

# 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

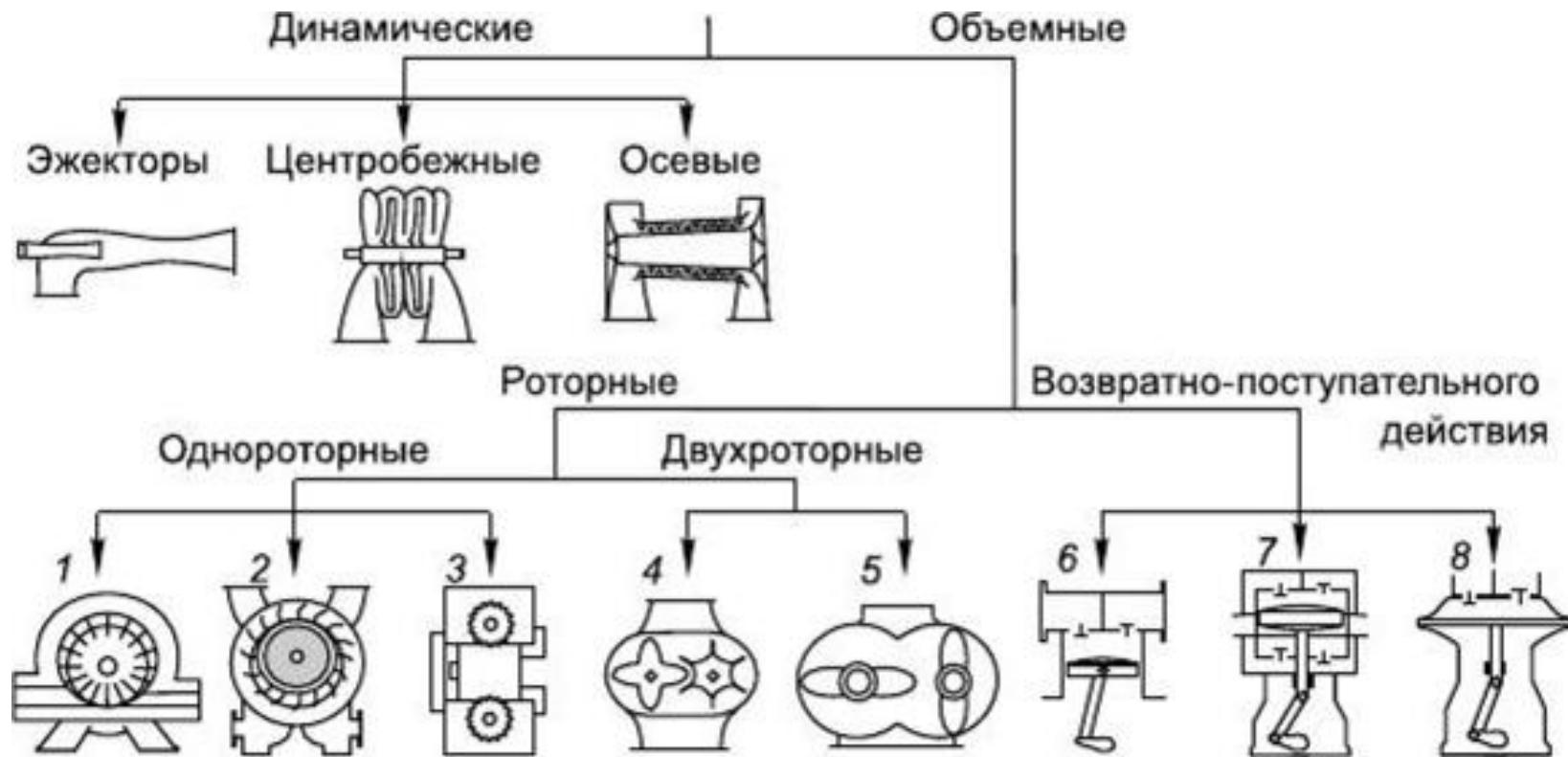
V группа. Оборудование и сооружения для сбора, подготовки и транспортировки продукции скважин

# Оборудование нефтегазовой отрасли

I группа. Насосы объёмного действия

II группа. Динамические насосы

## Насосы



# I группа. Насосы объёмного действия



# I группа. Насосы объёмного действия

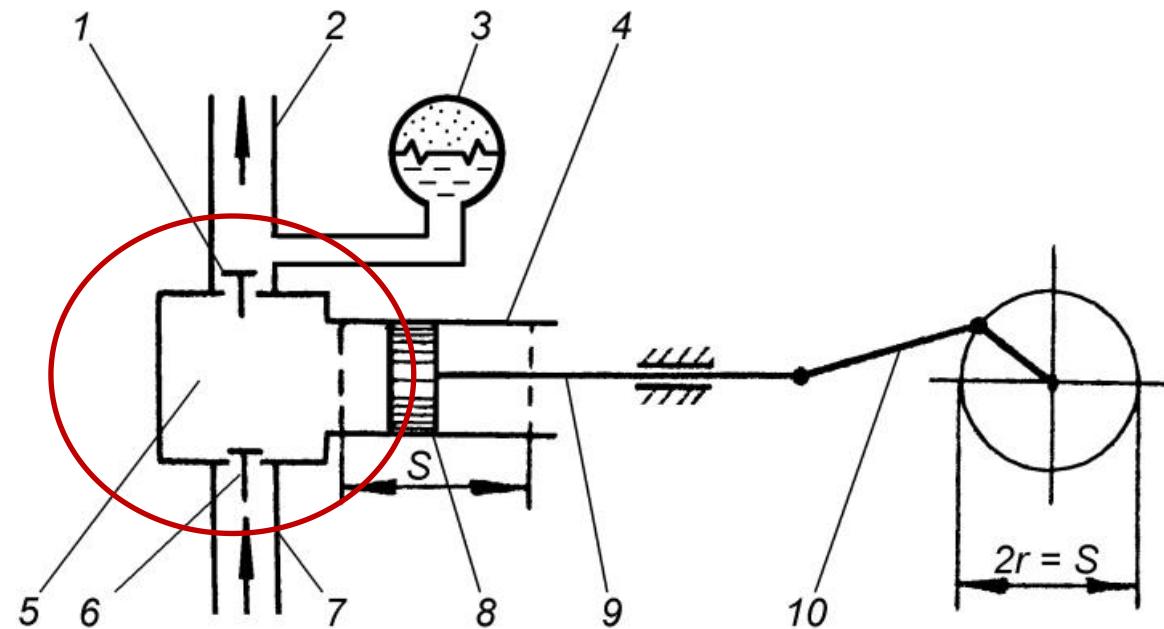
**Насос** - это гидравлическая машина, предназначенная для преобразования механической энергии двигателя, приводящего его в действие, в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости



# I группа. Насосы объёмного действия

## Основные особенности объемных насосов:

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

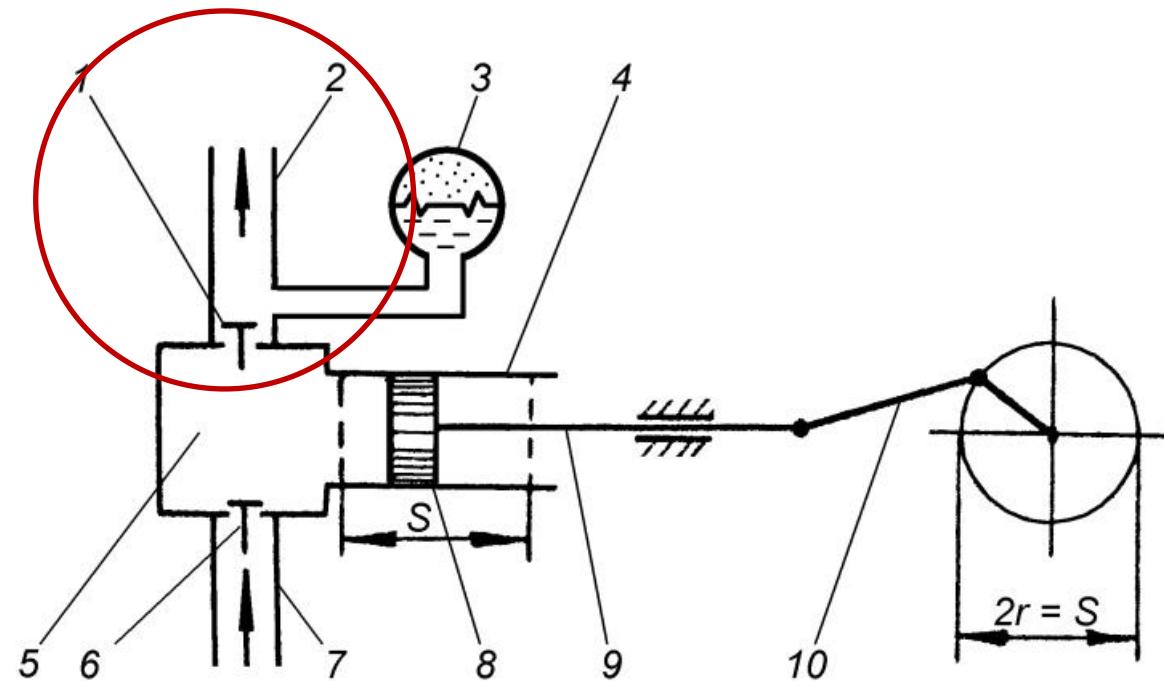


Поршневой насос одностороннего действия: 1 – нагнетательный клапан; 2 – нагнетательный патрубок; 3 – пневмокомпенсатор; 4 – цилиндр; **5 – рабочая камера**; 6 – всасывающий клапан; 7 – всасывающий патрубок; 8 – поршень; 9 – шток; 10 – кривошипно-шатунный механизм

# 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

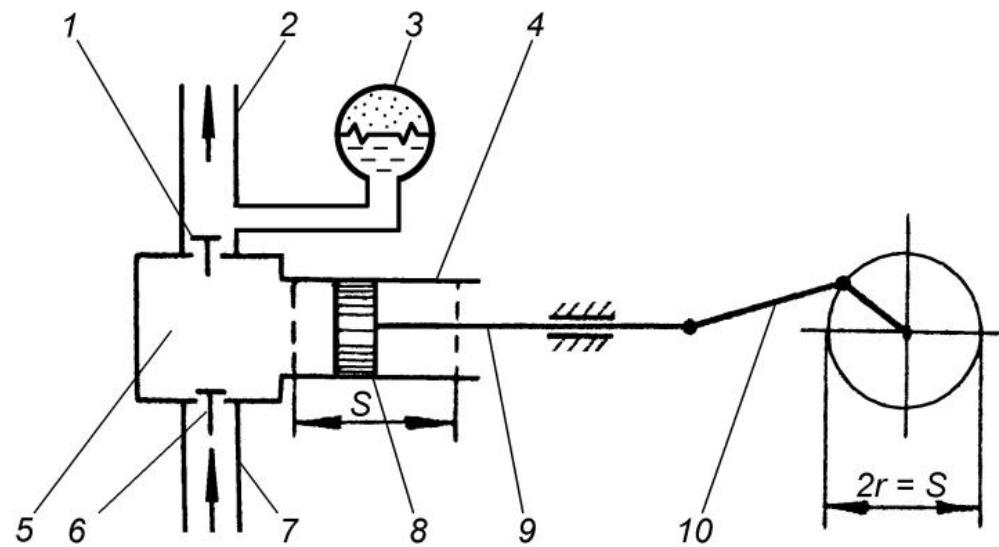
Объемные насосы **применяют** для извлечения из скважин нефти, перекачивания нефти по трубопроводам, подачи в скважины различных реагентов.

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

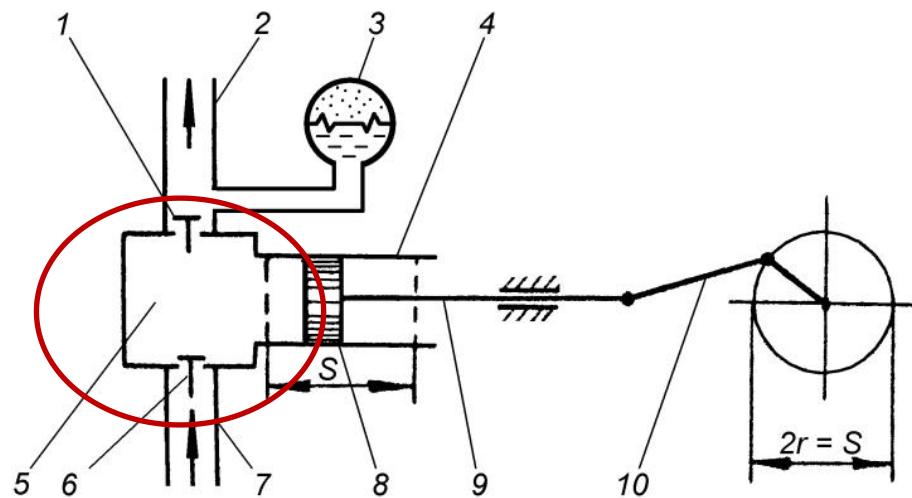
- гидравлические машины, рабочий процесс которой основан на попаременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении ее из рабочей камеры.



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 сообщающееся 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 объемные 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*

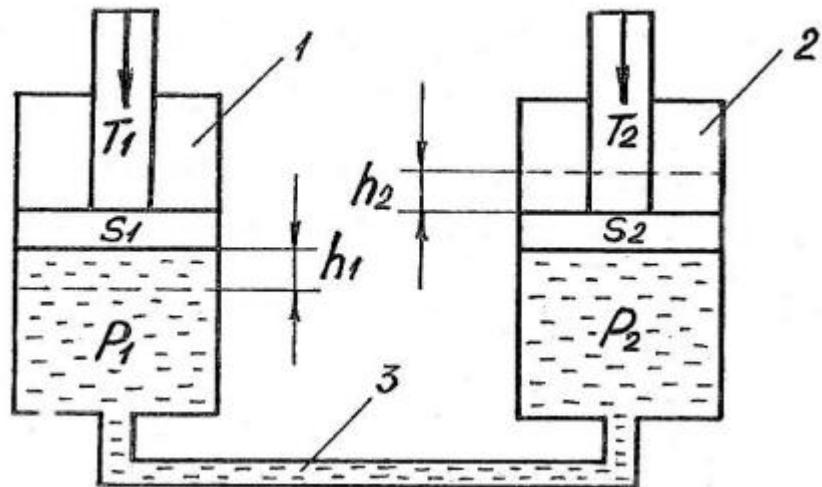
# I группа. Насосы объёмного действия

## Принцип действия и основные элементы объемного гидропривода

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

# I группа. Насосы объёмного действия

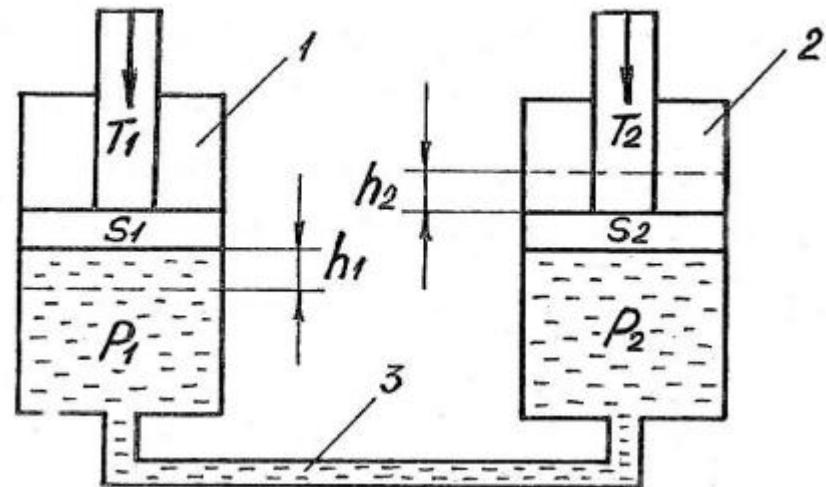
Для пояснения принципа действия и выяснения основных зависимостей гидропривода рассмотрим схему. Схема включает две гидравлические машины в виде герметичных цилиндров 1 и 2, соединенных последовательно гидролинией 3.



Принципиальная схема объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

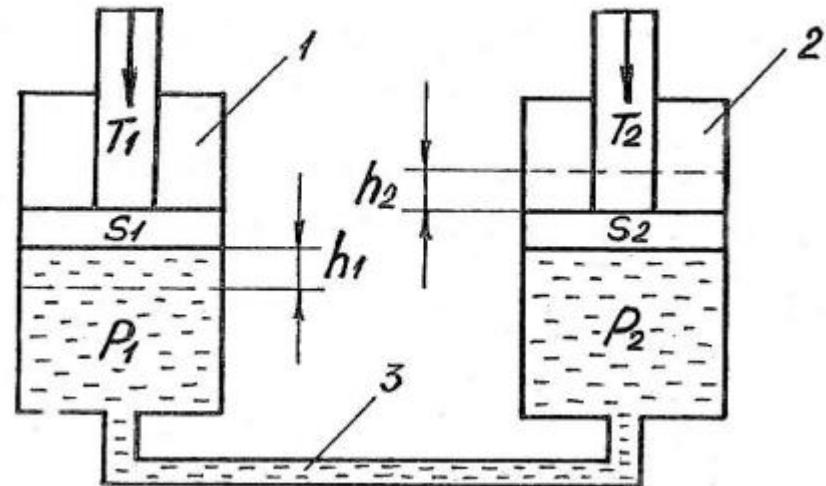
Цилиндр 1 является насосом (входным звеном), цилиндр 2 – гидродвигателем (выходным звеном). Поршень первого цилиндра нагружен силой  $T_1$ , поршень второго – внешней нагрузкой  $T_2$ .



Принципиальная схема объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

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



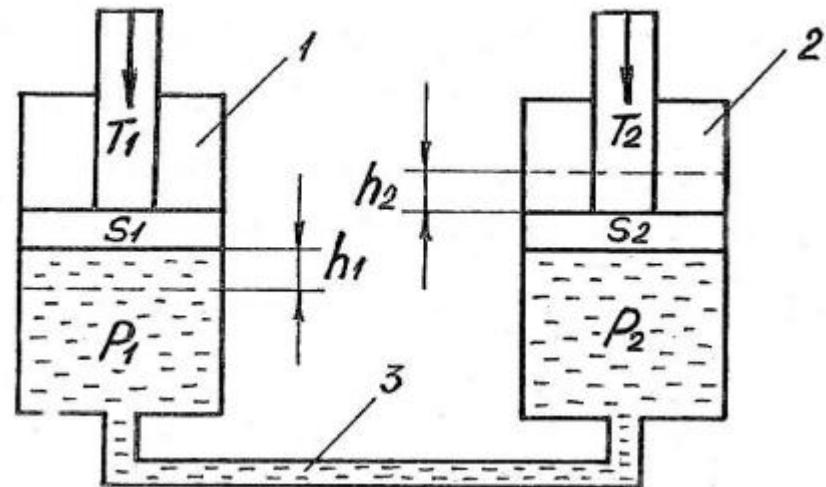
Принципиальная схема объемного гидропривода

# 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.



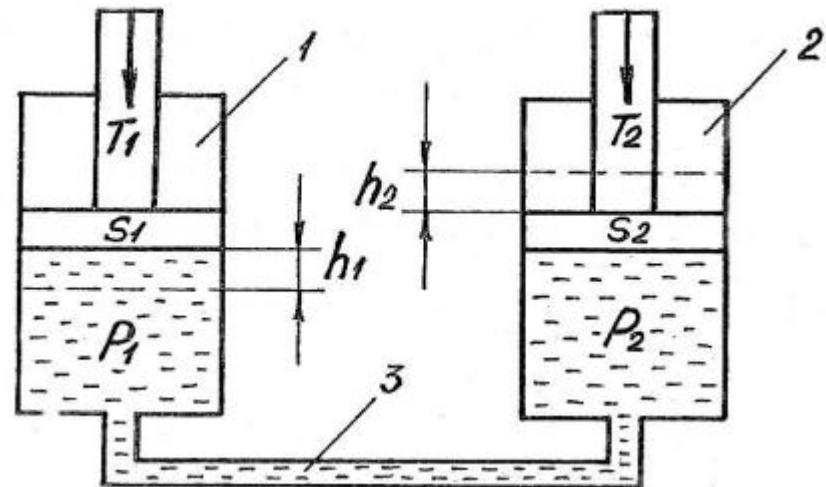
Принципиальная схема объемного гидропривода

# I группа. Насосы объемного действия

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

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

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



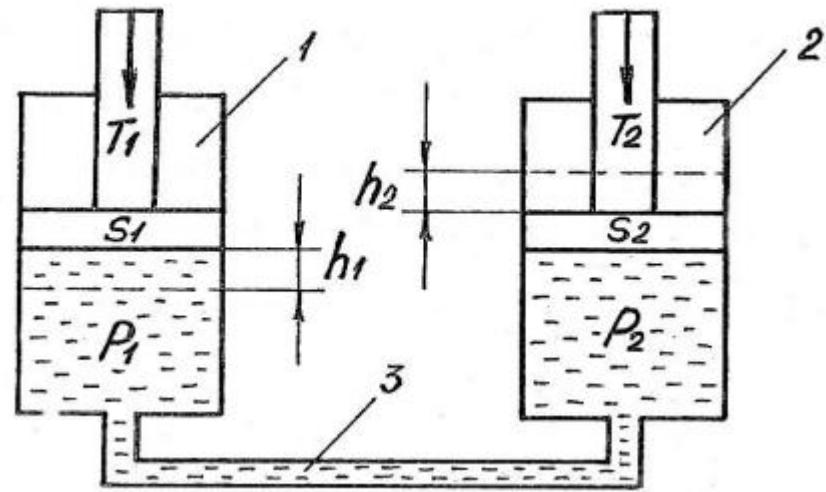
Принципиальная схема объемного гидропривода

# 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.

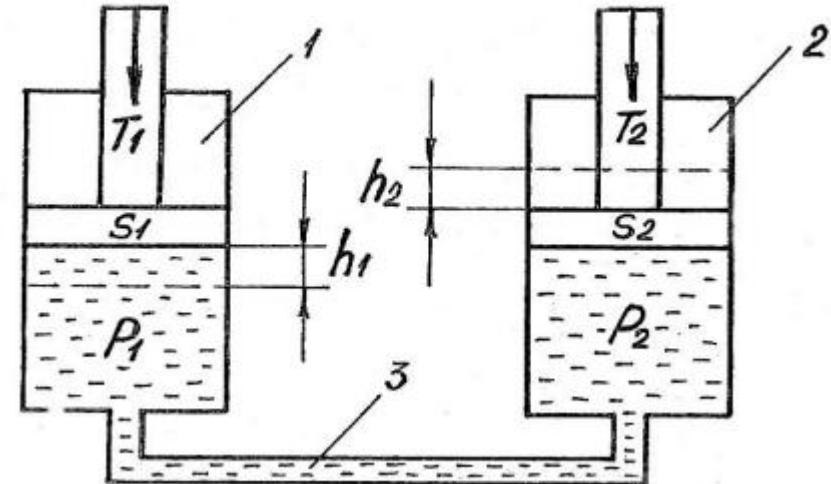


Принципиальная схема объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

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

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



Принципиальная схема объемного гидропривода

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

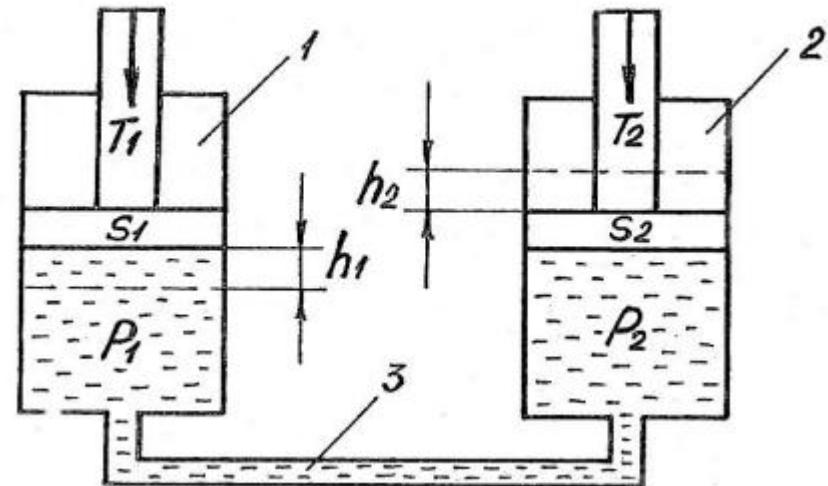
# I группа. Насосы объемного действия

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  $\vartheta_1 S_1 = \vartheta_2 S_2, \quad (5)$

откуда  $\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \frac{S_1}{S_2} = i_k, \quad (6)$



где  $i_k$  - кинематическое передаточное число гидропривода.

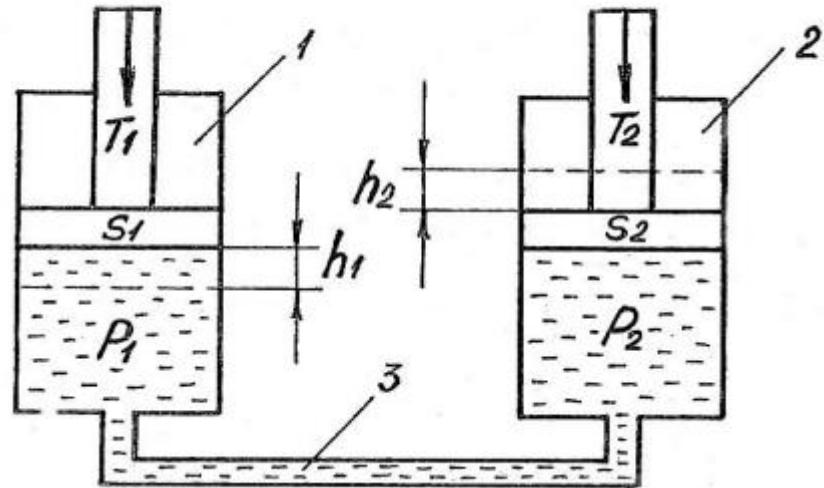
# I группа. Насосы объёмного действия

На основании (5) скорость выходного звена гидропривода будет равна

$$\vartheta_2 = \frac{\vartheta_1 S_1}{S_2} = \frac{Q_1}{S_2} = \frac{Q_2}{S_2}, \quad (7)$$

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

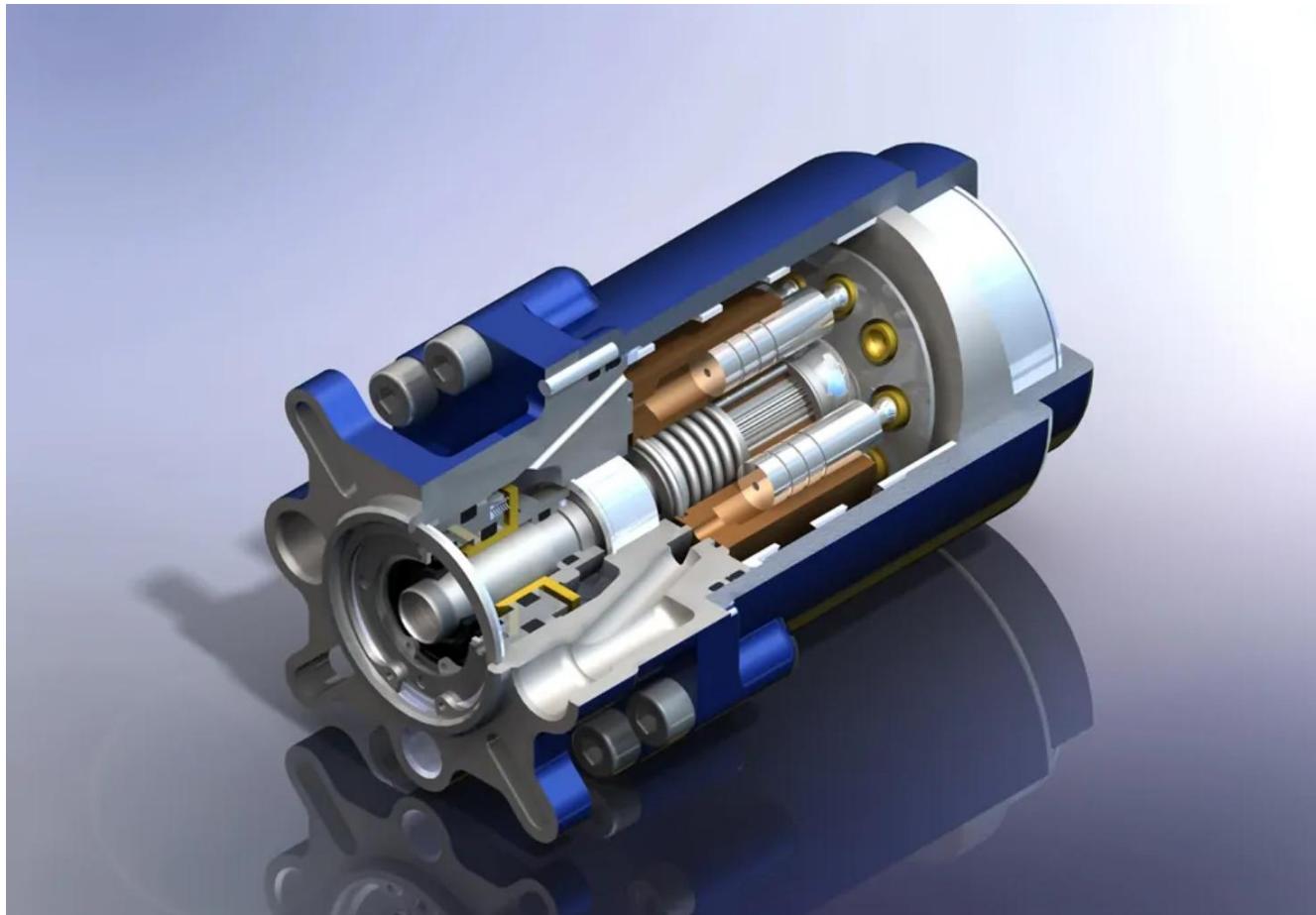
Из полученных зависимостей следует, что расход жидкости обеспечивает скоростные показатели привода, а давление – силовые.



Принципиальная схема объемного гидропривода

# I группа. Насосы объёмного действия

## *Основные параметры*



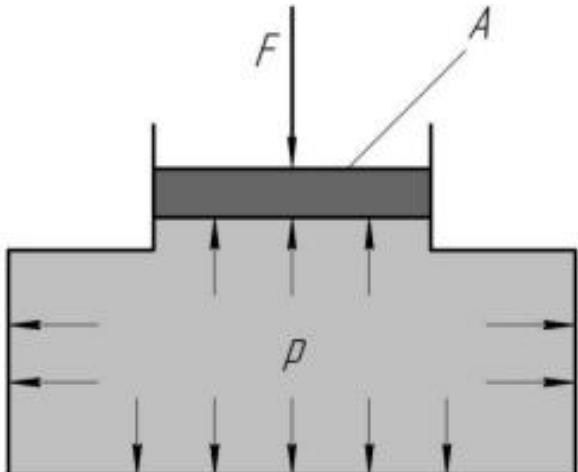
## *Основные параметры*

- 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
- Вакууметрическое (вакуум) давление

# **Давление**

**Абсолютное давление** – давление, отсчитанное от абсолютного нуля

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{изб}} = P_b + P_m$$

где  $P_{\text{атм}}$  – атмосферное давление;  
 $P_{\text{изб}}$  – избыточное давление;  
 $P_b$  – барометрическое давление;  
 $P_m$  – 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  $P_1$ :

$$P_h = P_2 - P_1$$

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

# 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:

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

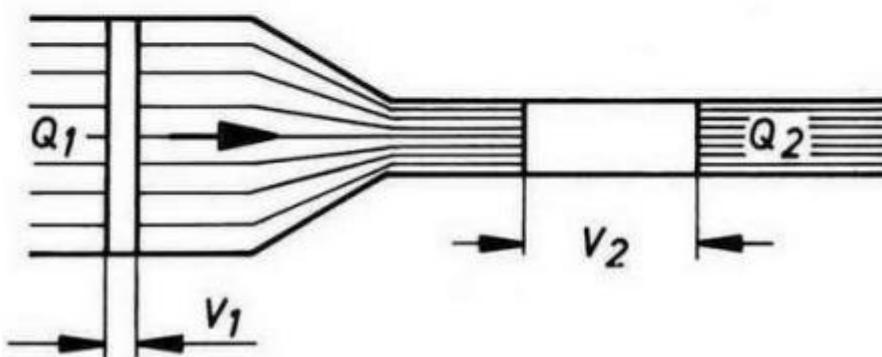
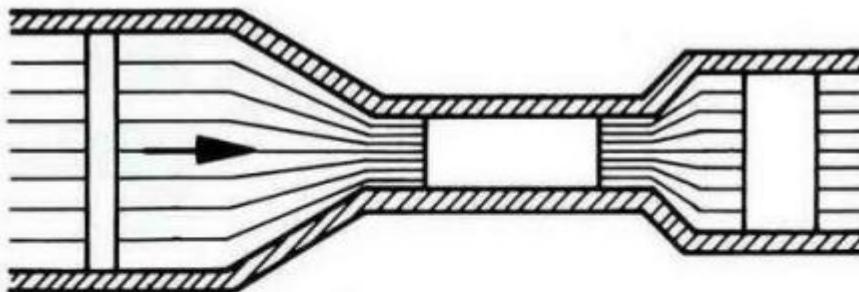
## Подача

Объемную подачу также можно найти по формуле

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

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

# Уравнение неразрывности потока



Движение жидкости в трубе  
переменного сечения

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

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = \text{const};$$

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

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

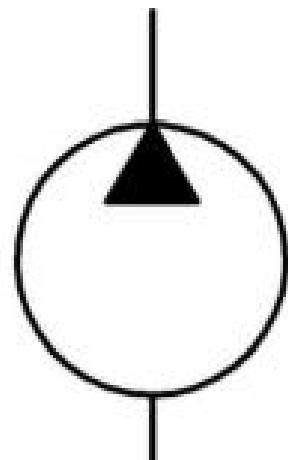
# Уравнение неразрывности потока

Для трубы круглого сечения имеем:

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \Rightarrow v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{Q}{0,785 d_1^2},$$

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

# Подача насоса



Обозначение насоса на гидравлических схемах

**ФАКТИЧЕСКАЯ ПОДАЧА НАСОСА ВСЕГДА МЕНЬШЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ!**

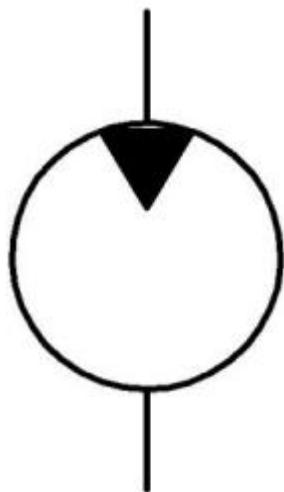
$$Q_{\text{H}} < Q_{\text{HT}}.$$

Теоретическая подача насоса

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

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

# Расход гидродвигателя



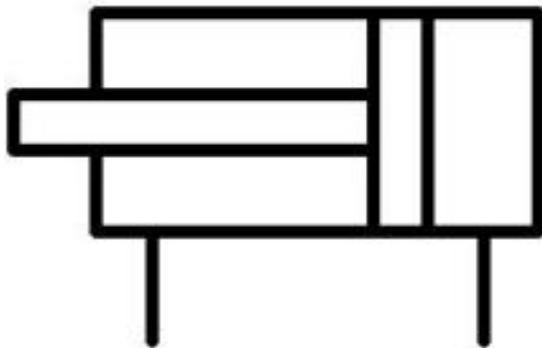
Обозначение  
гидродвигателя на  
гидравлических схемах

Теоретический расход  
гидродвигателя вращательного  
действия:

$$Q_{\Gamma T} = q_{\Gamma} n_{\Gamma},$$

где  $q_{\Gamma}$  – рабочий объем  
гидромотора;  
 $n_{\Gamma}$  – 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!**

$$Q_{\Gamma} > Q_{\text{ГТ}}.$$

# Мощность

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

- **Полезная мощность** насоса  $N_{\Pi}$  (мощность, передаваемая потоку) определяется выражением

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

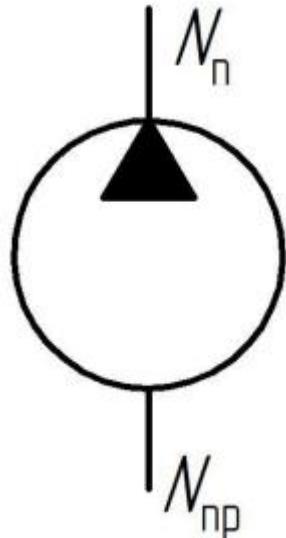
# Мощность

- **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:

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

# *Потери в гидромашине*

Потери разделяют на три вида:

- гидравлические,
- объемные,
- механические.

