

# Оборудование нефтегазовой отрасли

Лекция 1

Доцент ОНД ИШПР  
Холодная Галина Евгеньевна

# Оборудование нефтегазовой отрасли

Номенклатура оборудования, входящего в комплексы, составляет сотни наименований, а высокие темпы развития нефтегазодобывающей промышленности приводят к его быстрому обновлению, созданию совершенно новых типов, размеров и конструкций

*Изучение этого многообразия технических средств делает необходимым их систематизацию, основу которой составляет классификация*

# Оборудование нефтегазовой отрасли

Наиболее **целесообразно** классифицировать *исходя из технологического признака*, а не по параметрам или конструктивному исполнению

# Оборудование нефтегазовой отрасли

В данном курсе все разнообразие **оборудования нефтегазовой отрасли** систематизировано по определенному принципу

# Оборудование нефтегазовой отрасли

I группа. Насосы объёмного действия

II группа. Динамические насосы

III группа. Компрессоры

IV группа. Оборудование для эксплуатации скважин

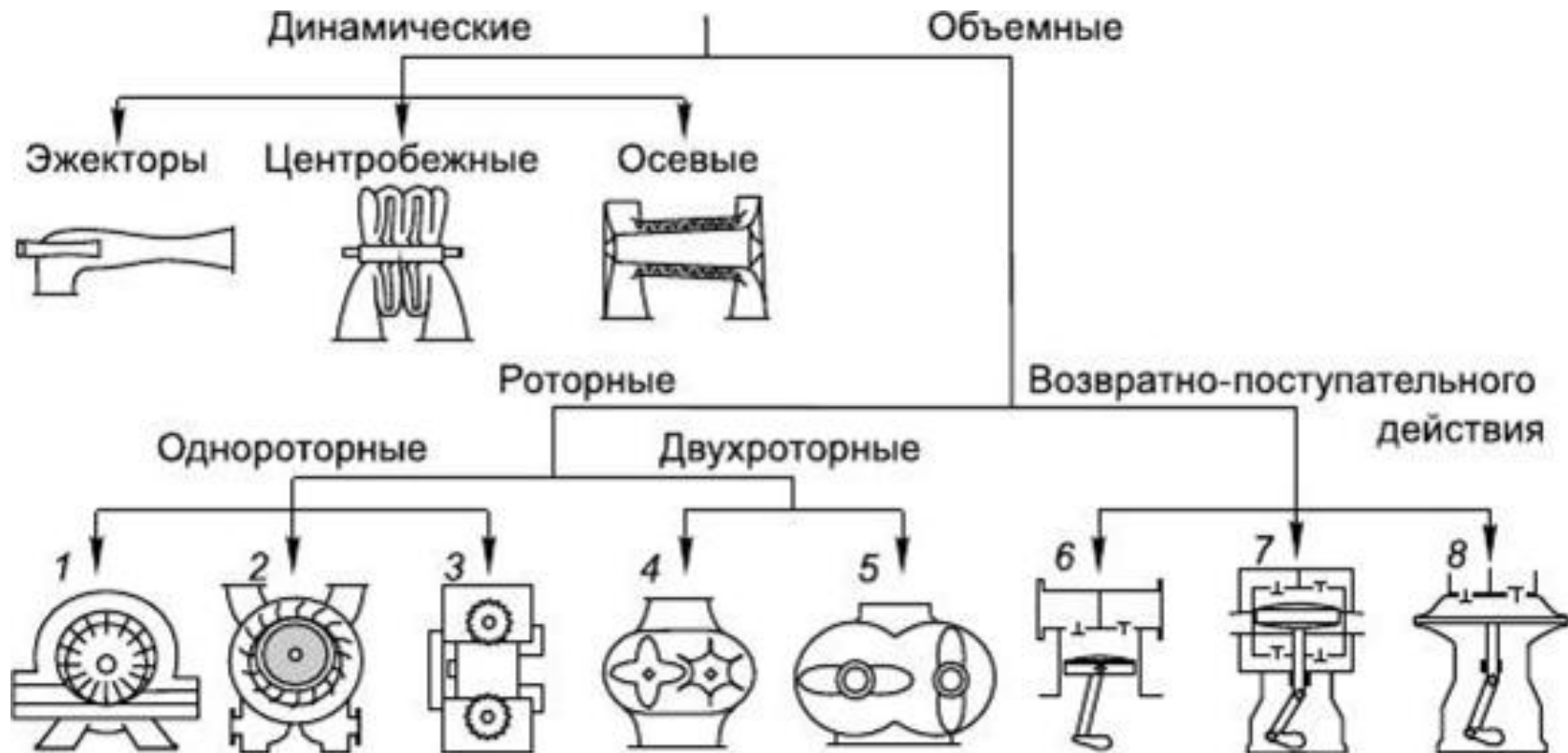
V группа. Оборудование и сооружения для сбора, подготовки и транспортировки продукции скважин

# Оборудование нефтегазовой отрасли

I группа. Насосы объёмного действия

II группа. Динамические насосы

## Насосы

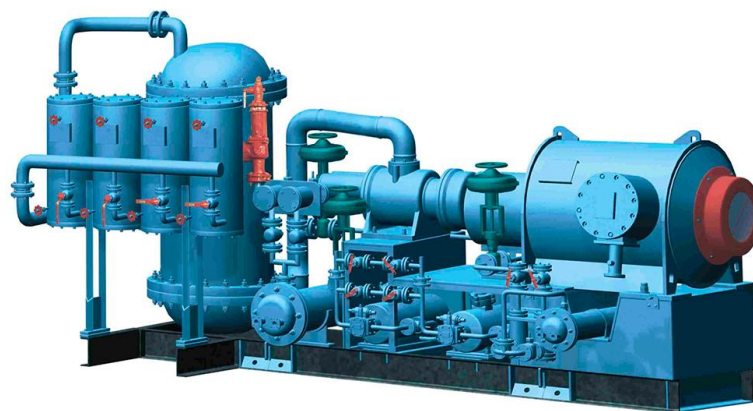


# I группа. Насосы объёмного действия



# I группа. Насосы объёмного действия

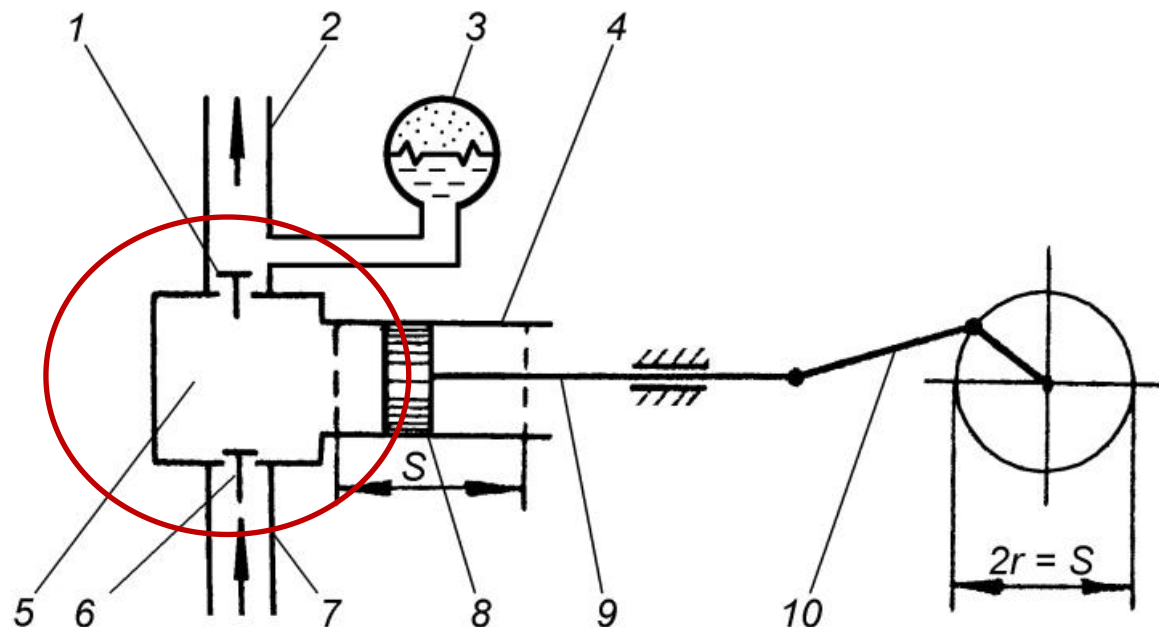
**Насос** - это гидравлическая машина, предназначенная для преобразования механической энергии двигателя, приводящего его в действие, в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости



# I группа. Насосы объёмного действия

## Основные особенности объемных насосов:

1. Наличие рабочих камер (полостей), периодически сообщаемых с всасывающим и нагнетательным патрубками.

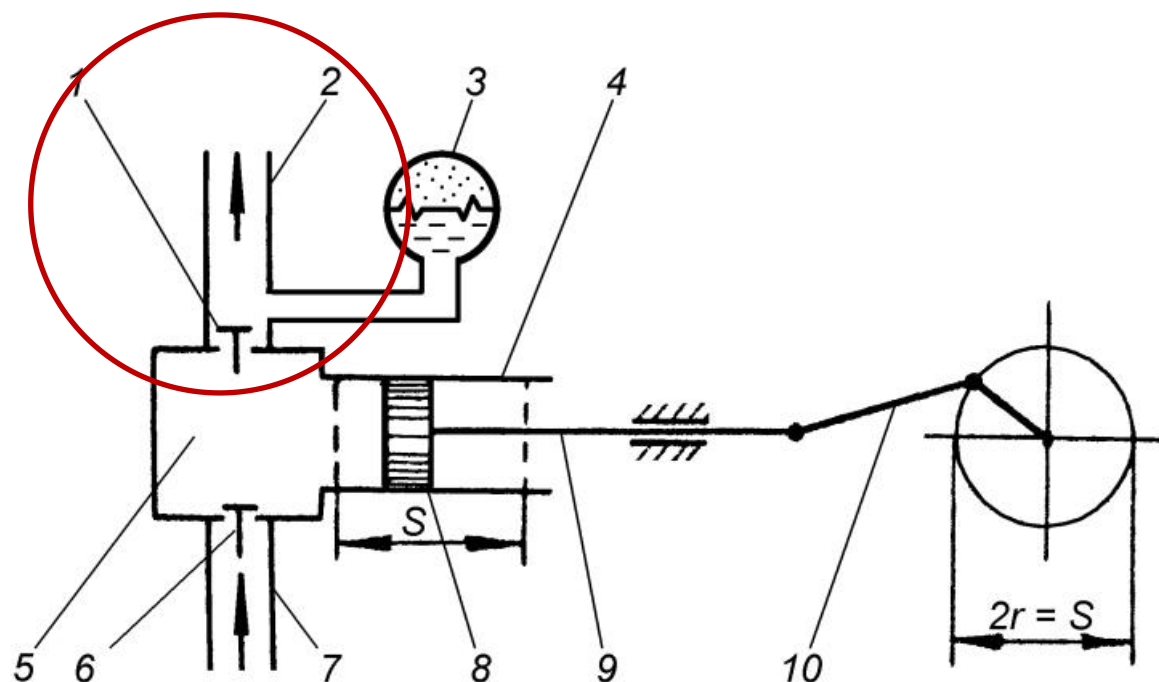


Поршневой насос одностороннего действия: 1 – нагнетательный клапан; 2 – нагнетательный патрубок; 3 – пневмокомпенсатор; 4 – цилиндр; **5 – рабочая камера**; 6 – всасывающий клапан; 7 – всасывающий патрубок; 8 – поршень; 9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм

# I группа. Насосы объёмного действия

## Основные особенности объемных насосов:

2. Нагнетательный патрубок геометрически изолирован от всасывающего.



Поршневой насос одностороннего действия: **1 – нагнетательный клапан; 2 – нагнетательный патрубок**; 3 – пневмокомпенсатор; 4 – цилиндр; 5 – рабочая камера; 6 – всасывающий клапан; 7 – всасывающий патрубок; 8 – поршень; 9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм

# I группа. Насосы объёмного действия

## Основные особенности объемных насосов:

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

# I группа. Насосы объёмного действия

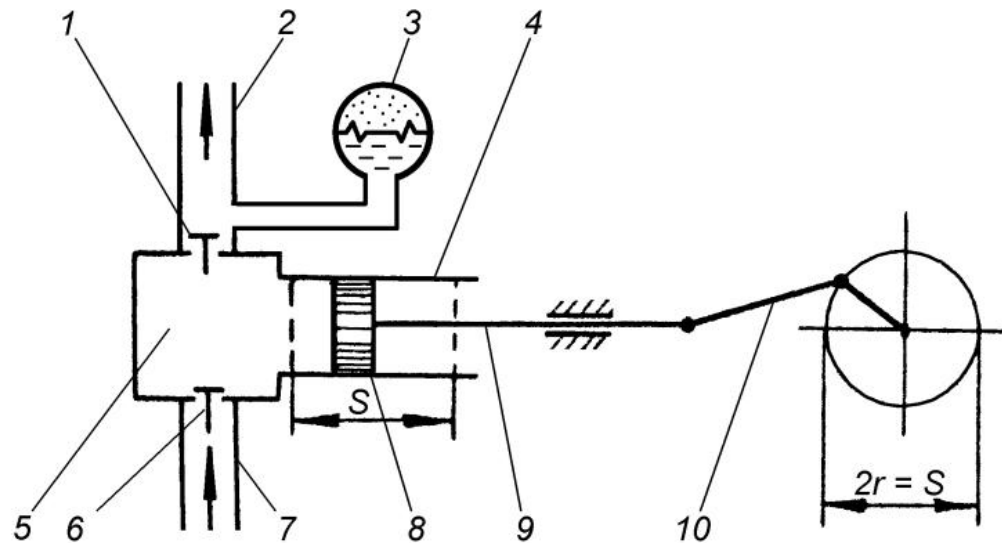
Объемные насосы **применяют** для извлечения из скважин нефти, перекачивания нефти по трубопроводам, подачи в скважины различных реагентов.

Помимо этого насосы объемного действия применяют при промывке и обработке скважин, гидравлическом разрыве пласта, т.е. тогда, когда необходимо перекачивать сравнительно небольшой объем жидкости, содержащий абразивную взвесь, растворенный газ, химически активные компоненты.

# I группа. Насосы объёмного действия

## Насосы объёмного действия

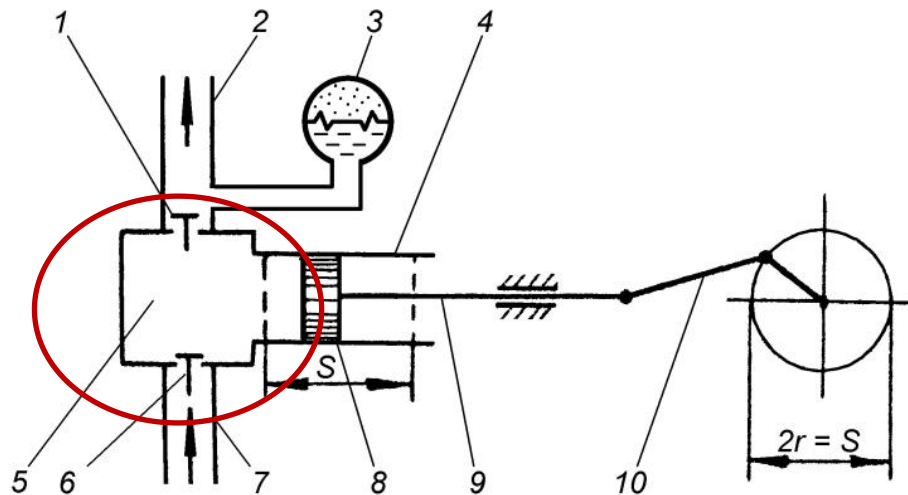
*- гидравлические машины, рабочий процесс которой основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении ее из рабочей камеры.*



Поршневой насос одностороннего действия: 1 – нагнетательный клапан; 2 – нагнетательный патрубок; 3 – пневмокомпенсатор; 4 – цилиндр; 5 – рабочая камера; 6 – всасывающий клапан; 7 – всасывающий патрубок; 8 – поршень; 9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм

# I группа. Насосы объёмного действия

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



Поршневой насос одностороннего действия: 1 – нагнетательный клапан; 2 – нагнетательный патрубок; 3 – пневмокомпенсатор; 4 – цилиндр; 5 – рабочая камера; 6 – всасывающий клапан; 7 – всасывающий патрубок; 8 – поршень; 9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм

## I группа. Насосы объёмного действия

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

# I группа. Насосы объёмного действия

## Объёмные гидронасосы

преобразуют энергию поступательного или вращательного движения в энергию потока жидкости.

# I группа. Насосы объёмного действия

**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*

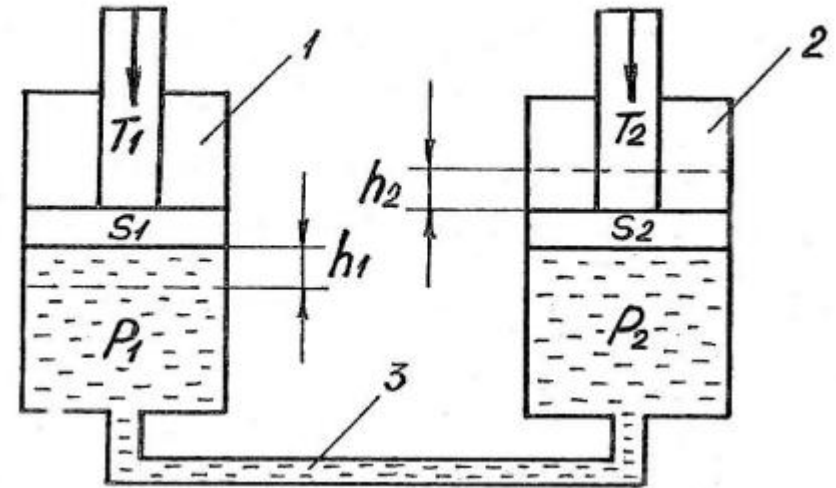
# I группа. Насосы объёмного действия

## Принцип действия и основные элементы объёмного гидропривода

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

# I группа. Насосы объёмного действия

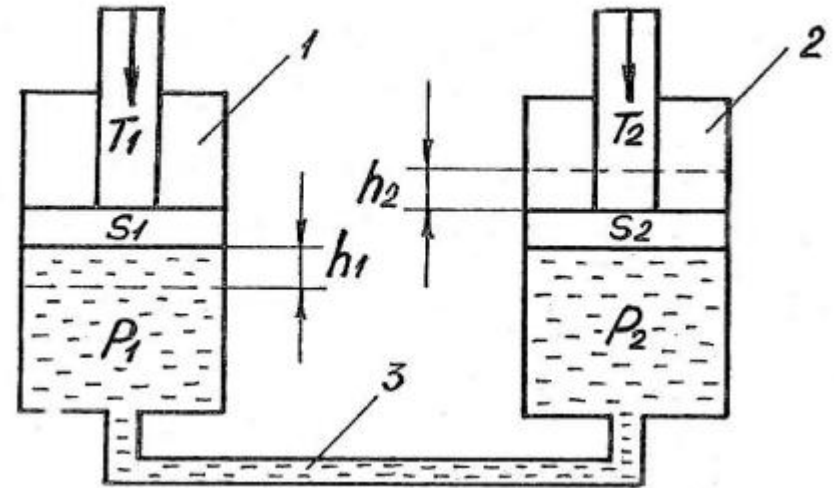
Для пояснения принципа действия и выяснения основных зависимостей гидропривода рассмотрим схему. Схема включает две гидравлические машины в виде герметичных цилиндров 1 и 2, соединенных последовательно гидролинией 3.



Принципиальная схема  
объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

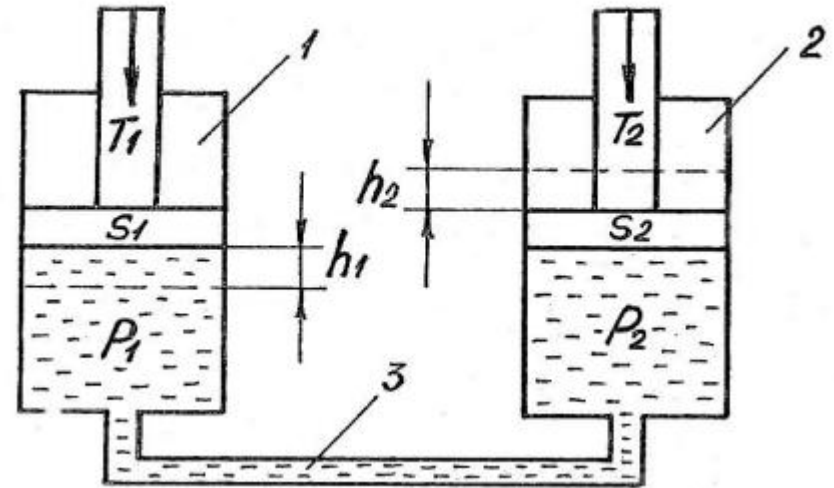
Цилиндр 1 является насосом (входным звеном), цилиндр 2 – гидродвигателем (выходным звеном). Поршень первого цилиндра нагружен силой  $T_1$ , поршень второго – внешней нагрузкой  $T_2$ .



Принципиальная схема  
объёмного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

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



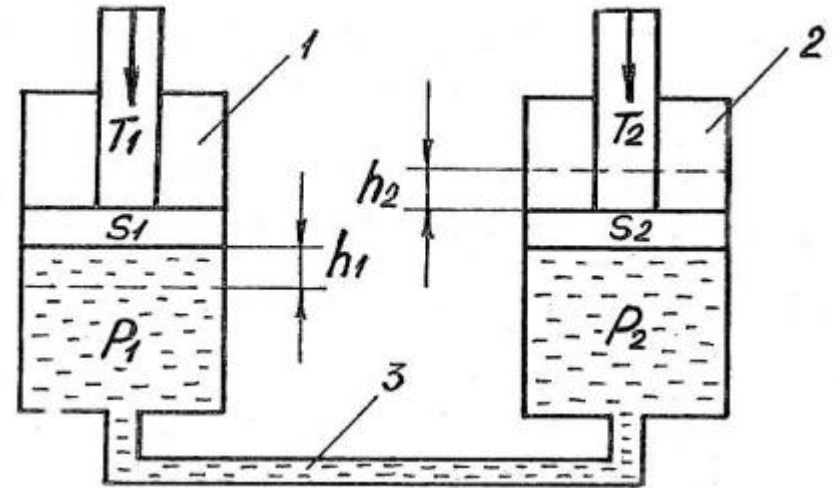
Принципиальная схема  
объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

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.



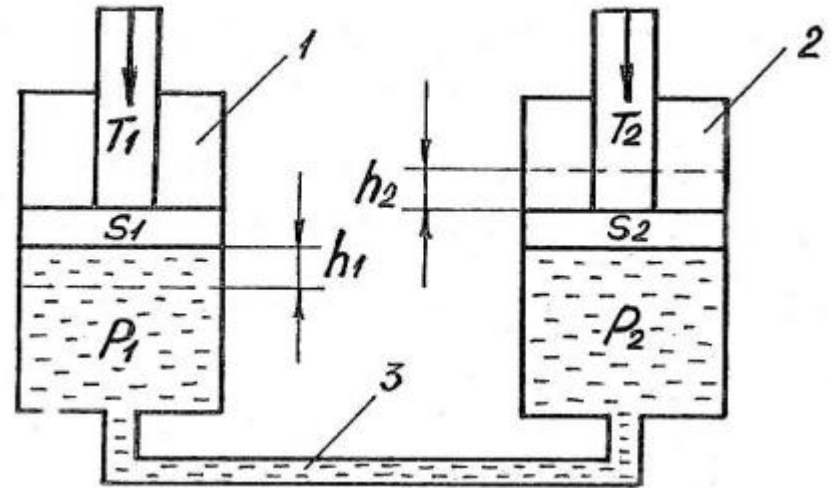
Принципиальная схема  
объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

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.



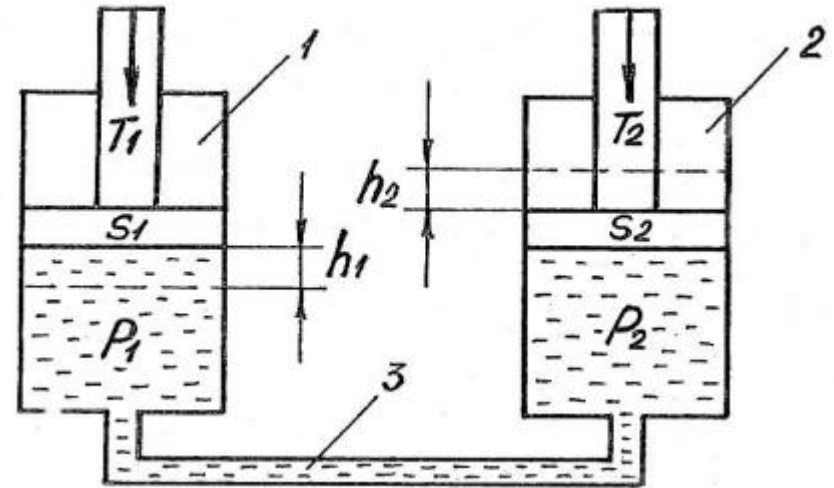
Принципиальная схема  
объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

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.



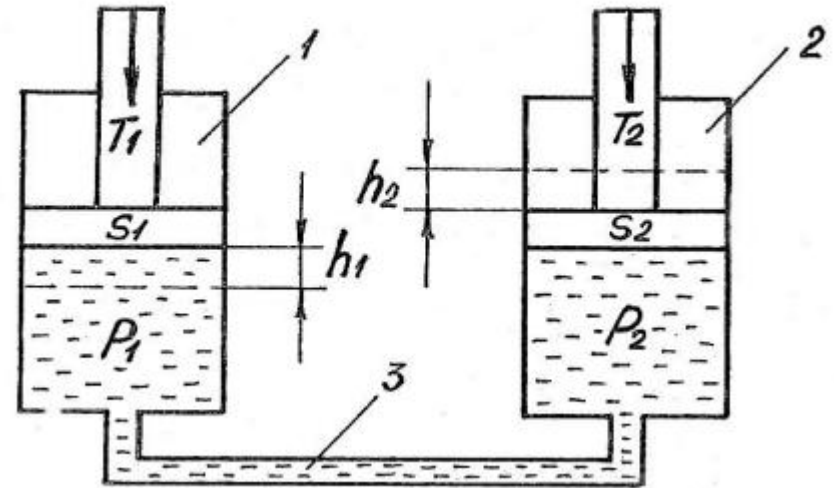
Принципиальная схема  
объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

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  
объёмного гидропривода

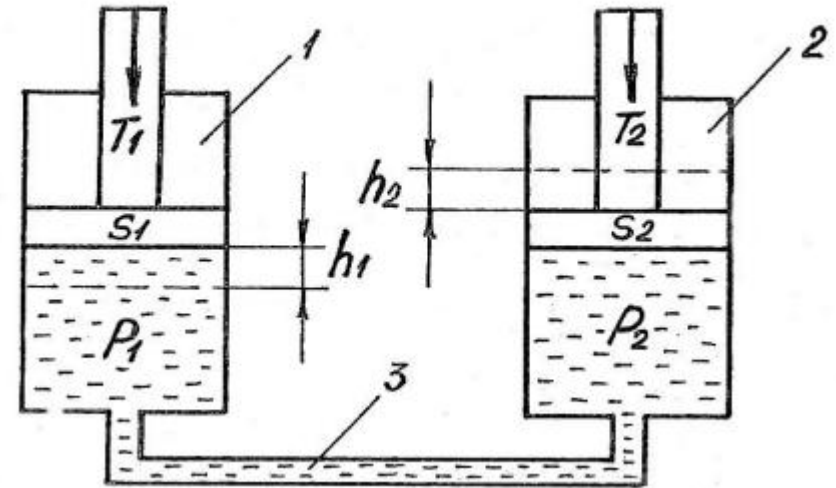
# I группа. Насосы объёмного действия

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  
объёмного гидропривода

где  $i_k$  - кинематическое передаточное число гидропривода.

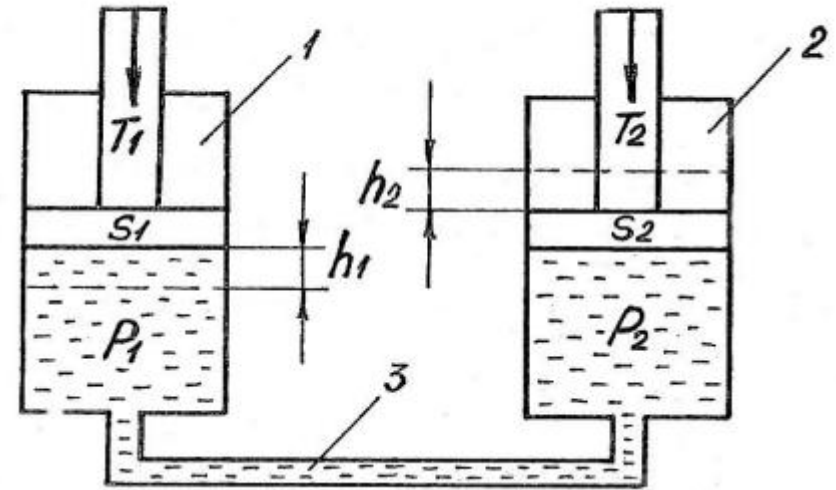
# I группа. Насосы объёмного действия

На основании (5) скорость выходного звена гидропривода будет равна

$$v_2 = \frac{v_1 S_1}{S_2} = \frac{Q_1}{S_2} = \frac{Q_2}{S_2}, \quad (7)$$

где  $Q_1$  – подача насоса,  $Q_2$  – расход гидродвигателя.

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



Принципиальная схема  
объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

## *Основные параметры*



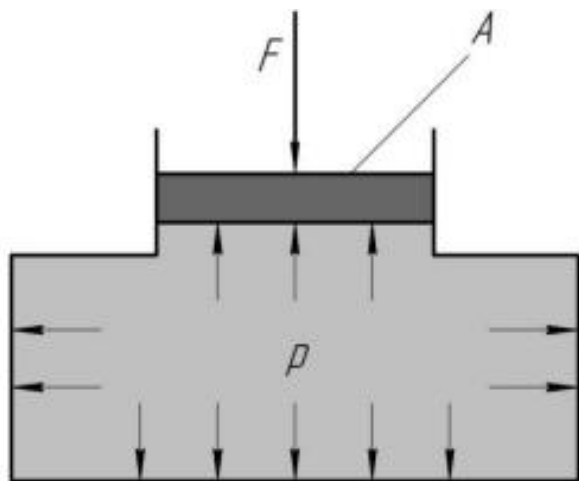
# *Основные параметры*

- давление
- подача
- 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:  $P_{\text{н}} = (P_{\text{атм}} + P_{\text{м}}) - (P_{\text{атм}} - P_{\text{в}})$ ,  $P_{\text{н}} = P_{\text{м}} + P_{\text{в}}$ .

# 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

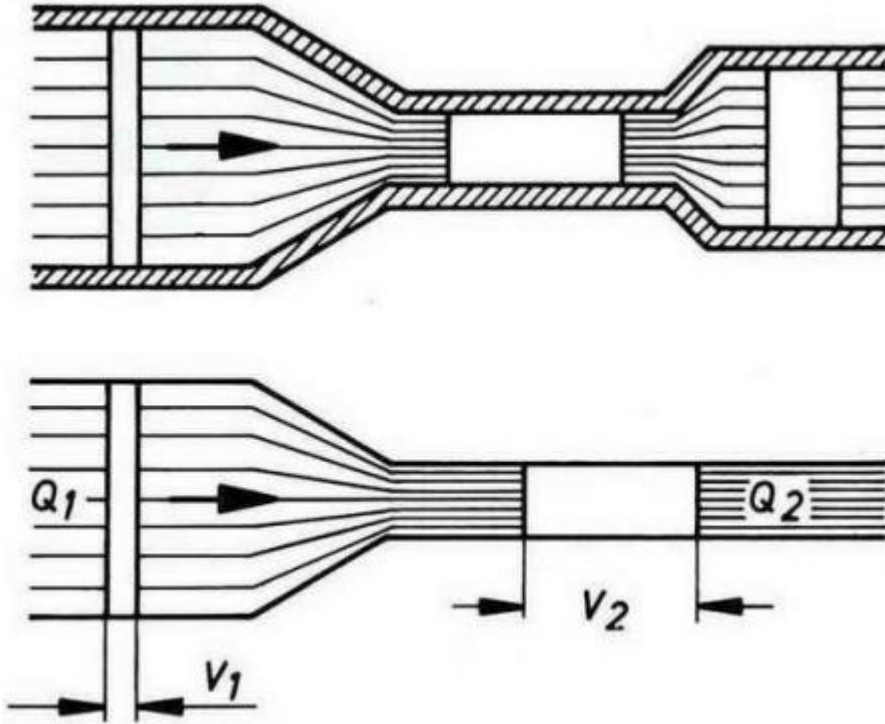
Объемную подачу также можно найти по формуле

$$Q = v S \left( \frac{M}{c} \cdot M^2 = \frac{M^3}{c} \right),$$

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

# Уравнение неразрывности потока

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



Движение жидкости в трубе  
переменного сечения

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

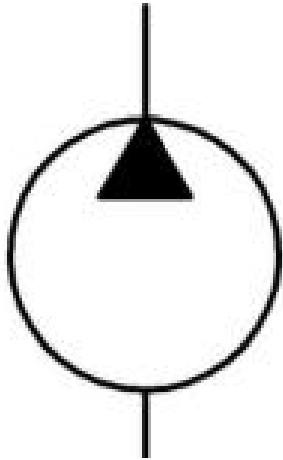
где  $A_1$  и  $A_2$  – площади соответствующих живых сечений;  $v_1$  и  $v_2$  – средние скорости в соответствующих сечениях.

# 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

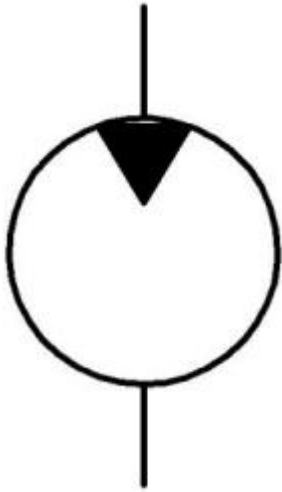
$$Q_{\text{нт}} = q_{\text{н}} n_{\text{н}},$$

где  $q_{\text{н}}$  – рабочий объем;  
 $n_{\text{н}}$  – частота вращения ротора

**ФАКТИЧЕСКАЯ ПОДАЧА НАСОСА ВСЕГДА МЕНЬШЕ  
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ!**

$$Q_{\text{н}} < Q_{\text{нт}}.$$

# Расход гидродвигателя



Обозначение  
гидродвигателя на  
гидравлических схемах

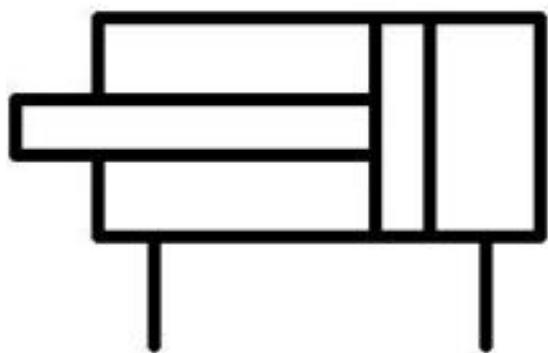
Теоретический расход  
гидродвигателя вращательного  
действия:

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

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  $N_{\Pi}$  (мощность, передаваемая потоку) определяется выражением

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

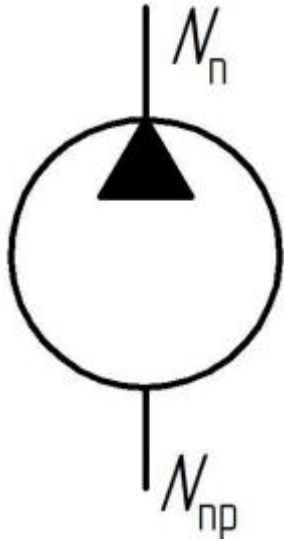
# Мощность

- **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:

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

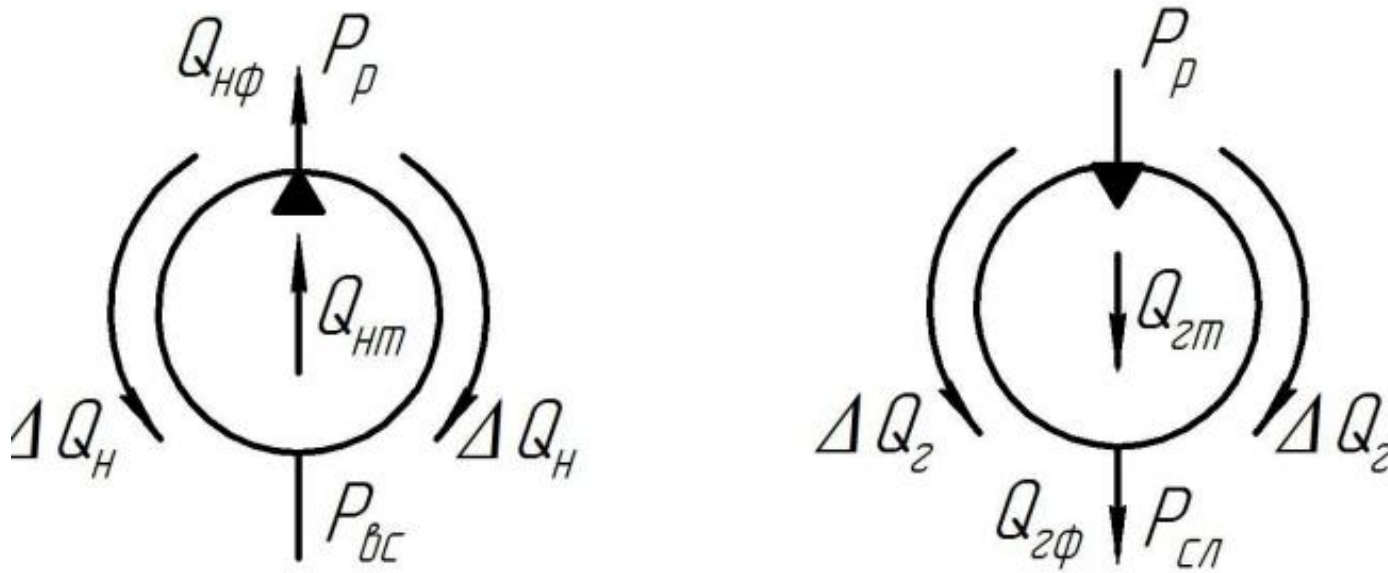
# *Потери в гидромашине*

**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.

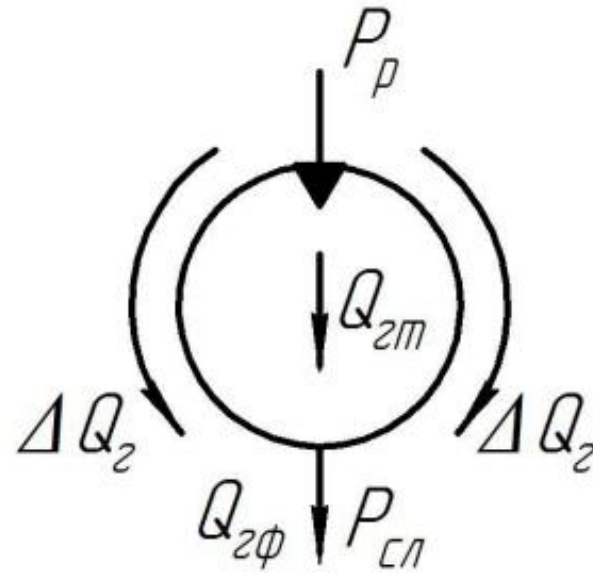
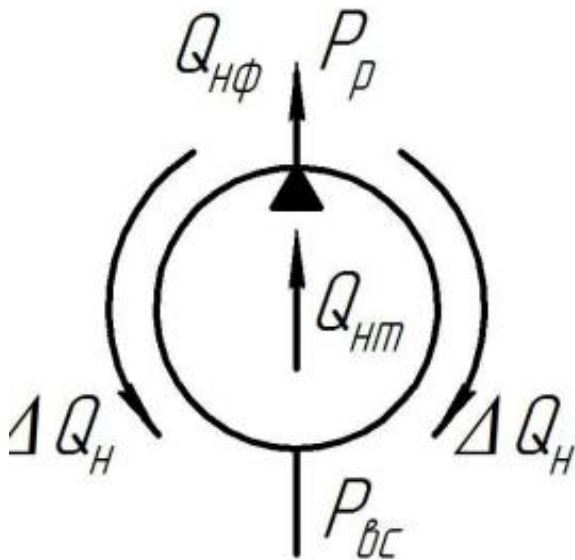


Схемы утечек в насосе и гидродвигателе:

$P_p$  – 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;  $\Delta Q_H$  – утечки в насосе;  $Q_{зм}$  – теоретический расход в гидромоторе;  $Q_{зф}$  – фактический расход в гидромоторе;  $\Delta Q_г$  – утечки в гидромоторе

# Потери в гидромашине

Этот вид потерь оценивают объемным КПД.



$$Q_{нф} = Q_{нт} - \Delta Q_H,$$

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

$$Q_{гф} = Q_{гт} + \Delta Q_Г,$$

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

# Потери в гидромашине

**Механические потери** – доля полной, потребляемой гидромашиной, 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.

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

# *Потери в гидромашине*

**Коэффициент полезного действия гидромашины** равен произведению гидравлического, объемного и механического коэффициентов полезного действия

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

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

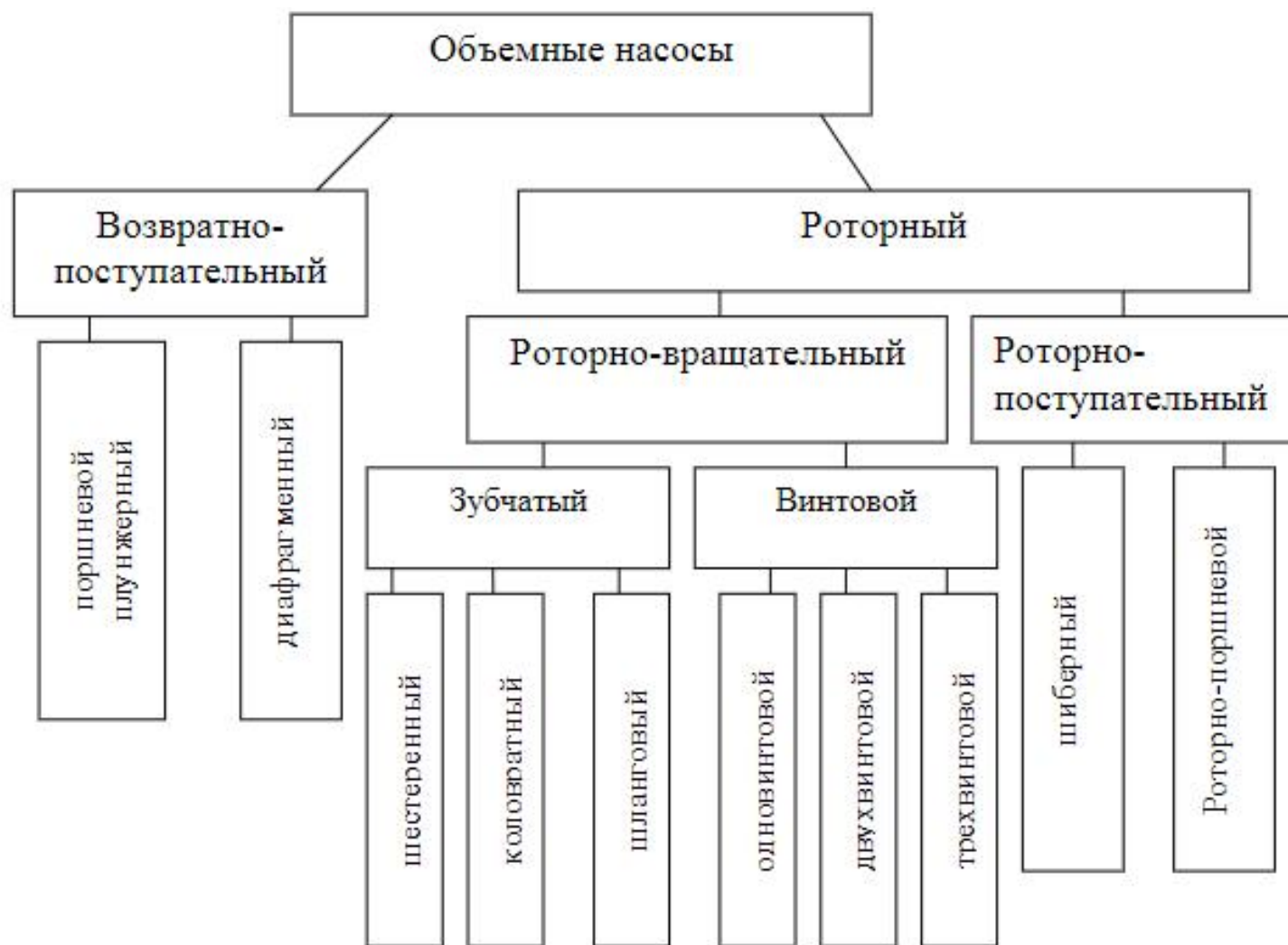
Тогда

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

# **I группа. Насосы объёмного действия**

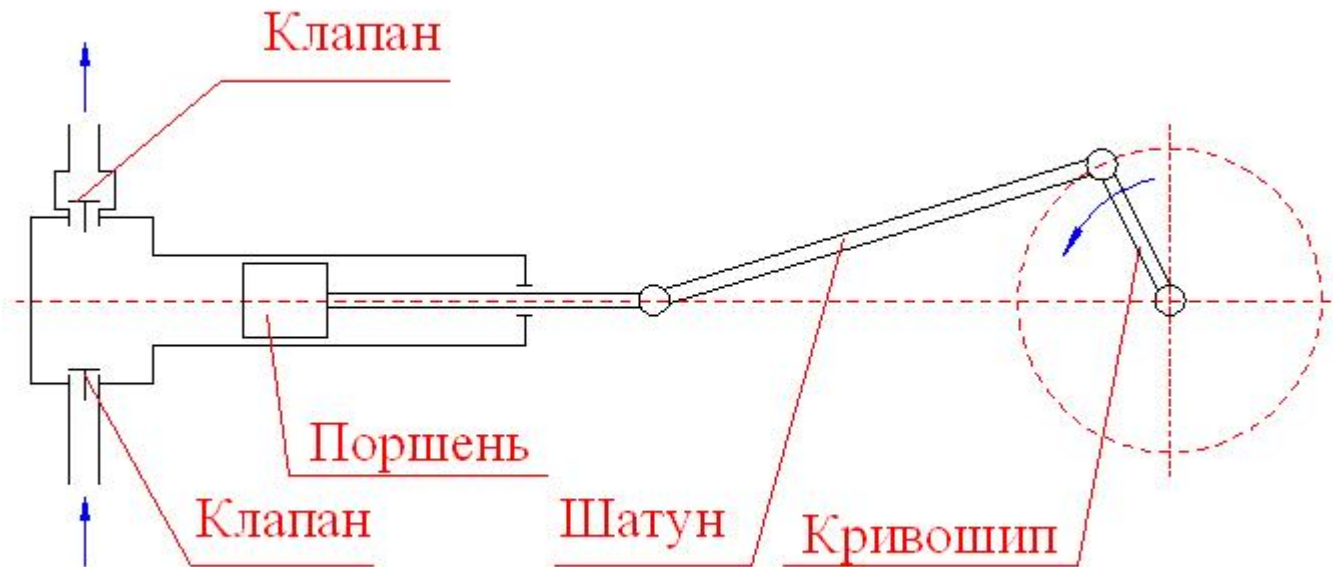
## **Классификация насосов объёмного действия**

