидромашина;*
- *радиально-поршневая гидромашина*

Гидравлические жидкости



Жидкость – физическое тело, молекулы которого слабо связаны между собой. Поэтому незначительные силы способны легко изменить форму жидкости, которая способна сохранить объем, но не форму.

Жидкость является рабочим телом в гидроприводах с помощью которого энергия от ее источника передается к исполнительным механизмам.

Кроме того, ею одновременно выполняются функции смазки контактирующих поверхностей, отвода тепла и защиты от коррозии.

Поэтому, от рабочей жидкости во многом зависит работоспособность и надежность гидропривода в целом.

Основные свойства жидкости:

- Плотность
- Вязкость
- Поверхностное натяжение
- Сжимаемость
- Температурное расширение
- Растворимость газов.

Плотностью

жидкости называют массу жидкости m ,
заключенную в единице объема V

$$\rho = m/V$$

Единица измерения плотности в СИ

$$1 \text{ кг/м}^3.$$

Удельным весом

называют вес единицы объема жидкости

$$\gamma = G/V$$

где g - ускорение свободного падения

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

Единица измерения удельного веса в СИ

$$1 \text{ Н/м}^3$$

Связь между удельным весом и плотностью

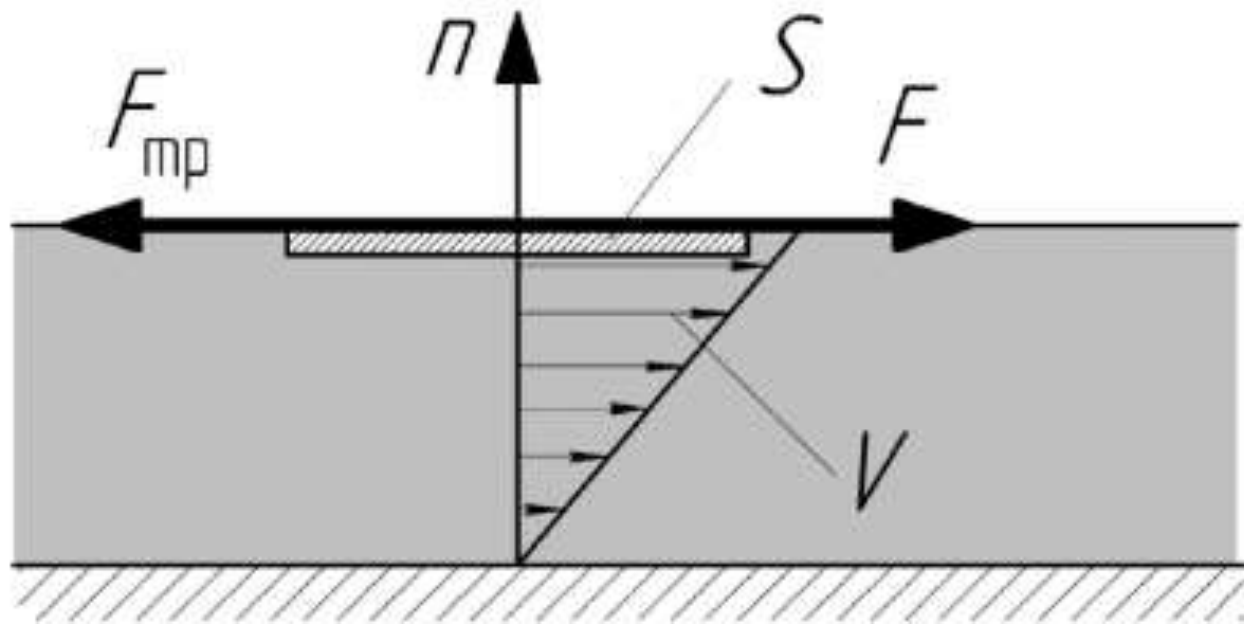
$$\gamma = G/V = mg/V = \rho g$$

Вязкостью называют свойство жидкостей оказывать сопротивление сдвигу (скольжению) одного слоя жидкости относительно другого

Вязкость одна из наиболее важных характеристик для расчета, проектирования и эксплуатации гидропривода.

От вязкости жидкости **зависят объемные и механические потери при работе гидромашин**, возможность работы гидропривода при низких и высоких температурах.

При установившемся течении сила F , вызывающее такое скольжение слоев, уравнивается силами трения в жидкости



Экспериментально установлено, что касательное напряжение τ , т.е. сила трения $F_{\text{тр}}$, действующая вдоль поверхности слоя, отнесенная к единице его площади S ($\tau = F_{\text{тр}} / S$), может быть определено по выражению, которое называют законом трения Ньютона

$$\tau = -\mu \frac{\partial v}{\partial n}$$

где $\partial v / \partial n$ – производная скорости по направлению, перпендикулярному плоскости скольжения слоев

Множитель пропорциональности μ называют **коэффициентом динамической вязкости**.

Коэффициент динамической вязкости в системе СИ имеет размерность Па·с, в системе СГС — **пуаз (П)**; на практике часто пользуются **сантипуазом (сП)**:

$$1 \text{ Па}\cdot\text{с} = 10 \text{ П}$$

Наряду с коэффициентом динамической вязкости в гидравлических расчетах используют **коэффициент кинематической вязкости**, который определяют по формуле

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad [\text{м}^2/\text{с}]$$

Единицей измерения кинематической вязкости является стокс:

$$1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с}.$$

Сотая доля стокса называется сантистоксом (сСт).

Вязкость жидкости зависит от температуры и давления.

С повышением температуры вязкость капельных жидкостей понижается. Чем меньше изменяется вязкость с изменением температуры, тем выше качество и эксплуатационные свойства рабочей жидкости.

Влияние температуры на вязкость жидкостей можно оценить формулой

$$\mu = \mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}$$

где μ и μ_0 — вязкости при температуре T и T_0 ;

$\beta = 0,02—0,03$ — коэффициент крутизны вискограммы

Коэффициент крутизны вискограммы используется в уравнении Рейнольдса-Филонова, которое широко применяется в задачах проектирования и эксплуатации магистрального нефтепроводного транспорта при неизотермической перекачке.

Коэффициент крутизны вискограммы может определяться минимум исходя из двух измерений вязкости при различных температурах.

Влияние давления на вязкость жидкостей нужно учитывать только при очень большом перепаде давлений (десятки МПа)

Температура вспышки - параметр, характеризующий огнестойкость масла. Под этой температурой понимают ту, при которой происходит загорание (вспышка) смеси паров жидкости с воздухом от внешнего источника воспламенения.

Температура застывания - параметр, характеризующий пригодность рабочей жидкости для работы в условиях пониженных температур. Температурой застывания считают такую, при которой масло не выливается из пробирки диаметром 15-17 мм при наклоне ее на угол 45° в течение 1 мин.

Механическая и химическая стойкость жидкостей

Для практических целей важно, чтобы рабочие жидкости в условиях применения и хранения не изменяли своих первоначальных физических и химических свойств, т.е. ***сохраняли физическую и химическую стабильность.***

Основной *причиной* нарушения *физической* стабильности жидкости является *смятие* ее при работе в условиях **высоких давлений**, в особенности **при дросселировании** с большим перепадом давления, вызывающим молекулярно-структурные изменения (деструкцию) жидкости.

В результате **вязкость жидкости может понизиться**, а ее **смазывающие свойства ухудшиться**.

Важным фактором является также ***химическая*** **стабильность** жидкости, **или стойкость к окислению**, в результате которого происходит выпадение из нее отложений в виде смол, сопровождающееся понижением вязкости и потерей смазывающих качеств.

Воздействие жидкости на резиновые детали

Важным параметром, характеризующим качество рабочих жидкостей для гидросистем, является степень воздействия их на применяемые материалы, в частности – на резиновые детали.

Усадка, набухание и размягчение резиновых деталей уплотнительных узлов под воздействием жидкости сопровождается нарушением герметичности и другими дефектами в работе гидроагрегатов. Обычно требуется, чтобы твердость испытываемого резинового образца после воздействия минерального масла не изменялась больше чем на 4-5 единиц по Шору.

Давление (упругость) насыщенных паров и кавитация жидкости

Давлением или упругостью насыщенного пара жидкости называется установившееся в замкнутом пространстве в результате испарения жидкости при данной температуре давление пара, находящегося в равновесии с жидкостью. С повышением температуры это давление повышается.

Под кавитацией понимается местное выделение из жидкости газов и паров (вскипание жидкости) с последующим разрушением (конденсацией и смыканием) выделившихся парогазовых пузырьков, сопровождающимся местными гидравлическими микроударами высокой частоты и большими скачками давления.

Кавитация нарушает нормальный режим работы объемного насоса и в отдельных случаях разрушает его элементы.

Механизм такого действия упрощенно сводится к следующему.

При понижении давления в какой-либо точке потока жидкости ниже давления насыщения ее паров при данной температуре жидкость вскипает (происходит ее разрыв) и выделившиеся пузырьки пара увлекаются потоком и переносятся в область более высокого давления, в которой они конденсируются.

Т.к. процесс конденсации парового пузырька происходит практически мгновенно, частицы жидкости перемещаются к его центру с большой скоростью.

В результате кинетическая энергия соударяющихся частиц жидкости вызывает при завершении конденсации (в момент смыкания пузырьков) местные гидравлические удары, сопровождающиеся резкими скачками давления и температуры в центрах конденсации.

В результате происходит поверхностное разрушение (эрозия) деталей.

В результате кавитационного разрушения выход из строя аксиально-поршневых насосов **происходит за время работы от 20 мин до 1 часа.**

Кавитация в насосах *наступает* тогда, когда жидкость при ходе всасывания отрывается от рабочего элемента (вытеснителя) насоса (поршня, лопасти, зубьев шестерни). Возможность такого отрыва зависит от величины давления жидкости на входе в насос и его вязкости, от частоты вращения ротора, а также от конструктивных особенностей насоса.

С появлением кавитации подача насоса понижается, появляется характерный шум, происходит эмульсирование жидкости, а также наблюдаются резкие колебания давления в нагнетательной линии и ударные нагрузки на детали насоса.

Требования, предъявляемые к рабочим жидкостям

1. Хорошая смазывающая способность.
2. Малое изменение вязкости во всем диапазоне рабочих температур.
3. Химическая стабильность в течении длительного времени работы (устойчивость к старению).
4. Хорошие противоизносные свойства.
5. Хорошая теплопроводность.
6. Нейтральность к материалам гидроэлементов и уплотнений.

Требования, предъявляемые к рабочим жидкостям

ПРОДОЛЖЕНИЕ

7. Малая токсичность жидкости и ее паров.
8. Высокая температура кипения и низкая температура замерзания.
9. Высокая устойчивость к воспламенению (пожаробезопасность).
10. Малая склонность к пенообразованию.
11. Возможность регенерации (т.е. восстановления) начальных свойств.
12. Низкая стоимость и недефицитность.

В качестве рабочих жидкостей в гидравлическом приводе применяют *минеральные масла, водомасляные эмульсии, смеси и синтетические жидкости.*

Выбор типа и марки рабочей жидкости определяется назначением, степенью надежности и условиями эксплуатации гидроприводов машин.

Наиболее полно удовлетворяет требованиям, предъявляемым к рабочей жидкости, *минеральные масла нефтяного происхождения.*

Минеральные масла получают в результате переработки высококачественных сортов нефти с введением в них присадок, улучшающих их физические свойства.

Присадки добавляют в количестве 0.05...10%. Присадки могут быть многофункциональными, т.е. влиять на несколько физических свойств сразу.

Различают присадки антиокислительные, вязкостные, антикоррозионные, противоизносные, снижающие температуру застывания жидкости, противопенные и т.д.

Водомасляные эмульсии представляют собой смеси воды и минерального масла в соотношениях 100:1, 50:1 и т.д. Минеральные масла в эмульсиях служат для уменьшения коррозионного воздействия рабочей жидкости и увеличения смазывающей способности.

Эмульсии применяют в гидросистемах машин, работающих в пожароопасных условиях и в машинах, где требуется большое количество рабочей жидкости (например, в гидравлических прессах). Применение ограничено отрицательными и высокими (до 60° С) температурами.

Смеси различных сортов минеральных масел между собой, с керосинам, глицерином и т.д. применяют в гидросистемах высокой точности, а также в гидросистемах, работающих в условиях низких температур.

Синтетические жидкости на основе силиконов, хлор- и фторуглеродистых соединениях, полифеноловых эфиров и т.д. негорючи, стойки к воздействию химических элементов, обладают стабильностью вязкостных характеристик в широком диапазоне температур.

В последнее время, несмотря на высокую стоимость синтетических жидкостей, они находят все большее применение в гидроприводах машин общего назначения.

Выбор рабочих жидкостей для гидросистемы машины определяется:

- диапазоном рабочих температур;
- давлением в гидросистеме;
- скоростями движения исполнительных механизмов;
- конструктивными материалами и материалами уплотнений;
- особенностями эксплуатации машины (на открытом воздухе или в помещении и т.д.).

Обозначение рабочих жидкостей

Рабочие жидкости общего назначения принято называть «индустриальные» с указанием вязкости в сСт при $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Существуют еще отраслевые системы обозначений:

- МГ — масла гидравлические
- И — индустриальные
- МГЕ — масла гидравлические для мобильных объектов
- АМГ — авиационные масла гидравлические
- ИГП — жидкости для станочных гидроприводов
- Тп — турбинные масла

Обозначение рабочих жидкостей

Система обозначений рабочих жидкостей для гидропривода регламентирована ГОСТ 17479.3–85 и основана на их вязкости и уровне эксплуатационных свойств.