# *Потери в гидромашине*

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

Их величину оценивают гидравлическим КПД:

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

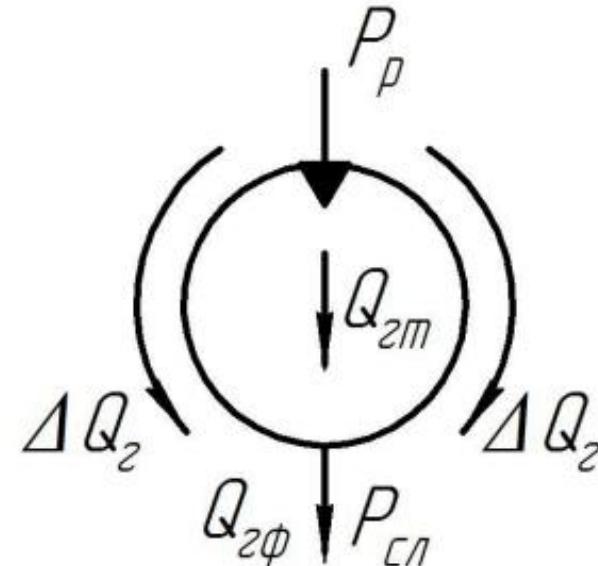
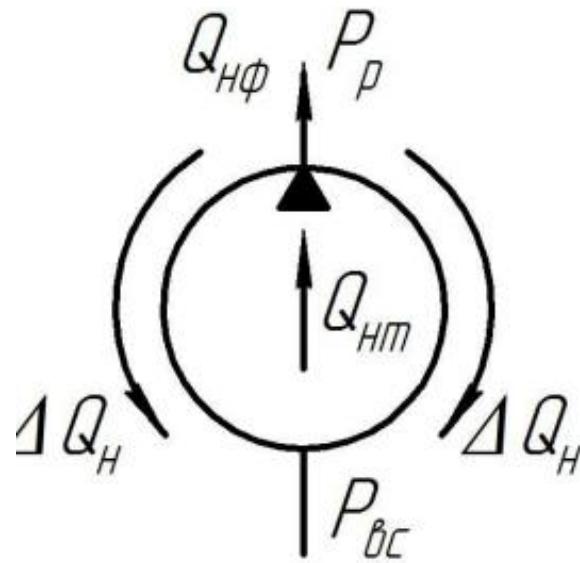
# *Потери в гидромашине*

**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.

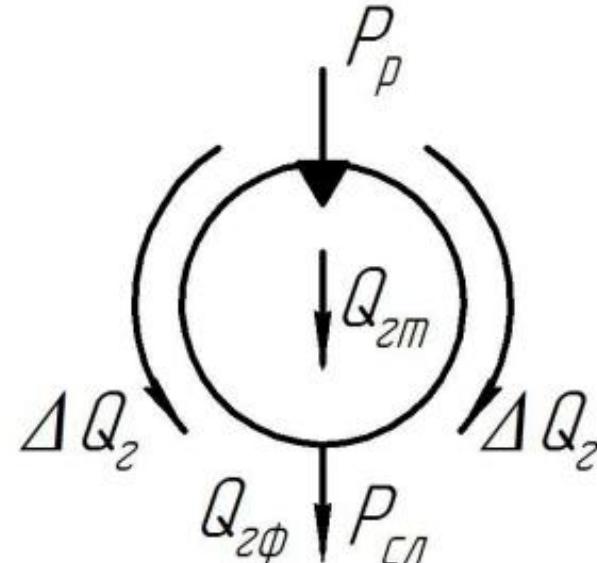
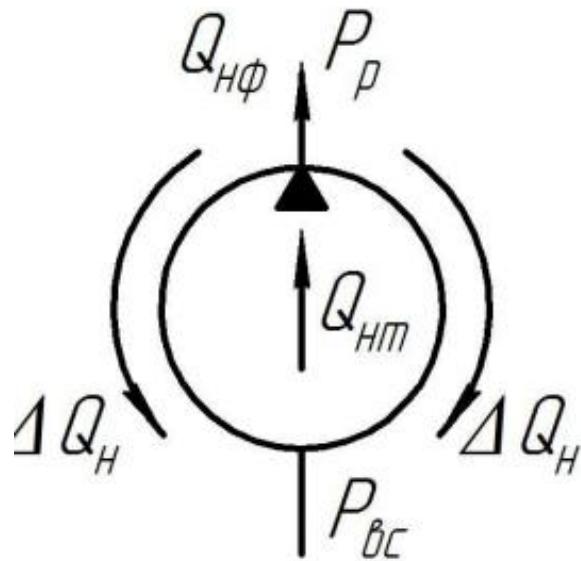


Схемы утечек в насосе и гидродвигателе:

$P_p$  – рабочее давление;  $P_{bc}$  – давление на входе в насос;  $P_{cl}$  – давление на сливе из гидромотора;  $Q_{H\pi}$  – теоретическая подача насоса;  $Q_{H\phi}$  – фактическая подача насоса;  $\Delta Q_H$  – утечки в насосе;  $Q_{\pi\pi}$  – теоретический расход в гидромоторе;  $Q_{r\phi}$  – фактический расход в гидромоторе;  $\Delta Q_r$  – утечки в гидромоторе

# Потери в гидромашине

Этот вид потерь оценивают объемным КПД.



$$Q_{\text{H}\phi} = Q_{\text{HT}} - \Delta Q_H,$$

$$\eta_{\text{OH}} = \frac{Q_{\text{H}\phi}}{Q_{\text{HT}}} = 1 - \frac{\Delta Q_H}{Q_{\text{HT}}},$$

$$Q_{\text{G}\phi} = Q_{\text{GT}} + \Delta Q_g,$$

$$\eta_{\text{OH}} = \frac{Q_{\text{GT}}}{Q_{\text{G}\phi}} = 1 - \frac{\Delta Q_g}{Q_{\text{G}\phi}}.$$

# *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

$$\eta = \eta_g \eta_o \eta_m .$$

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

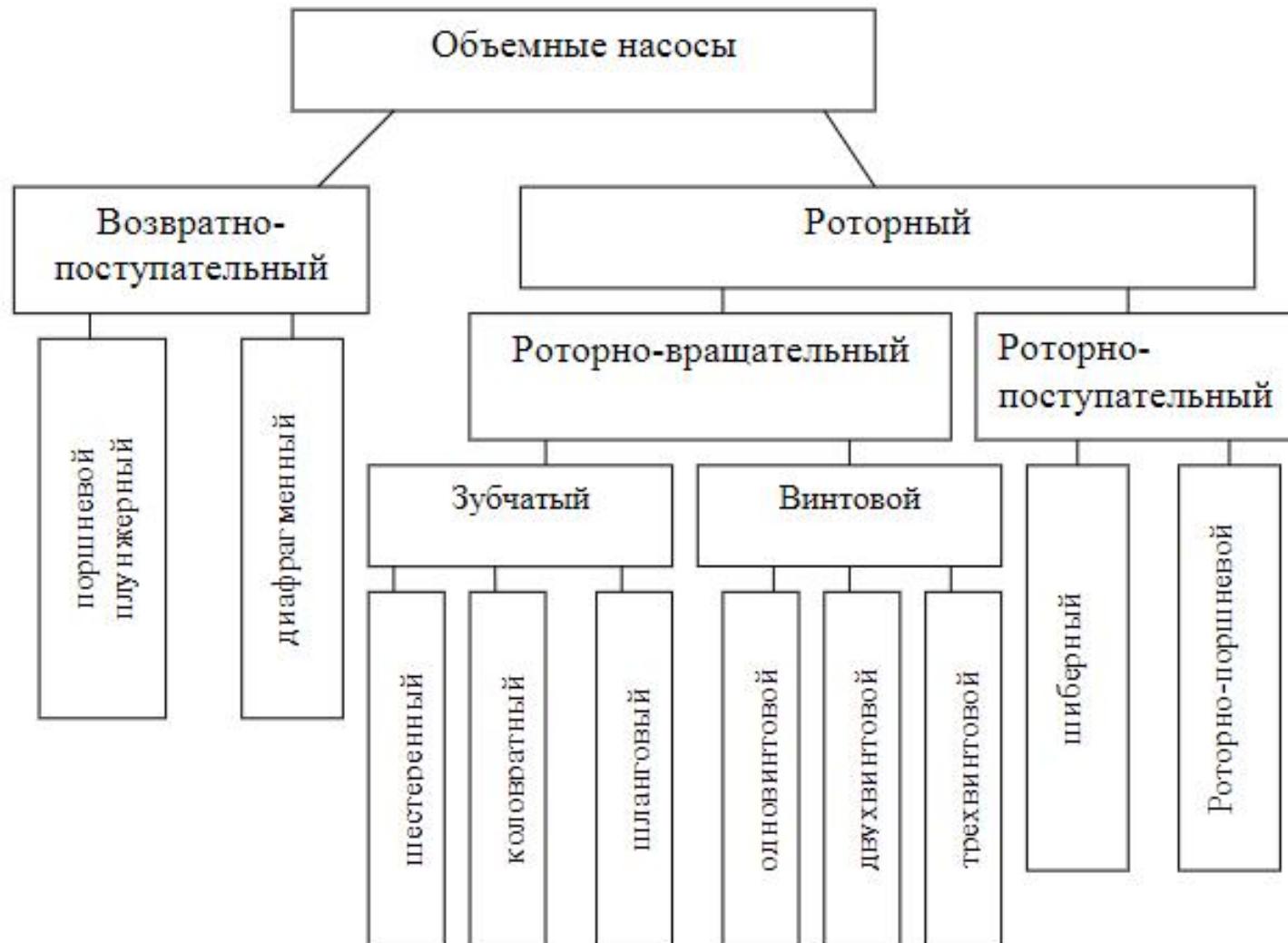
Тогда

$$\eta = \eta_o \eta_m .$$

# I группа. Насосы объёмного действия

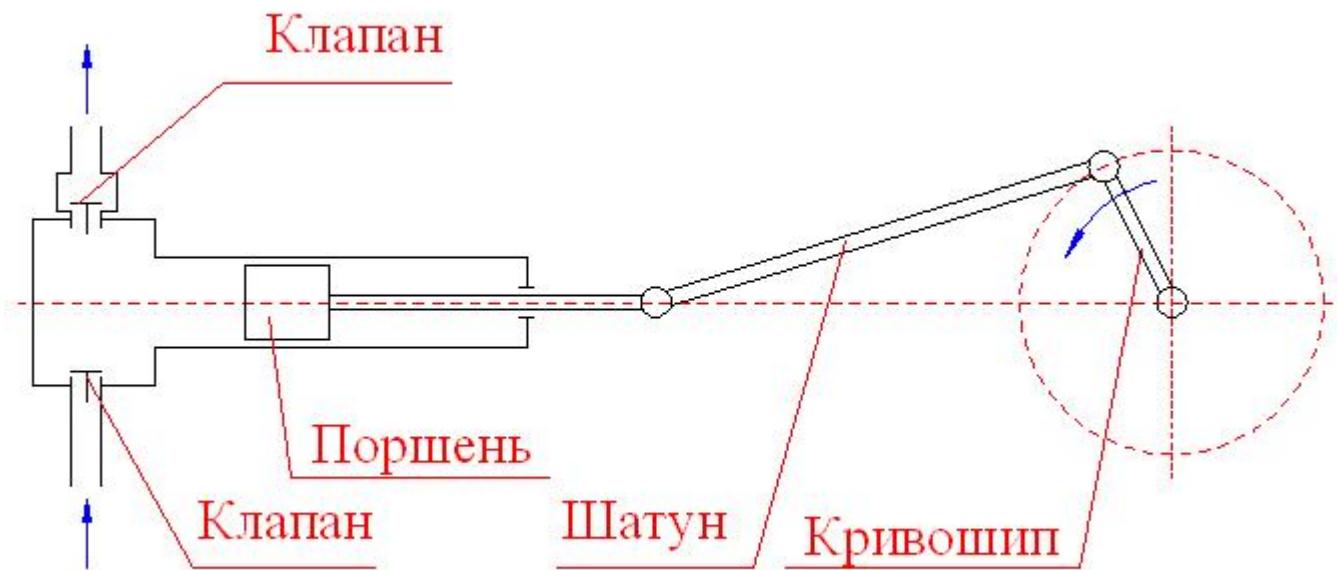
## Классификация насосов объёмного действия

# Классификация насосов объёмного действия



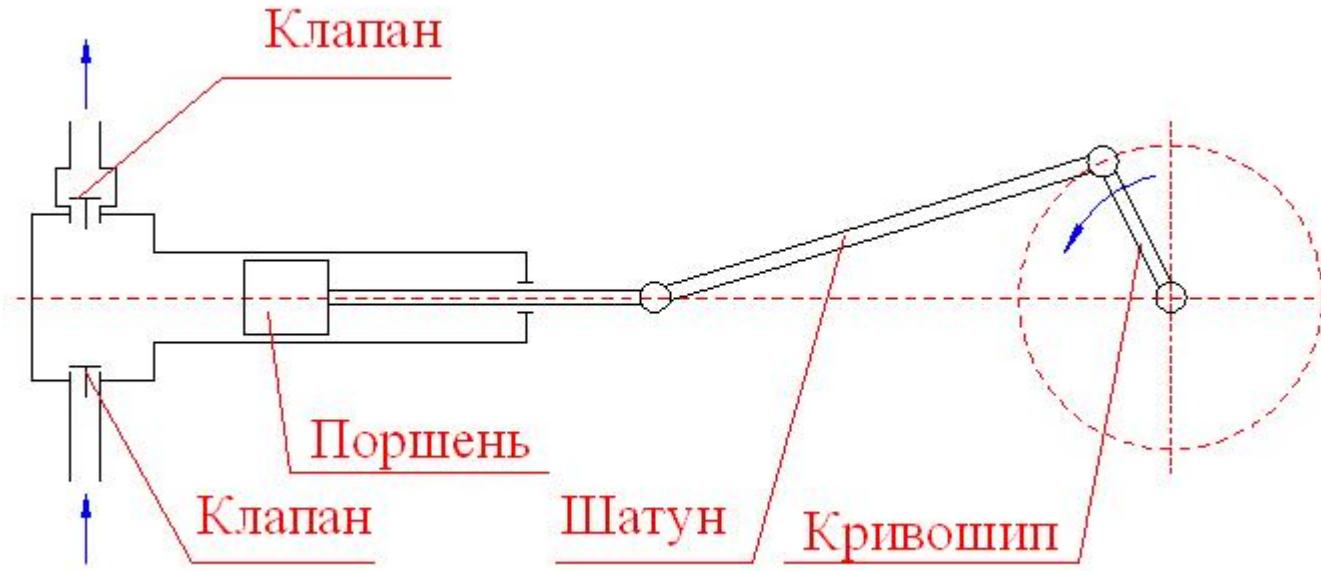
# Поршневой насос

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



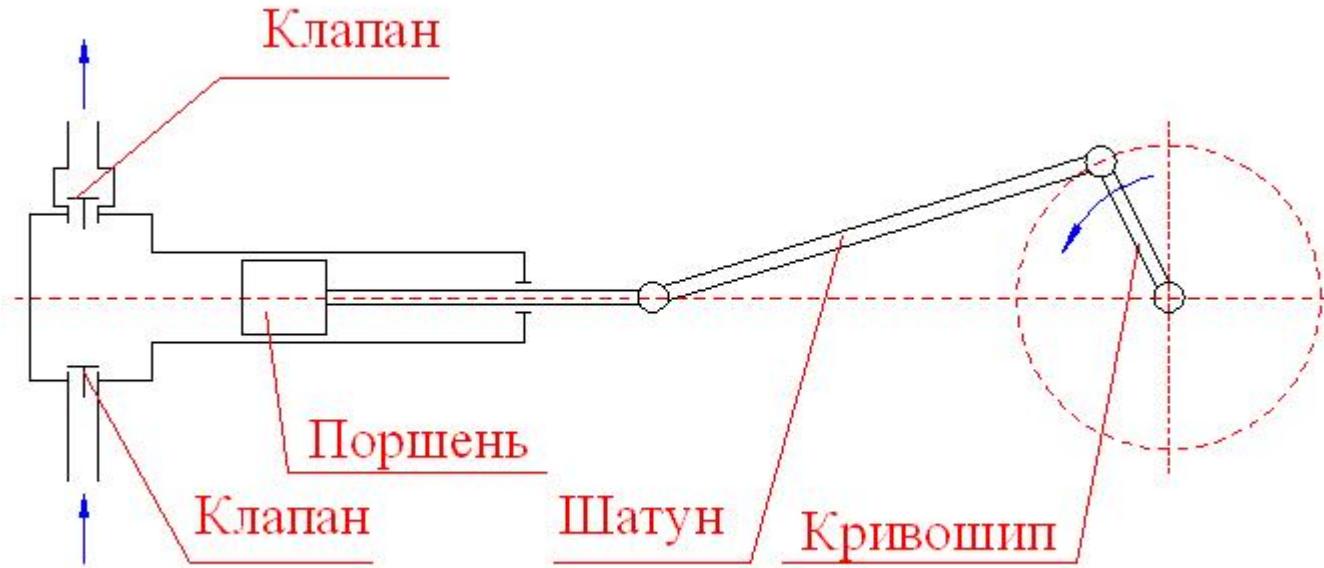
# Поршневой насос

**Поршень.** Деталь, которая создаёт давление внутри устройства и совершают откачуку жидкости.



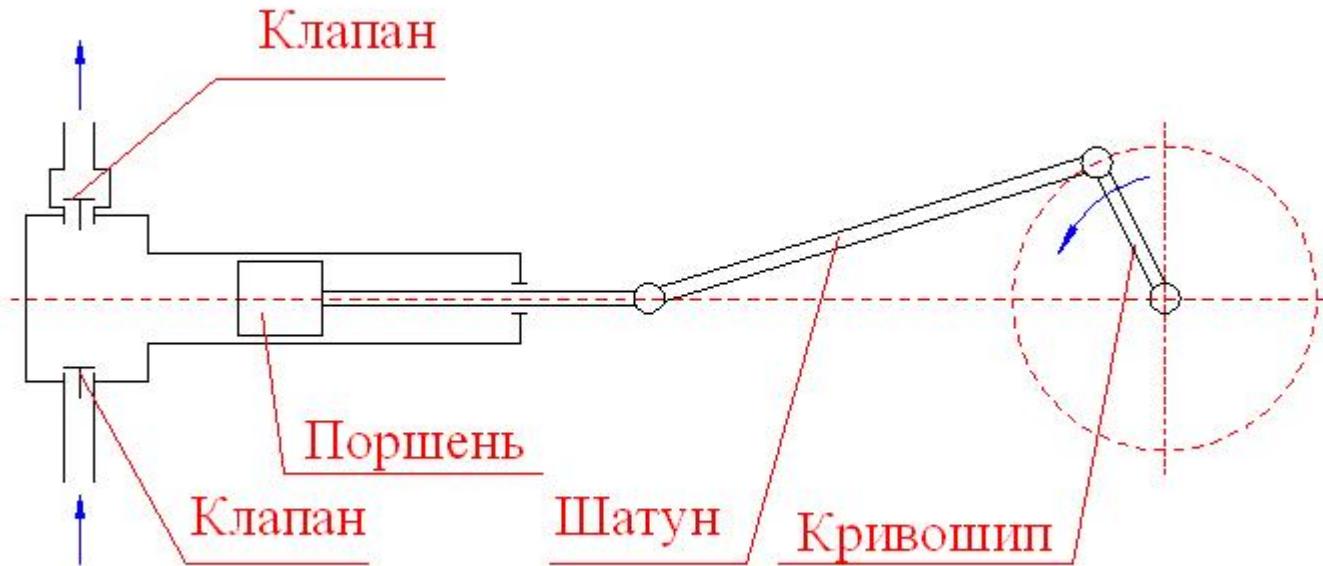
# Поршневой насос

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



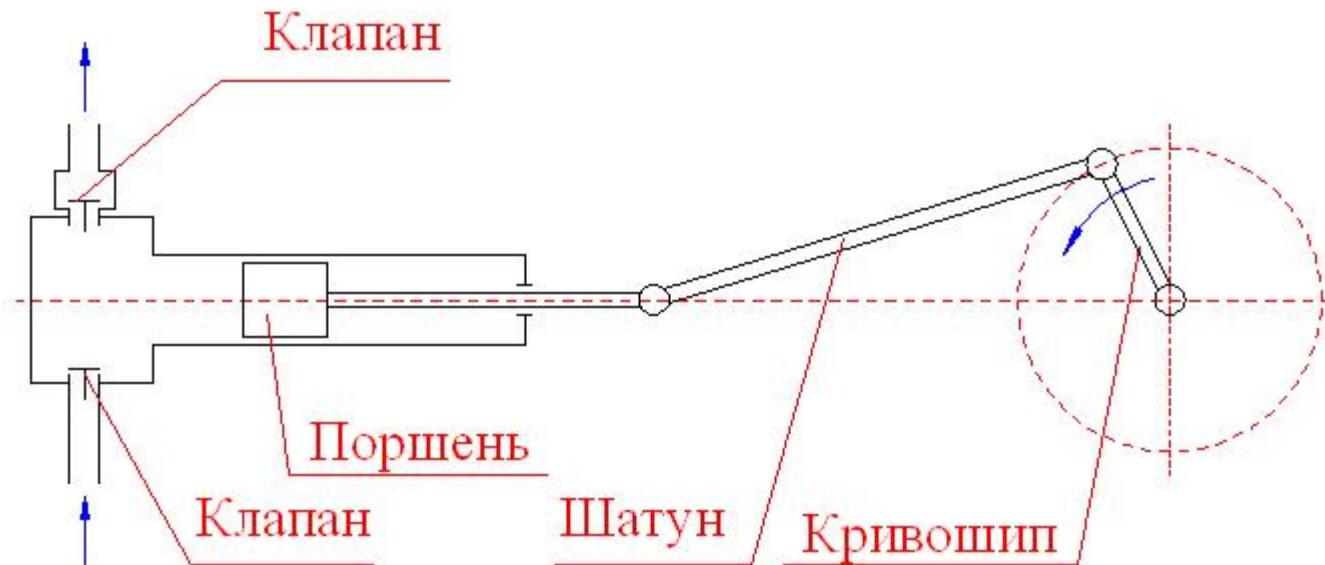
# Поршневой насос

Шатун и крикошип — важные компоненты поршневого насоса.



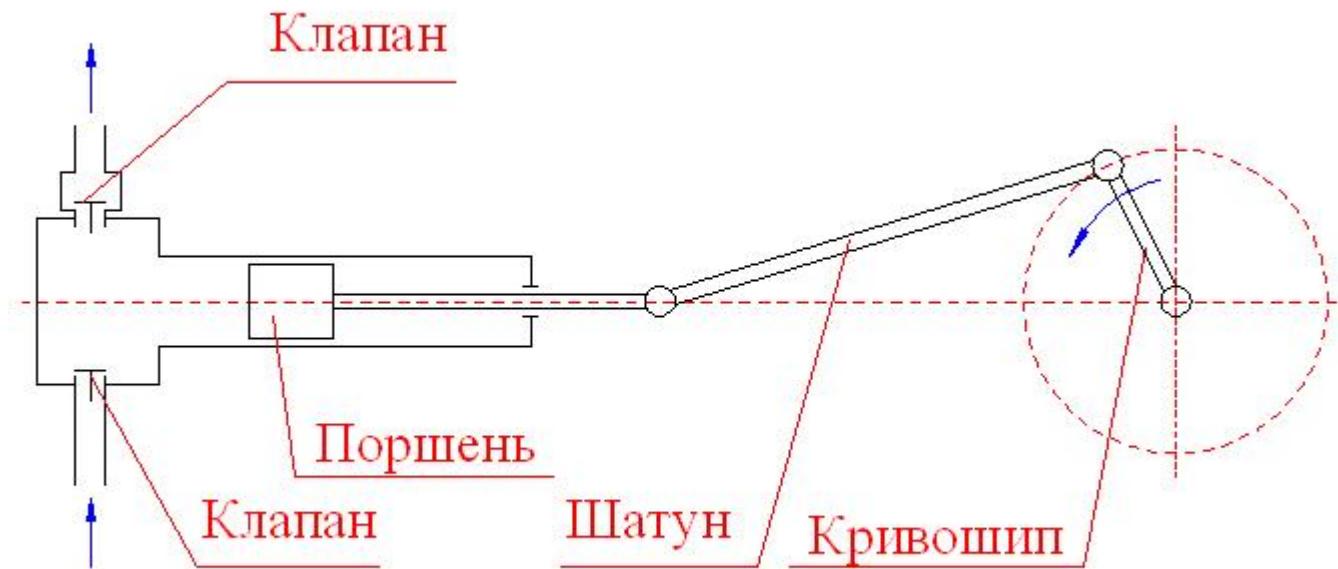
# Поршневой насос

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



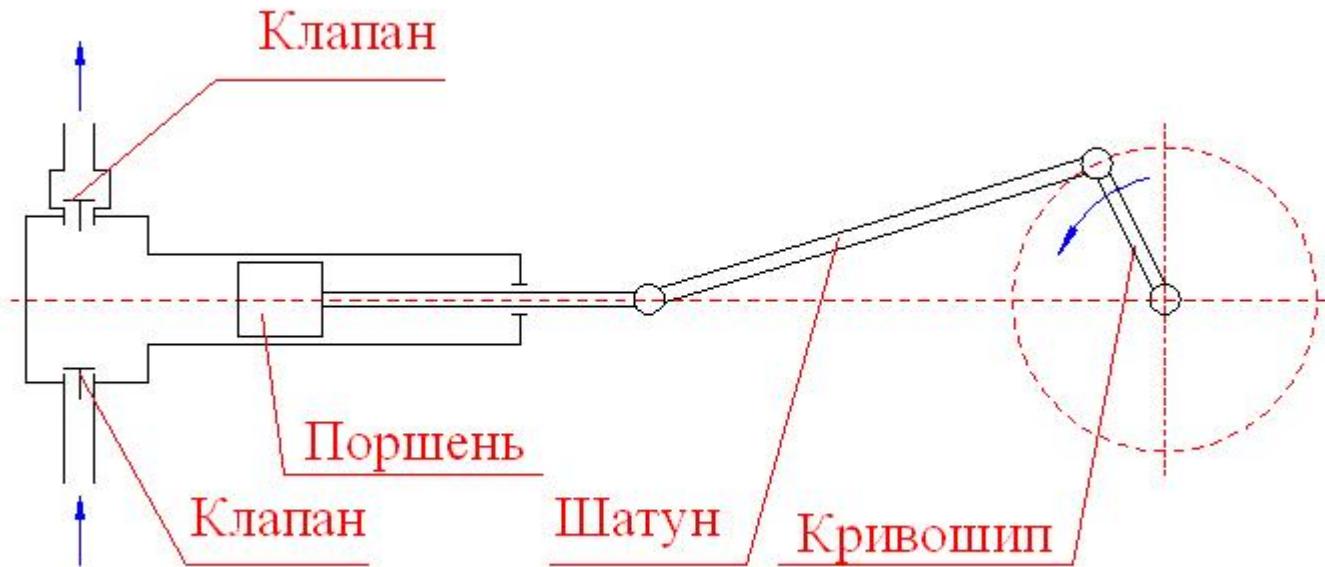
# Поршневой насос

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.



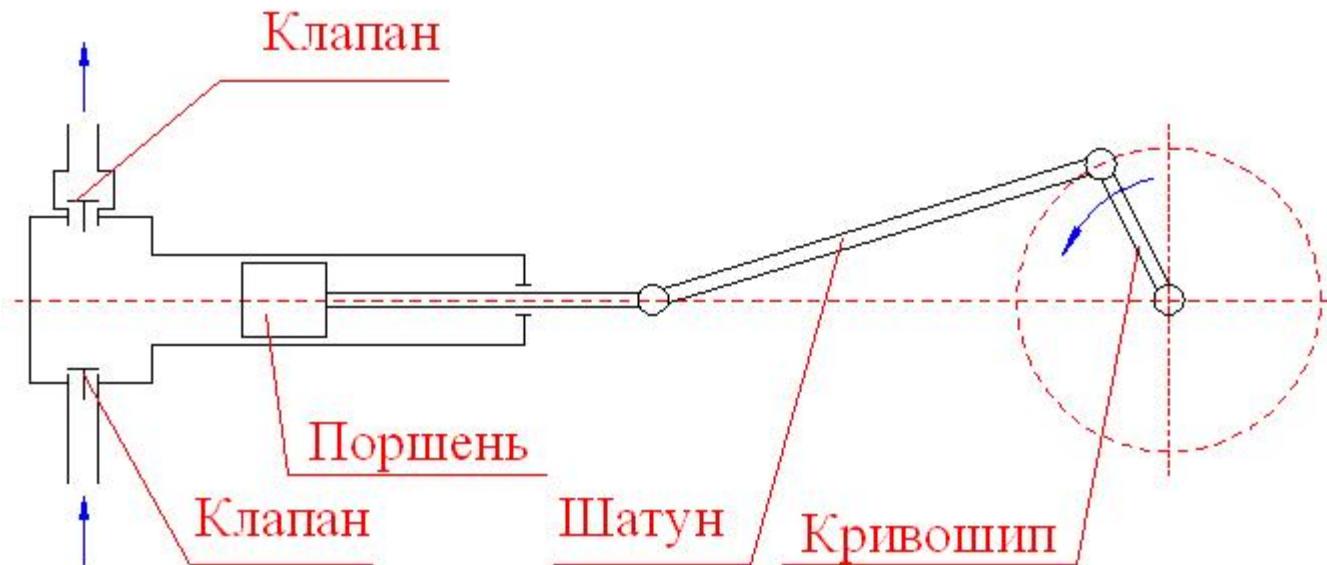
# Поршневой насос

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



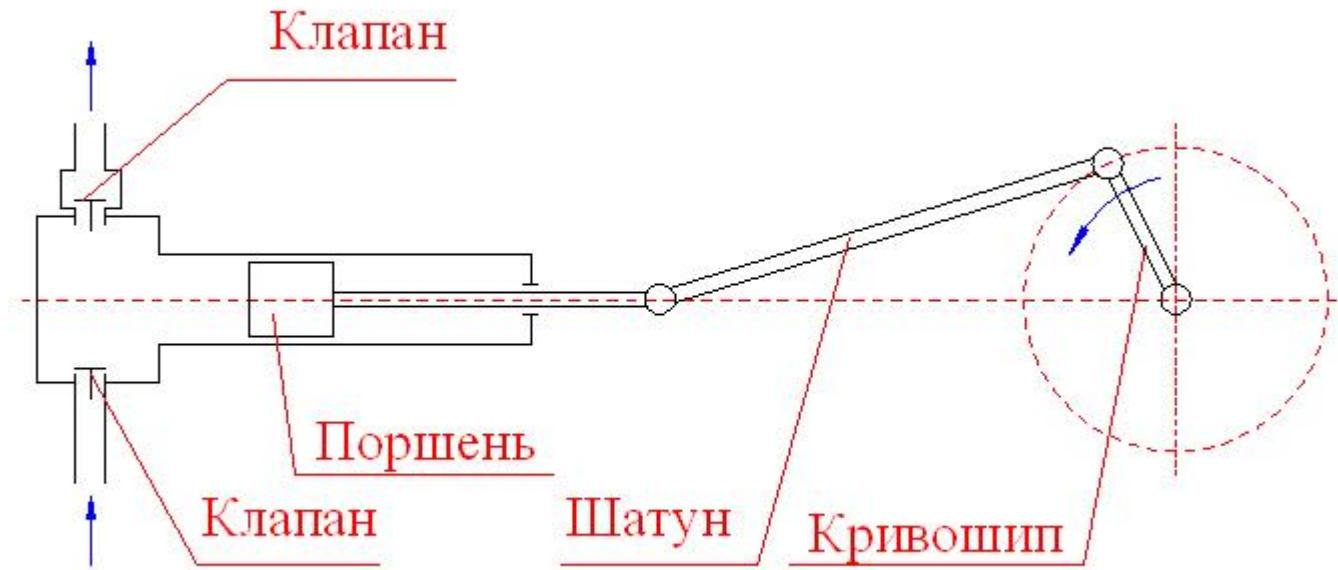
# Поршневой насос

**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. Прямоого 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)

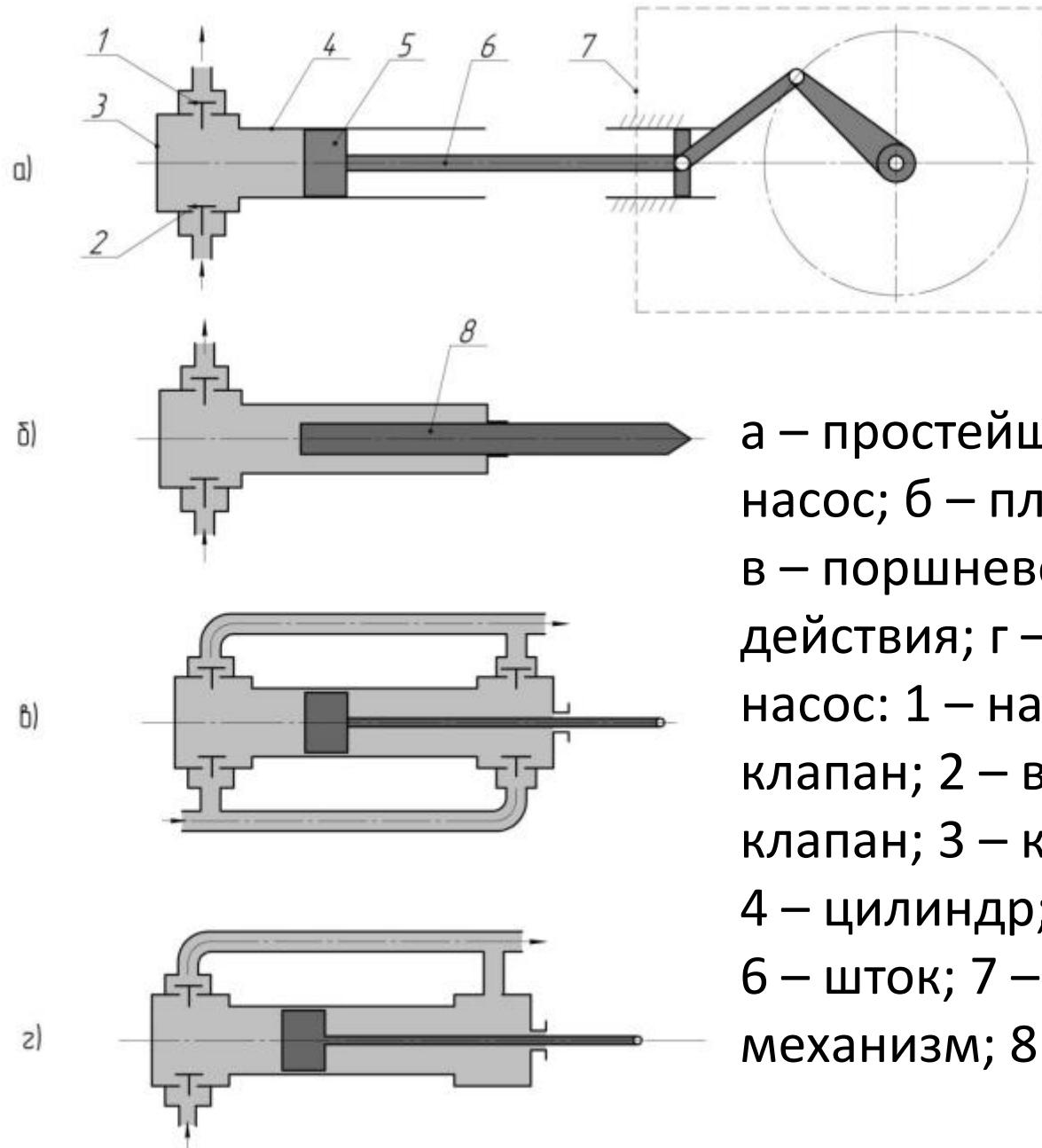
## **8. По развиваемому давлению:**

- 8.1. Малого давления  $P < 1$  МПа
- 8.2. Среднего давления  $P = 1\dots10$  МПа
- 8.3. Высокого давления  $P > 10$  МПа

## **9. По подаче:**

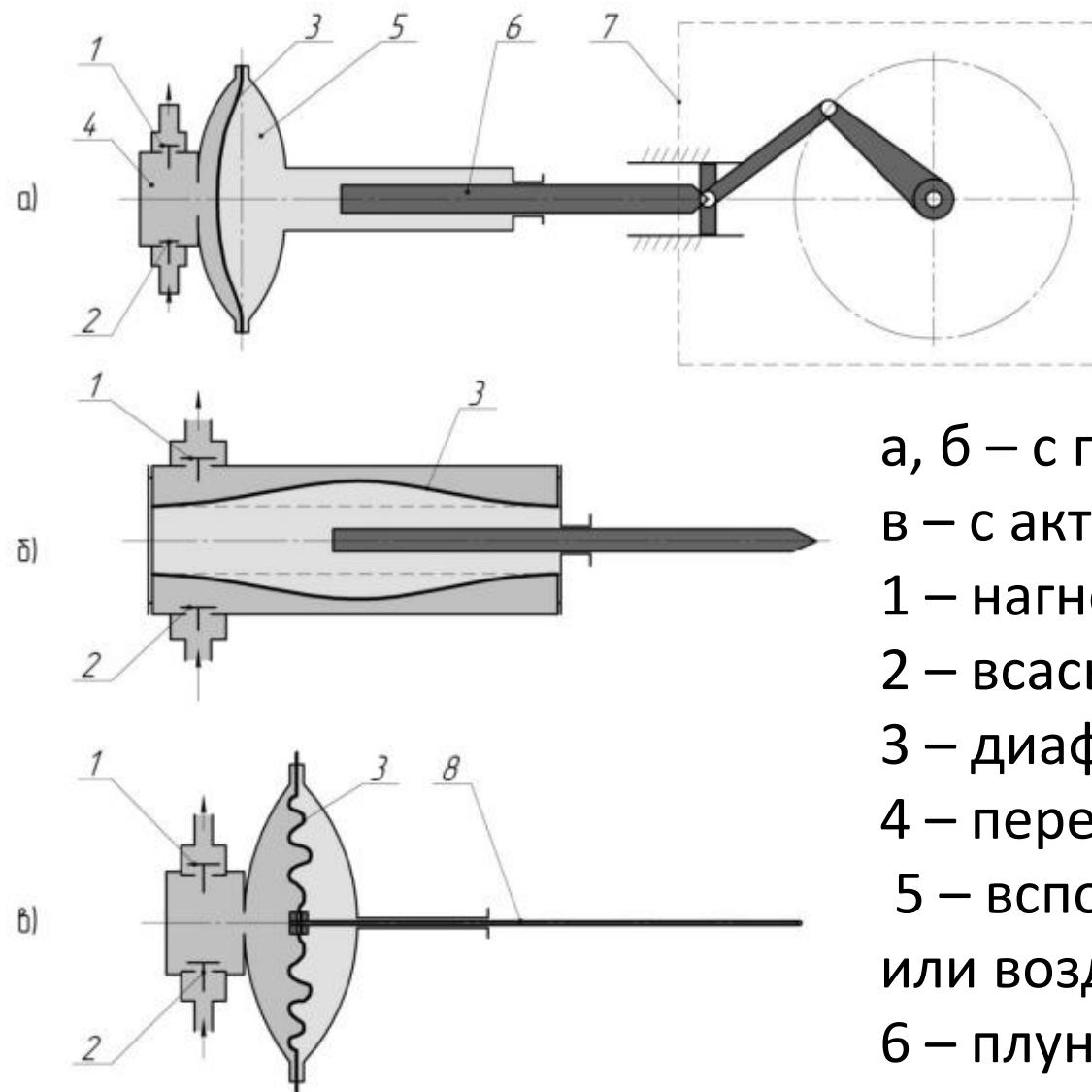
- 9.1. Малые, диаметр поршня  $D < 50$  мм
- 9.2. Средние, диаметр поршня  $D = 50\dots150$  мм
- 9.3. Большие, диаметр поршня  $D > 150$  мм

# Поршневые и плунжерные насосы



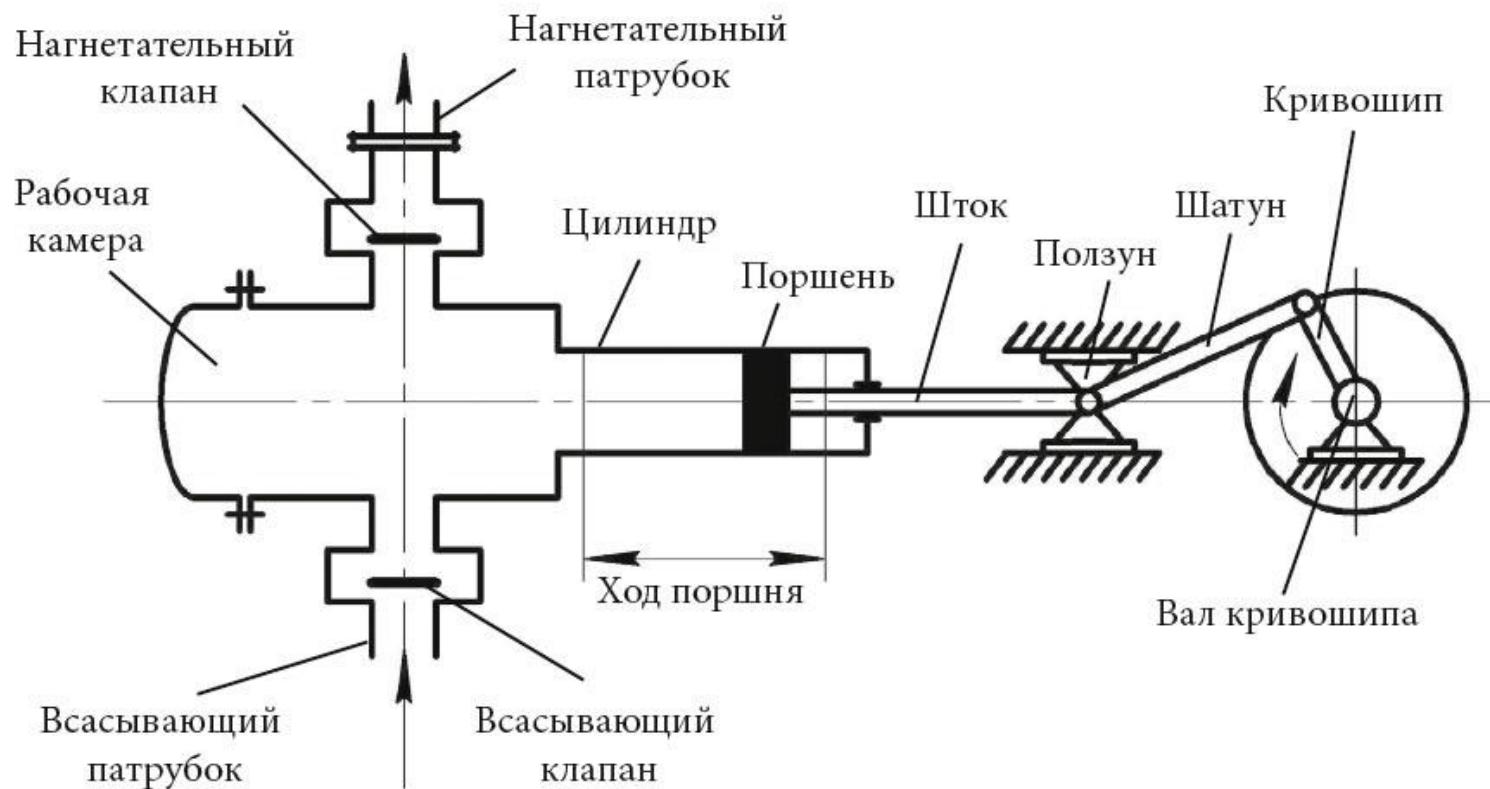
а – простейший поршневой насос; б – плунжерный насос;  
в – поршневой насос двойного действия; г – дифференциальный насос:  
1 – нагнетательный клапан; 2 – всасывающий клапан; 3 – клапанная коробка;  
4 – цилиндр; 5 – поршень; 6 – шток; 7 – приводной механизм; 8 – плунжер

# Диафрагменные насосы



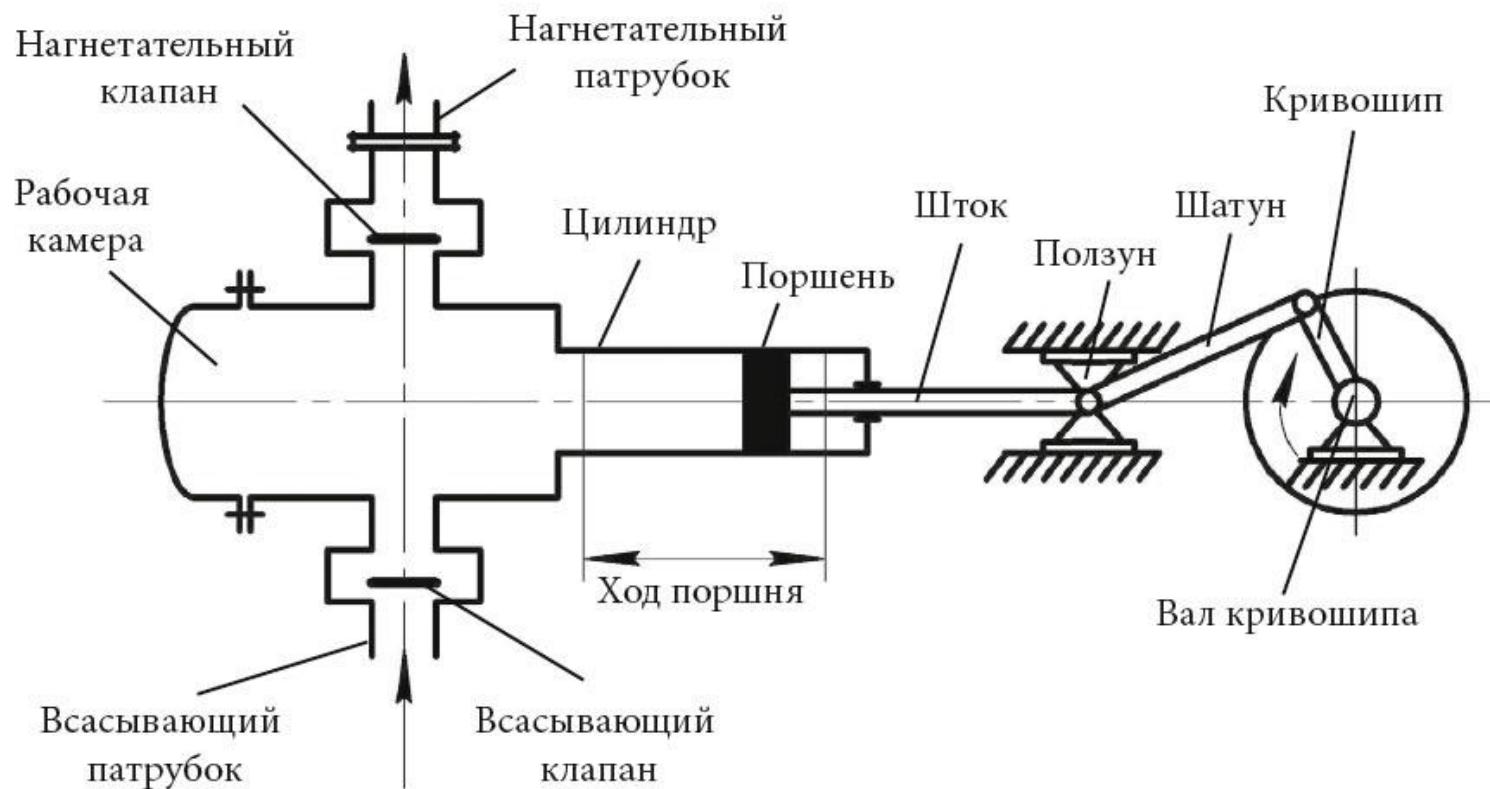
а, б – с пассивной диафрагмой;  
в – с активной диафрагмой:  
1 – нагнетательный клапан;  
2 – всасывающий клапан;  
3 – диафрагма;  
4 – перекачиваемая жидкость;  
5 – вспомогательная жидкость  
или воздух;  
6 – плунжер; 7 – приводной  
механизм; 8 – шток

# Принцип работы поршневого насоса простого действия



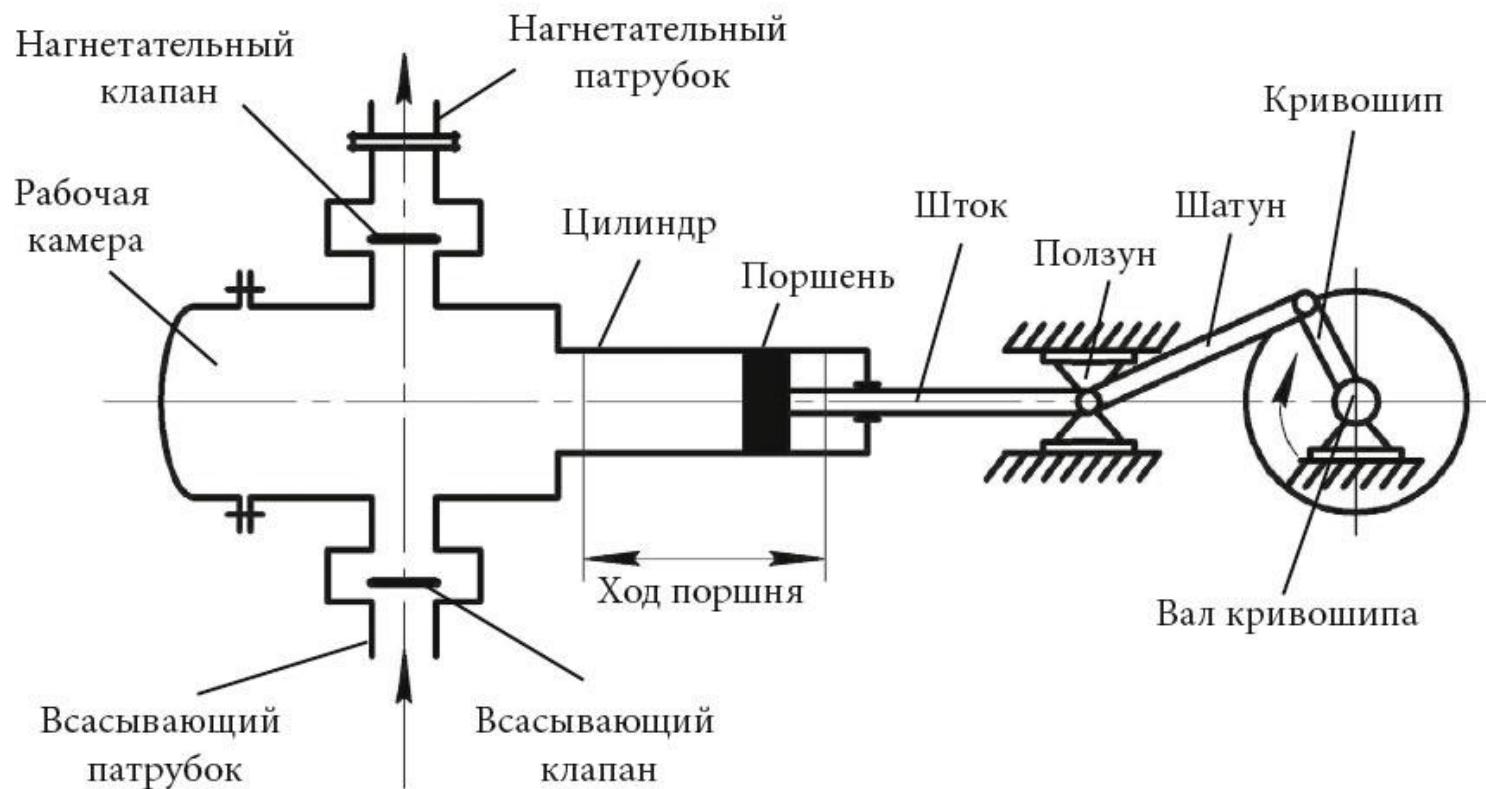
При движении поршня влево в цилиндре создаётся разрежение, вследствие чего всасывающий клапан поднимается, и жидкость из сосуда по всасывающей трубе устремляется в цилиндр, наполняет его и движется за поршнем.