# Классификация насосов объёмного действия



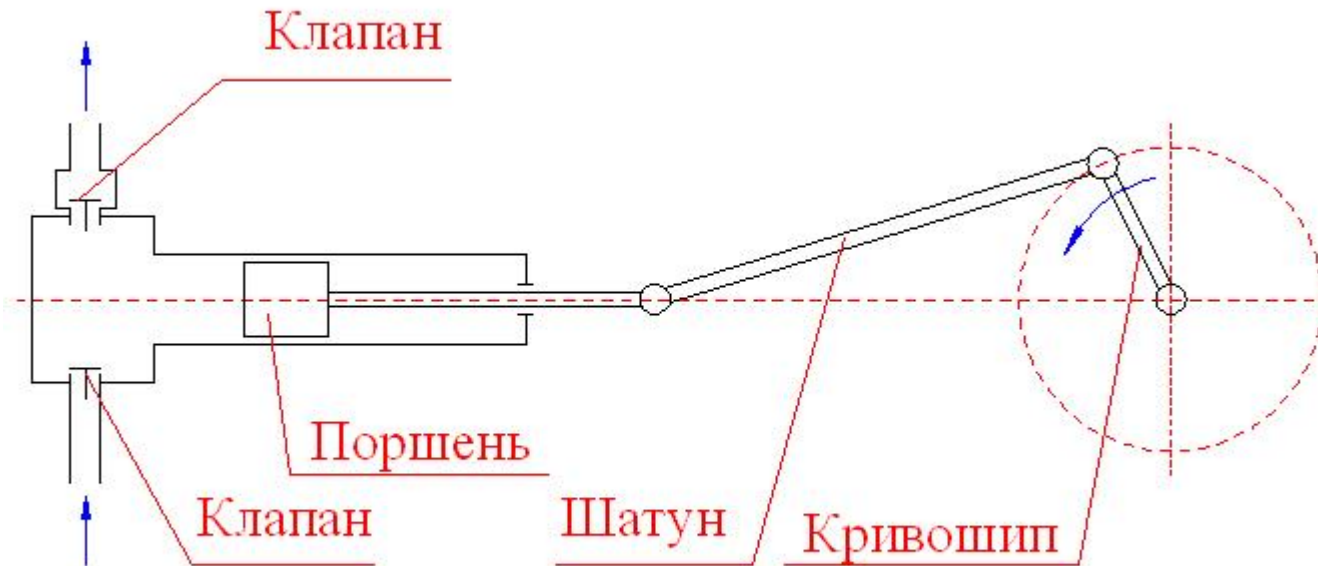
# Поршневой насос

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



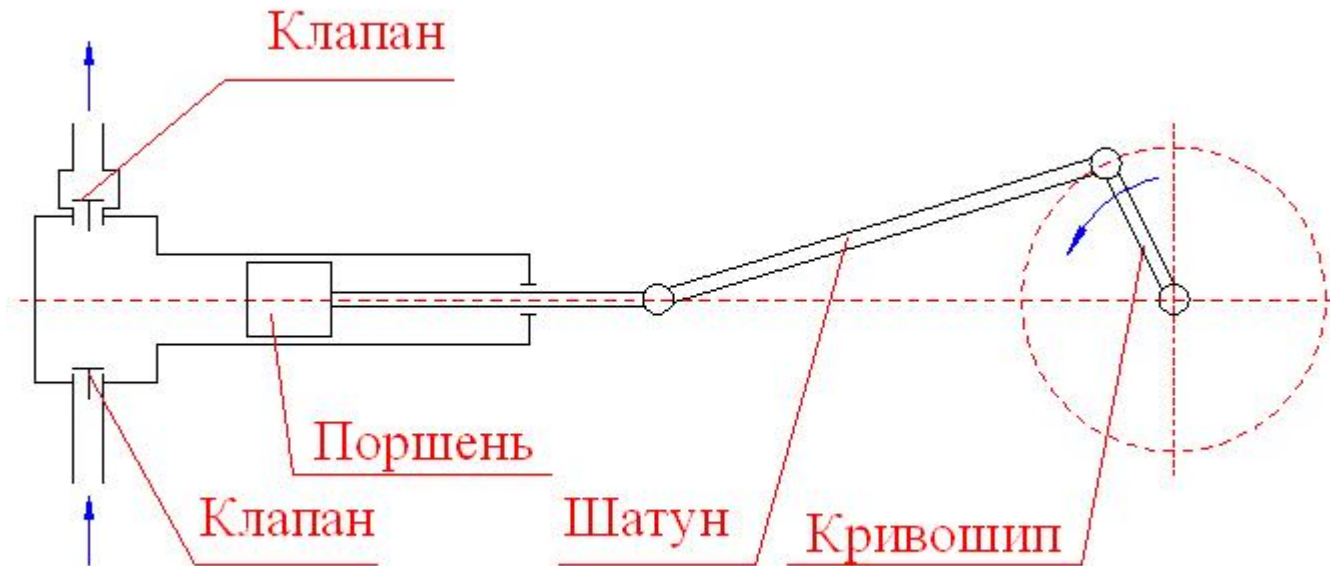
# Поршневой насос

**Поршень.** Деталь, которая создаёт давление внутри устройства и совершает откачку жидкости.



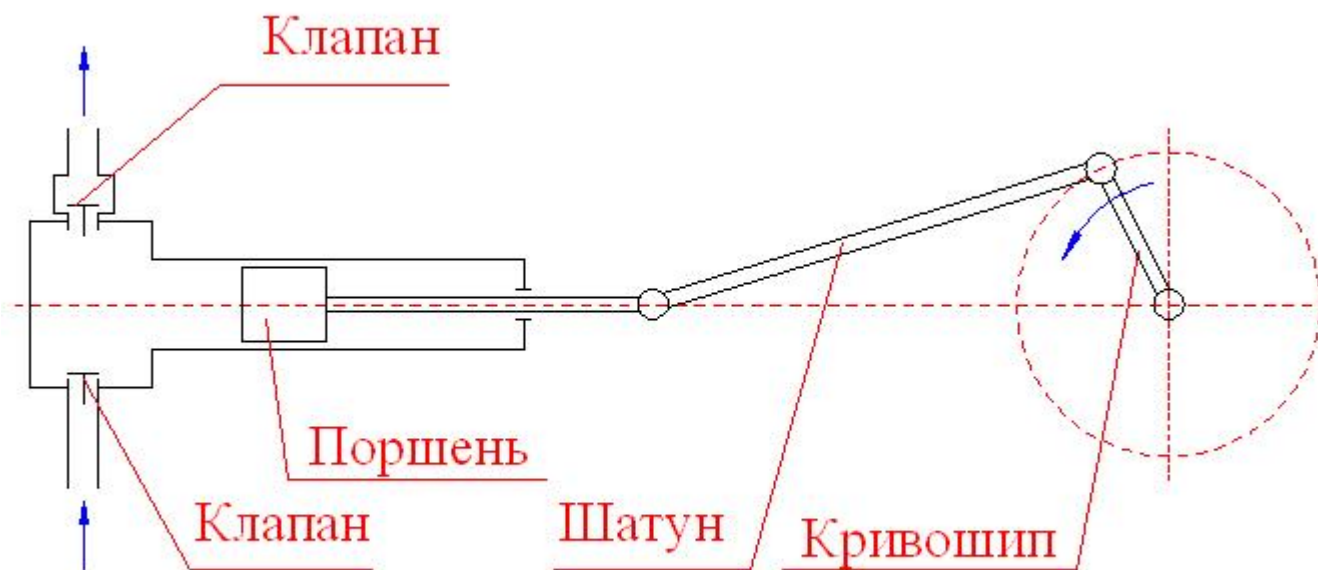
# Поршневой насос

**Рабочая камера.** Загерметизированный корпус, внутри которого движется поршень.



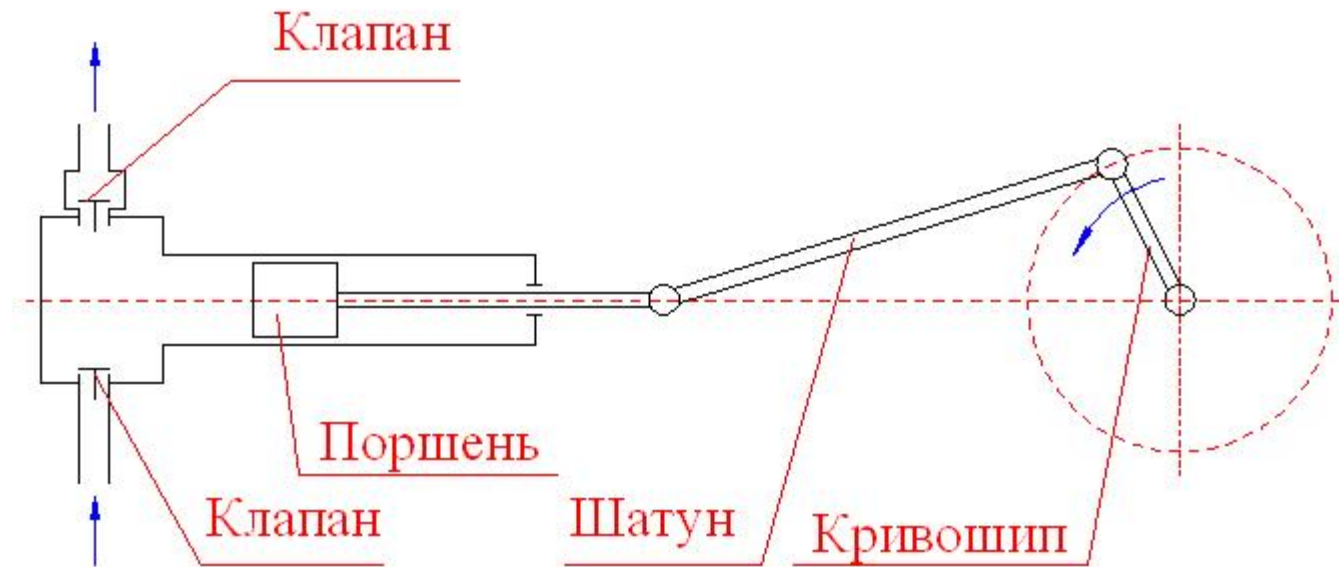
# Поршневой насос

**Шатун и кривошип — важные компоненты поршневого насоса.**



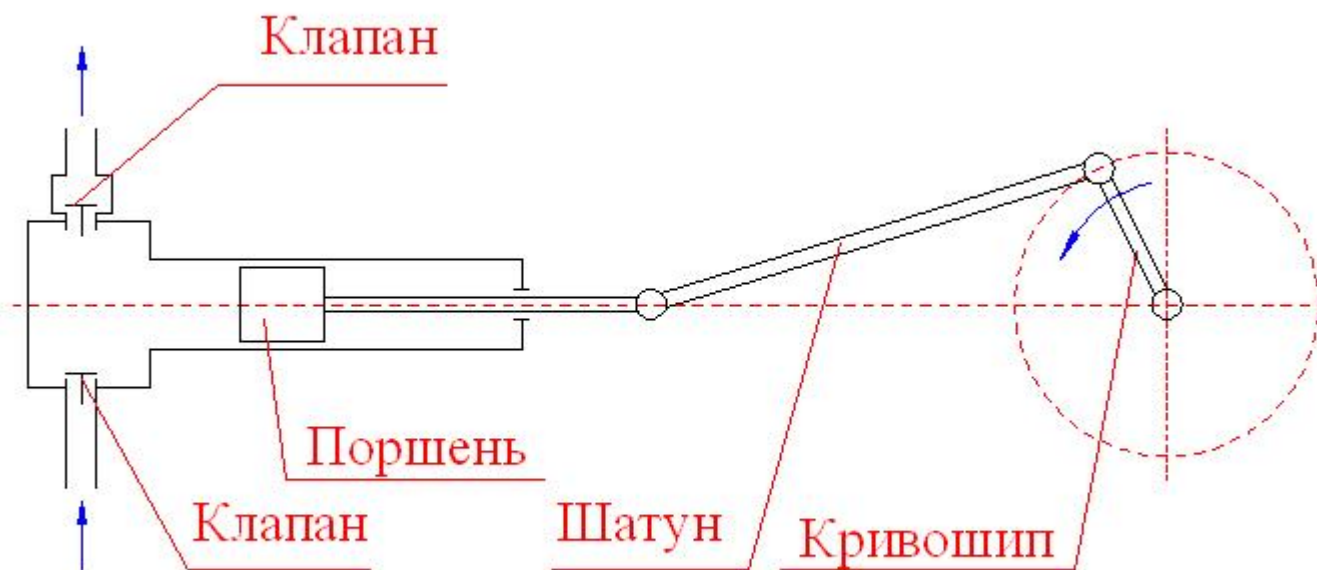
# Поршневой насос

**Кривошип** подключён к источнику питания. Он может совершать полный оборот вокруг неподвижной оси.



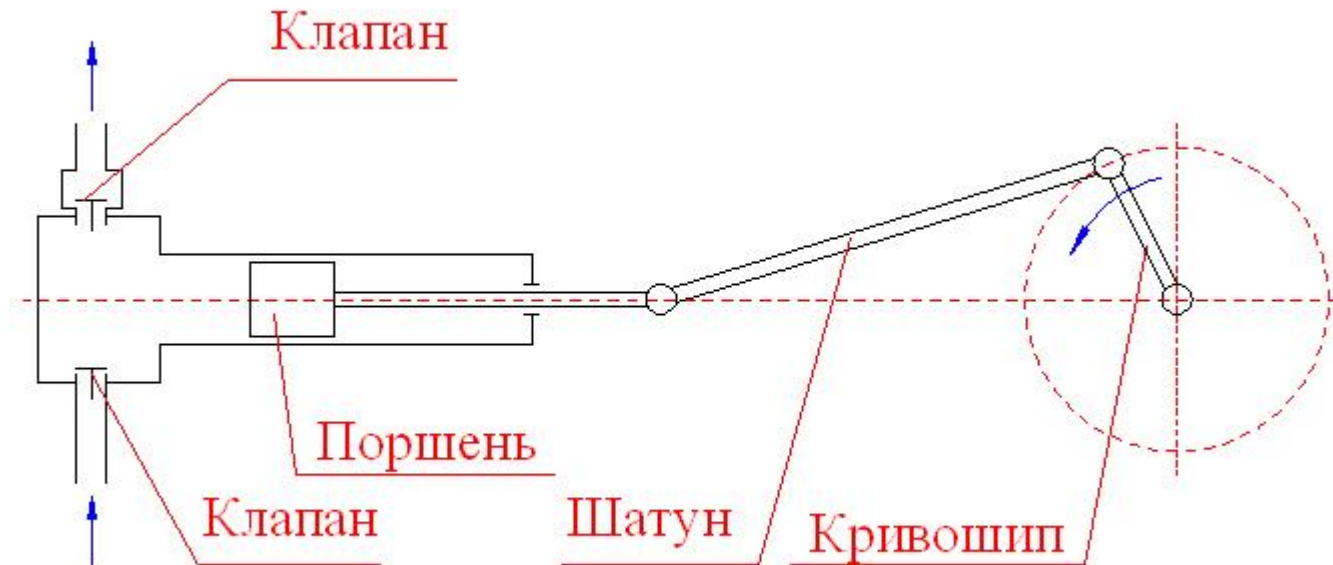
# Поршневой насос

**Шатун**, в свою очередь, обеспечивает соединение между кривошипом и штоком поршня. Он получает вращательное движение от кривошипа, преобразует его в возвратно-поступательное и передаёт поршню.



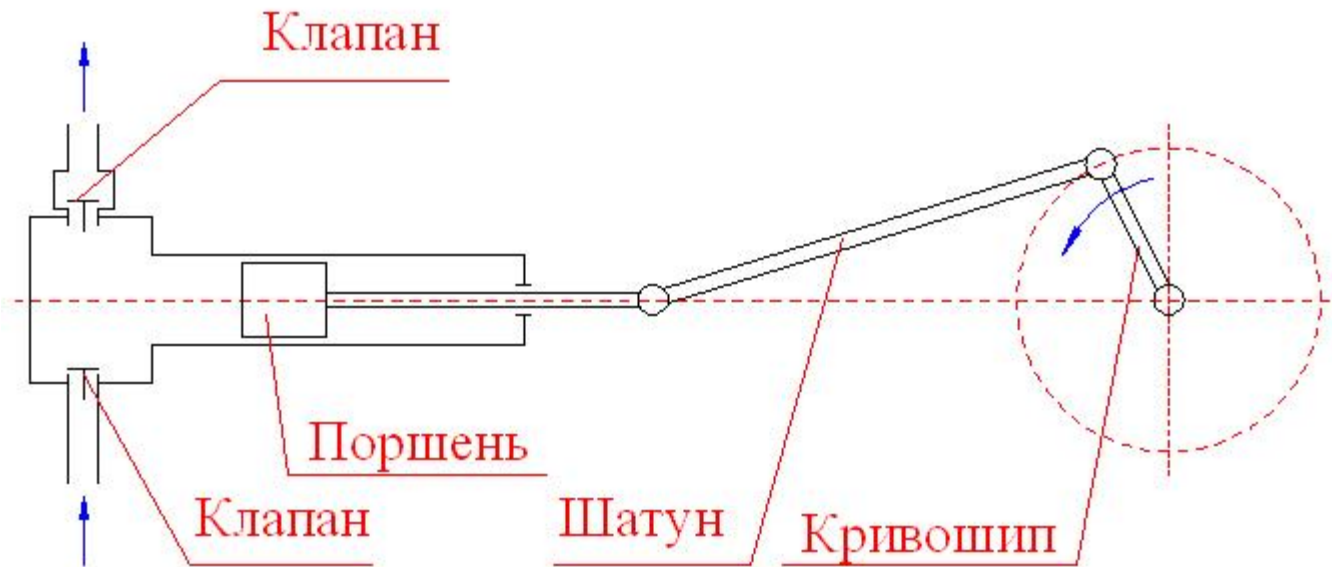
# Поршневой насос

Вместе шатун и кривошип образуют **кривошипно-шатунный механизм**, который помогает преобразовать круговое движение в линейное.



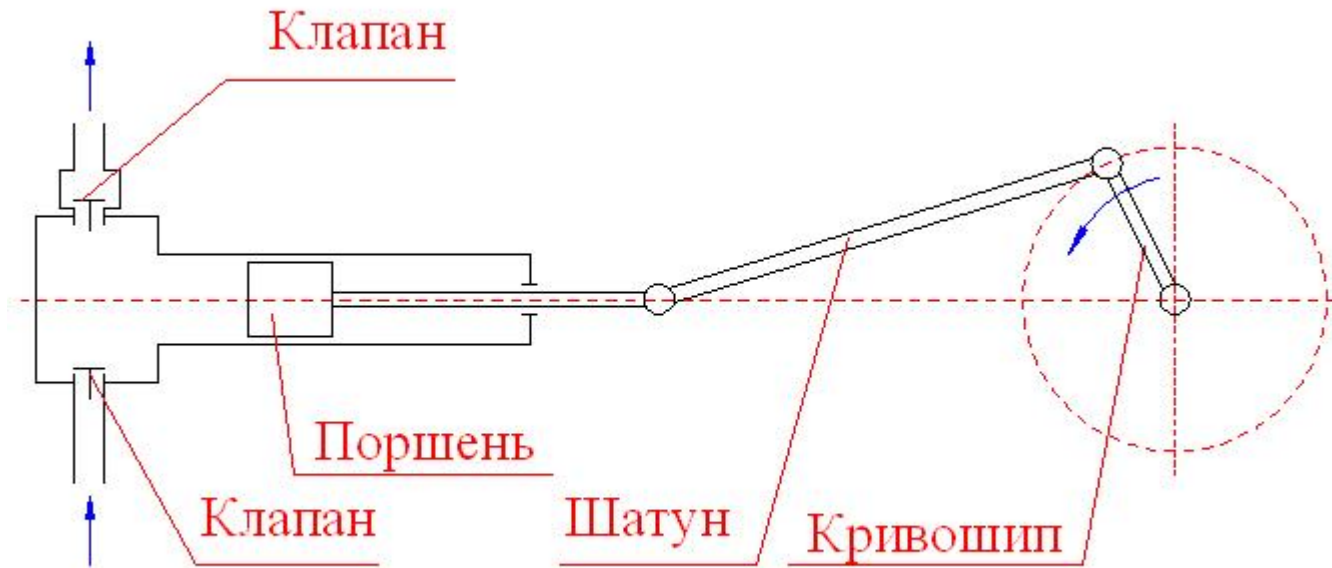
# Поршневой насос

**Трубки всасывания.** Части устройства, погружённые в жидкость, имеют различные диаметр и длину.



# Поршневой насос

**Клапаны.** С их помощью происходит контроль за входом и выходом жидкости внутри насоса.



# ***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

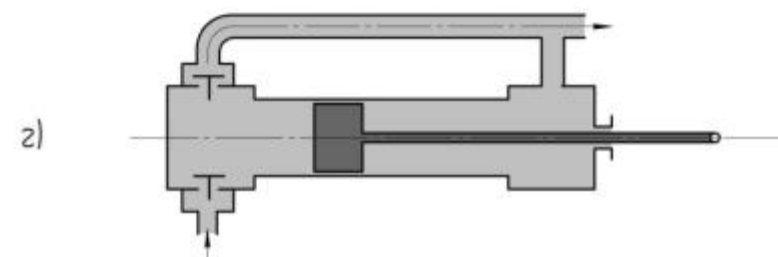
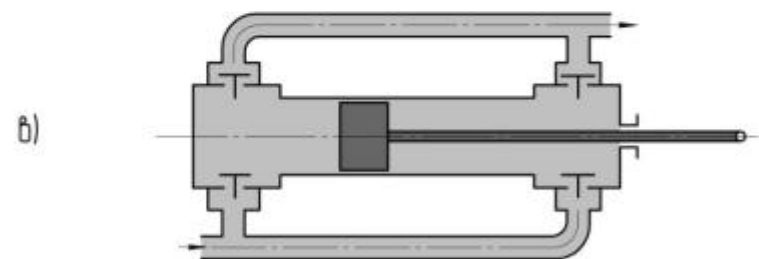
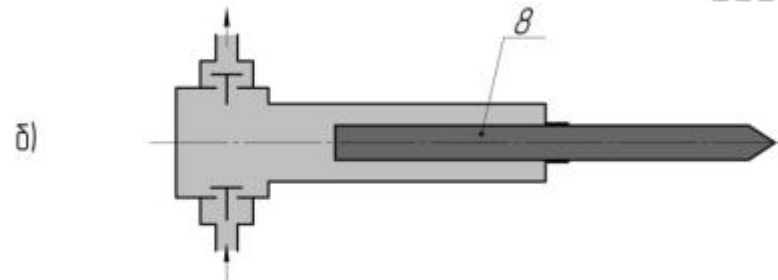
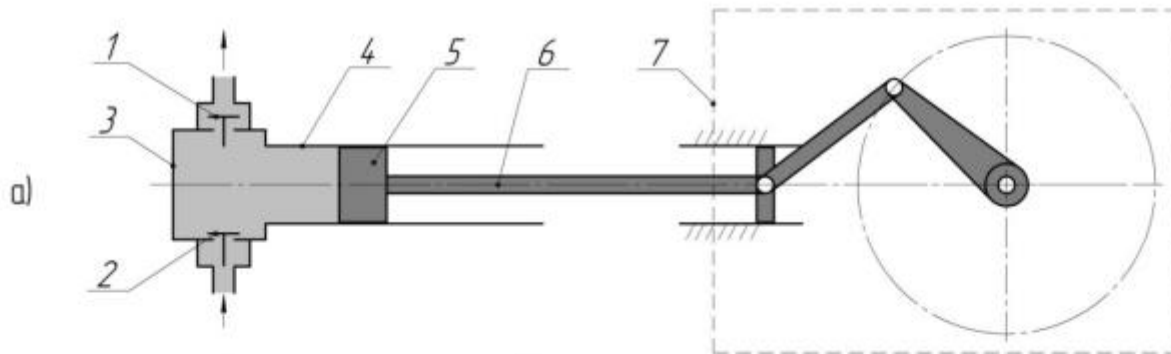
## **9. По подаче:**

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

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

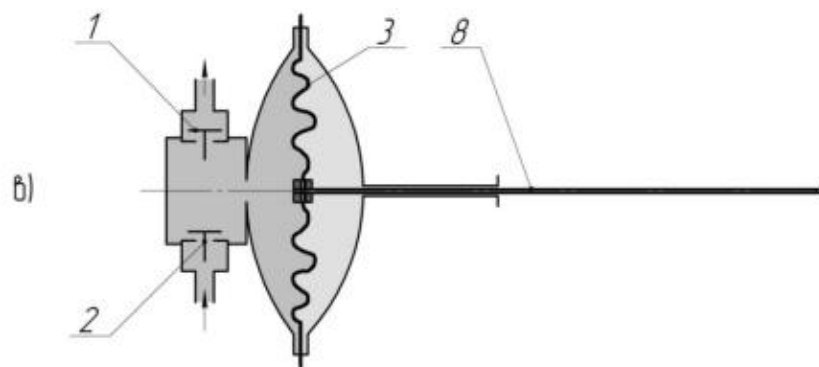
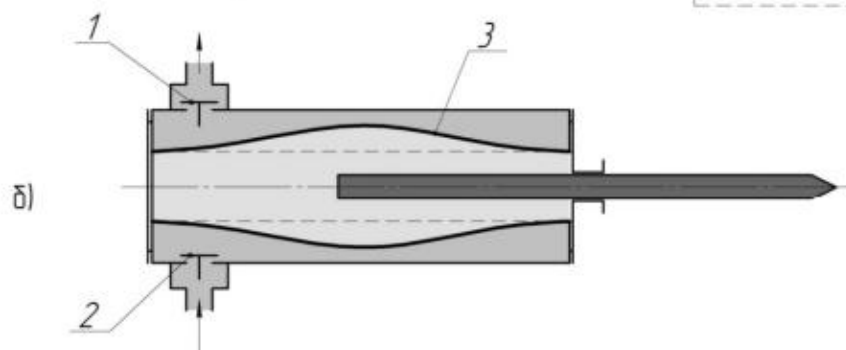
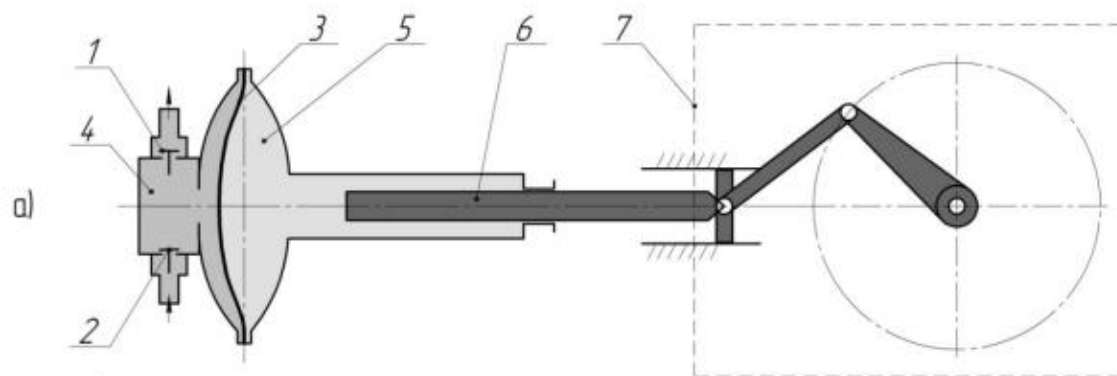
9.3. Большие, диаметр поршня  $D > 150$  мм

# Поршневые и плунжерные насосы



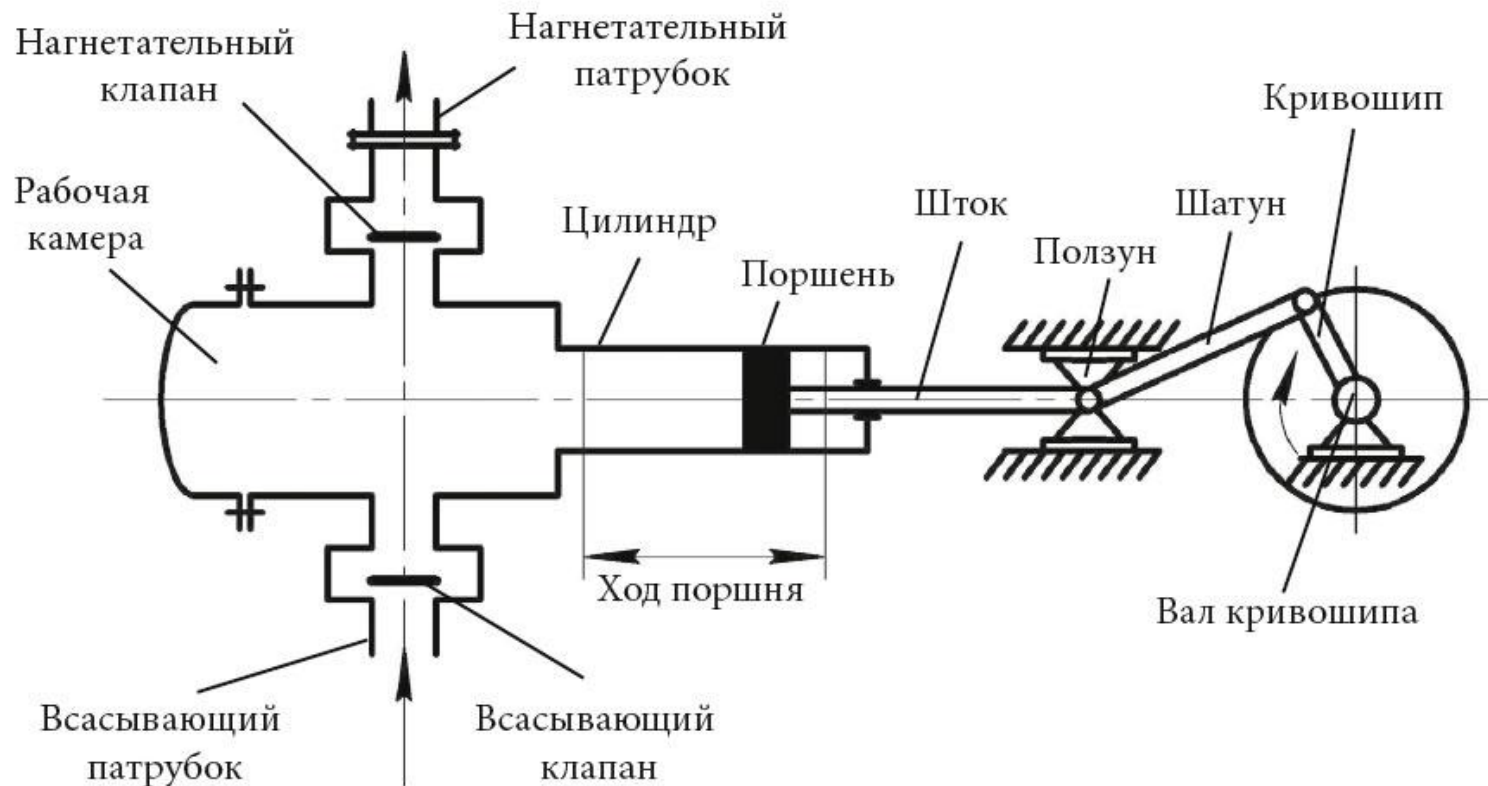
а – простейший поршневой насос; б – плунжерный насос; в – поршневой насос двойного действия; г – дифференциальный насос: 1 – нагнетательный клапан; 2 – всасывающий клапан; 3 – клапанная коробка; 4 – цилиндр; 5 – поршень; 6 – шток; 7 – приводной механизм; 8 – плунжер

# Диафрагменные насосы



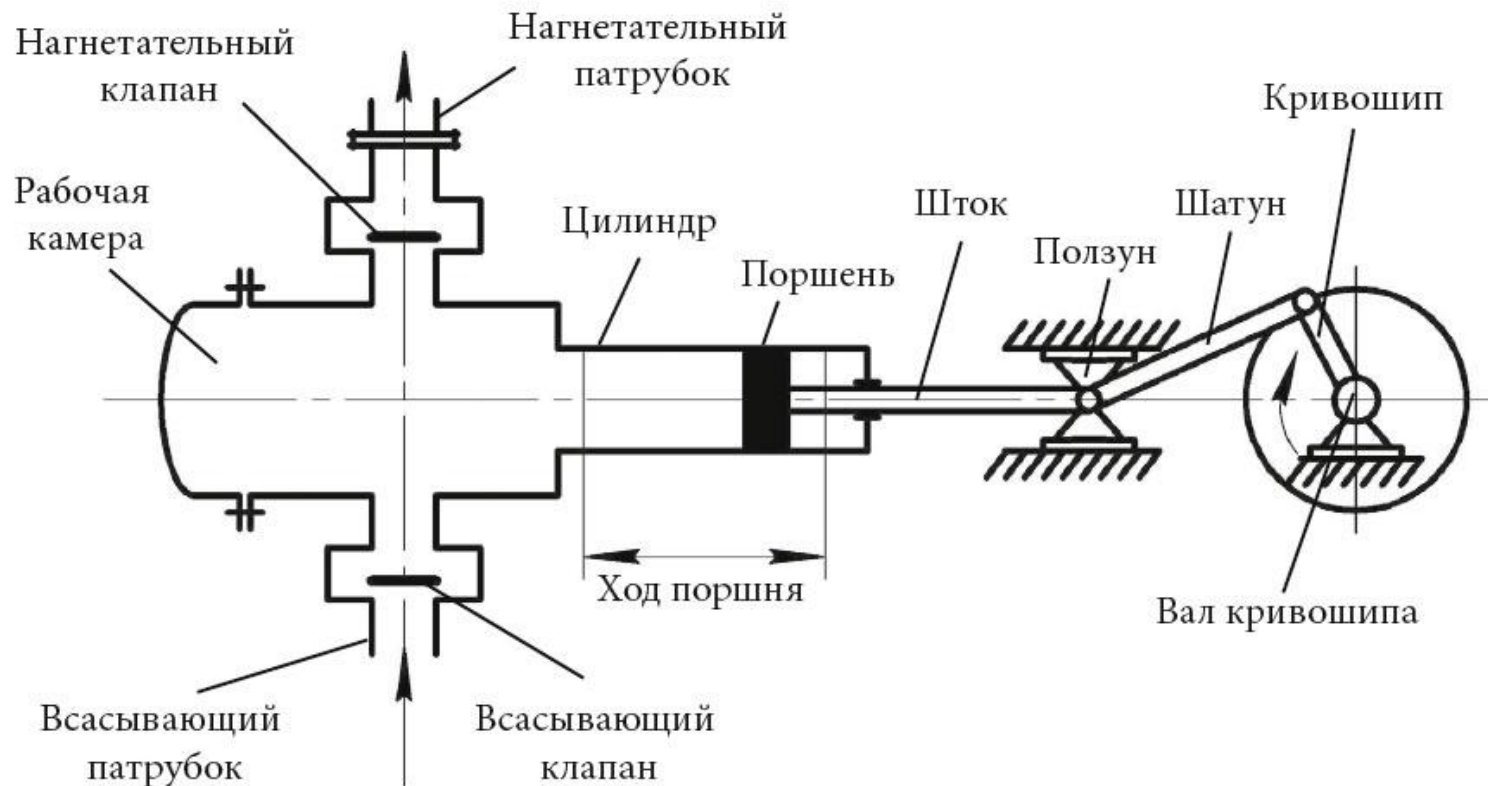
а, б – с пассивной диафрагмой;  
в – с активной диафрагмой:  
1 – нагнетательный клапан;  
2 – всасывающий клапан;  
3 – диафрагма;  
4 – перекачиваемая жидкость;  
5 – вспомогательная жидкость  
или воздух;  
6 – плунжер; 7 – приводной  
механизм; 8 – шток

# Принцип работы поршневого насоса простого действия



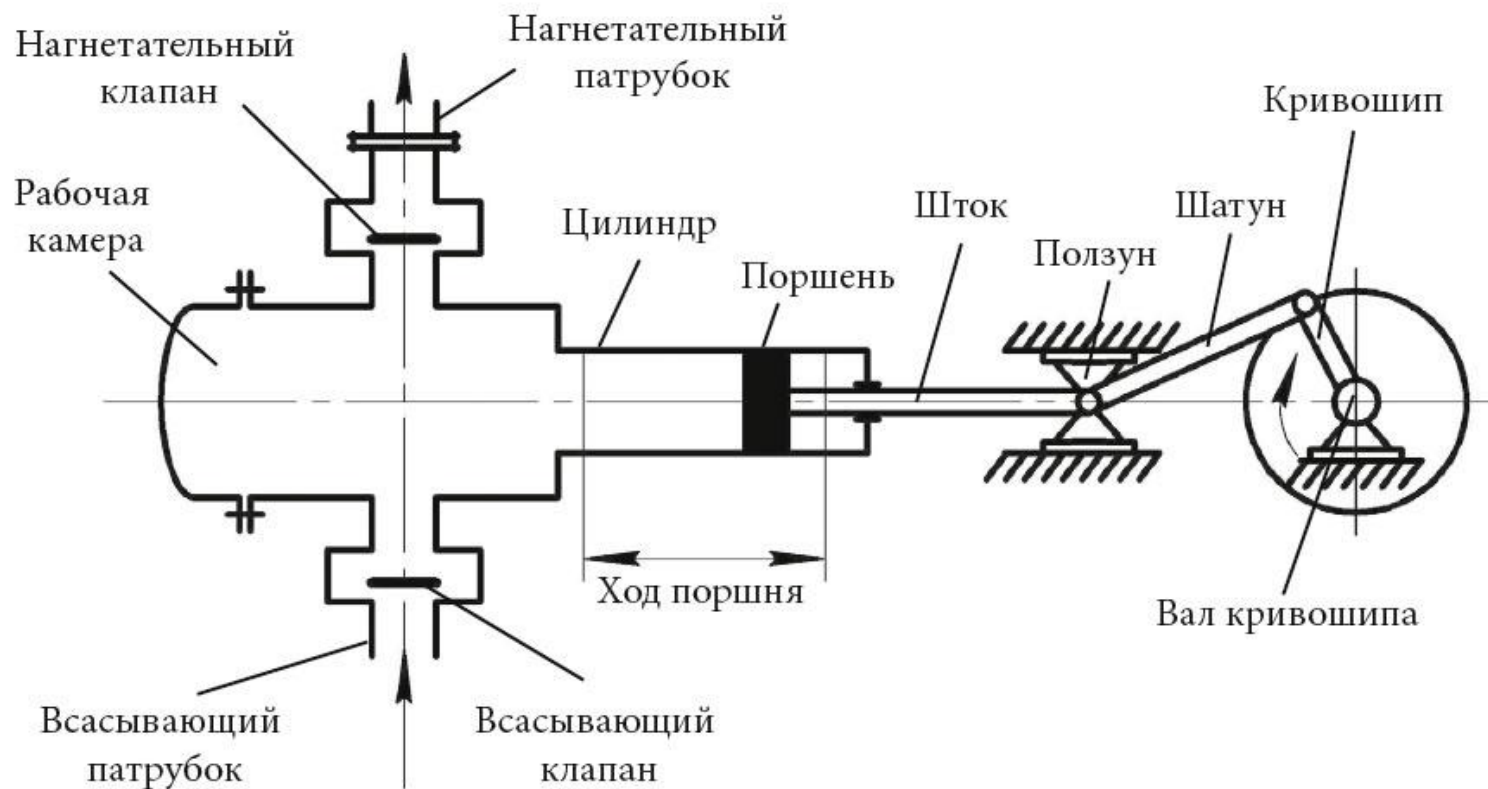
При движении поршня влево в цилиндре создаётся разрежение, вследствие чего всасывающий клапан поднимается, и жидкость из сосуда по всасывающей трубе устремляется в цилиндр, наполняет его и движется за поршнем.

# Принцип работы поршневого насоса простого действия



При обратном ходе поршня в цилиндре создаётся избыточное давление, всасывающий клапан опускается, нагнетательный клапан поднимается, и жидкость из цилиндра вытесняется поршнем по нагнетательному трубопроводу в сосуд.

# Принцип работы поршневого насоса простого действия



Таким образом, при многократном возвратно-поступательном движении поршня, осуществляемом при помощи шатунно-кривошипного механизма, жидкость попеременно всасывается из сосуда и нагнетается в сосуд.

# Принцип работы поршневого насоса двойного действия

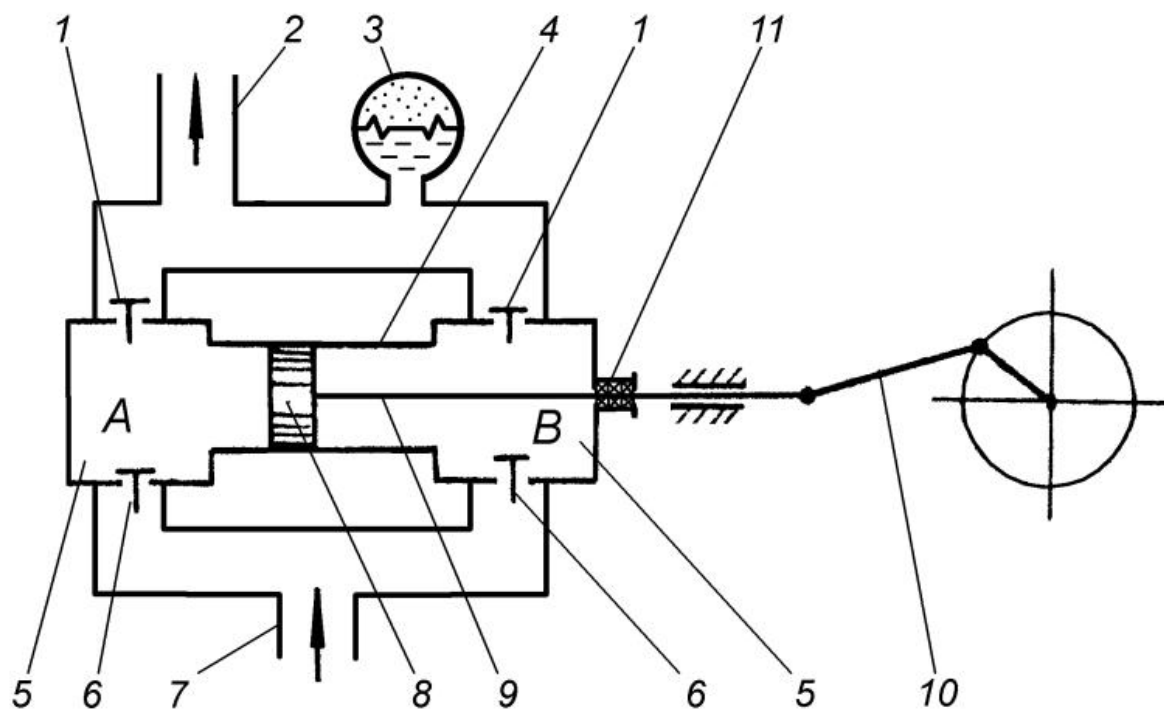


Схема поршневого насоса двойного действия

(1 – нагнетательный клапан; 2 – нагнетательный патрубок; 3 – пневмокомпенсатор; 4 – цилиндр; 5 – рабочая камера; 6 – всасывающий клапан; 7 – всасывающий патрубок; 8 – поршень; 9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм; 11 – сальник)

Принцип работы поршневого насоса двойного действия заключается в том, что за один оборот приводного вала он делает два цикла всасывания и нагнетания

# Принцип работы поршневого насоса двойного действия

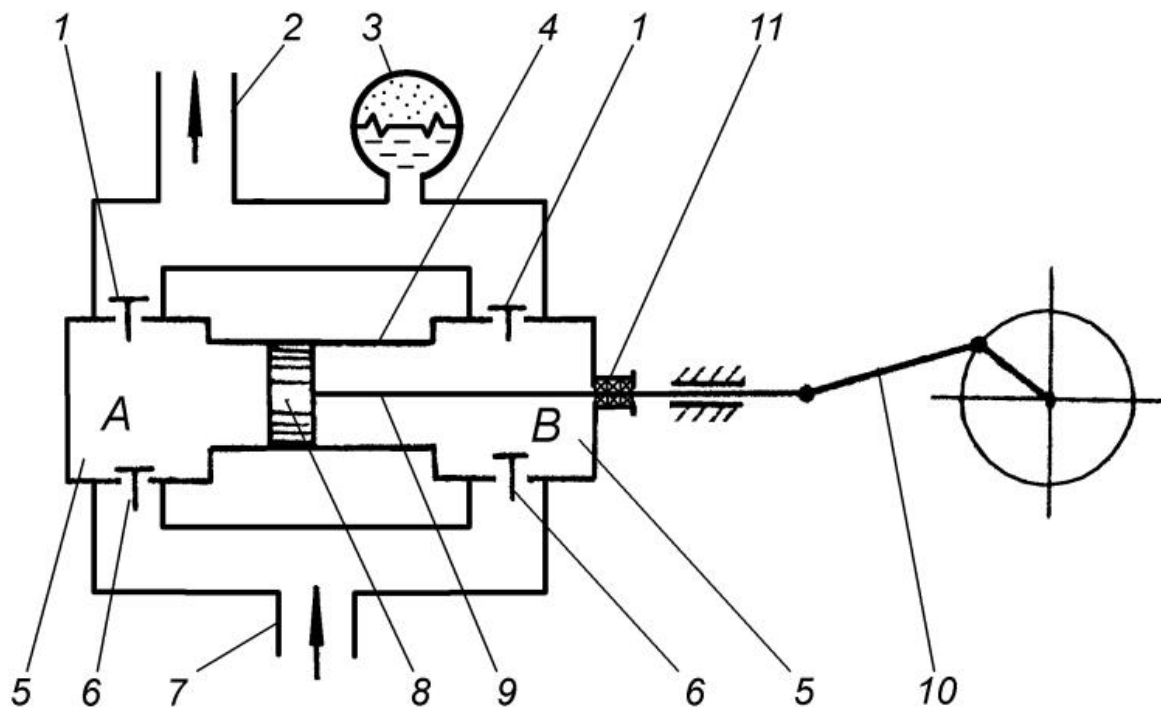


Схема поршневого насоса двойного действия

(1 – нагнетательный клапан;  
2 – нагнетательный патрубок;  
3 – пневмокомпенсатор;  
4 – цилиндр; 5 – рабочая камера;  
6 – всасывающий клапан; 7 – всасывающий патрубок; 8 – поршень;  
9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм;  
11 – сальник)

При движении поршня влево происходит всасывание жидкости из источника. При перемещении поршня вправо всасывающий клапан закрывается, напорный открывается, часть жидкости поступает к потребителю — в бак, а часть заполняет штоковую полость насоса.

