

## **Тема 4: Гидравлические машины**

### **УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:**

- 1. Гидравлические машины.**
- 2. Гидрообъемные насосы.**
- 3. Гидродинамические насосы.**

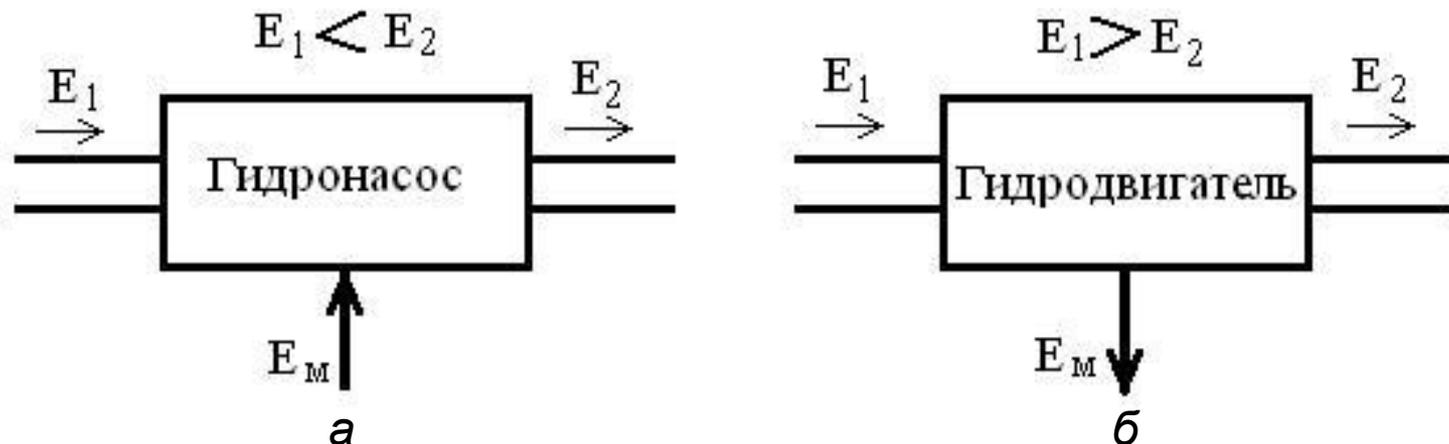
# 1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

## Общие сведения о гидравлических машинах

**Гидравлическая машина** - это устройство, в котором происходит передача энергии от протекающей через него жидкости рабочему органу или от рабочего органа к протекающей через устройство жидкости, либо осуществляется изменение вида движения или преобразование силовых и скоростных энергетических параметров.

Гидравлические машины классифицируются по трем основным признакам: по **назначению**, **принципу действия** и **конструкции**.

Группу гидравлических преобразователей составляют **гидравлические насосы** и **гидравлические двигатели**. Это обратимые машины.



Энергетические схемы гидравлического насоса (а) и гидравлического двигателя (б)

В основе классификации гидравлических машин по принципу действия лежит степень использования того или другого вида энергии.

Как известно, полная удельная энергия движущейся жидкости представляет собой сумму трех составляющих:

$$H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{u^2}{2g},$$

где  $z$  - удельная энергия положения, Дж/Н(м);

$\frac{p}{\rho g}$  - удельная энергия давления, Н(м);

$\rho g$

2

$\frac{u^2}{2g}$  - удельная кинетическая энергия, Дж/Н(м).

$2g$

Изменением энергии в поле сил тяжести (энергии положения) при движении жидкости через гидравлическую машину с достаточной степенью точности можно пренебречь, так как разность высот ее отдельных элементов незначительна. Следовательно, можно считать, что движущаяся в гидравлической машине жидкость обладает только двумя видами энергии: энергией в поле сил давления и кинетической энергией.

В зависимости от соотношения этих двух видов энергии жидкости гидравлические машины делят по **принципу действия** на две группы: **гидрообъемные** и **гидродинамические** машины.

В гидрообъемных машинах используется преимущественно энергия давления жидкости. Кинетическая составляющая незначительна и не превышает 1 % общей энергии. Гидрообъемные машины используются, в основном, для работы с жидкостями, обладающими высокой вязкостью (маслами, бензинами и т. д.).

В гидродинамических машинах основным видом энергии движущейся жидкости является кинетическая. Энергия давления в этих машинах играет второстепенную роль. Гидродинамические машины используются для работы с жидкостями, обладающими низкой вязкостью (водой, газами).

Классификация гидравлических машин по **конструкции** будет рассмотрена ниже при изучении конкретных устройств.