# 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, осуществляющем при помощи шатунно-кривошипного механизма, жидкость попаременно всасывается из сосуда и нагнетается в сосуд.

# Принцип работы поршневого насоса двойного действия

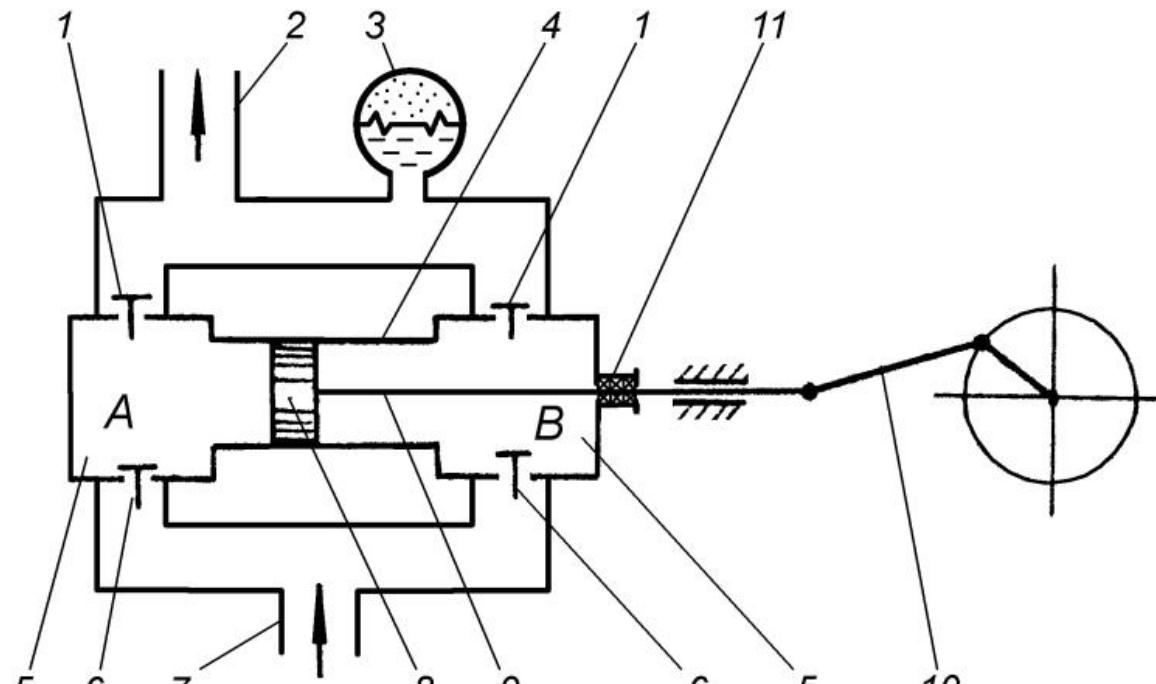


Схема поршневого насоса  
двойного действия

(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

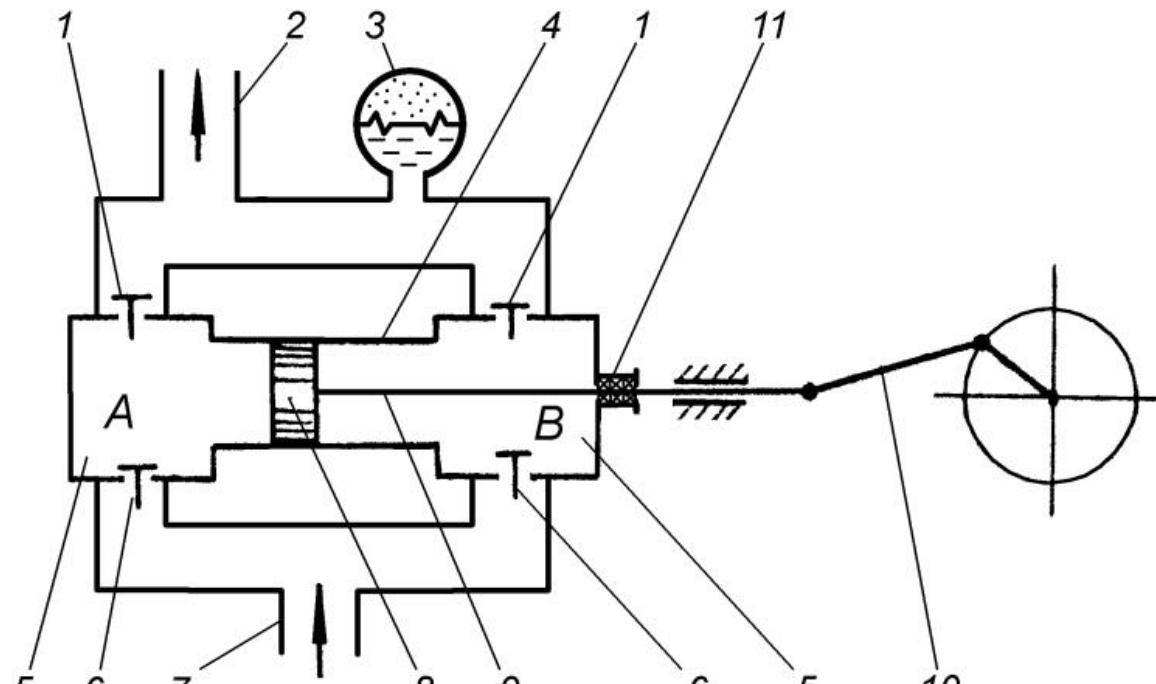


Схема поршневого насоса  
двойного действия

(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

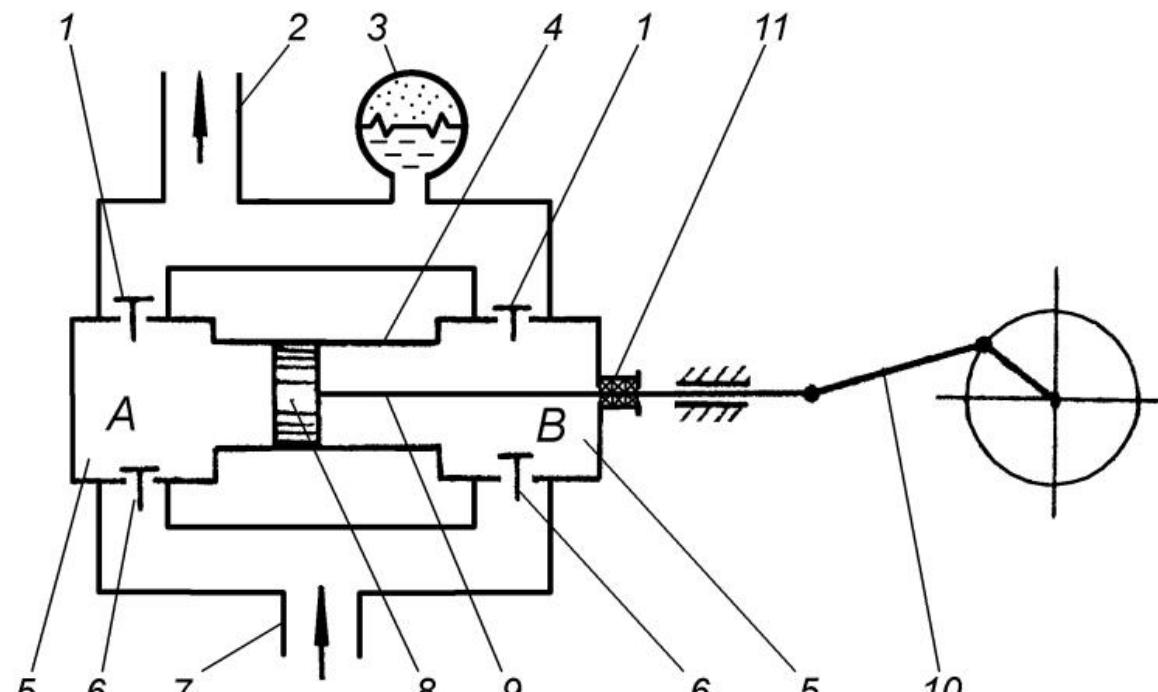


Схема поршневого насоса  
двойного действия

(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

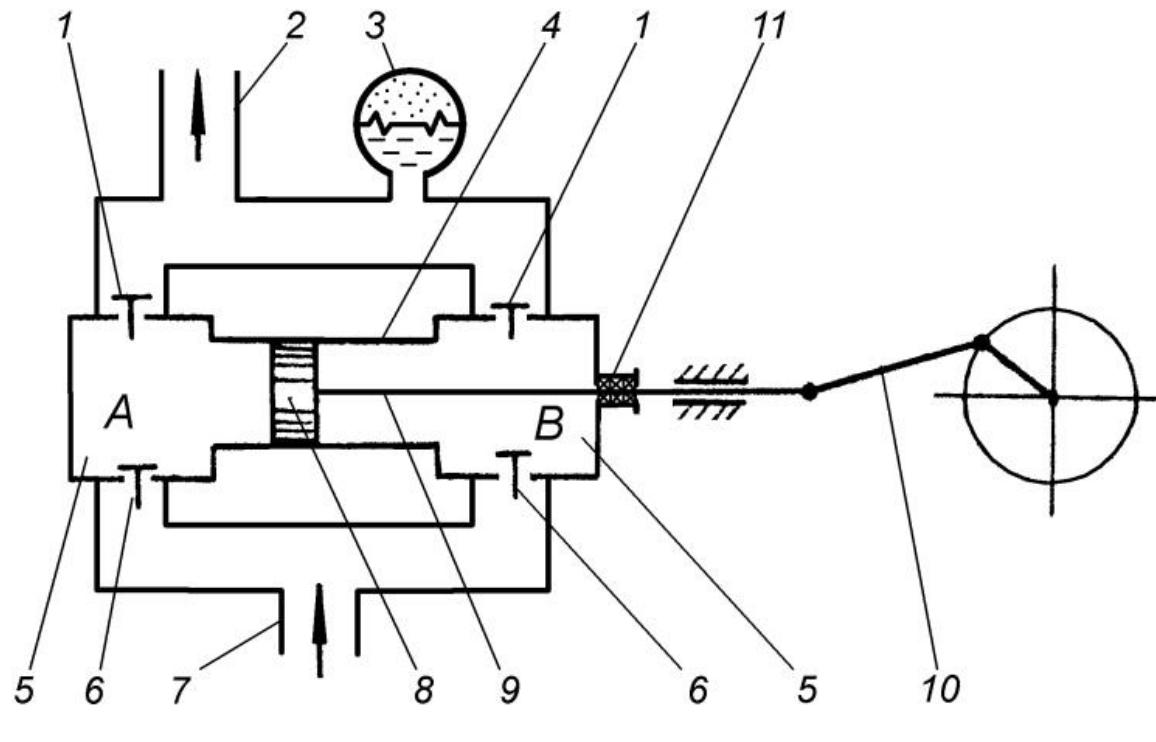


Схема поршневого насоса  
двойного действия

(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

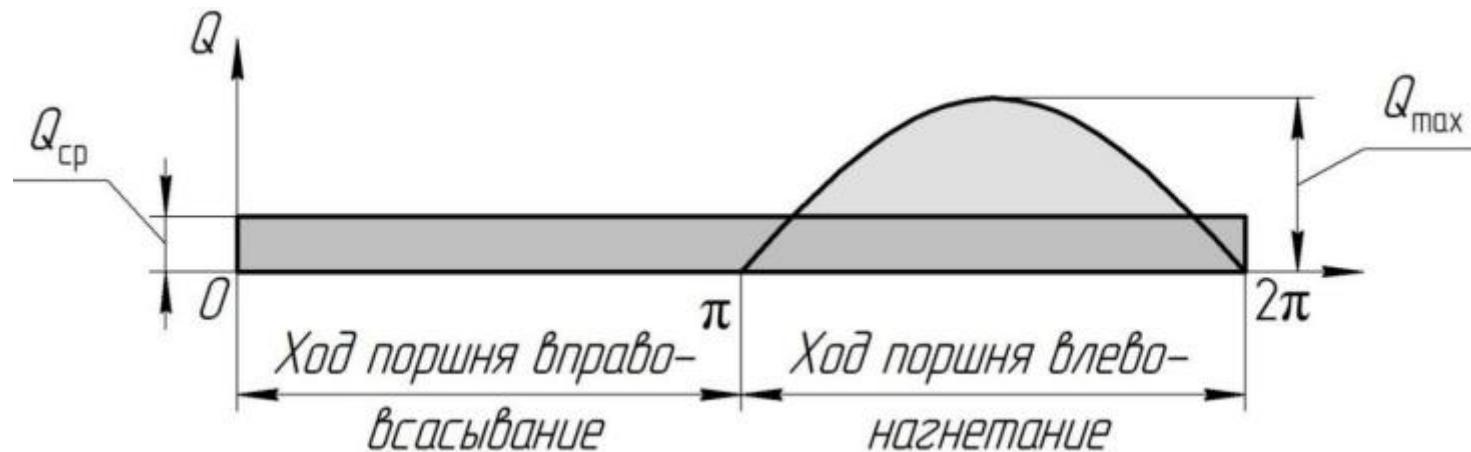
$$\eta = \frac{Q_d}{Q_t} = \eta_y \cdot \eta_h,$$

где  $\eta_y$  – коэффициент утечек;  
 $\eta_h$  – коэффициент наполнения.

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

# Графики подачи поршневых насосов

Насос **одинарного** действия



Степень неравномерности подачи насоса:

$$m = \frac{Q_{max}}{Q_{ср}}.$$

Мгновенная подача насоса:

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

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:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{F S n}{60}.$$

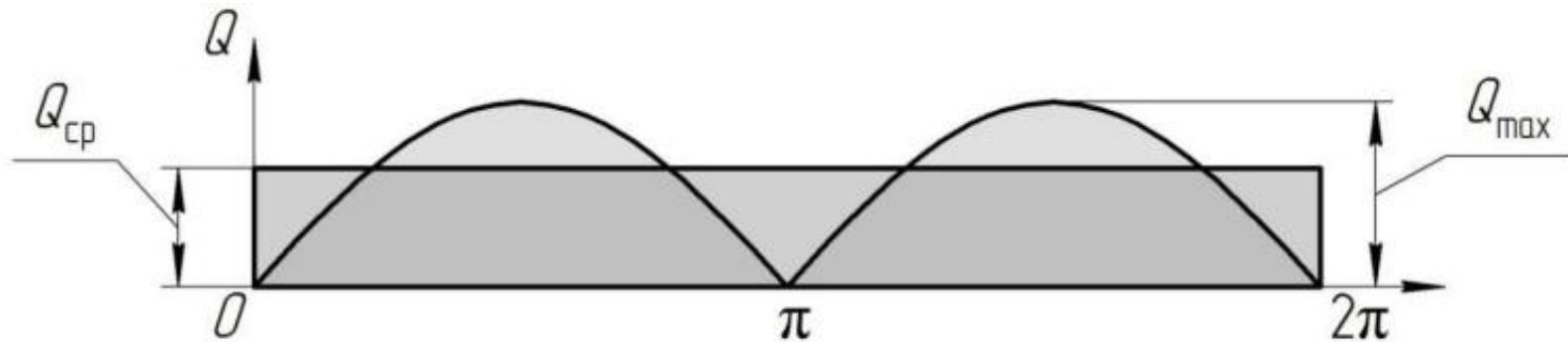
Степень неравномерности подачи насоса

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

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

# Графики подачи поршневых насосов

## Насос **двойного** действия

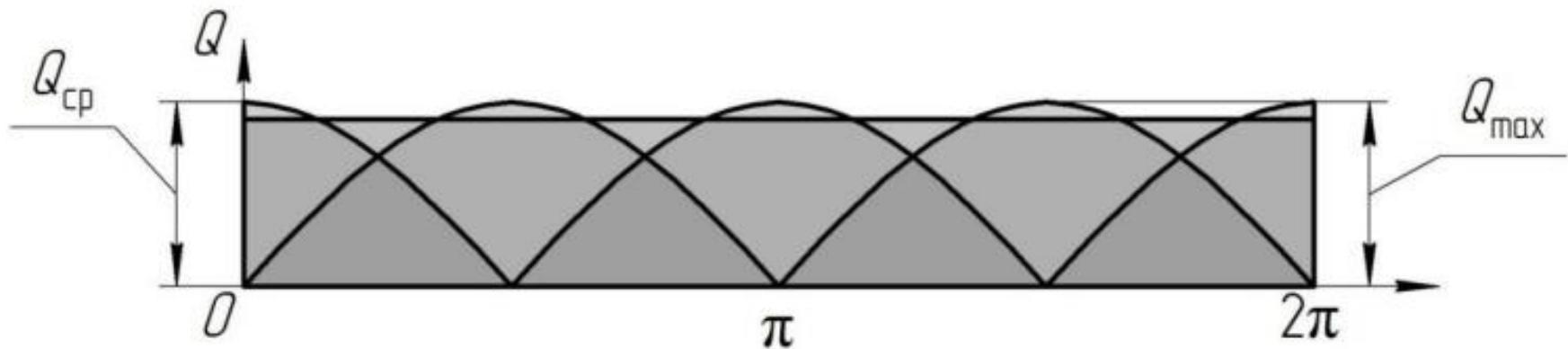


за один оборот кривошипа насоса жидкость вытесняется в напорный трубопровод дважды.

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



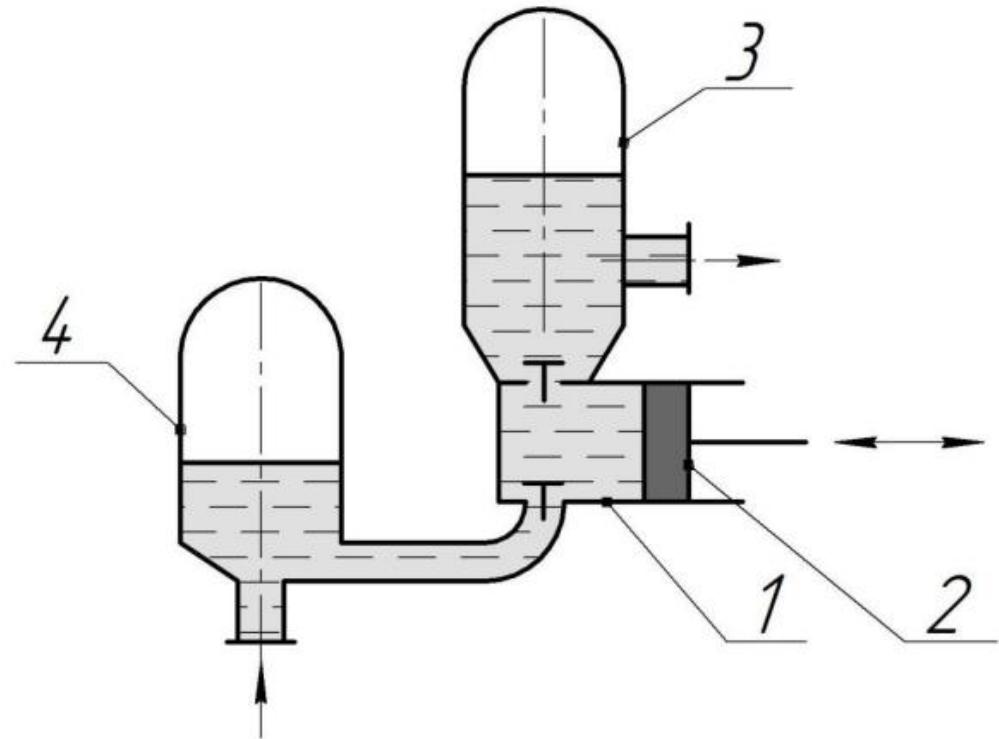
Крикошипы насоса расположены под углом  $120^\circ$  один по отношению к другому, поэтому суммарная подача всех трёх цилиндров будет характеризоваться графиком, полученным в результате сложения трёх синусоид, сдвинутых на  $120^\circ$  по отношению друг к другу.

# 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 (пневмокомпенсаторы)

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

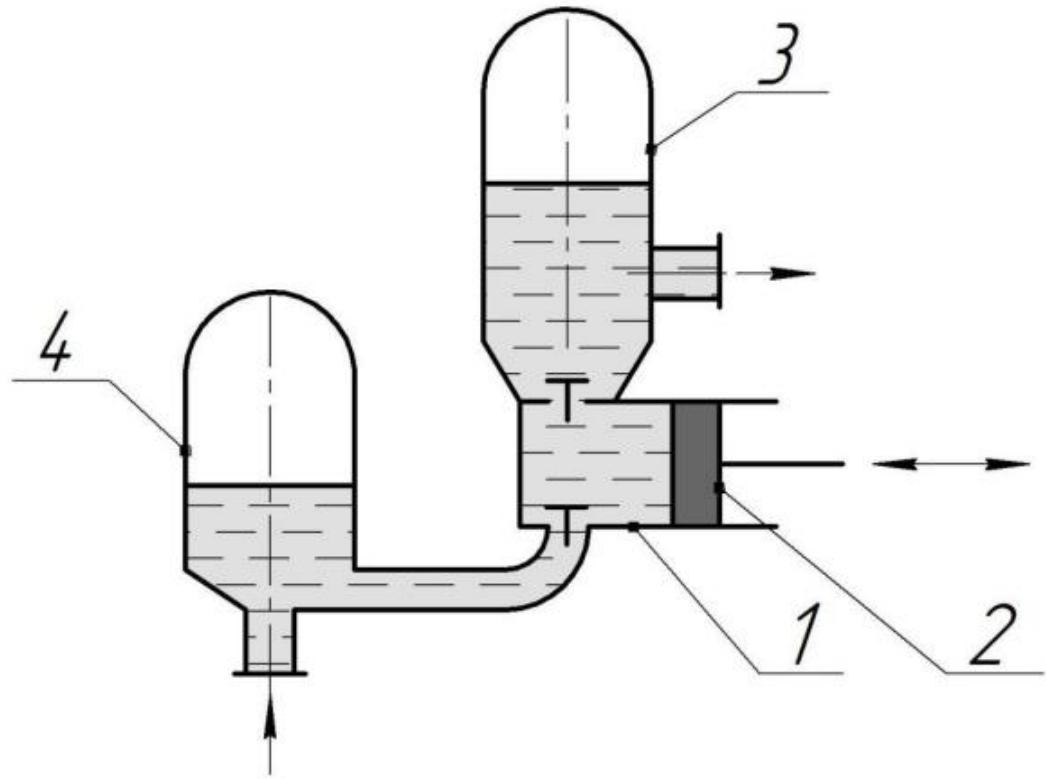


Поршневой насос с воздушными колпаками: 1 – цилиндр насоса; 2 – поршень насоса; 3 – воздушный колпак на нагнетательном трубопроводе; 4 – воздушный колпак на всасывающем трубопроводе<sup>87</sup>

# Воздушные колпаки (пневмокомпенсаторы)

## Принцип действия

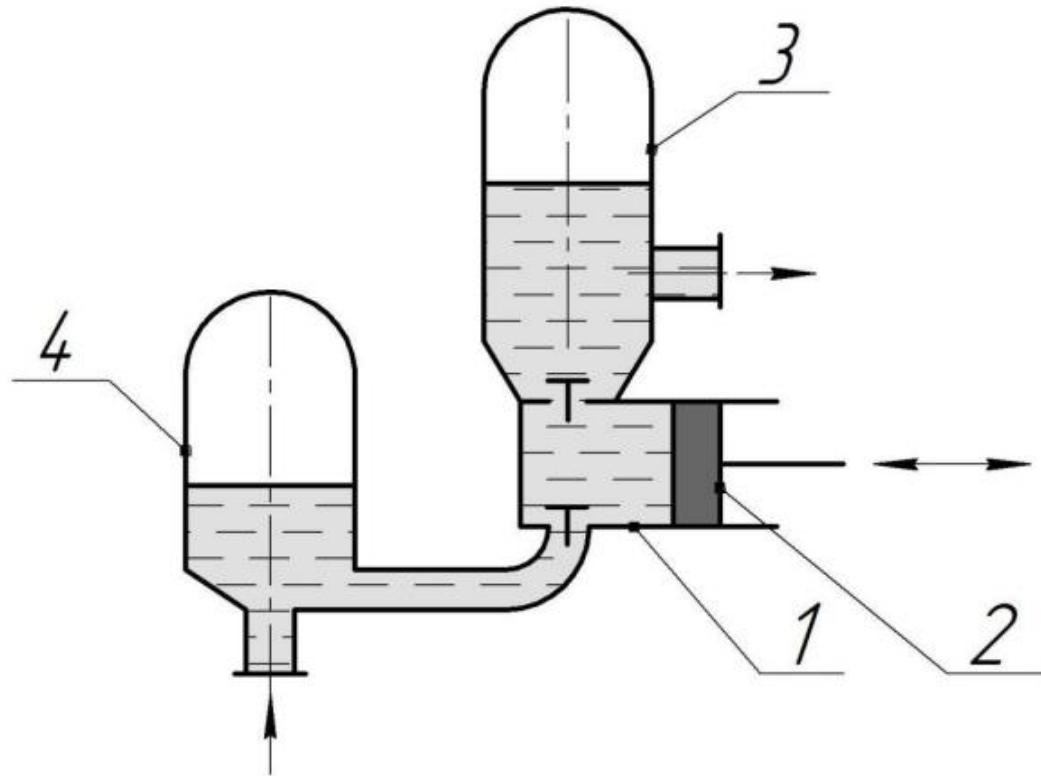
воздушных колпаков  
заключается в их  
заполнении  
перекачиваемой  
жидкостью при  
увеличении  
мгновенной подачи  
выше средней и в  
опорожнении при  
уменьшении ее ниже  
средней.



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

# Воздушные колпаки (пневмокомпенсаторы)

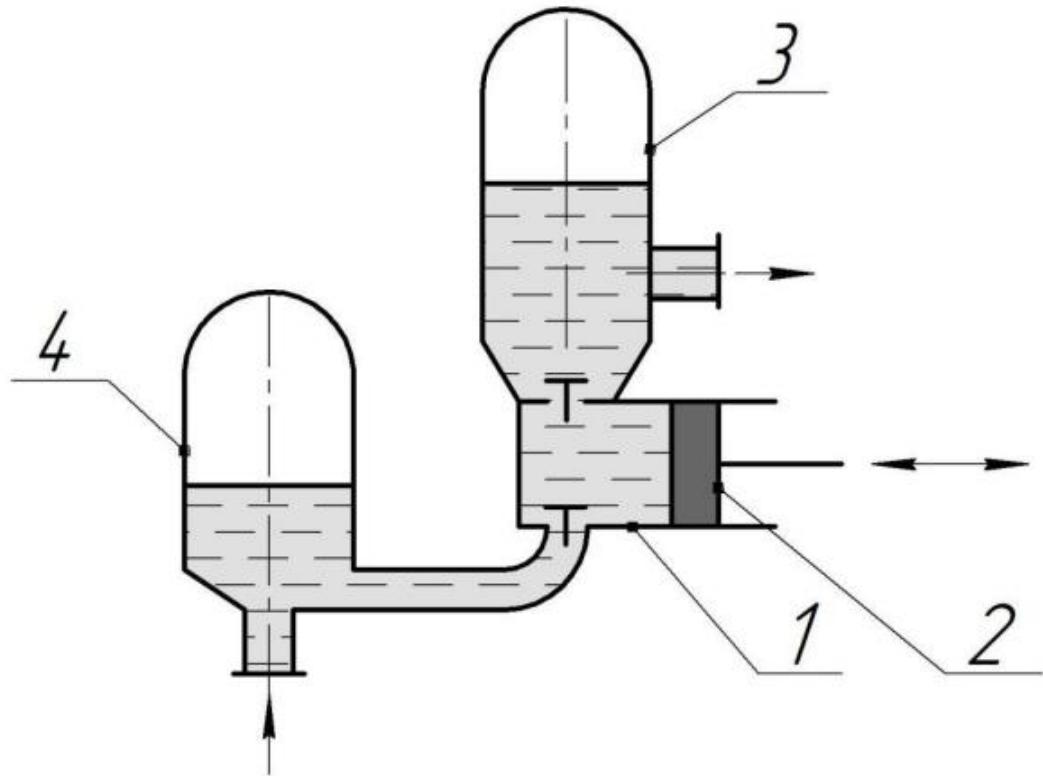
В результате в напорном и всасывающем трубопроводах поддерживается постоянной скорость движения жидкости, и влияние сил инерции ее движения сводится к минимуму.



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 (пневмокомпенсаторы)

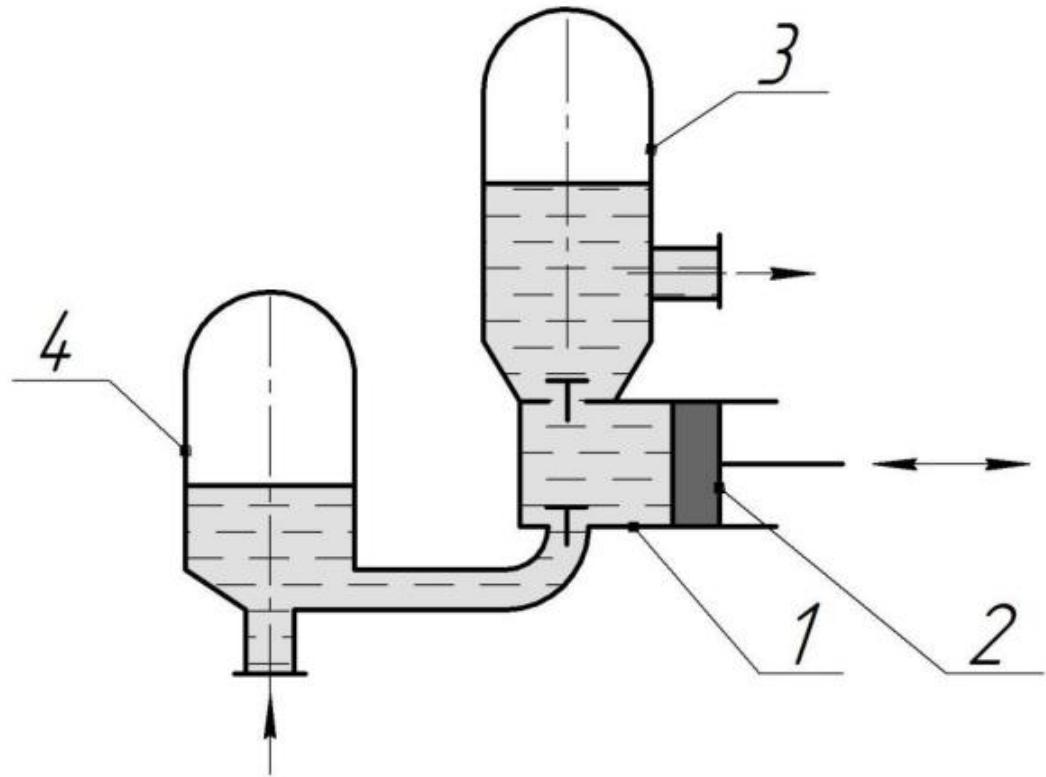
Установка воздушных колпаков позволяет резко улучшить параметры насосов, повысить их подачу и надежность.



Поршневой насос с воздушными колпаками: 1 – цилиндр насоса; 2 – поршень насоса; 3 – воздушный колпак на нагнетательном трубопроводе; 4 – воздушный колпак на всасывающем трубопроводе<sub>90</sub>

# Воздушные колпаки (пневмокомпенсаторы)

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

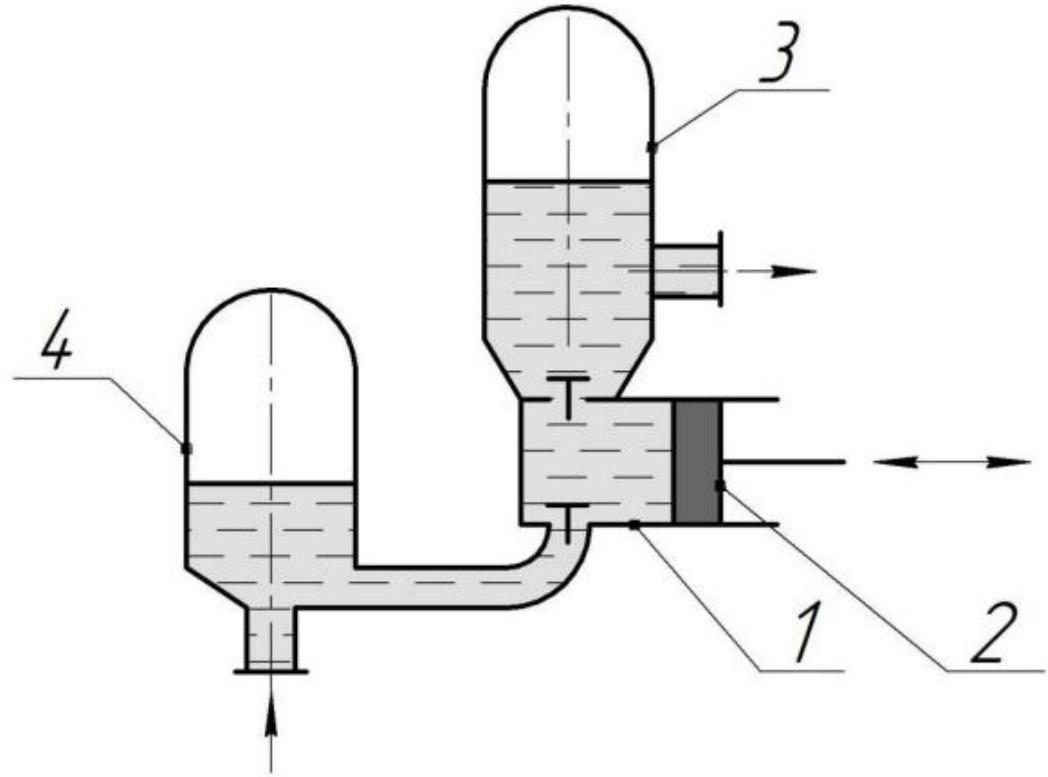


Поршневой насос с воздушными колпаками: 1 – цилиндр насоса; 2 – поршень насоса; 3 – воздушный колпак на нагнетательном трубопроводе; 4 – воздушный колпак на всасывающем трубопроводе<sup>91</sup>

# Воздушные колпаки (пневмокомпенсаторы)

**Воздушный колпак** представляет собой цилиндрический сосуд, частично наполненный газом.

При увеличении давления в трубопроводе жидкость, наполняющая 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:

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

где  $H_{\pi}$  – высота подъема жидкости

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

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

$h_{\text{н}}$  – высота нагнетания

Гидравлическая (полезная) мощность насоса:

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

## 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 кгс/см<sup>2</sup>.

**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

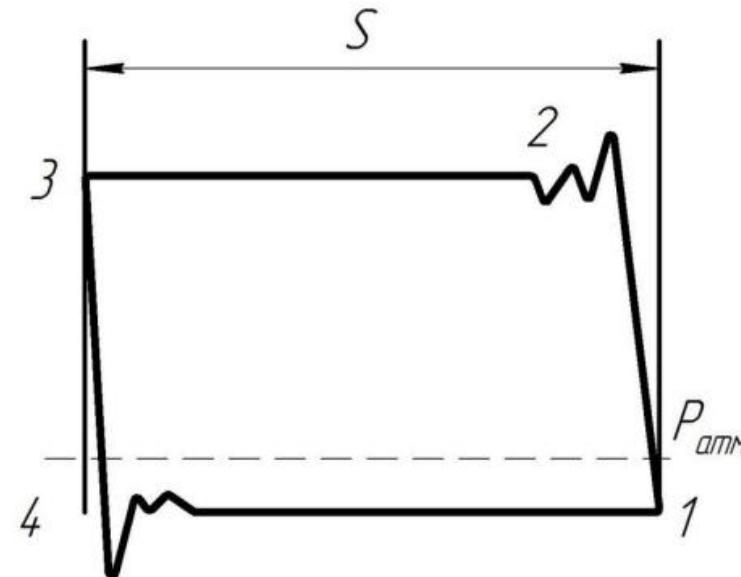
$h_n$  – высота нагнетания

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

# Индикаторная диаграмма насоса

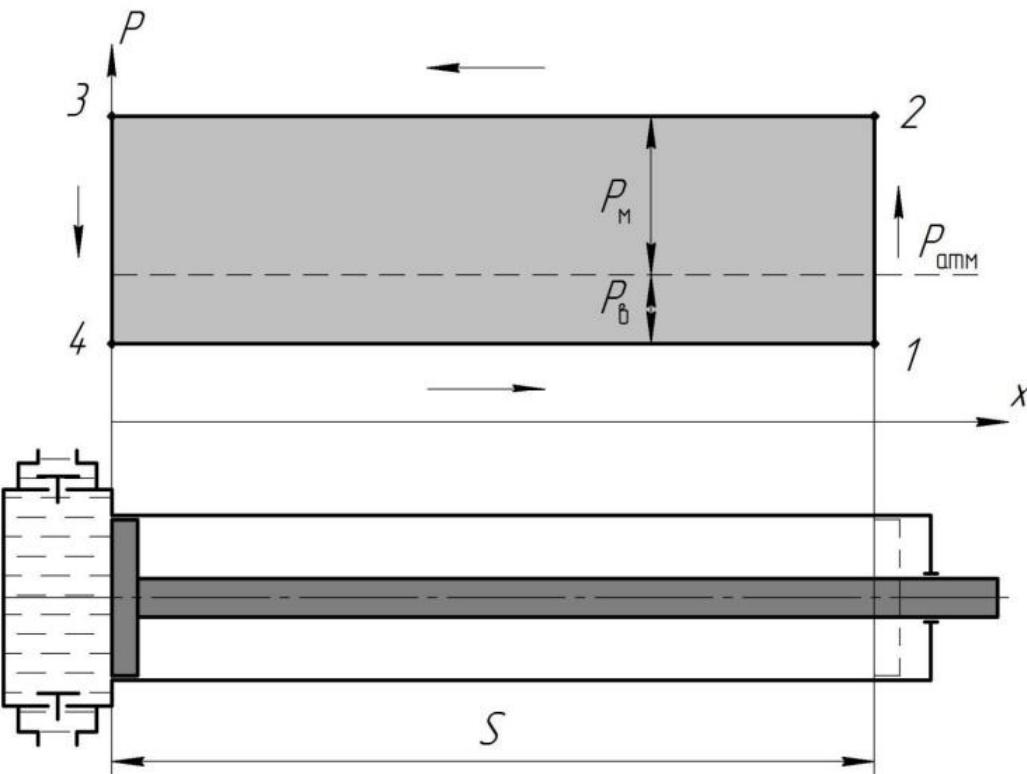
Индикаторная диаграмма насоса показывает, как меняется давление в цилиндре и клапанной коробке за 2 хода поршня.

# Площадь индикаторной диаграммы – работа поршня за цикл.



## Индикаторная диаграмма реального насоса

# Индикаторная диаграмма насоса

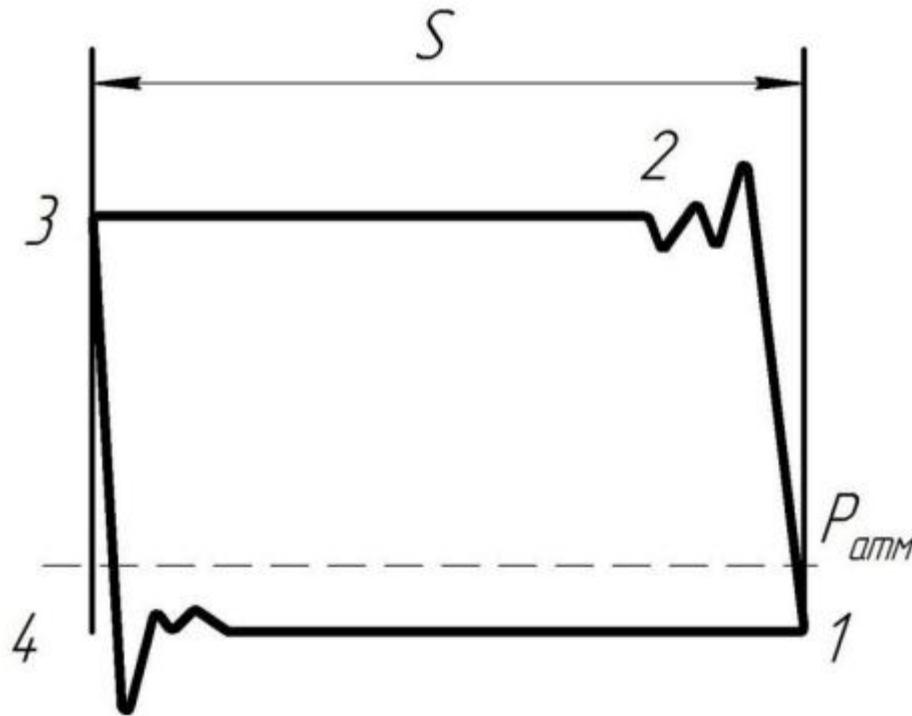


Индикаторная диаграмма идеального насоса

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.