# Принцип работы поршневого насоса двойного действия

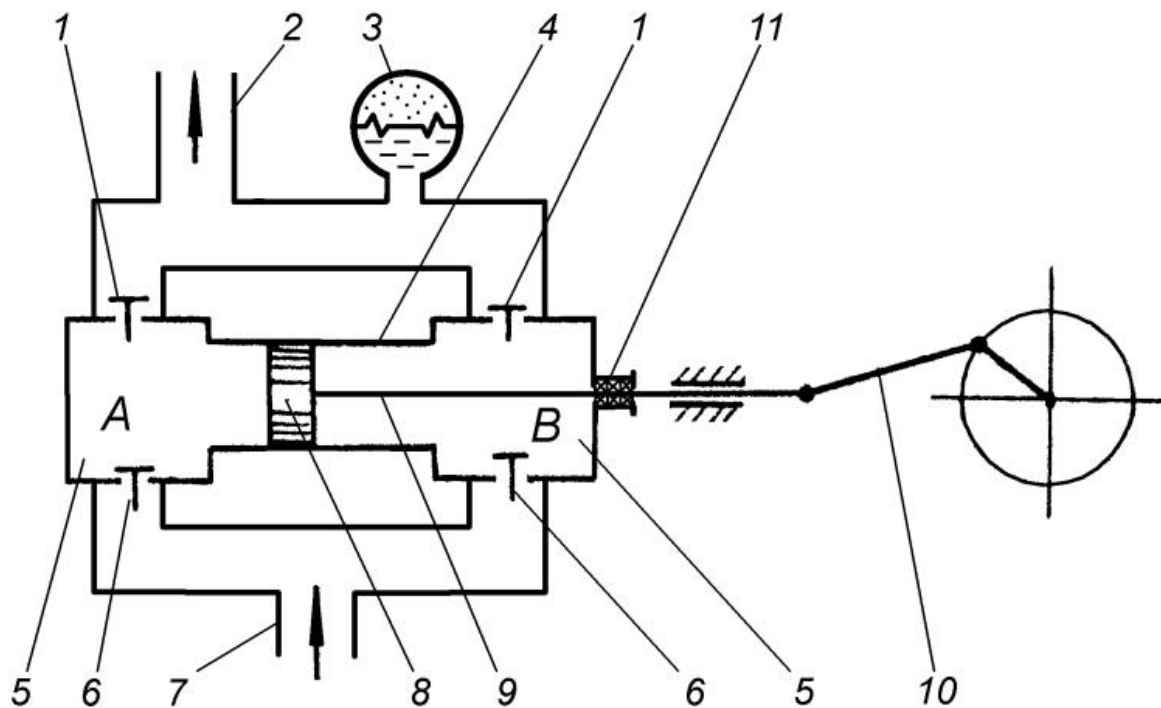


Схема поршневого насоса двойного действия  
(1 – нагнетательный клапан;  
2 – нагнетательный патрубок;  
3 – пневмокомпенсатор;  
4 – цилиндр; 5 – рабочая камера;  
6 – всасывающий клапан;  
7 – всасывающий патрубок;  
8 – поршень;  
9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм;  
11 – сальник)

При движении поршня влево он вытесняет жидкость из штоковой полости, поршневая полость при этом заполняется жидкостью из всасывающего патрубка.

# Принцип работы поршневого насоса двойного действия

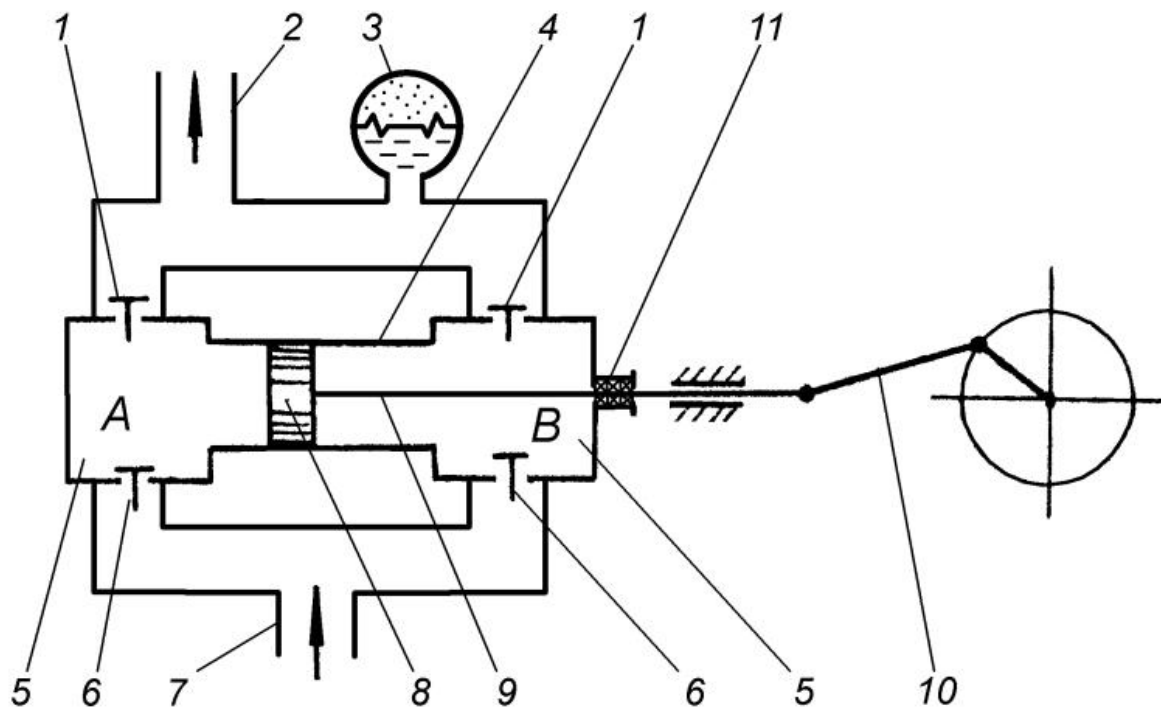


Схема поршневого насоса двойного действия

(1 – нагнетательный клапан;  
2 – нагнетательный патрубок;  
3 – пневмокомпенсатор;  
4 – цилиндр; 5 – рабочая камера;  
6 – всасывающий клапан; 7 – всасывающий патрубок; 8 – поршень;  
9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм;  
11 – сальник)

Таким образом, цилиндр разделён на две равные секции, каждая из которых имеет всасывающий и напорный патрубки, оснащённые клапаном. Такая конструкция позволяет создавать разное давление в разных секциях: когда одна секция всасывается за счёт движения поршня, другая секция находится под давлением, и наоборот

# Параметры поршневых насосов всех типов

# Средняя подача поршневых насосов всех типов

Подачей насоса называется количество жидкости, нагнетаемое насосом за единицу времени.

Средняя теоретическая подача поршневого насоса определяется суммой объемов описываемых поршнями в единицу времени.

Примем следующие обозначения:

$F$  - площадь сечения поршня или плунжера в  $m^2$ ;

$S$  - длина хода поршня в  $m$ ;

$n$  - число двойных ходов поршня в минуту;

$V$  - объем, описанный поршнем за один ход в  $m^3$ ;

$Q_T$  - теоретическая подача насоса в  $m^3/c$

## 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:

$$Q_d < Q_T,$$

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

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

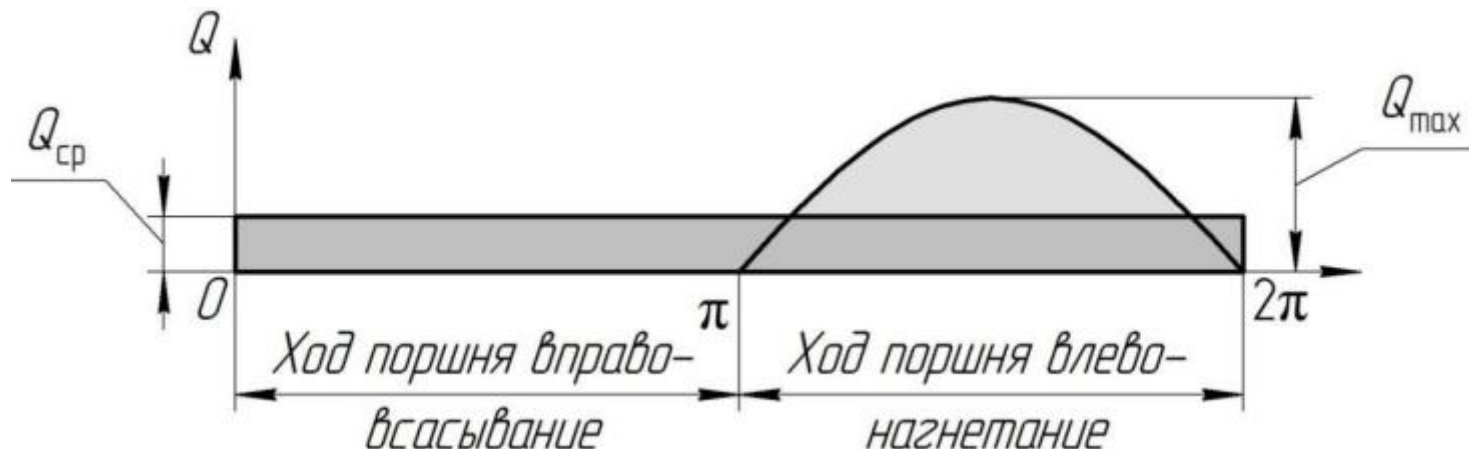
где  $\eta_{\text{у}}$  – коэффициент утечек;

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

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

# Графики подачи поршневых насосов

Насос **одинарного** действия



Степень неравномерности подачи насоса:

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

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:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{F S n}{60}.$$

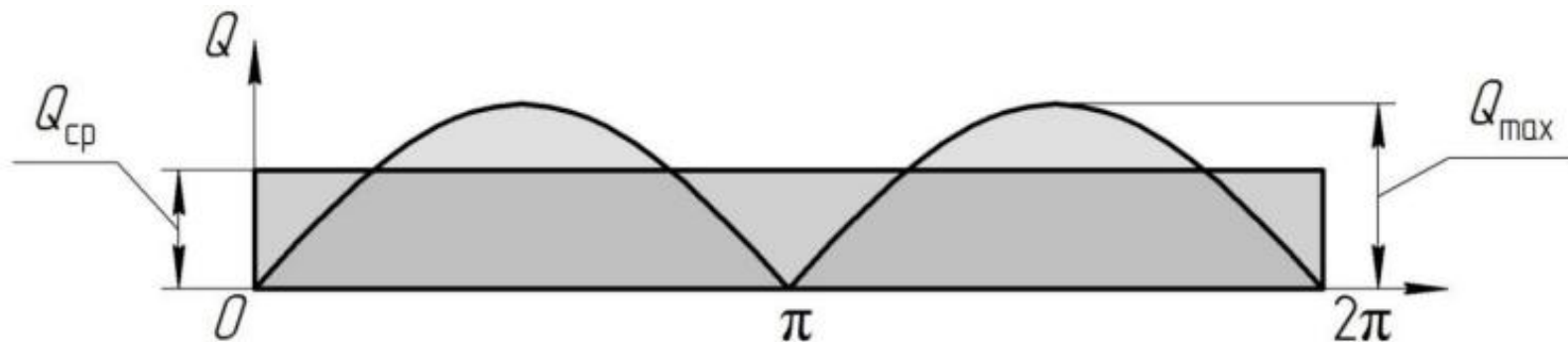
Степень неравномерности подачи насоса

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

*Важнейший показатель, характеризующий насос объемного действия, отражающий отношение максимальной подачи к средней за один оборот кривошипа*

# Графики подачи поршневых насосов

Насос **двойного** действия

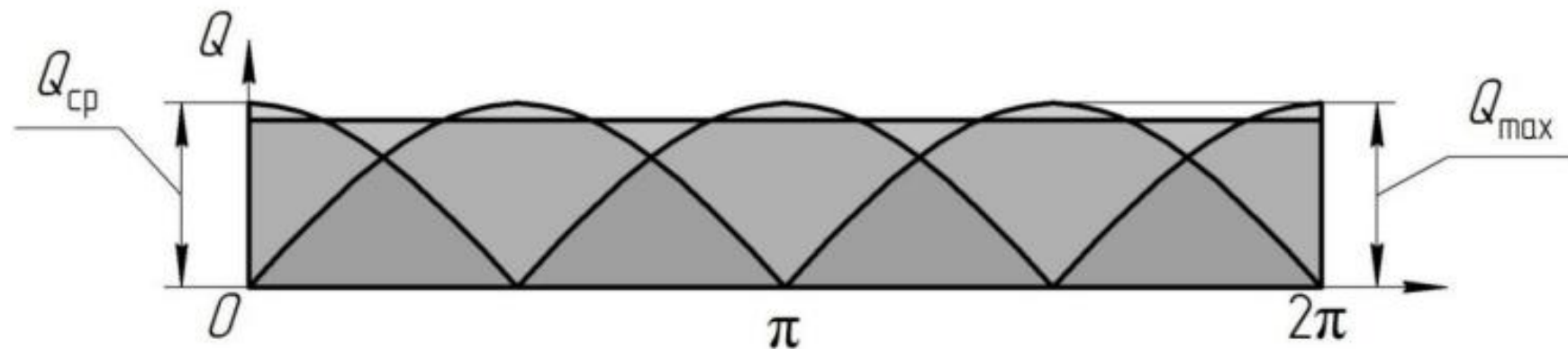


за один оборот кривошипа насоса жидкость вытесняется в напорный трубопровод дважды.

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



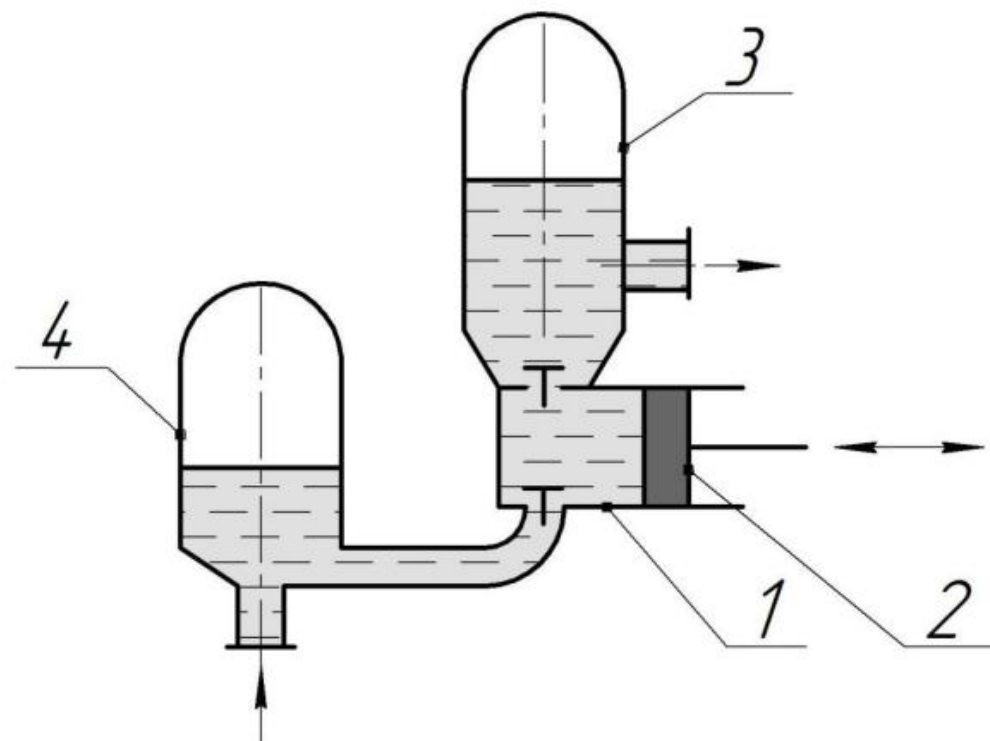
Кривошипы насоса расположены под углом  $120^\circ$  один по отношению к другому, поэтому суммарная подача всех трёх цилиндров будет характеризоваться графиком, полученным в результате сложения трёх синусоид, сдвинутых на  $120^\circ$  по отношению друг к другу.

## 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 (пнеumoкомпенсаторы)

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

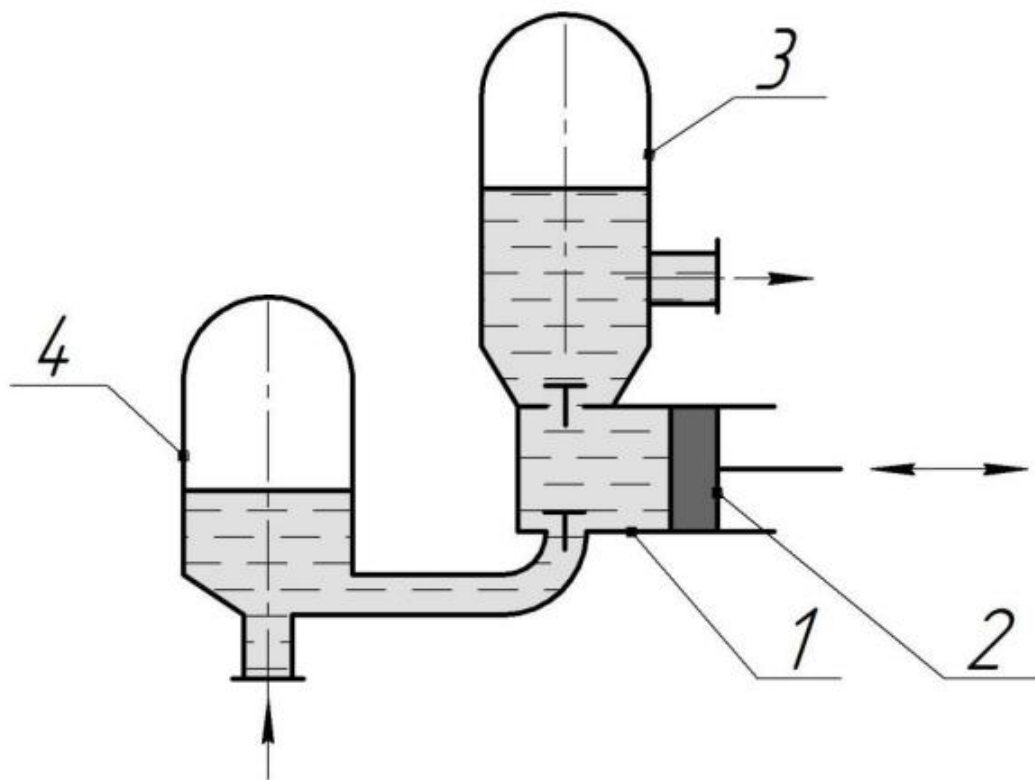


Поршневой насос с воздушными колпаками: 1 – цилиндр насоса; 2 – поршень насоса; 3 – воздушный колпак на нагнетательном трубопроводе; 4 – воздушный колпак на всасывающем трубопроводе<sup>87</sup>

# Воздушные колпаки (пнеumoкомпенсаторы)

## Принцип действия

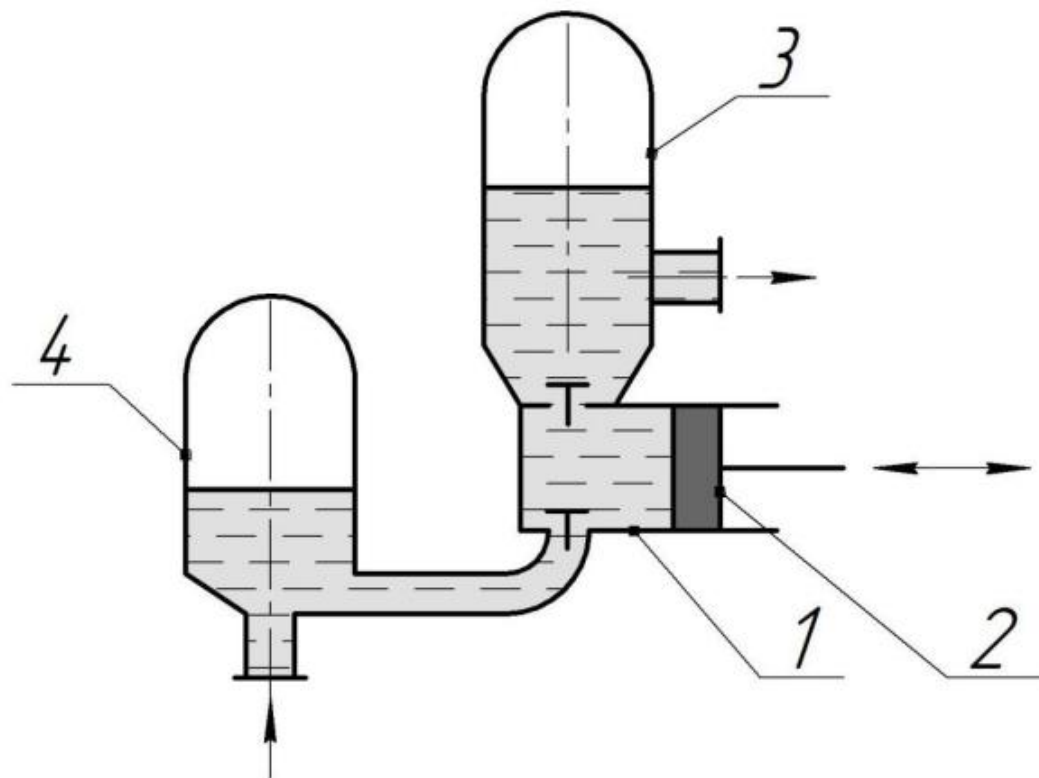
воздушных колпаков заключается в их заполнении перекачиваемой жидкостью при увеличении мгновенной подачи выше средней и в опорожнении при уменьшении ее ниже средней.



Поршневой насос с воздушными колпаками: 1 – цилиндр насоса; 2 – поршень насоса; 3 – воздушный колпак на нагнетательном трубопроводе; 4 – воздушный колпак на всасывающем трубопроводе<sub>88</sub>

## Воздушные колпаки (пнеumoкомпенсаторы)

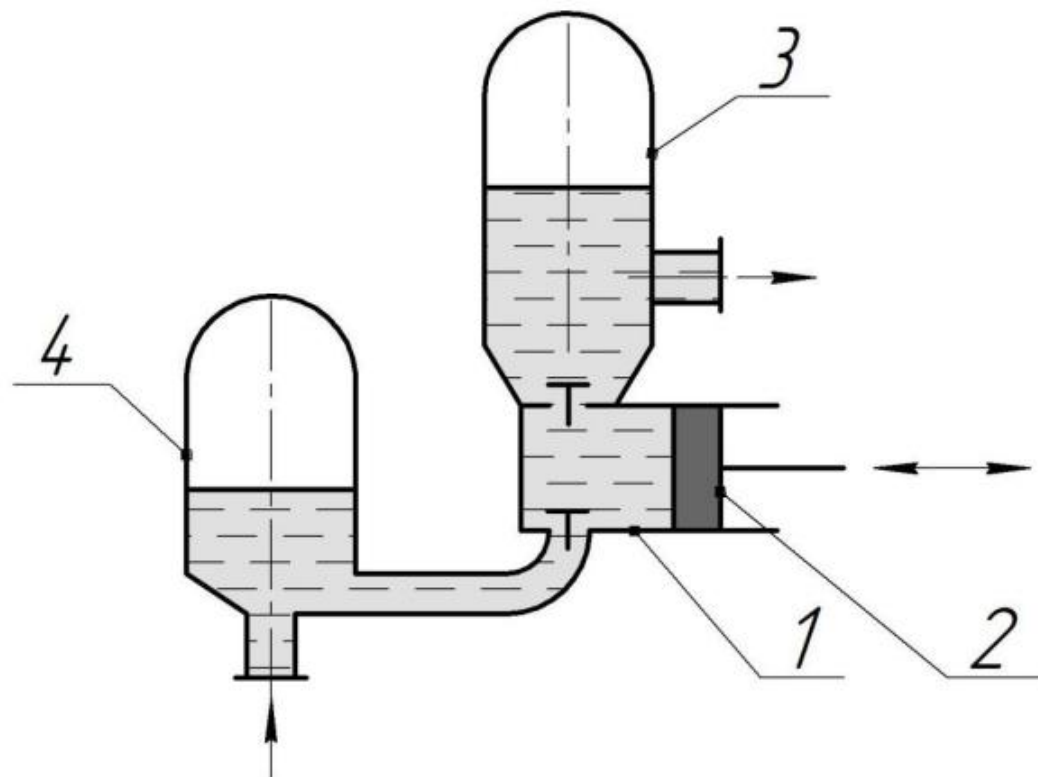
В результате в напорном и всасывающем трубопроводах поддерживается постоянная скорость движения жидкости, и влияние сил инерции ее движения сводится к минимуму.



Поршневой насос с воздушными колпаками: 1 – цилиндр насоса; 2 – поршень насоса; 3 – воздушный колпак на нагнетательном трубопроводе; 4 – воздушный колпак на всасывающем трубопроводе<sup>89</sup>

# Воздушные колпаки (пнеumoкомпенсаторы)

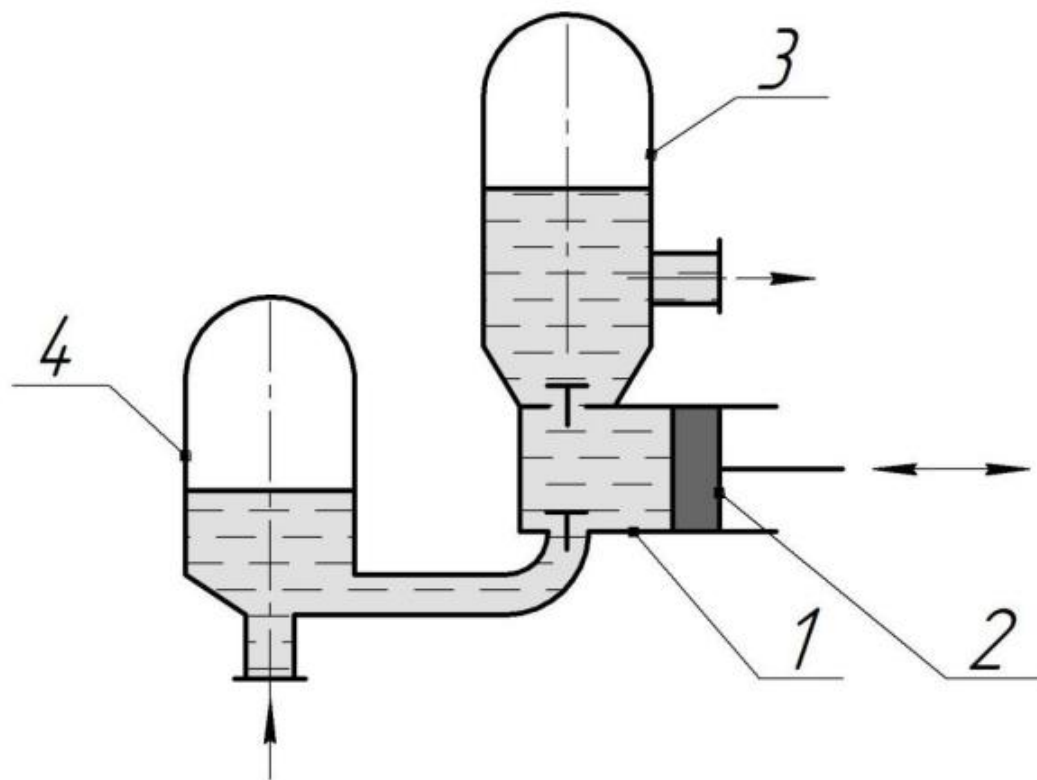
Установка  
воздушных колпаков  
позволяет резко  
улучшить параметры  
насосов, повысить  
их подачу и  
надежность.



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

# Воздушные колпаки (пневнокомпенсаторы)

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

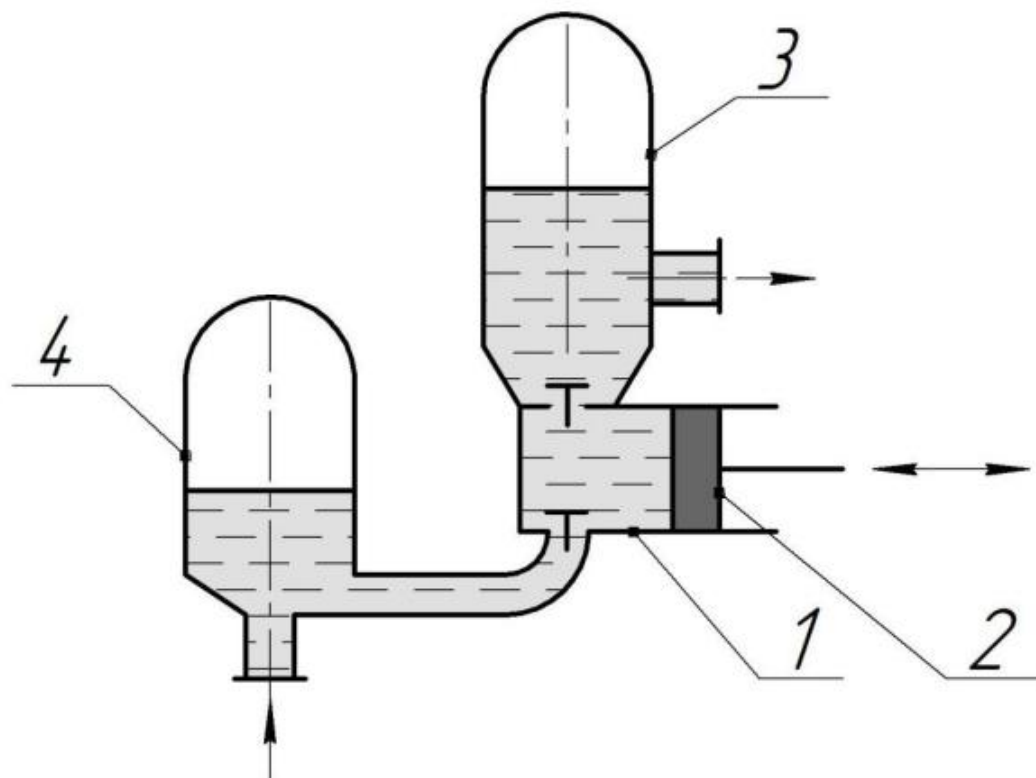


Поршневой насос с воздушными колпаками: 1 – цилиндр насоса; 2 – поршень насоса; 3 – воздушный колпак на нагнетательном трубопроводе; 4 – воздушный колпак на всасывающем трубопроводе<sub>91</sub>

# 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<sup>92</sup>

## Работа и мощность поршневого насоса

Работа насоса, совершаемая за один цикл:

$$A = F S H_{\text{п}} \rho g ,$$

где  $H_{\text{п}}$  – высота подъема жидкости

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

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

$h_{\text{н}}$  – высота нагнетания

Гидравлическая (полезная) мощность насоса:

$$N_{\text{г}} = \rho g Q H_{\text{п}} .$$

# Работа и мощность поршневого насоса

$h_{\text{вс}}$  — высота всасывания

это расстояние по вертикали от уровня жидкости в расходном резервуаре до всасывающего патрубка насоса

Различают *теоретическую, вакуумметрическую и геометрическую (практическую) высоту всасывания.*

## Работа и мощность поршневого насоса

**Теоретическая высота всасывания (НТ)** — равная 1 атмосфере и составляющая 10,33 метра водного столба, или 760 мм ртутного столба, или  $1 \text{ кгс/см}^2$ .

**Вакуумметрическая высота всасывания (НВ)** — это величина вакуума, создаваемая насосом, а в энергетическом смысле — это энергия, выраженная в метрах, которая необходима жидкости для подъёма на высоту всасывания.

НВ зависит, как правило, от мощности насоса, создающего вакуум, и измеряется в метрах водного столба.

## Работа и мощность поршневого насоса

**Геометрической (практической) высотой всасывания (НГ)** называется разность отметок между поверхностью воды и осью насоса.

*Высота всасывания насоса зависит от атмосферного давления, температуры и удельного веса перекачиваемой жидкости, потерь напора во всасывающей линии и конструктивных особенностей насоса.*

# Работа и мощность поршневого насоса

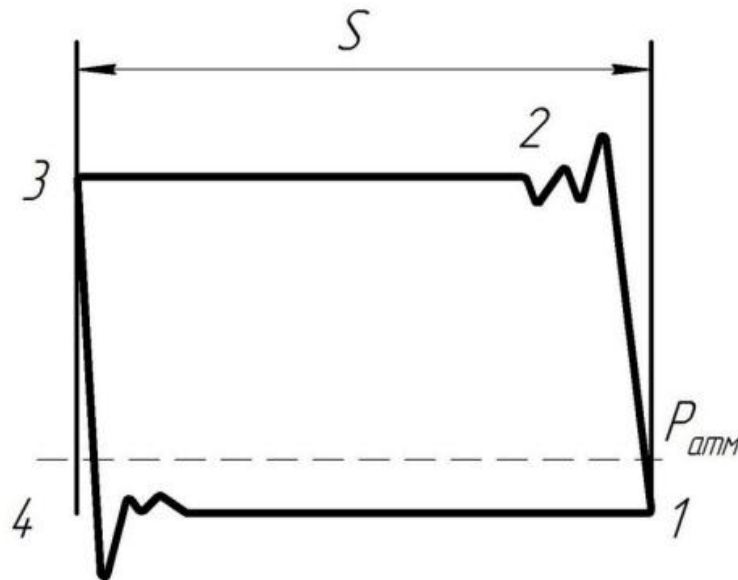
$h_n$  – высота нагнетания

это разница в уровне между насосом и наивысшей точкой, в которую подаётся жидкость.

# Индикаторная диаграмма насоса

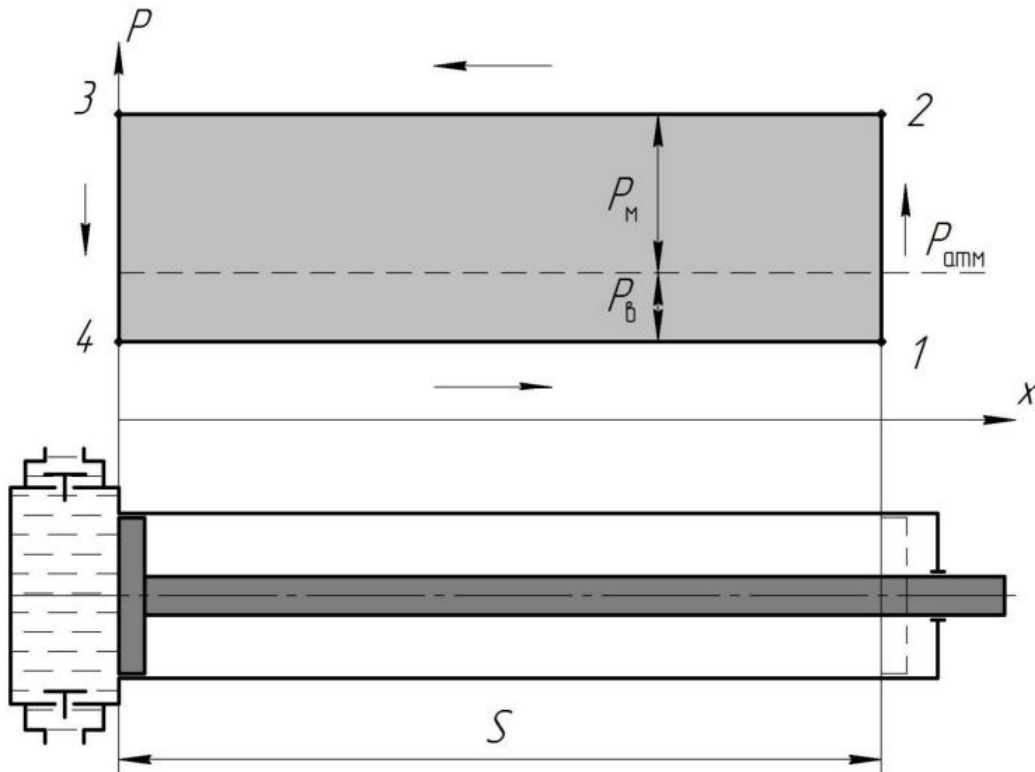
Индикаторная диаграмма насоса показывает, как меняется давление в цилиндре и клапанной коробке за 2 хода поршня.

Площадь индикаторной диаграммы – работа поршня за цикл.



Индикаторная диаграмма реального насоса

# Индикаторная диаграмма насоса

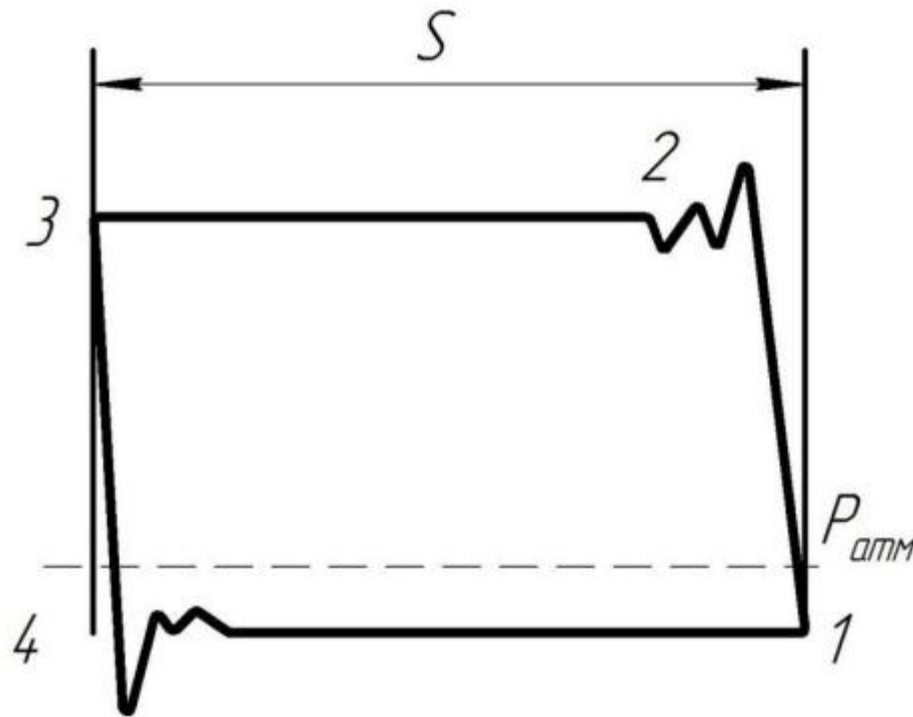


Индикаторная диаграмма идеального насоса

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.

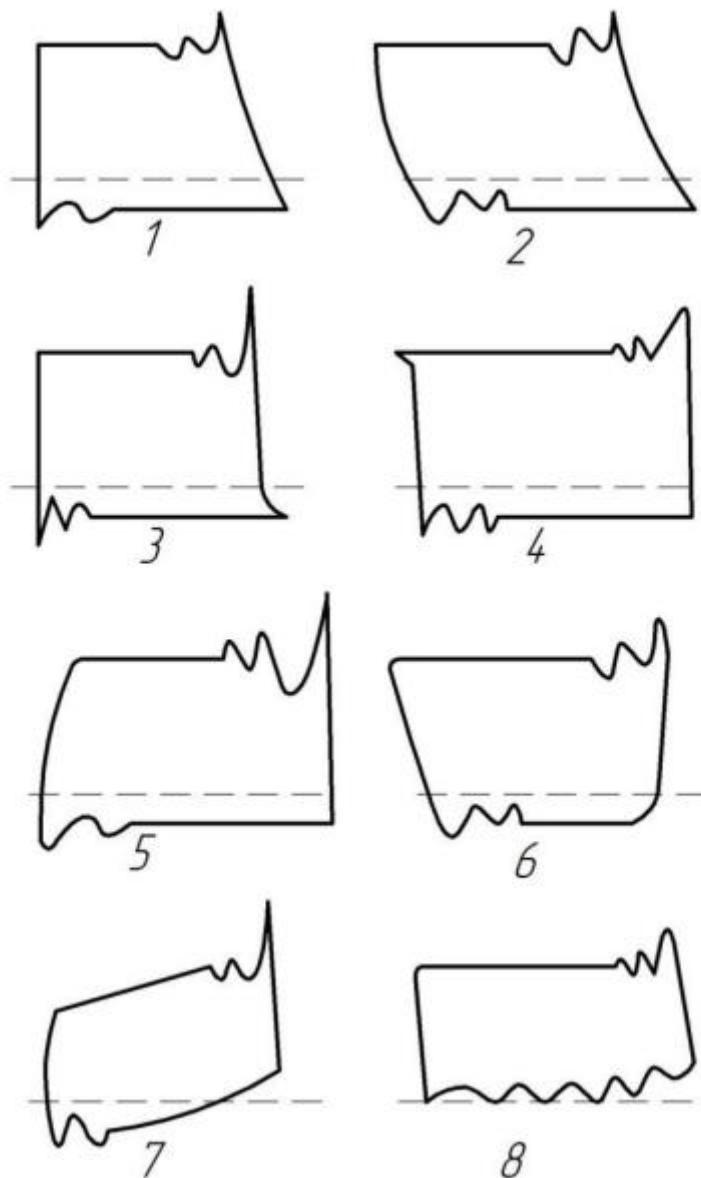
# Индикаторная диаграмма насоса



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  $\eta_{\Gamma}$  – 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

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

$N$  – требуемая мощность привода.

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

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

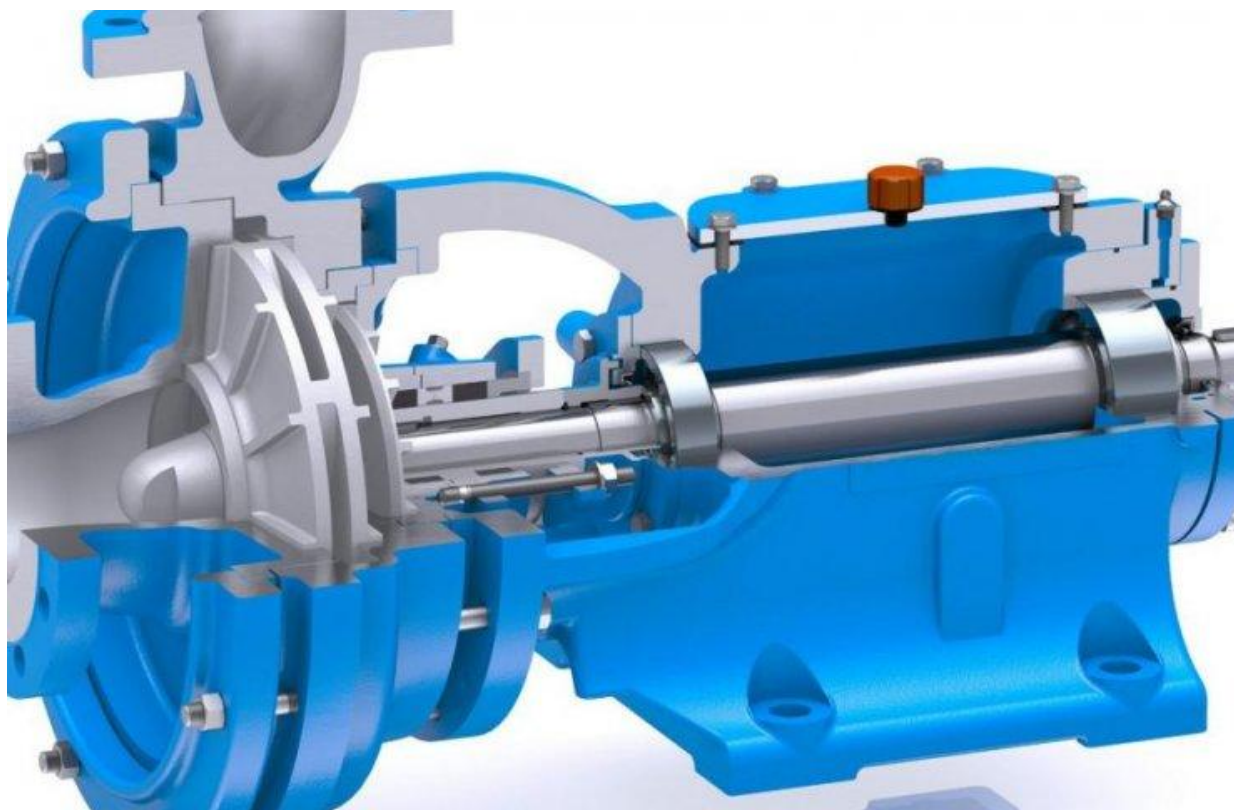
$\eta_{\text{п}}$  – КПД приводной передачи (для клиноременной 0,92, для цепной – 0,98);

$\varphi$  – коэффициент запаса:

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

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

# Роторные гидромашины



# Роторные гидромашины

***Роторными насосами*** называются гидравлические машины, работающие по принципу вытеснения жидкости.

## Достоинства:

1. Малая удельная масса и объем
2. Возможность регулирования и реверса
3. Высокий КПД
4. Высокая быстроходность ( $n = 2000 \dots 5000$  об/мин)
5. Большая надежность
6. Большая равномерность подачи
7. Отсутствие всасывающих и нагнетающих клапанов
8. Способность работать только на чистых, неагрессивных и смазывающих жидкостях

# Роторные гидромашины

## **Применение в нефтегазовой отрасли:**

используются как вспомогательное насосное оборудование (для откачки химических продуктов, легких и тяжелых углеводородов).