Обозначение рабочих жидкостей

В зависимости от величины кинематической вязкости при 40 °С рабочие жидкости (гидравлические масла) делят на **классы** (табл.1), а от эксплуатационных свойств на **группы** (табл. 2)

табл.1

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с
5	4,14...5,06	32	28,8...35,2
7	6,12...7,48	46	41,4...50,6
10	9,0...11,0	68	61,2...74,8
15	13,5...16,5	100	90,0...110,0
22	19,8...24,2	150	135,0...165,0

Обозначение рабочих жидкостей

табл.2

Группа	Состав масла	Рекомендуемая область применения
А	Минеральные масла без присадок	Гидросистемы с шестеренными, поршневыми насосами, работающие при давлении до 15 МПа и температуре масла до 80 °С
Б	Минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла более 80 °С
В	Минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными и другими присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие под давлением до 25 МПа и температуре масла более 90 °С

Обозначение масел состоит из букв МГ (минеральное гидравлическое); цифр, характеризующих класс кинематической вязкости; буквы, указывающей на принадлежность масла к группе эксплуатационных свойств.

Пример: МГ-46-Б – минеральное гидравлическое масло, класс вязкости – 46, группа эксплуатационных свойств – Б.

В табл. 3 приведены характеристики наиболее распространенных жидкостей в гидроприводах транспортных и технологических машин.

Обозначение рабочих жидкостей

табл.3

Марка жидкости	Плотность, кг/м ³	Вязкость, мм ² /с		Температура, °С		Температурные пределы применения, °С
		при 40 °С	при 0 °С	застывания	вспышки	
МГ-15-В	860	15	66	-60	135	-40...+35
МГ-22-А	890	22	170	-45	165	-30...+60
МГ-32-А	890	32	380	-20	170	0...+60
МГ-46-Б	980	46	760	-30	190	-15...+60
МГ-68-А	900	68	2500	-15	180	0...+60
МГ-46-В	980	46	1000	-30	190	-15...+60

В будущем предполагается переход на новую систему маркировки, основой которой будет являться **международный стандарт MS ISO 6443/4.**

Устанавливает классификацию группы H (гидравлические системы), которая относится к классу L (смазочные материалы, промышленные масла и родственные продукты). Добавочные к наименованию группы H индексы L, V, M, R и другие являются закодированными обозначениями различных улучшающих присадок

Например:

L — HH — очищенные минеральные масла без присадок;

L — HL — масла с антиокислительными и антифрикционными свойствами;

L — HF — жидкость с улучшенными огнестойкими свойствами;

L — HR — масла типа HL с вязкостными присадками;

L — HM — масла типа HL с улучшенными противоизносными свойствами;

L — HV — масла типа HM с присадками, увеличивающими вязкость.

Правила эксплуатации рабочих жидкостей в гидросистемах:

- не смешивать в одной таре свежую и бывшую в эксплуатации рабочие жидкости;
- пользоваться чистым заправочным инвентарем;
- не допускать смешивания рабочей жидкости с водой;
- не допускать попадания в жидкость пыли, песка, стружки и других механических частиц;
- фильтровать жидкость перед ее заливкой;
- герметично закрывать резервуары, содержащие рабочую жидкость;

Правила эксплуатации рабочих жидкостей в гидросистемах:

ПРОДОЛЖЕНИЕ

- при работе гидропривода в широком диапазоне температур рекомендуется применять летние и зимние сорта рабочих жидкостей;
- необходимо также после первого периода работы гидропривода в течение 50...100 ч заменять рабочую жидкость для ее фильтрации и очистки от продуктов износа в начальный период эксплуатации

Качество рабочей жидкости оценивают следующими доступными способами:

1. Отбирают пробу и хранят ее в неподвижном состоянии не менее 1 сут. Если на дне емкости с пробой образовались осадки, рабочая жидкость грязная и ее надо или отфильтровать, или заменить. Если цвет жидкости стал другой (кроме черного и темно-коричневого), следует определить состав загрязняющих веществ.
2. Если часто происходит засорение фильтрующего элемента, то рабочая жидкость значительно загрязнена.
3. Если проба рабочей жидкости, налитая в прозрачный сосуд, мутная в верхней части сосуда, то в жидкости находится воздух, если в нижней — то вода. Рабочую жидкость с водой необходимо заменить

Основные параметры гидромашин



Основные параметры гидромашин

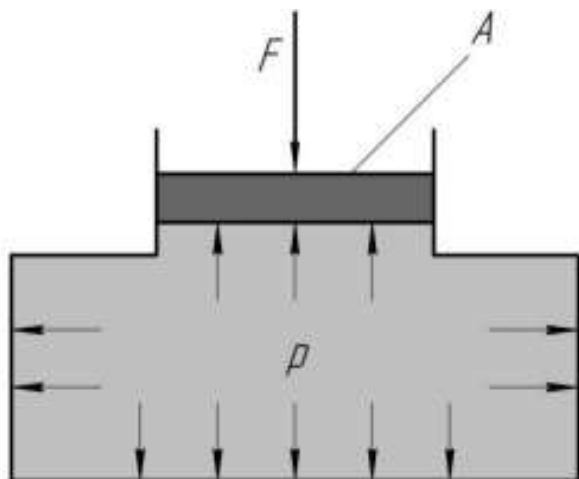
К основным параметрам гидромашин относят:

- давление
- подачу
- напор
- мощность
- коэффициент полезного действия (КПД)

Давление

$$P = F/A$$

где A – площадь поршня.



Закон Паскаля

Давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку без изменений во всех направлениях.

Единицы измерения давления:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Па} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}, \\ \text{МПа} = 10^6 \text{Па} = \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}, \\ \text{бар} = 10^5 \text{Па} = 750 \text{ мм.рт.ст}, \\ \text{ат} = 101325 \text{Па} = 760 \text{ мм.рт.ст}, \\ \text{мм рт.ст} = 133,3 \text{ Па}, \\ \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2} = 9,81 \text{ Па}, \\ \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 98100 \text{ Па}. \end{array} \right.$$

Давление

Различают:

- Абсолютное давление
- Избыточное (манометрическое) давление
- Вакуумметрическое (вакуум) давление

Давление

Абсолютное давление – давление, отсчитанное от абсолютного нуля

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{изб}} = P_{\text{в}} + P_{\text{м}}$$

где $P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление;

$P_{\text{изб}}$ – избыточное давление;

$P_{\text{б}}$ – барометрическое давление;

$P_{\text{м}}$ – манометрическое давление.

Давление

Если абсолютное давление в жидкости или газе меньше атмосферного, то говорят, что имеет место **разрежение**, или **вакуум**.

$$P_{\text{вак}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}}$$

Давление насоса – разность между давлением на выходе из насоса P_2 и давлением на входе в него P_1 :

$$P_{\text{н}} = P_2 - P_1$$

Избыточное давление на выходе из насоса P_2 измеряется манометром, а давление на входе в насос P_1 измеряется вакуумметром: $P_{\text{н}} = (P_{\text{атм}} + P_{\text{м}}) - (P_{\text{атм}} - P_{\text{в}})$, $P_{\text{н}} = P_{\text{м}} + P_{\text{в}}$. 100

Напор

Напор – это энергия, сообщаемая единице веса жидкости, проходящей через насос.

Напор H принято измерять в метрах столба перекачиваемой жидкости:

$$H = E_{\text{ВЫХ}} - E_{\text{ВХ}} =$$
$$= \frac{p_{\text{ВЫХ}} - p_{\text{ВХ}}}{\rho g} + \frac{V_{\text{ВЫХ}}^2 - V_{\text{ВХ}}^2}{2g} + (z_{\text{ВЫХ}} - z_{\text{ВХ}})$$

Подача

Подачей называют количество жидкости, перекачиваемой насосом в единицу времени.

Различают:

- объемную подачу, равную объему перекачиваемой жидкости в единицу времени

$$Q = \frac{V}{t} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \frac{\text{л}}{\text{с}} \right) \quad \left(1 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 1000 \frac{\text{л}}{\text{с}} \right).$$

- массовую подачу, которая равна массе жидкости, перекачиваемой в единицу времени G , кг/с:

$$G = \rho Q \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

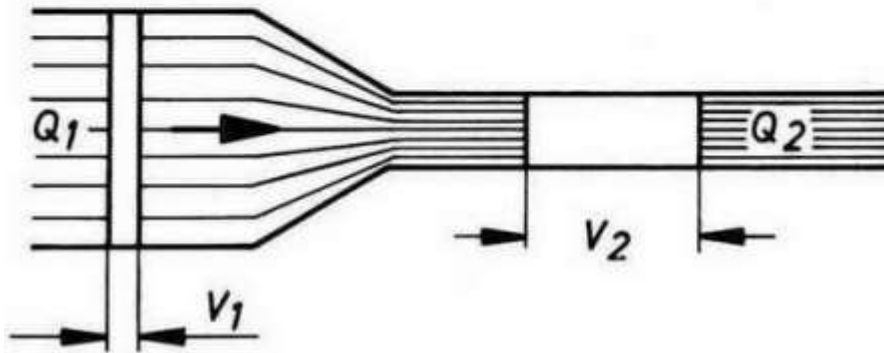
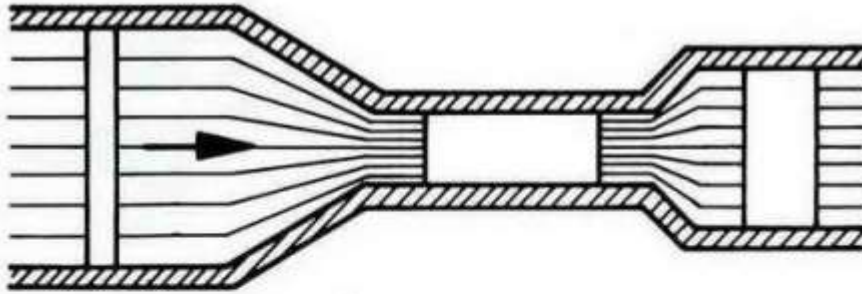
Подача

Объемную подачу также можно найти по формуле

$$Q = v S \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{м}^2 = \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right),$$

где v - скорость потока жидкости в канале,
 S - площадь поперечного сечения канала.

Уравнение неразрывности потока



Движение жидкости в трубе
переменного сечения

**Уравнение неразрывности
потока** справедливо для
установившегося движения,
отражает свойства
несжимаемости жидкости и
сплошности её движения

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = \text{const};$$
$$v_1 = \frac{Q}{A_1}, \quad v_2 = \frac{Q}{A_2}.$$

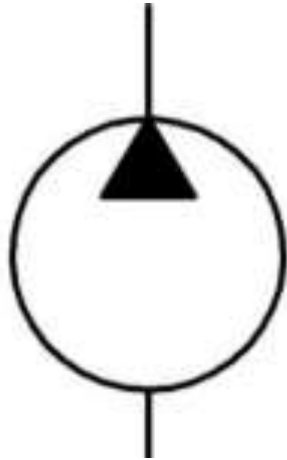
где A_1 и A_2 – площади
соответствующих живых
сечений; v_1 и v_2 – средние
скорости в соответствующих
сечениях.

Уравнение неразрывности потока

Для трубы круглого сечения имеем:

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \quad \Rightarrow \quad v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{Q}{0,785 d_1^2},$$
$$A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \quad \Rightarrow \quad v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{Q}{0,785 d_2^2}.$$

Подача насоса



Обозначение насоса на
гидравлических схемах

Теоретическая подача насоса

$$Q_{\text{HT}} = q_{\text{H}} n_{\text{H}},$$

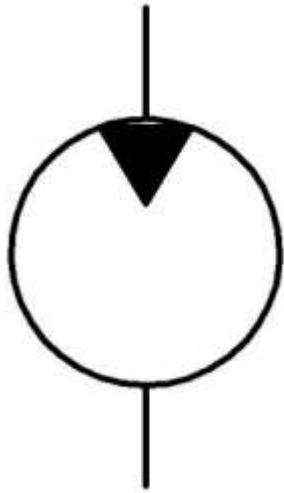
где q_{H} – рабочий объем;

n_{H} – частота вращения ротора

**ФАКТИЧЕСКАЯ ПОДАЧА НАСОСА ВСЕГДА МЕНЬШЕ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ!**

$$Q_{\text{H}} < Q_{\text{HT}}.$$

Расход гидродвигателя



Обозначение
гидродвигателя на
гидравлических схемах

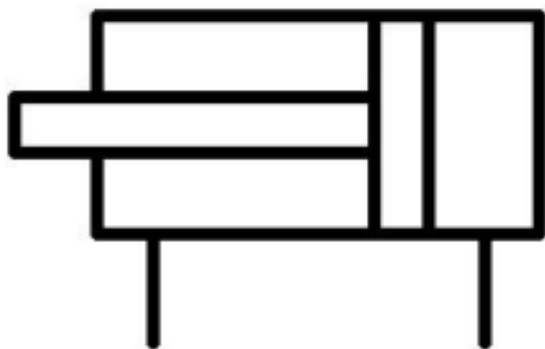
Теоретический расход
гидродвигателя вращательного
действия:

$$Q_{\text{ГТ}} = q_{\text{Г}} n_{\text{Г}},$$

где $q_{\text{Г}}$ – рабочий объем
гидромотора;

$n_{\text{Г}}$ – частота вращения ротора

Теоретический расход гидродвигателя поступательного действия



Обозначение
гидроцилиндра на
гидравлических схемах

$$Q_{\text{ГТ}} = v_{\text{П}} S_{\text{П}},$$

где $v_{\text{П}}$ – скорость движения поршня гидроцилиндра;
 $S_{\text{П}}$ – площадь поршня

**ФАКТИЧЕСКИЙ РАСХОД
ГИДРОДВИГАТЕЛЯ ВСЕГДА
БОЛЬШЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО!**

$$Q_{\text{Г}} > Q_{\text{ГТ}}.$$

Мощность

Мощность насоса представляет собой энергию, подводимую к нему от двигателя за единицу времени.