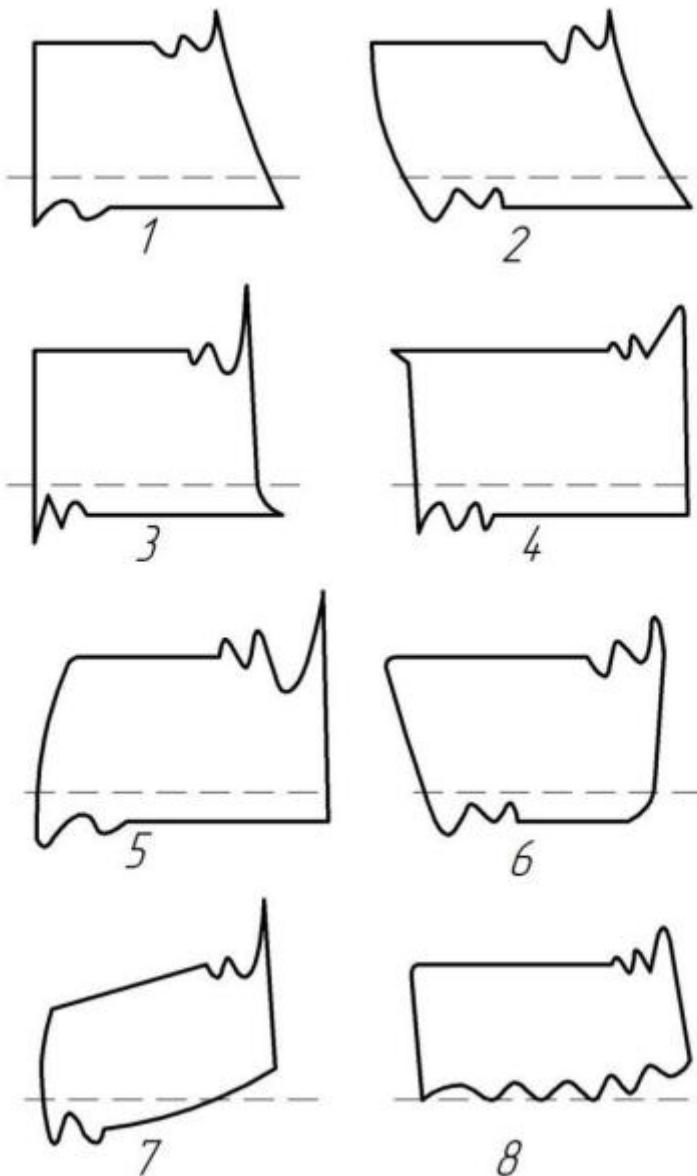
# Индикаторная диаграмма насоса



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

$$\eta = \eta_g \eta_m,$$

где  $\eta_g$  – гидравлический КПД насоса;  
 $\eta_m$  – механический КПД насоса;

$$\eta_m = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4,$$

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

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

N – требуемая мощность привода.

$$N_{дв} = \varphi \frac{N}{\eta_n},$$

где N<sub>дв</sub> – требуемая мощность двигателя;

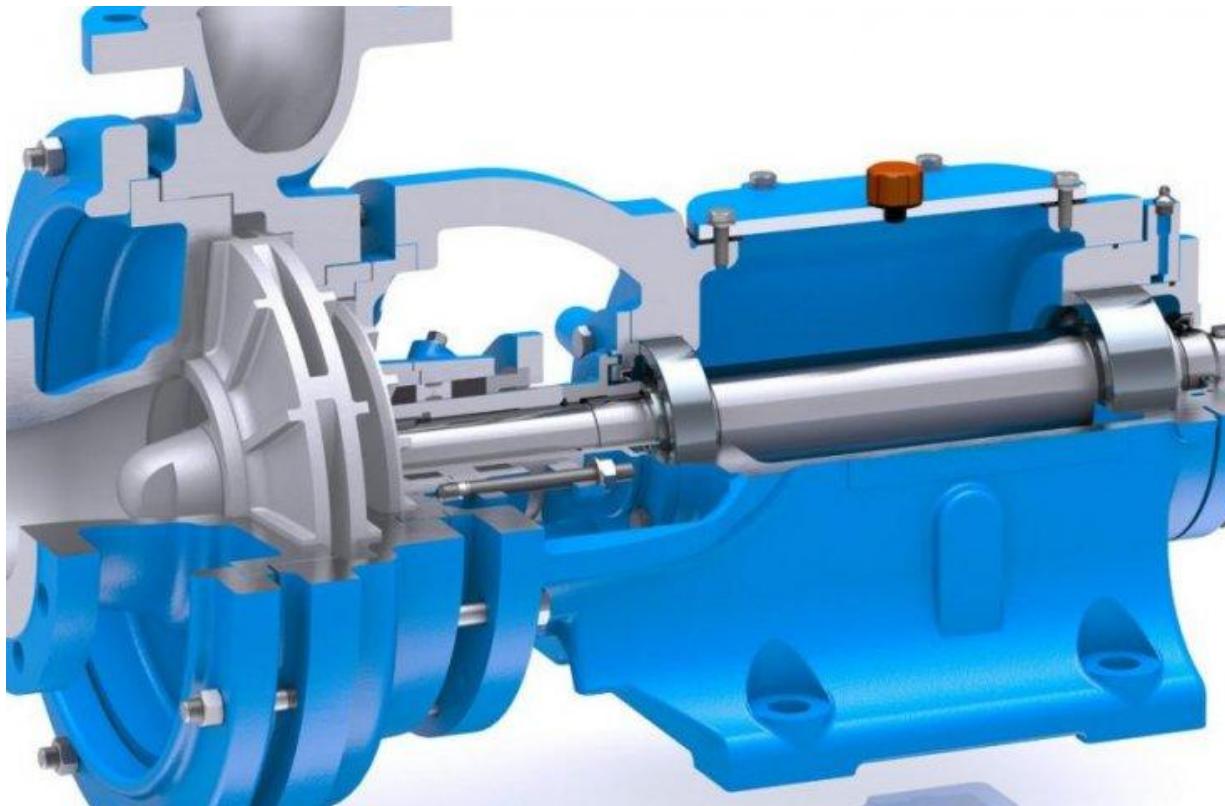
η<sub>п</sub> – КПД приводной передачи (для клиноременной 0,92, для цепной – 0,98);

φ – коэффициент запаса:

φ = 1 - 1,15 для больших насосов;

φ = 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 ( $n = 2000\ldots 5000$  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:*

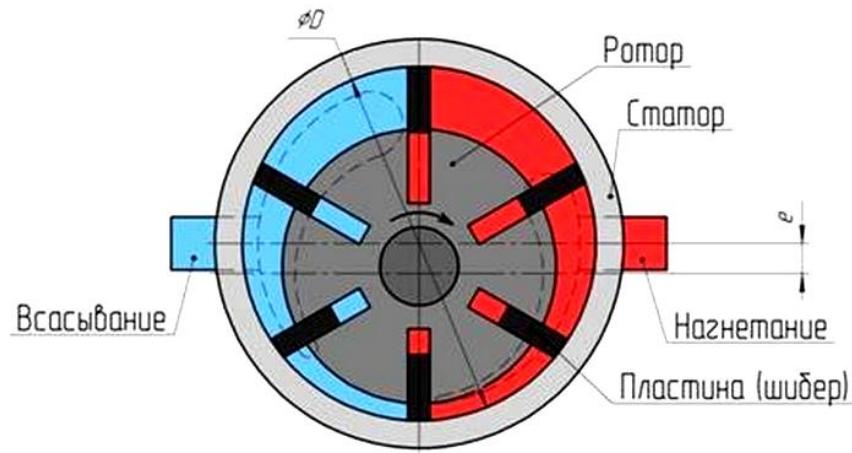
- Рабочий объем от 0,2 до 200 см<sup>3</sup>
- Максимальное давление до 2 МПа
- Частота вращения 400...5000 мин<sup>-1</sup>

# Роторные гидромашины

Роторный насос состоит из

**3 основных частей:**

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



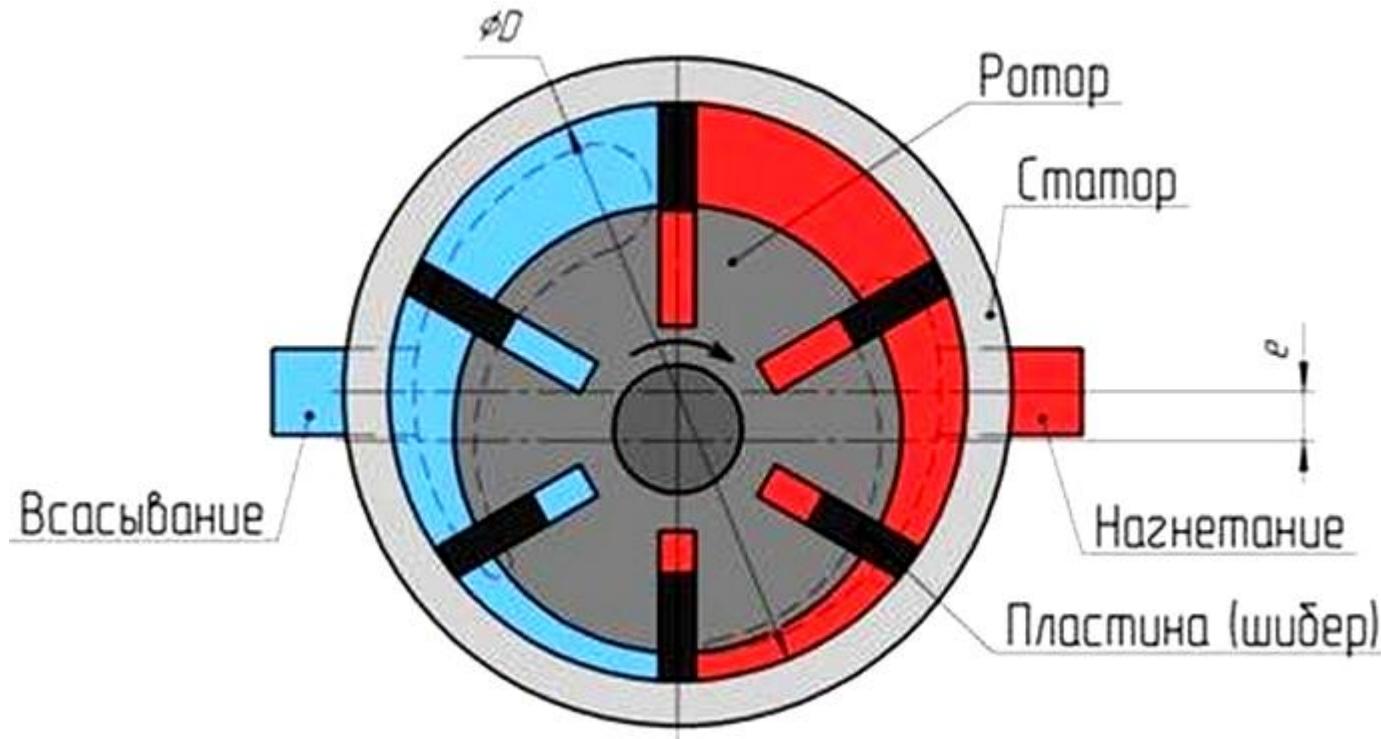
Рабочий *процесс* состоит из 3

**этапов:**

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

# Роторные гидромашины

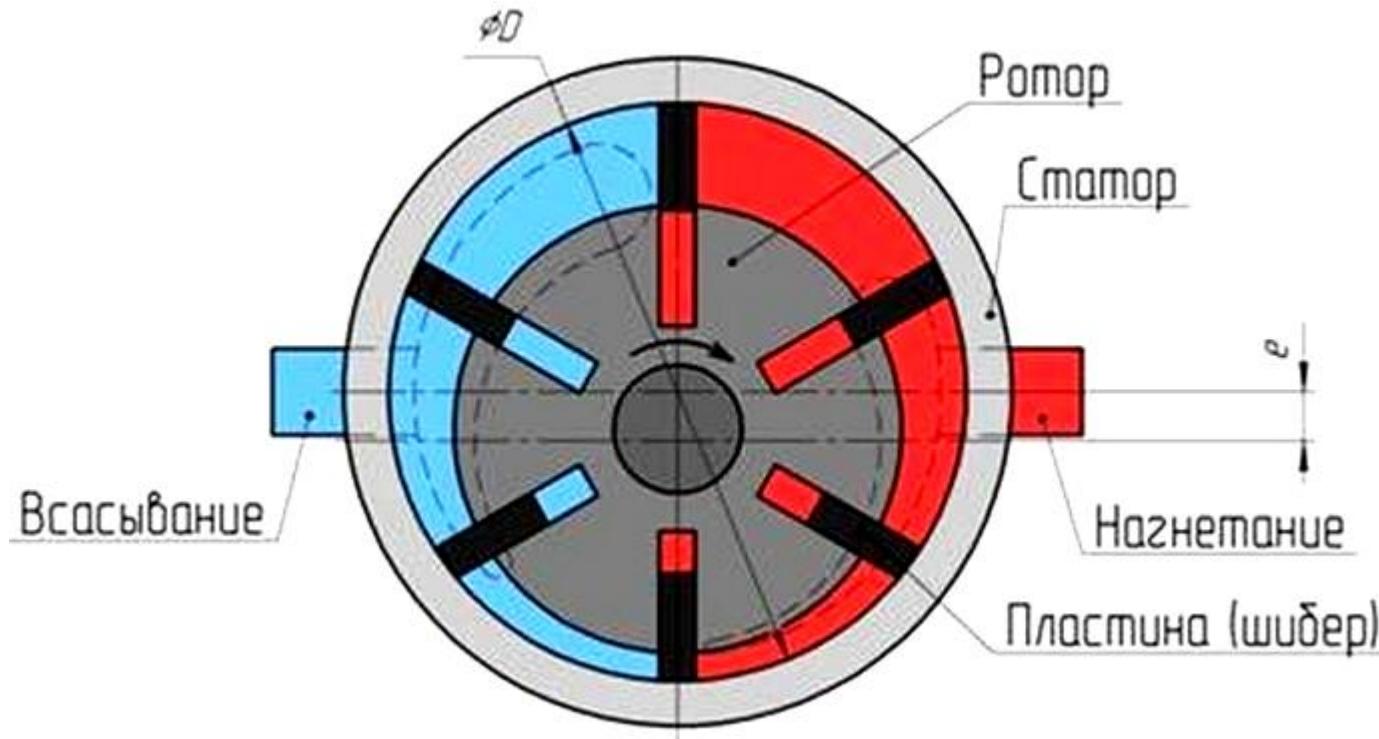
## Принцип работы



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

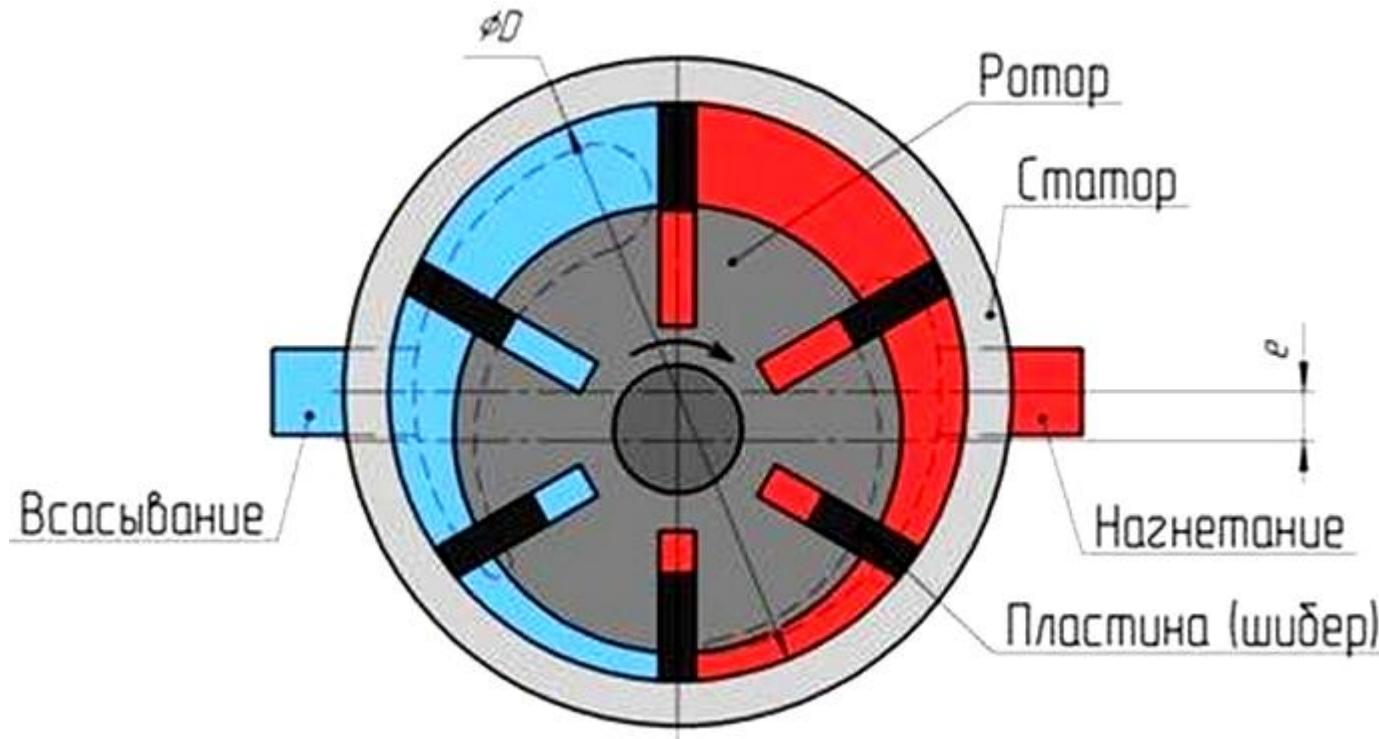
## Принцип работы



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

# Роторные гидромашины

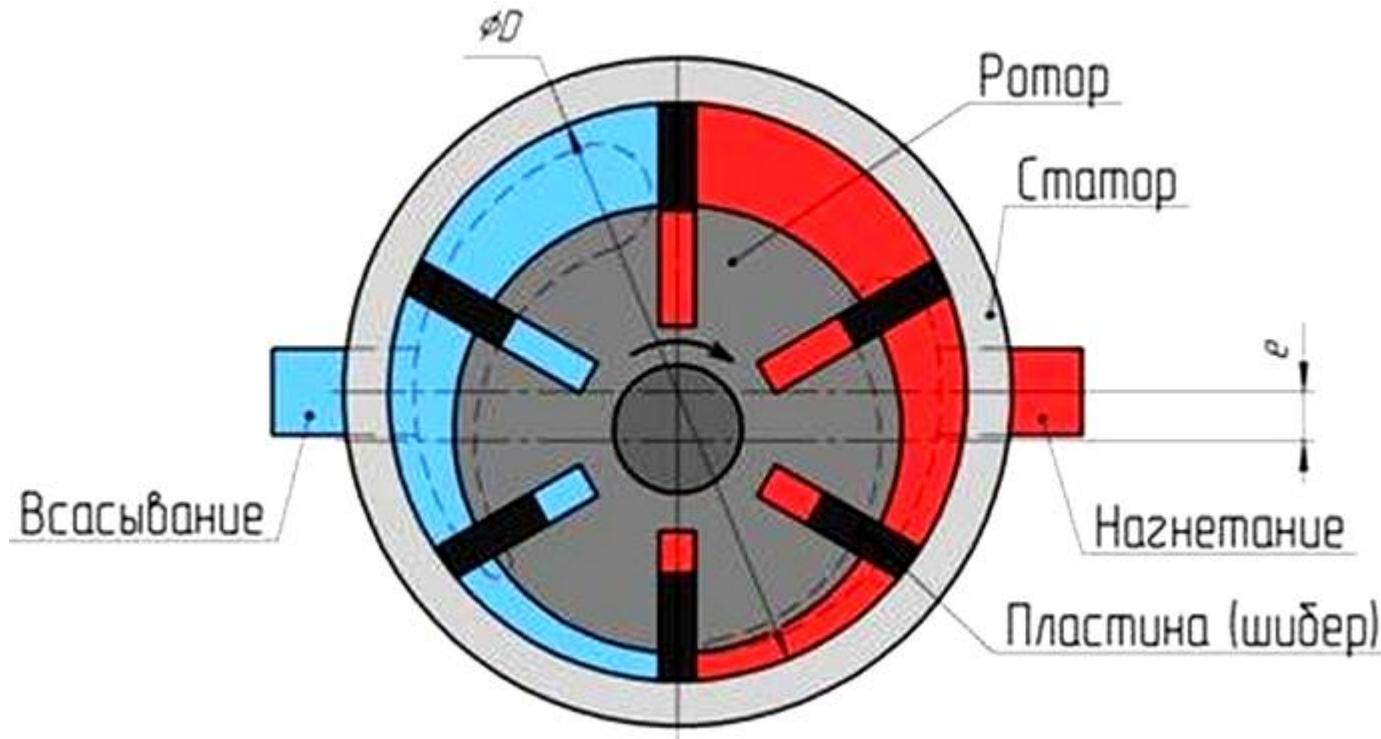
## Принцип работы



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

# Роторные гидромашины

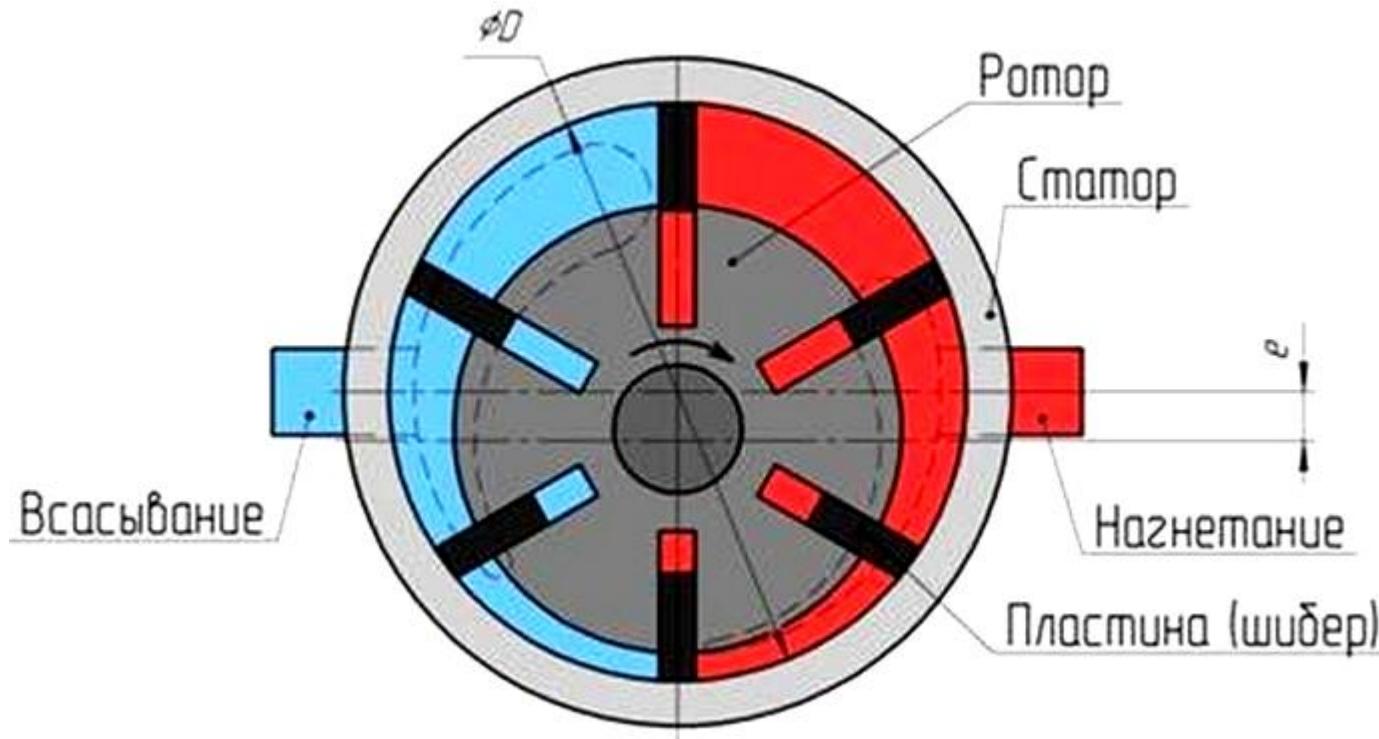
## Принцип работы



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

# Роторные гидромашины

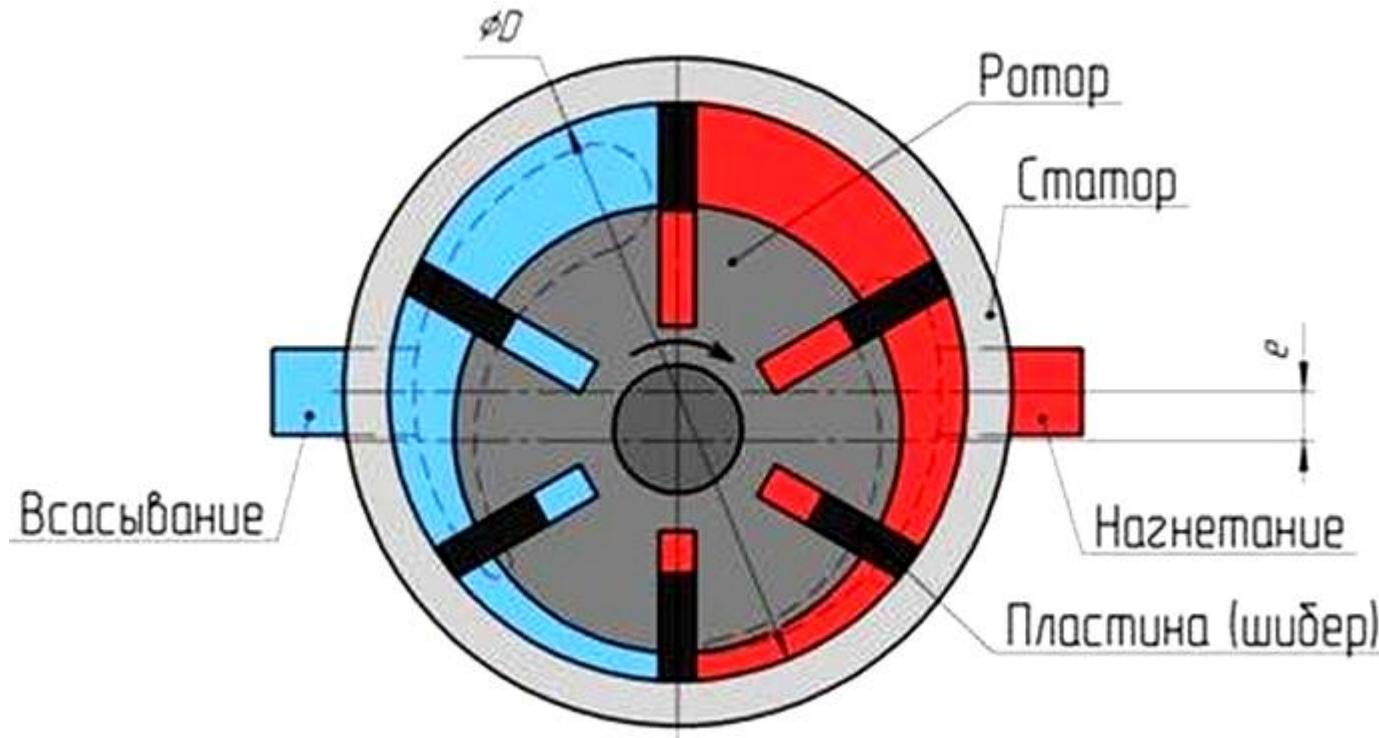
## Принцип работы



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

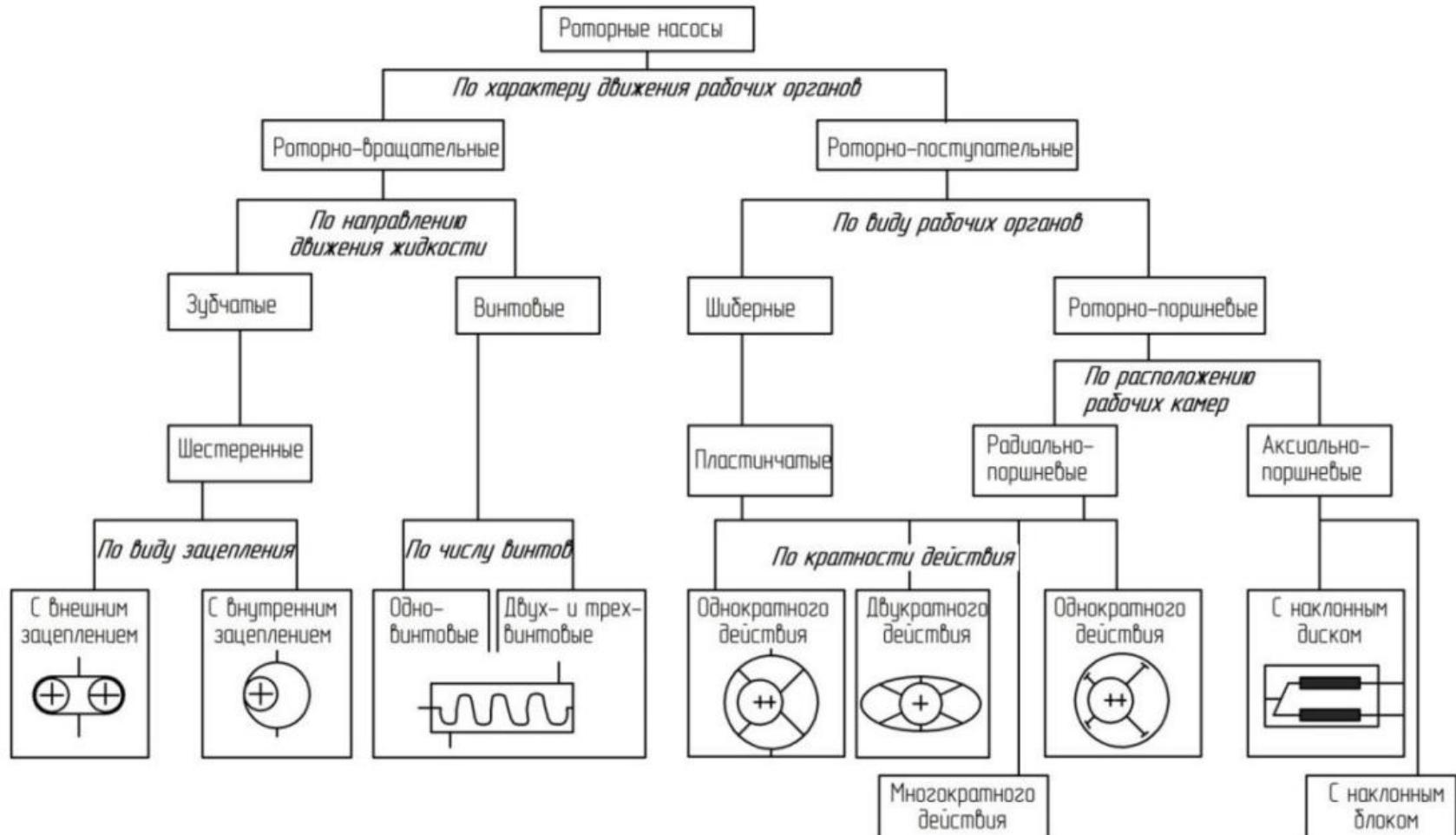
# Роторные гидромашины

## Принцип работы



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

# Классификация роторных гидромашин



# Роторные насосы

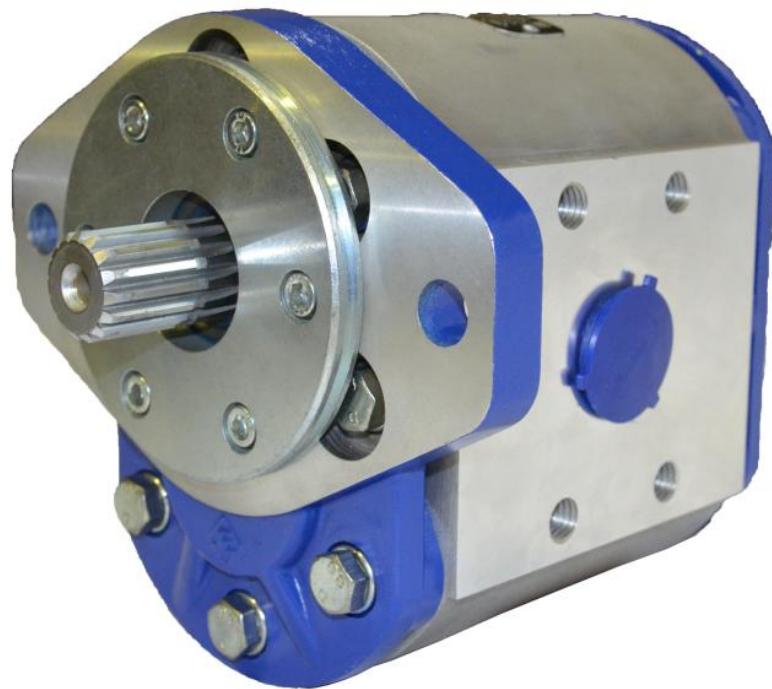
## *Недостатки:*

- 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.

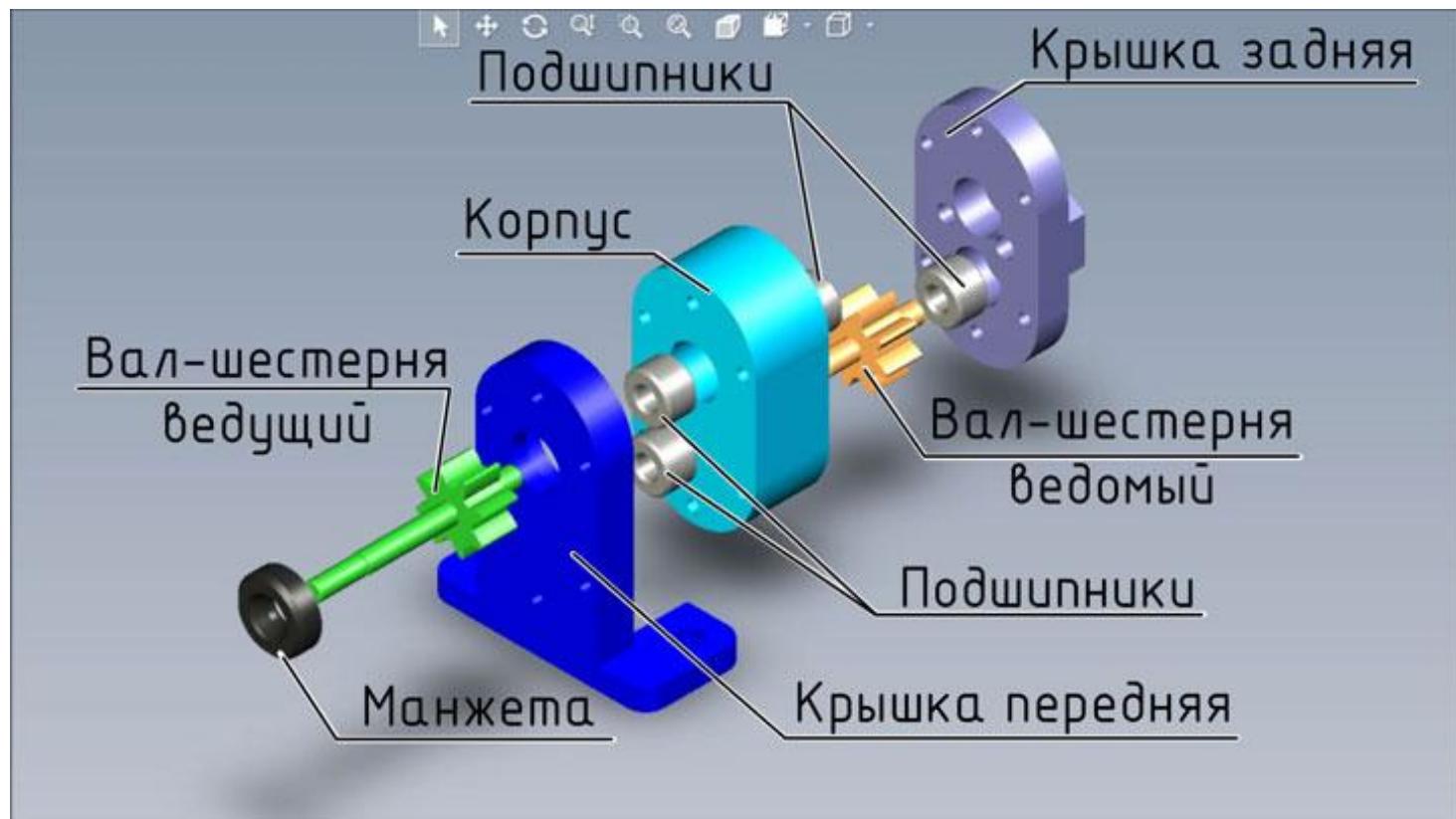
- Сложность конструкции относительно возвратно-поступательных насосов, что влечет за собой снижение надежности и увеличение стоимости обслуживания и производства.

# 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-лебёдочных 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

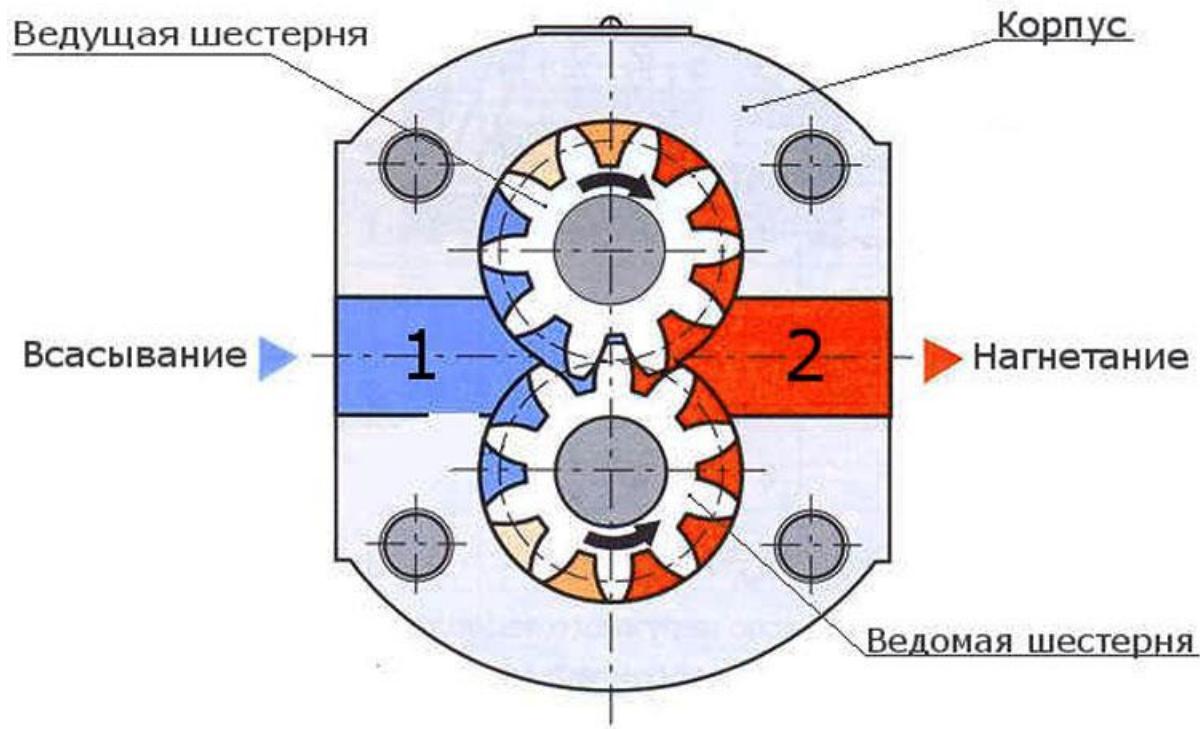
## *Основные параметры:*

- 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

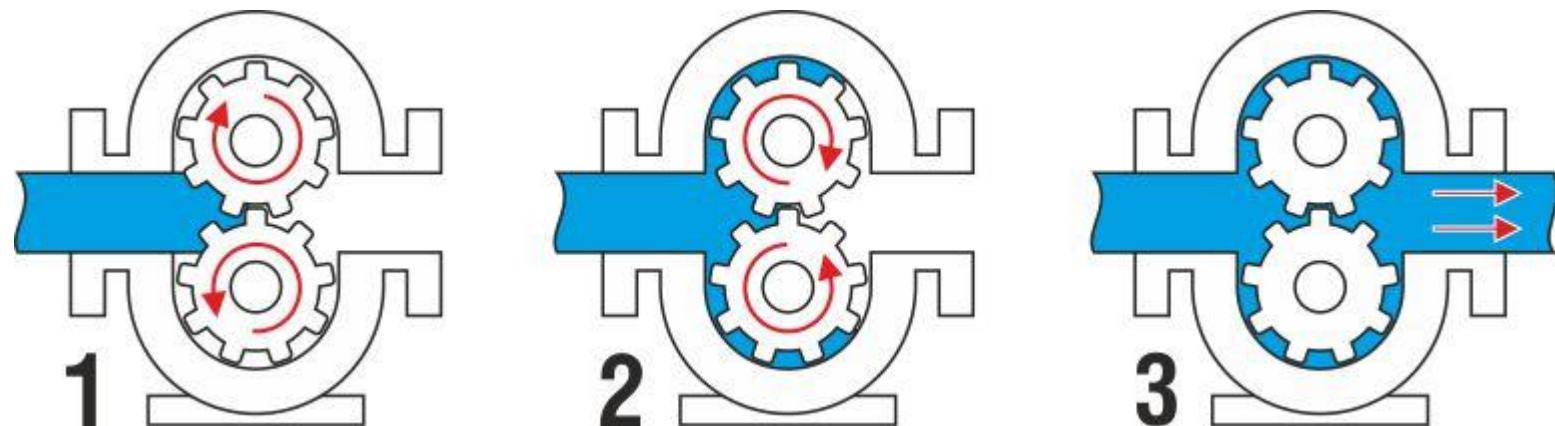
В шестеренных насосах рабочей камерой является впадина между соседними зубьями шестерни, а вытеснителем – зуб шестерни.