# Роторные насосы

## *Основные параметры:*

- Рабочий объем от 0,2 до 200 см<sup>3</sup>
- Максимальное давление до 2 МПа
- Частота вращения 400...5000 мин<sup>-1</sup>

# Роторные гидромашины

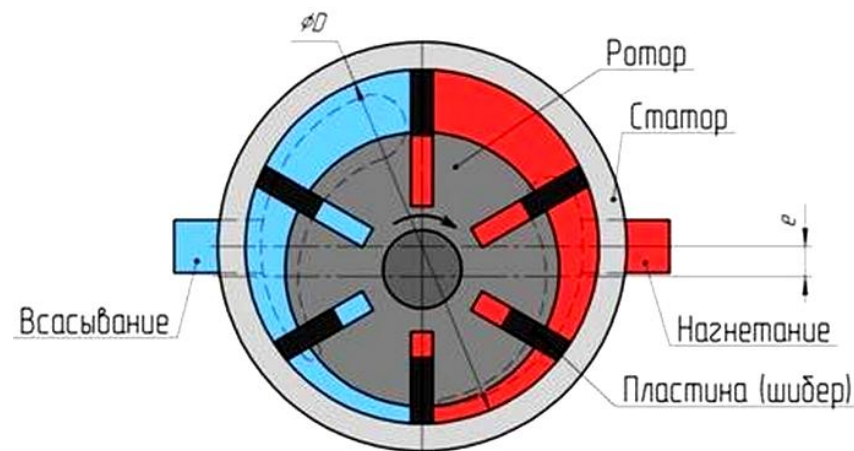
Роторный насос состоит из

**3 основных частей:**

- Статор (неподвижный корпус);
- Ротор;
- Вытеснитель (один или несколько)

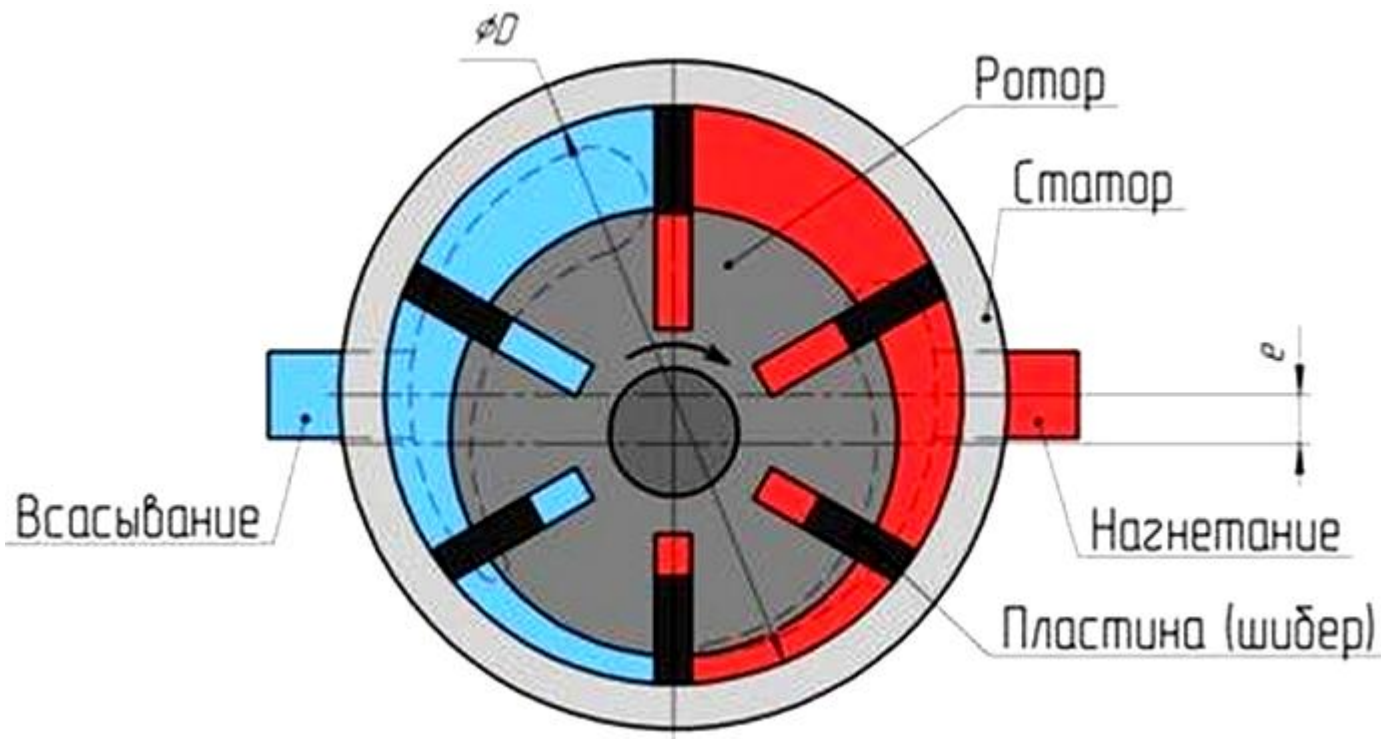
Рабочий *процесс состоит из 3 этапов:*

- Заполнение рабочих камер жидкостью;
- Замыкание рабочих камер и их перенос;
- Вытеснение жидкости из рабочих камер



# Роторные гидромашины

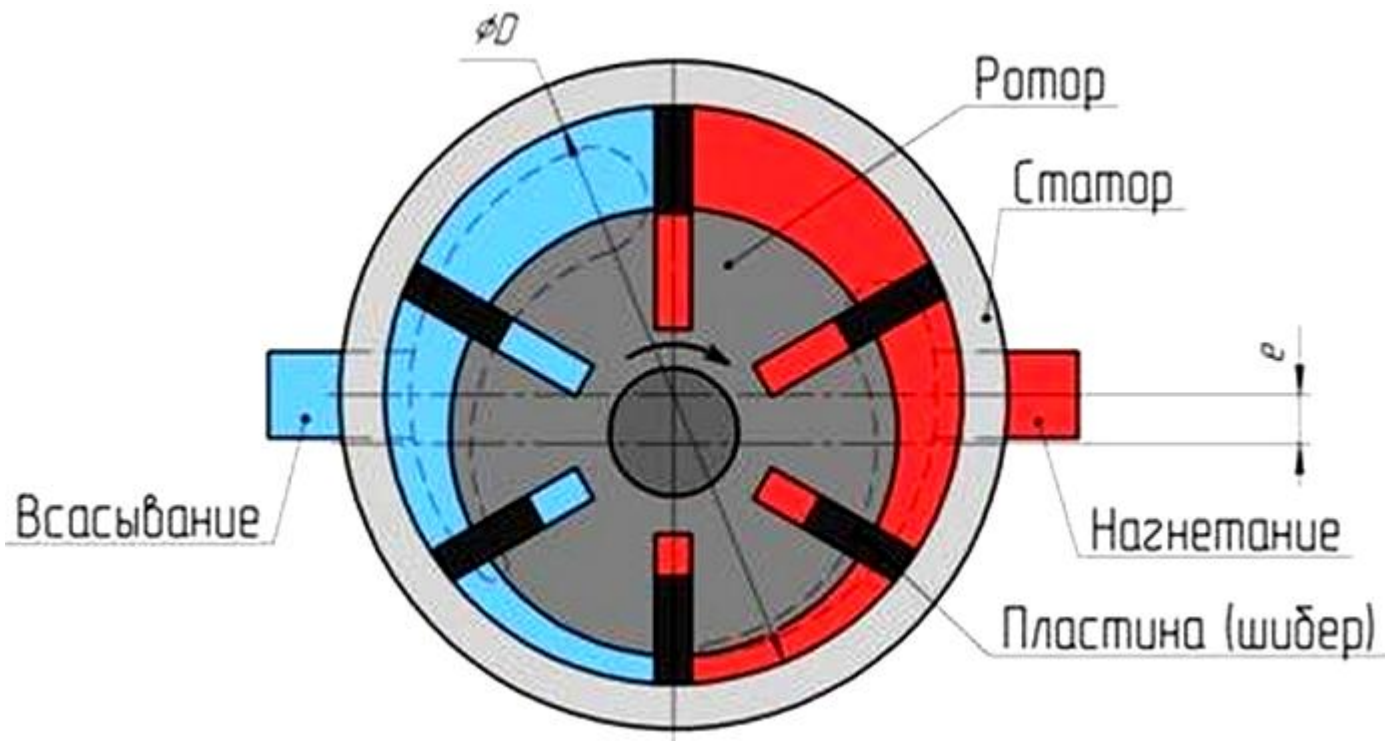
## Принцип работы



1. Ротор вращается внутри корпуса, при этом лопатки, находящиеся в пазах, прижимаются к внутренней стенке корпуса за счёт центробежной силы и/или пружин.

# Роторные гидромашины

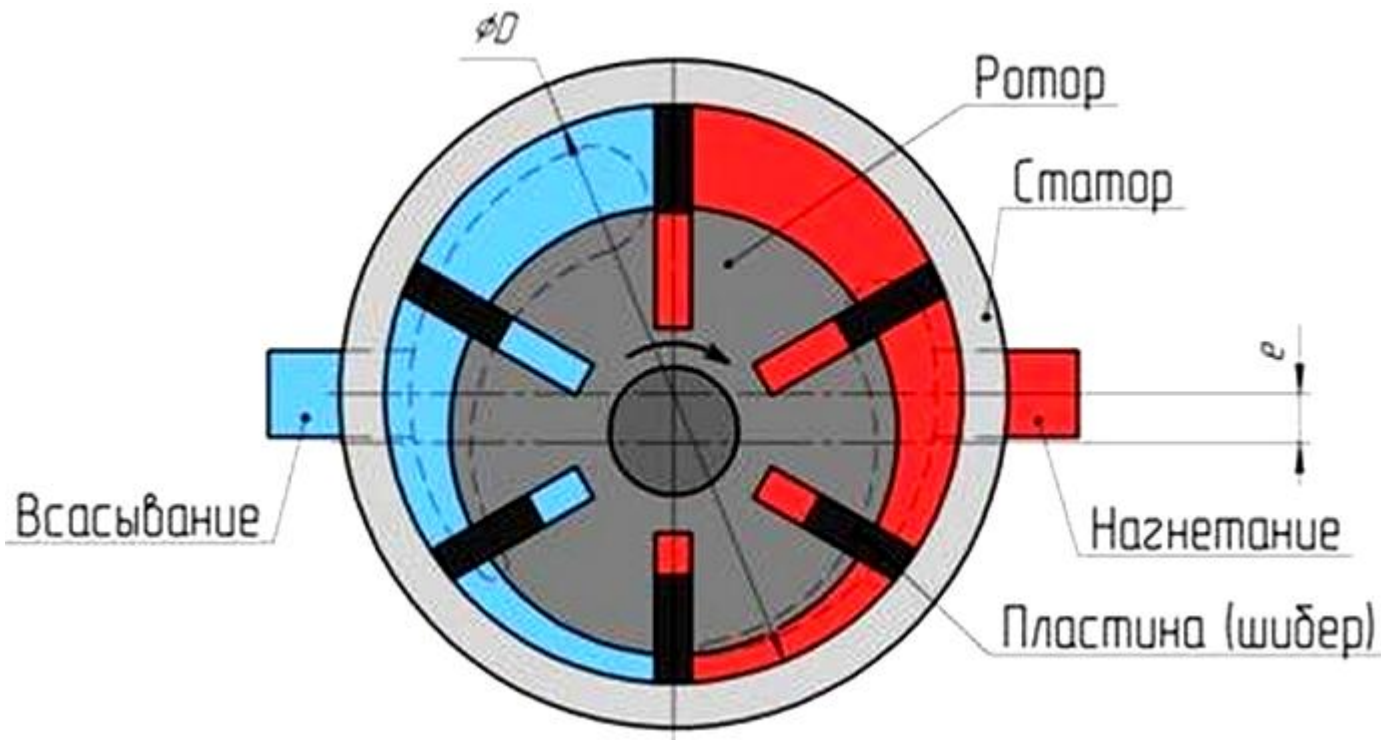
## Принцип работы



*2. Ротор установлен эксцентрично и во время вращения создаёт зоны с изменяющимся объёмом.*

# Роторные гидромашины

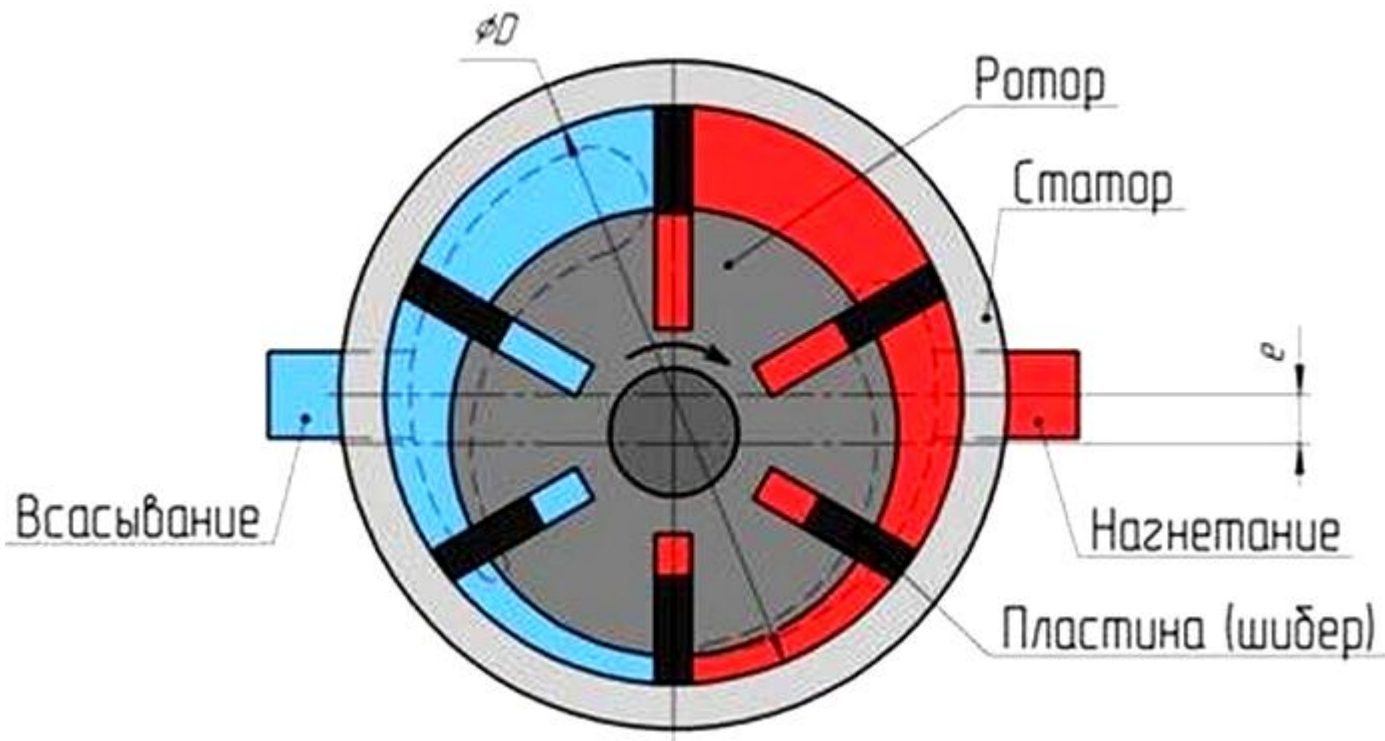
## Принцип работы



*3. В зоне всасывания объём увеличивается, создавая разрежение, которое втягивает жидкость или газ внутрь насоса.*

# Роторные гидромашины

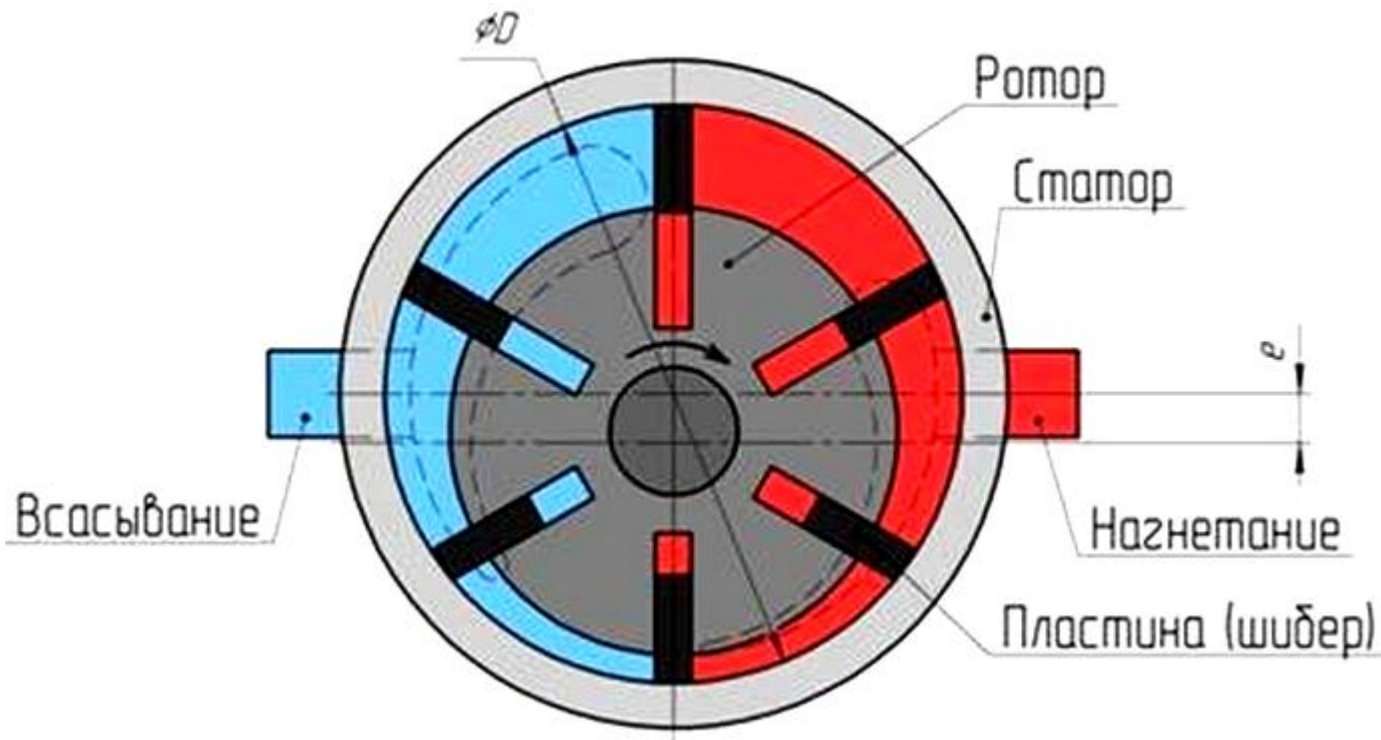
## Принцип работы



4. Поступившая среда захватывается пластинами и перемещается к зоне нагнетания.

# Роторные гидромашины

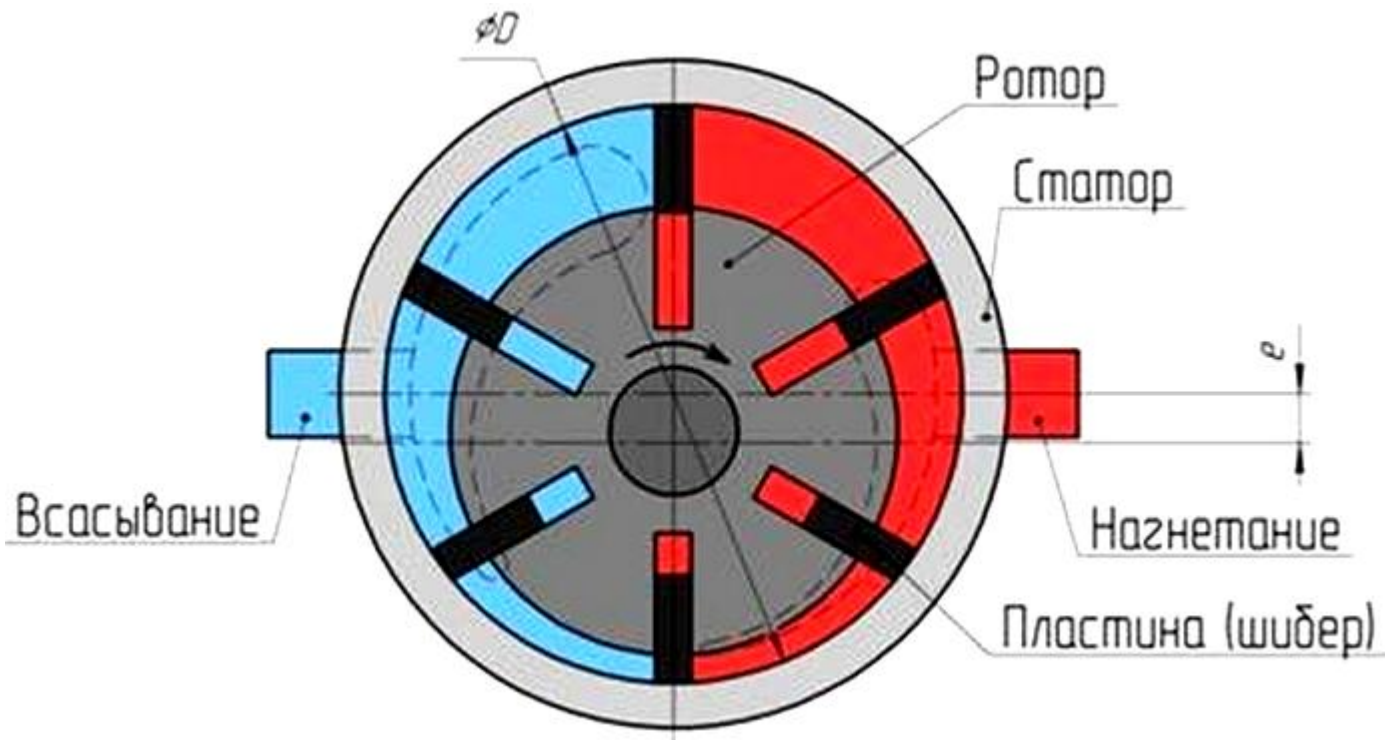
## Принцип работы



5. Здесь объём камеры постепенно уменьшается, что приводит к сжатию среды и её вытеснению через выпускное отверстие.

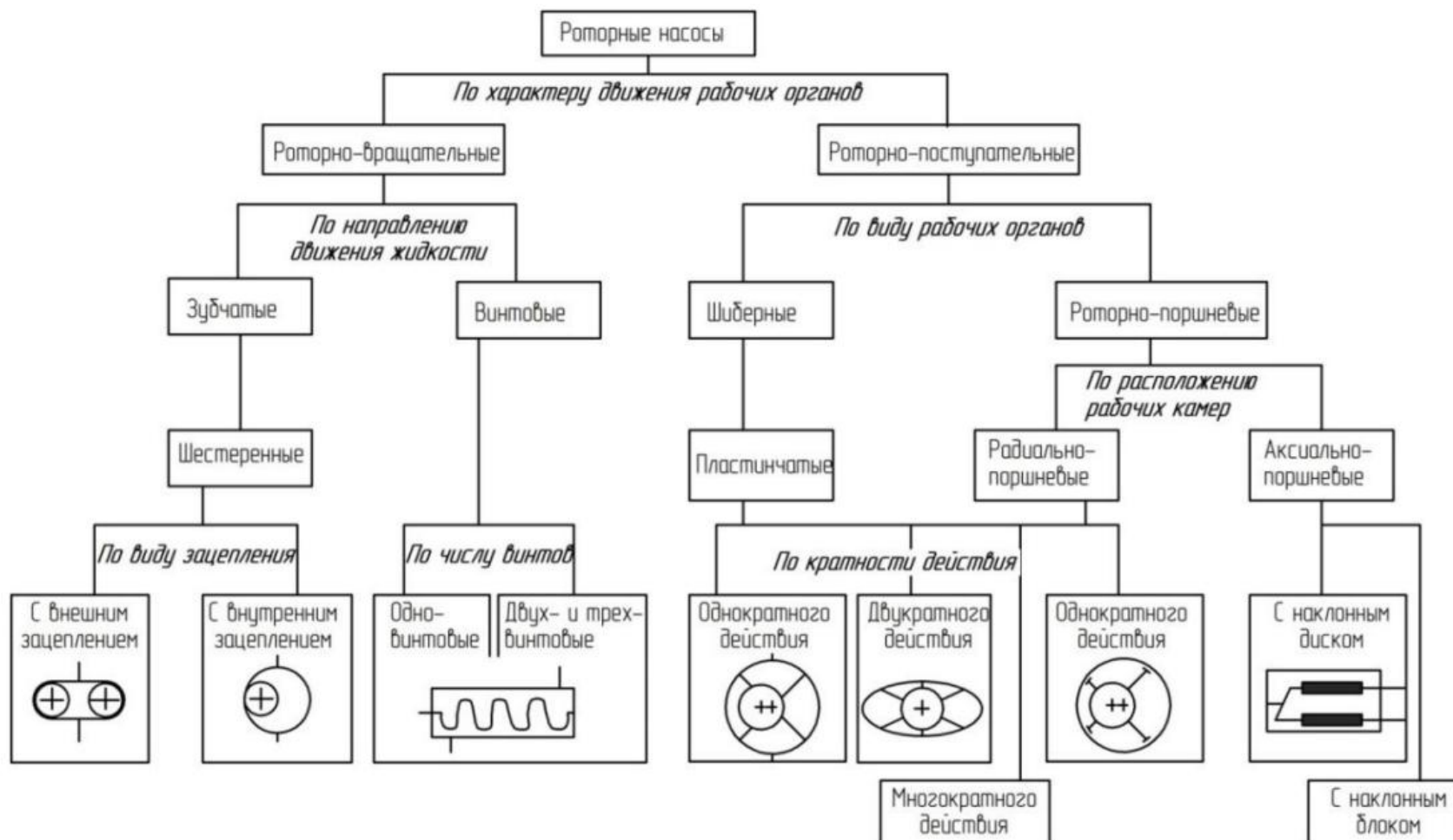
# Роторные гидромашины

## Принцип работы



Этот цикл непрерывно повторяется, обеспечивая стабильное и равномерное перемещение среды через насос.

# Классификация роторных гидромашин



# Роторные насосы

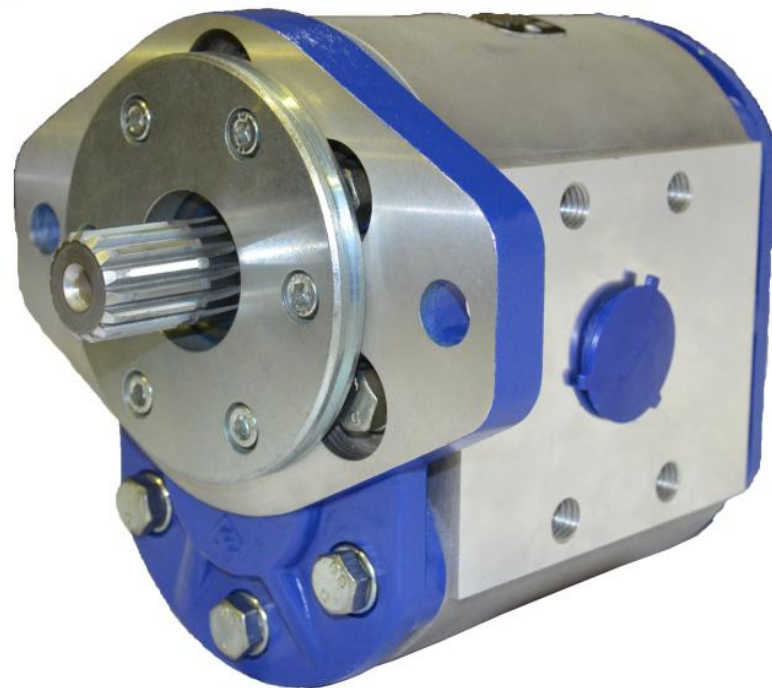
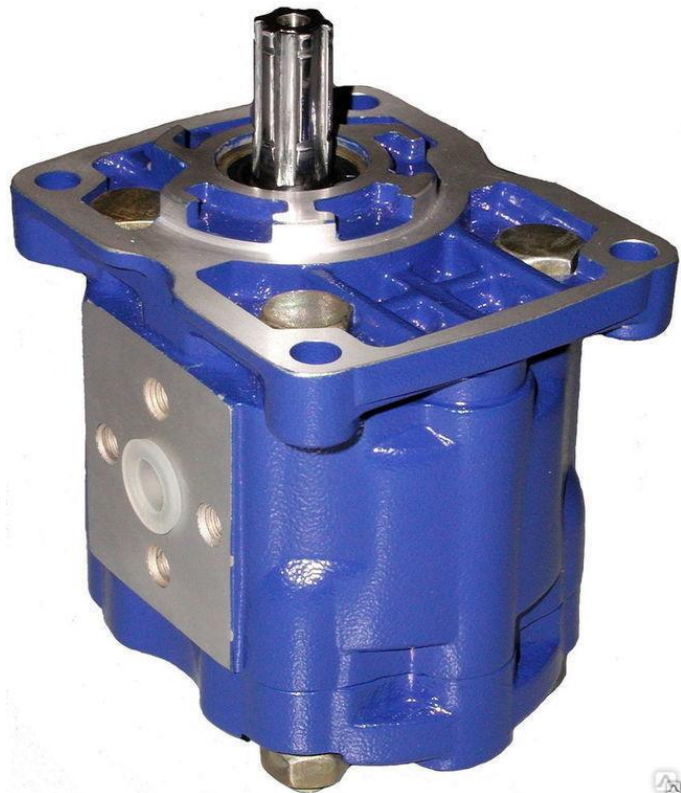
## *Недостатки:*

- Повышенные требования к перекачиваемой среде.

Поскольку герметичность в большинстве роторных насосов обеспечивается за счет плотного прилегания подвижных частей к неподвижным, перекачиваемая среда не должна оказывать на детали насоса абразивного воздействия и быть неагрессивной по отношению к материалу проточной части.

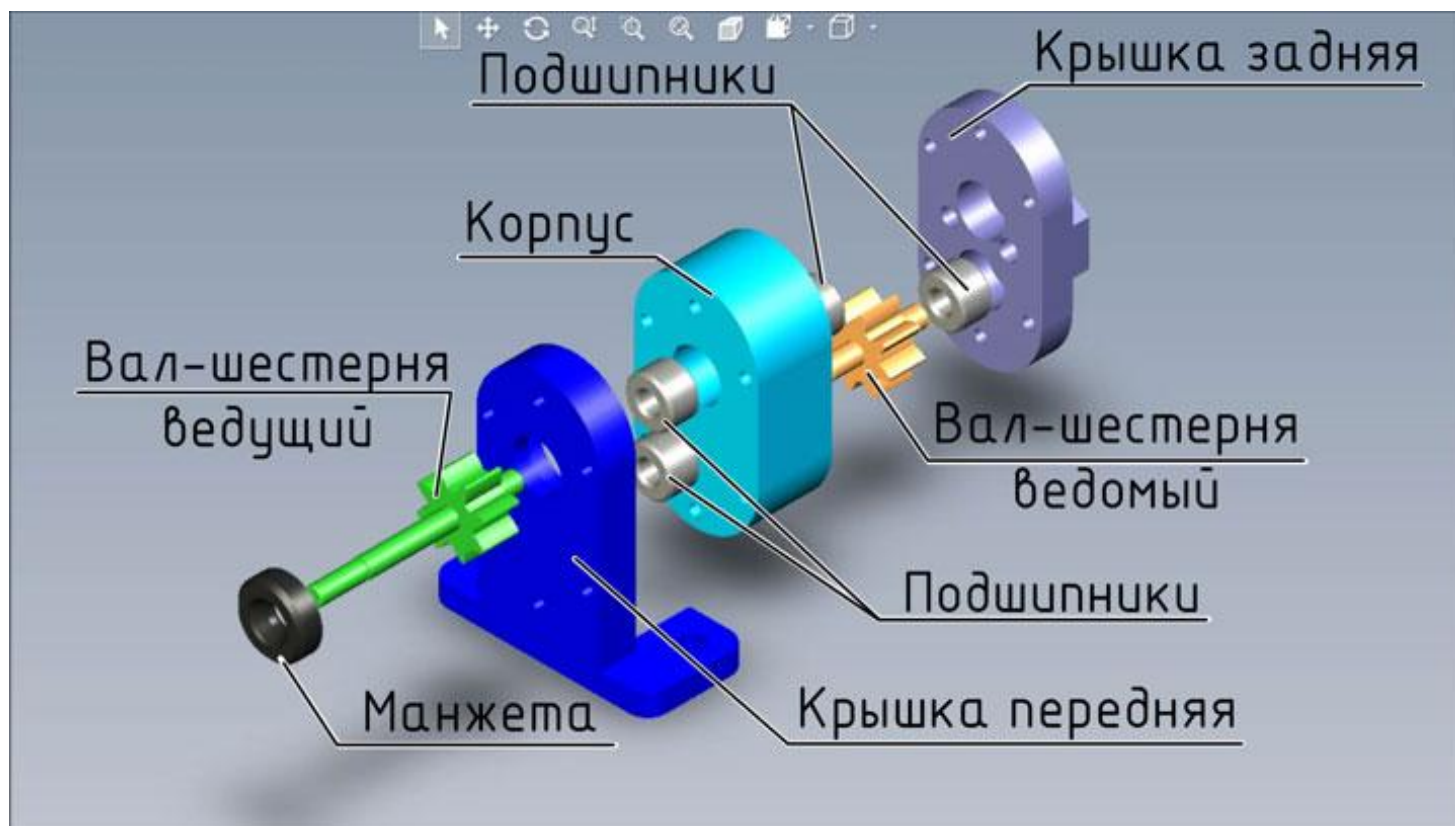
- Сложность конструкции относительно возвратно-поступательных насосов, что влечет за собой снижение надежности и увеличение стоимости обслуживания и производства.

# Шестеренные насосы



# Шестеренные насосы

Шестеренный насос состоит из 2 находящихся в зацеплении шестерен, помещенных в плотно охватывающий их корпус. Самые распространенные среди объемных гидромашин.



# Шестеренные насосы

**Главное достоинство** шестеренного насоса в том, что по сравнению с другими видами насосов они выигрывают по цене.

Кроме дешевизны отмечает высокий процент КПД, который доходит до 90%.

Конструкция зубчатого насоса проста, из чего вытекает следующее преимущество – простота в обслуживании и компактность конструкции.



# Шестеренные насосы

## Применение в нефтегазовой отрасли:

- в системах смазки буровых насосов;
- насосы для закачки воды в пласты;
- в системах транспортирования нефти, и нефтепродуктов по внутрипромысловым и магистральным трубопроводам;
- в гидроприводах механизмов перемещения и выравнивания вышечно-лебёдных блоков буровых установок

# Шестеренные насосы

## *ПРОДОЛЖЕНИЕ*

- в гидроприводах подъёма вышек агрегатов для капитального и подземного ремонта скважин,
- в гидроприводах приведения в действие гидравлических ключей для свинчивания и развинчивания насосно-компрессорных труб,
- в гидроприводах переключения на замер продукции скважин в установках типа «Спутник».

# Шестеренные насосы

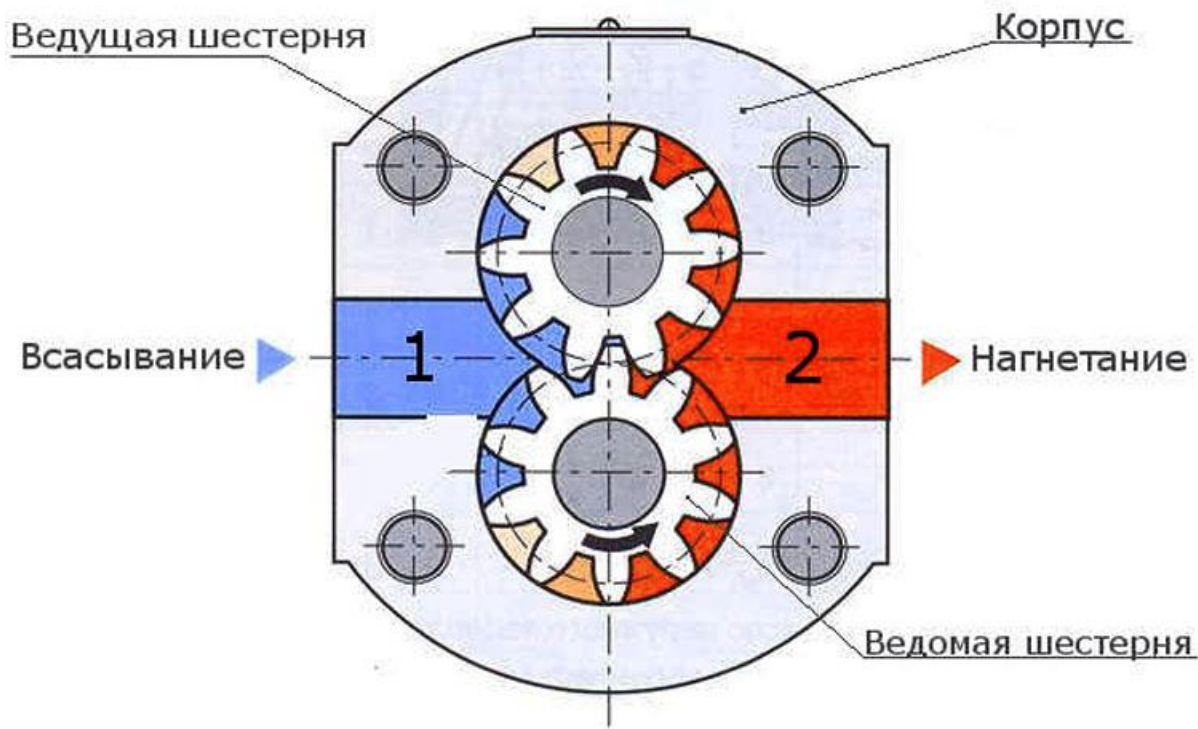
## *Основные параметры:*

- Рабочий объем от 0,2 до 200 см<sup>3</sup>
- Максимальное давление до 30 МПа
- Частота вращения 500...6000 мин<sup>-1</sup>

# Шестеренные насосы

## *Принцип действия*

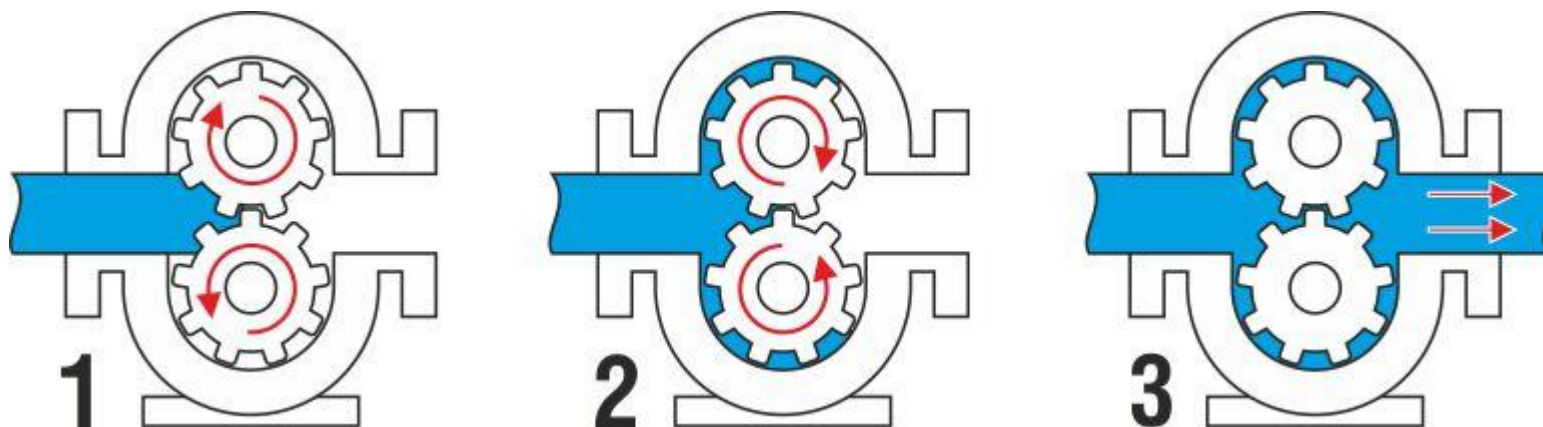
В шестеренных насосах рабочей камерой является впадина между соседними зубьями шестерни, а вытеснителем – зуб шестерни.



# Шестеренные насосы

## *Принцип действия*

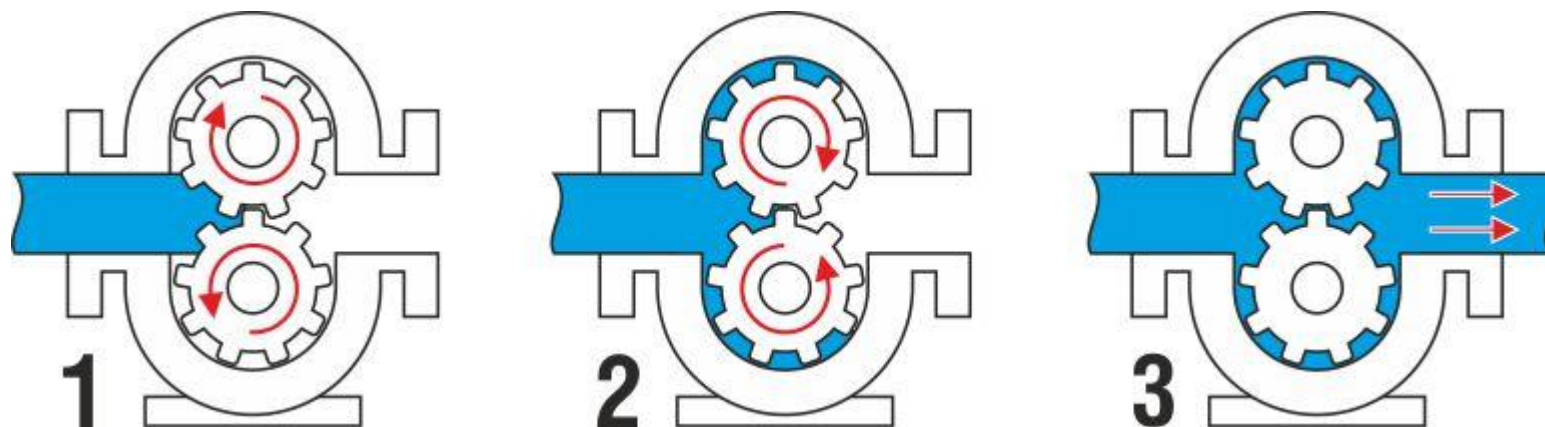
Работа насоса основана на принципе переноса жидкости рабочими камерами из полости всасывания в противоположную полость нагнетания и последующего выдавливания жидкости из рабочих камер вытеснителями.



# Шестеренные насосы

## *Принцип действия*

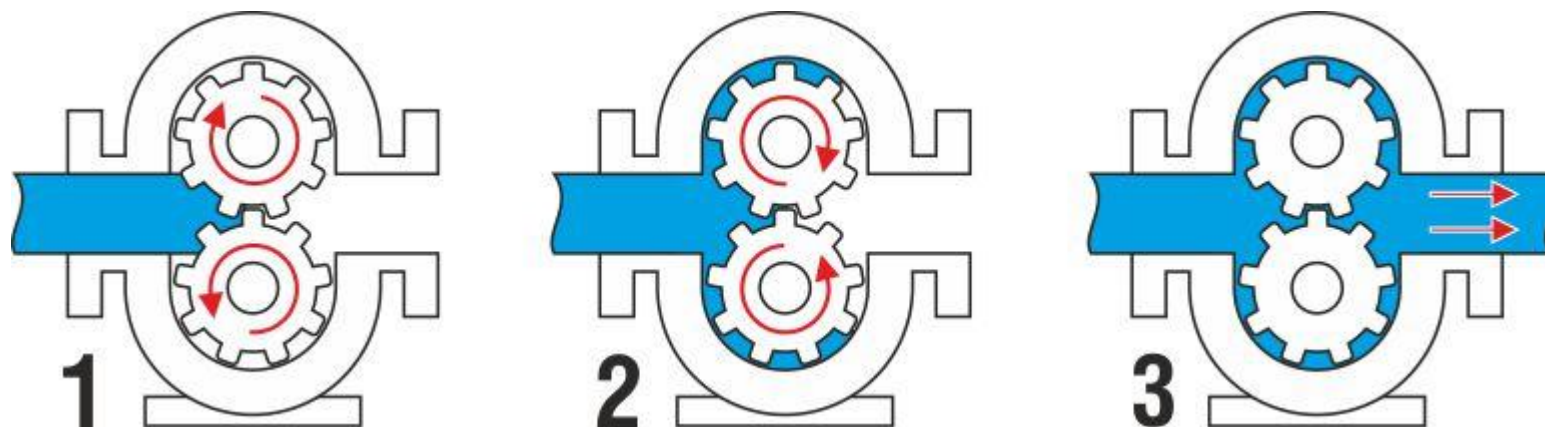
Жидкость поступает через всасывающий патрубок в образовавшуюся полость между ротором (внешняя шестерня) и ведомой шестерней (внутренняя шестерня)



# Шестеренные насосы

## *Принцип действия*

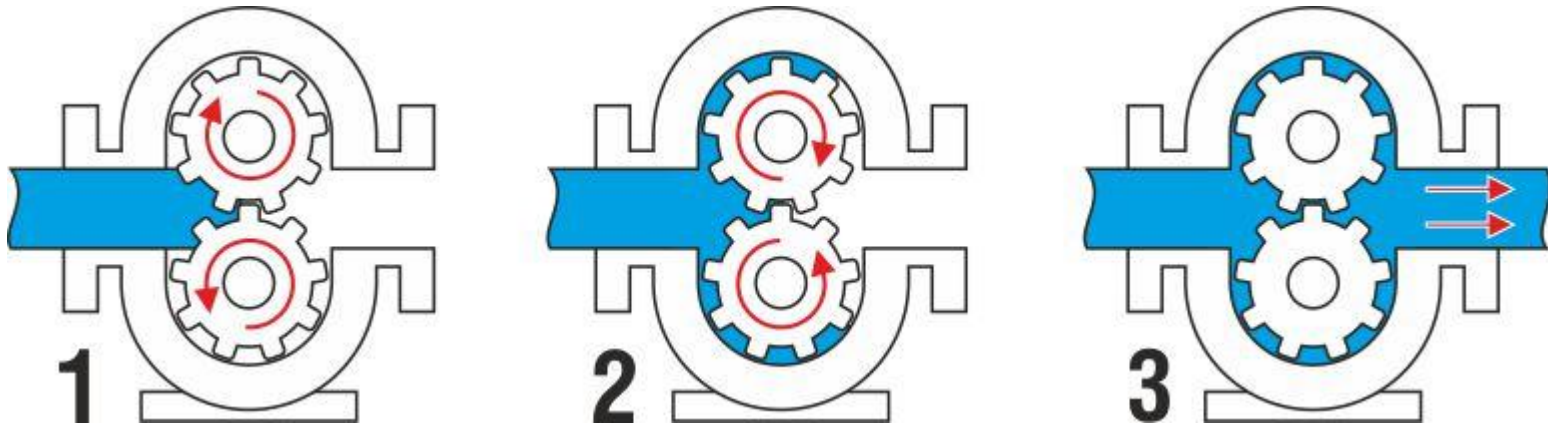
Жидкость проходит через насос между зубьями ротора и ведомой шестерни. Специальная вставка по форме полумесяца разделяет жидкость и действует как уплотнение между всасывающим и нагнетательным патрубком.



# Шестеренные насосы

## *Принцип действия*

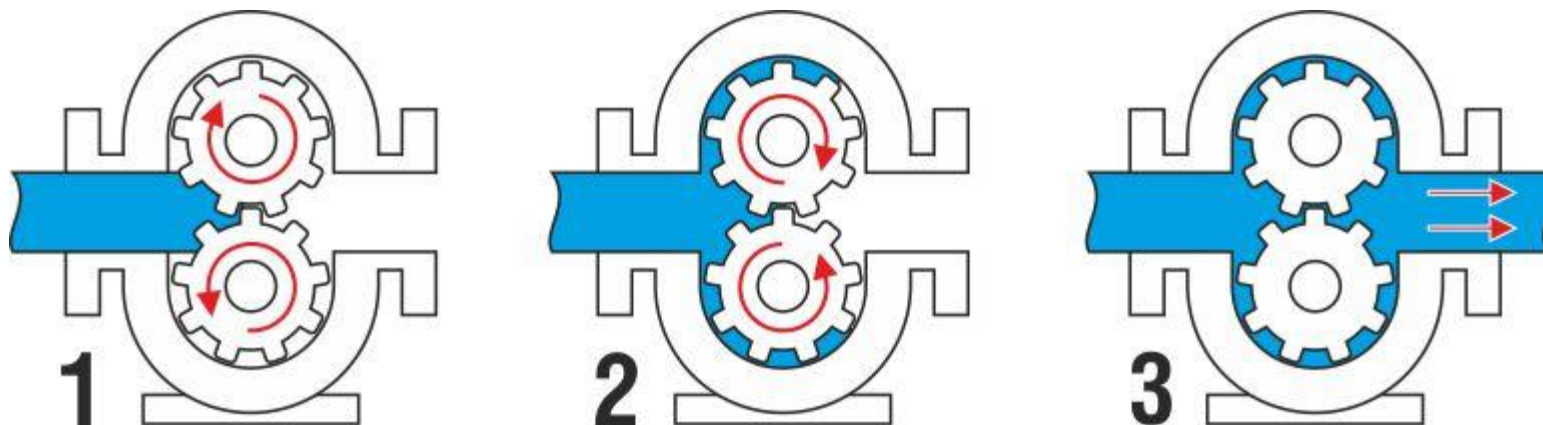
Перед вытеснением жидкости из напорного патрубка проточная часть насоса практически полностью заполнена жидкостью.