- **Полезная мощность** насоса N_{Π} (мощность, передаваемая потоку) определяется выражением

$$N_{\Pi} = Q P_{\text{н}} = Q \rho g H .$$

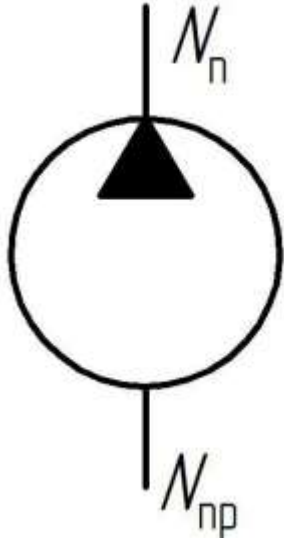
Мощность

- **Мощность, потребляемая насосом** $N_{\text{пр}}$, больше полезной мощности на величину потерь в нем.

$$N_{\text{п}} < N_{\text{пр}}.$$

Она измеряется на ведущем звене насоса (на валу, приводном штоке). Потери в насосе учитываются с помощью КПД насоса

Мощность



Полезная и приводная
мощности в насосе

Коэффициент полезного действия равен отношению полезной мощности насоса к потребляемой:

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{пр}}}.$$

Потери в гидромашине

Потери разделяют на три вида:

- гидравлические,
- объемные,
- механические.

Потери в гидромашине

Гидравлические потери – доля полной энергии потребляемой гидромашинной, теряемая на преодоление гидравлических сопротивлений внутри машины.

Их величину оценивают гидравлическим КПД:

$$\eta_{\Gamma} = \frac{N_{\text{ВХ}} - \Delta N_{\Gamma}}{N_{\text{ВХ}}} = 1 - \frac{\Delta N_{\Gamma}}{N_{\text{ВХ}}} = 1 - \frac{Q \cdot \Delta P_{\Gamma}}{N_{\text{ВХ}}}$$

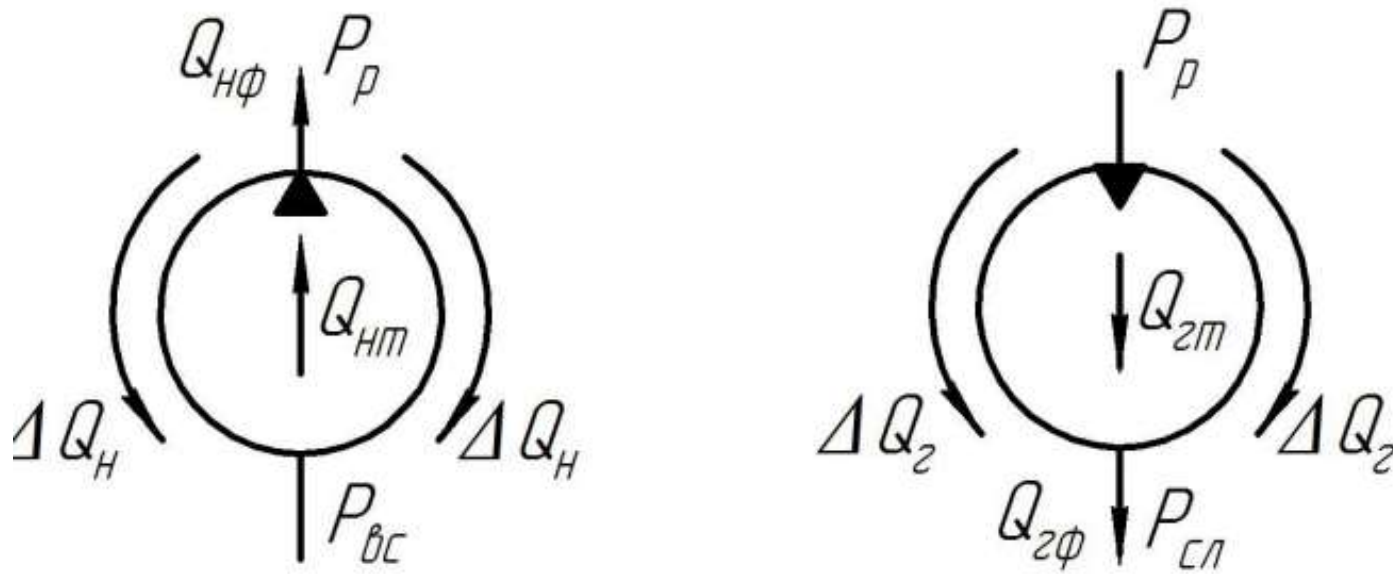
Потери в гидромашине

Объемные потери – потери мощности за счет внутренних перетоков (утечек) рабочей жидкости в гидромашине.

Обусловлены наличием зазоров в насосе, через которые жидкость получает возможность перетекать из области с большим давлением в область с меньшим давлением.

Потери в гидромашине

Этот вид потерь оценивают объемным КПД.

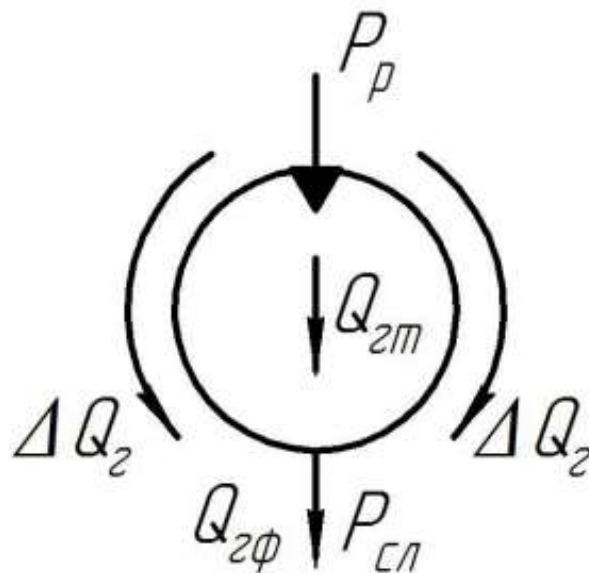
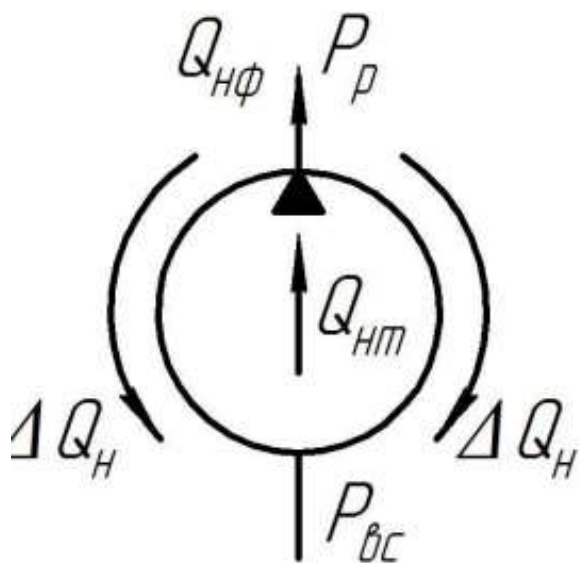


Схемы утечек в насосе и гидродвигателе:

P_p – рабочее давление; $P_{вс}$ – давление на входе в насос; $P_{сл}$ – давление на сливе из гидромотора; $Q_{нт}$ – теоретическая подача насоса; $Q_{нф}$ – фактическая подача насоса; ΔQ_H – утечки в насосе; $Q_{гт}$ – теоретический расход в гидромоторе; $Q_{гф}$ – фактический расход в гидромоторе; $\Delta Q_г$ – утечки в гидромоторе

Потери в гидромашине

Этот вид потерь оценивают объемным КПД.



$$Q_{нф} = Q_{нт} - \Delta Q_H,$$

$$\eta_{он} = \frac{Q_{нф}}{Q_{нт}} = 1 - \frac{\Delta Q_H}{Q_{нт}},$$

$$Q_{гф} = Q_{гт} + \Delta Q_G,$$

$$\eta_{он} = \frac{Q_{гт}}{Q_{гф}} = 1 - \frac{\Delta Q_G}{Q_{гф}}.$$

Потери в гидромашине

Механические потери – доля полной, потребляемой гидромашинной, энергии, расходуемая на преодоление трения в подвижных соединениях, в подшипниках и уплотнениях, а также на дисковое трение поверхностей, вращающихся в жидкости.

Они оцениваются механическим КПД.

$$\eta_M = \frac{N_{\text{ВХ}} - \Delta N_M}{N_{\text{ВХ}}} = 1 - \frac{\Delta N_M}{N_{\text{ВХ}}}.$$

Потери в гидромашине

Коэффициент полезного действия гидромашинны равен произведению гидравлического, объемного и механического коэффициентов полезного действия

$$\eta = \eta_{\Gamma} \eta_{\text{O}} \eta_{\text{M}} \cdot$$

Гидравлическими потерями, в связи с их малостью, часто пренебрегают.

Тогда

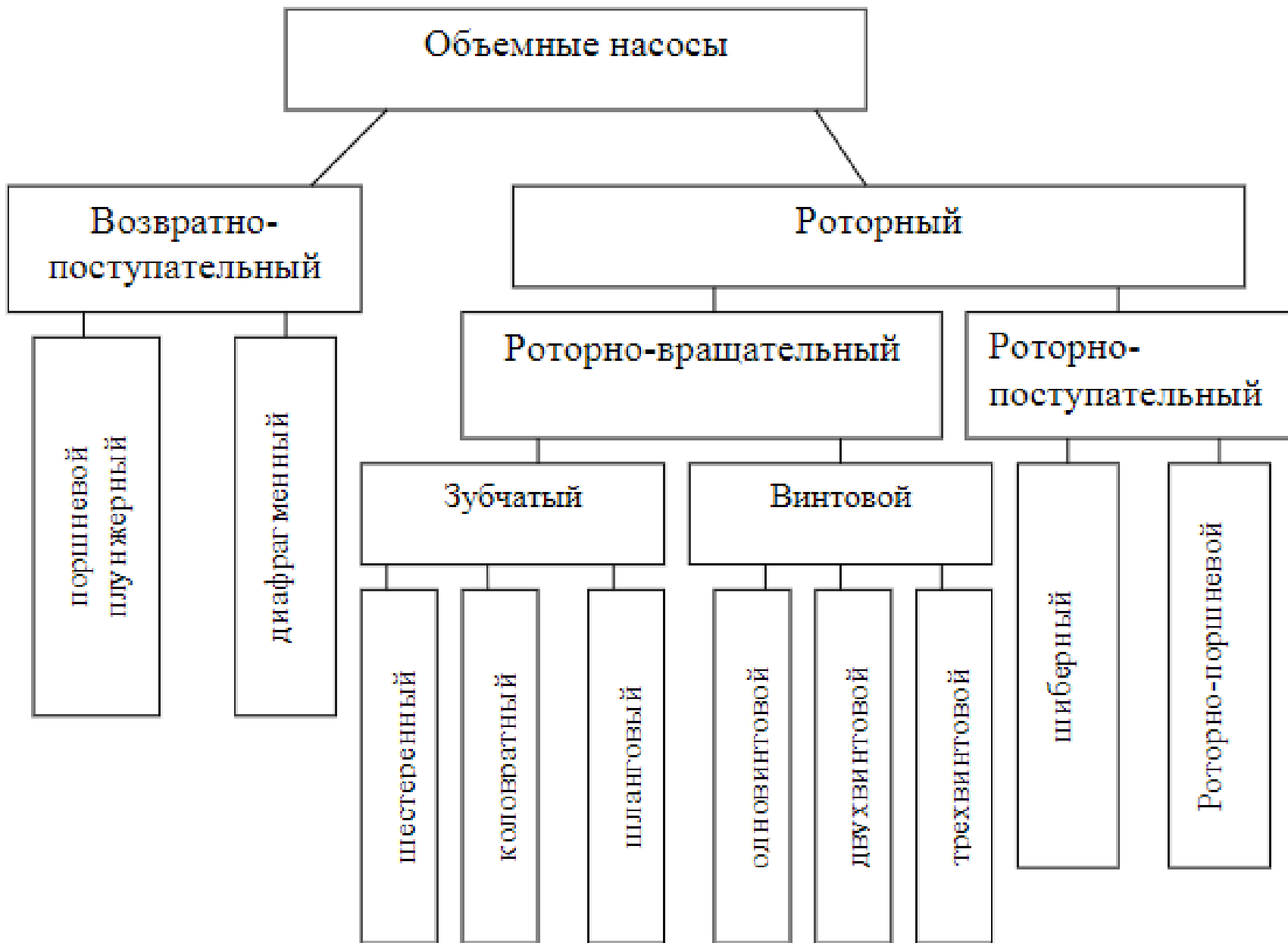
$$\eta = \eta_{\text{O}} \eta_{\text{M}} \cdot$$

Возвратно-поступательные насосы



Насос – гидравлическая машина, предназначенная для преобразования механической энергии двигателя в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости

Объемными называются насосы, в которых жидкая среда перемещается путем изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса (согласно ГОСТ 17398-72).