# Шестеренные насосы

## *Принцип действия*

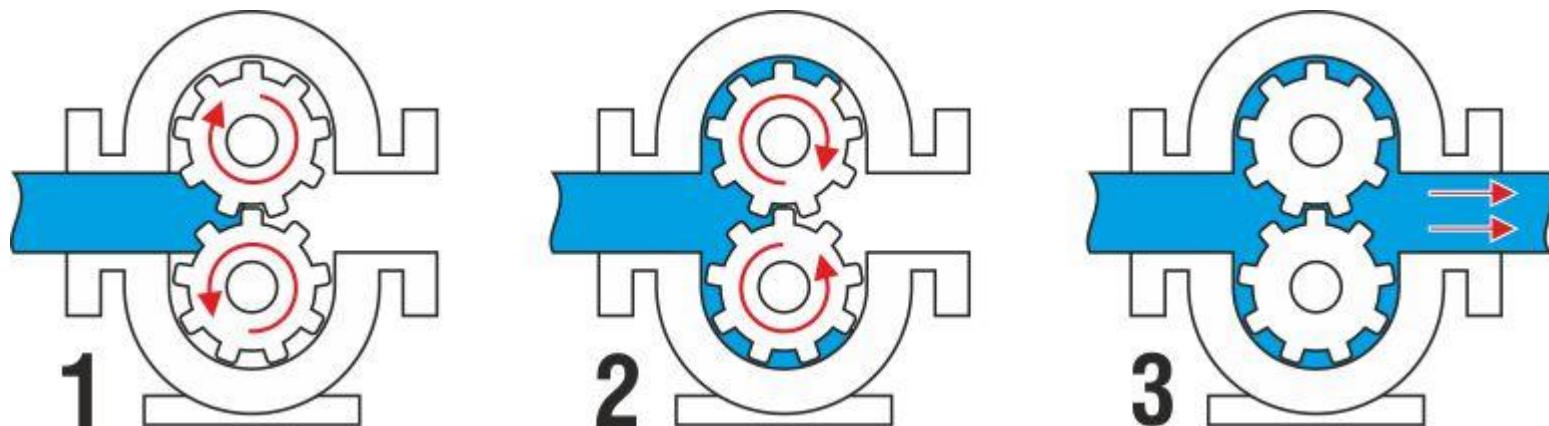
Работа насоса основана на принципе переноса жидкости рабочими камерами из полости всасывания в противоположную полость нагнетания и последующего выдавливания жидкости из рабочих камер вытеснителями.



# Шестеренные насосы

## Принцип действия

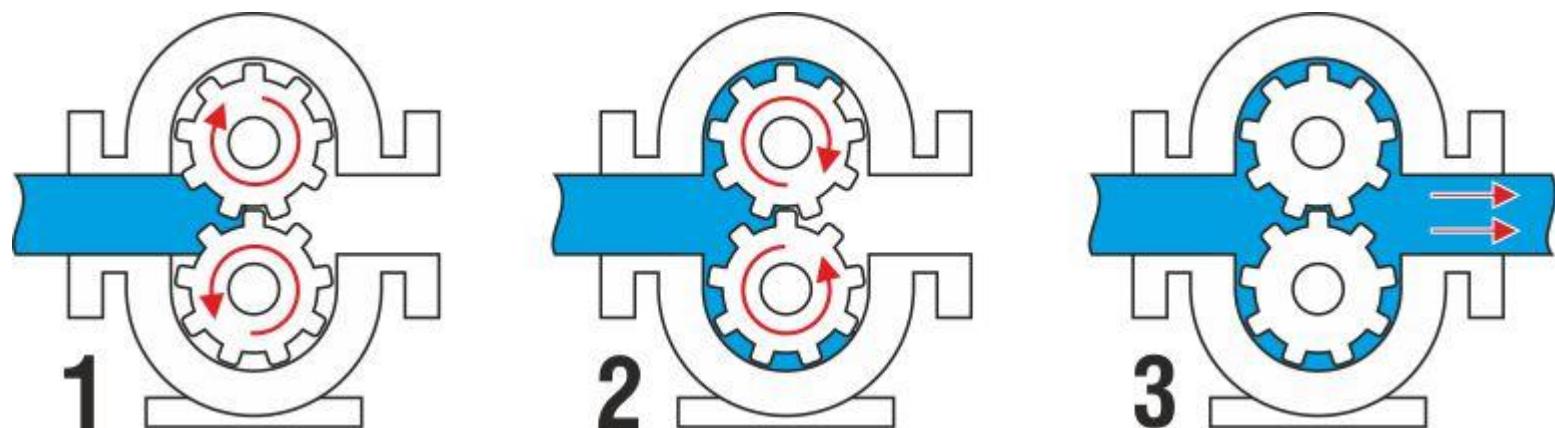
Жидкость поступает через всасывающий патрубок в образовавшуюся полость между ротором (внешняя шестерня) и ведомой шестерней (внутренняя шестерня)



# Шестеренные насосы

## Принцип действия

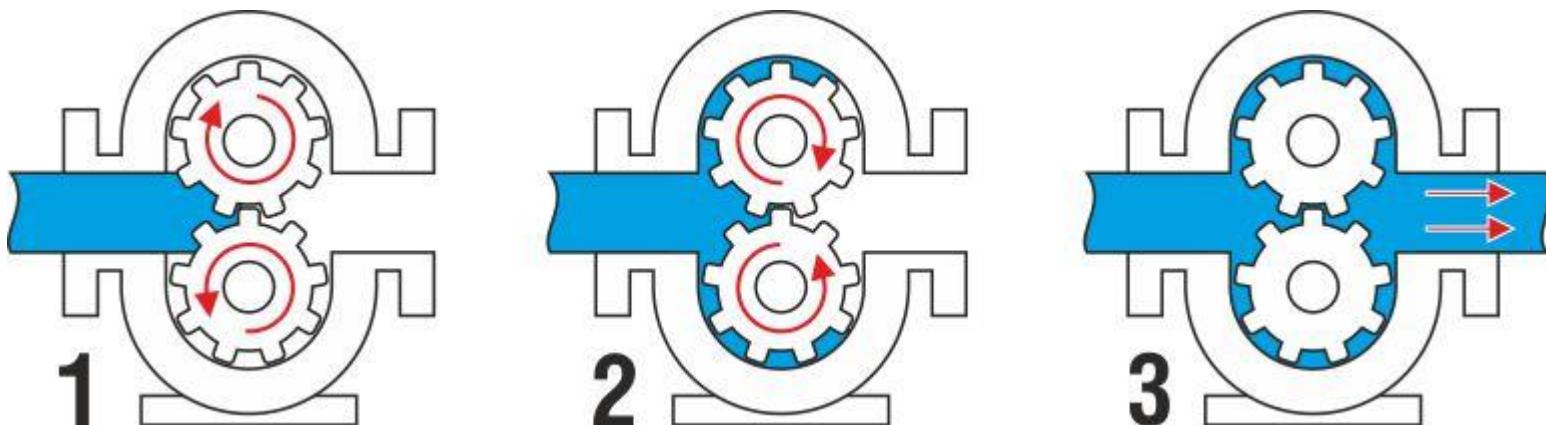
Жидкость проходит через насос между зубьями ротора и ведомой шестерни. Специальная вставка по форме полумесяца разделяет жидкость и действует как уплотнение между всасывающим и нагнетательным патрубком.



# Шестеренные насосы

## Принцип действия

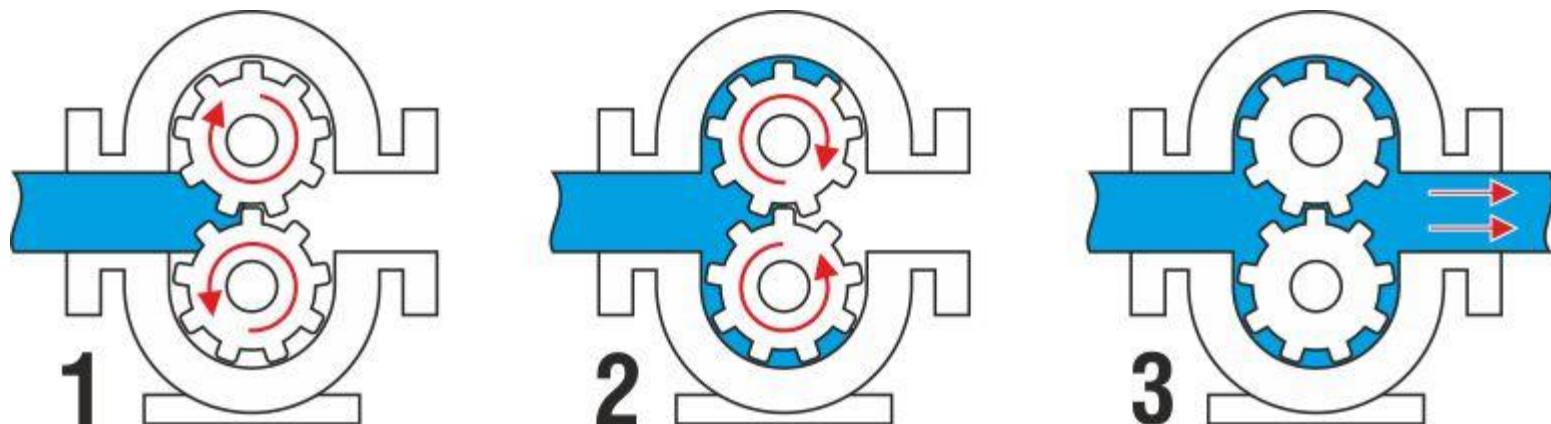
Перед вытеснением жидкости из напорного патрубка проточная часть насоса практически полностью заполнена жидкостью.



# Шестеренные насосы

## Принцип действия

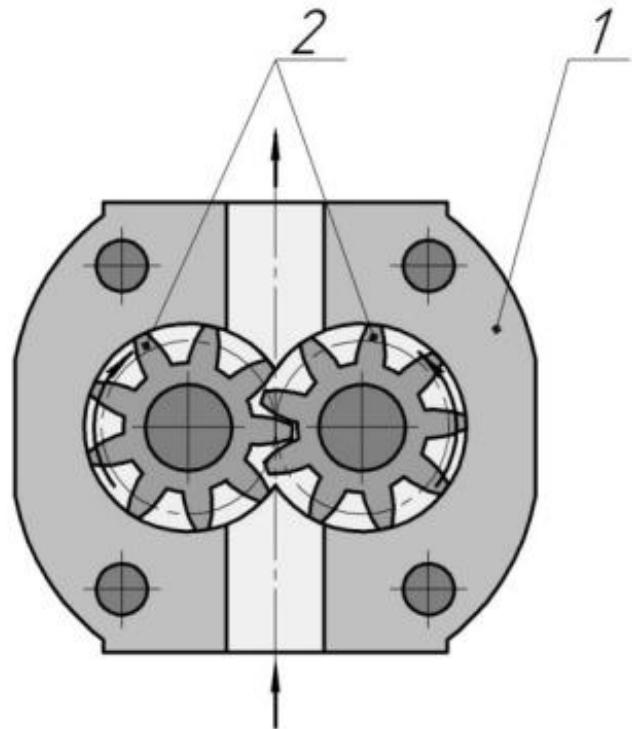
Ротор и ведомое внутреннее колесо образуют полностью запертые уплотнённые карманы, в которых и транспортируется жидкость. Затем шестерни повторно зацепляются и тем самым выдавливают жидкость в нагнетательный патрубок насоса.



# Классификация шестеренчатых насосов



# Двушестеренные насосы



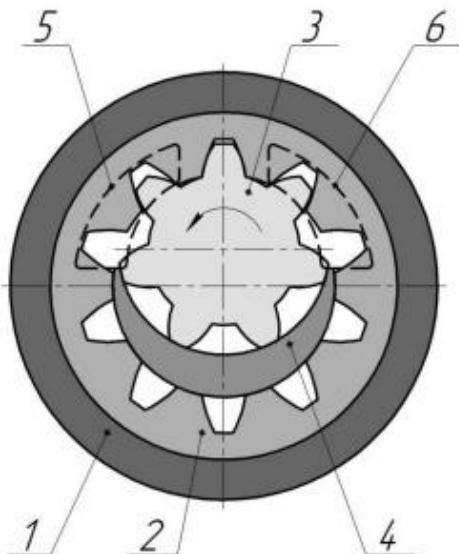
Конструкция двушестеренного насоса  
1 – корпус; 2 – шестерни

## 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, мин<sup>-1</sup>;  
 $\eta_V = 0,7..0,9$  – 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

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

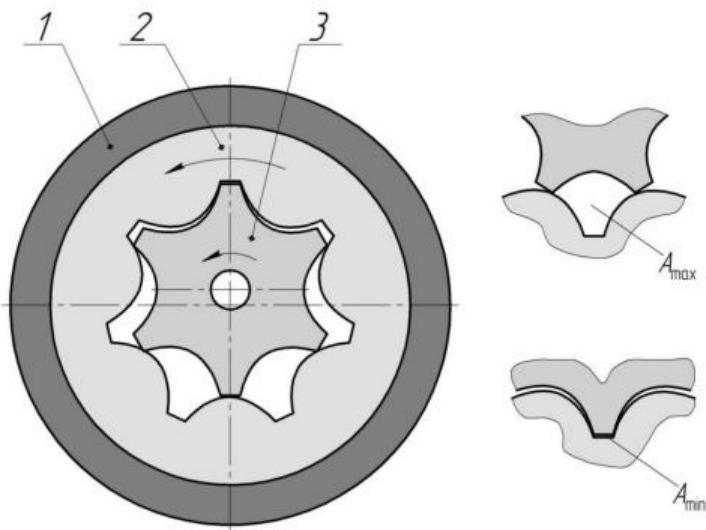
$z$  – число зубьев ведущей шестерни

## 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

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

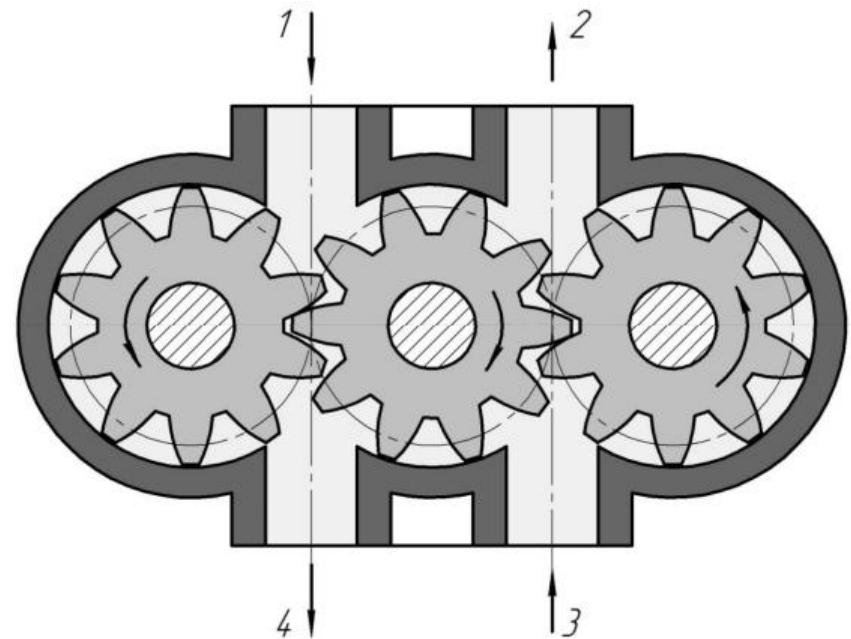
где z – число зубьев ротора;  
A – площадь межзубьевого камеры, м<sup>2</sup>;  
b – ширина зуба, м;  
n – частота вращения, мин<sup>-1</sup>;  
 $\eta_V$  – объемный КПД.

# 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

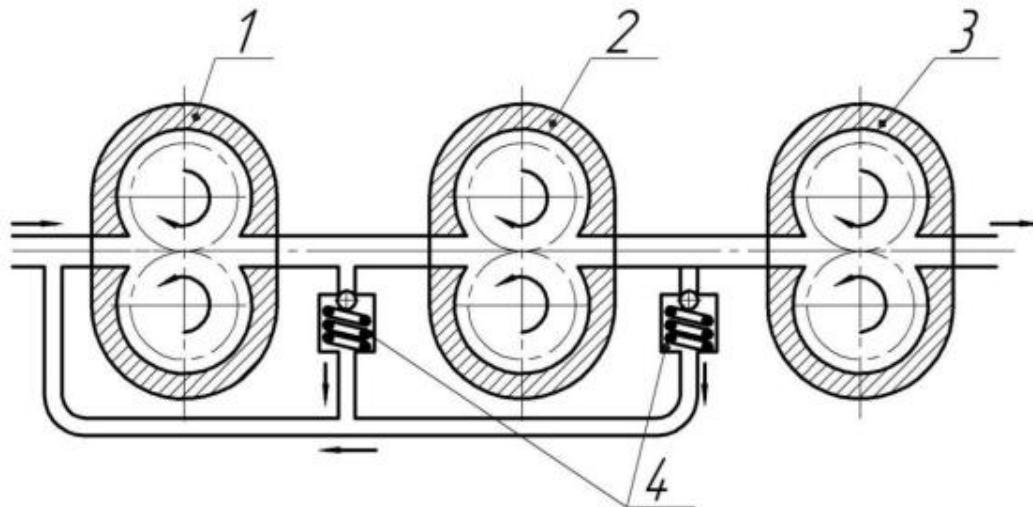


Схема трёхступенчатого шестеренного насоса  
1, 2, 3 – ступени; 4 – переливные клапана

Применяются для  
увеличения  
давления.

Каждая ступень  
имеет переливной  
клапан для отвода  
излишка жидкости.

Клапаны  
настраиваются на  
соответствующее  
давление

# Насосы с раздельными приводными шестернями

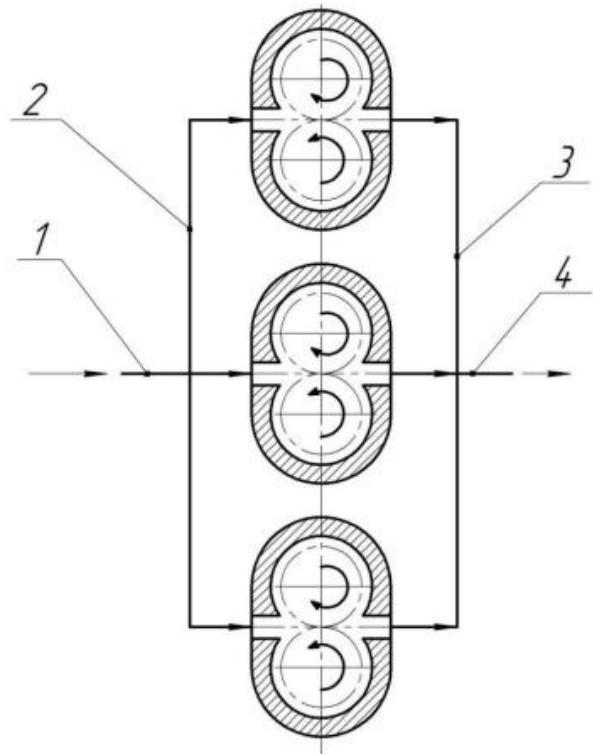
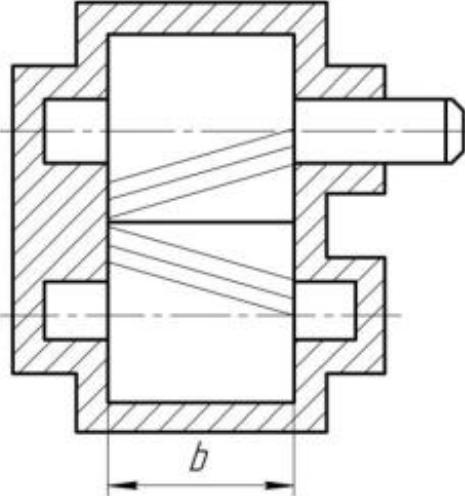
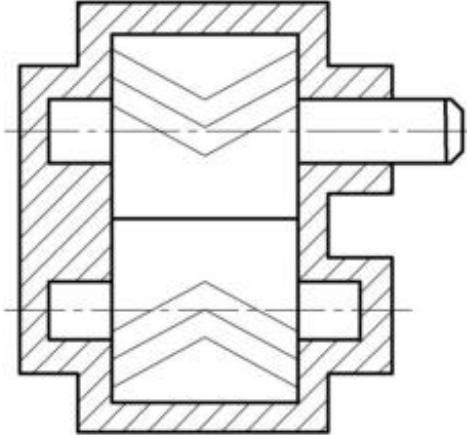


Схема трёхрядного шестеренного насоса  
(служит для увеличения подачи)

# Косозубые и шевронные насосы



а)



б)

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

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

# Косозубые и шевронные насосы

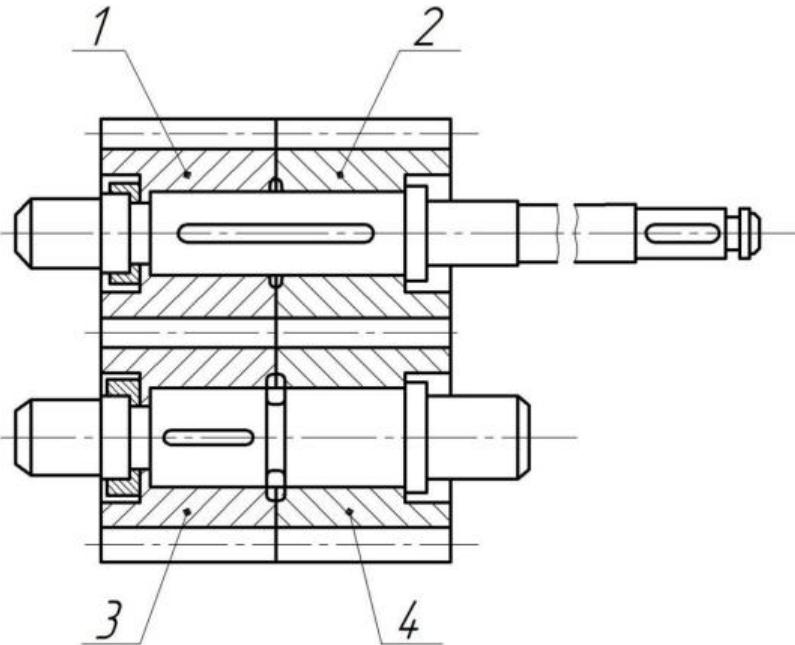


Схема насоса с составными  
шевронными шестернями

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 неニュ顿овские 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:*

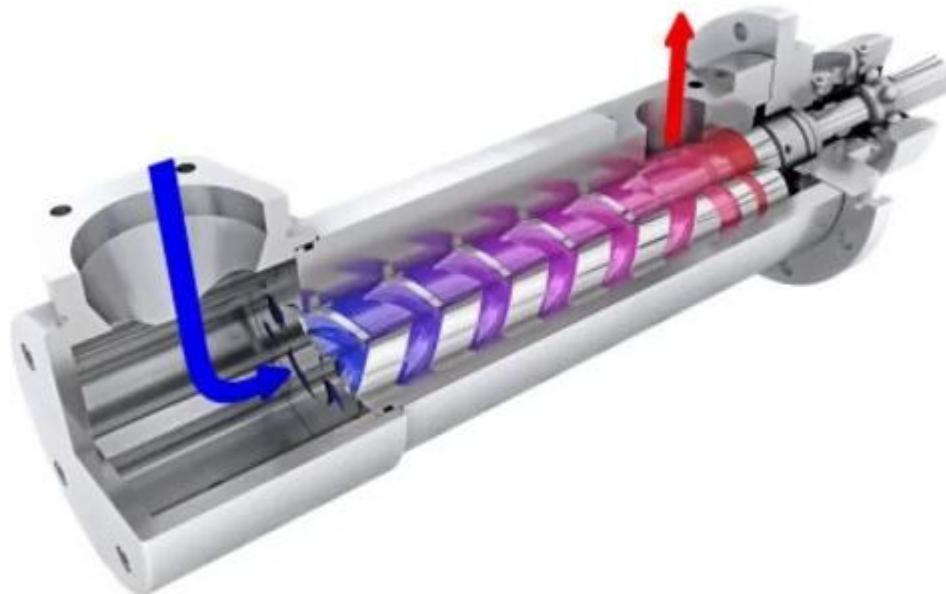
- КПД 80–90 %
- Подача 1,5..500 м<sup>3</sup>/ч
- Давление до 30 МПа
- Скорости вращения до 10000 об/мин

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, трапециoidalный или циклоидальный профиль.

# Винтовые насосы

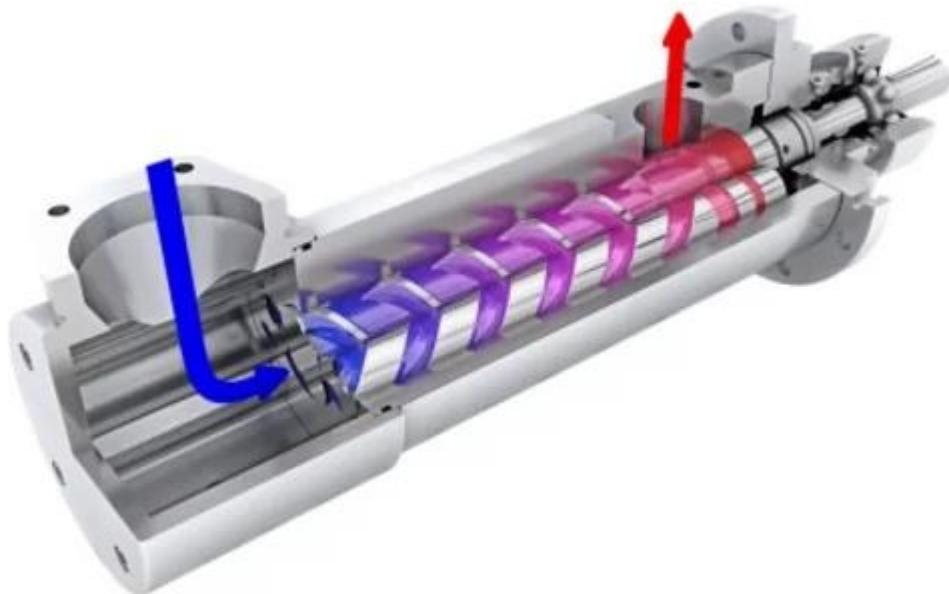
## *Принцип действия*



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

# Винтовые насосы

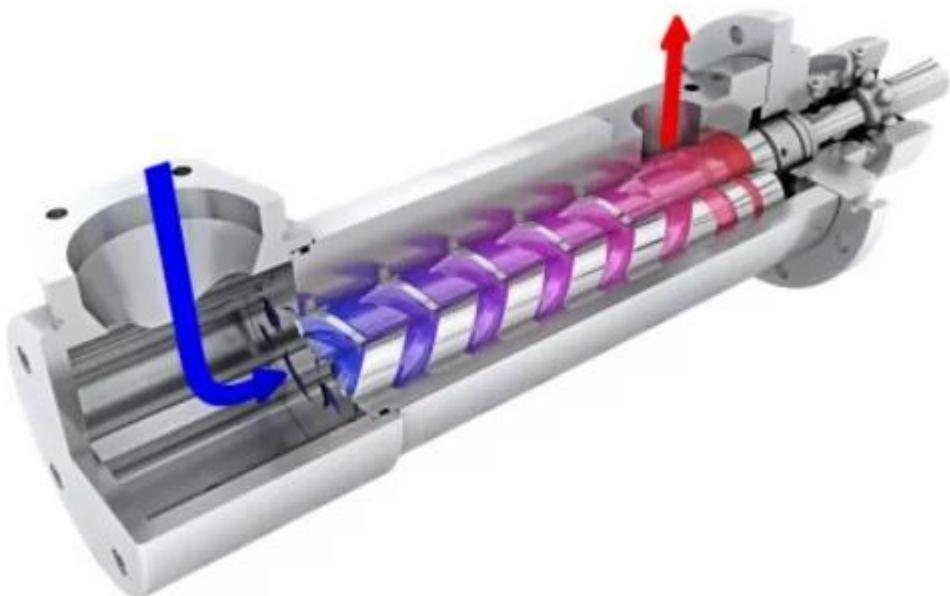
## Принцип действия



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

# Винтовые насосы

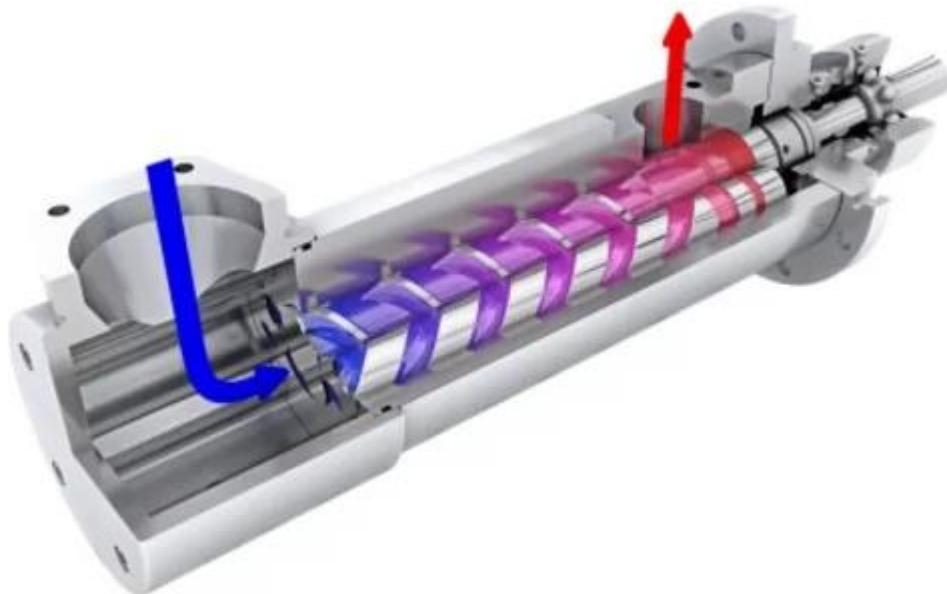
## *Принцип действия*



Создаётся область разряжения, в которую устремляется перекачиваемая среда.

# Винтовые насосы

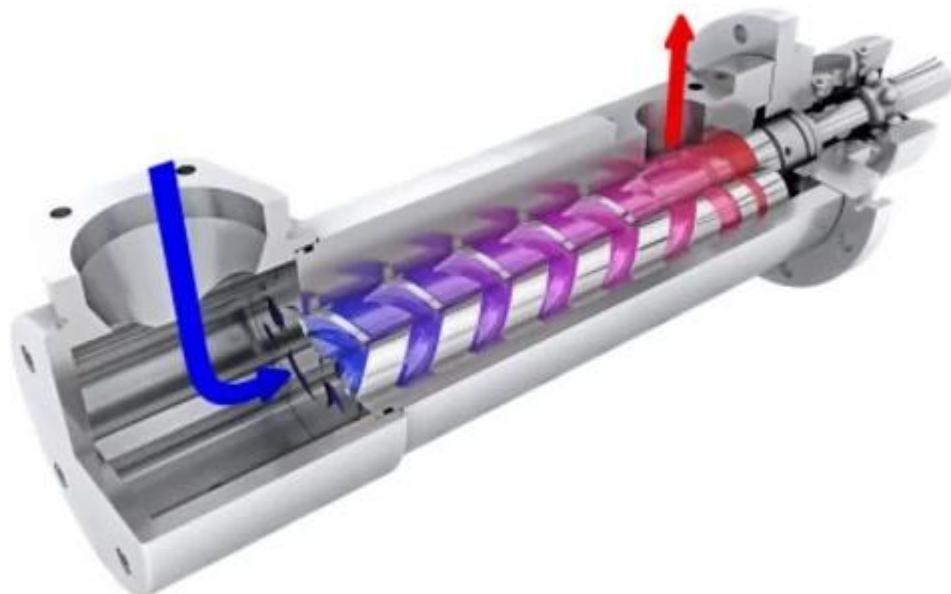
## *Принцип действия*



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

# Винтовые насосы

## Принцип действия



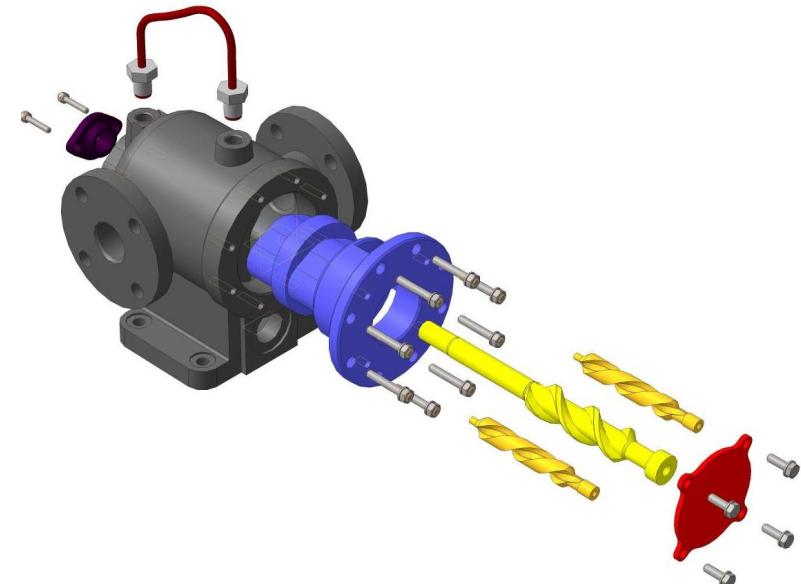
Чем с большей частотой вращается ротор с винтом, тем выше скорость подачи, и тем больше объём перекачиваемой в единицу времени жидкости

# Винтовые насосы

*Самые распространенные –*  
трехвинтовые с циклоидальным  
профилем.

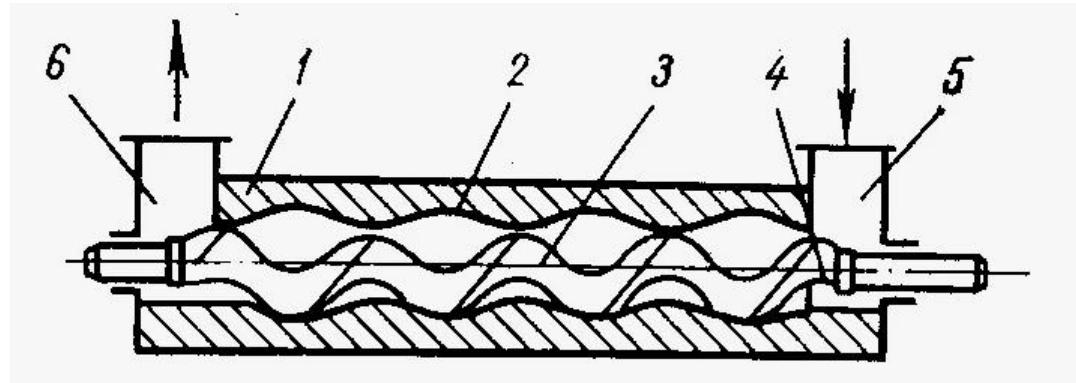
Напор насоса зависит от длины  
винтов: на 1 шаг  $t$  – 2..3 МПа.

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



# Винтовые насосы

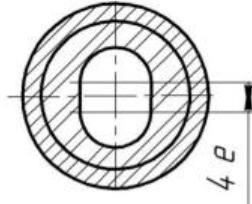
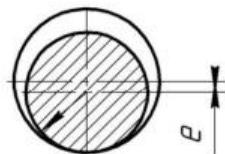
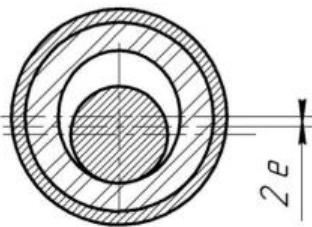
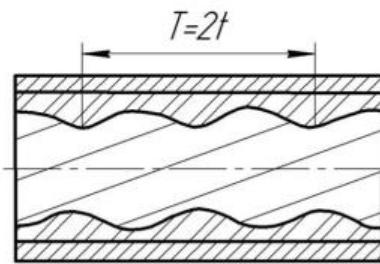
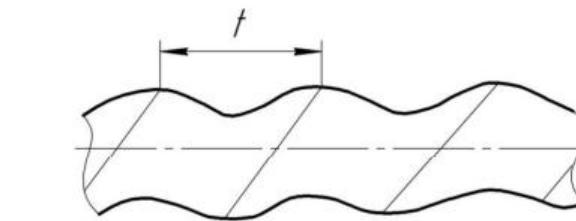
Планетарное движение рабочих органов может быть осуществлено посредством установки между ними и приводным валом (корпусом), карданного вала с шарнирами, муфты, поворотного шарнира.



Устройство одновинтового насоса

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

# Винтовые насосы

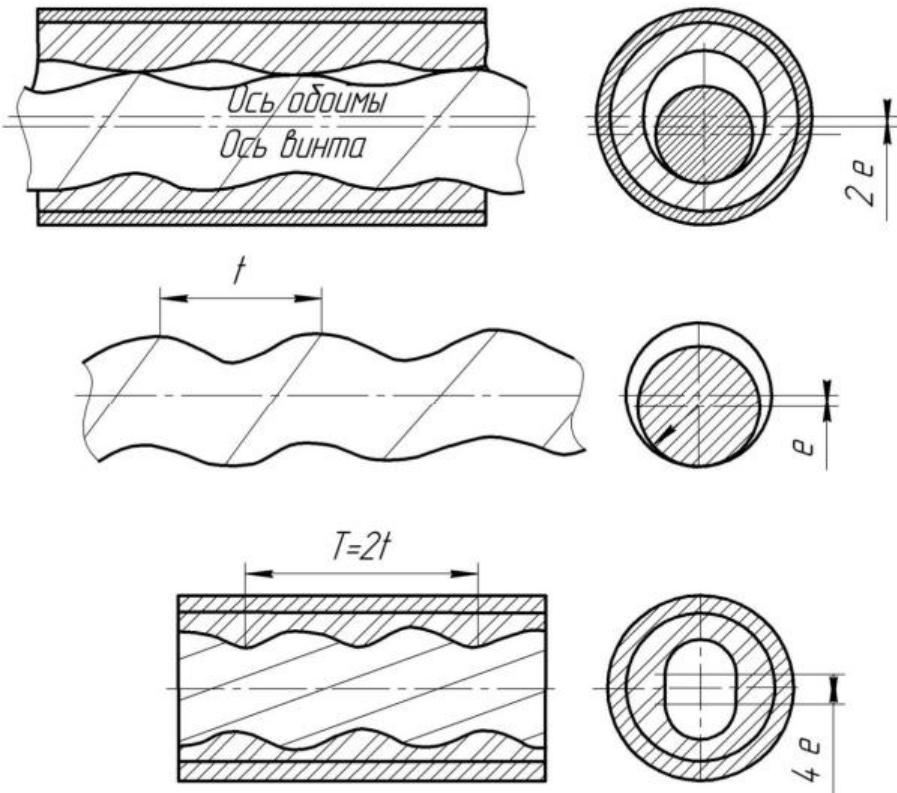


Винт однозаходный, круглого сечения, приводится во вращение от приводного вала при помощи карданного соединения.