# Шестеренные насосы

## *Принцип действия*

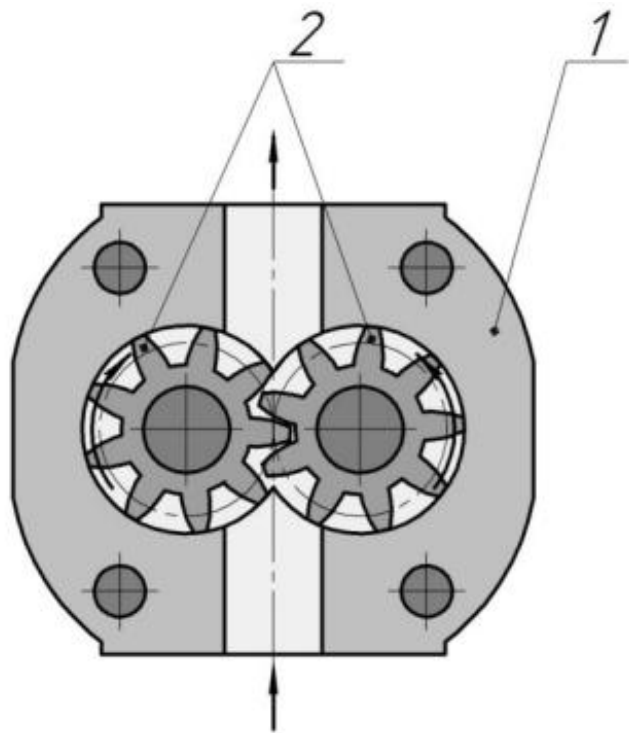
Ротор и ведомое внутреннее колесо образуют полностью запертые уплотнённые карманы, в которых и транспортируется жидкость. Затем шестерни повторно зацепляются и тем самым выдавливают жидкость в нагнетательный патрубок насоса.



# Классификация шестеренчатых насосов



# Двухшестеренные насосы



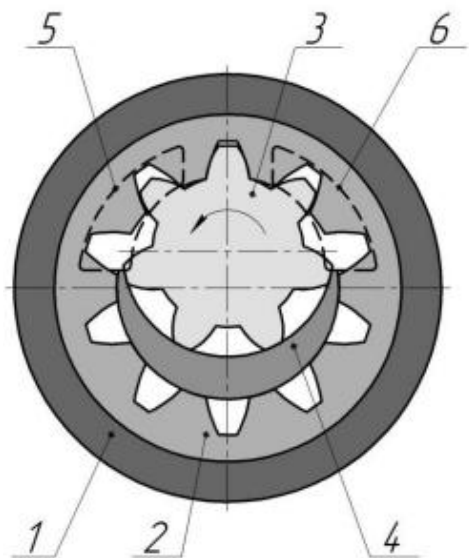
Конструкция двухшестеренного насоса  
1 – корпус; 2 – шестерни

## Подача насоса

$$Q = \frac{2\pi d_0 m b n \eta_V}{60}$$

где  $h = 2m$  – высота зуба;  
 $b$  – ширина шестерни;  
 $S = \pi d_0$  – длина окружности по делительному диаметру;  
 $d_0$  – делительный диаметр шестерен;  
 $m$  – модуль зацепления, м;  
 $n$  – частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $\eta_V = 0,7..0,9$  – объемный КПД;  
 $\eta_M = 0,6..0,7$  – механический КПД;  
 $z = 6..16$  – число зубьев;

# Шестеренные насосы внутреннего зацепления



Шестеренный насос внутреннего зацепления: 1 – корпус; 2 – шестерня внутреннего зацепления; 3 – ведущая шестерня; 4 – разделитель; 5 – входное окно; 6 – выходное окно

## Подача насоса

$$Q = \frac{2 \pi m^2 b z n \eta_V}{60},$$

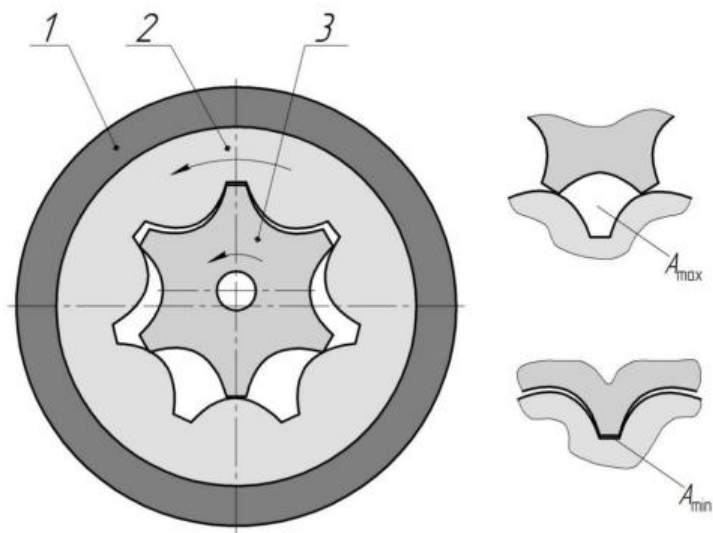
$z$  – число зубьев ведущей шестерни

## Основные параметры:

- Рабочий объем от 3 до 250 см<sup>3</sup>;
- Максимальное давление до 30 МПа; Частота вращения 500...3000 мин<sup>-1</sup>

# Героторные насосы

В героторных насосах ротор совершает планетарное движение и имеет на 1 зуб меньше, чем статор с внутренними зубцами.



Героторный насос

1 – корпус; 2 – колесо внутреннего зацепления; 3 – приводное колесо

## Подача насоса

$$Q = \frac{z (A_{\max} - A_{\min}) b n \eta_v}{60},$$

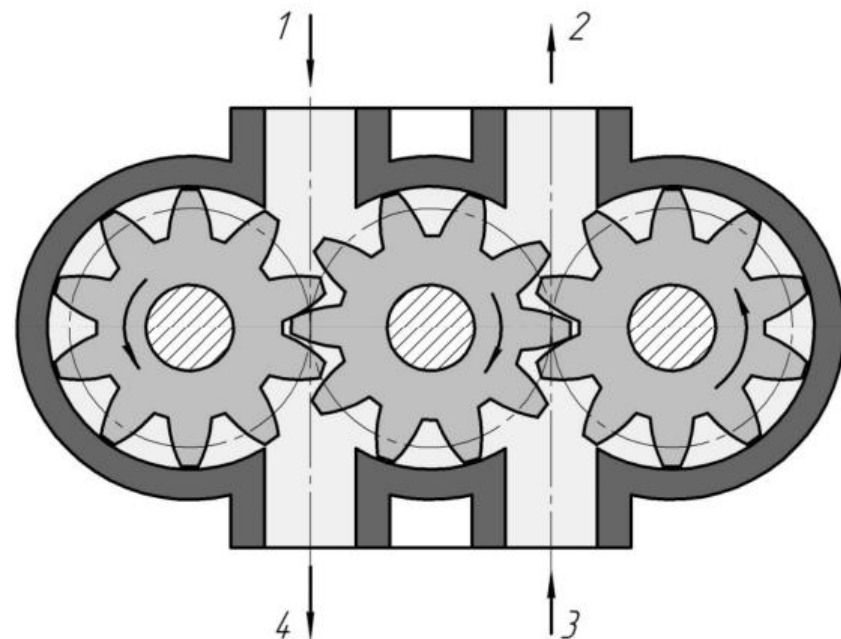
где  $z$  – число зубьев ротора;  
 $A$  – площадь межзубьевой камеры,  $\text{м}^2$ ;  
 $b$  – ширина зуба,  $\text{м}$ ;  
 $n$  – частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $\eta_v$  – объемный КПД.

# Многошестеренные насосы

Многошестеренные насосы с 1-й ведущей шестерней.

Могут иметь до 7 шестерен.

Применяются для увеличения подачи.



Многошестеренный насос

# Насосы с раздельными приводными шестернями

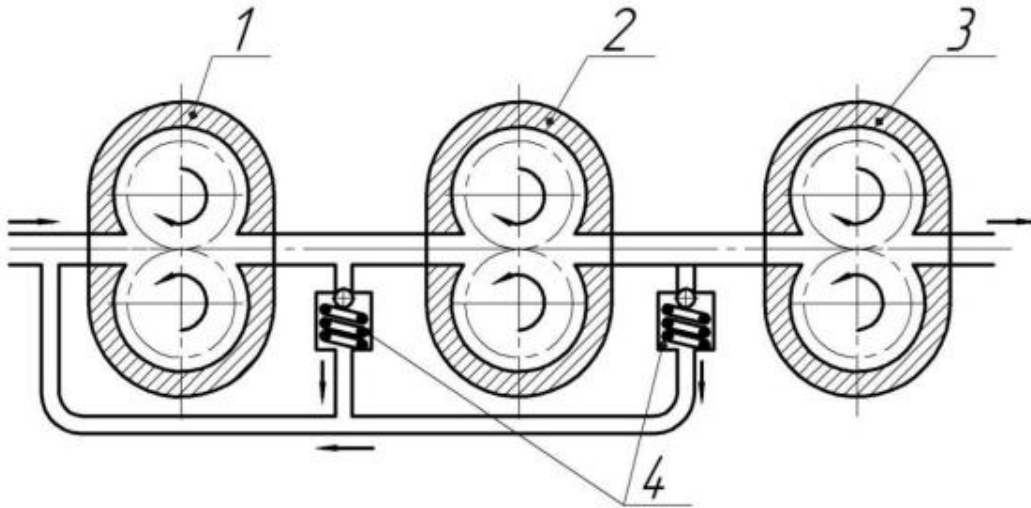


Схема трёхступенчатого шестеренного насоса  
1, 2, 3 – ступени; 4 – переливные клапана

Применяются для  
увеличения  
давления.

Каждая ступень  
имеет переливной  
клапан для отвода  
излишка жидкости.

Клапаны  
настраиваются на  
соответствующее  
давление

# Насосы с раздельными приводными шестернями

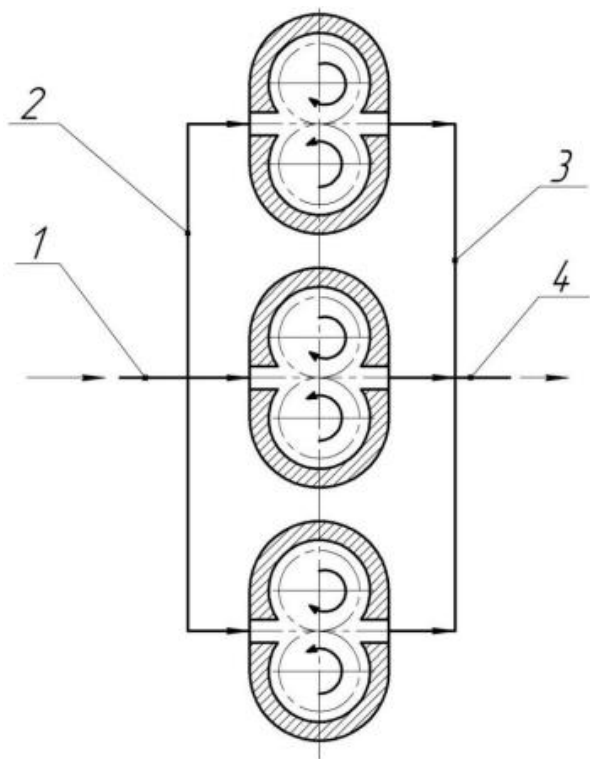
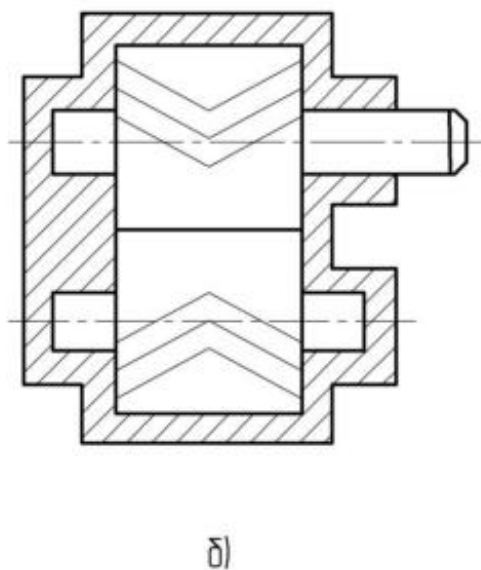
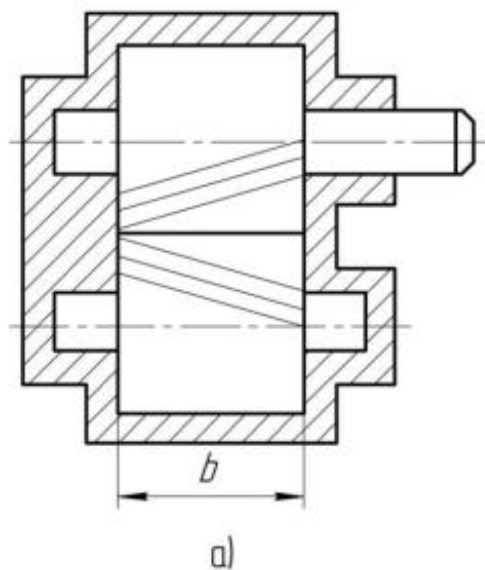


Схема трёхрядного шестеренного насоса  
(служит для увеличения подачи)

# Косозубые и шевронные насосы



Шестеренные насосы с косозубыми (а) и шевронными (б) колесами

**Достоинства:**  
более плавная и  
бесшумная работа,  
меньше пульсация.

# Косозубые и шевронные насосы

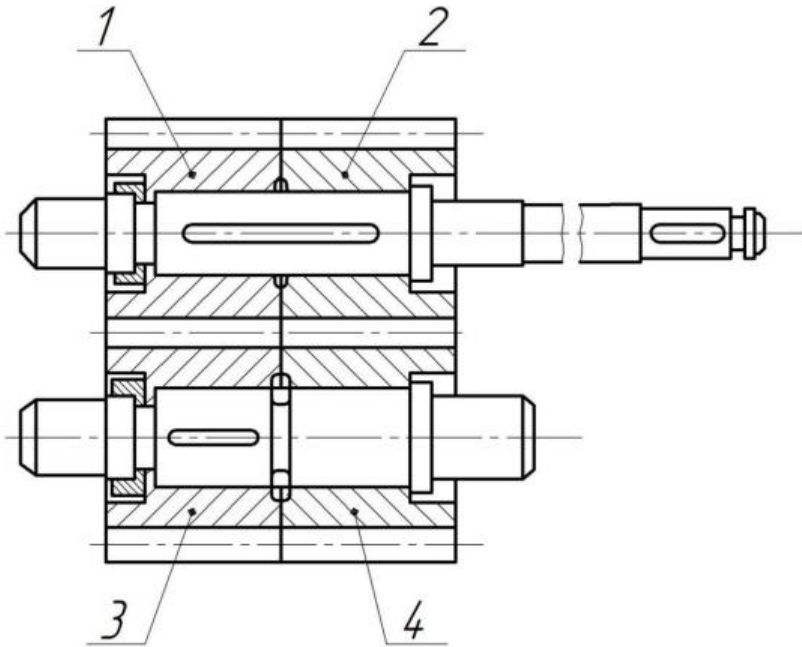


Схема насоса с составными шевронными шестернями

Шевронные колеса делают составными.

Допускают более высокие скорости и имеют больший срок службы.

Применяют при больших подачах и сравнительно невысоких давлениях.

Хорошо работают на высоковязких жидкостях и жидкостях, содержащих газы.

# Недостатки шестеренных насосов

Существенный недостаток шестеренных насосов – *пульсация жидкости на выходе, вызываемая конструктивными особенностями зубчатого зацепления. Пульсация потока приводит к пульсации давления и повышенному шуму.*

Кроме того, при работе насосов возникает большая по величине и постоянная по направлению нагрузка на опоры шестерен, вызванная разностью давлений в напорной и всасывающей камерах. Эта сила вызывает повышенное изнашивание опор, что снижает долговечность насоса.

# Недостатки шестеренных насосов

В процессе эксплуатации постепенно увеличивается зазор между шестернями и корпусом, что приводит к снижению показателя КПД.

**Еще один минус** – невозможность регулировать скорость потока, так как насос имеет постоянную подачу.

# Конструктивные особенности шестеренных насосов

## Обозначение насосов

Шестеренные насосы НШ-10, НШ-32, НШ-46, НШ-67, НШ-98.

НШ – насос шестеренный;  
10 – подача в литрах на 100 оборотов вала насоса,  
 $\text{дм}^3 / 100 \text{ об.}$

# Винтовые насосы



# Винтовые насосы

Предназначены для перекачивания жидкостей различной степени вязкости, газа или пара, в том числе и их смесей.

Эти насосы могут работать при давлениях **до 30 МПа**.



# Винтовые насосы

## *Достоинства:*

- Высокая равномерность подачи.
- Минимум движущихся частей.
- Отсутствие клапанов и сложных проточных каналов. Меньшие габариты и вес.
- Бесшумность работы.
- Надежность.
- Возможность перекачивать загрязненные жидкости и жидкости большой вязкости.
- Способны транспортировать глинистые и цементные растворы, масла, пасты, кремы и другие неньютоновские жидкости.
- Возможность превращения в гидравлические двигатели.

# Винтовые насосы

## *Применение в нефтегазовой промышленности:*

- Одновинтовые насосы применяются для подъёма воды и нефти из скважин.
- В системах смазки насосных и газоперекачивающих агрегатов.
- В технологических процессах нефтехранилищ и нефтебаз.
- В гидроприводах машин и механизмов агрегатов для подземного и капитального ремонта скважин.

# Винтовые насосы

## *Основные параметры:*

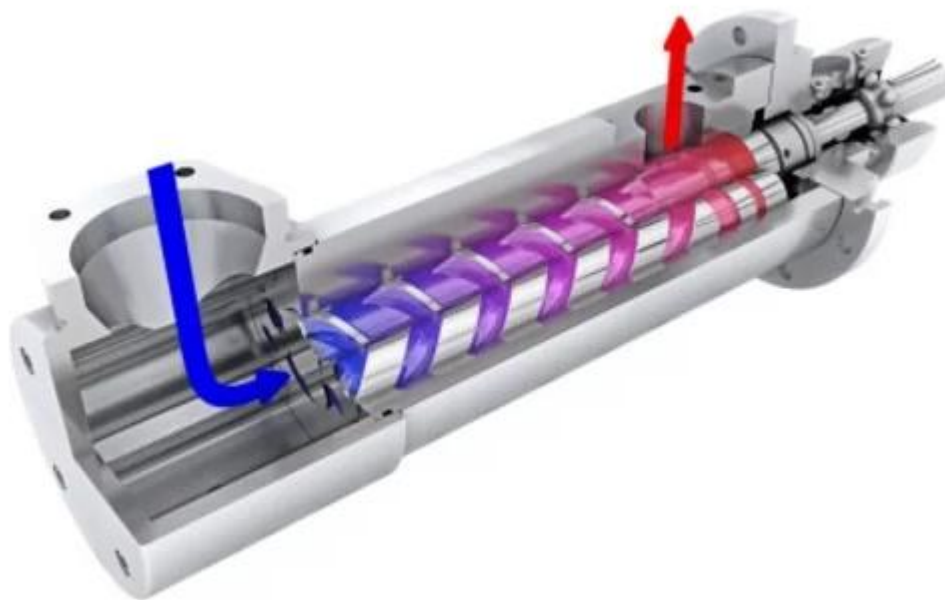
- *КПД 80–90 %*
- *Подача 1,5..500 м<sup>3</sup>/ч*
- *Давление до 30 МПа*
- *Скорости вращения до 10000 об/мин*

Винтовые насосы обычно выполняют с одним, двумя, тремя и пятью винтами, при этом один винт ведущий, а остальные ведомые.

Винты выполняют двухзаходными, они могут иметь прямоугольный, трапециидальный или циклоидальный профиль.

# Винтовые насосы

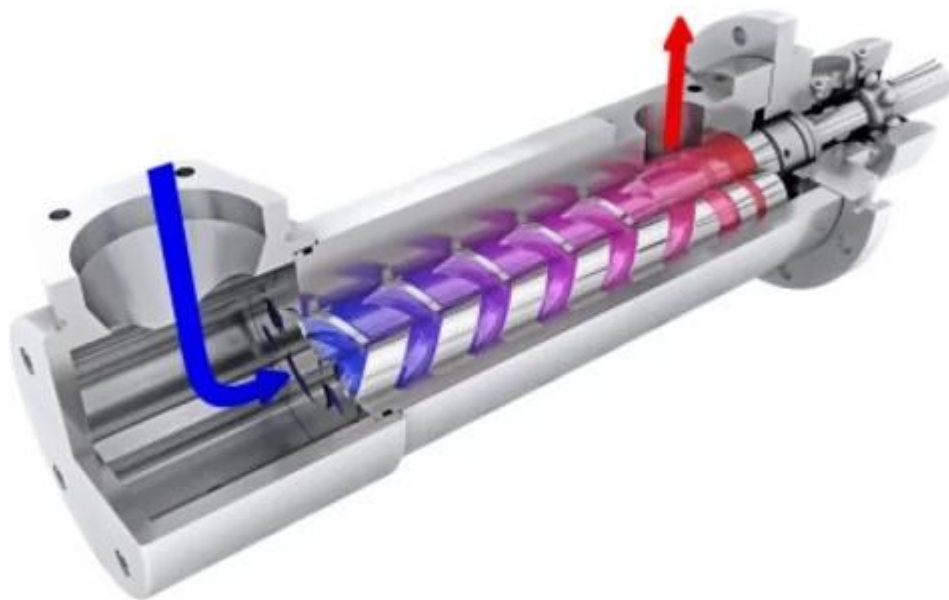
## *Принцип действия*



Принцип работы винтового насоса основан на изменении объёма рабочих камер и перемещении захваченной перекачиваемой жидкости вдоль оси корпуса

# Винтовые насосы

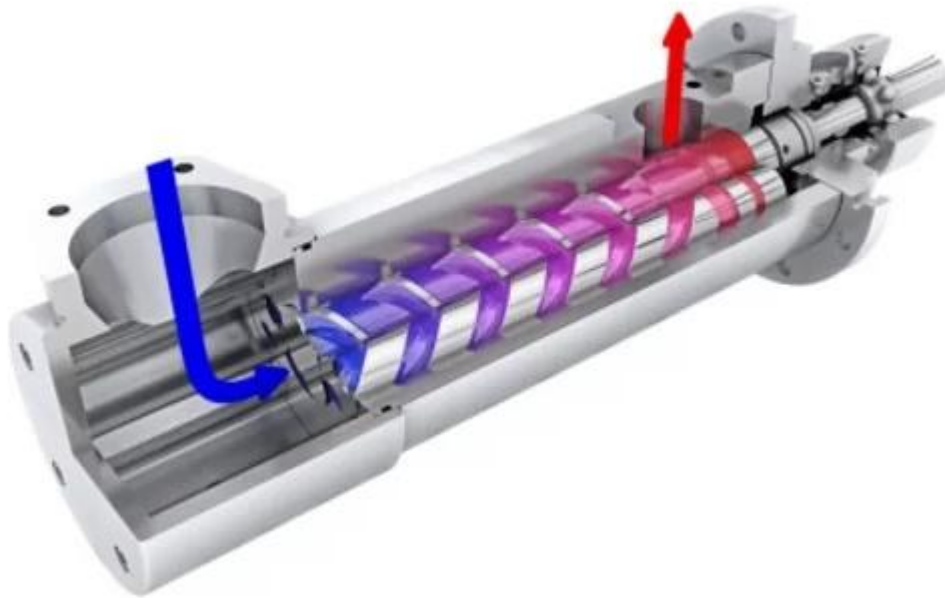
## *Принцип действия*



Выступающие части витков героторной пары со стороны всасывания образуют рабочую камеру, объём которой увеличивается при вращении винта внутри обойм

# Винтовые насосы

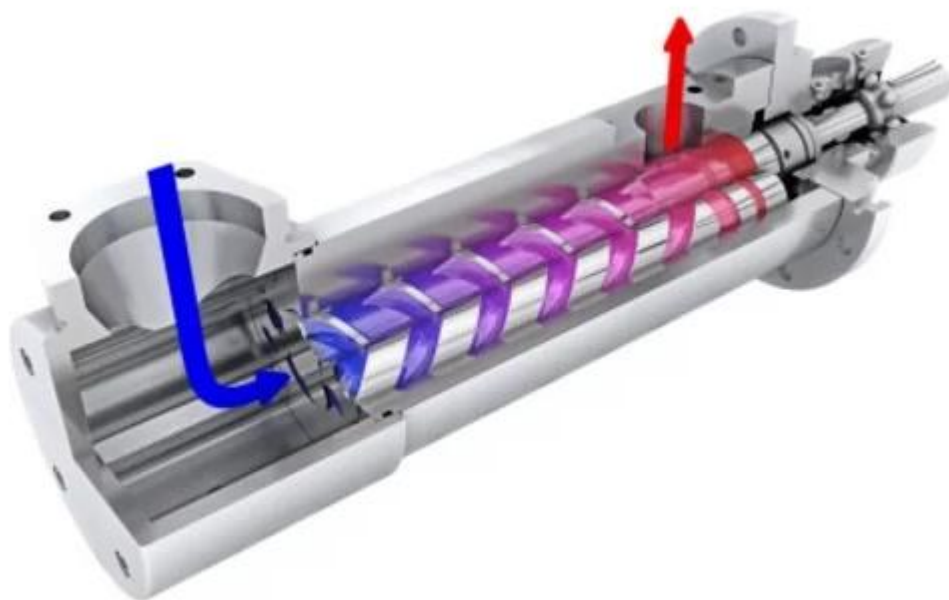
## *Принцип действия*



Создаётся область разряжения, в которую устремляется перекачиваемая среда.

# Винтовые насосы

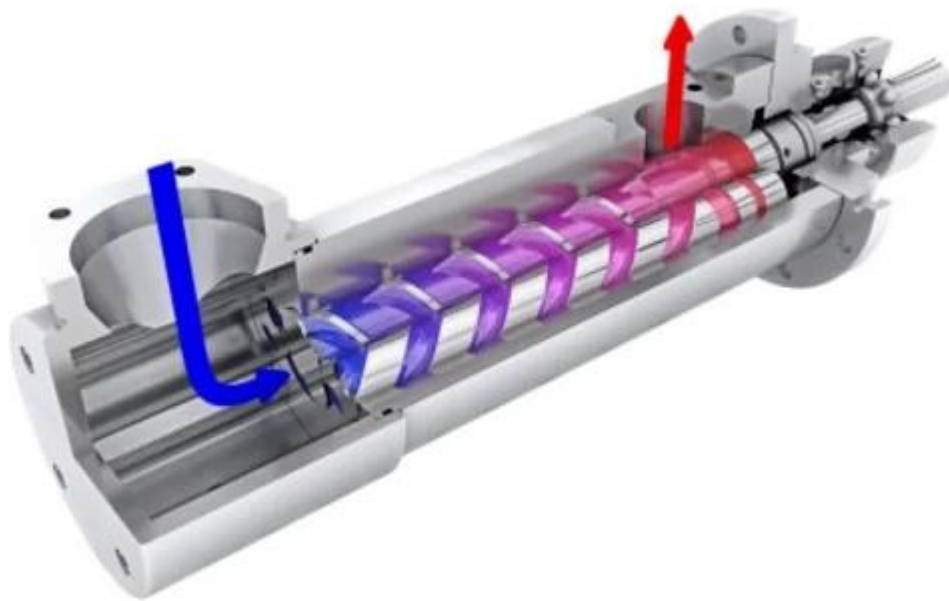
## *Принцип действия*



Дальнейшее вращение ротора приводит к замыканию первой камеры и перемещению жидкости к напорному патрубку с одновременным образованием новой рабочей камеры

# Винтовые насосы

## *Принцип действия*



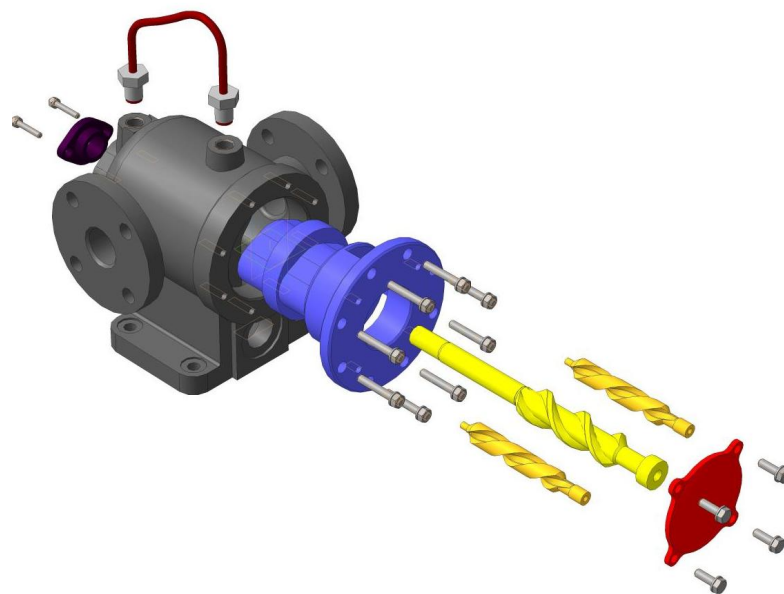
*Чем с большей частотой вращается ротор с винтом, тем выше скорость подачи, и тем больше объём перекачиваемой в единицу времени жидкости*

# Винтовые насосы

**Самые распространенные** –  
трехвинтовые с циклоидальным  
профилем.

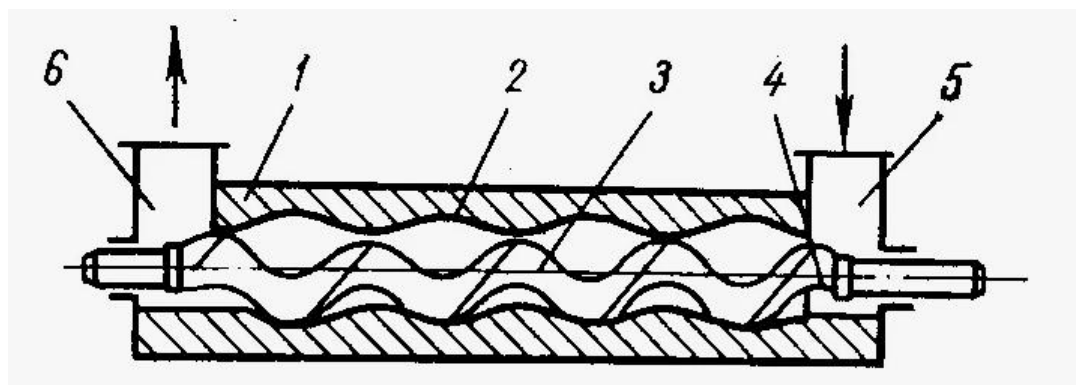
Напор насоса зависит от длины  
винтов: на 1 шаг  $t$  – 2..3 МПа.

**Конструктивная особенность** –  
рабочий орган насоса (винт)  
находится в планетарном  
движении.



# Винтовые насосы

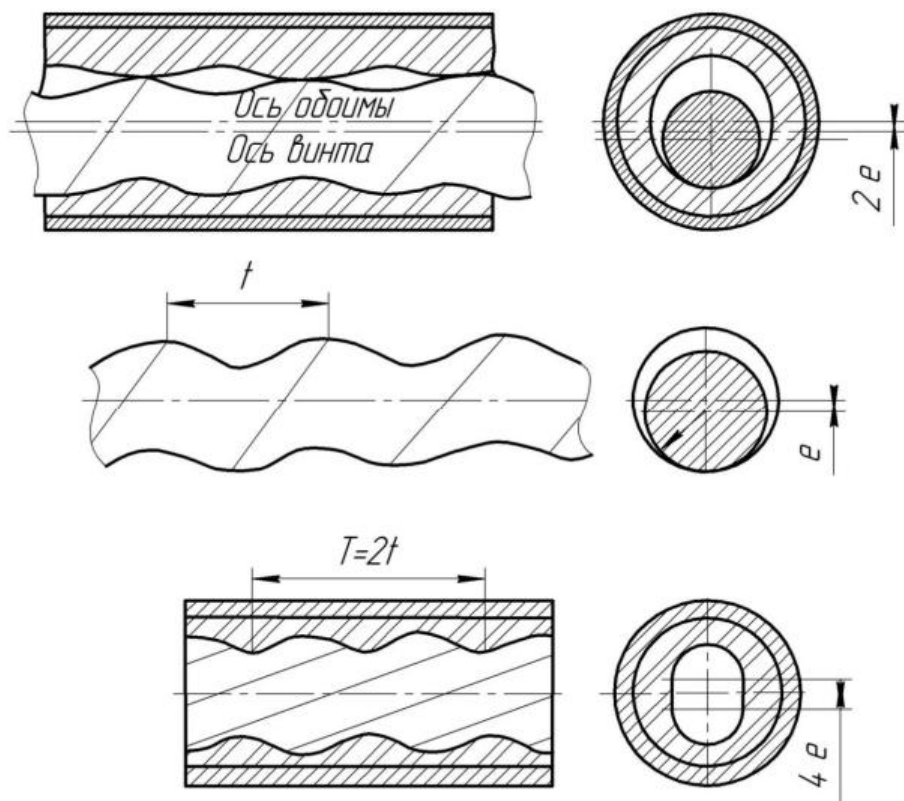
Планетарное движение рабочих органов может быть осуществлено посредством установки между ними и приводным валом (корпусом), карданного вала с шарнирами, муфты, поворотного шарнира.



Устройство одновинтового насоса

**Детали** насоса являются корпус (1), цилиндр (2), винт (3), шейка винта (4), всасывающий патрубок (5), нагнетательный патрубок (6)

# Винтовые насосы

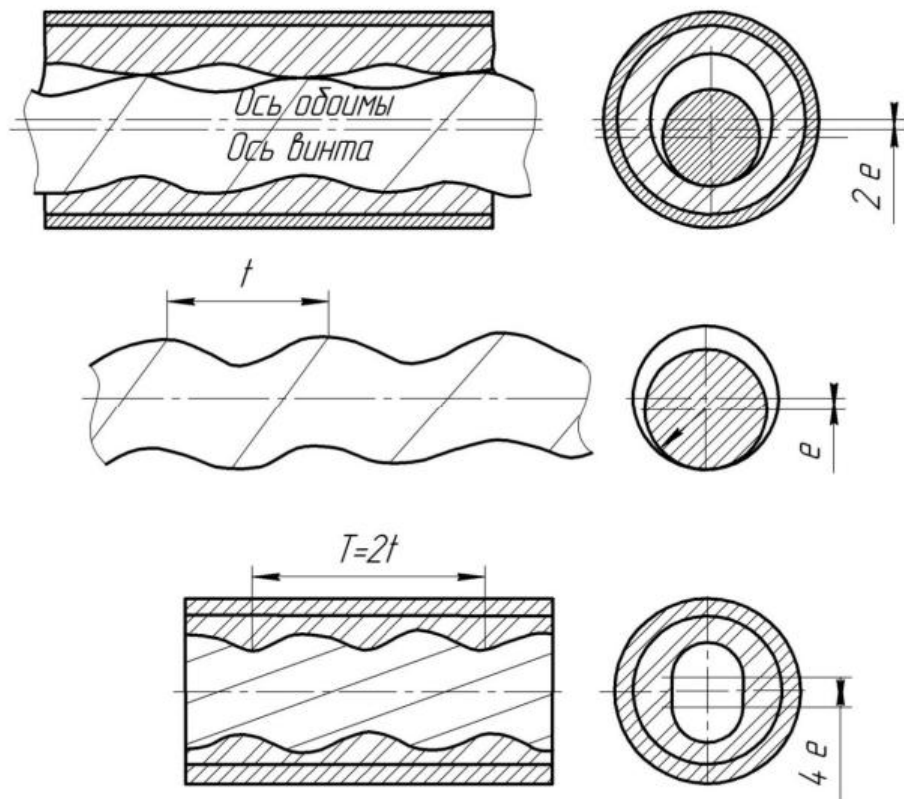


Винт и обойма одновинтового насоса

Винт однозаходный, круглого сечения, приводится во вращение от приводного вала при помощи карданного соединения.

Внутренняя полость обоймы изготовлена в виде двухзаходной винтовой поверхности с шагом в два раза большим, чем у винта.

# Винтовые насосы



Любое сечение винта представляет собой правильный круг радиуса  $R$ , центр которого  $O$ , сдвинут относительно оси винта  $O_2$  на величину эксцентриситета  $e$ .

Винт и обойма одновинтового насоса

# Винтовые насосы

155

## *Подача насоса*

Рабочий объем насоса:

$$q = 8 e D t ,$$

где  $D$  – внешний диаметр винта, м;  
 $e$  – эксцентриситет, м;  
 $t$  – шаг винта, м

**Действительная подача насоса:**

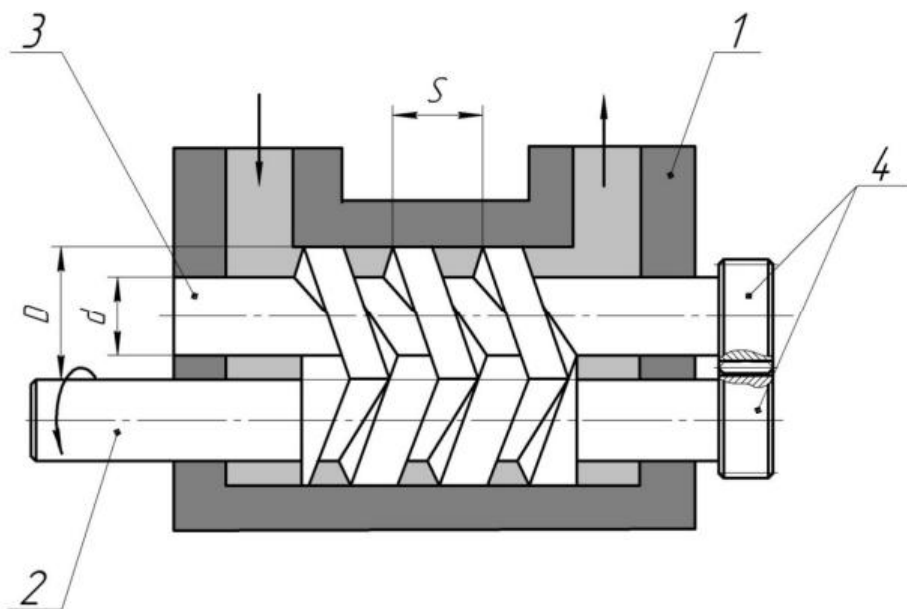
$$Q = 8 e D t \frac{n}{60} \eta_0 ,$$

где  $n$  – частота вращения, мин<sup>-1</sup>;  
 $\eta_0 = 0,75- 0,85$  коэффициент  
подачи.

Эксцентриситет — числовая характеристика конического сечения, показывающая степень его отклонения от окружности.

# Винтовые насосы

## Двухвинтовые насосы



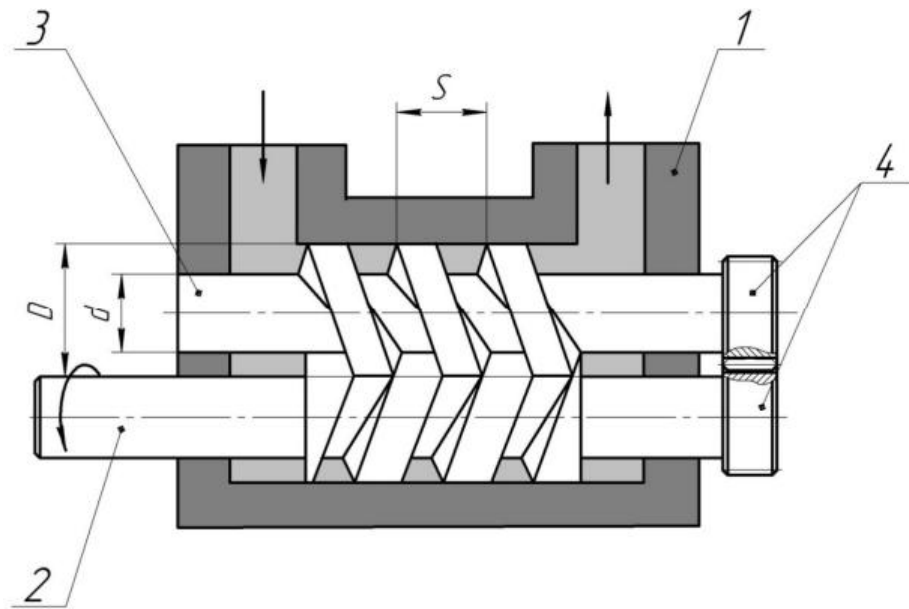
Двухвинтовой насос: 1 – корпус; 2 – ведущий винт; 3 – ведомый винт; 4 – приводные шестерни

Двухвинтовые насосы, как правило, имеют прямоугольный или трапециевидный профиль винтов.

Такая конструкция винтов не позволяет, чтобы при вращении поверхность одного винта контактировала с поверхностью другого винта, поэтому между ними имеется зазор.

# Винтовые насосы

## Двухвинтовые насосы



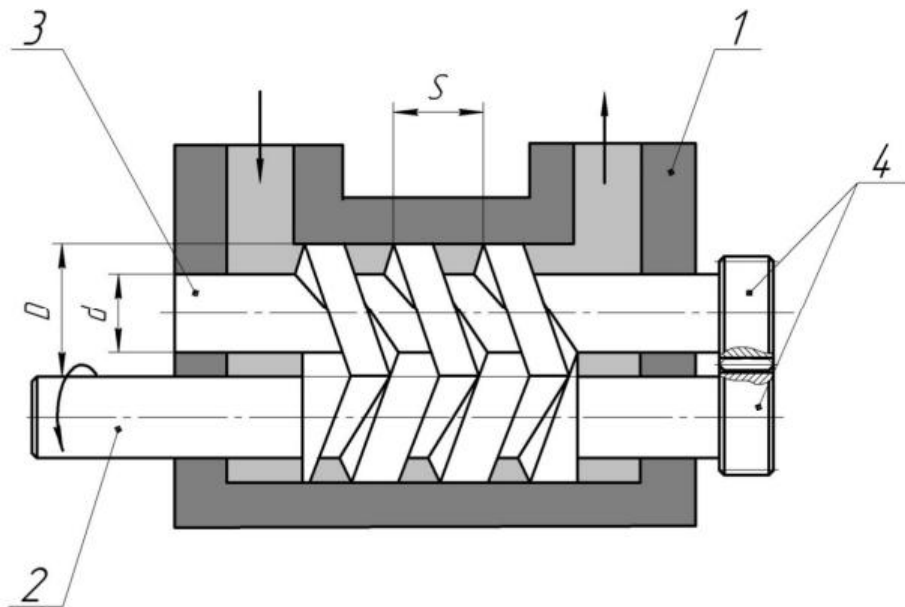
Двухвинтовой насос: 1 – корпус; 2 – ведущий винт; 3 – ведомый винт; 4 – приводные шестерни

157  
Из-за наличия зазора между камерами высокого и низкого давления эти насосы условно называют негерметичными.

Для обеспечения синхронизации вращения двух винтов, при отсутствии между ними зацепления, в насосах применяется зубчатая передача, состоящая из двух одинаковых шестерен, посаженных на валы винтов.

# Винтовые насосы

## Двухвинтовые насосы



Двухвинтовой насос: 1 – корпус; 2 – ведущий винт; 3 – ведомый винт; 4 – приводные шестерни

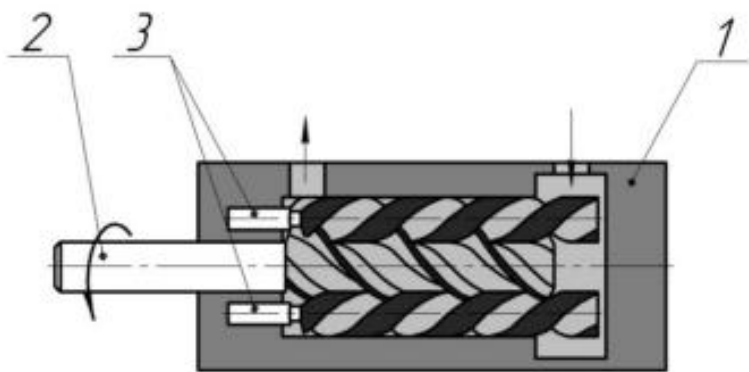
## Подача двухвинтового насоса

$$Q = \frac{3 \pi t n}{16 \cdot 60} (D^2 - d^2),$$

где  $D$  – внешний диаметр винта, м;  
 $d$  – внутренний диаметр винта, м;  
 $t$  – шаг винта, м;  
 $n$  – частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ .

# Винтовые насосы

## Трехвинтовые насосы



Устройство трехвинтового насоса:

1 – корпус; 2 – приводной вал;

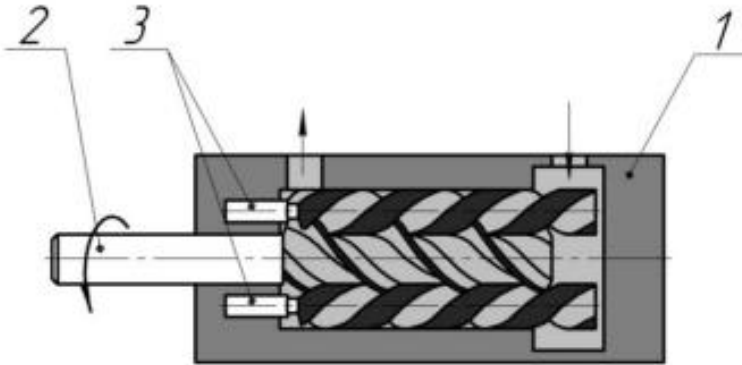
3 – ведомые винты

Трехвинтовые насосы имеют один ведущий винт и два симметрично расположенных относительно него ведомых винта.

Они имеют циклоидальный профиль зацепления.

# Винтовые насосы

## Трехвинтовые насосы



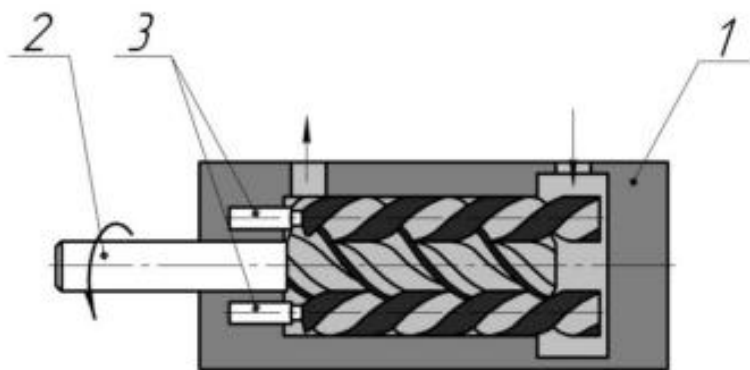
Устройство трехвинтового насоса:

- 1 – корпус; 2 – приводной вал;
- 3 – ведомые винты

Ведомые винты не производят полезной работы, а служат только в качестве уплотнений, препятствующих перетеканию жидкости из камеры нагнетания в камеру всасывания, и в процессе нормальной работы вращаются не в результате взаимодействия с ведущим винтом, а благодаря давлению перекачиваемой жидкости.