Возвратно-поступательные насосы

Основные особенности насосов объемного действия:

1. Наличие рабочих камер (полостей), периодически сообщающихся с всасывающим и нагнетательным патрубками.
2. Нагнетательный патрубок геометрически изолирован от всасывающего.
3. Подача перекачиваемой жидкости неравномерная.
4. Количество жидкости, подаваемой насосом, не зависит от развиваемого давления.
5. Максимальный развиваемый напор теоретически не ограничен и определяется мощностью двигателя, прочностью деталей насоса и нагнетательного трубопровода.

Возвратно-поступательные насосы

Применение:

1. Извлечение из скважин нефти.
2. Перекачивание нефти по трубопроводам.
3. Подача в скважины различных реагентов.
4. Промывка и обработка скважин.
5. Гидравлический разрыв пласта.

То есть тогда, когда надо перекачивать сравнительно небольшие объемы жидкостей, содержащие абразивные взвеси, растворенный газ, химически активные компоненты.

Поршневой насос

**Поршневыми насосами называются
возвратно-поступательные насосы, у которых
рабочие органы выполнены в виде поршня**

Классификация поршневых насосов

1. По способу приведения в действие:

1.1. Приводные (от ДВС)

1.2. Прямого действия (гидравлическим цилиндром)

1.3. Ручные

2. По роду органа вытесняющего жидкость:

2.1. Поршневые

2.2. Плунжерные

2.3. Диафрагменные

3. По способу действия:

3.1. Одинарного действия

3.2. Двойного действия

3.3. Дифференциальные

4. По расположению цилиндров:

4.1. Горизонтальные

4.2. Вертикальные

5. По числу цилиндров:

5.1. Одноцилиндровые

5.2. Двухцилиндровые

5.3. Трехцилиндровые

5.4. Многоцилиндровые

6. По роду перекачиваемой жидкости:

6.1. Обыкновенные

6.2. Горячие

6.3. Буровые

6.4. Специальные

7. По быстроходности:

7.1. Тихоходные (40–80 об/мин)

7.2. Средней быстроходности (80–150 об/мин)

7.3. Быстроходные (150–350 об/мин)

8. По развиваемому давлению:

8.1. Малого давления $P < 1$ МПа

8.2. Среднего давления $P = 1...10$ МПа

8.3. Высокого давления $P > 10$ МПа

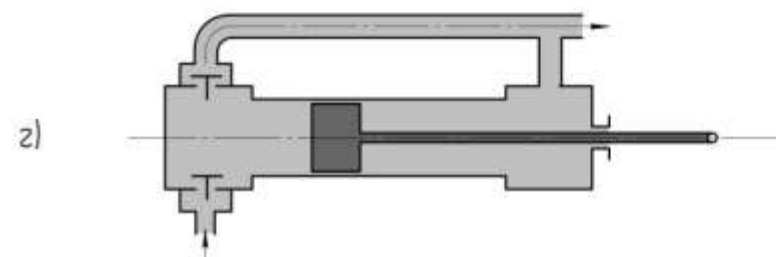
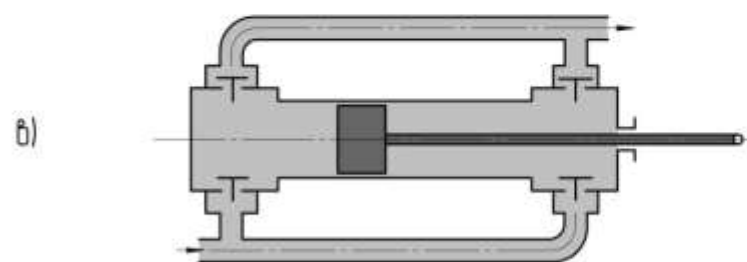
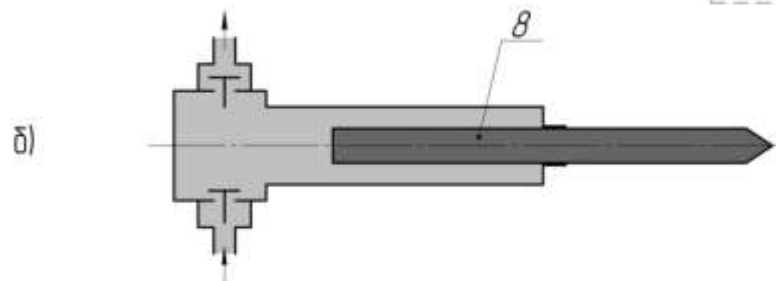
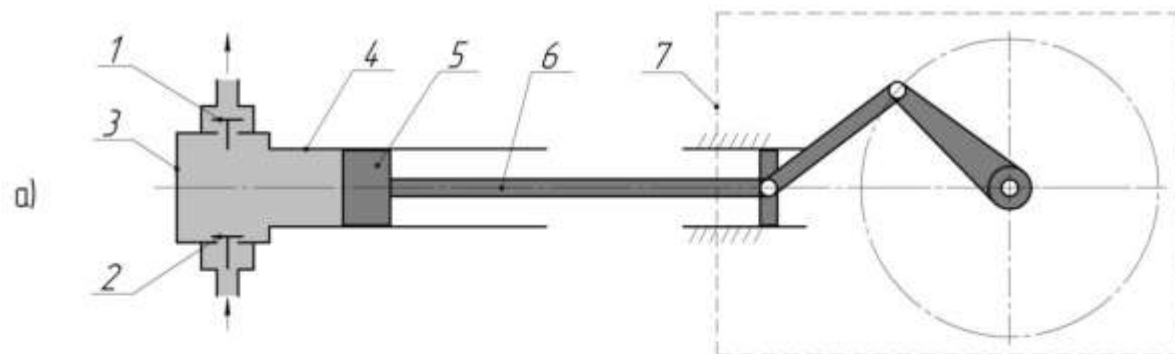
9. По подаче:

9.1. Малые, диаметр поршня $D < 50$ мм

9.2. Средние, диаметр поршня $D = 50...150$ мм

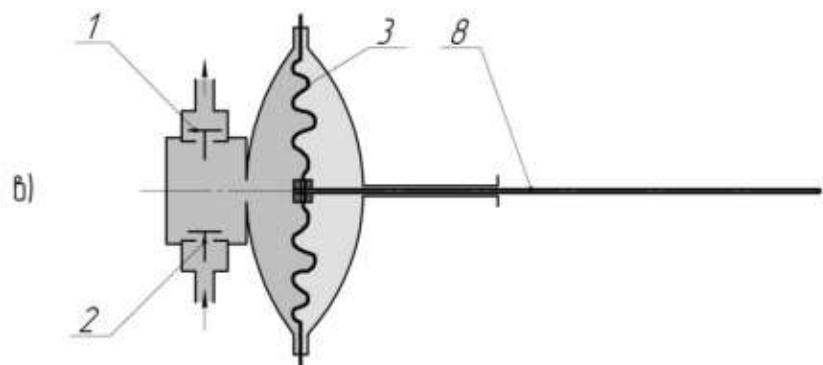
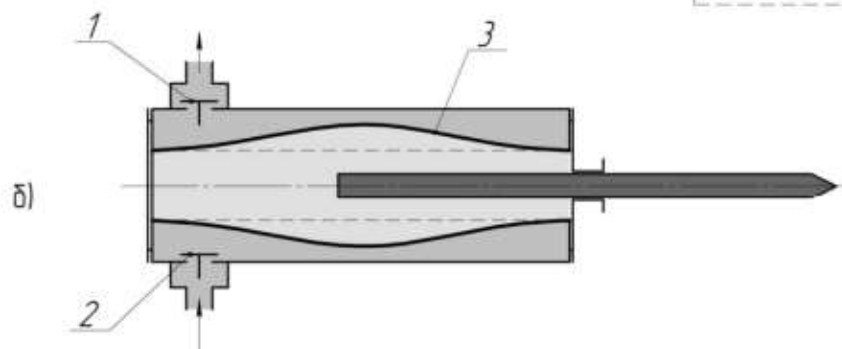
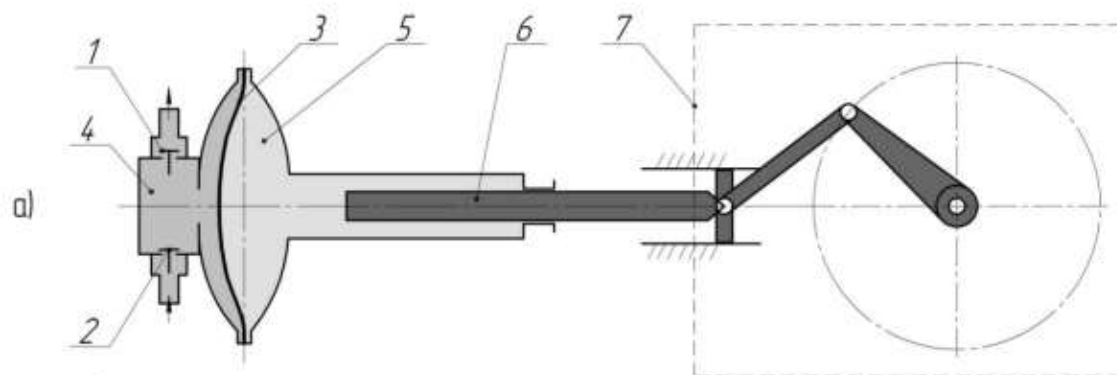
9.3. Большие, диаметр поршня $D > 150$ мм

Поршневые и плунжерные насосы



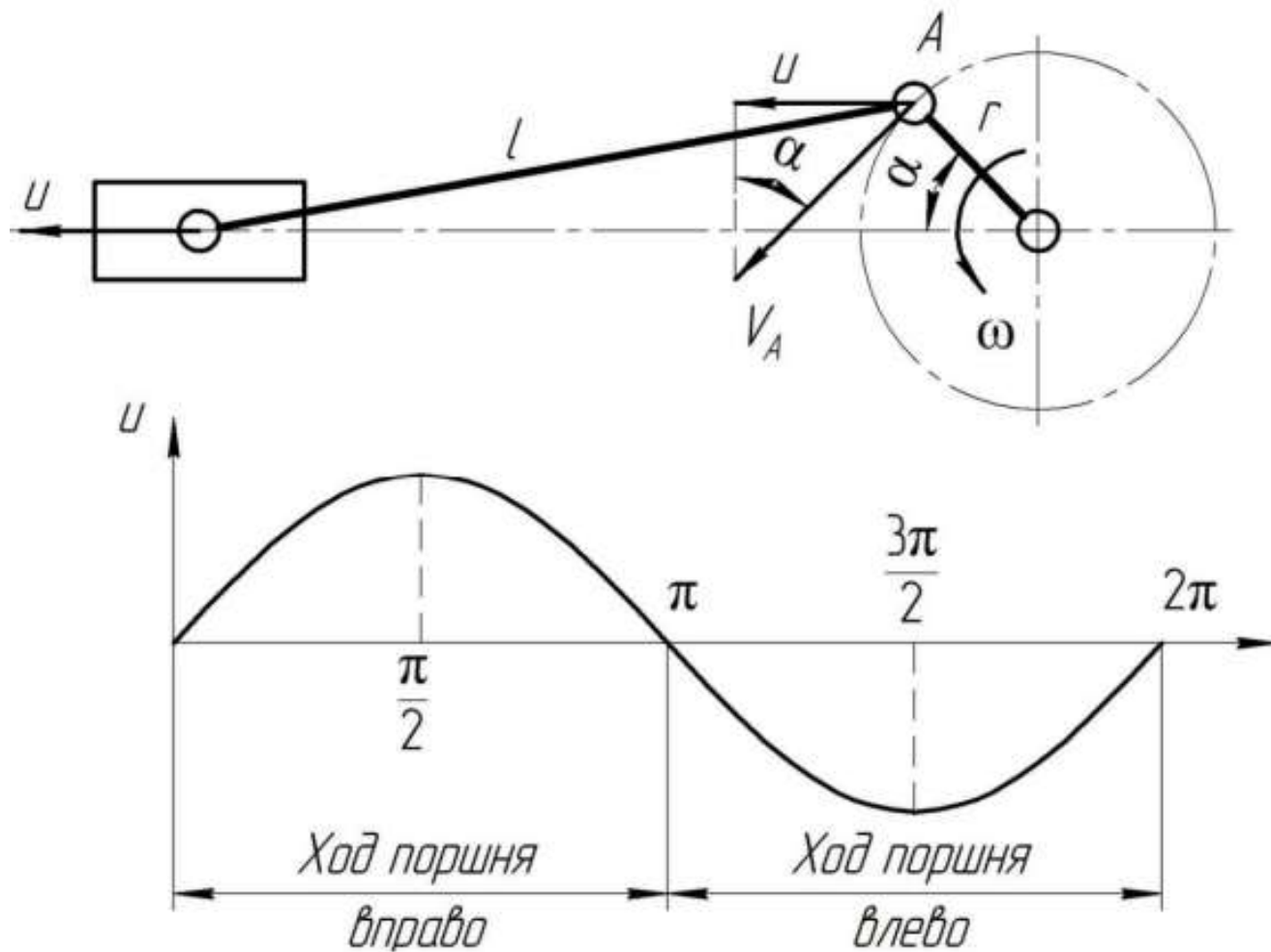
а – простейший поршневой насос; б – плунжерный насос; в – поршневой насос двойного действия; г – дифференциальный насос: 1 – нагнетательный клапан; 2 – всасывающий клапан; 3 – клапанная коробка; 4 – цилиндр; 5 – поршень; 6 – шток; 7 – приводной механизм; 8 – плунжер

Диафрагменные насосы



а, б – с пассивной диафрагмой;
в – с активной диафрагмой:
1 – нагнетательный клапан;
2 – всасывающий клапан;
3 – диафрагма;
4 – перекачиваемая жидкость;
5 – вспомогательная жидкость
или воздух;
6 – плунжер; 7 – приводной
механизм; 8 – шток

Закон движения поршня



Кривошипно-шатунный механизм

Закон движения поршня

Скорость точки А кривошипа равна:

$$V_A = r \cdot \omega,$$

где ω – угловая скорость вращения вала кривошипа,
 r – радиус кривошипа.