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

Винт и обойма одновинтового насоса

# Винтовые насосы



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

Винт и обойма одновинтового насоса

# Винтовые насосы

155

## Подача насоса

Рабочий объем насоса:

$$q = 8eDt,$$

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

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

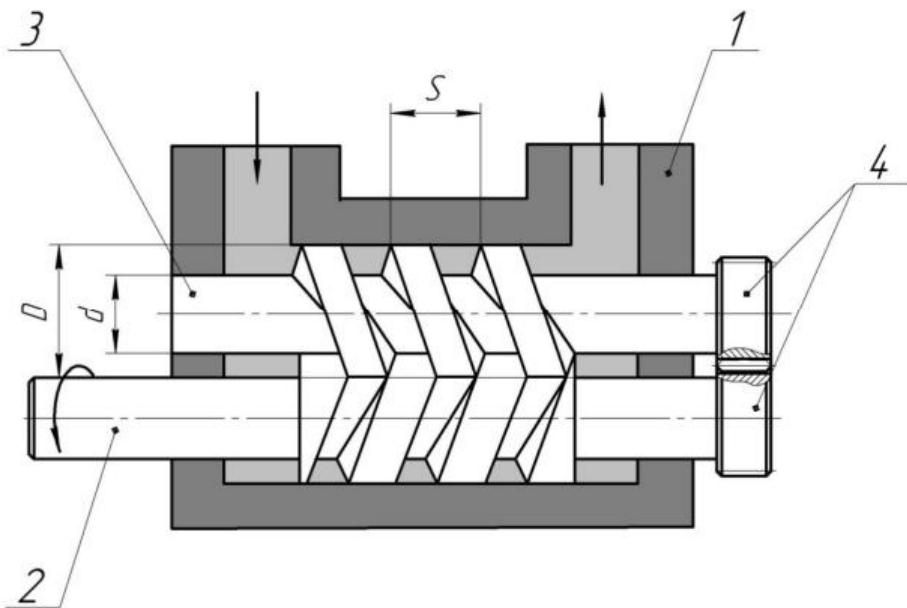
Действительная подача насоса:

$$Q = 8eDt \frac{n}{60} \eta_0,$$

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

# Винтовые насосы

## Двухвинтовые насосы



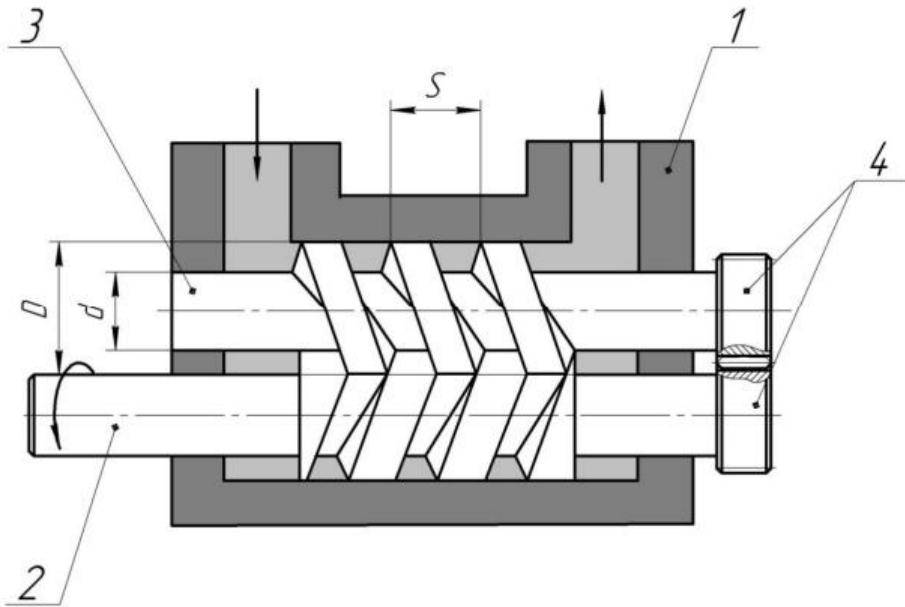
Двухвинтовой насос: 1 – корпус; 2 – ведущий винт; 3 – ведомый винт; 4 – приводные шестерни

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

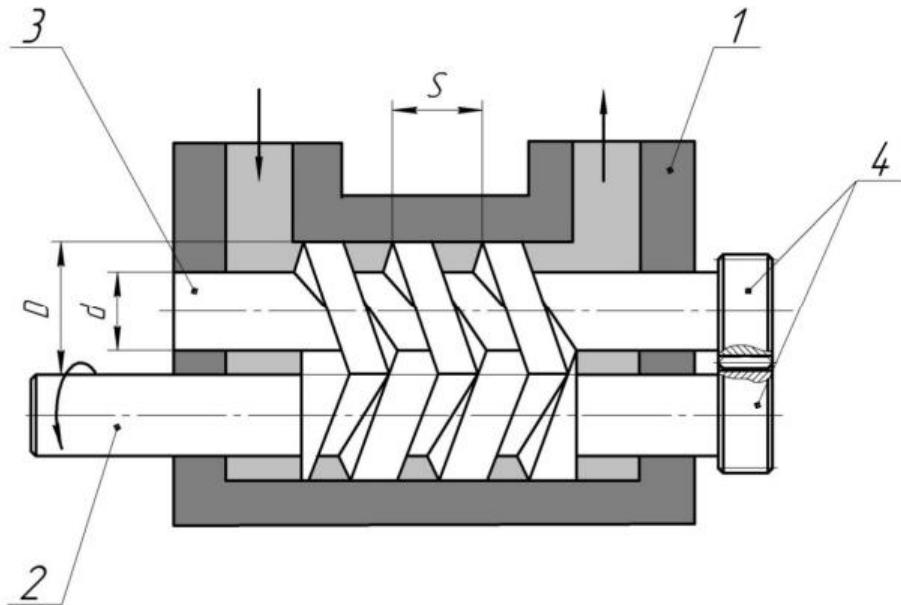
157

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

Для обеспечения синхронизации вращении 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

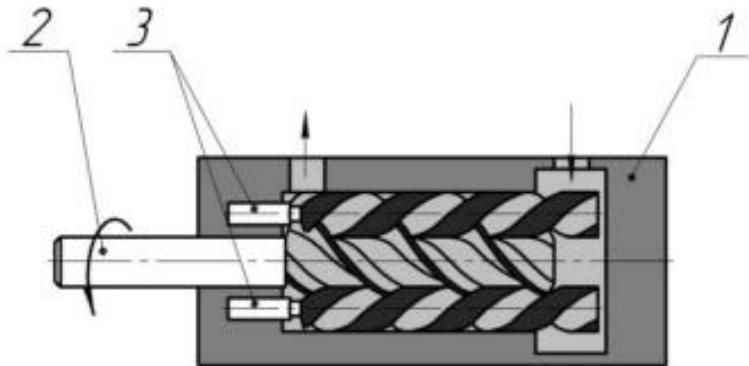
## Подача двухвинтового насоса

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

где D – внешний диаметр винта, м;  
d – внутренний диаметр винта, м;  
t – шаг винта, м;  
n – частота вращения, мин<sup>-1</sup>.

# Винтовые насосы

## Трехвинтовые насосы



Устройство трехвинтового насоса:

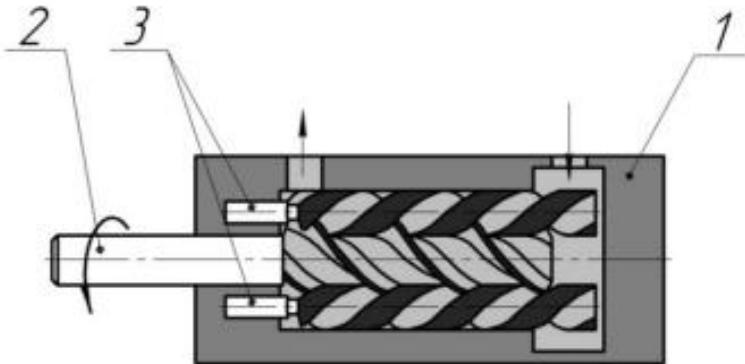
- 1 – корпус; 2 – приводной вал;
- 3 – ведомые винты

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

Они имеют циклоидальный профиль зацепления.

# Винтовые насосы

## Трехвинтовые насосы



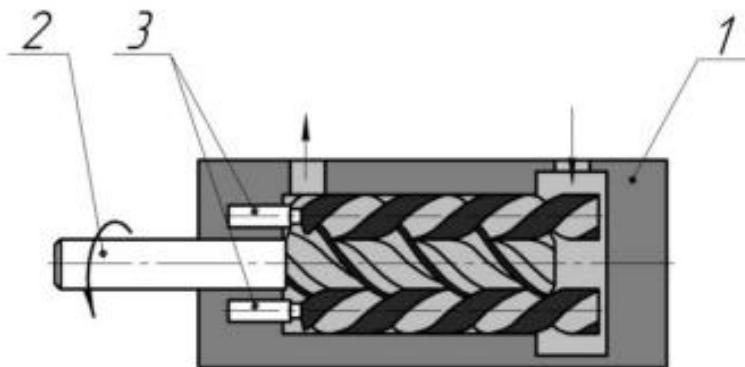
Устройство трехвинтового насоса:

- 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:

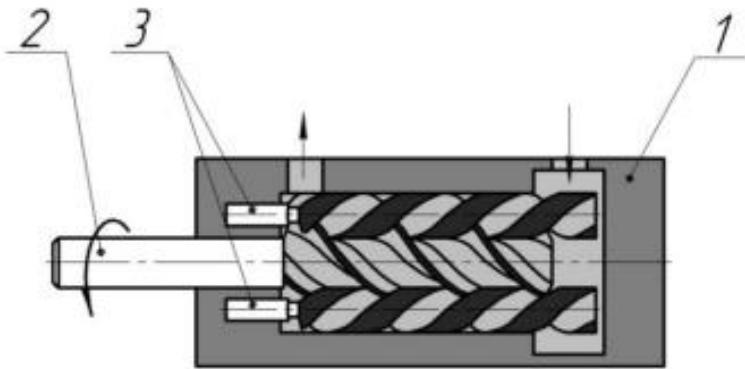
1 – корпус; 2 – приводной вал;

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

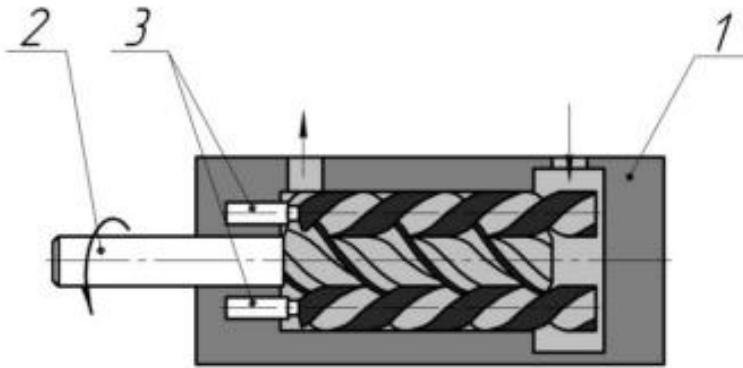
Рабочий объем насоса:

$$q = a d_H^3 ,$$

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, мин<sup>-1</sup>;  
 $\eta_0 = 0,75 - 0,95$  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.

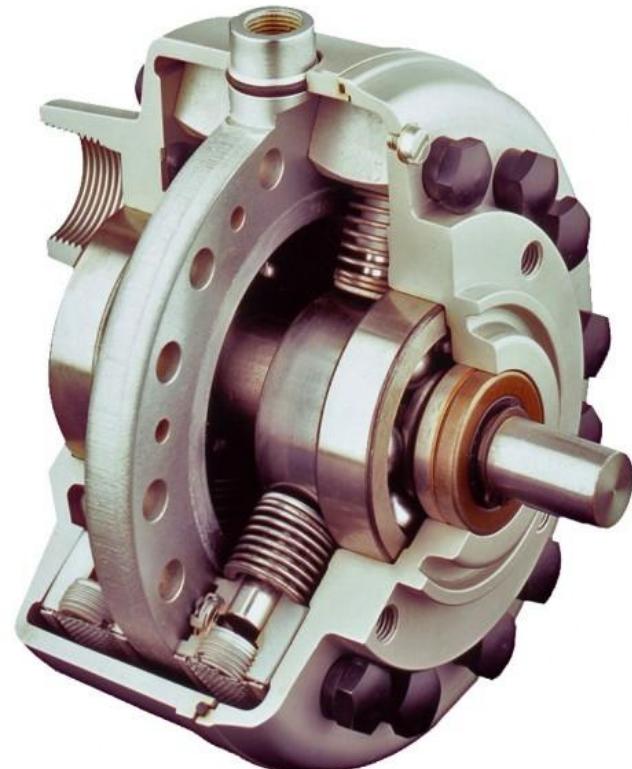
# Радиально-поршневые насосы



# 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 врачаются во время работы.

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

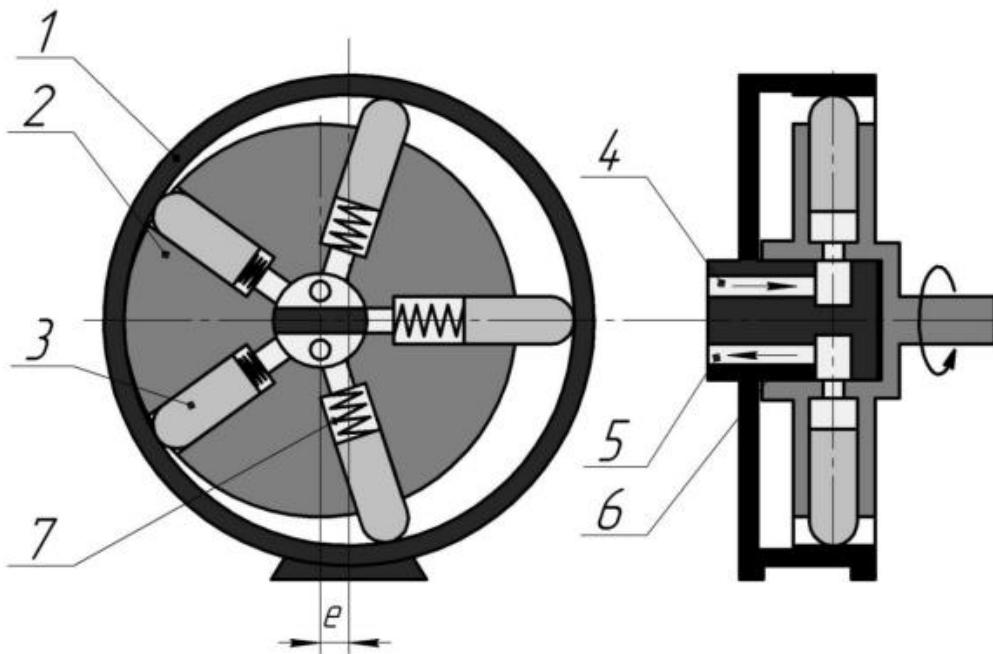


# Радиально-поршневые насосы

## *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

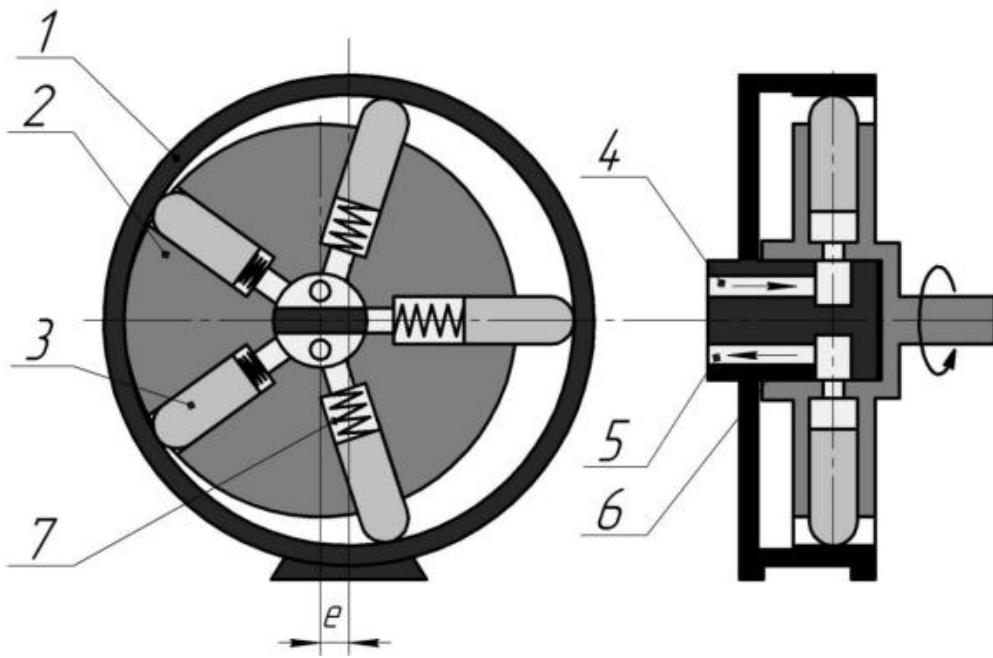


Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – порши; 4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал; 6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

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

В роторе просверлены радиальные цилиндрические отверстия (цилиндры).

# Радиально-поршневые насосы

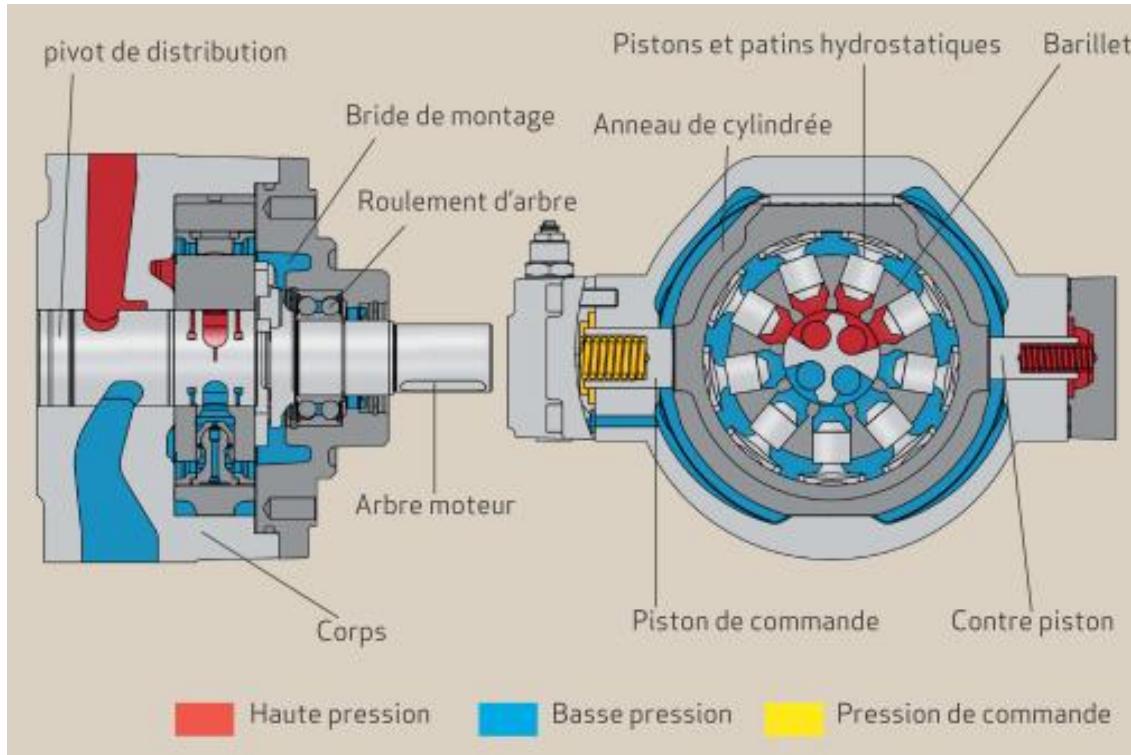


Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – поршни;  
4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал;  
6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

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

# Радиально-поршневые насосы

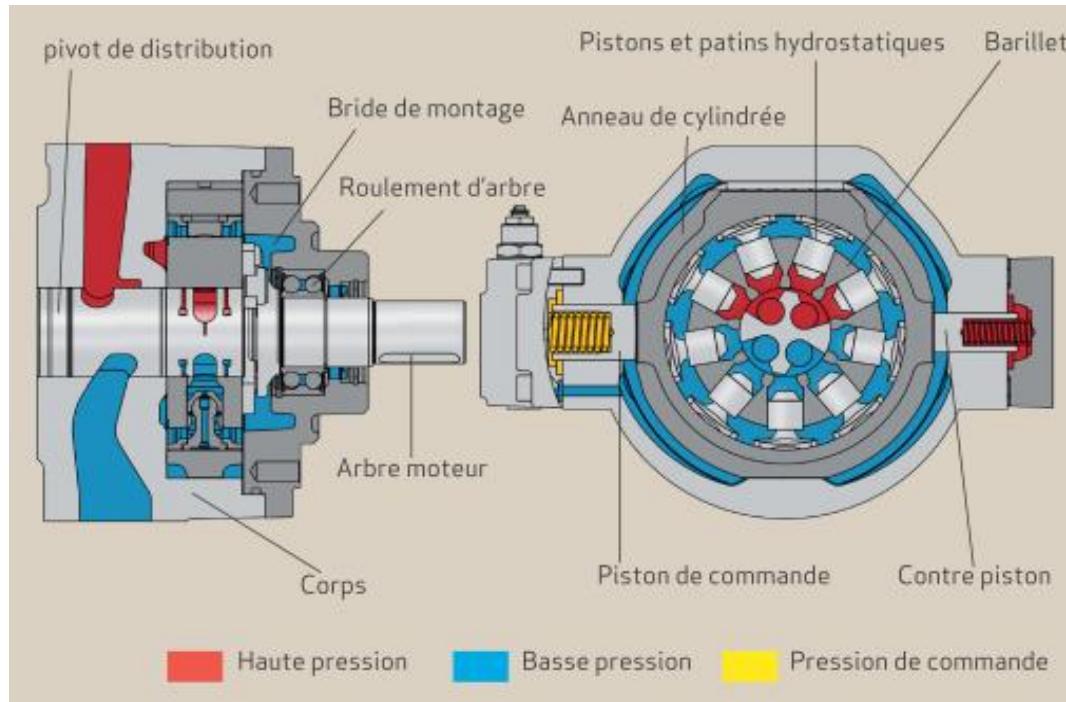
## Принцип действия



Принцип работы радиально-поршневого насоса основан на законе Паскаля.

# Радиально-поршневые насосы

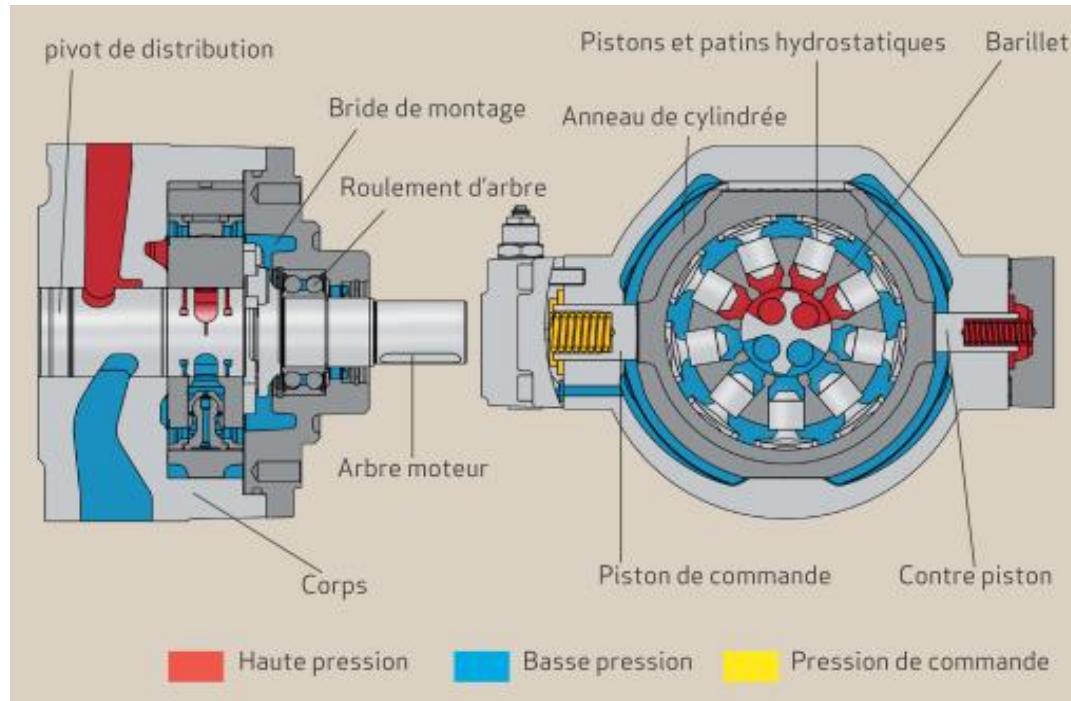
## Принцип действия



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

# Радиально-поршневые насосы

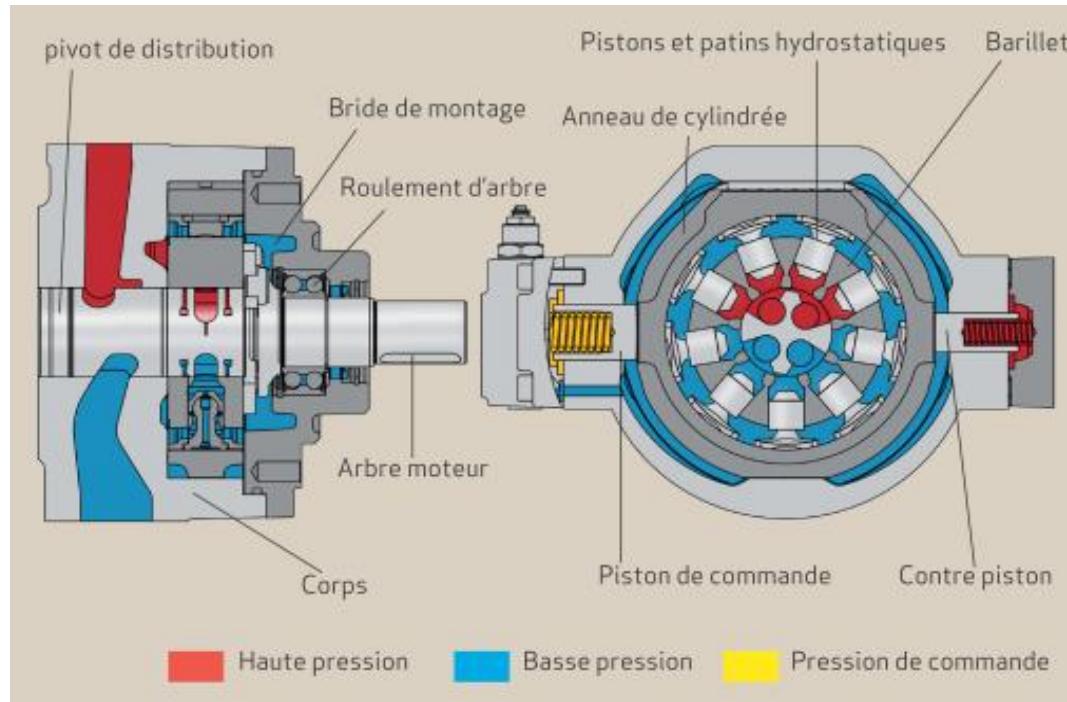
## Принцип действия



Рабочая камера расположена между всасывающим и нагнетающим клапанами

# Радиально-поршневые насосы

## Принцип действия

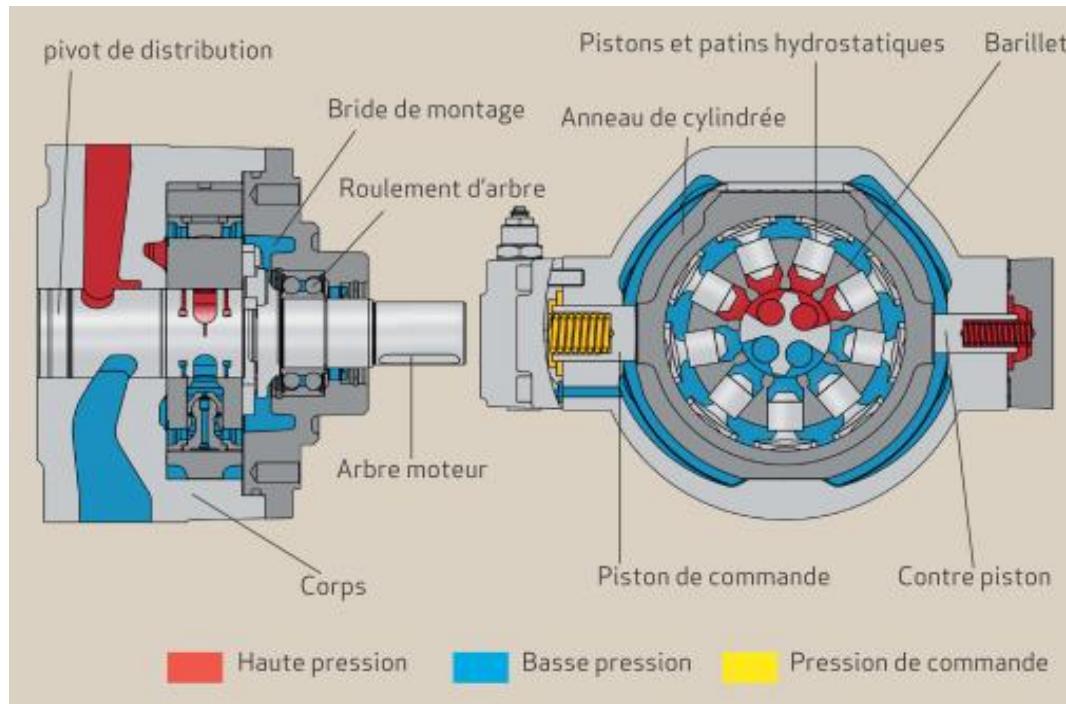


Поршни, двигаясь по кругу, переключаются между двумя фазами:

- фаза всасывания
- фаза нагнетания

# Радиально-поршневые насосы

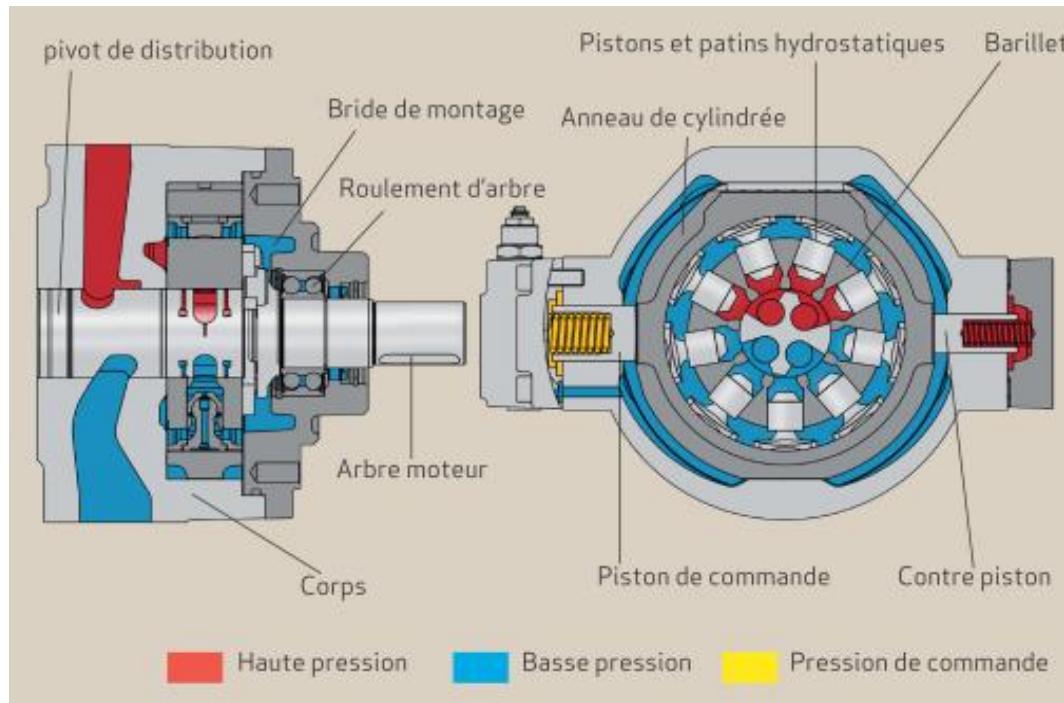
## Принцип действия



**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

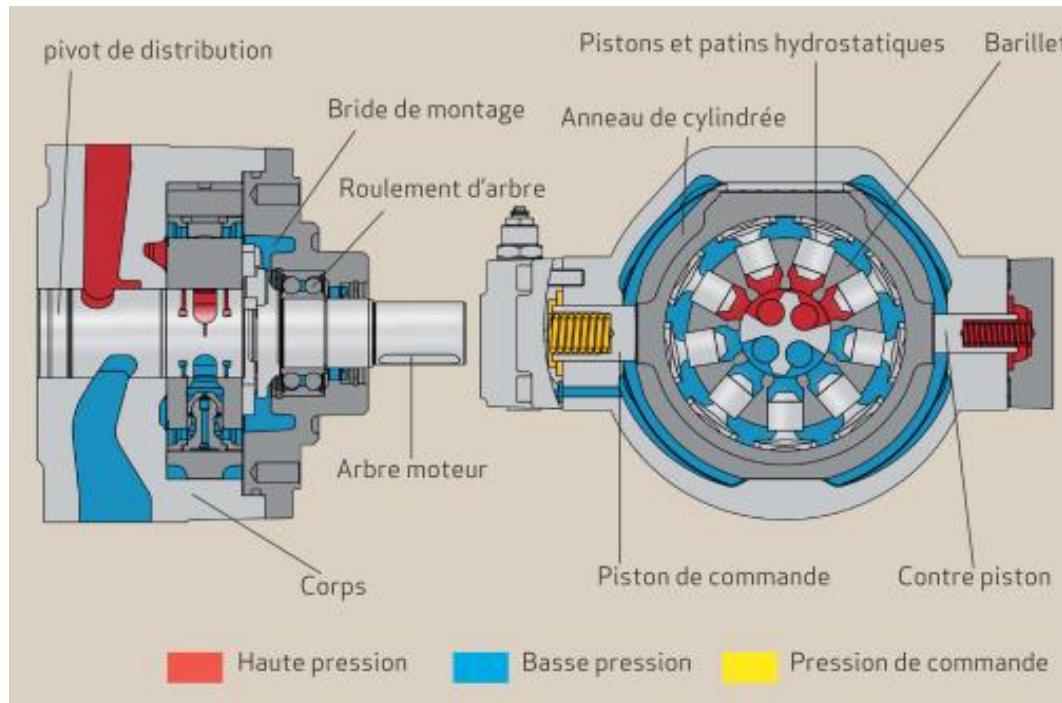
## Принцип действия



**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

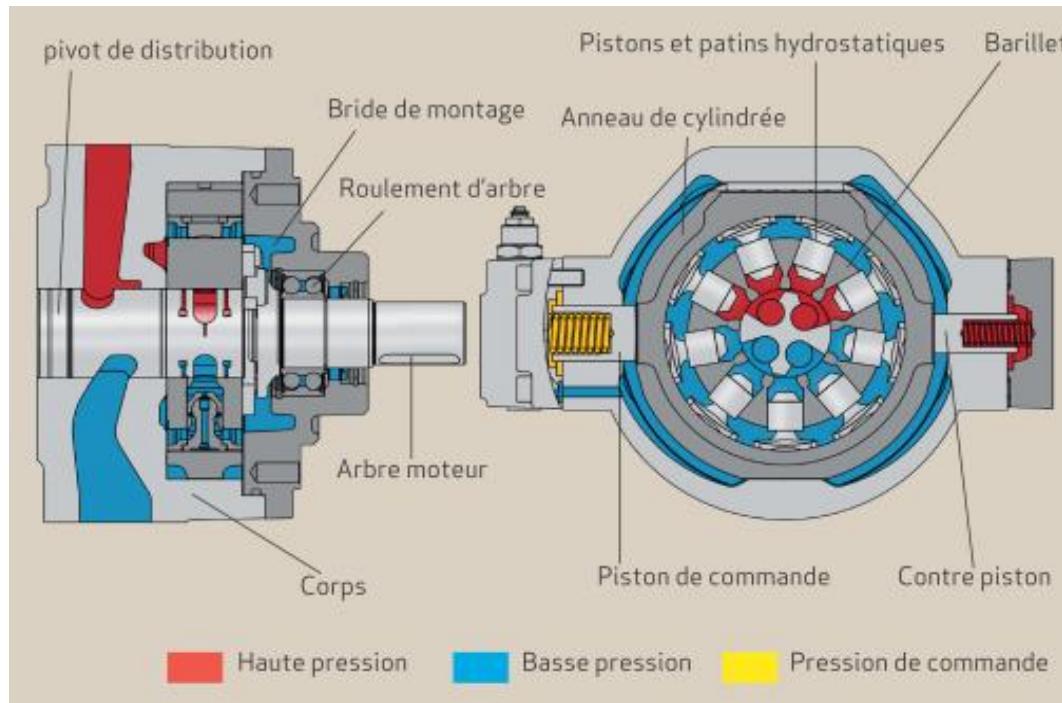
## Принцип действия



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

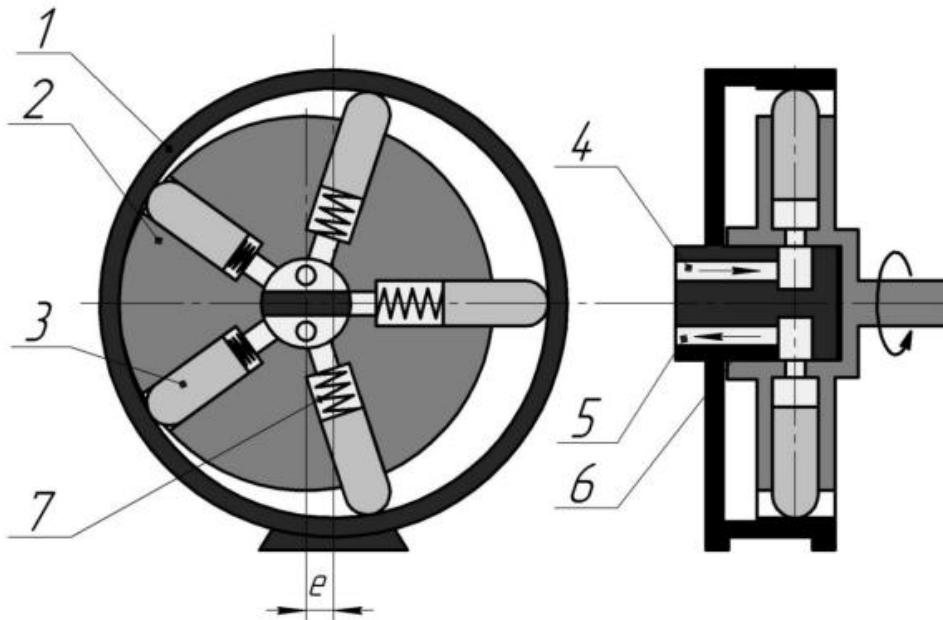
# Радиально-поршневые насосы

## Принцип действия



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

# Радиально-поршневые насосы

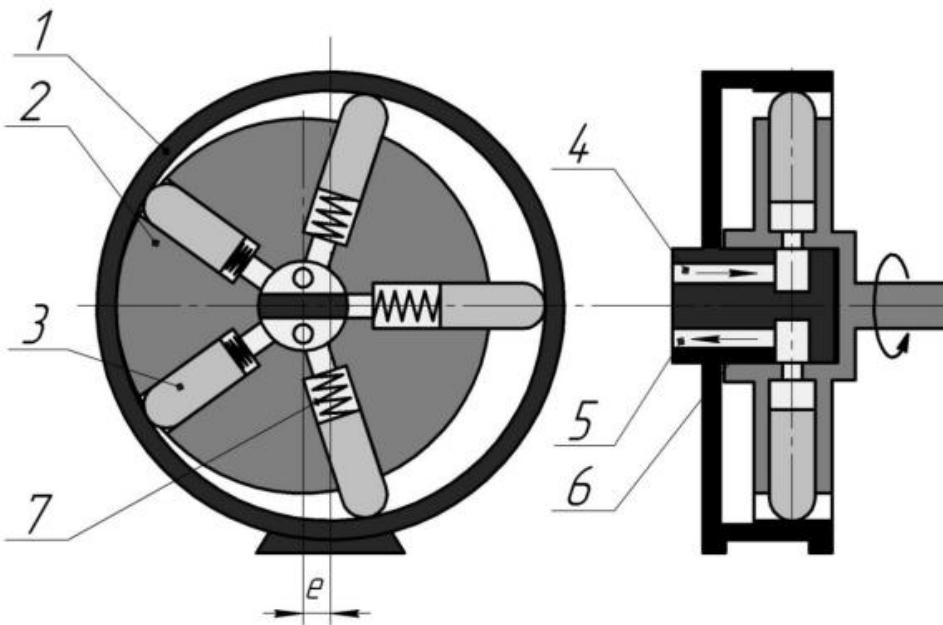


Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – поршни; 4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал; 6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

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 цилиндровый блок, воспринимая реакции сил давления жидкости, действующие на поршни.

# Радиально-поршневые насосы

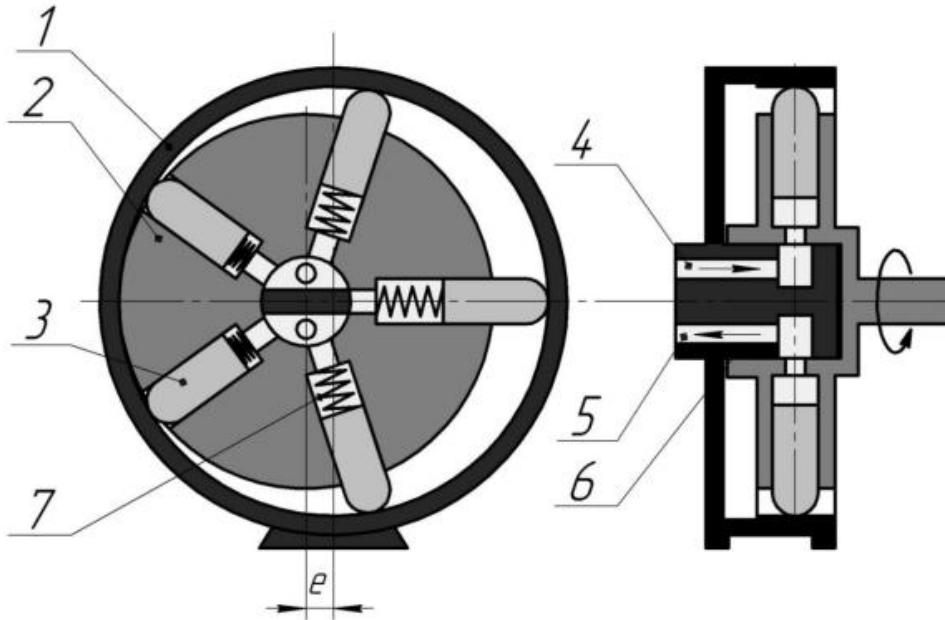


Радиально поршневой насос с эксцентричным ротором: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – поршины; 4 – всасывающий канал; 5 – нагнетательный канал; 6 – распределительная цапфа; 7 – пружины

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 с, которые соединяют с полостями высокого и низкого давления.

# Радиально-поршневые насосы



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

**Средняя подача радиально-поршневого насоса Q**

$$Q = \eta_0 q n = \eta_0 \frac{\pi d^2}{4} h z n = \eta_0 \frac{\pi d^2}{2} e z n,$$

где  $q$  – рабочий объём насоса;  
 $z$  – число поршней;  
 $d$  – диаметр поршня;  
 $e$  – эксцентриситет;  
 $h = 2e$  – ход поршня;  
 $\eta_0$  – объемный КПД

# Радиально-поршневые насосы

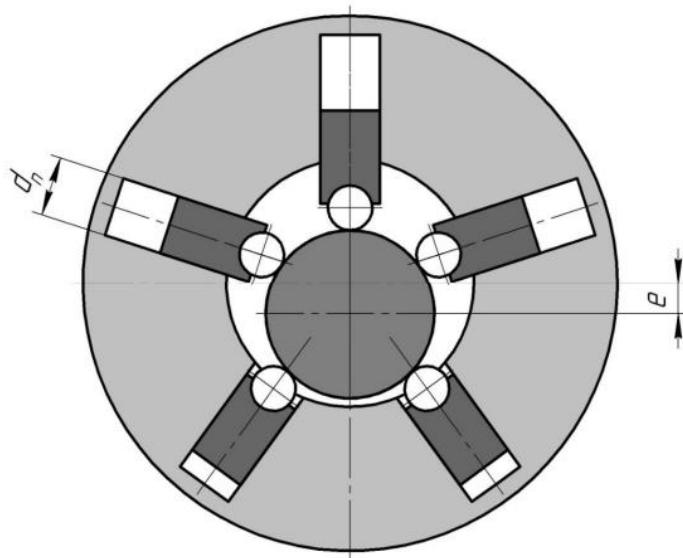
*Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом  
и клапанным распределением*



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.

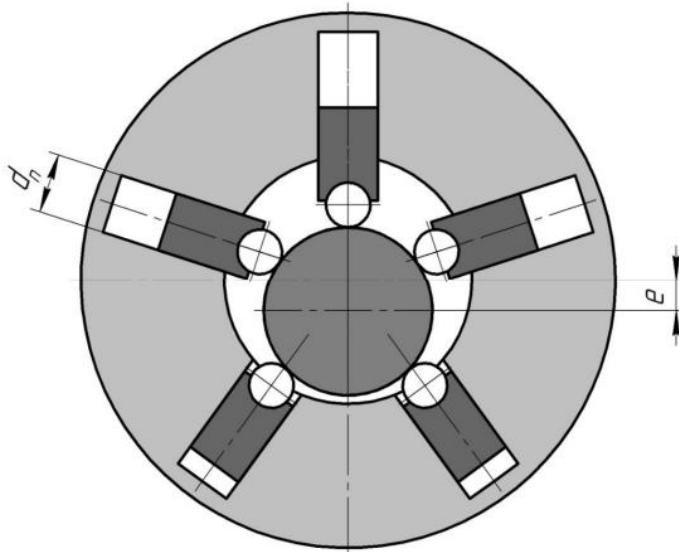
## **Недостатки:**

- Нерегулируемые.