# Винтовые насосы

## *Трехвинтовые насосы*



Устройство трехвинтового насоса:

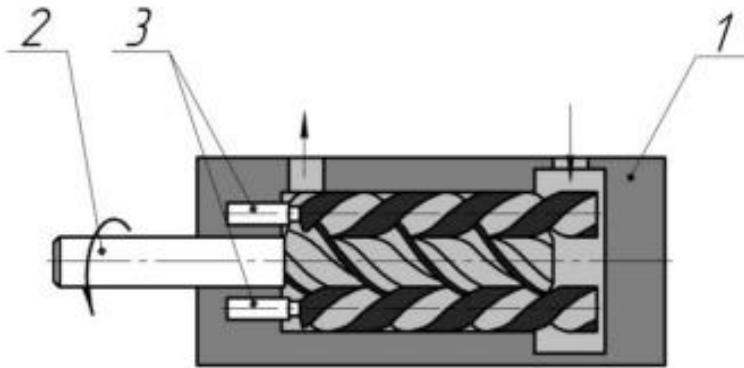
1 – корпус; 2 – приводной вал;

3 – ведомые винты

Так как функции ведомых винтов сводятся лишь к герметизации, то они не нагружены крутящим моментом и отличаются **большой долговечностью.**

# Винтовые насосы

## Трехвинтовые насосы



Устройство трехвинтового насоса:

1 – корпус; 2 – приводной вал;

3 – ведомые винты

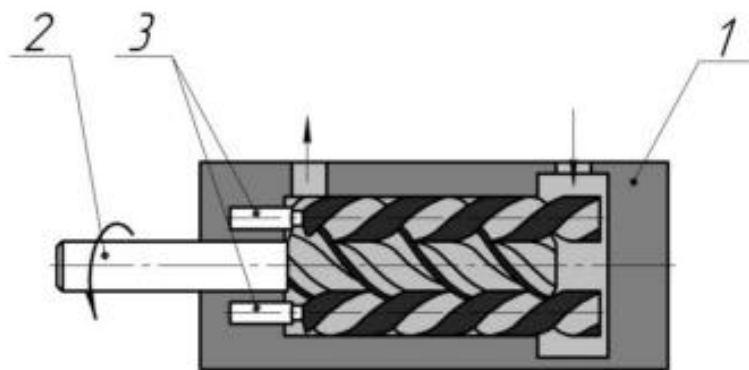
Рабочий объем насоса:

$$q = a d_H^3,$$

где  $a \approx 4,1$  – коэффициент, зависящий от геометрии зацепления винтов (для стандартного насоса),  
 $d_H$  – диаметр ведомого винта, м.

# Винтовые насосы

## Трехвинтовые насосы



Устройство трехвинтового насоса:

1 – корпус; 2 – приводной вал;

3 – ведомые винты

## Подача трехвинтового насоса

Подача насоса:

$$Q = a d_H^3 \frac{n}{60} \eta_0,$$

где  $n$  – частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$\eta_0 = 0,75- 0,95$  коэффициент подачи

# Винтовые насосы

## *Недостатки:*

- Сложность и высокая стоимость изготовления насоса;
- Нерегулируемость рабочего объёма;
- Нельзя пускать вхолостую без перекачиваемой жидкости, так как в этом случае повышается коэффициент трения деталей насоса и ухудшаются условия охлаждения; в результате насос может перегреться и выйти из строя.

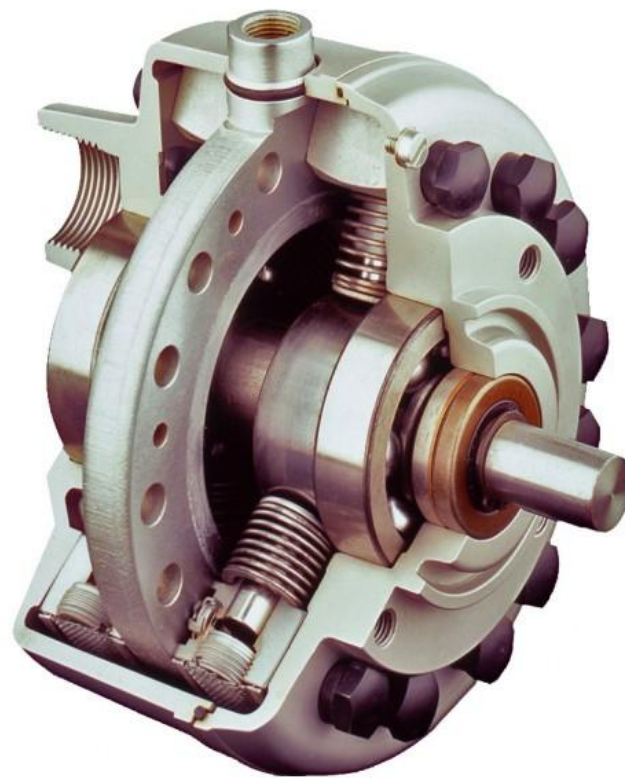
# Радиально-поршневые насосы



# Радиально-поршневые насосы

К типу радиальных роторно-поршневых гидромашин относятся насосы и гидравлические моторы, в которых рабочие цилиндры, с размещенными в них поршнями (плунжерами), расположены радиально к оси вала и вращаются во время работы.

Их используют в качестве насосов постоянной и переменной подачи, гидродвигателей вращательного движения с постоянным и переменным крутящим моментом.

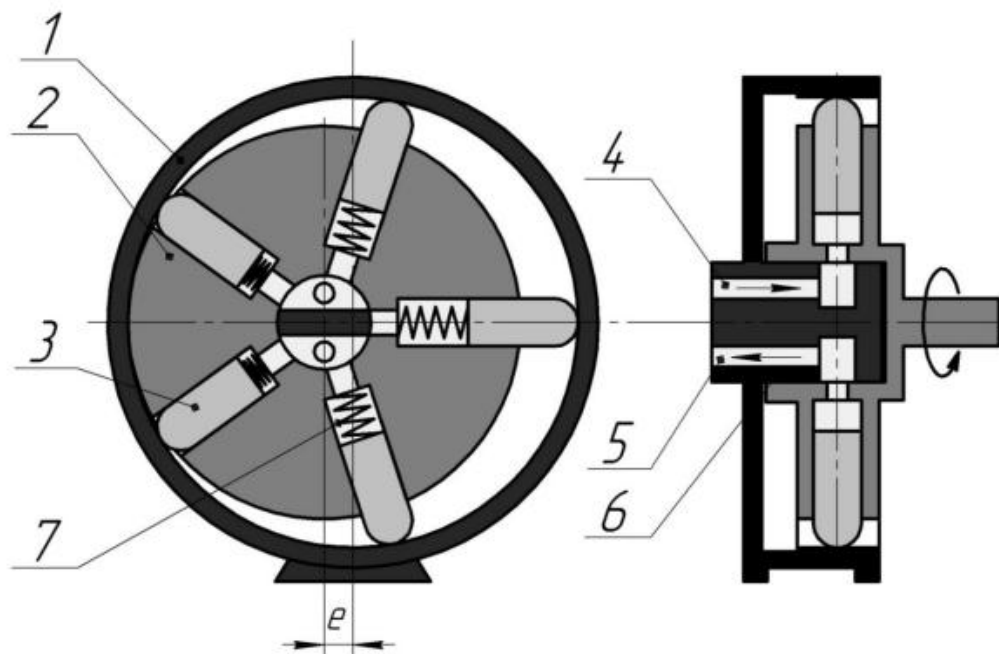


# Радиально-поршневые насосы

## *Достоинства:*

- Отсутствие всасывающих и напорных клапанов
- Большая быстроходность
- Компактность
- Отсутствие кривошипно-шатунных механизмов
- Высокая надежность
- Большая равномерность подачи
- Давление до 700 бар

# Радиально-поршневые насосы

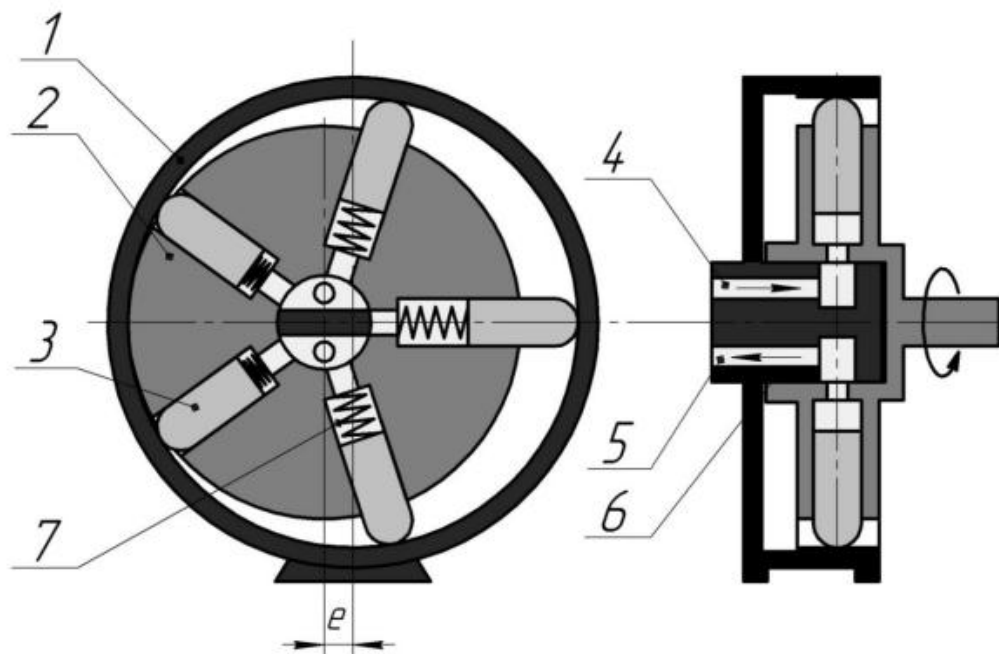


Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – поршни; 4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал; 6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

В радиально-поршневых гидромашинах ротор 2 расположен эксцентрично относительно статора 1.

В роторе просверлены радиальные цилиндрические отверстия (цилиндры).

# Радиально-поршневые насосы

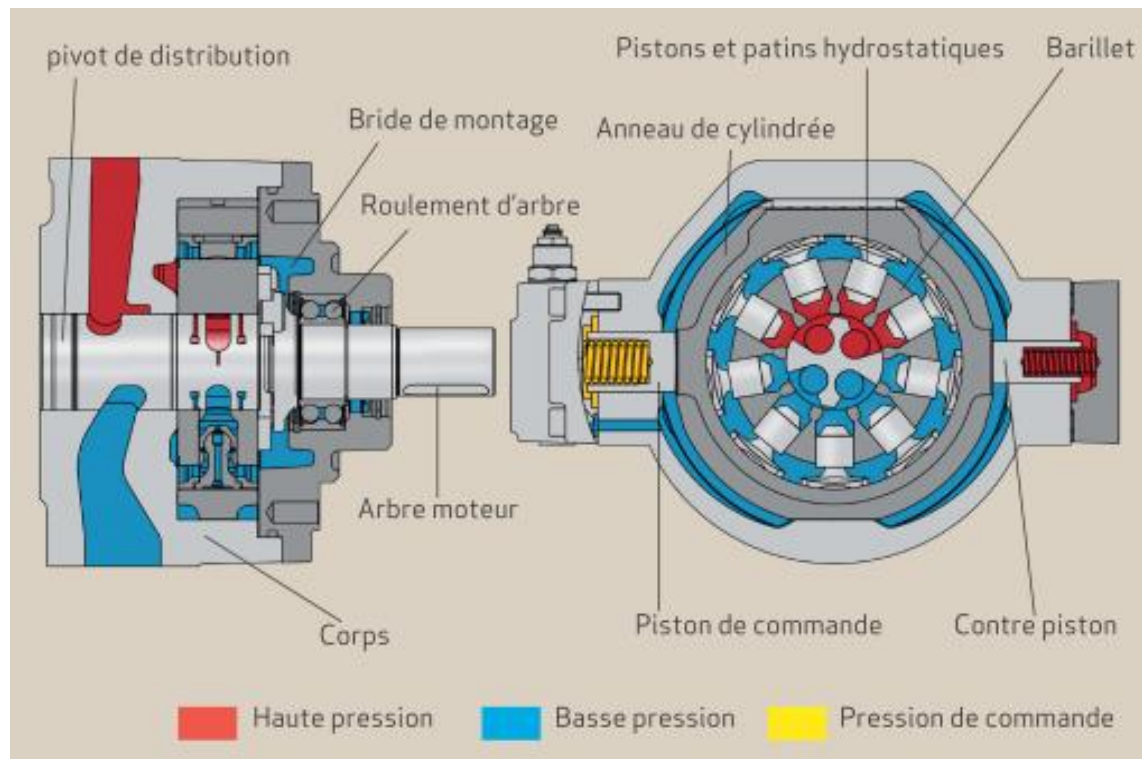


Поршни 3 при вращении ротора совершают в цилиндрах возвратно-поступательное движение, скользя своими сферическими головками по внутренней поверхности статора.

Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – поршни; 4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал; 6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

# Радиально-поршневые насосы

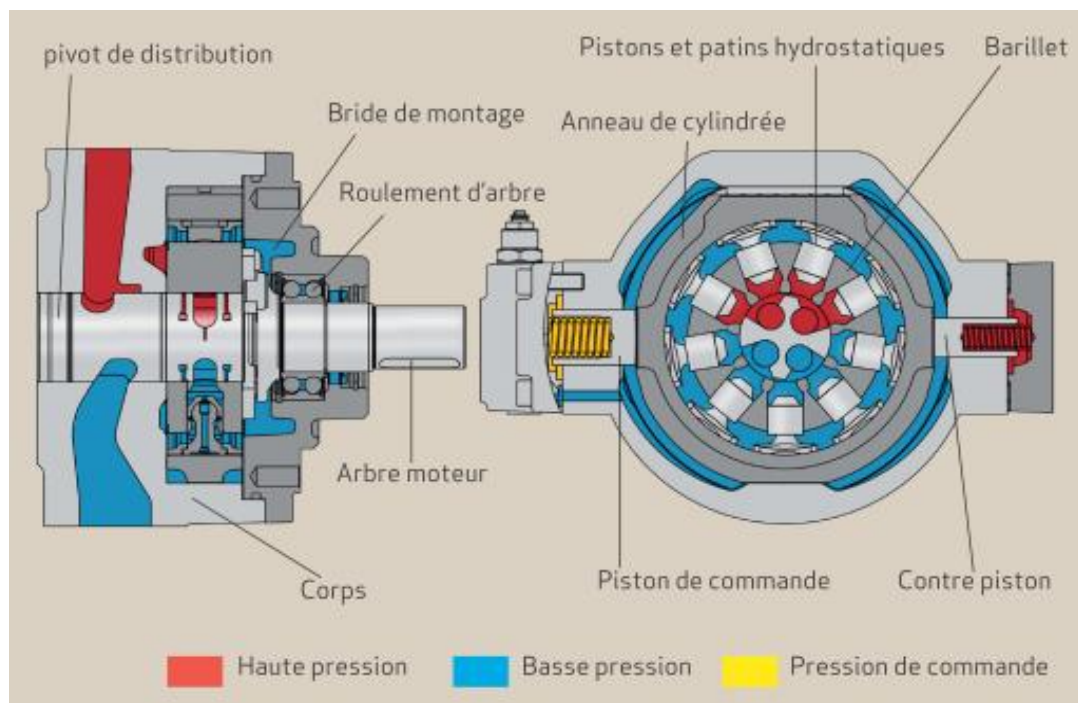
## Принцип действия



Принцип работы радиально-поршневого насоса **основан на законе Паскаля.**

# Радиально-поршневые насосы

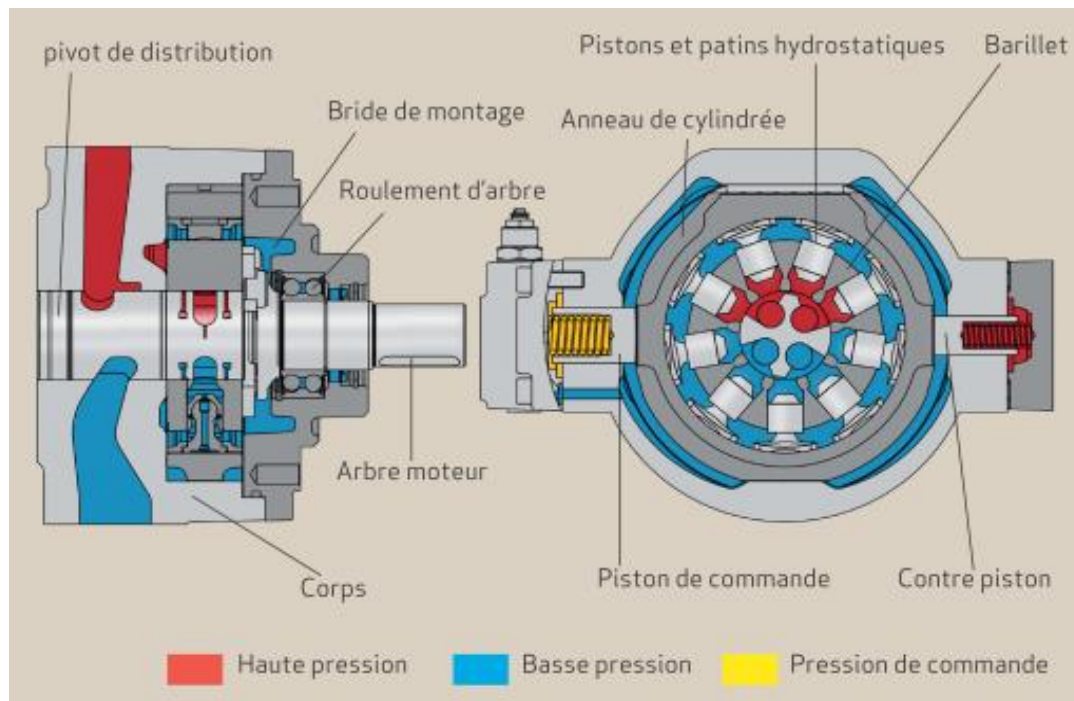
## Принцип действия



*Ротор вращается в статоре (корпусе) вместе с поршнями, которые скользят по корпусу, плотно прижимаясь к нему за счёт пружин.*

# Радиально-поршневые насосы

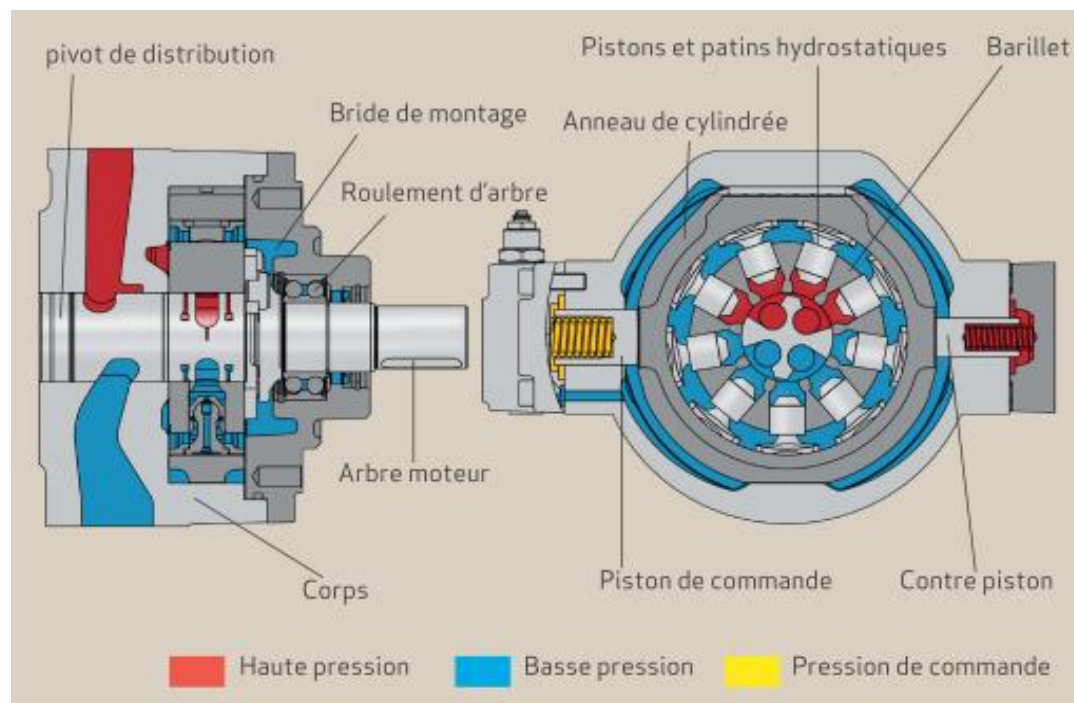
## Принцип действия



*Рабочая камера расположена между всасывающим и нагнетающим клапанами*

# Радиально-поршневые насосы

## Принцип действия

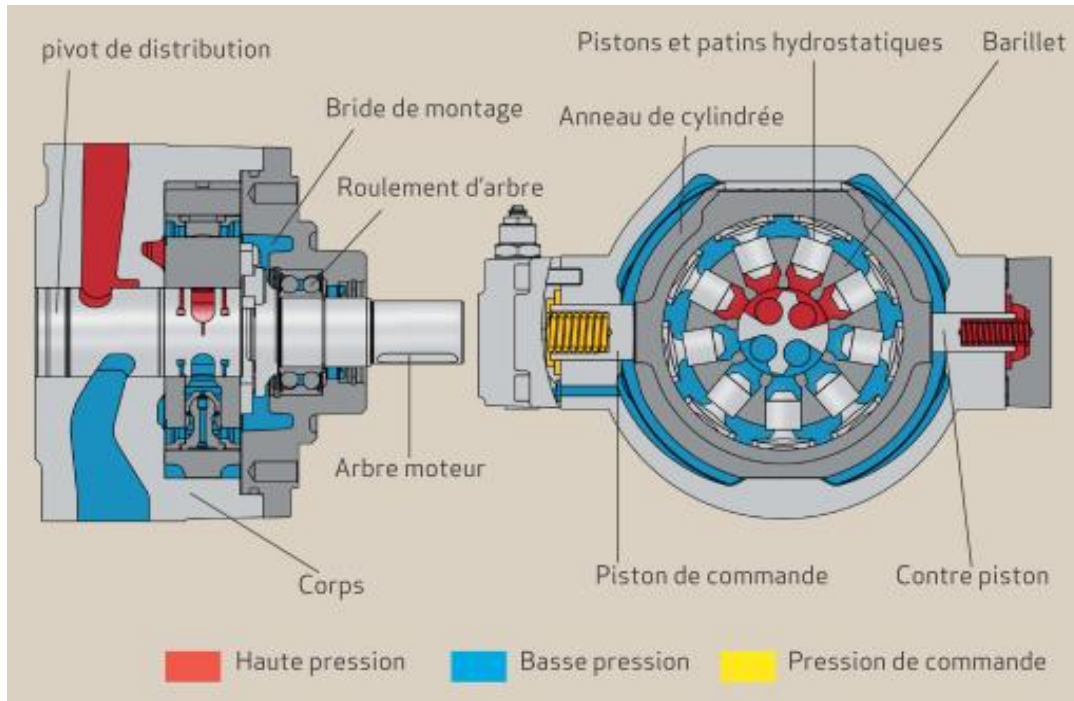


*Поршни, двигаясь по кругу, переключаются между двумя фазами:*

- фаза всасывания*
- фаза нагнетания*

# Радиально-поршневые насосы

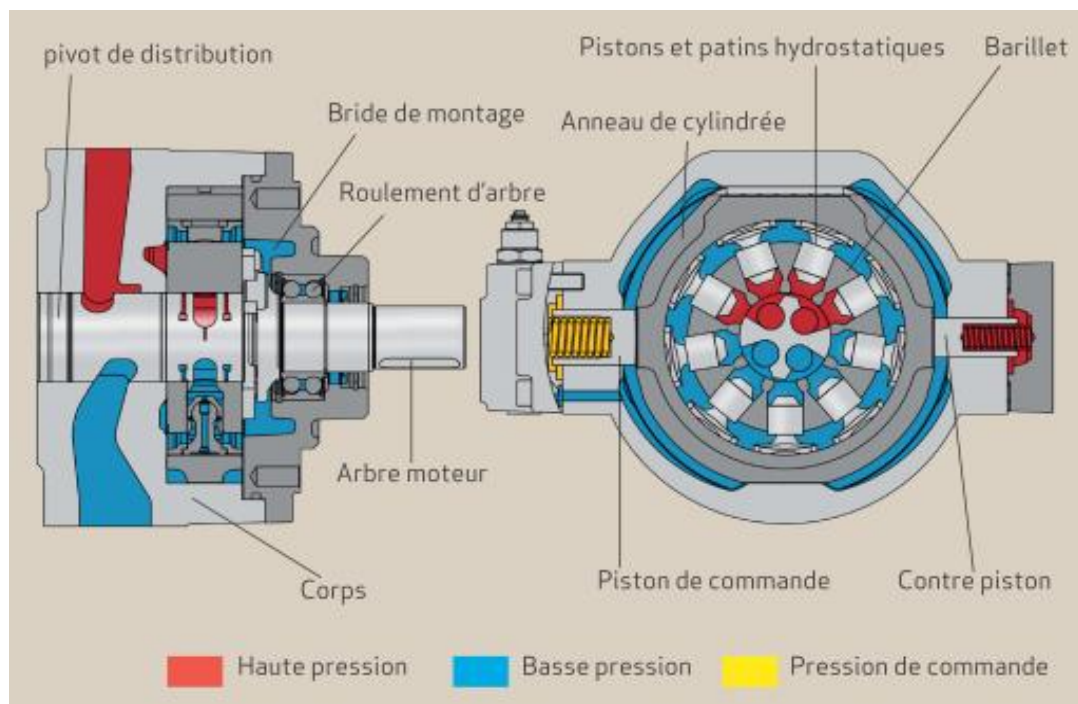
## Принцип действия



**Фаза всасывания.** Когда поршень выдвигается из камеры, в камере увеличивается объём и создаётся область разрежения. При этом всасывающий клапан открывается, а нагнетающий закрывается и жидкость заполняет рабочую камеру.

# Радиально-поршневые насосы

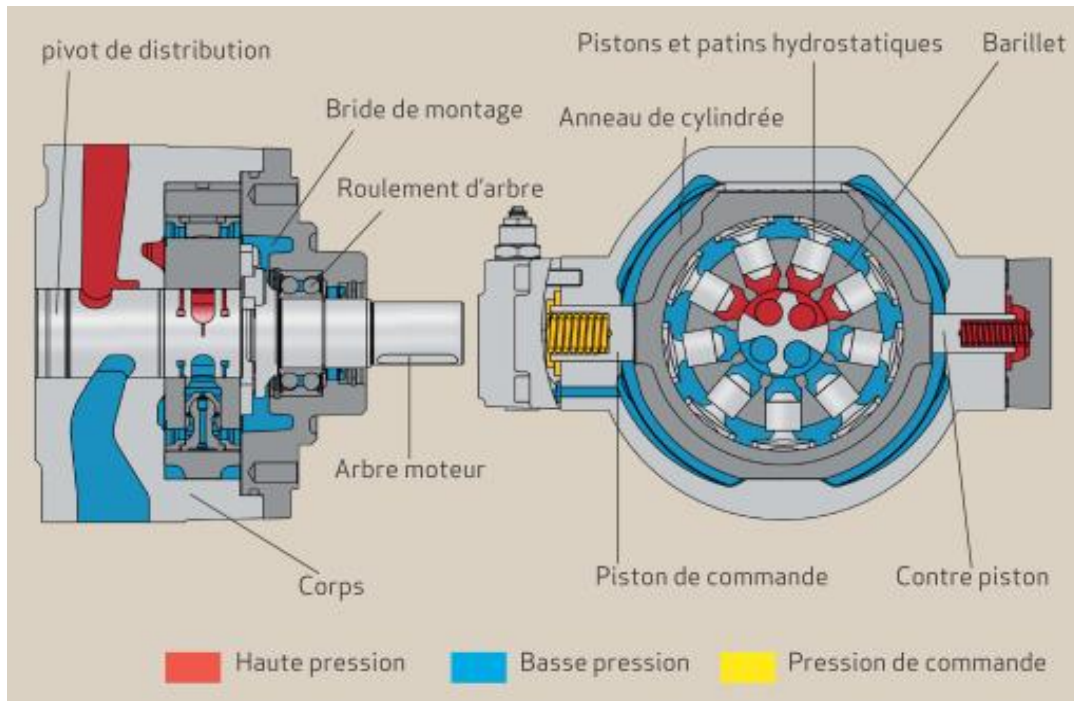
## Принцип действия



**Фаза нагнетания.** Поршень переключается на отверстие нагнетания и начинает вдвигаться. Клапан всасывания закрывается и открывается клапан нагнетания, рабочая камера уменьшается в результате чего создаётся давление и жидкость вытесняется из насоса.

# Радиально-поршневые насосы

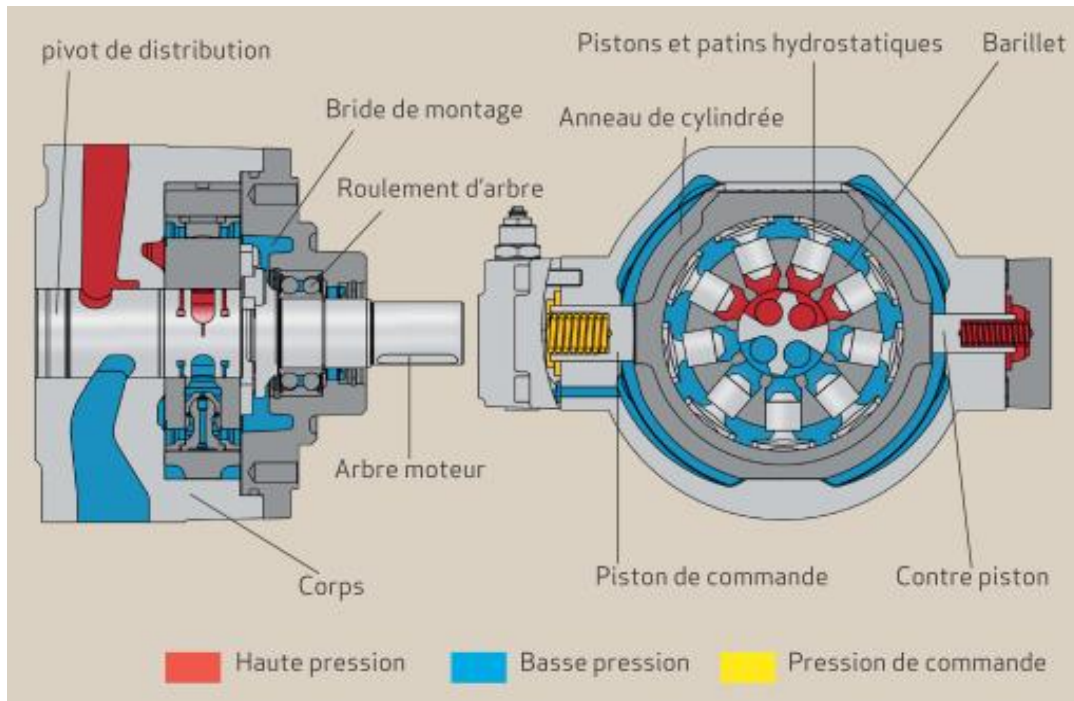
## Принцип действия



**Фаза нагнетания.** Поршень находится в данной фазе до максимальной точки сжатия рабочей камеры, а затем переключается на фазу всасывания.

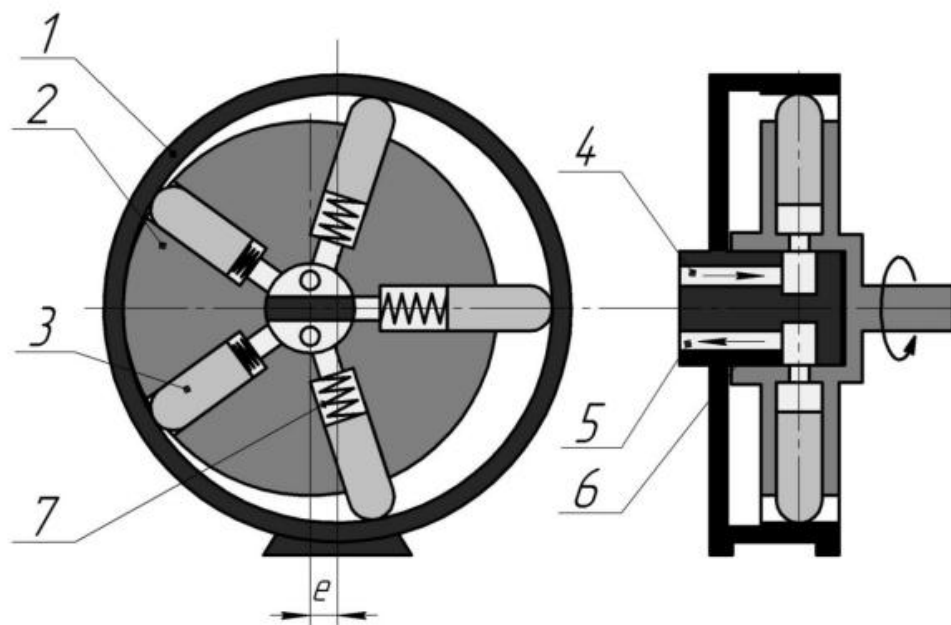
# Радиально-поршневые насосы

## Принцип действия



*За один оборот вала каждый поршень совершает процесс всасывания и нагнетания.*

# Радиально-поршневые насосы

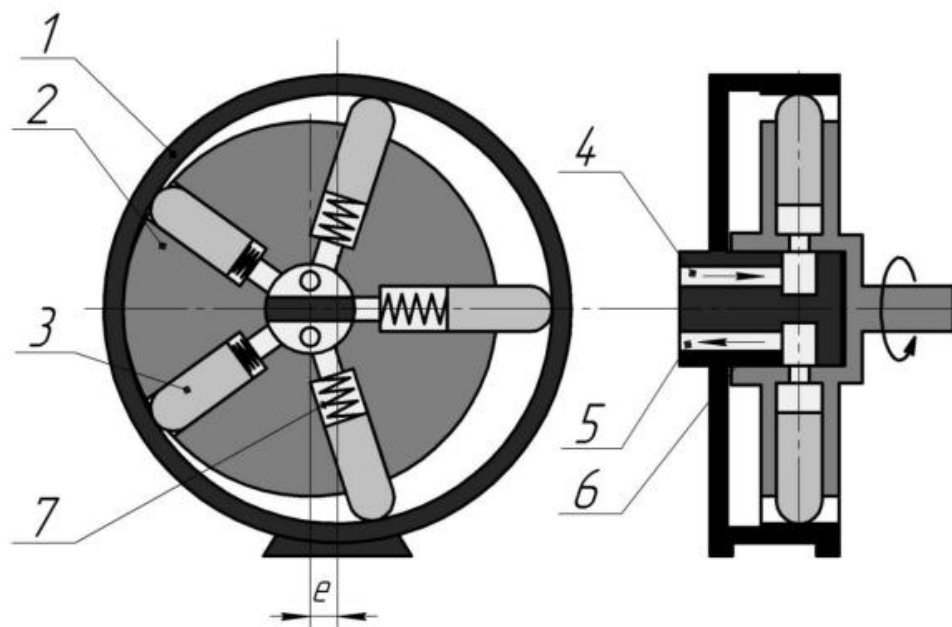


Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – поршни; 4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал; 6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

Число поршней у однорядных радиально-поршневых машин, как правило, принимают 5, 7, 9 или 13 для увеличения равномерности подачи.

Распределительная цапфа обычно несет на себе цилиндрический блок, воспринимающий реакции сил давления жидкости, действующие на поршни.

# Радиально-поршневые насосы

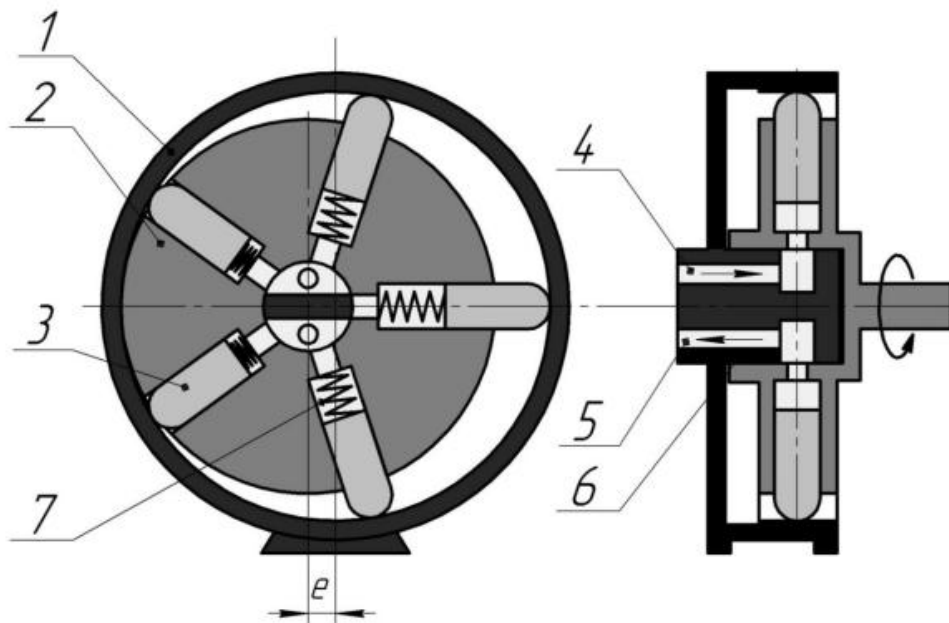


Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – поршни; 4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал; 6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

В целях улучшения условий работы узла распределения применяют гидравлическую разгрузку цапфы.

Для этого на поверхности цапфы обычно выполняют некруговые (на угле  $< 180^\circ$ ) канавки шириной  $s$ , которые соединяют с полостями высокого и низкого давления.

# Радиально-поршневые насосы



Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – поршни; 4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал; 6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

**Средняя подача** радиально-поршневого насоса  $Q$

$$Q = \eta_o q n = \eta_o \frac{\pi d^2}{4} h z n = \eta_o \frac{\pi d^2}{2} e z n,$$

где  $q$  – рабочий объём насоса;  
 $z$  – число поршней;  
 $d$  – диаметр поршня;  
 $e$  – эксцентриситет;  
 $h = 2e$  – ход поршня;  
 $\eta_o$  – объемный КПД

# Радиально-поршневые насосы

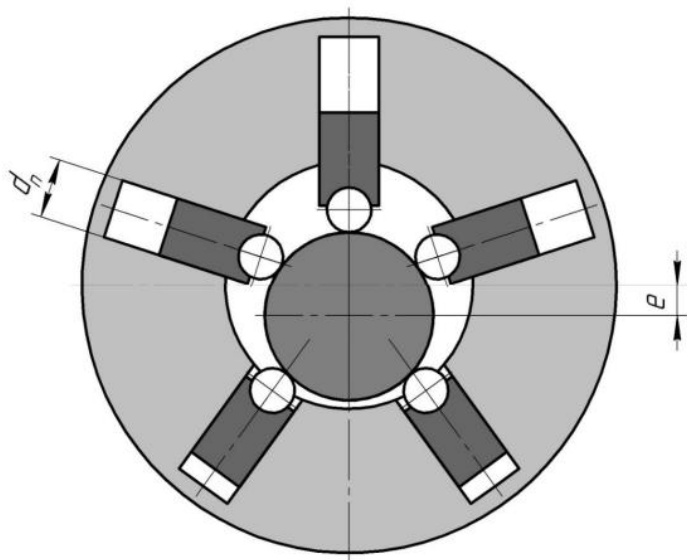
*Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом и клапанным распределением*



Радиально-поршневые насосы с клапанным распределением

# Радиально-поршневые насосы

*Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом и клапанным распределением*



Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом

**Достоинства:**

- Высокий объемный КПД.
- Высокое давление.

**Недостатки:**

- Нерегулируемые.

Вращающийся эксцентриковый вал заставляет поршни совершать возвратно-поступательное движение.

# Радиально-поршневые насосы

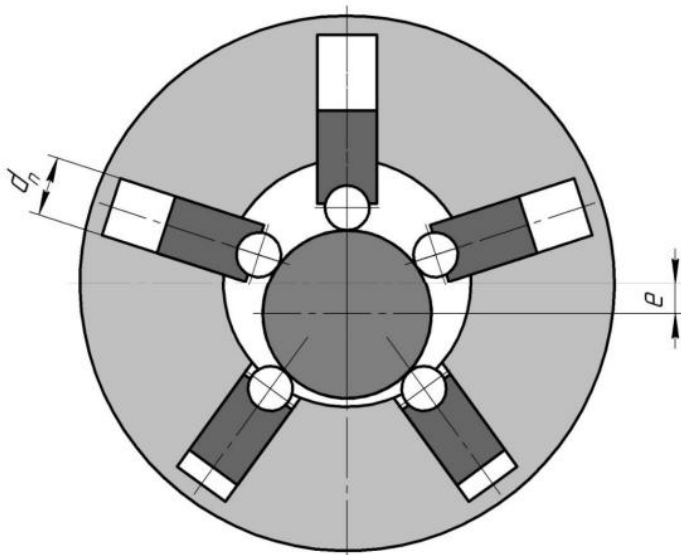
*Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом и клапанным распределением*

*Подача насоса*

Вытесняемый объем:

$$V = \frac{d_{\text{п}}^2 \pi}{4} 2ez,$$

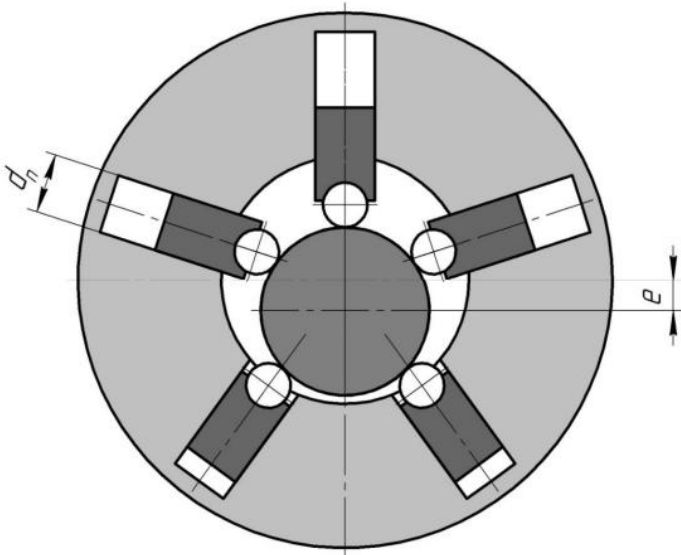
где  $z$  – число поршней;  
 $d_{\text{п}}$  – диаметр поршня;  
 $e$  – эксцентриситет.