Линейная скорость поршня:

$$u = V_A \sin \alpha = r \omega \sin \alpha,$$

или

$$u = r \frac{\pi \cdot n}{30} \sin \alpha, \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

где n – частота вращения вала кривошипа, об/мин.

Подача

Подача насоса простого действия

Объем освобождаемый поршнем за один ход:

$$V = F S, \text{ м}^3,$$

где F , S – площадь и ход поршня соответственно.

Теоретическая подача насоса за 1 секунду:

$$Q_T = \frac{F S n}{60}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Подача насоса двойного действия

Объем освобождаемый поршнем за один ход:

$$V = F S + (F - f) S = (2F - f) S, \text{ м}^3,$$

где f – площадь сечения штока.

Подача

Теоретическая подача насоса за 1 секунду:

$$Q_T = \frac{(2F - f) S n}{60}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Подача трехпоршневого насоса простого действия:

$$Q_T = \frac{3 F S n}{60}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Коэффициент подачи поршневых насосов

Действительная подача насоса всегда меньше теоретической:

$$Q_{\text{д}} < Q_{\text{т}},$$

т.к. в насосе присутствуют:

- 1) утечки жидкости через уплотнения поршня в атмосферу;
- 2) переток жидкости через уплотнения поршня внутри цилиндра;
- 3) утечки жидкости через клапана;
- 4) подсос воздуха через уплотнения сальника;
- 5) дегазация жидкости в цилиндре насоса вследствие снижения давления в рабочей камере;
- 6) отставание жидкости от движущегося поршня

Коэффициент подачи поршневых насосов

Коэффициент подачи поршневых насосов

$$\eta = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{т}}} = \eta_{\text{у}} \cdot \eta_{\text{н}},$$

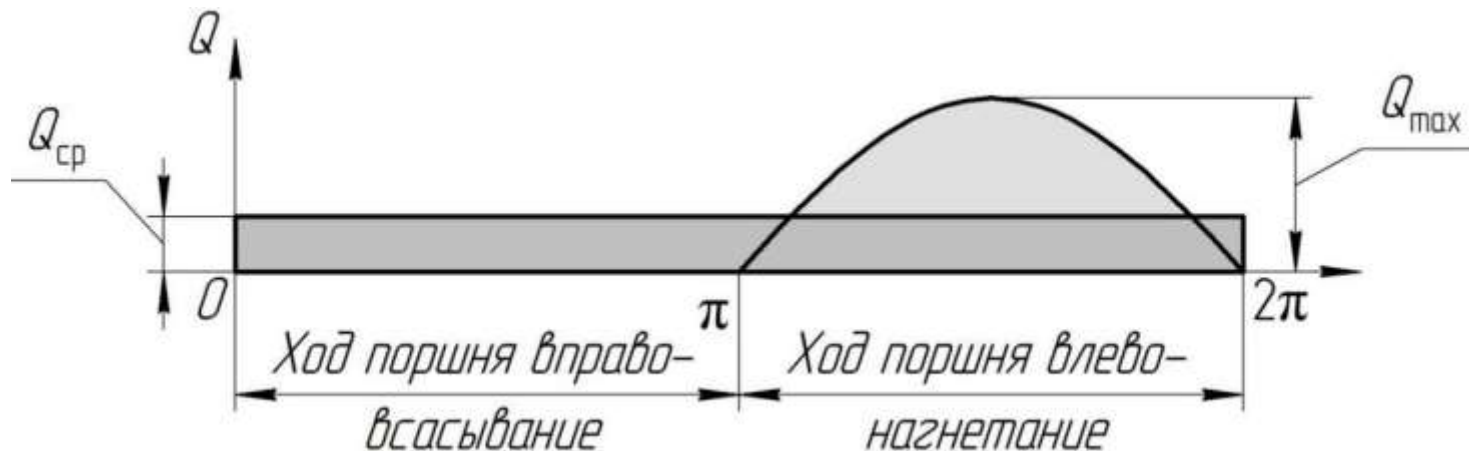
где $\eta_{\text{у}}$ – коэффициент утечек;

$\eta_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения.

В реальных условиях коэффициент подачи равен $\eta = 0,85 - 0,98$.

Графики подачи поршневых насосов

Насос **одинарного** действия



Степень неравномерности подачи насоса:

$$m = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ср}}}$$

Мгновенная подача насоса:

$$Q_{\text{МГ}} = F u = F r \omega \sin \alpha$$

В правильно работающем насосе жидкость непрерывно следует за поршнем. Объём жидкости, подаваемой в каждый данный момент, равен мгновенной скорости поршня, умноженной на его площадь.

Графики подачи поршневых насосов

Максимальная подача насоса:

$$Q_{\max} = F r \omega \sin \frac{\pi}{2} = F \frac{S}{2} \frac{2 \pi n}{60} 1 = \frac{F S \pi n}{60}.$$

Средняя подача насоса:

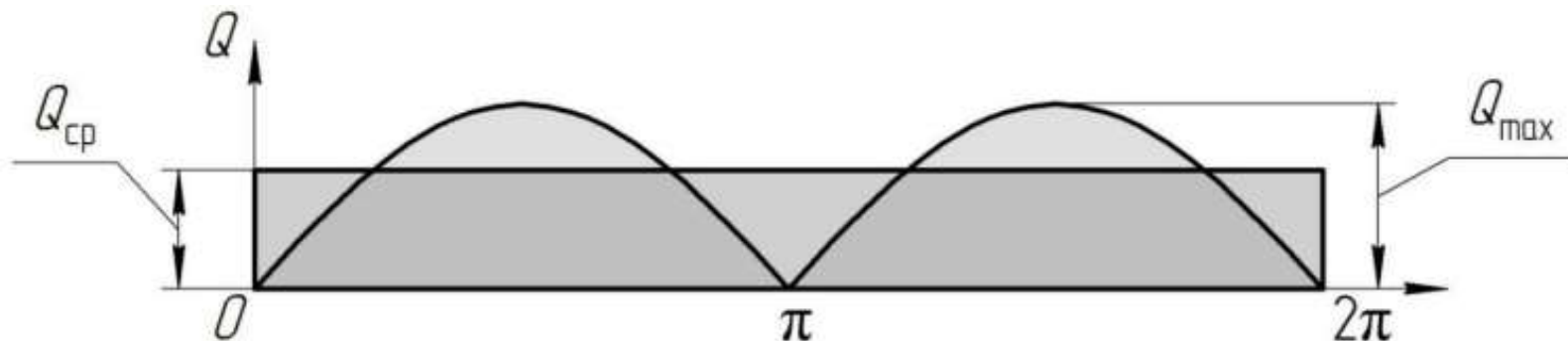
$$Q_{\text{ср}} = \frac{F S n}{60}.$$

Степень неравномерности подачи насоса

$$m = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ср}}} = \frac{\frac{F S \pi n}{60}}{\frac{F S n}{60}} = \pi = 3,14.$$

Графики подачи поршневых насосов

Насос **двойного** действия

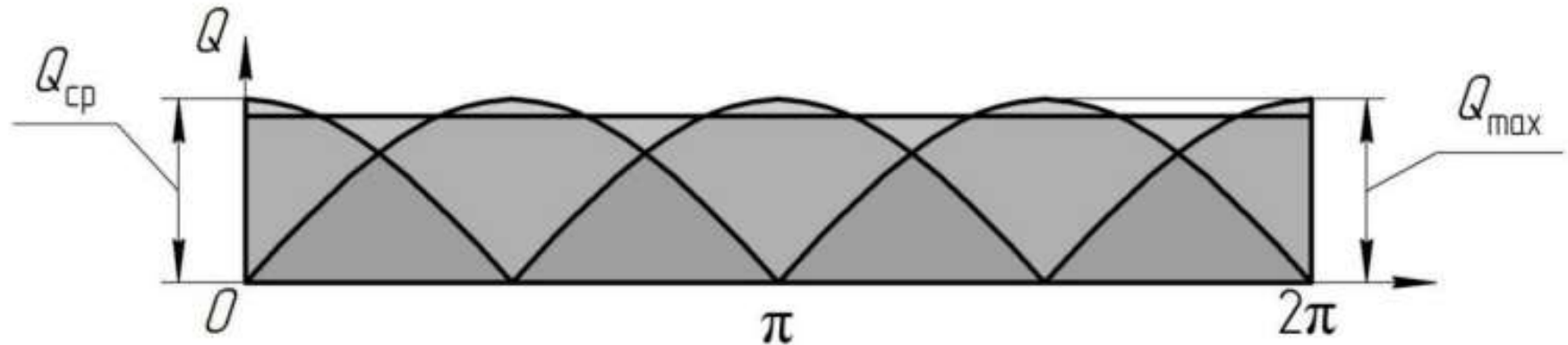


за один оборот кривошипа насоса жидкость вытесняется в напорный трубопровод дважды.

Если не учитывать объёма штока в одной из полостей насоса, то график подачи жидкости будет образован двумя положительными частями двух синусоид.

Графики подачи поршневых насосов

Трехцилиндровый насос одинарного действия



Кривошипы насоса расположены под углом 120° один по отношению к другому, поэтому суммарная подача всех трёх цилиндров будет характеризоваться графиком, полученным в результате сложения трёх синусоид, сдвинутых на 120° по отношению друг к другу.

Коэффициенты неравномерности подачи насосов

Коэффициент неравномерности подачи	m
Одноцилиндровый насос одинарного действия	3,14
Одноцилиндровый насос двойного действия	1,57
Двухцилиндровый насос двойного действия	1,1
Трехцилиндровый насос одинарного действия	1,047
Пятицилиндровый насос одинарного действия	1,021

Воздушные колпаки (пневнокомпенсаторы)

Для уменьшения колебания давления, обусловленного неравномерностью подачи насоса, применяют воздушные колпаки, устанавливая их на всасывающем и нагнетательном трубопроводах.

Принцип действия воздушных колпаков заключается в их заполнении перекачиваемой жидкостью при увеличении мгновенной подачи выше средней и в опорожнении при уменьшении ее ниже средней.

Воздушные колпаки (пневмокомпенсаторы)

В результате в напорном и всасывающем трубопроводах поддерживается постоянная скорость движения жидкости, и влияние сил инерции ее движения сводится к минимуму.

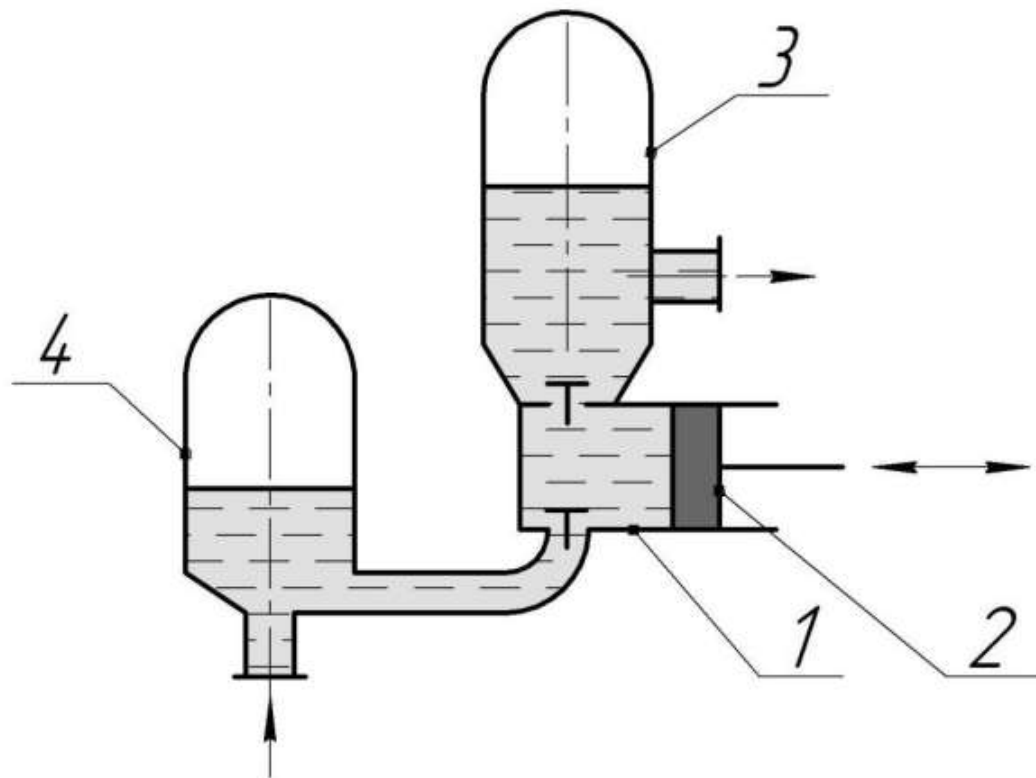
Установка воздушных колпаков позволяет резко улучшить параметры насосов, повысить их подачу и надежность.