Вращающийся эксцентриковый вал заставляет поршни совершать возвратно-поступательное движение.

# Радиально-поршневые насосы

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



Радиально-поршневой насос с  
эксцентричным валом

## *Подача насоса*

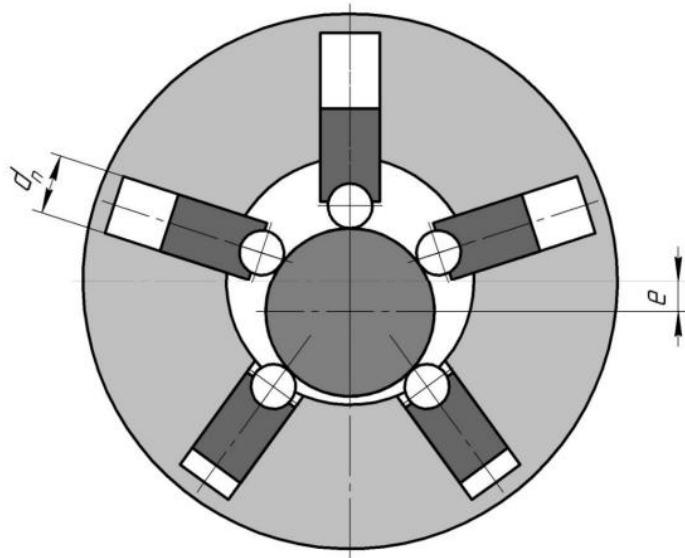
*Вытесняемый объем:*

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

где z – число поршней;  
d<sub>п</sub> – диаметр поршня;  
e – эксцентризитет.

# Радиально-поршневые насосы

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



Радиально-поршневой насос с  
эксцентричным валом

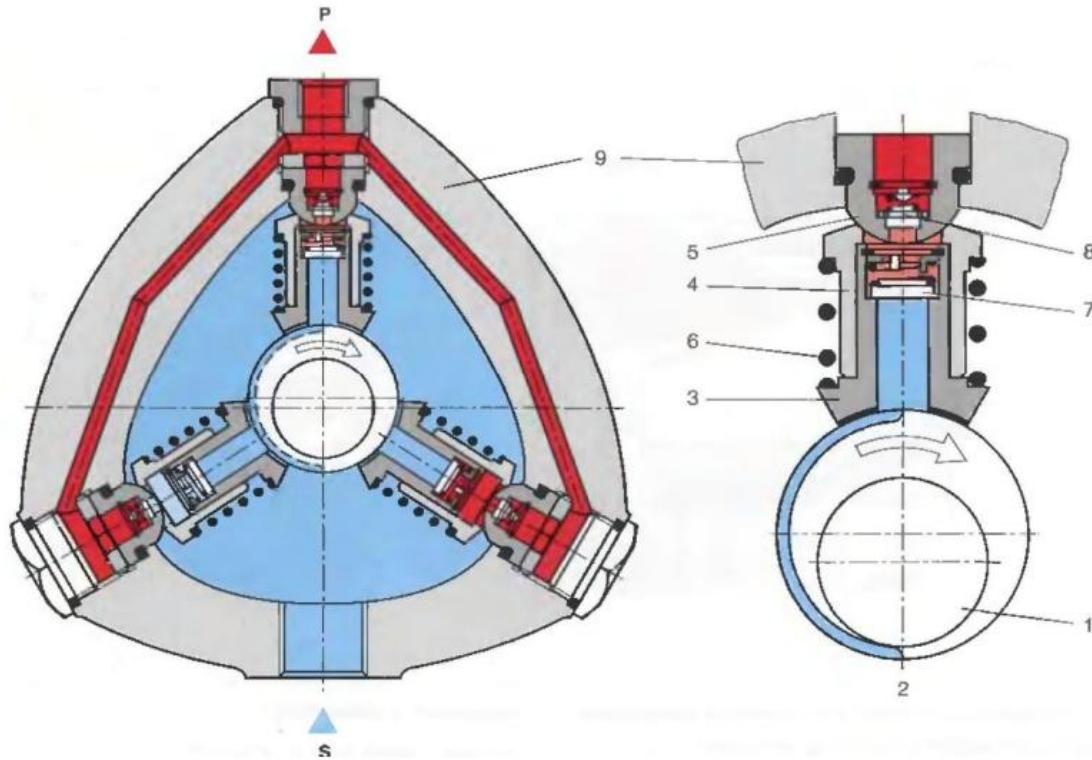
**Подача насоса**

$$Q = \frac{d_p^2 \pi}{4} 2e z n \eta_0.$$

где  $z$  – число поршней;  
 $d_p$  – диаметр поршня;  
 $e$  – эксцентризитет;  
 $\eta_0$  – 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



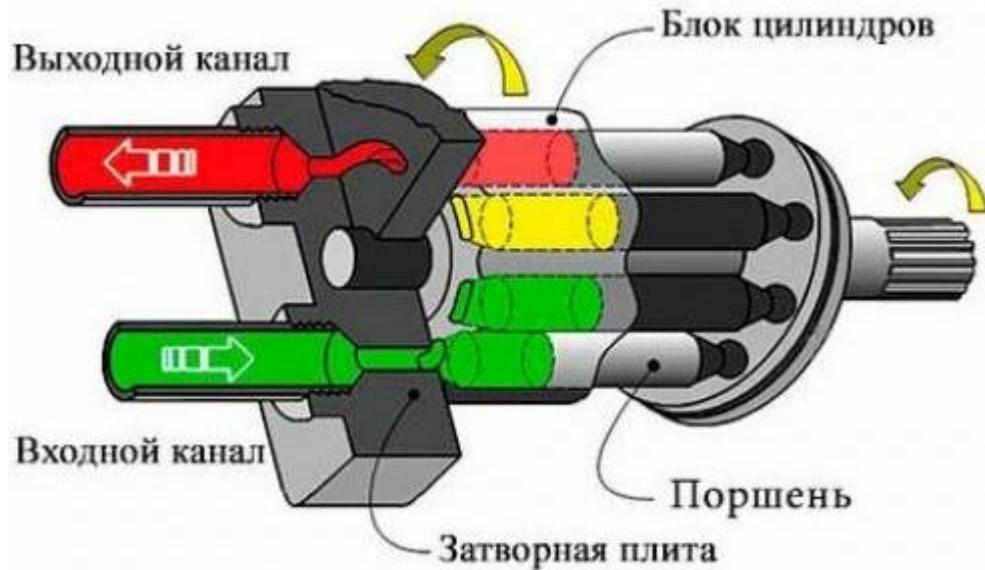
# Аксиально-поршневые насосы

## *Достоинства:*

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

# Аксиально-поршневые насосы

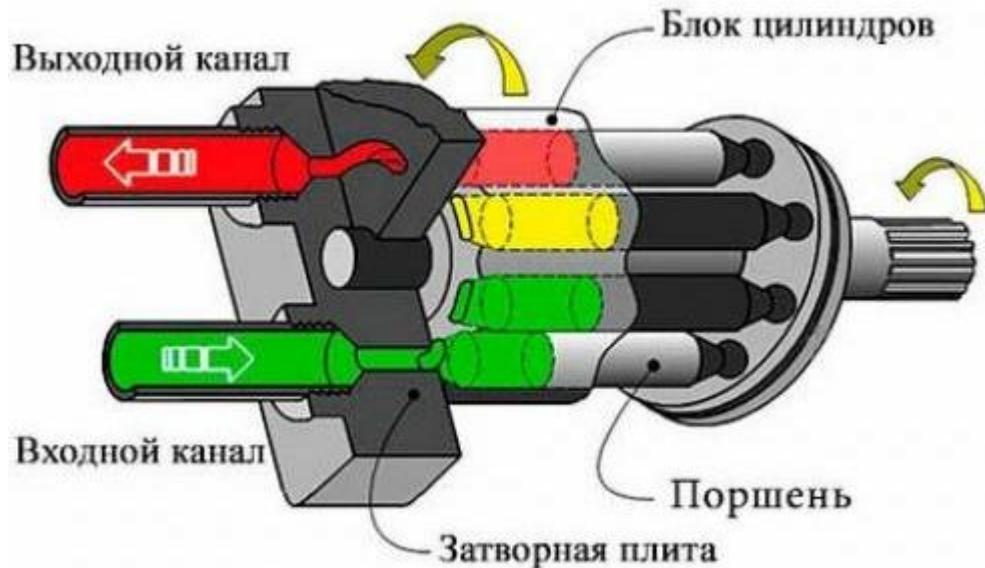
## Принцип действия



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

# Аксиально-поршневые насосы

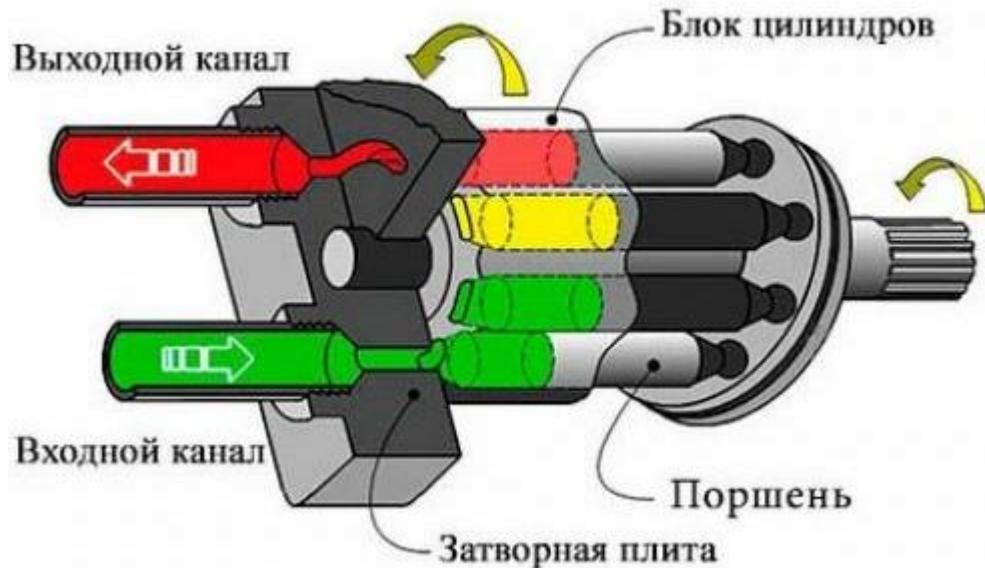
## Принцип действия



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

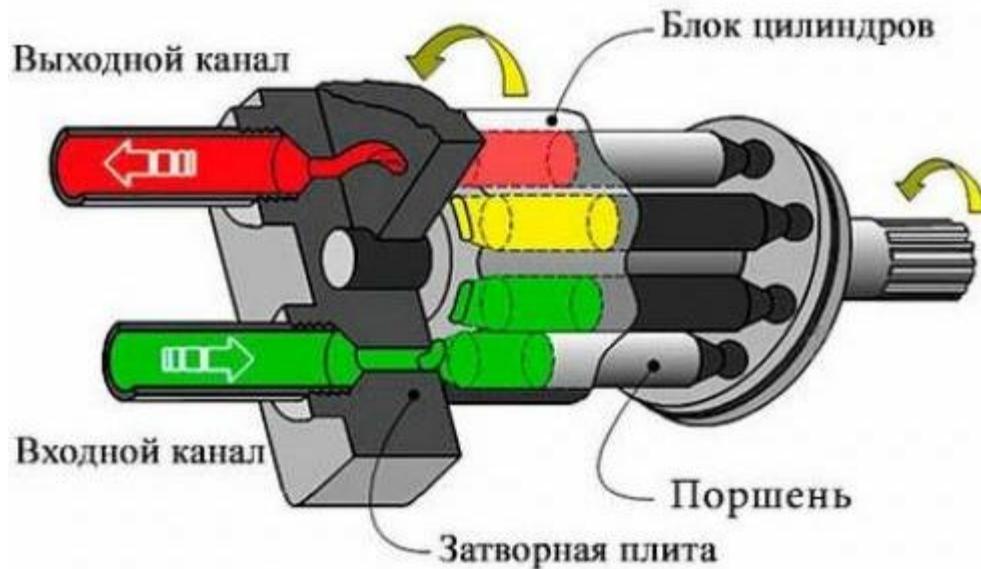
## Принцип действия



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

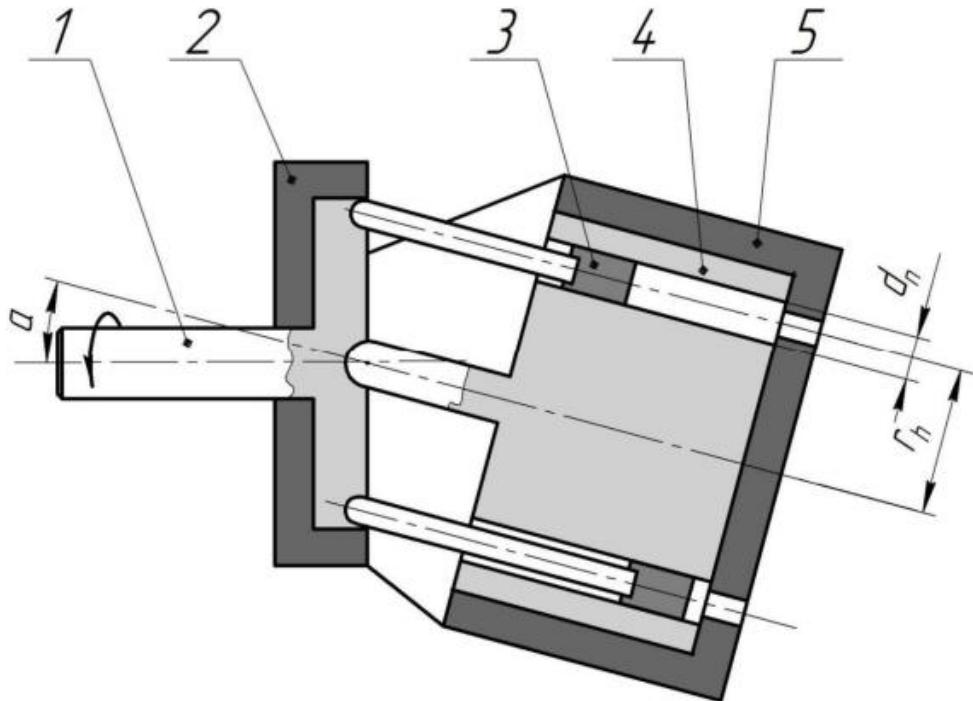
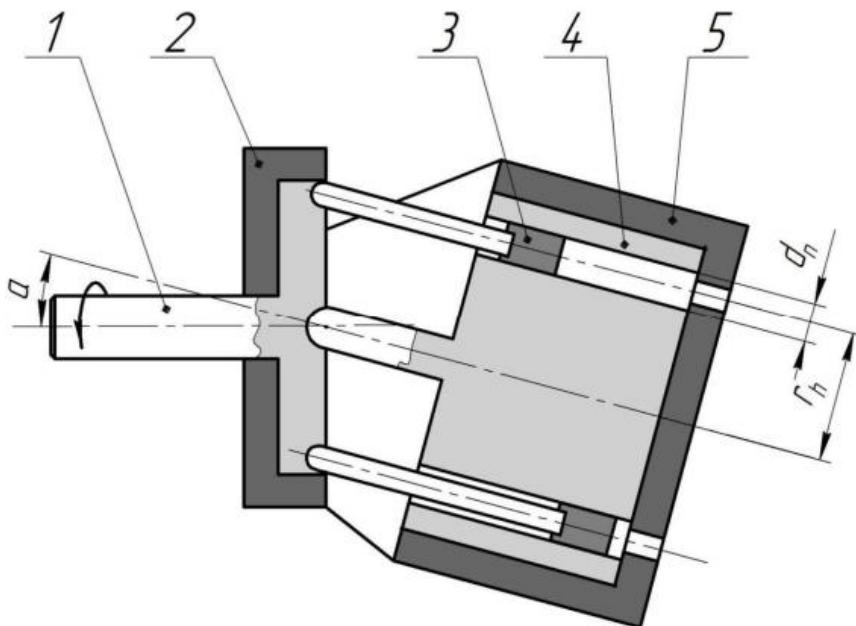


Схема аксиально-поршневого насоса с наклонным блоком:  
1 – приводной вал;  
2 – корпус;  
3 – поршни;  
4 – блок цилиндров;  
5 – корпус блока цилиндров

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

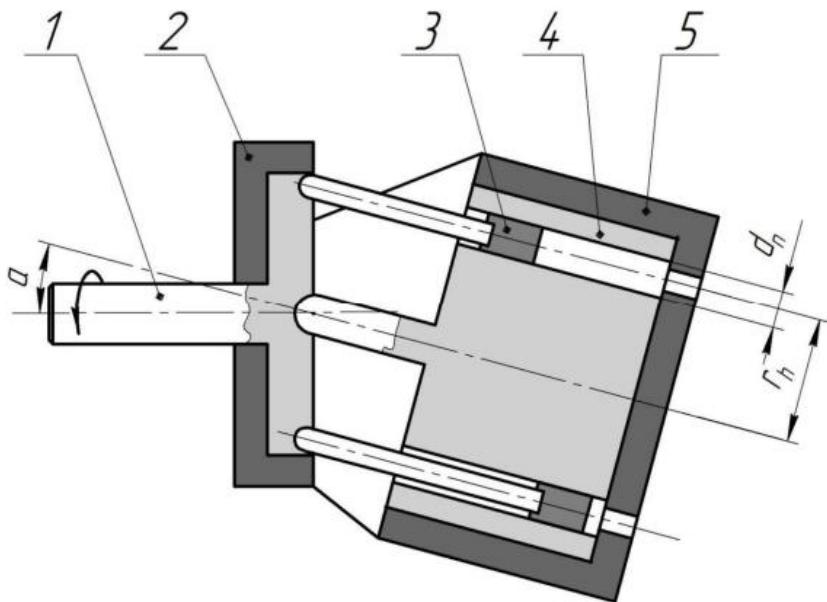
Вытесняемый объем:

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

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

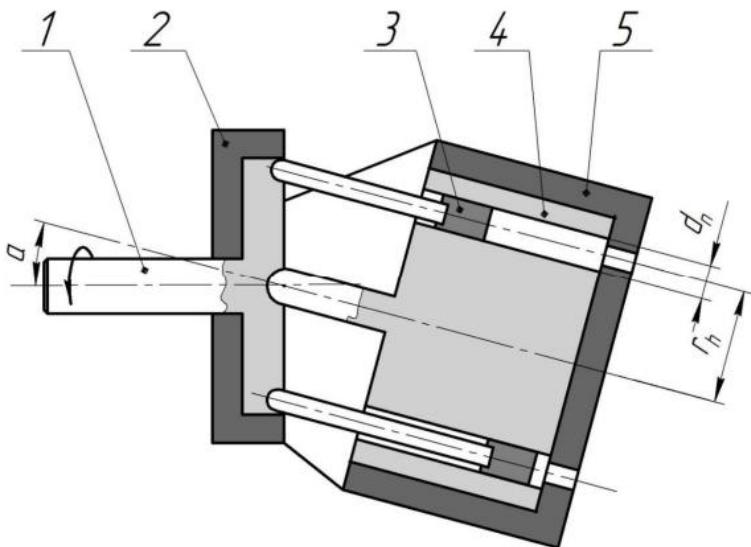
### Подача насоса

$$Q = \frac{d_n^2 \pi}{4} 2 r_h z \frac{n}{60} \operatorname{tg} \alpha \eta_0,$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин;  
 $\eta_0$  – объемный КПД.

# Аксиально-поршневые насосы

## Аксиально-поршневой насос с наклонным блоком



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

### Достоинства:

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

# Аксиально-поршневые насосы

## Аксиально-поршневой насос с наклонным диском

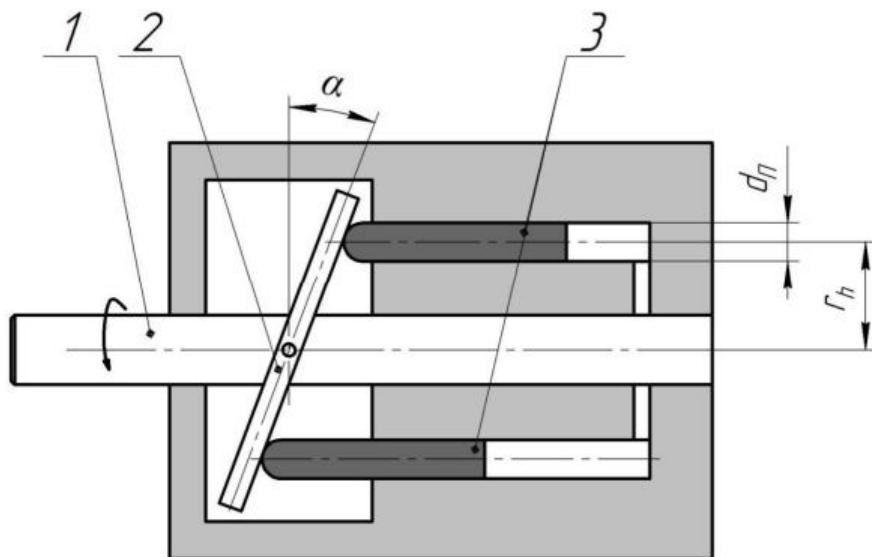


Схема аксиально-поршневого насоса с наклонным диском:

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

### Подача насоса

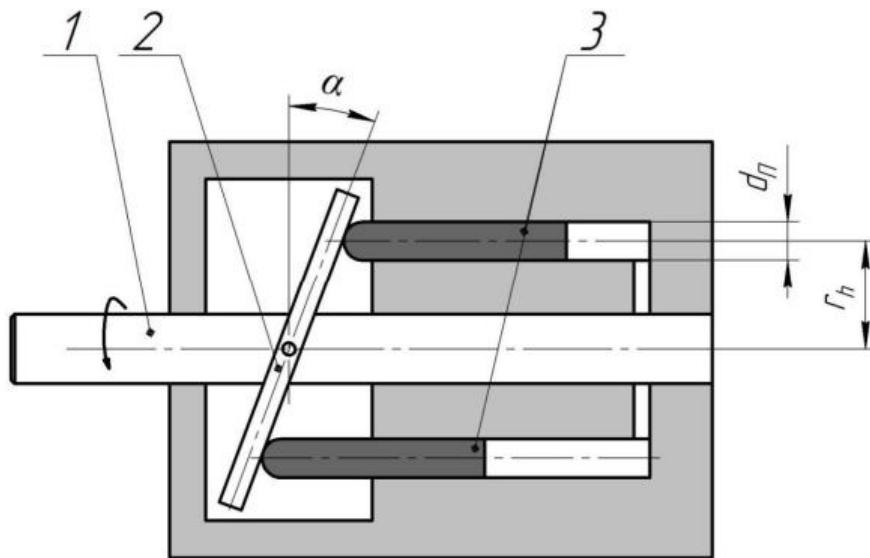
Вытесняемый объем:

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

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

$$Q = \frac{d_n^2 \pi}{4} 2 r_h z \frac{n}{60} \operatorname{tg} \alpha \eta_0,$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин;  
 $\eta_0$  – объемный КПД.

Схема аксиально-поршневого насоса с наклонным диском:

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

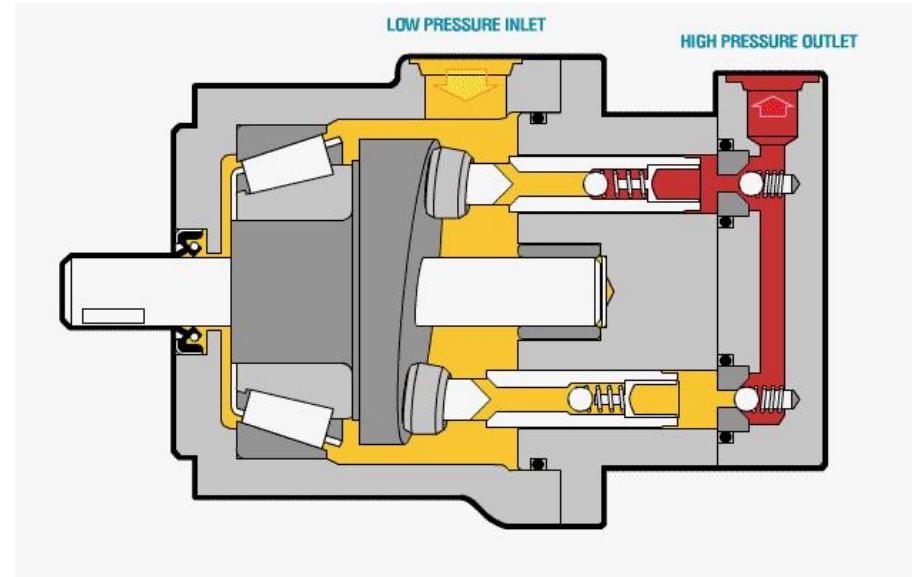
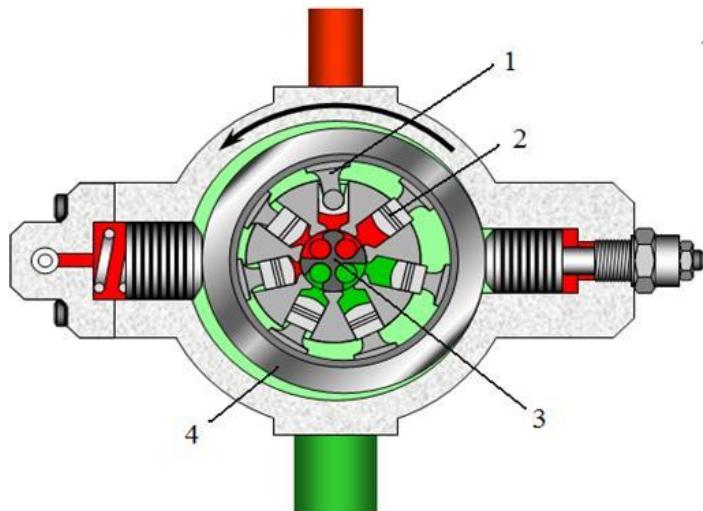
# Аксиально-поршневые насосы

## *Недостатки:*

- дороговизна;
- эксплуатация должна проходить согласно инструкции, так как такие гидромашины довольно ненадежны, и можно столкнуться с неэффективность их работы;
- затруднен ремонт по причине сложной конструкции насоса, также нередки 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.

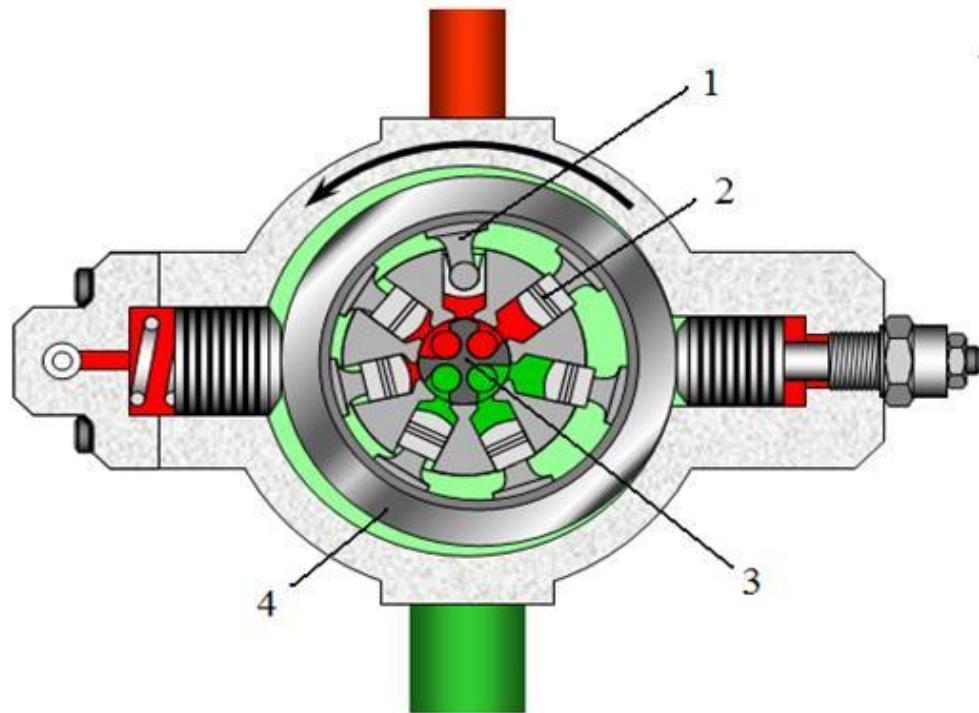
# Аксиально-поршневые насосы

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



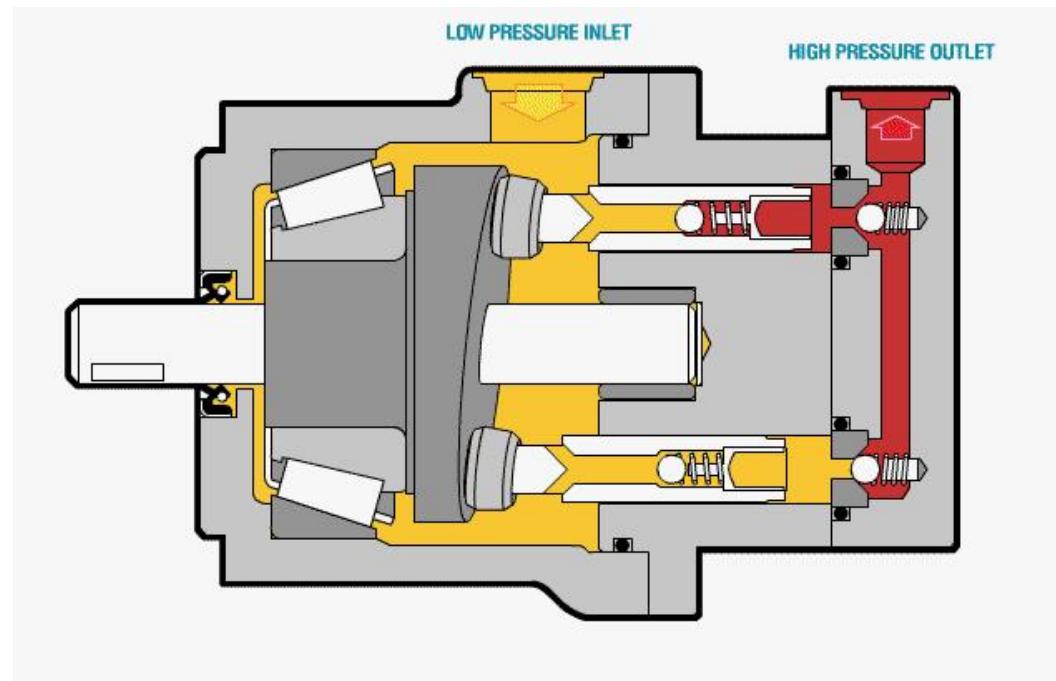
# Аксиально-поршневые насосы

- 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.

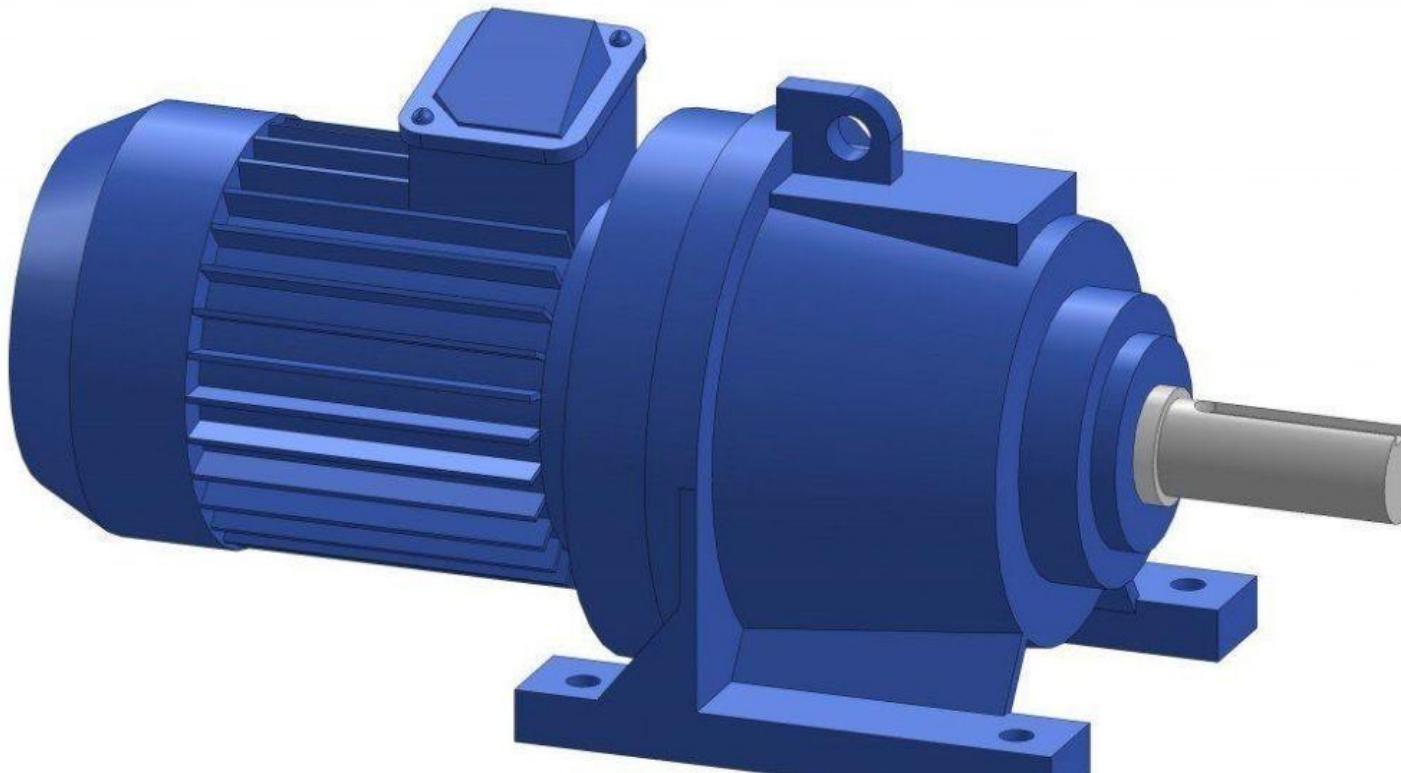


# Аксиально-поршневые насосы

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

Ротор рабочего органа соединяется с валом, подключённым к двигателю.



# Пластинчатые насосы

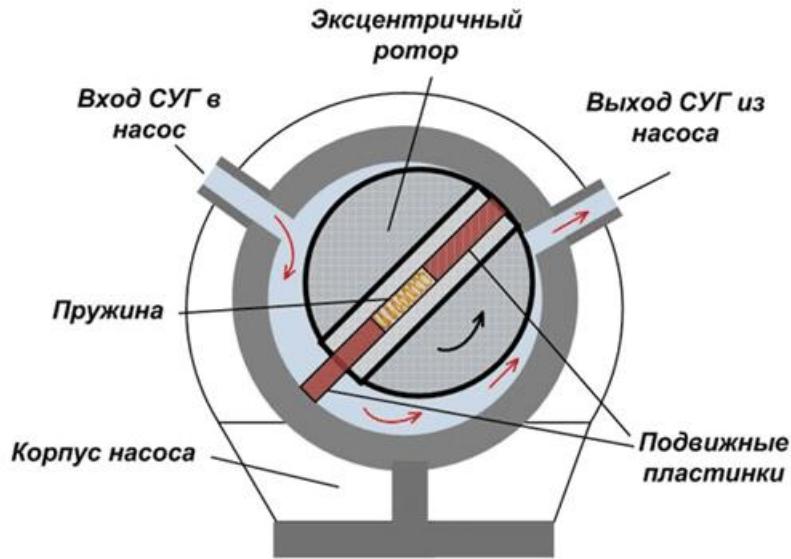
Помимо пластин и ротора, в конструкции оборудования присутствуют уплотнительная система для вала электродвигателя, патрубок нагнетания и патрубок всасывания (находится с внешней стороны рабочей камеры)



# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

### Пластинчатый насос однократного действия

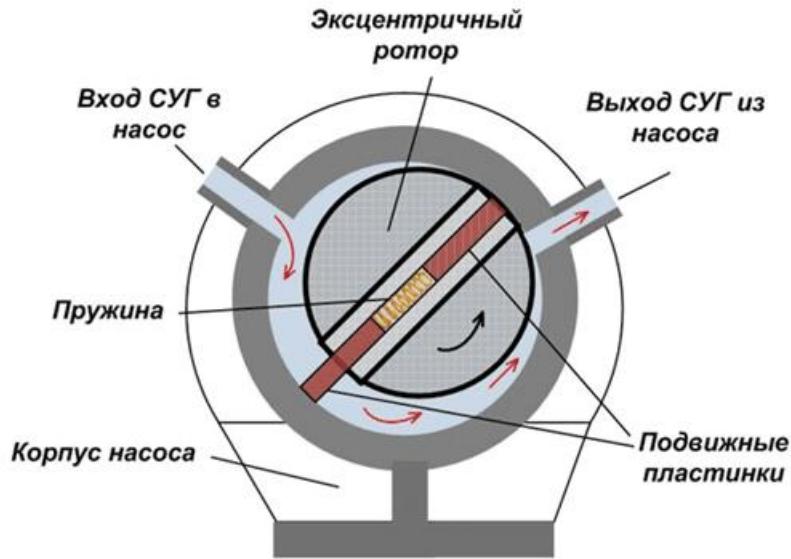


Ротор внутри рабочей камеры располагается не по её центру, а ближе к стенкам. Это обеспечивает возможность образования полости, имеющей форму полумесяца.

# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

### Пластинчатый насос однократного действия

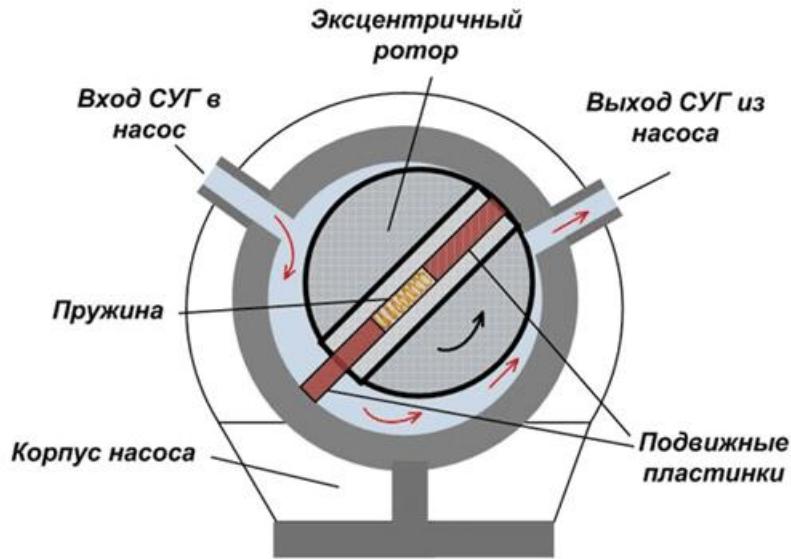


В процессе запуска оборудования и начала вращения ротора внутрь рабочей камеры всасывается перекачиваемая среда.

# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

### Пластинчатый насос однократного действия

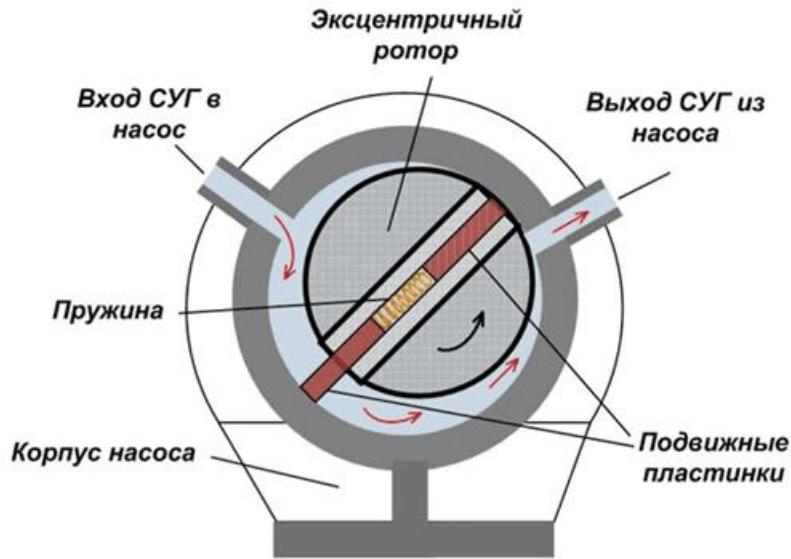


Вращение ротора приводит к образованию внутри центробежной силы, которая способствует движению пластин по каналам от центра к стенкам корпуса.

# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

### Пластинчатый насос однократного действия

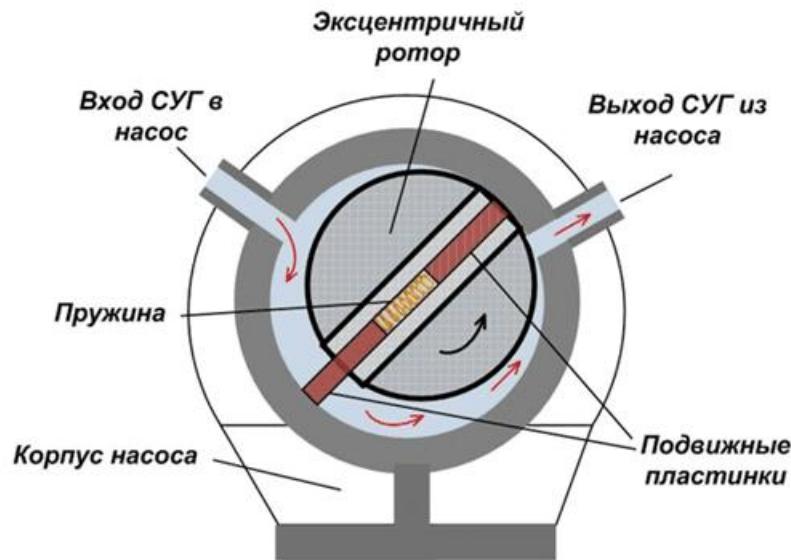


Пластины образуют карманы, внутри которых находится перекачиваемая среда. Она постепенно движется внутри карманов по корпусу рабочей камеры

# Пластинчатые насосы

## Принцип работы

### Пластинчатый насос однократного действия

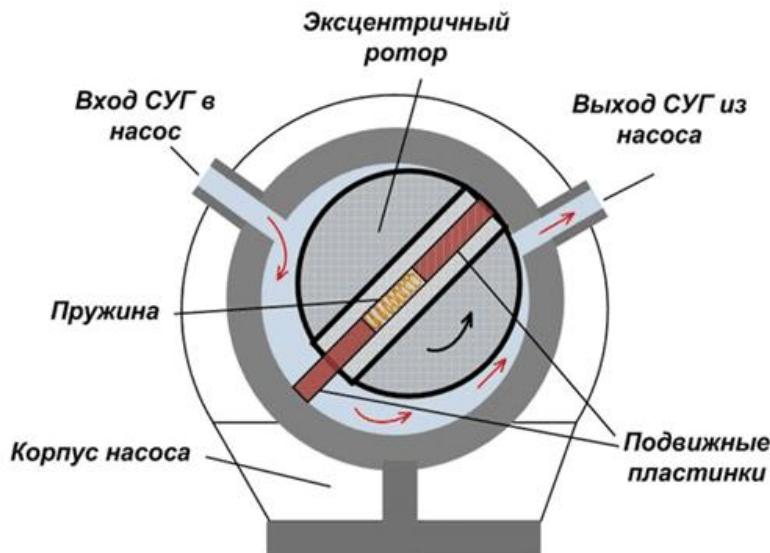


Последующее вращение ротора приводит к возвращению пластин в первоначальное положение. Это нагнетает жидкость, которая под небольшим напором подаётся уже из рабочей камеры через выходной патрубок далее по системе

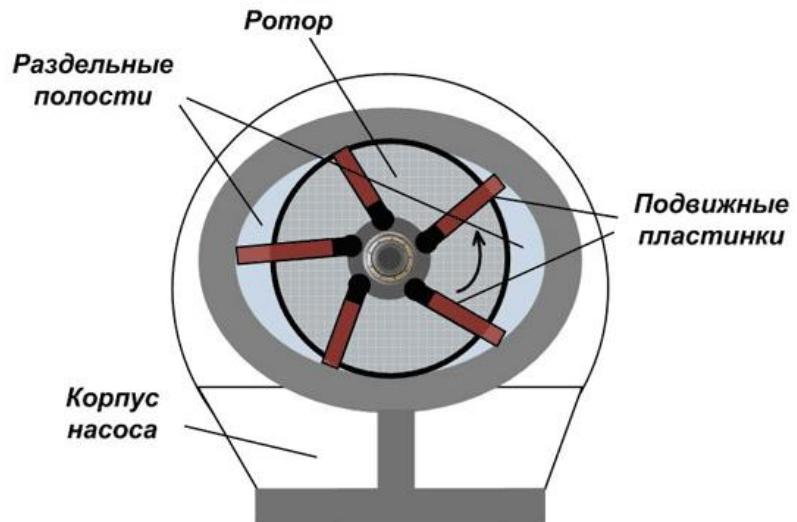
# Пластинчатые насосы

Пластинчатые насосы бывают однократного и двухкратного типа действия

**Пластинчатый насос однократного действия**



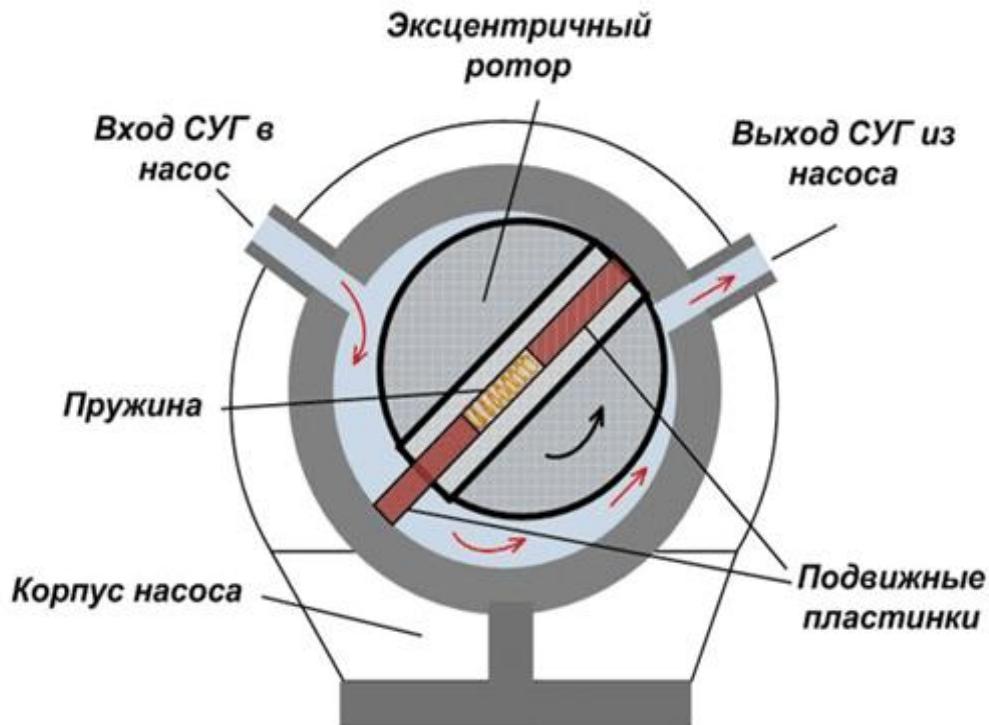
**Пластинчатый насос двухкратного действия**



# Пластинчатые насосы

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

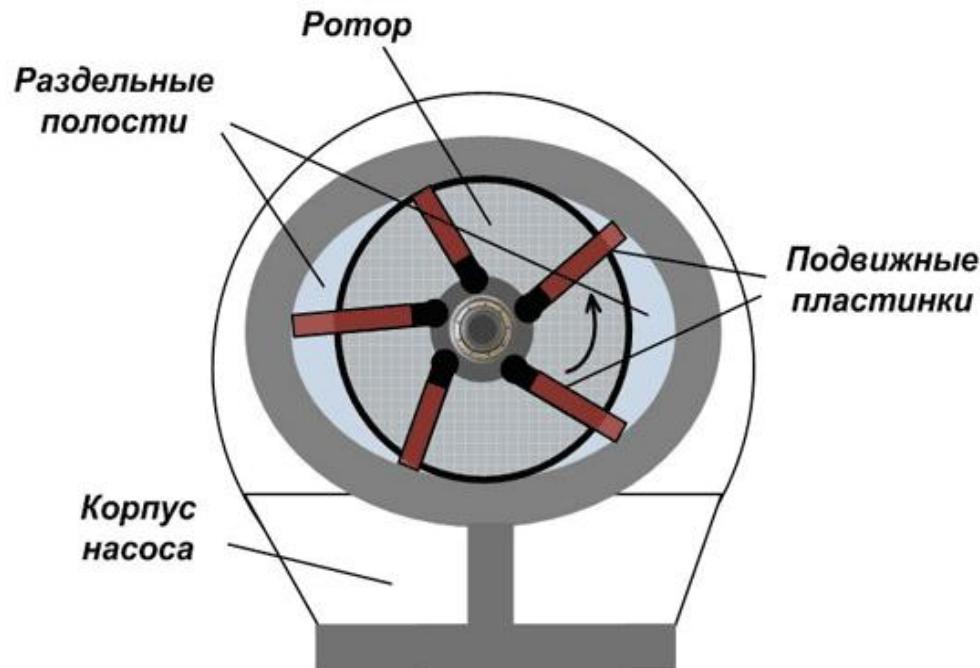
## Пластинчатый насос однократного действия



# 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

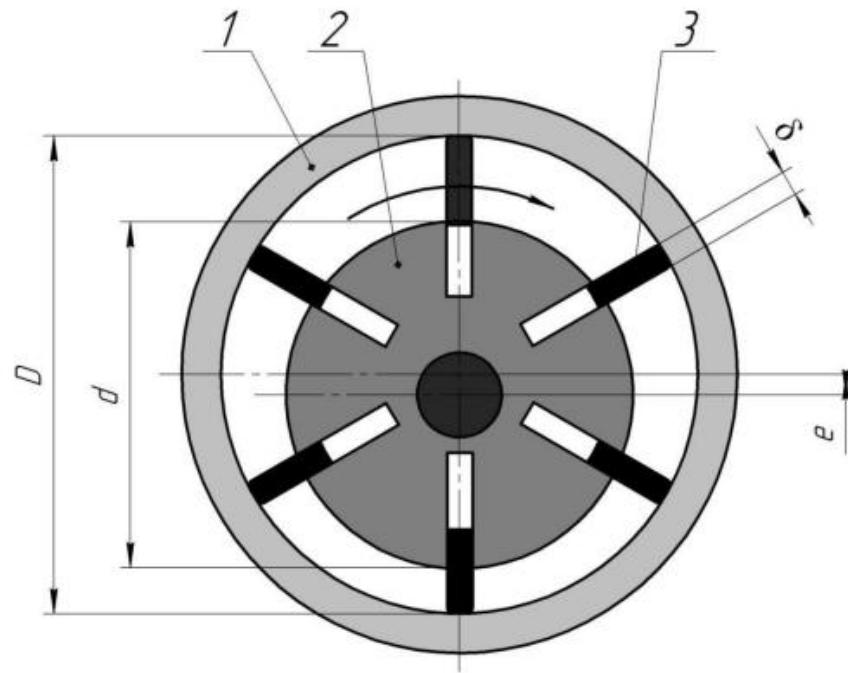


Схема пластинчатого насоса однократного действия:  
1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

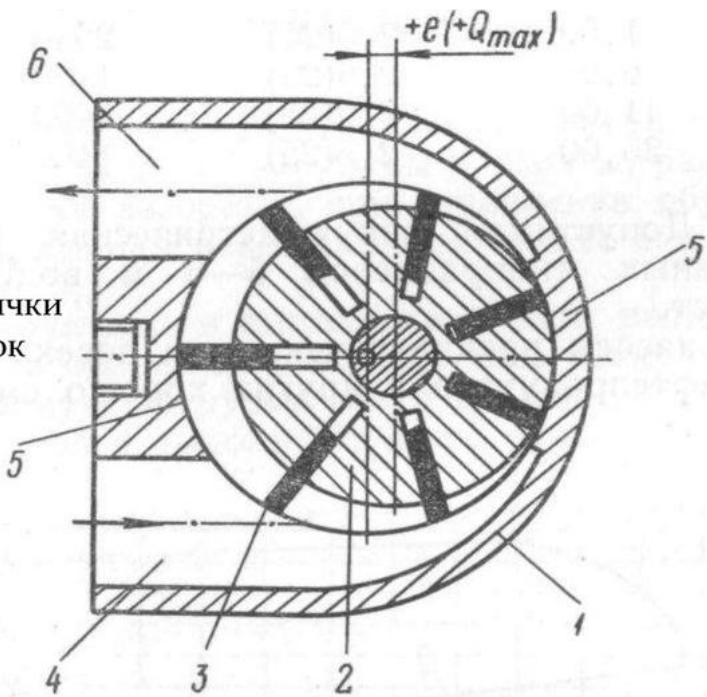
# Пластинчатые насосы

## 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



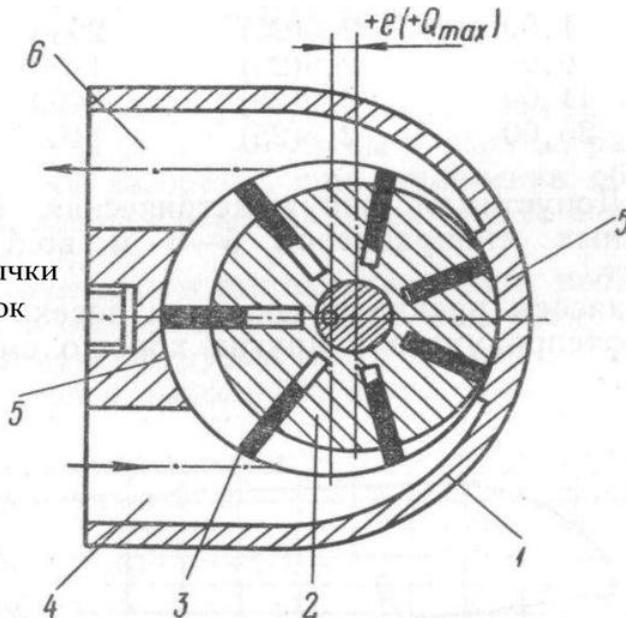
# Пластинчатые насосы

## 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



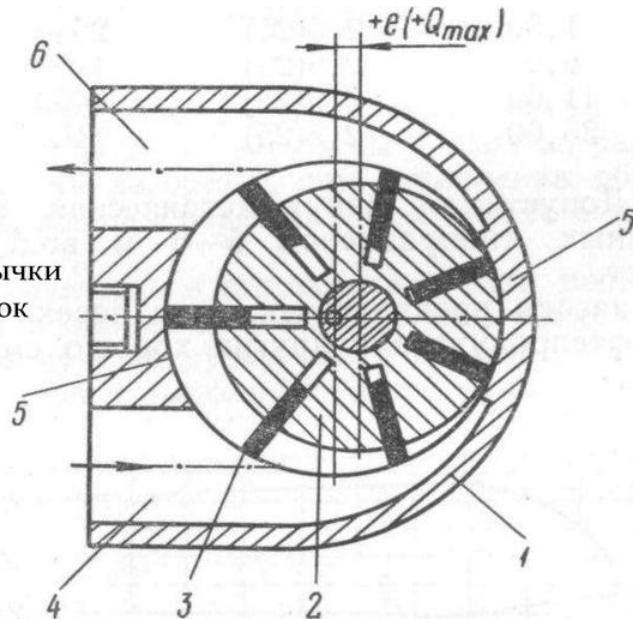
# Пластинчатые насосы

## 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).

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



# Пластинчатые насосы

## *Пластинчатый насос однократного действия*

### **Достоинство:**

- Возможность изменения рабочего объема гидромашины (регулирование подачи), путем изменения эксцентрикитета – 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 – эксцентризитет ротора, м;

B – ширина лопатки, м;

z – число пластин;

δ – толщина пластин

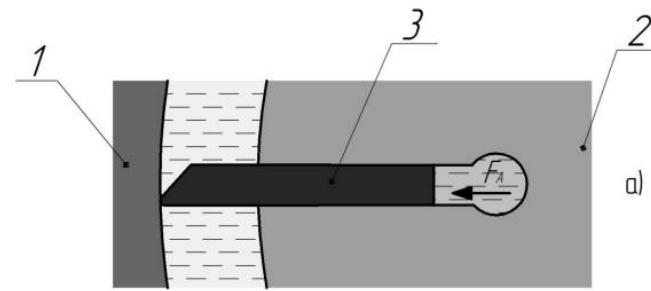


Подача насоса

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

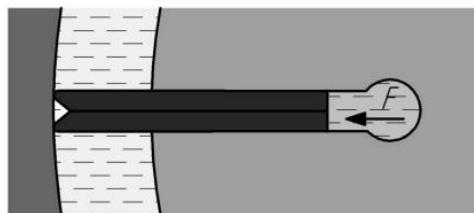
где n – частота вращения, об/мин;  
 $\eta_o$  – объемный КПД.

# Пластинчатый насос однократного действия

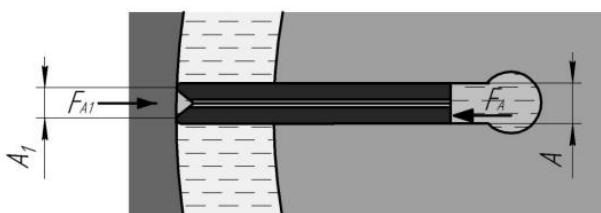


Пластиинки могут прижиматься к внутренней поверхности статора за счет:

- 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).



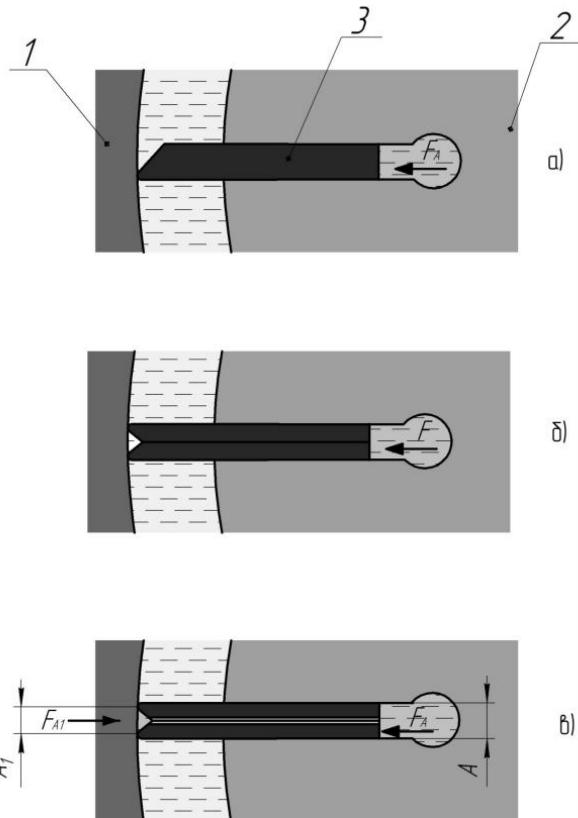
б)



в)

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

# Пластинчатый насос однократного действия



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

Для увеличения герметичности пластиинчатые насосы, работающие при давлении выше 150 бар, комплектуются двойными пластиинами (рис. б).

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

# Пластинчатые насосы

## Пластинчатый насос двухкратного действия

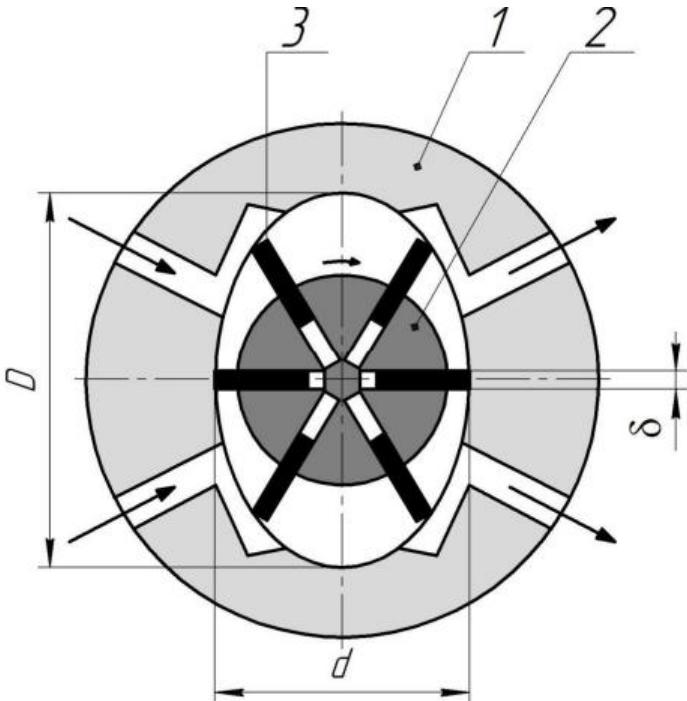


Схема пластинчатого насоса двухкратного действия: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

### Достоинство:

- Уравновешены, могут использоваться до давлений 14 МПа.

### Недостаток:

- Невозможность регулирования рабочего объема

# Пластинчатые насосы

## Пластинчатый насос двухкратного действия

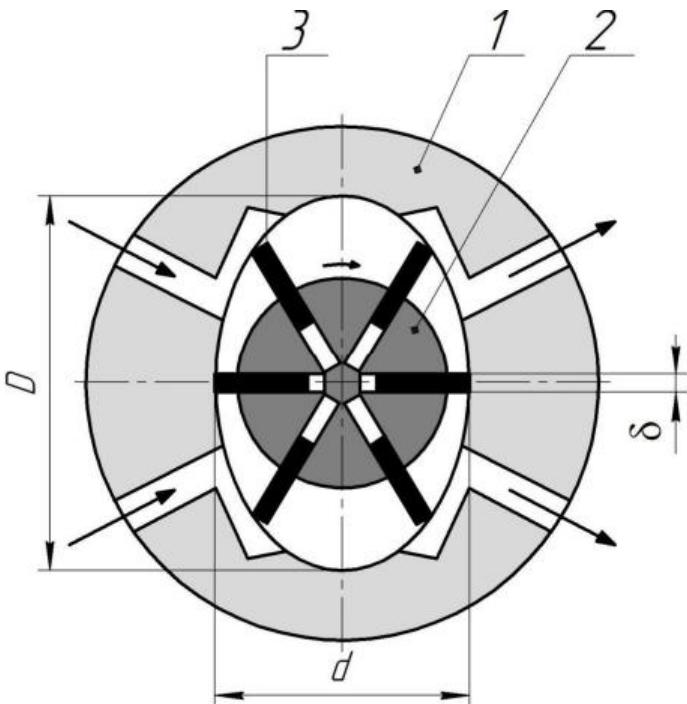


Схема пластинчатого насоса двухкратного действия: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

### 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

δ – толщина пластин

# Пластинчатые насосы

## Пластинчатый насос двухкратного действия

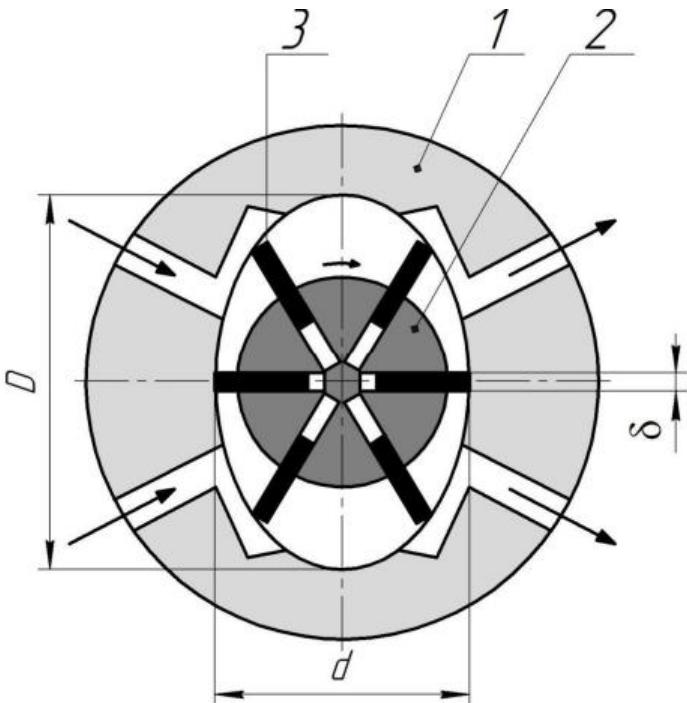


Схема пластинчатого насоса двухкратного действия: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – пластины

### Подача насоса

$$Q = 2b \left[ \pi(R^2 - r^2) - \delta z(R - r) \right] \frac{n}{60} \eta_0,$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин;  
 $\eta_0$  – объемный КПД.

# Пластинчатые насосы

Насосы пластинчатые имеют следующую *структур*у  
*условного обозначения*:

НПл x/x (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 ремонтопригодность. Ввиду большого количества поверхностей требующих герметичное подвижное соединение.

# Дозировочные насосы



Λ

## Дозировочные насосы

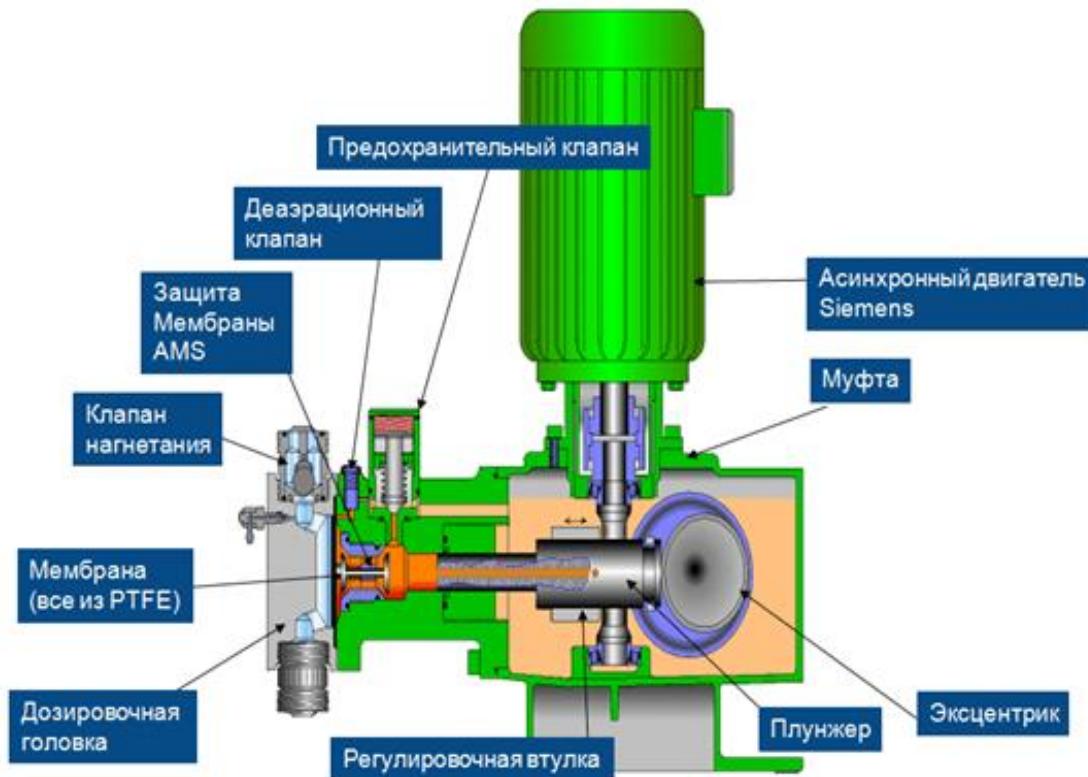
Дозировочные насосы **предназначены** для объемного напорного непрерывного дозирования чистых жидкостей (химических реагентов) для деэмульсации пластовой жидкости, предотвращения отложения парафина и солей в насосно-компрессорных трубах и промысловых коллекторах, для подачи добавок в воду, закачиваемую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

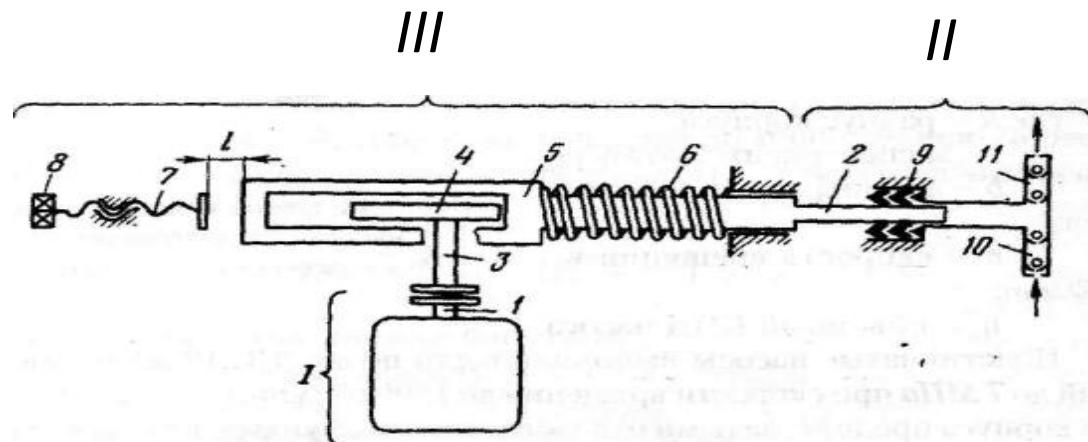
Дозировочные насосы применяются для перекачивания жидкости давлением до 40 МПа в количествах от нескольких литров до нескольких кубических метров в час, при точности дозирования порядка 0,1-2,5 %.

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.

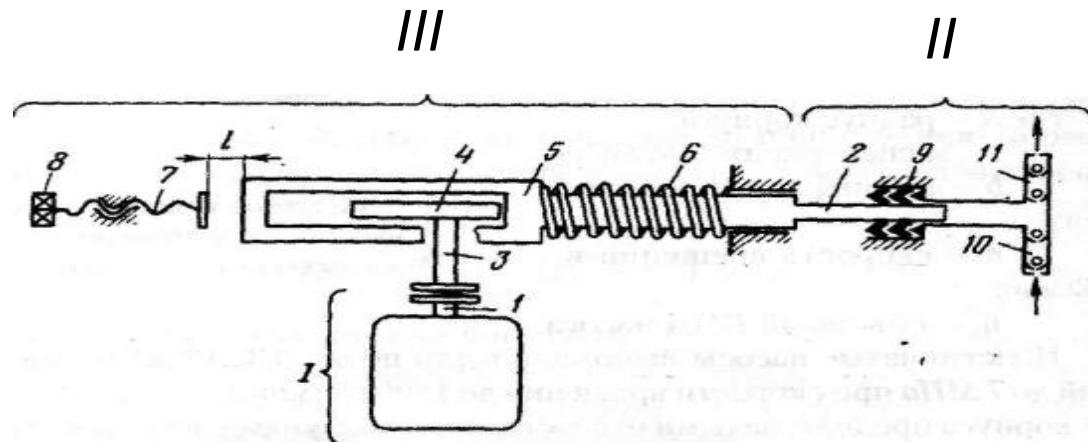


Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

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

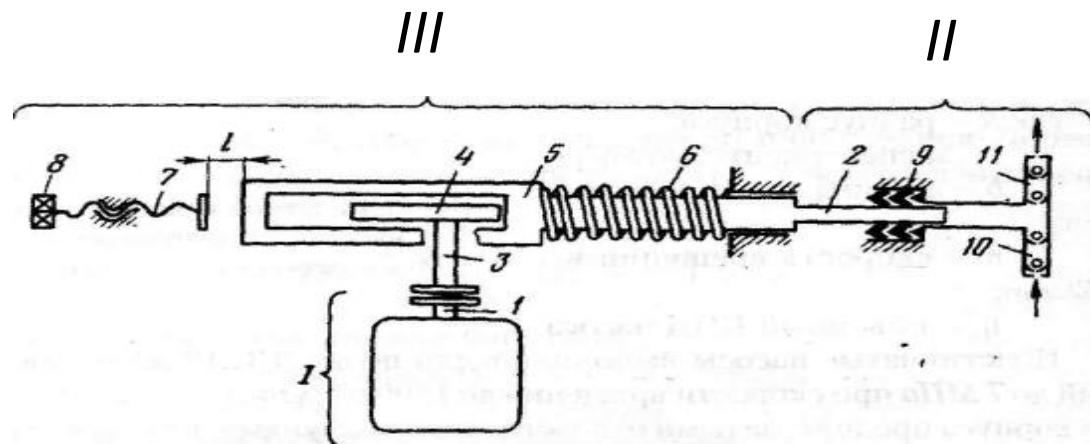
Регулирующий механизм предназначен для преобразования вращательного движения вала в возвратно-поступательное движение плунжера и для изменения длины его хода.



Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

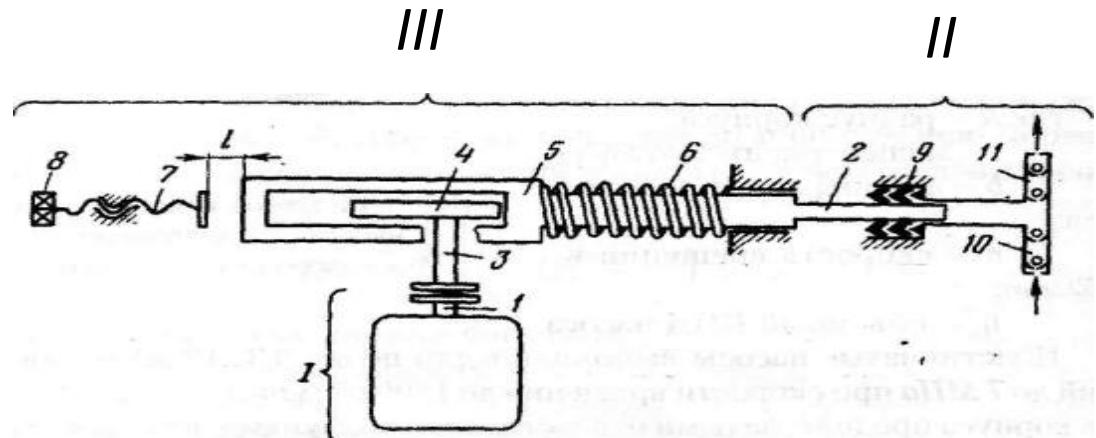
Вал 3 соединен зубчатой муфтой с валом 1 мотора-редуктора. Насаженный на вал 3 кулачок 4 преобразует вращательное движение вала в возвратно-поступательное движение ползуна 5, к которому жестко крепится плунжер 2. Ползун 5 находится в постоянном контакте с кулачком 4 за счет предварительно сжатой пружины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



Кинематическая схема дозировочного 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.

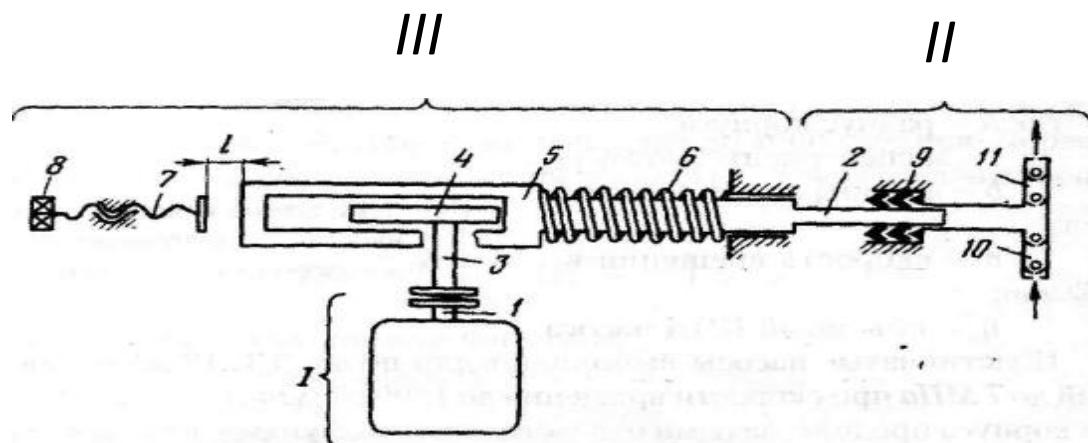


Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# 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.

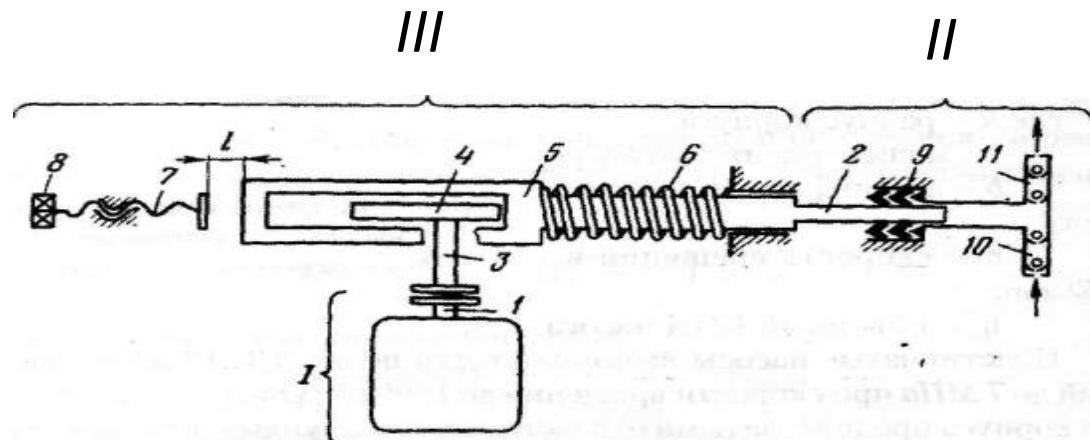


Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

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

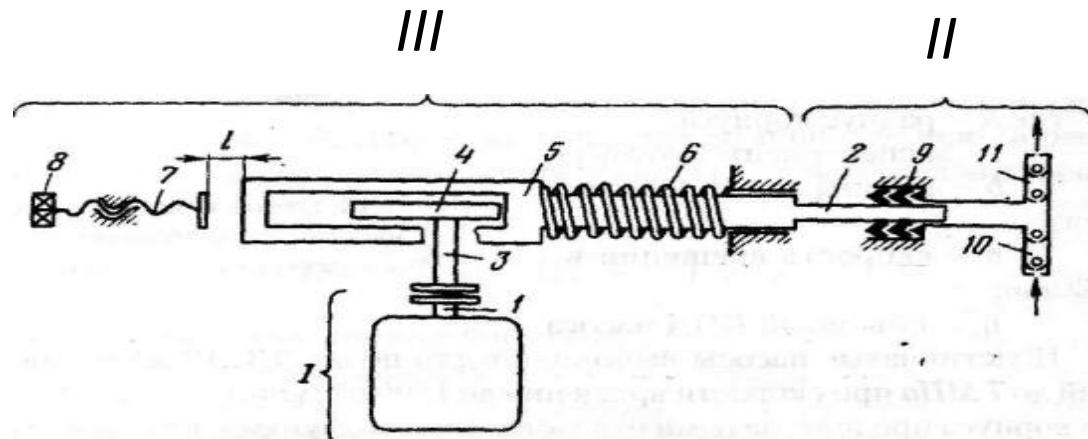
Всасывающий и нагнетательный трубопроводы присоединены к ниппелям, крепящимся к штуцеру с помощью накидной гайки



Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

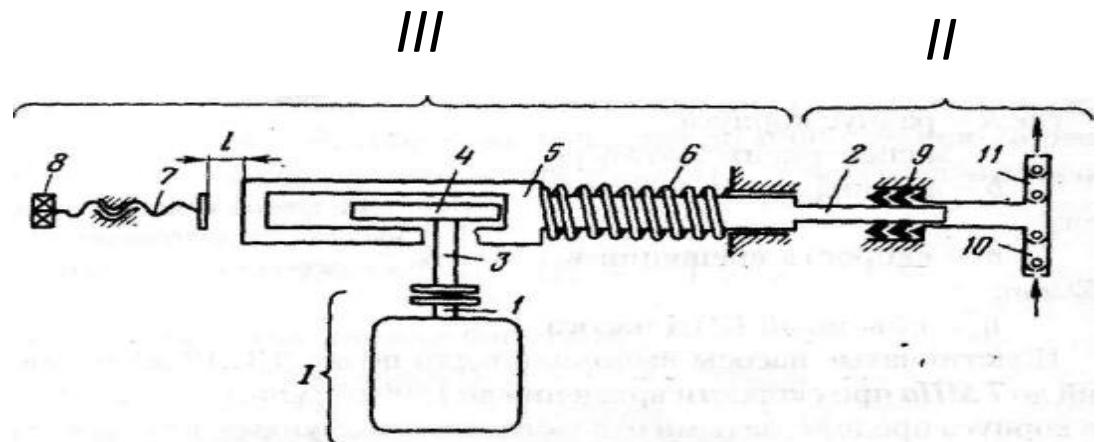
Агрегат работает следующим образом: при вращении вала 1 мотора-редуктора кулачок 4, взаимодействуя с ползуном 5, перемещает плунжер 2, в результате чего происходит ход нагнетания - жидкость из рабочей полости цилиндра выталкивается в нагнетательный трубопровод через клапаны 11.



Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

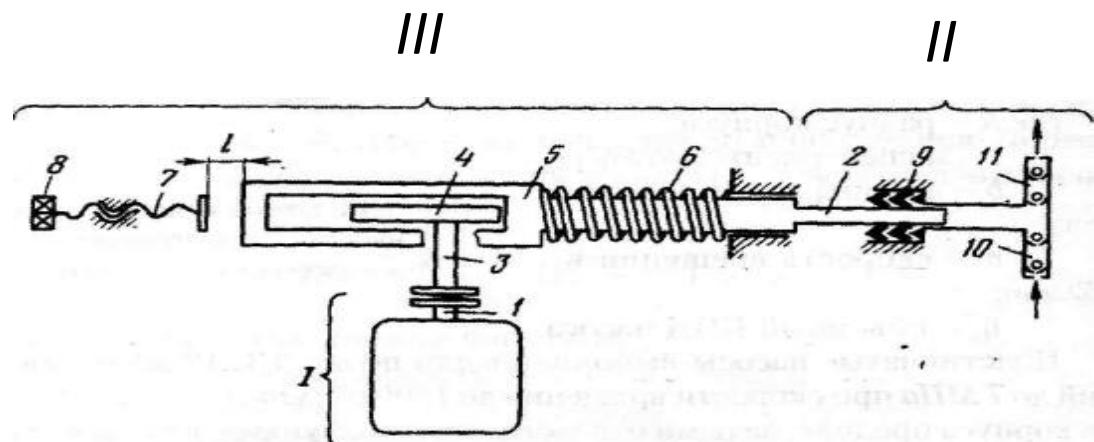
При подходе плунжера к крайнему положению нагнетание заканчивается. Дальнейший поворот кулачка 4 происходит при перемещении плунжера под действием пружины 6, что соответствует ходу всасывания - жидкость из нагнетательного трубопровода через всасывающие клапаны 10 попадает в рабочую полость цилиндра.



Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# Дозировочные насосы

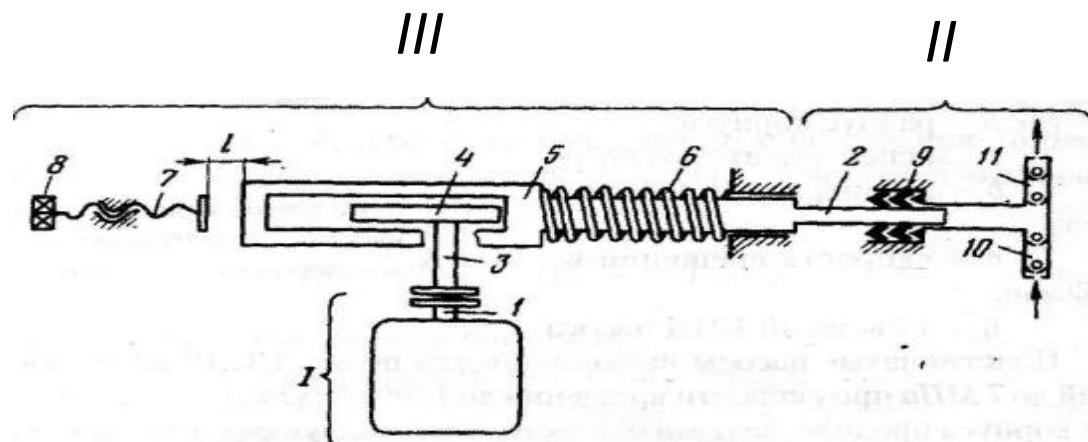
При подходе плунжера к крайнему положению нагнетание заканчивается. Дальнейший поворот кулачка 4 происходит при перемещении плунжера под действием пружины 6, что соответствует ходу всасывания - жидкость из нагнетательного трубопровода через всасывающие клапаны 10 попадает в рабочую полость цилиндра.



Кинематическая схема дозировочного насоса НД

# 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 эксцентрикитетом 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						
...						