Радиально-поршневой насос с  
эксцентричным валом

# Радиально-поршневые насосы

*Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом и клапанным распределением*



Радиально-поршневой насос с  
эксцентричным валом

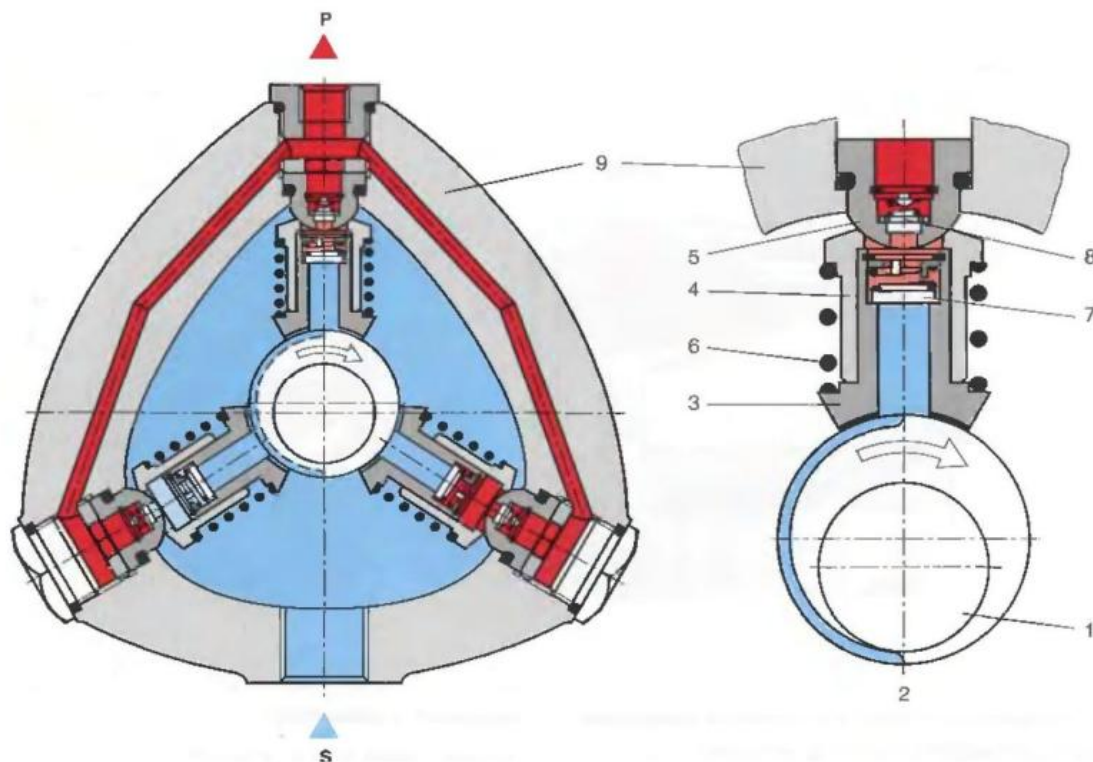
**Подача насоса**

$$Q = \frac{d_p^2 \pi}{4} 2 e z n \eta_o.$$

где  $z$  – число поршней;  
 $d_p$  – диаметр поршня;  
 $e$  – эксцентриситет;  
 $\eta_o$  – объемный КПД

# Радиально-поршневые насосы

*Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом и клапанным распределением*



- 1 – вал; 2 – эксцентрик;
- 3 – поршень; 4 – втулка;
- 5 – сферическая головка;
- 6 – пружина;
- 7 – всасывающий клапан;
- 8 – напорный клапан;
- 9 – корпус

# Радиально-поршневые насосы

## *Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом и клапанным распределением*

Основные характеристики насосов

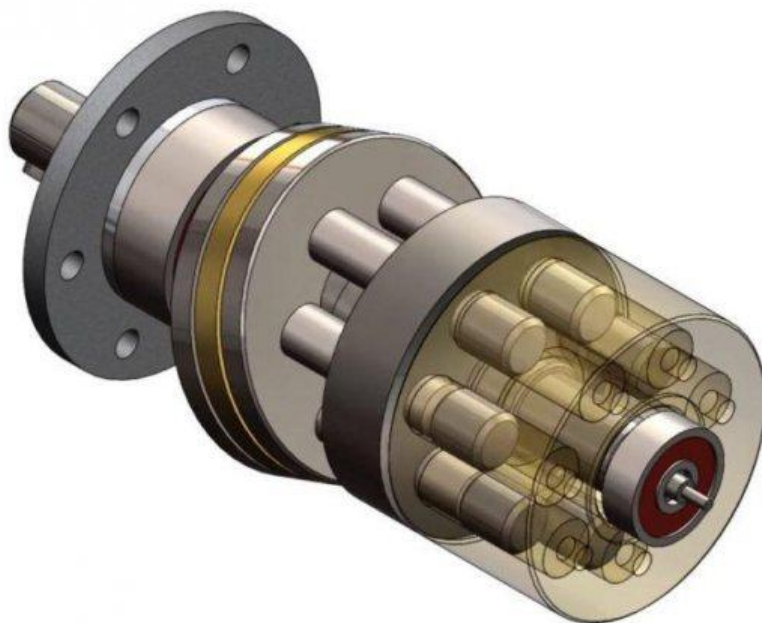
	Внутренний диаметр цилиндров, мм			
	8	10	12	14
Рабочий объем на 1 элемент, см <sup>3</sup> /об	0,4	0,63	0,91	1,23
Рабочее давление, бар	630	500	350	250

# Радиально-поршневые насосы

## *Недостатки:*

- Нерегулируемые
- Низкая производительность

# Аксиально-поршневые насосы



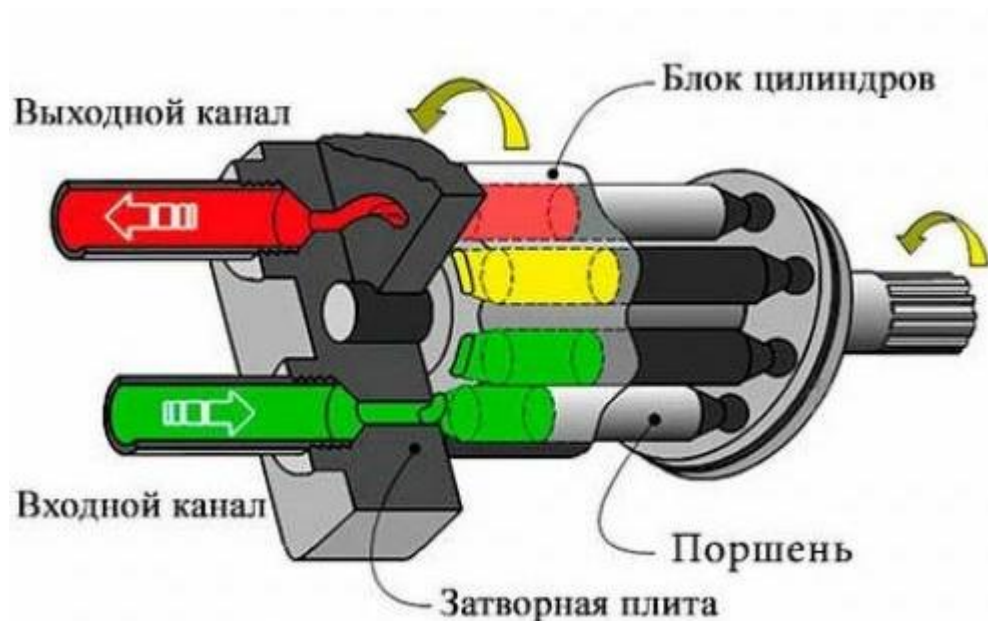
# Аксиально-поршневые насосы

## *Достоинства:*

- Экономичность
- Компактность
- Малая металлоемкость
- Малый момент инерции
- Надежность
- Возможность создавать высокое давление
- Бесступенчатость и простота регулирования подачи
- Большая высота всасывания

# Аксиально-поршневые насосы

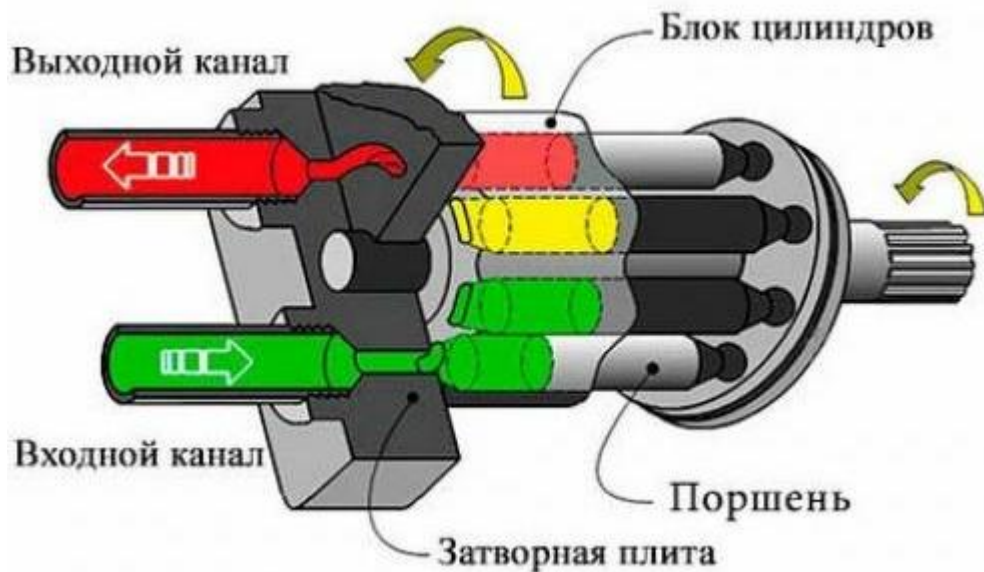
## Принцип действия



Принцип работы аксиально-поршневого насоса **заключается в изменении геометрии рабочей камеры** за счёт движения поршней или плунжёров параллельно оси приводного вала

# Аксиально-поршневые насосы

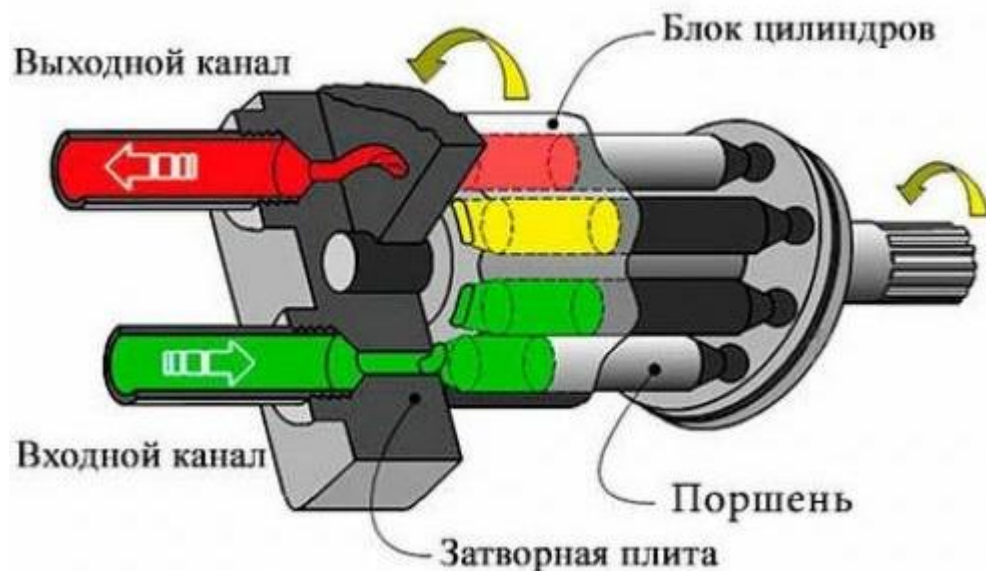
## Принцип действия



Работа насоса построена на вращательных движениях ведущего вала, который передаёт импульс цилиндрическому блоку. При этом поршни начинают создавать возвратно-поступательные движения в сторону главной оси.

# Аксиально-поршневые насосы

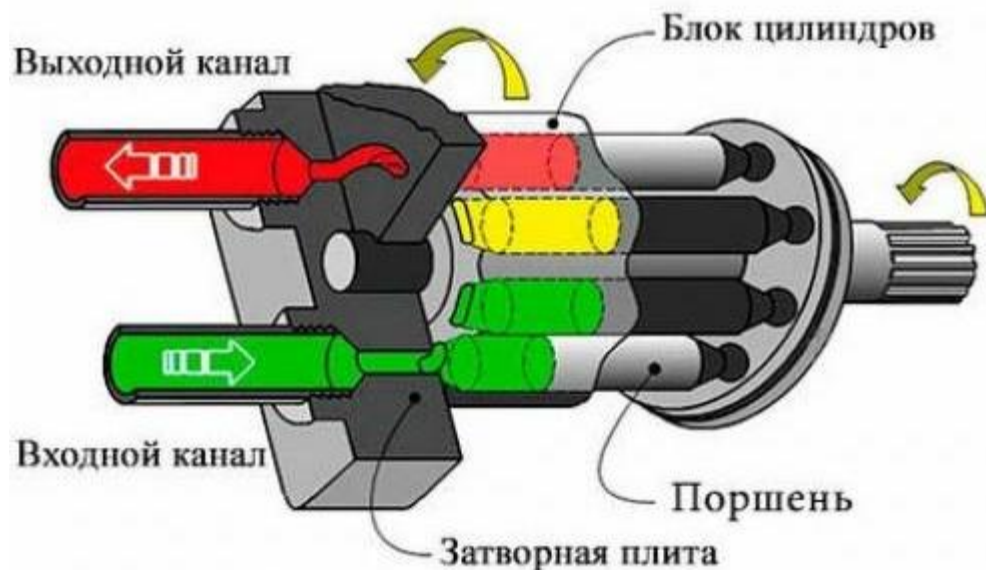
## Принцип действия



В ходе перемещения поршней происходит увеличение или уменьшение объёма рабочих камер, что и позволяет устройству всасывать и выталкивать перекачиваемую жидкость

# Аксиально-поршневые насосы

## *Принцип действия*



Рабочие камеры таких агрегатов соединены с всасывающими и нагнетательными патрубками, через которые и осуществляется забор и отдача перекачиваемой жидкости

# Аксиально-поршневые насосы

## *Аксиально-поршневой насос с наклонным блоком*

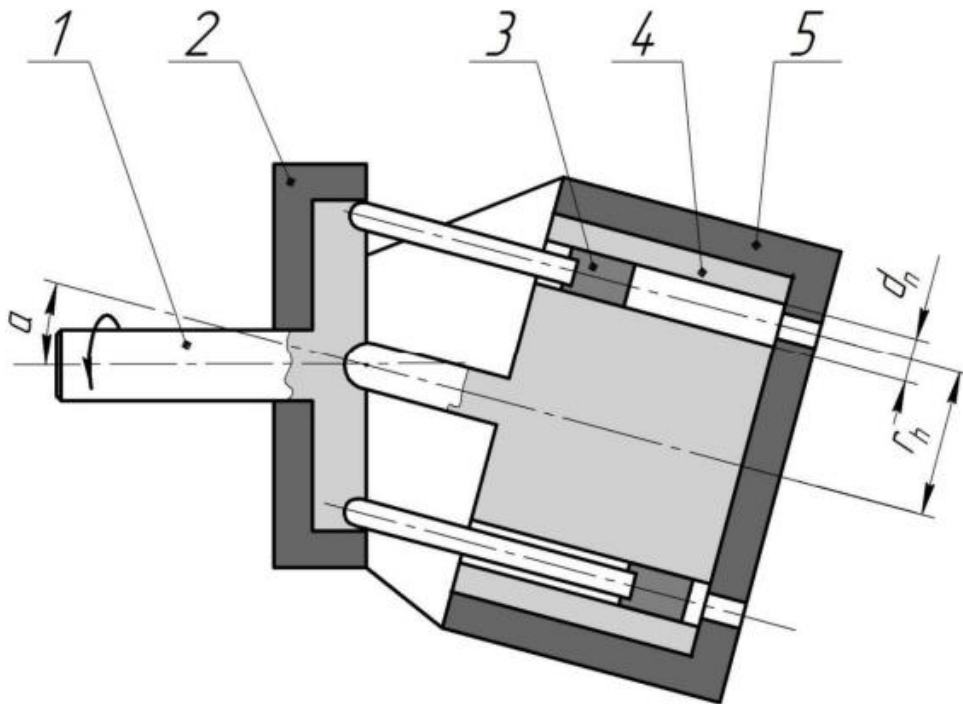
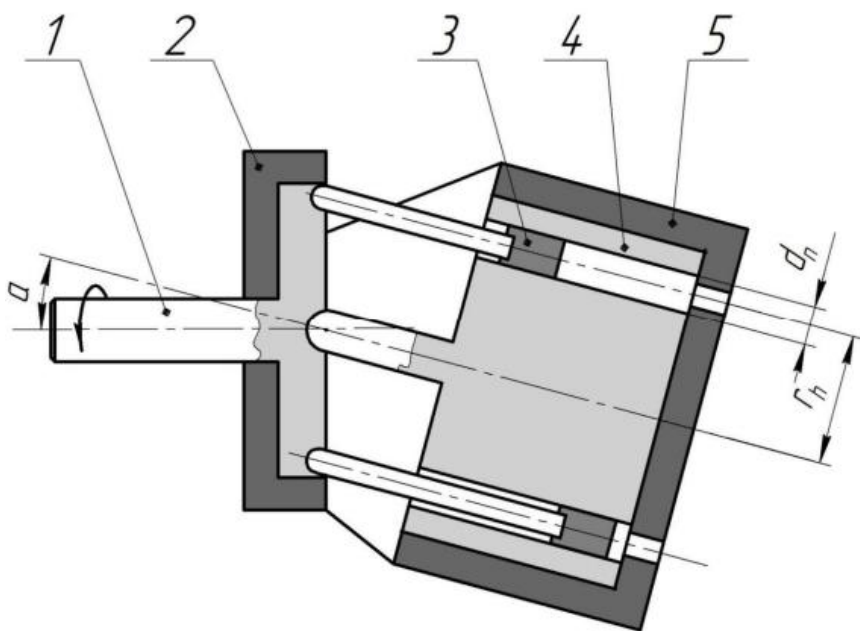


Схема аксиально-поршневого насоса с наклонным блоком:  
1 – приводной вал;  
2 – корпус;  
3 – поршни;  
4 – блок цилиндров;  
5 – корпус блока цилиндров

В зависимости от угла наклона блока поршни при вращении вала совершают возвратно-поступательное движение.

# Аксиально-поршневые насосы

## Аксиально-поршневой насос с наклонным блоком



1 – приводной вал; 2 – корпус; 3 – поршни;  
4 – блок цилиндров; 5 – корпус блока цилиндров

### Подача насоса

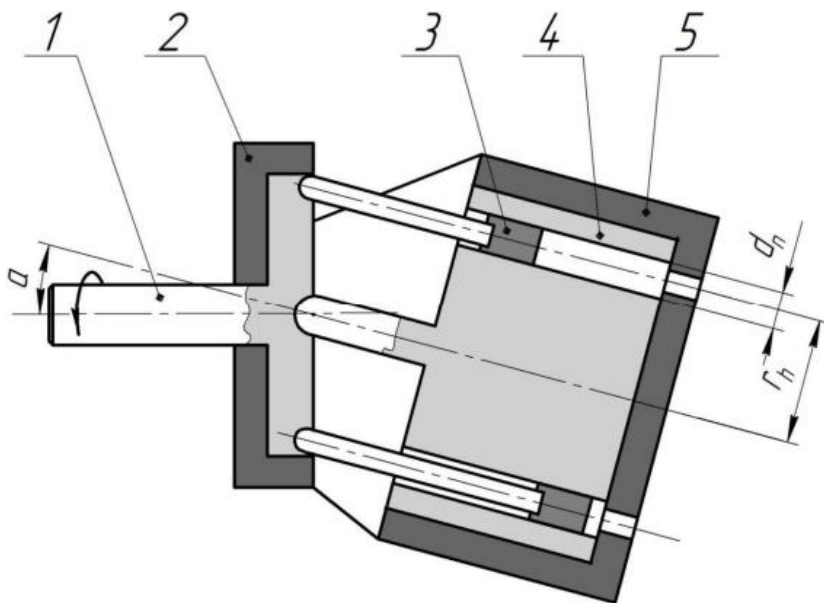
Вытесняемый объем:

$$V = \frac{d_n^2 \pi}{4} 2r_h z \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $z$  – число поршней,  
 $r_h$  – радиус окружности  
центров поршней,  
 $\alpha$  – угол наклона блока  
цилиндров.

# Аксиально-поршневые насосы

## Аксиально-поршневой насос с наклонным блоком



1 – приводной вал; 2 – корпус; 3 – поршни;  
4 – блок цилиндров; 5 – корпус блока цилиндров

### Подача насоса

$$Q = \frac{d_n^2 \pi}{4} 2 r_h z \frac{n}{60} \operatorname{tg} \alpha \eta_o,$$

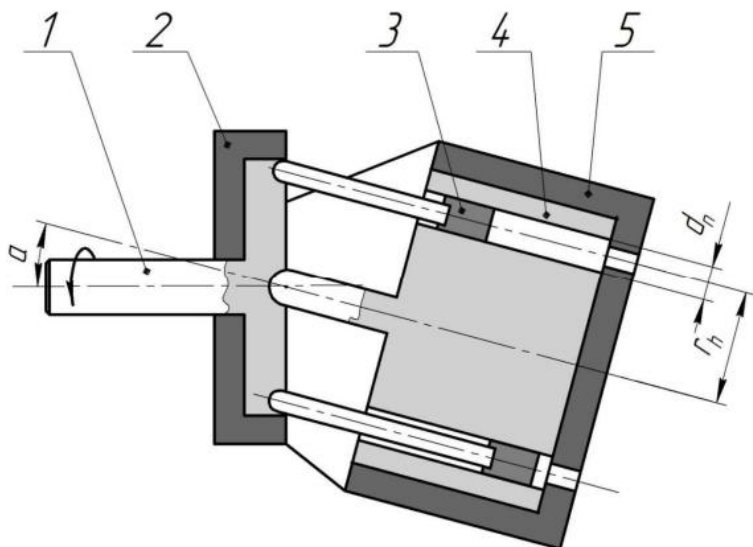
где  $n$  – частота вращения, об/мин;  
 $\eta_o$  – объемный КПД.

# Аксиально-поршневые насосы

## *Аксиально-поршневой насос с наклонным блоком*

### *Достоинства:*

- Меньшие радиальные размеры
- Меньшая масса и габариты
- Меньший момент инерции вращающихся масс
- Удобство монтажа и ремонта
- Большая быстроходность и реверсивность



- 1 – приводной вал;  
2 – корпус; 3 – поршни;  
4 – блок цилиндров;  
5 – корпус блока  
цилиндров

# Аксиально-поршневые насосы

## Аксиально-поршневой насос с наклонным диском

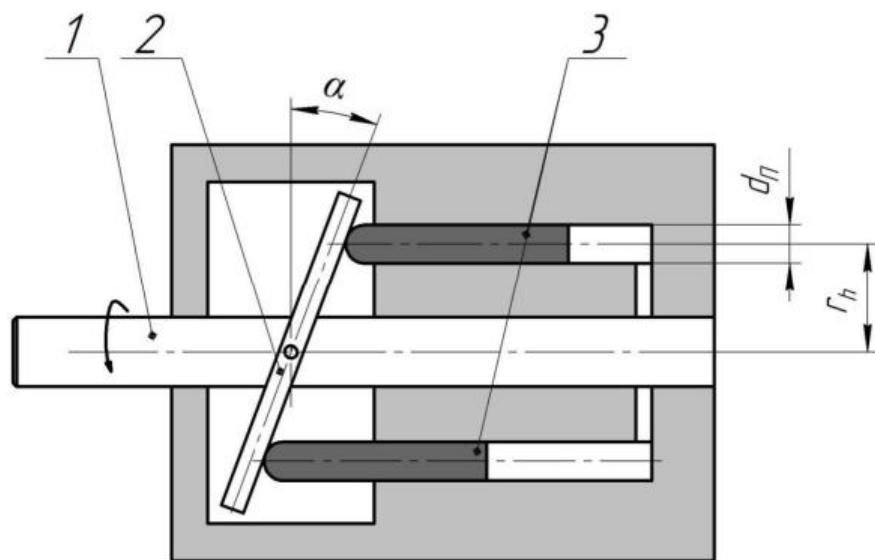


Схема аксиально-поршневого насоса с наклонным диском:

- 1 – приводной вал; 2 – наклонный диск; 3 – поршни;  
4 – корпус

### Подача насоса

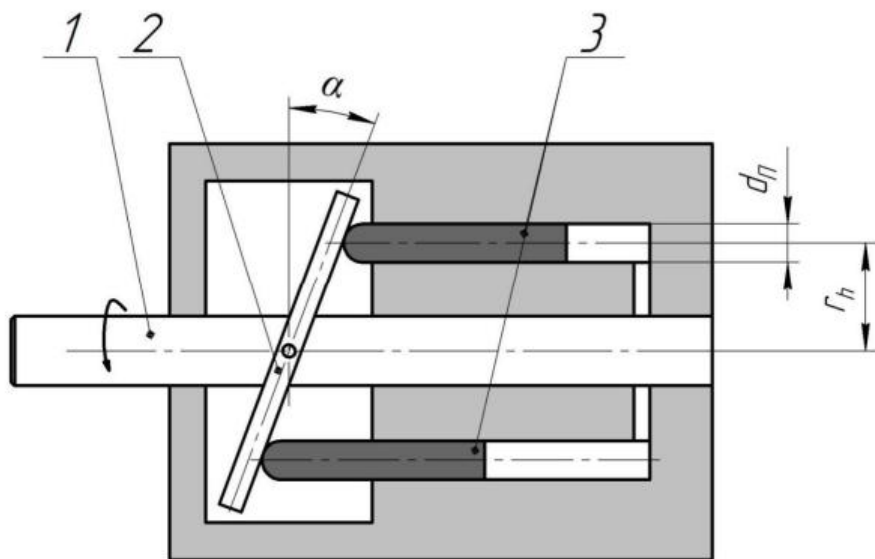
Вытесняемый объем:

$$V = \frac{d_n^2 \pi}{4} 2r_h z \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $z$  – число поршней,  
 $r_h$  – радиус окружности  
центров поршней,  
 $\alpha$  – угол наклона блока  
цилиндров.

# Аксиально-поршневые насосы

## Аксиально-поршневой насос с наклонным диском



### Подача насоса

$$Q = \frac{d_n^2 \pi}{4} 2r_h z \frac{n}{60} \operatorname{tg} \alpha \eta_o,$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин;  
 $\eta_o$  – объемный КПД.

Схема аксиально-поршневого насоса с наклонным диском:

- 1 – приводной вал; 2 – наклонный диск; 3 – поршни;  
4 – корпус

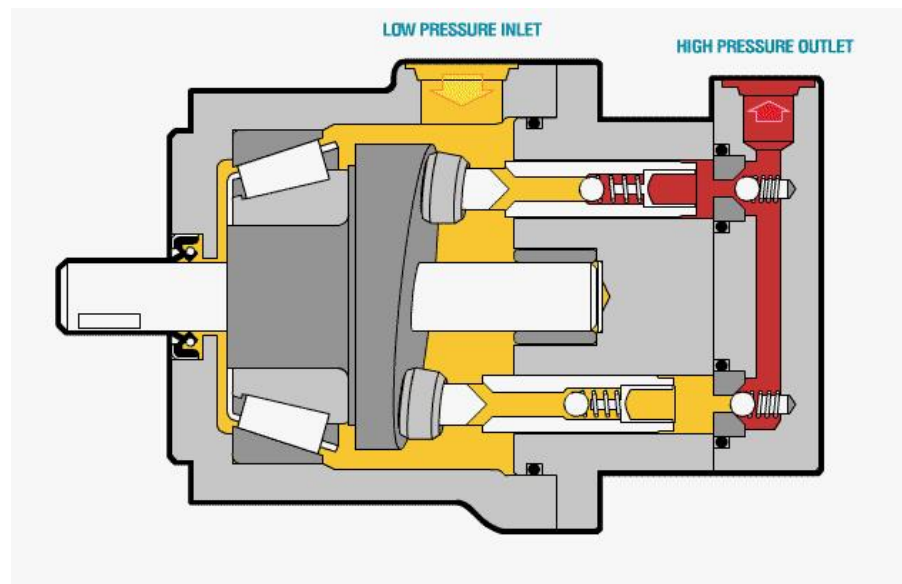
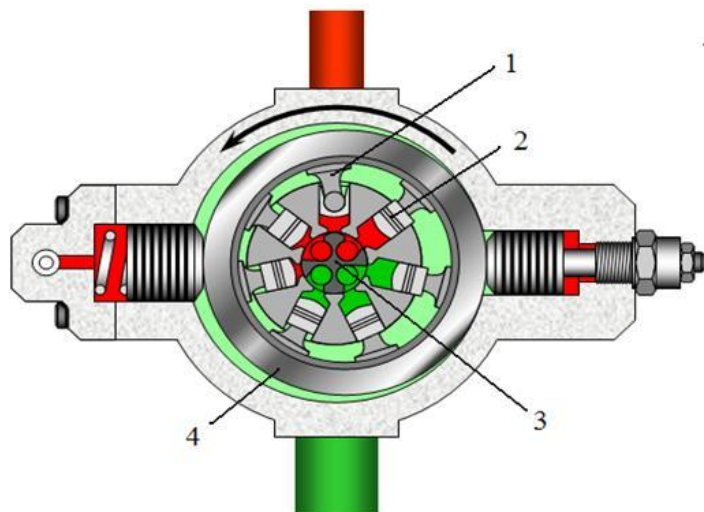
# Аксиально-поршневые насосы

## **Недостатки:**

- дороговизна;
- эксплуатация должна проходить согласно инструкции, так как такие гидромашины довольно ненадежны, и можно столкнуться с неэффективностью их работы;
- затруднен ремонт по причине сложной конструкции насоса, также нередко поломки;
- неравномерность расхода из-за большой пульсации жидкости, подаваемой в систему;
- по этой же причине гидравлика такого типа может работать некорректно на трубопроводах;
- повышенная шумность работы;
- необходимость использования фильтров с микронными ячейками из-за критичной зависимости от загрязнений.

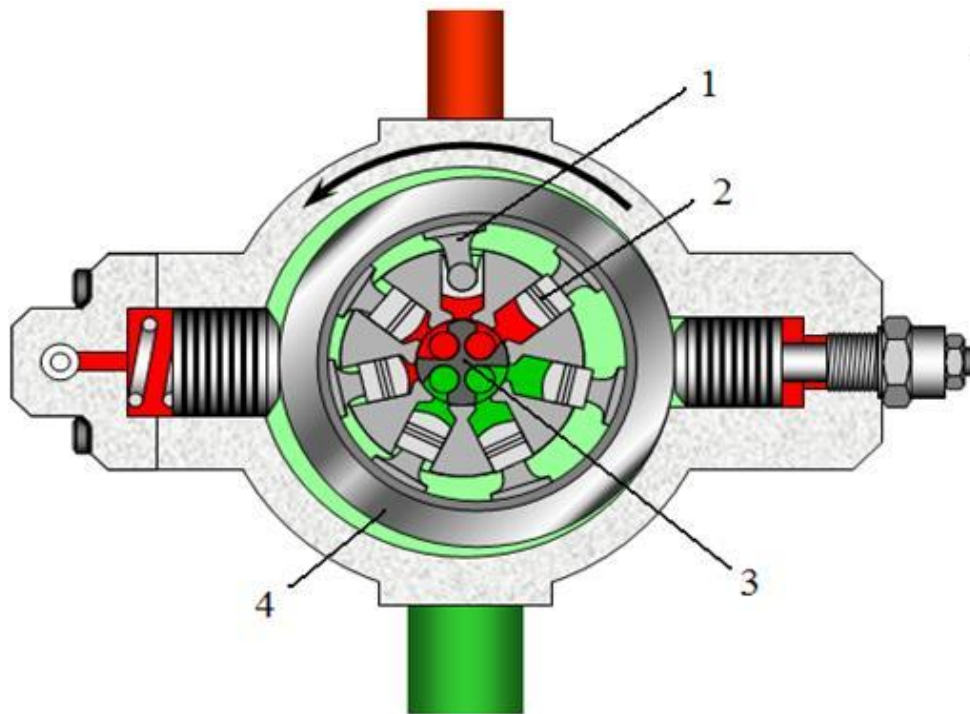
# Аксиально-поршневые насосы

**Основное отличие** радиально-поршневых насосов от аксиально-поршневых заключается в расположении поршней:



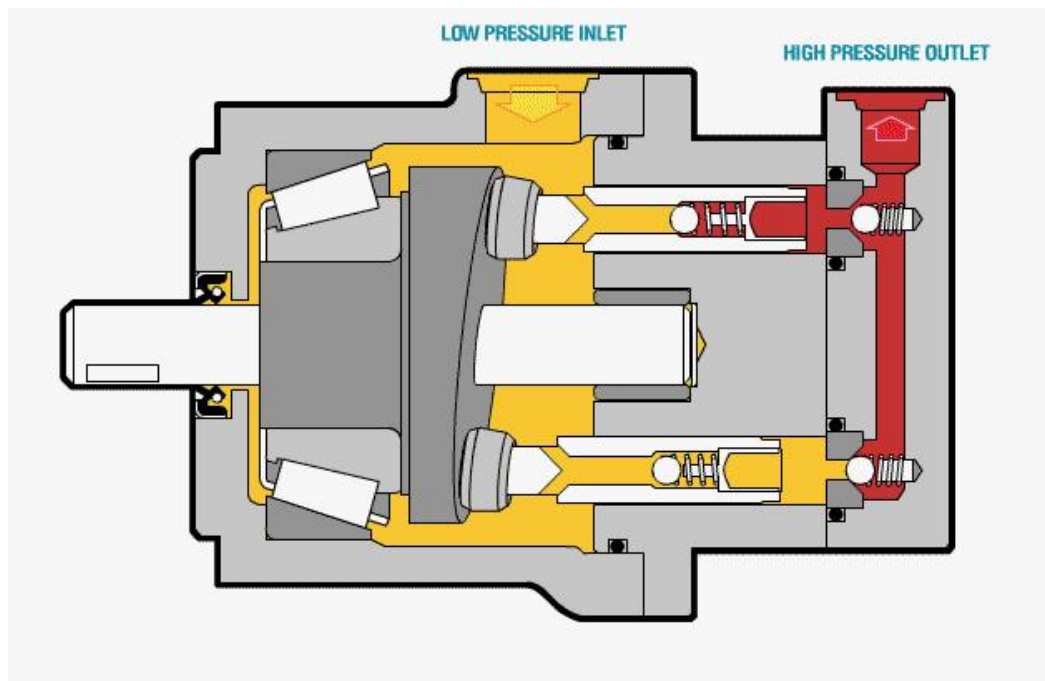
# Аксиально-поршневые насосы

- В радиально-поршневых насосах поршни расположены радиально вокруг центрального приводного вала . При вращении центрального вала поршни совершают возвратно-поступательные движения, создавая насосное действие, которое втягивает и вытесняет жидкость через отверстия.

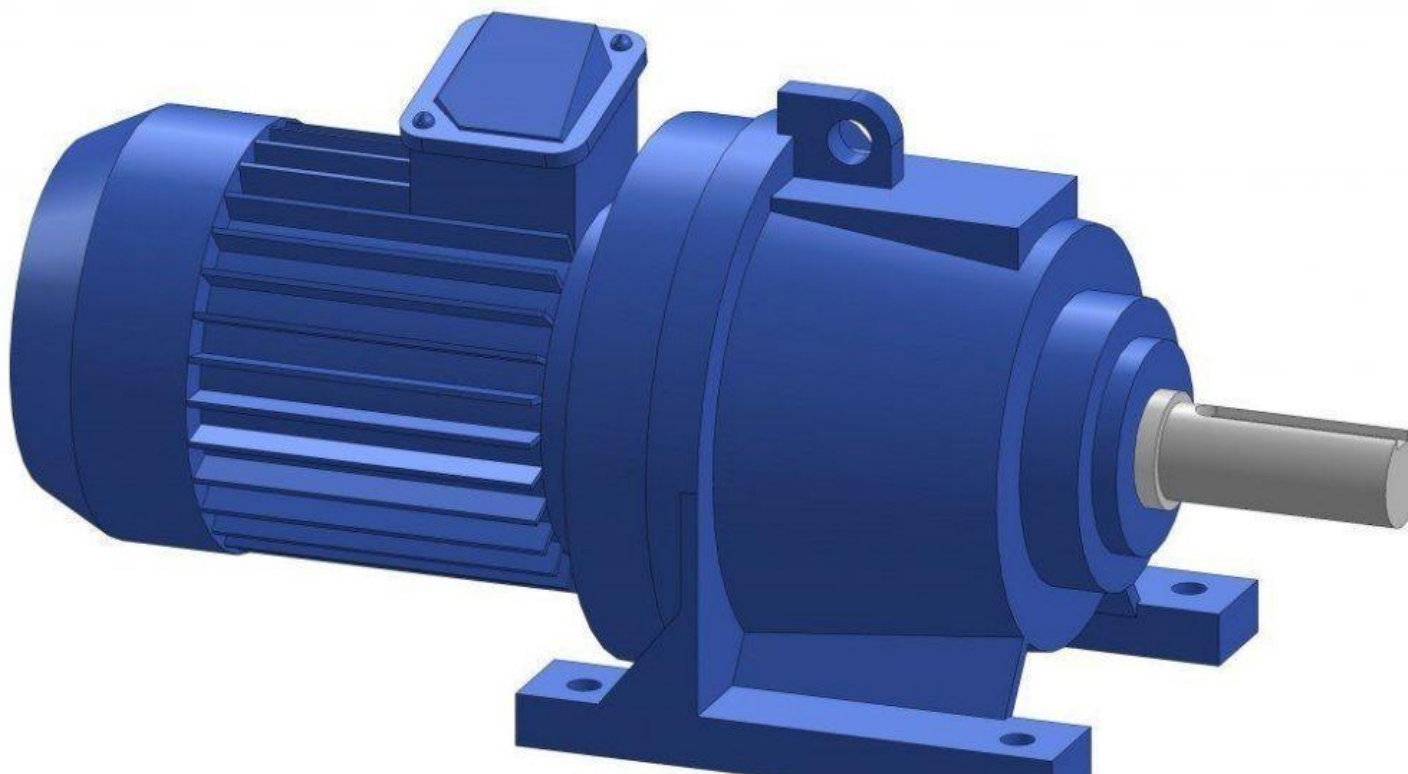


# Аксиально-поршневые насосы

- В аксиально-поршневых насосах поршни расположены параллельно валу насоса вокруг центральной оси внутри корпуса насоса. Внутренние рабочие камеры располагаются параллельно по отношению к поршням и оси самого устройства



# Пластинчатые насосы

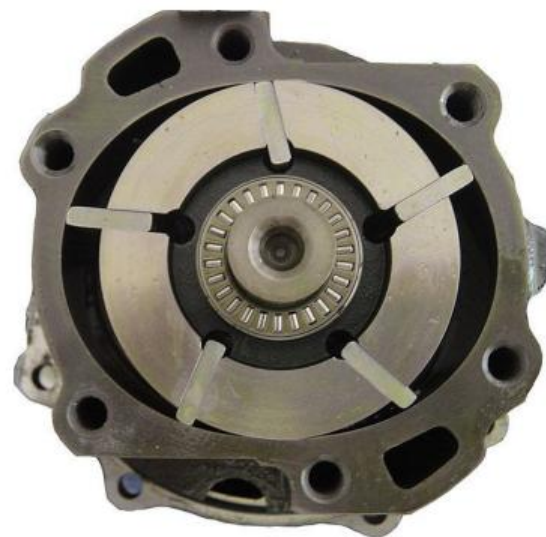


# Пластинчатые насосы

Широко применяются для подачи масел в гидравлических системах машин.

## Достоинства:

- Малые габариты
- Удобство встраивания
- Простота конструкции
- Надежность работы
- Высокий КПД.



Рекомендуемые частоты вращения обычно лежат в пределах 1000– 1500 об/мин. **Состоят из 3 элементов: статора, ротора и подвижных пластин.**

# Пластинчатые насосы

**Устройство пластинчатого насоса:** основными элементами являются корпус, ротор и рабочие пластины (шиберы).

Ротор рабочего органа соединяется с валом, подключённым к двигателю.



# Пластинчатые насосы

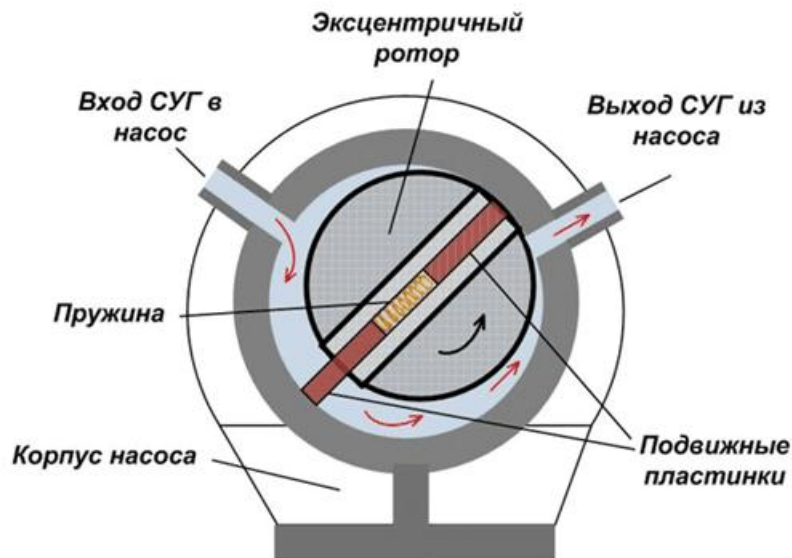
Помимо пластин и ротора, в конструкции оборудования присутствуют уплотнительная система для вала электродвигателя, патрубков нагнетания и патрубков всасывания (находится с внешней стороны рабочей камеры)



# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

*Пластинчатый насос однократного действия*

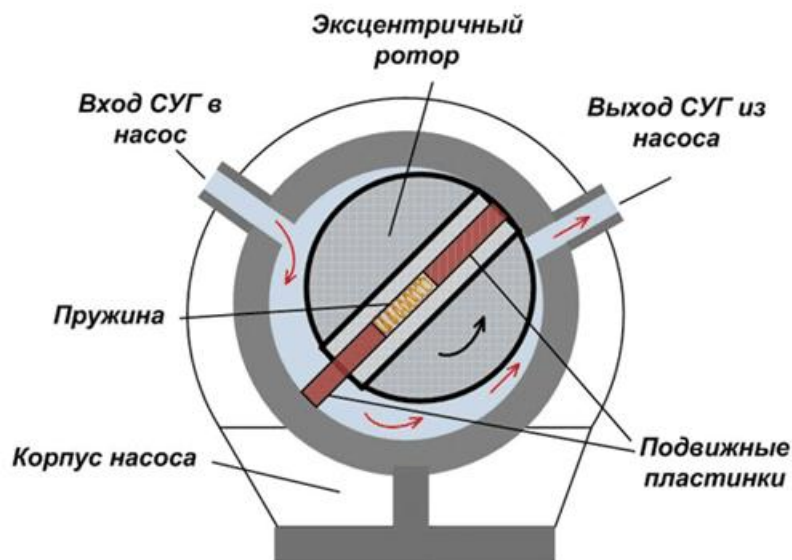


Ротор внутри рабочей камеры располагается не по её центру, а ближе к стенкам. Это обеспечивает возможность образования полости, имеющей форму полумесяца.

# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

*Пластинчатый насос однократного действия*

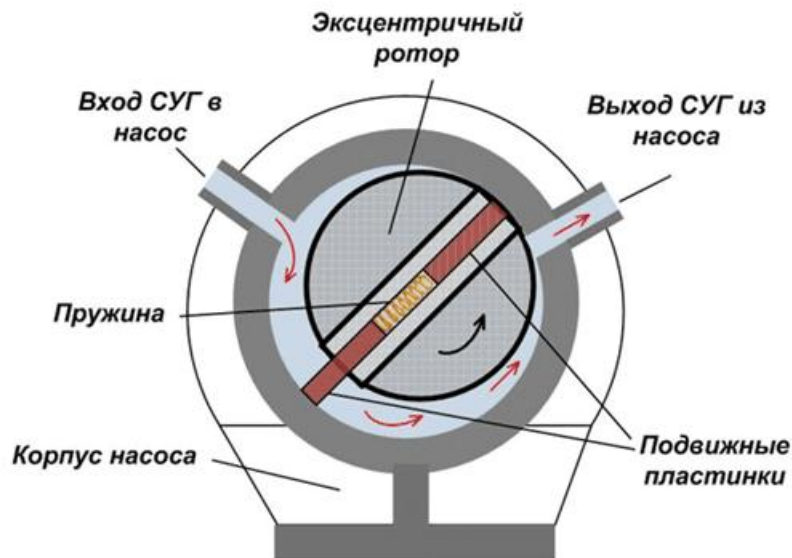


В процессе запуска оборудования и начала вращения ротора внутрь рабочей камеры всасывается перекачиваемая среда.

# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

*Пластинчатый насос однократного действия*

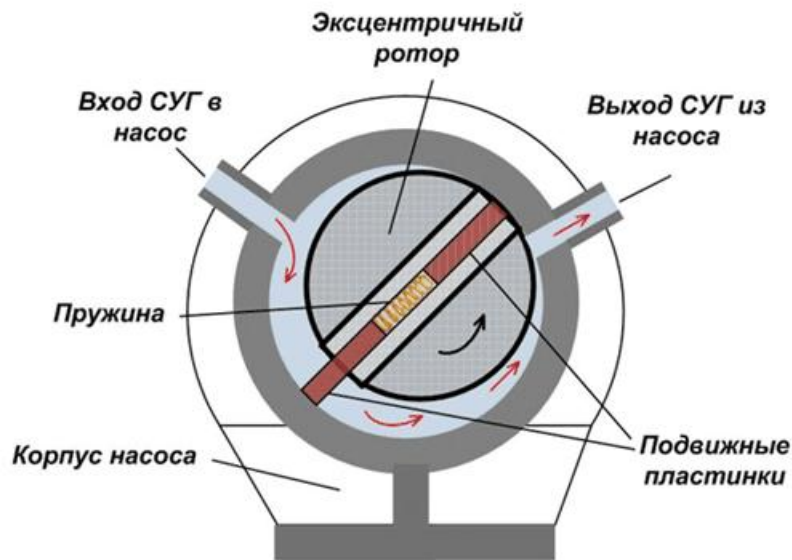


Вращение ротора приводит к образованию внутри центробежной силы, которая способствует движению пластинок по каналам от центра к стенкам корпуса.

# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

*Пластинчатый насос однократного действия*

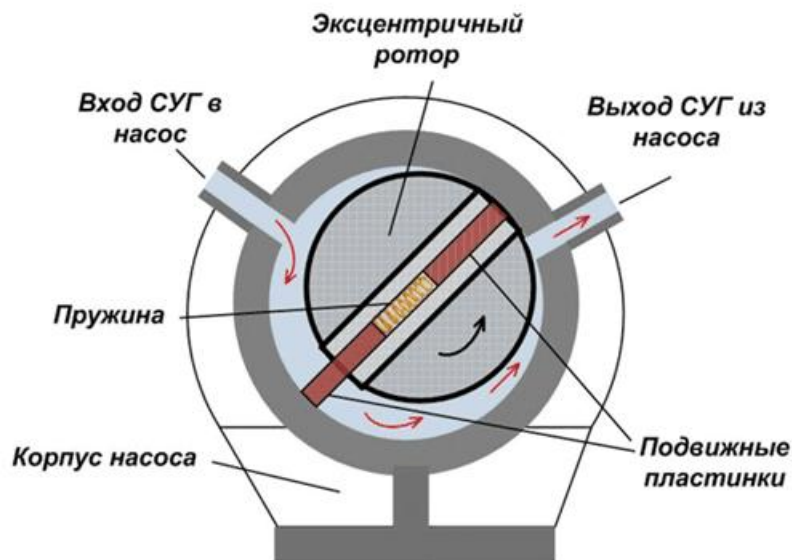


Пластины образуют карманы, внутри которых находится перекачиваемая среда. Она постепенно движется внутри карманов по корпусу рабочей камеры

# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

*Пластинчатый насос однократного действия*

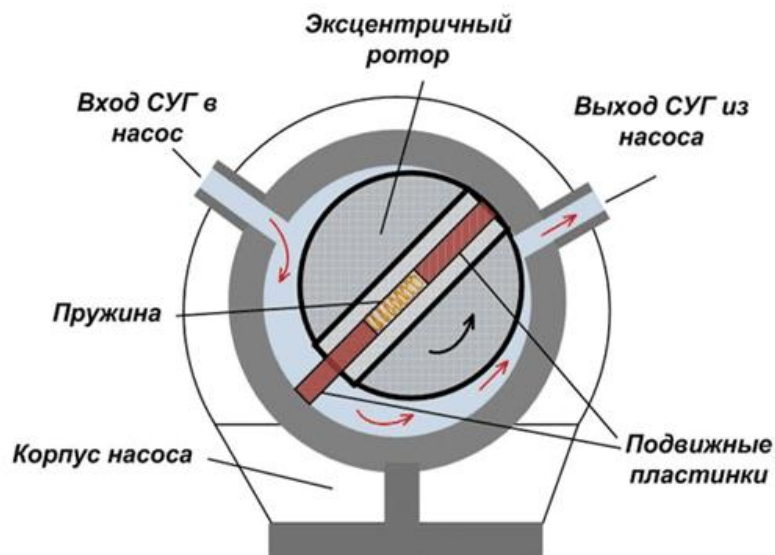


Последующее вращение ротора приводит к возвращению пластин в первоначальное положение. Это нагнетает жидкость, которая под небольшим напором подаётся уже из рабочей камеры через выходной патрубок далее по систем

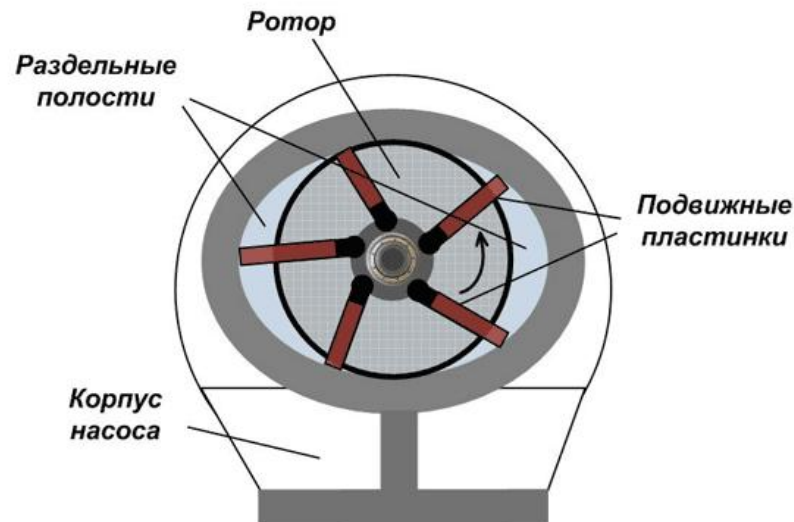
# Пластинчатые насосы

Пластинчатые насосы бывают однократного и двухкратного типа действия

*Пластинчатый насос однократного действия*



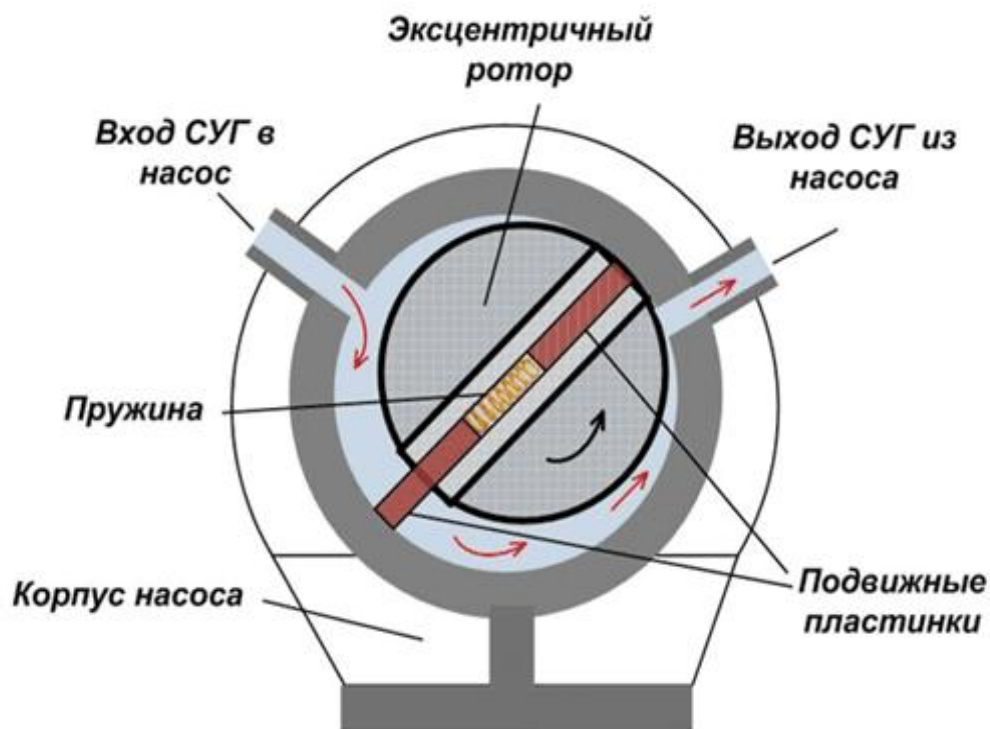
*Пластинчатый насос двукратного действия*



# Пластинчатые насосы

**Однократного действия:** за один оборот вала гидромашины процесс всасывания и нагнетания осуществляется один раз.

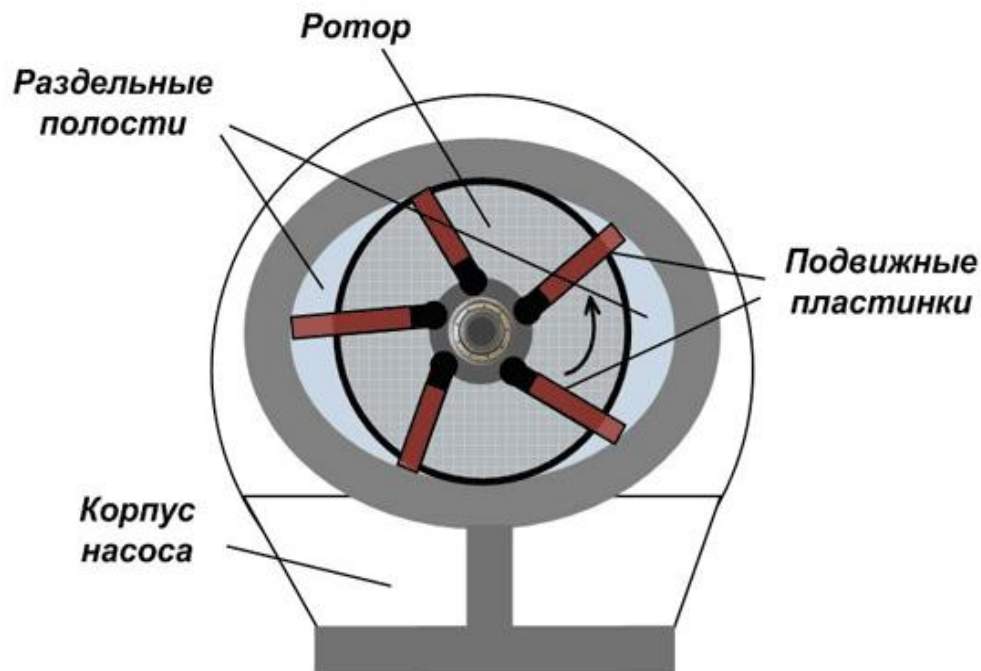
*Пластинчатый насос однократного действия*



# Пластинчатые насосы

**Двукратного действия:** за один оборот вала гидромашины процесс всасывания и нагнетания осуществляется два раза.

*Пластинчатый насос двукратного действия*



# Пластинчатые насосы

## *Разновидности:*

- Двупластинчатые и многопластинчатые
- Однократного и двойного действия
- Регулируемые и нерегулируемые

Особо распространены нерегулируемые пластинчатые насосы двухкратного действия для работы при давлениях 7-14 МПа, отличающиеся высокой надежностью

# Пластинчатые насосы

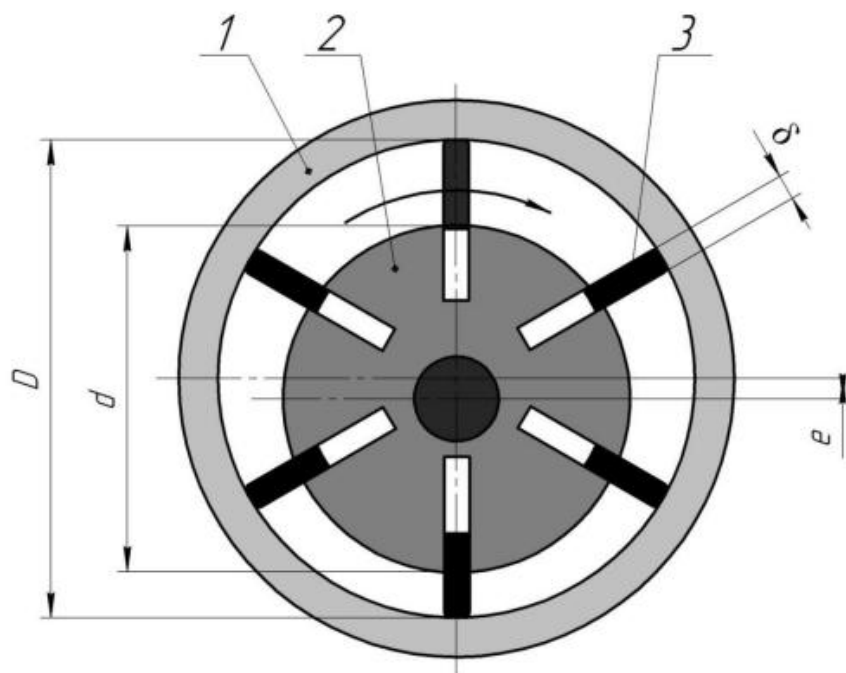


Схема пластинчатого насоса однократного действия:  
1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

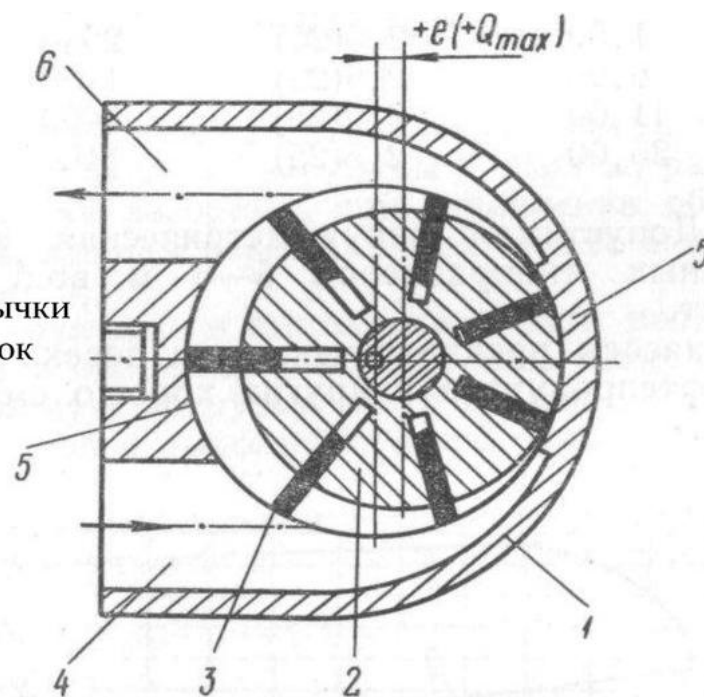
# Пластинчатые насосы

## *Пластинчатый насос однократного действия*

### *Принцип работы*

При сообщении вращающего момента валу насоса ротор гидромашины приходит во вращение.

1. Статор
2. Ротор
3. Вытеснители
4. Всасывающий патрубок
5. Уплотнительные перемычки
6. Нагнетательный патрубок



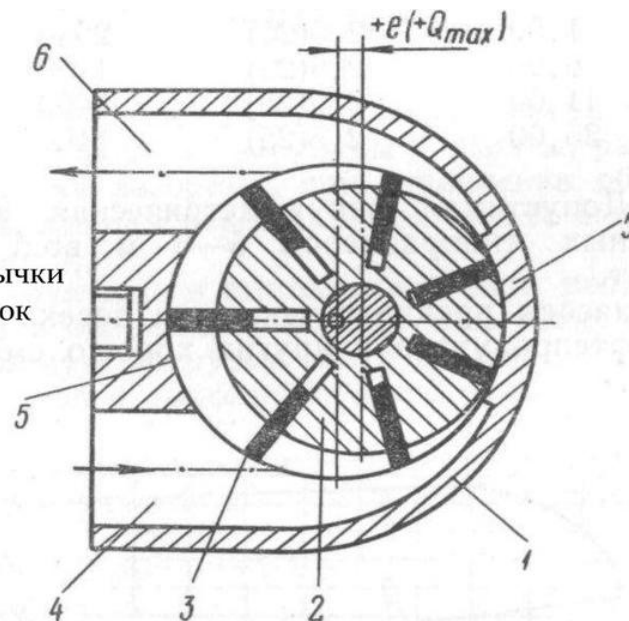
# Пластинчатые насосы

## Пластинчатый насос однократного действия

### Принцип работы

Под действием центробежной силы (или под действием силы упругости пружин, находящихся под пластинами) пластины прижимаются к корпусу статора, в результате чего образуется две полости, герметично отделённые друг от друга.

1. Статор
2. Ротор
3. Вытеснители
4. Всасывающий патрубок
5. Уплотнительные перемычки
6. Нагнетательный патрубок

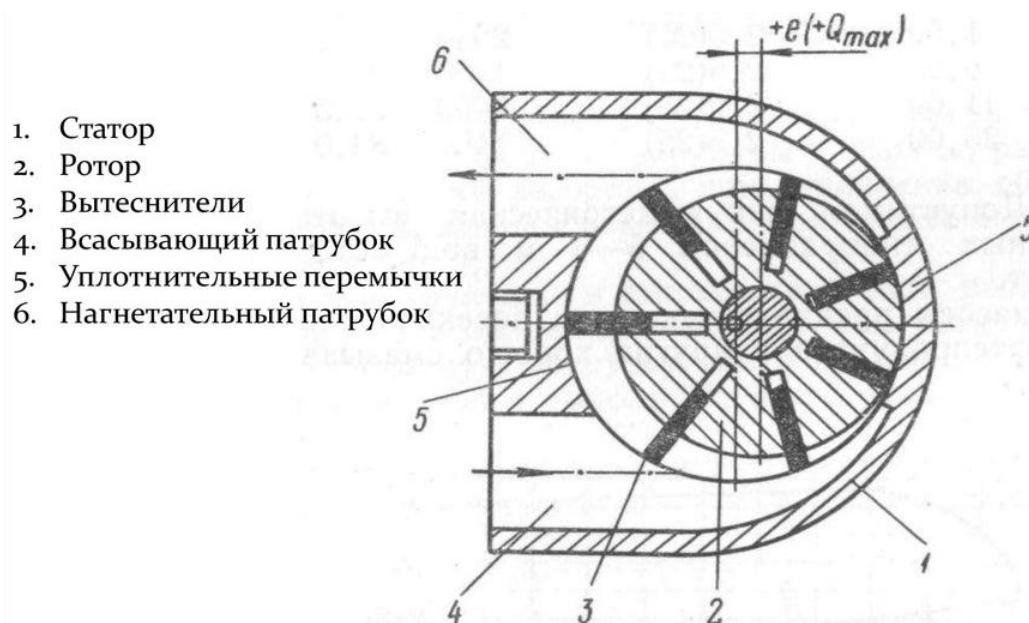


# Пластинчатые насосы

## Пластинчатый насос однократного действия

### Принцип работы

Объём одной из полостей постепенно увеличивается (в эту полость происходит всасывание), а одновременно с этим объём другой полости постепенно уменьшается (из этой полости осуществляется нагнетание рабочей жидкости).



# Пластинчатые насосы

## *Пластинчатый насос однократного действия*

### ***Достоинство:***

- Возможность изменения рабочего объема гидромашины (регулирование подачи), путем изменения эксцентриситета – величины смещения оси ротора относительно оси статора.

### ***Недостаток:***

- Неуравновешенность ротора из-за разности давлений жидкости со стороны нагнетания и всасывания, что приводит к значительным радиальным нагрузкам, действующим на подшипниковые опоры, и вынуждает ограничивать давление до 6,3 МПа

# Пластинчатые насосы

## *Пластинчатый насос однократного действия*

Рабочий объем пластинчатого насоса однократного действия:

$$q_H = 2be(2\pi R - \delta z),$$

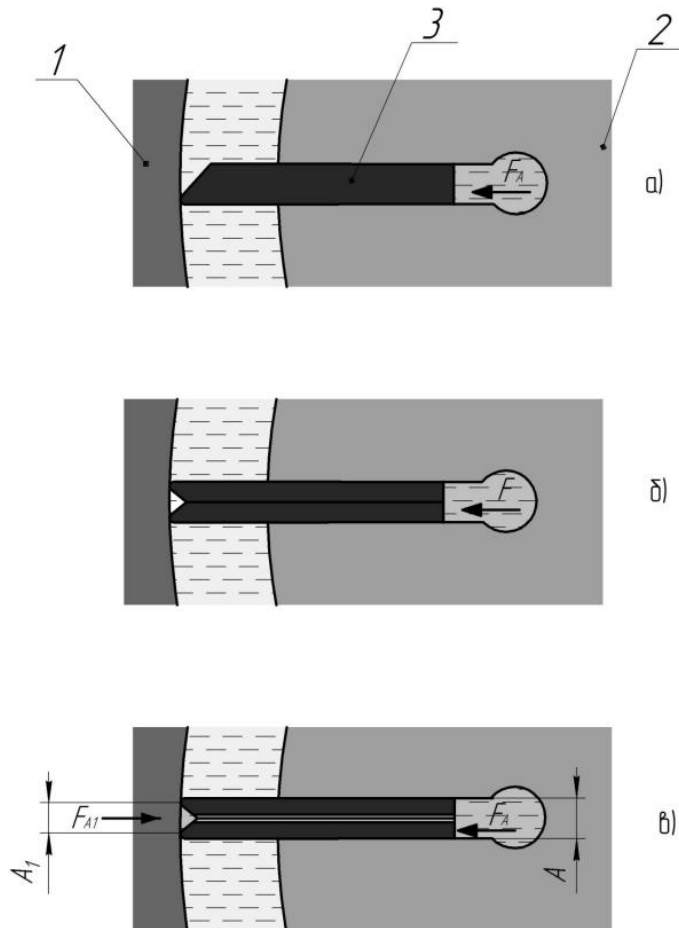
$R$  – радиус корпуса, м;  
 $e$  – эксцентриситет ротора, м;  
 $b$  – ширина лопатки, м;  
 $z$  – число пластин;  
 $\delta$  – толщина пластин

### Подача насоса

$$Q = 2be(2\pi R - \delta z) \frac{n}{60} \eta_o,$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин;  
 $\eta_o$  – объемный КПД.

# Пластинчатый насос однократного действия



Схемы поджатия пластин гидростатическим давлением: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

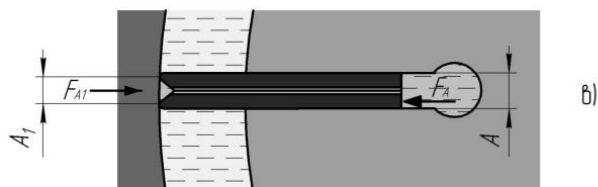
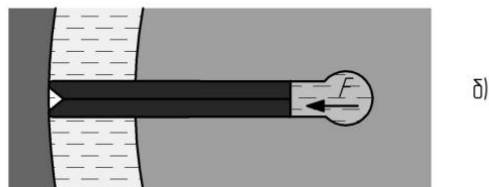
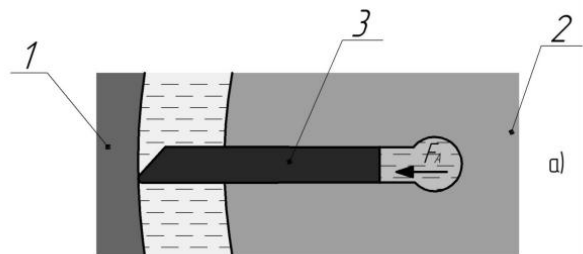
Пластинки могут прижиматься к внутренней поверхности статора за счет:

- центробежных сил (их бывает недостаточно для плотного прижатия);
- пружин (усложняют конструкцию, снижают надежность и долговечность);
- подачи жидкости под давлением из зоны нагнетания в пазы под пластины (большие усилия прижатия, быстро изнашиваются и истирают поверхность статора) (рис. а).

# Пластинчатый насос однократного действия

Для увеличения герметичности пластинчатые насосы, работающие при давлении свыше 150 бар, комплектуются двойными пластинами (рис. б).

Для снижения усилия поджатия между пластинами делается канавка, часть жидкости дросселируется через канавку и подводится в пространство между кончиками пластин. В результате прижимная сила частично компенсируется за счет силы  $F_{A1}$  (рис. в).



Схемы поджатия пластин гидростатическим давлением: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

# Пластинчатые насосы

## *Пластинчатый насос двухкратного действия*

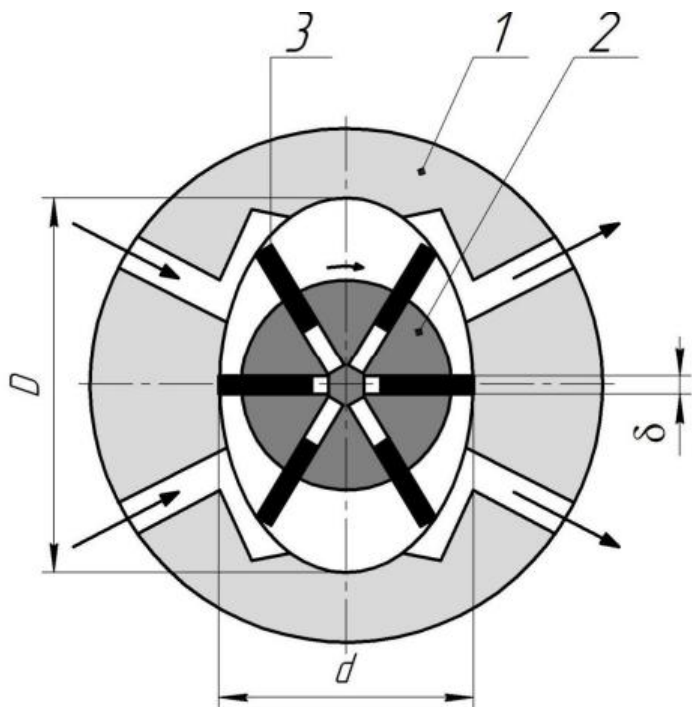


Схема пластинчатого насоса двухкратного действия: 1 — статор; 2 — ротор; 3 — пластины

### **Достоинство:**

- Уравновешены, могут использоваться до давлений 14 МПа.

### **Недостаток:**

- Невозможность регулирования рабочего объема

# Пластинчатые насосы

## Пластинчатый насос двухкратного действия

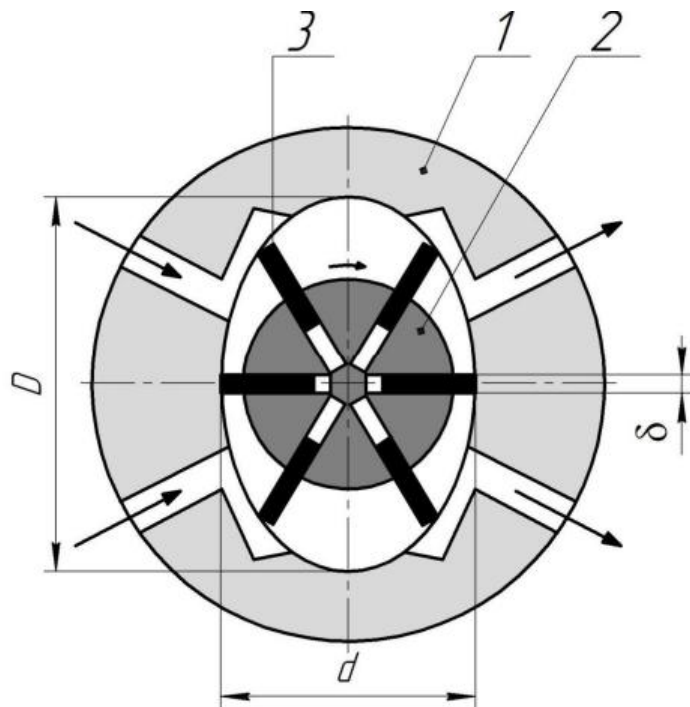


Схема пластинчатого насоса двухкратного действия: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

### Подача насоса

Рабочий объем пластинчатого насоса двухкратного действия

$$q_H = 2b \left[ \pi(R^2 - r^2) - \delta z(R - r) \right],$$

где  $R$  – наибольший радиус рабочей поверхности статора

$r$  – наименьший радиус рабочей поверхности статора

$b$  – ширина лопатки

$z$  – число пластин

$\delta$  – толщина пластин

# Пластинчатые насосы

## Пластинчатый насос двухкратного действия

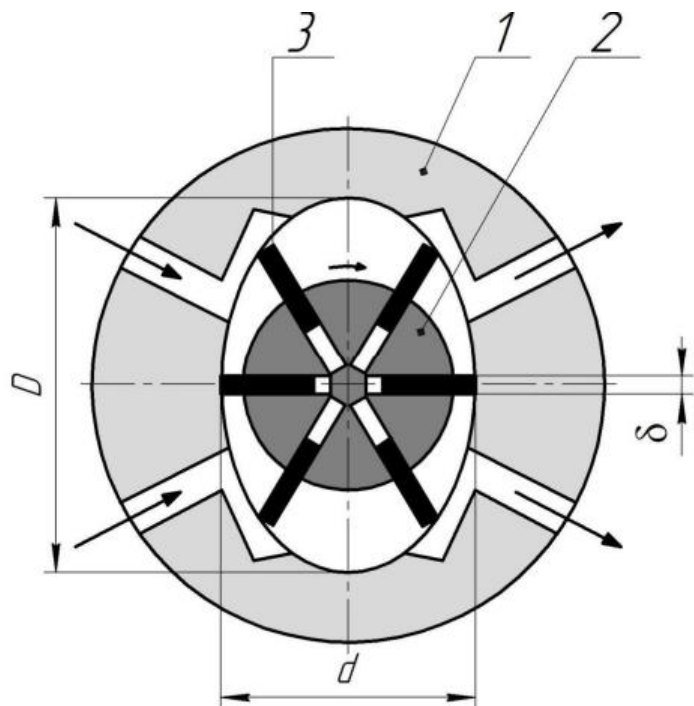


Схема пластинчатого насоса двухкратного действия: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

### Подача насоса

$$Q = 2b \left[ \pi(R^2 - r^2) - \delta z(R - r) \right] \frac{n}{60} \eta_o,$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин;  
 $\eta_o$  – объемный КПД.

# Пластинчатые насосы

Насосы пластинчатые имеют следующую **структуру условного обозначения**:

НПл х/х (Л) УХЛ4,

где НПл – насос пластинчатый;

первая цифра – рабочий объём в см<sup>3</sup>;

/вторая цифра – номинальное давление насоса в МПа;

без индекса – правое вращение, «Л» – левое;

УХЛ4 – климатическое исполнение и категория размещения.

*Примеры условного обозначения:*

- насос НПл 25/16 УХЛ4;
- насос НПл 16/6,3 УХЛ4.

# Пластинчатые насосы

## ***Недостатки:***

- Величина создаваемого давления меньше, чем у аксиальных гидромашин.
- Низкая ремонтпригодность. В виду большого количества поверхностей требующих герметичное подвижное соединение.

# Дозировочные насосы



# Дозировочные насосы

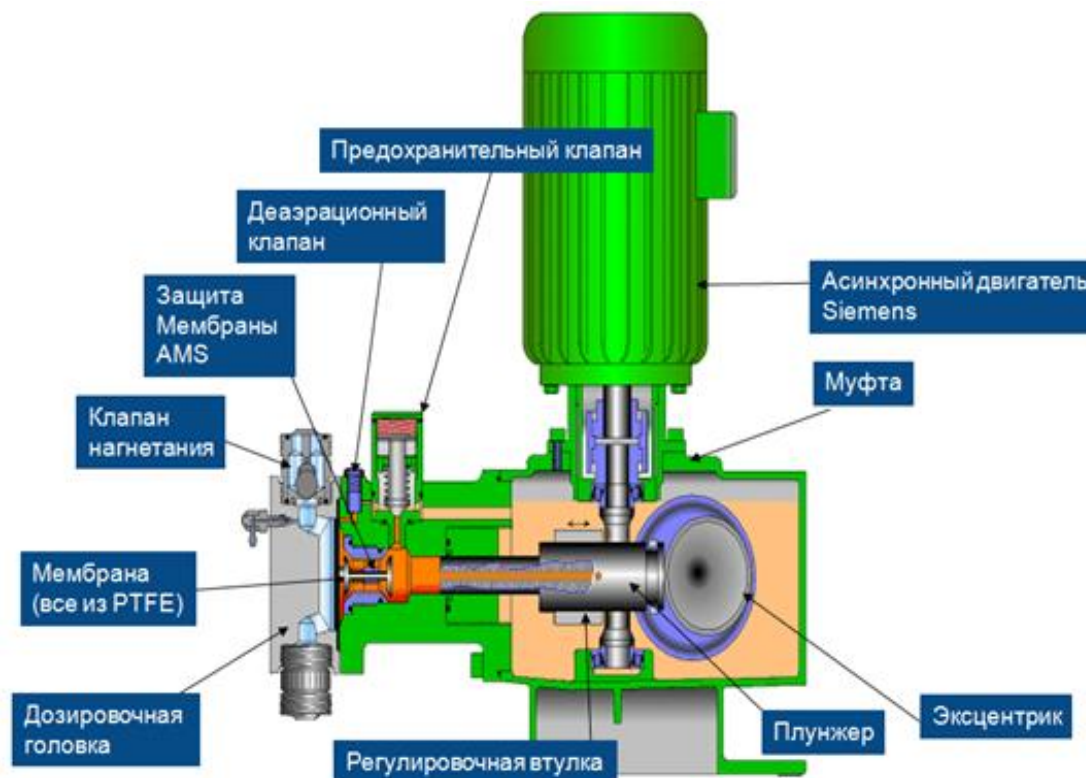
Дозировочные насосы **предназначены** для объемного напорного непрерывного дозирования чистых жидкостей (химических реагентов) для деэмульсации пластовой жидкости, предотвращения отложения парафина и солей в насосно-компрессорных трубах и промысловых коллекторах, для подачи добавок в воду, закачиваемую в нагнетательные скважины.

# Дозировочные насосы

К *специфическим характеристикам* дозировочных насосов, помимо всех остальных параметров, характеризующих объемные насосы, относится **класс точности дозирования**, который определяется наибольшим отклонением фактической подачи эталонной жидкости при номинальном режиме работы насоса, выраженном в процентах от номинальной подачи.

# Дозировочные насосы

Конструкция дозировочного насоса должна позволять плавную регулировку подачи от нуля до максимума без остановки приводного двигателя.



# Дозировочные насосы

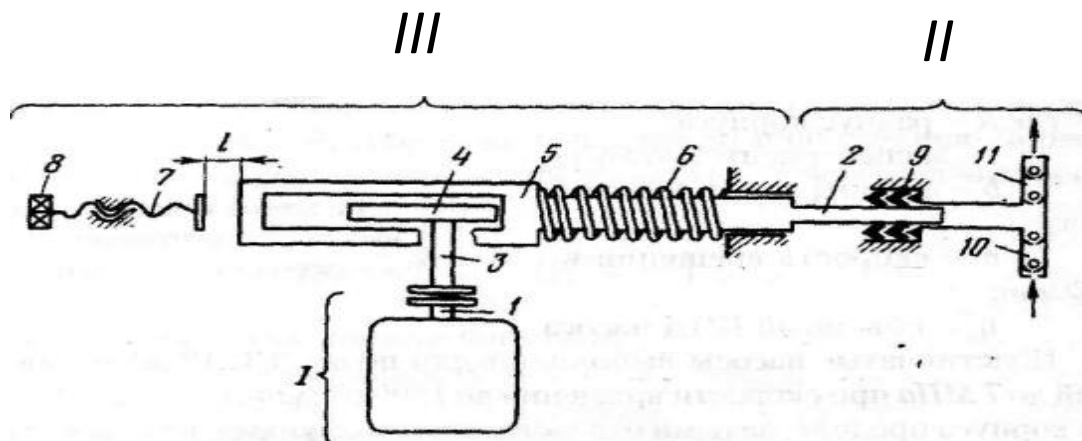
Дозировочные насосы применяются для перекачивания жидкости давлением до 40 МПа в количествах от нескольких литров до нескольких кубических метров в час, при точности дозирования порядка 0,1-2,5 %.

Температура перекачиваемой жидкости определяется стойкостью материала уплотнений и при использовании резиновых и резинотканевых манжет не должна превышать 80 °С, а при использовании фторопласта - 200 °С.

*Область применения насосов определяется стойкостью материалов, из которых выполнена проточная часть, а также стойкостью материала уплотнений.*

# Дозировочные насосы

Дозировочный насос НД - одноплунжерный, горизонтальный, простого действия с регулируемой подачей состоит (рис.) из мотора-редуктора I, гидроцилиндра II и регулирующего механизма III. Все узлы насоса монтируются на корпусе регулирующего механизма.

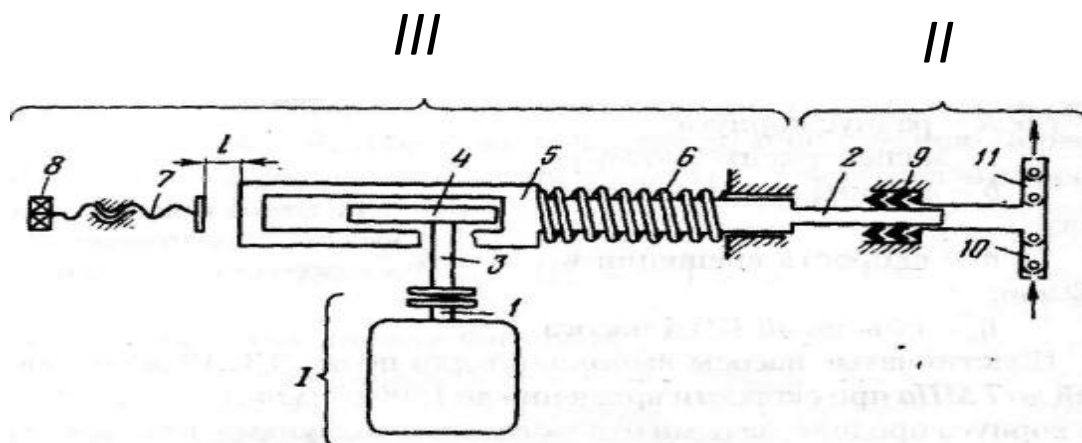


Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

Мотор-редуктор включает в себя приводной двигатель и редуктор, выполненные в одном корпусе. Частота вращения вала 1 мотора-редуктора составляет  $85 \text{ мин}^{-1}$ .

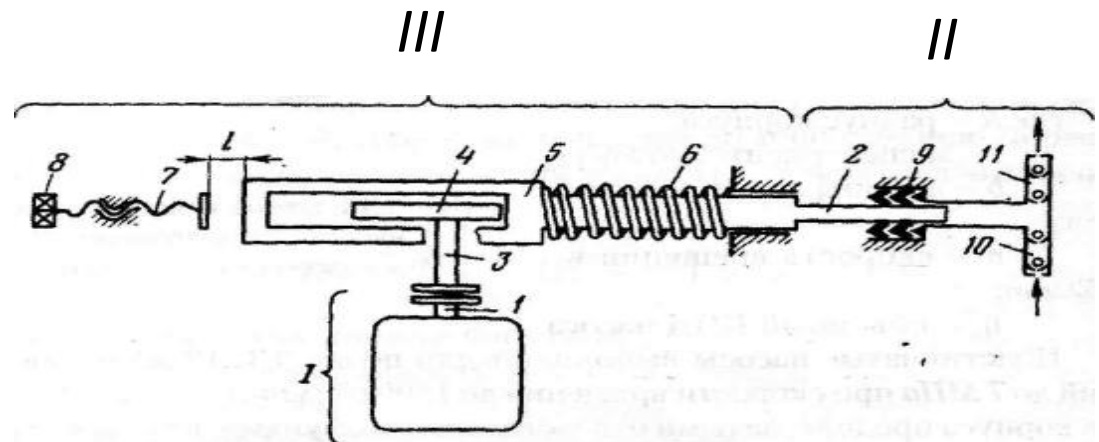
Регулирующий механизм предназначен для преобразования вращательного движения вала в возвратно-поступательное движение плунжера и для изменения длины его хода.



Кинематическая схема дозировочного насоса НД

## Дозировочные насосы

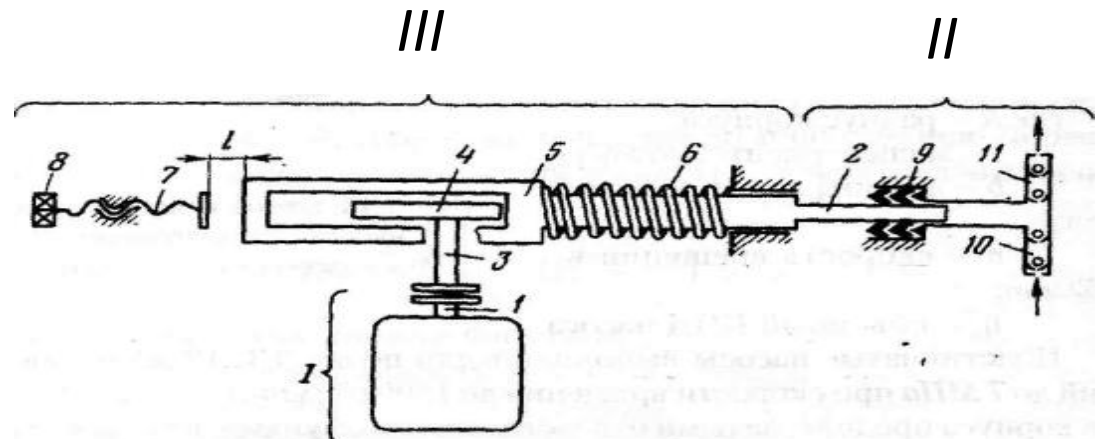
Вал 3 соединен зубчатой муфтой с валом 1 мотора-редуктора. Насаженный на вал 3 кулачок 4 преобразует вращательное движение вала в возвратно-поступательное движение ползуна 5, к которому жестко крепится плунжер 2. Ползун 5 находится в постоянном контакте с кулачком 4 за счет предварительно сжатой пружины 6.



### Кинематическая схема дозирующего насоса НД

# Дозировочные насосы

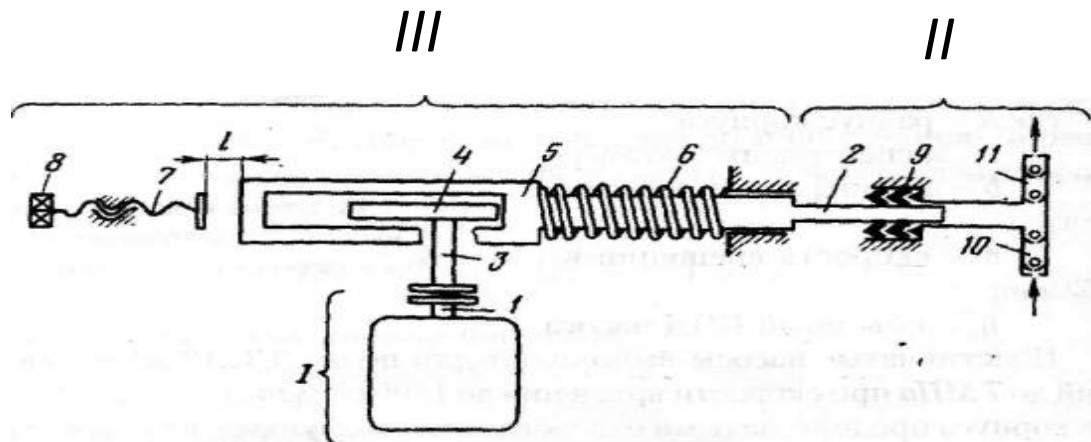
Регулирование подачи агрегата достигается изменением длины хода ползуна 5, т. е. в конечном счете, длины хода плунжера за счет изменения зазора 1 между ползуном и упором 7. На упоре 7 предусмотрена резьба, позволяющая ему перемещаться в осевом направлении при вращении колпака регулятора 8. Гидроцилиндр включает в себя корпус, в котором перемещается плунжер. Зазор между ними уплотняется У-образными манжетами 9.



# Дозировочные насосы

Степень поджатия уплотнений регулируется нажимной гайкой, передающей усилие затяжки через нажимной стакан (эти детали на рисунке не показаны).

Всасывающий 10 и нагнетательный 11 клапаны-двойные, шариковые.

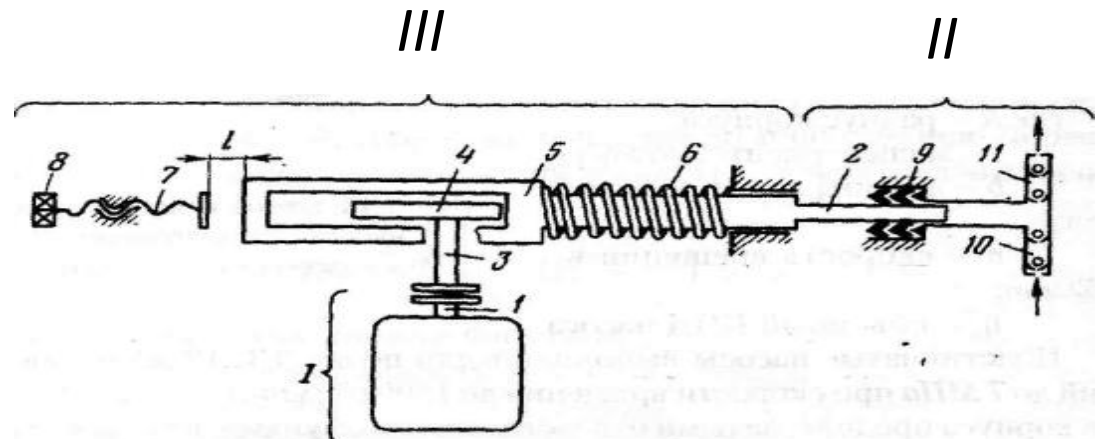


Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

Клапаны закреплены в корпусе цилиндра с помощью специального хомута, позволяющего легко и быстро собирать и разбирать клапаны.

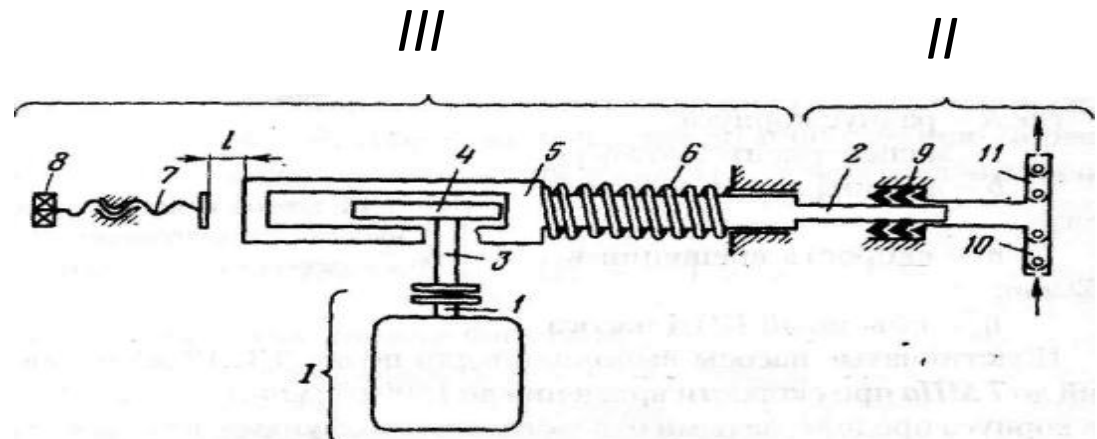
Всасывающий и нагнетательный трубопроводы присоединены к ниппелям, крепящимся к штуцеру с помощью накидной гайки



Кинематическая схема дозировочного насоса НД

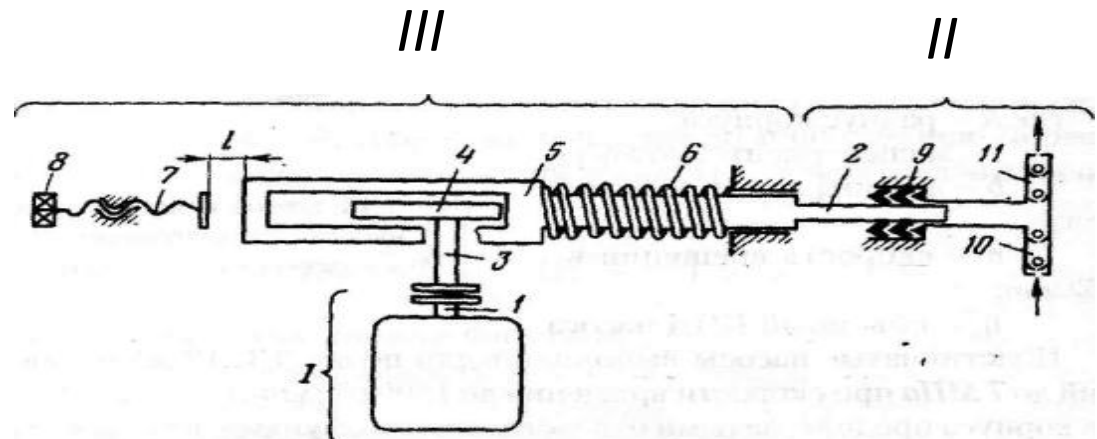
# Дозировочные насосы

Агрегат работает следующим образом: при вращении вала 1 мотора-редуктора кулачок 4, взаимодействуя с ползуном 5, перемещает плунжер 2, в результате чего происходит ход нагнетания - жидкость из рабочей полости цилиндра выталкивается в нагнетательный трубопровод через клапаны 11.



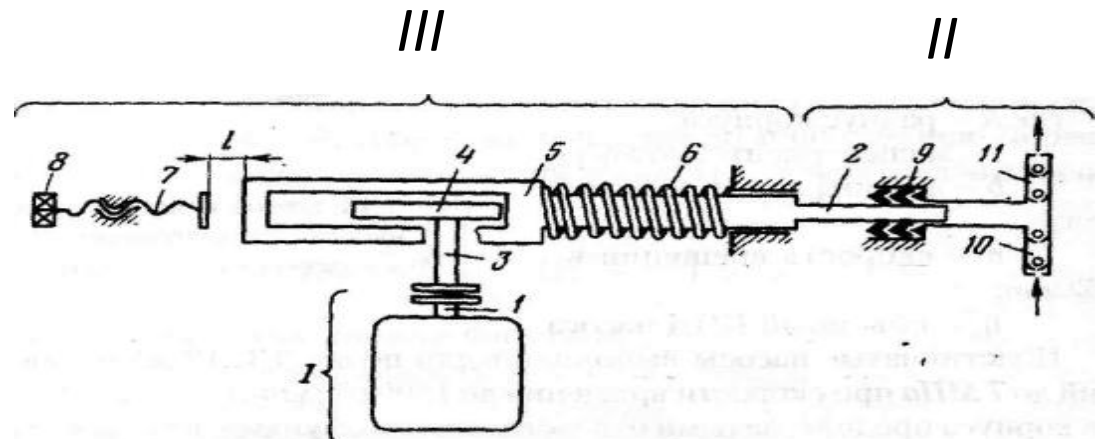
# Дозировочные насосы

При подходе плунжера к крайнему положению нагнетание заканчивается. Дальнейший поворот кулачка 4 происходит при перемещении плунжера под действием пружины 6, что соответствует ходу всасывания - жидкость из нагнетательного трубопровода через всасывающие клапаны 10 попадает в рабочую полость цилиндра.



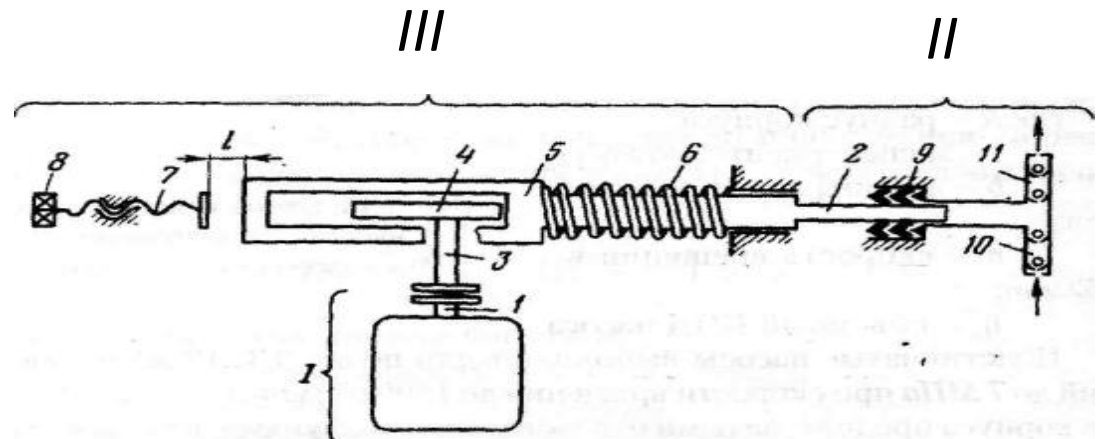
# Дозировочные насосы

При подходе плунжера к крайнему положению нагнетание заканчивается. Дальнейший поворот кулачка 4 происходит при перемещении плунжера под действием пружины 6, что соответствует ходу всасывания - жидкость из нагнетательного трубопровода через всасывающие клапаны 10 попадает в рабочую полость цилиндра.



# Дозировочные насосы

Перемещение плунжера 2 и ползуна 5 обусловлено положением упора 7. Если он максимально вывернут из корпуса, то длина хода ползуна будет определяться удвоенным эксцентриситетом кулачка 4. Чем больше упор 7 ввернут в корпус, тем меньше будет перемещение ползуна и тем меньше будет подача насоса.



Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

Помимо ручной регулировки подачи конструкция агрегатов предусматривает автоматическую регулировку специальным исполнительным механизмом, устанавливаемым на регулирующий механизм агрегата.

*Кроме описанного насоса, в нефтяной промышленности применяются дозировочные агрегаты серии НД, ГНД, ДА, а также не изготавливаемые в настоящее время, но в некоторых местах еще применяемые дозировочные насосы РПН.*

# Контроль знаний

# Контроль знаний

Изучите материалы лекции и заполните таблицу:

№	Наименование насоса	Основные параметры, формулы их расчета	Разновидности насоса	Принцип работы	Фотография (блок-схема) насоса	Особенности обслуживания насоса
1						
2						
3						
4						
5						
...						