Эффект от применения воздушных колпаков тем выше, чем больше неравномерность подачи насоса – в особенности у одноцилиндровых насосов одинарного и двойного действия.

Воздушные колпаки (пневмокомпенсаторы)

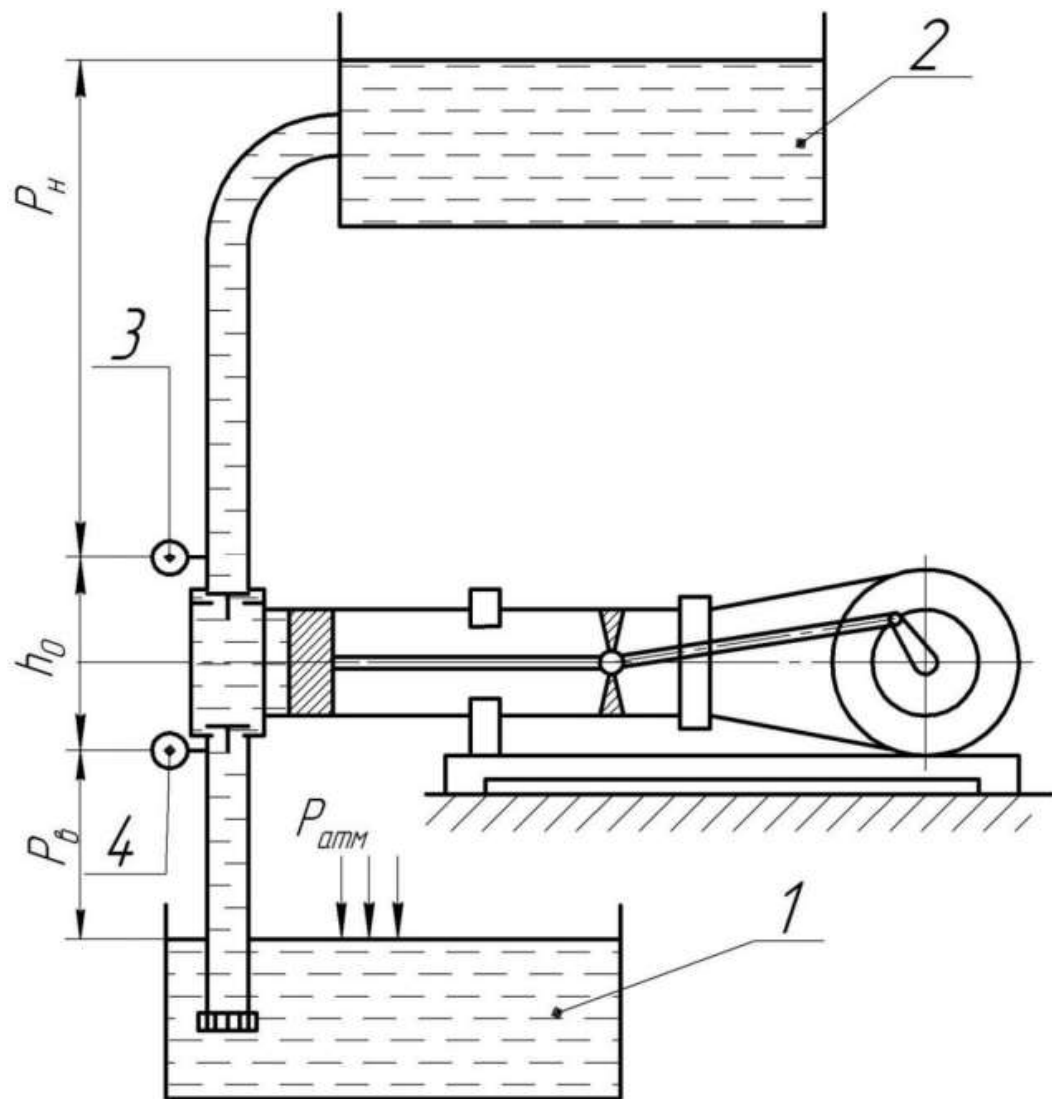
Воздушный колпак представляет собой цилиндрический сосуд, частично наполненный газом.

При увеличении давления в трубопроводе жидкость, наполняя колпак, сжимает газ, а при уменьшении давления вытесняется из него сжатым газом.



Поршневой насос с воздушными колпаками: 1 – цилиндр насоса; 2 – поршень насоса; 3 – воздушный колпак на нагнетательном трубопроводе; 4 – воздушный колпак на всасывающем трубопроводе

Установка приводного поршневого насоса



Установка приводного поршневого насоса:
1 – приемный резервуар;
2 – напорный резервуар;
3 – манометр;
4 – вакуумметр

Установка приводного поршневого насоса

Работа насоса, совершаемая за один цикл:

$$A = FSH_{\Pi} \rho g ,$$

где H_{Π} – высота подъема жидкости

$$H_{\Pi} = h_{\text{вс}} + h_{\text{н}} ,$$

где $h_{\text{вс}}$ – высота всасывания;

$h_{\text{н}}$ – высота нагнетания

Гидравлическая (полезная) мощность насоса:

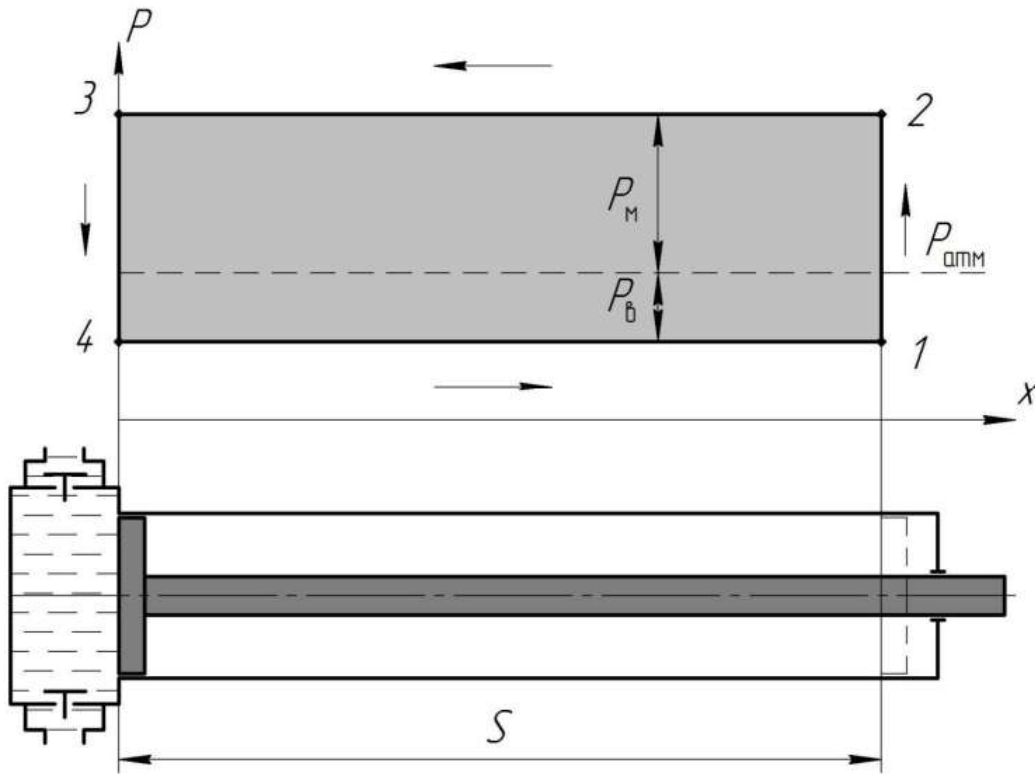
$$N_{\Gamma} = \rho g Q H_{\Pi} .$$

Индикаторная диаграмма насоса

Индикаторная диаграмма насоса показывает, как меняется давление в цилиндре и клапанной коробке за 2 хода поршня.

Площадь индикаторной диаграммы – работа поршня за цикл.

Индикаторная диаграмма насоса

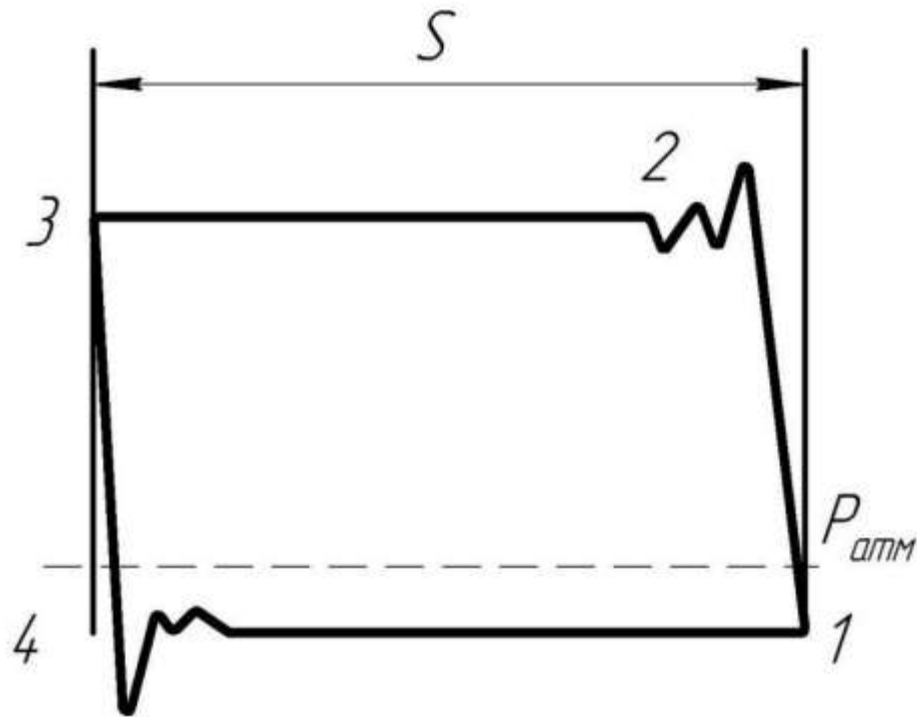


Индикаторная диаграмма идеального насоса

Идеальная индикаторная диаграмма поршневого насоса представляет собой *прямоугольник*, где каждая из сторон соответствует определённому периоду работы насоса:

- всасывания,
- закрытия всасывающего клапана,
- нагнетания,
- закрытия напорного клапана.

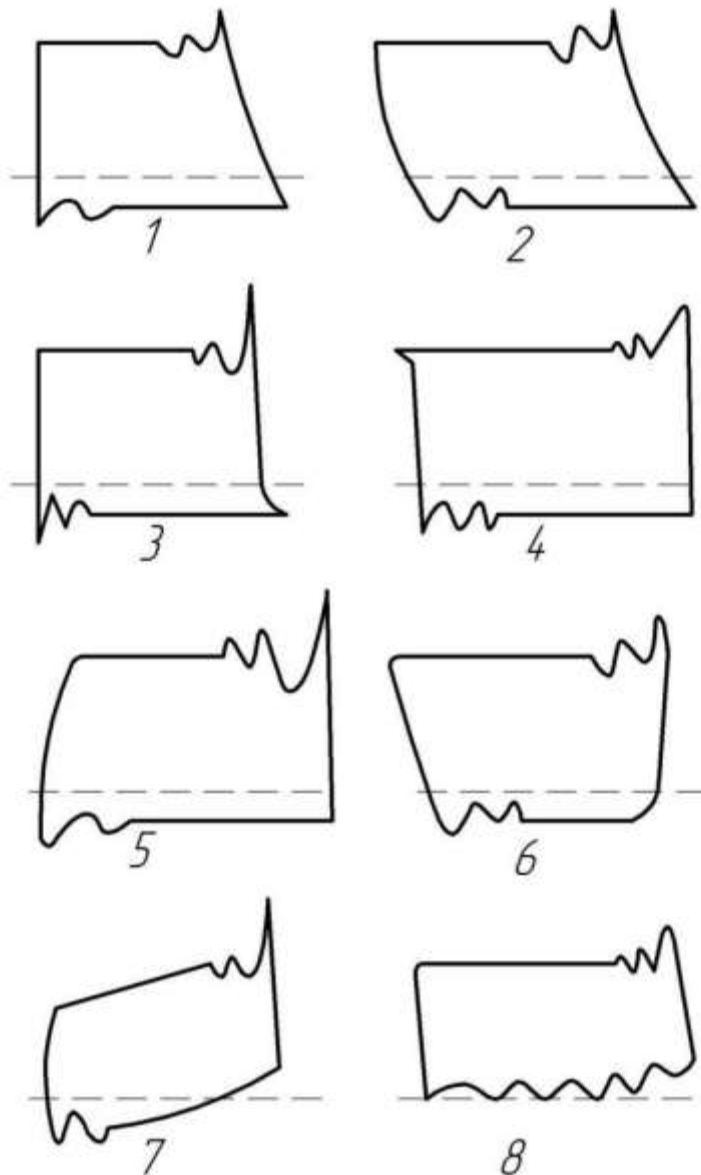
Индикаторная диаграмма насоса



Индикаторная диаграмма реального насоса

Индикаторные диаграммы позволяют определить индикаторную мощность насоса, а также дают возможность выявить **неисправности** в работе механизма.

Индикаторная диаграмма насоса



Индикаторные диаграммы **неисправных** насосов:

1 – наличие газа в жидкости; 2 – газовый мешок в рабочей камере;

3 – запаздывание всасывающего клапана;

4 – запаздывание нагнетательного клапана;

5, 6 – неплотности клапанов;

7 – не работает пневмокомпенсатор;

8 – пульсация жидкости при ее подаче к насосу

КПД насоса

$$\eta = \eta_{\Gamma} \eta_{\text{М}},$$

где η_{Γ} – гидравлический КПД насоса;
 $\eta_{\text{М}}$ – механический КПД насоса;

$$\eta_{\text{М}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4,$$

где $\eta_1 = 0,98-0,99$ КПД подшипников;

$\eta_2 = 0,98-0,99$ КПД зубчатой передачи;

$\eta_3 = 0,95$ КПД кривошипно-шатунного механизма;

$\eta_4 = 0,92$ КПД поршней и сальников.

Мощность привода насоса

$$N = \frac{\rho g H Q}{\eta_{\Gamma} \eta_{\text{M}}},$$

N – требуемая мощность привода.

$$N_{\text{дв}} = \varphi \frac{N}{\eta_{\text{п}}},$$

где $N_{\text{дв}}$ – требуемая мощность двигателя;

$\eta_{\text{п}}$ – КПД приводной передачи (для клиноременной 0,92, для цепной – 0,98);

φ – коэффициент запаса:

$\varphi = 1 - 1,15$ для больших насосов;

$\varphi = 1,2 - 1,5$ для малых насосов.

Конструкции поршневых насосов

Поршневые насосы состоят из **механической и гидравлической частей.**

Механическая служит для передачи механической энергии от двигателя к поршням.

Гидравлическая – для преобразования механической энергии поршней в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости.

Наиболее широко применяются поршневые приводные насосы с двумя цилиндрами двухстороннего действия или тремя плунжерами одинарного действия, к кривошипно-шатунным механизмом и зубчатым редуктором.

Буровые насосы

Буровые насосы предназначены для выполнения следующих операций:

- нагнетание в скважину промывочной жидкости с целью очистки забоя от выбуренной породы и выноса ее на поверхность;
- создание гидромониторного эффекта при бурении струйными долотами;
- приведение в действие забойных гидравлических двигателей.

Буровые насосы

Буровые насосы эксплуатируются в различных климатических условиях при температуре воздуха до ± 50 °С и температуре бурового раствора от -1 до 80 °С.

Плотность растворов в среднем составляет $1100\text{--}1300$ кг/м³.

Растворы имеют большие вязкость и статическое сопротивление сдвигу; в его состав могут входить абразивные частицы (до 2 %), глина, утяжеляющие добавки, химические реагенты и другие компоненты.

Буровые насосы

Режимы работы насосов в процессе разработки скважины, в частности его подача и напор, меняются почти в 2-3 раза.

В некоторых ситуациях насос должен кратковременно развивать максимальное давление при нулевой или очень небольшой подаче для продавки частиц выбуренной породы, осевших в затрубном пространстве или в трубах, либо при образовании сальников при бурении вязких пород.

Буровые насосы

Насос должен быть **удобным в эксплуатации**, допускать быструю смену быстроизнашивающихся деталей.

Долговечность его без капитального ремонта должна составлять не менее 10000 ч работы.

Конструкция его должна быть приспособлена для привода от электродвигателей и дизелей.

Буровые насосы

Многолетней практикой бурения глубоких скважин было установлено, что наиболее всего отмеченным условиям эксплуатации и предъявляемым требованиям к насосам удовлетворяют поршневые горизонтальные приводные насосы.

Буровые насосы

В настоящее время в составе буровых установок в основном используют двухпоршневые насосы двухстороннего действия типа НБ (Н – насос, Б – буровой) и трехпоршневые насосы одностороннего действия типа НБТ или УНБТ (Н – насос, Б – буровой, Т – трехпоршневой, У – завод-изготовитель ПО «Уралмаш»).

Буровые насосы

Основные параметры насосов, предназначенных для различных видов бурения и выпускавшихся в России, регламентированы ГОСТ 6031-76, в котором предусмотрен ряд типоразмеров.

Члены ряда характеризуются мощностью, наибольшим давлением и наибольшей подачей.

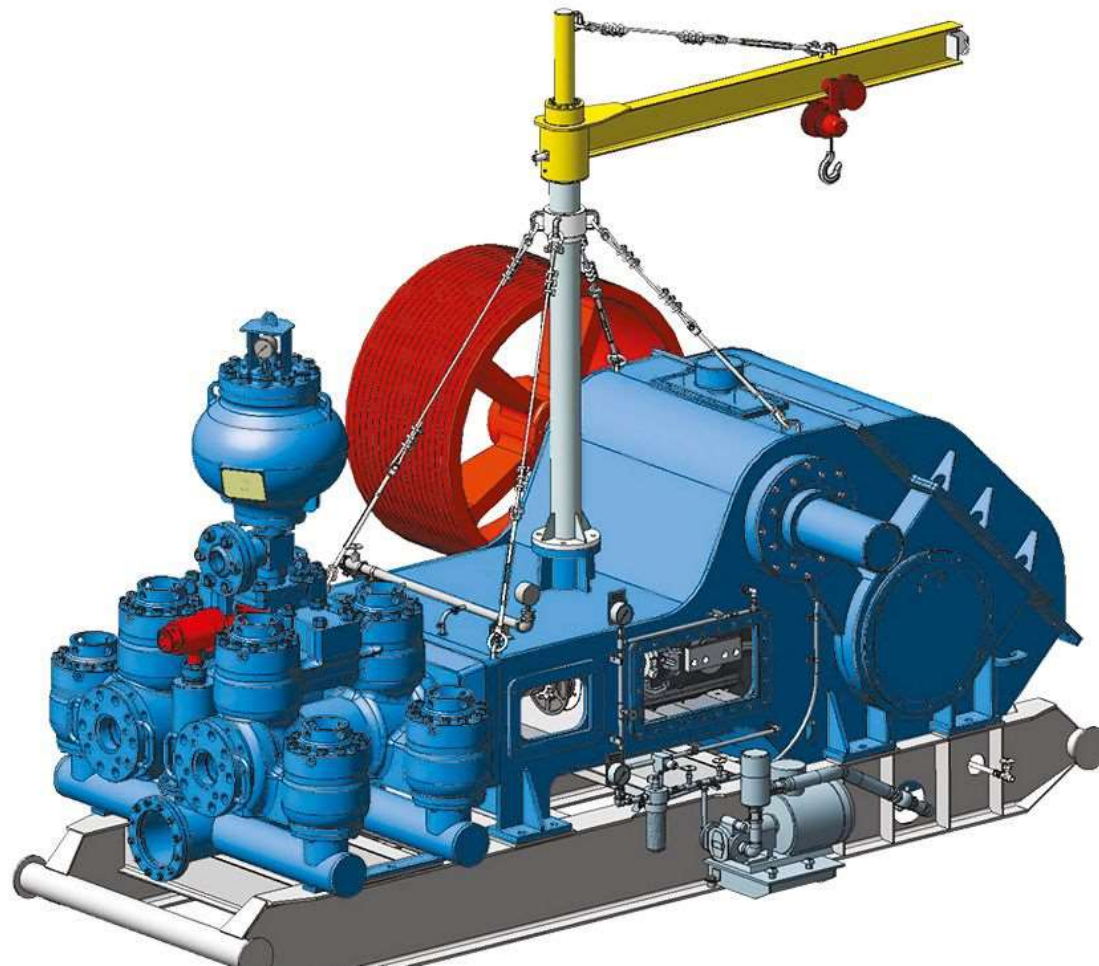
Буровые насосы

Полезная мощность стандартных насосов, используемых в эксплуатационном и глубоком разведочном бурении, составляет 150–750 кВт, наибольшее давление 15–32 МПа, наибольшая подача 18–45 л/с.

Среди насосов этой группы наиболее распространены кривошипные двухпоршневые насосы двустороннего действия.

Типичный представитель – насос марки У8-6М (НП = 500 кВт), выпускаемый Уралмашзаводом

Буровые насосы



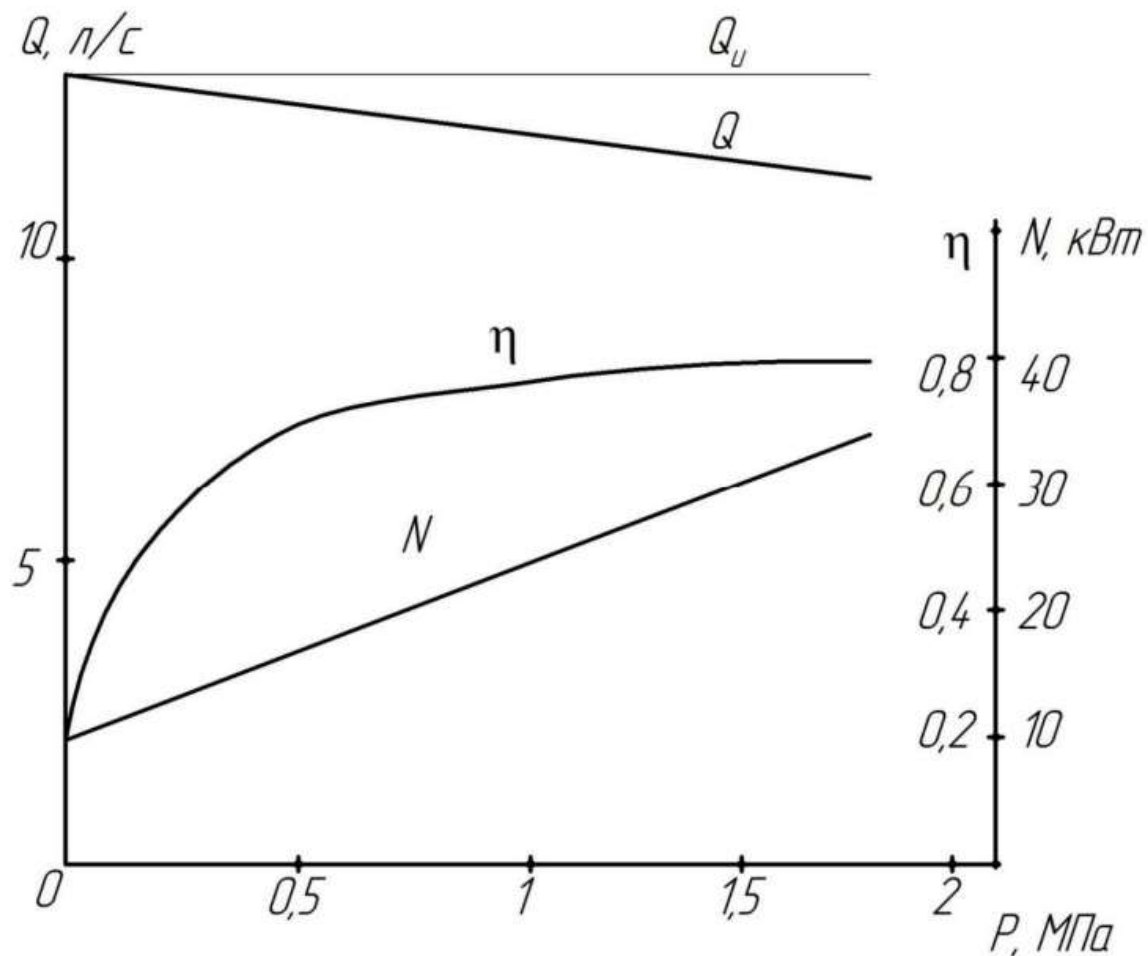
Буровой насос УНБ-600

Буровые насосы

Технические характеристики:

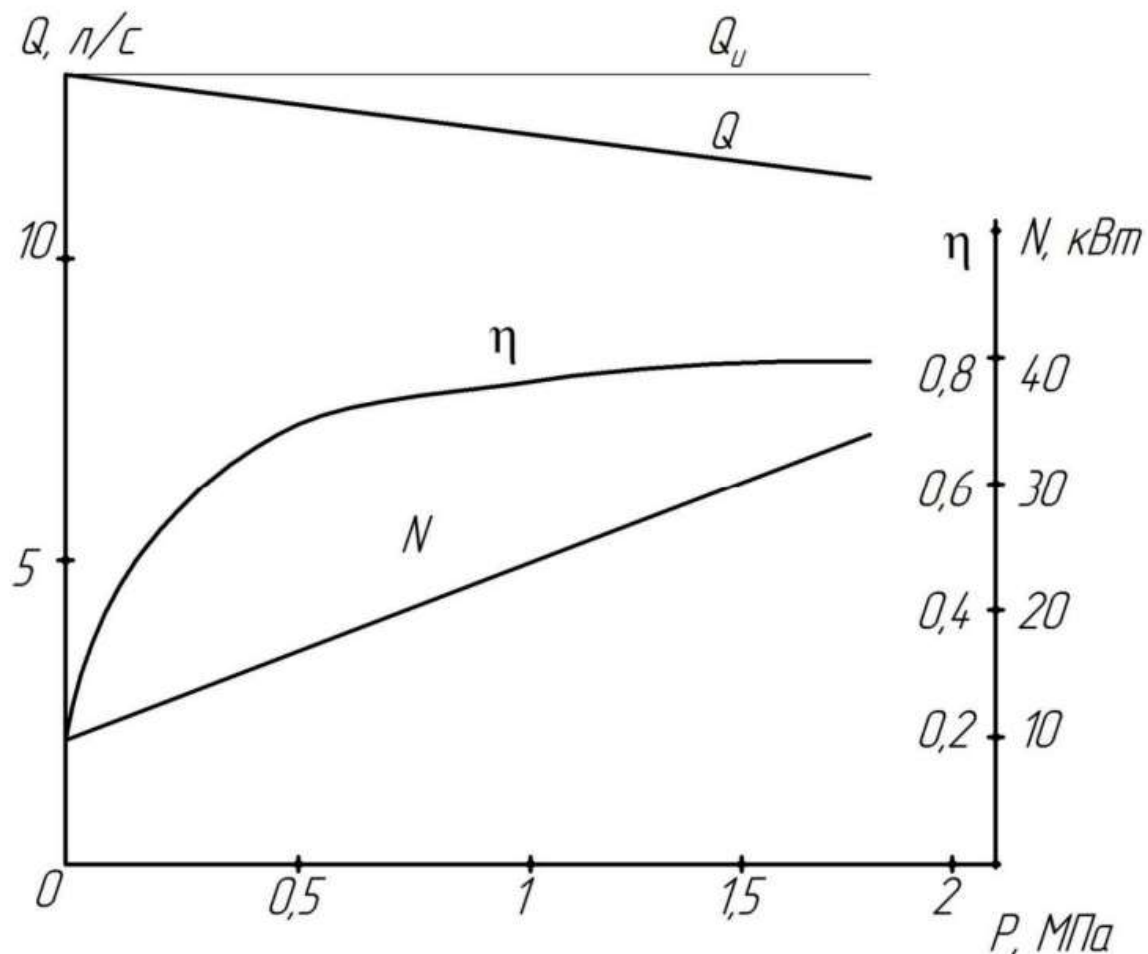
1. Мощность, кВт - 600
2. Число дв. ходов в 1 мин - 65
3. Длина хода поршня, мм - 400
4. Диаметр втулок, мм - 140–20
5. Давление, Мпа – 10-25.

Характеристики поршневых насосов



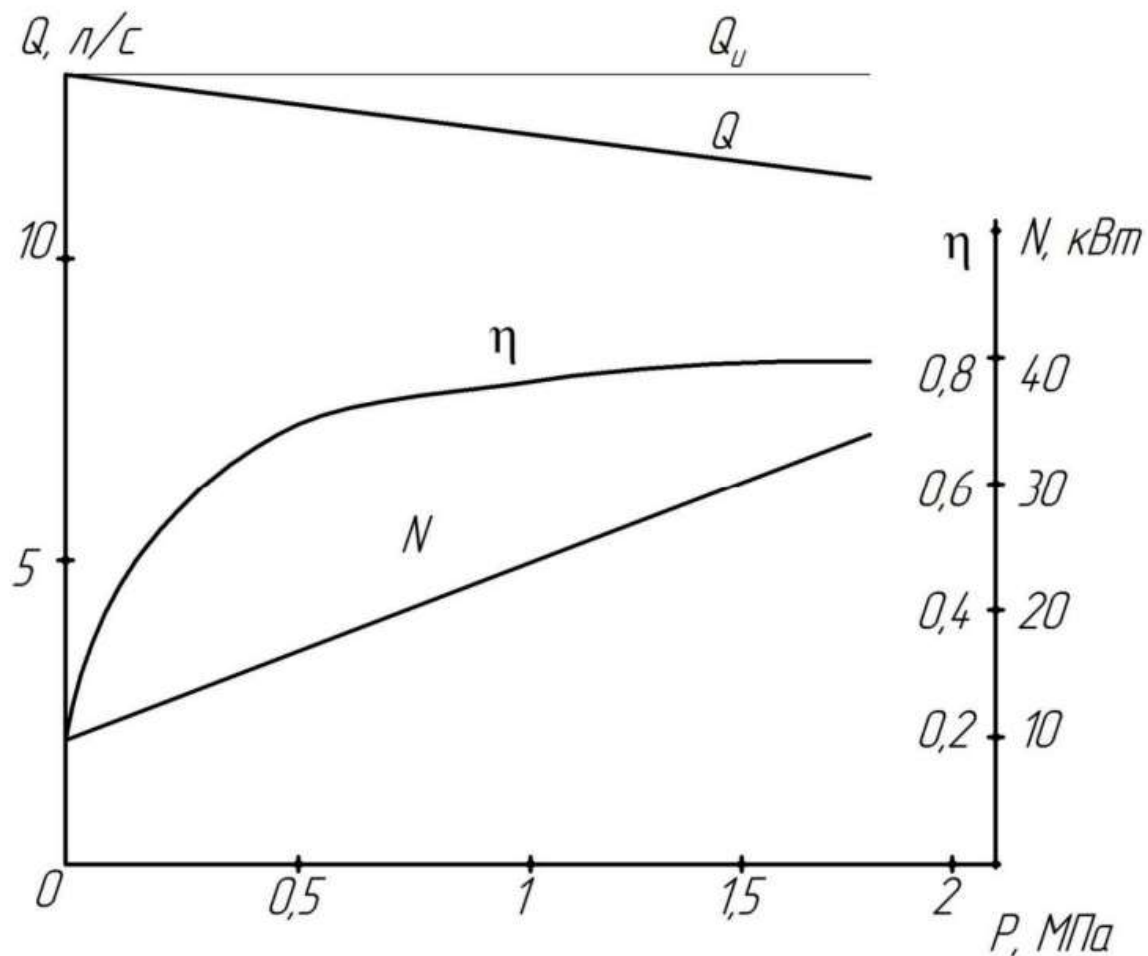
Зависимость p – Q представляется слегка падающей линией. Снижение подачи объясняется увеличением объёма жидкости, перетекающей через неплотности насосных камер с ростом перепада давления. 164

Характеристики поршневых насосов



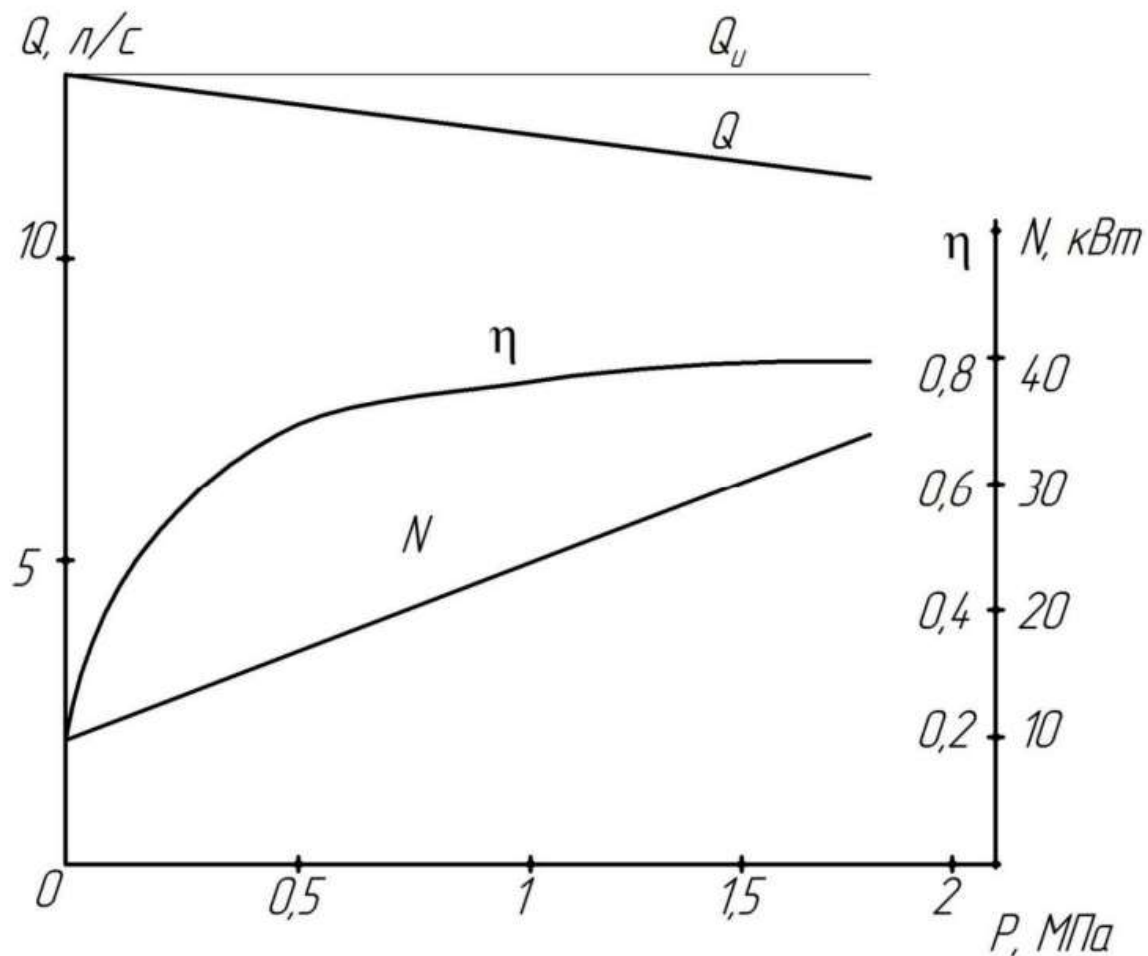
Мощность насоса при этом возрастает, а КПД близок к постоянному в широком диапазоне изменения давления. Он заметно снижается лишь при чрезмерно низких или высоких значениях p .

Характеристики поршневых насосов



В первом случае – в результате того, что полезная мощность становится слишком малой, а с приближением к режиму холостого хода любой механизм работает менее экономично.

Характеристики поршневых насосов



Во втором случае – вследствие увеличения объёма перетекающей жидкости.

Эксплуатация поршневых насосов

Правила установки насоса:

1. Трубопроводы не должны иметь резких поворотов. Количество запорных устройств и колен должно быть минимально.
2. Всасывающий трубопровод должен быть по возможности коротким и направлен к насосу во избежание образования воздушных мешков.
3. При возможности засорения всасываемой жидкости в начале всасывающего трубопровода необходимо установить фильтр.
4. При работе насоса с подпором в начале всасывающего трубопровода необходимо установить задвижку.
5. Соединения всасывающего трубопровода должны быть герметичными.

Эксплуатация поршневых насосов

Правила установки насоса:

ПРОДОЛЖЕНИЕ

6. На напорном трубопроводе непосредственно у насоса должна быть установлена задвижка.
7. На всасывающем и напорном трубопроводах возможно ближе к насосу должны быть установлены воздушные колпаки.
8. На всасывающем и напорном трубопроводах должны быть установлены вакуумметр и манометр.

Эксплуатация поршневых насосов

При пуске насоса:

1. Новый насос очистить керосином и смазать.
2. Заполнить рабочие камеры перекачиваемой жидкостью (при большой высоте всасывания).
3. Открыть задвижки на напорном и всасывающем трубопроводах.
4. Двигатель запускают на пониженном числе оборотов

Эксплуатация поршневых насосов

При работе насоса:

1. Следить за показаниями манометров, вакуумметров и других измерительных приборов.
2. Следить за системой смазки.
3. Следить за состоянием уплотнений и сальников.
4. Поддерживать запас воздуха в напорных воздушных колпаках.
5. При внезапном изменении режима работы, появлении стуков – остановить насос и выяснить причину
6. Текущий ремонт через каждые 500...1000 часов.
7. Через каждые 4..5 тысяч часов капитальный ремонт

Эксплуатация поршневых насосов

Регулирование работы поршневого насоса:

1. Изменение площади поперечного сечения поршня.
2. Изменение числа оборотов.
 - 2.1. Установка коробки передач.
 - 2.2. Изменение частоты ДВС.
 - 2.3. Изменение частоты вращения электродвигателя постоянного тока.
 - 2.4. Изменение частоты вращения электродвигателя переменного тока.
3. Убрать нагнетательный клапан в штоковой камере насоса – подача уменьшится в 2 раза.

Контроль знаний

1. Что такое гидравлические машины?
2. Классификация гидравлических машин.
3. Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода.
4. Перечислите требования к гидравлическим рабочим жидкостям.
5. На каких параметрах гидравлических жидкостей основана их маркировка?