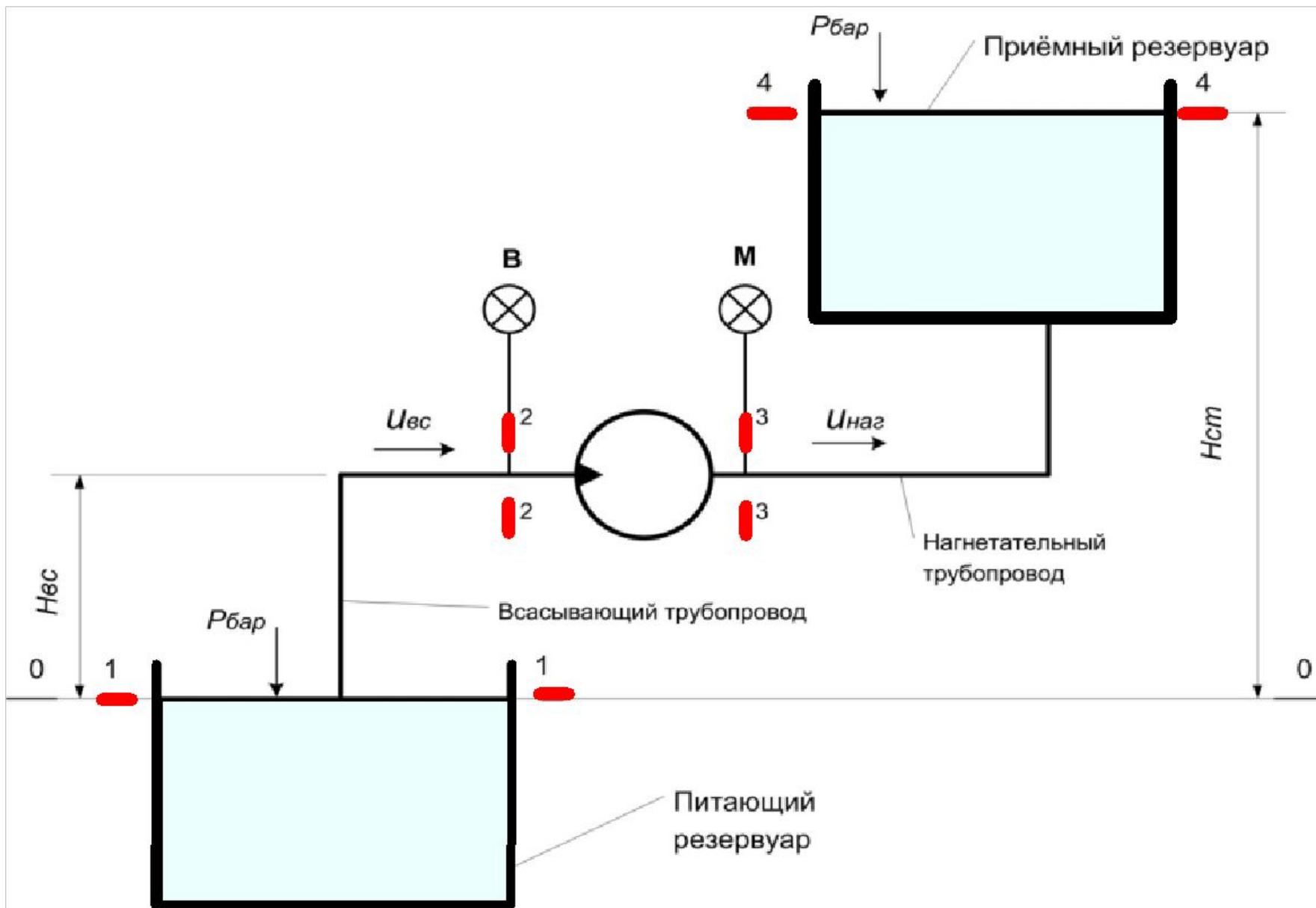
Как отмечалось выше, к гидравлическим преобразователям энергии относятся гидравлические насосы и гидравлические двигатели (моторы). Поскольку эти машины обратимые, то происходящие в них энергетические процессы совершенно одинаковые и отличаются лишь направлением протекания этих процессов. Поэтому изучение работы гидравлических преобразователей энергии ограничим рассмотрением гидравлических насосов, так как именно они находят наиболее широкое применение в объектах транспортной энергетики.

## 2. ГИДРООБЪЕМНЫЕ НАСОСЫ

### Классификация и условные обозначения на гидравлических схемах



# Рабочие параметры гидрообъемных насосов



$H_{ст}$  – статический напор, м;

$H_{вс}$  – напор на входе в насос (высота всасывания), м;

$P_{вс}$  – давление жидкости на входе в насос, Па:

$P_{наг}$  – давление жидкости на выходе из насоса, Па:

$H$  – напор насоса, м:

$Q$  – подача (производительность) насоса, м<sup>3</sup>/с;

$N_{гн}$  – мощность насоса, Вт:

3

$\eta$  – коэффициент полезного действия насоса:

$\eta_0$  – объемный КПД насоса, учитывающий потери мощности, связанные с утечкой жидкости через зазоры

$\eta_г$  – гидравлический КПД, учитывающий потери мощности, связанные с гидравлическими сопротивлениями;

$\eta_м$  – механический КПД, учитывающий потери мощности, связанные с механическим трением между деталями насоса

$$\frac{P_{вс}}{\rho g} = H_{вс} + \alpha_{вс} \frac{u_{вс}^2}{2g} + \sum h_{вс};$$

$$\frac{P_{наг}}{\rho g} = H_{ст} - H_{вс} - \alpha_{наг} \frac{u_{наг}^2}{2g} + \sum h_{наг};$$

$$H = e_H^{вых} - e_H^{вх} = H_{ст} + \sum h_{п};$$

$$N_{гн} = \rho g Q H;$$

$$\eta = \frac{N_{гн}}{N} ; \eta = \eta_0 \cdot \eta_г \cdot \eta_м ;$$

# Поршневые насосы

Поршневые (так же как плунжерные и диафрагменные) насосы осуществляют подачу жидкости за счет возвратно-поступательного движения поршня.

Основными частями такого насоса являются цилиндр, поршень, система клапанов, всасывающая и напорная трубы и привод, обуславливающий возвратно-поступательное движение поршня. Принцип действия поршневого насоса заключается в том, что на жидкость, находящуюся в цилиндре, давит поршень и проталкивает ее в трубопроводах.

Поршневые насосы разделяются на группы:

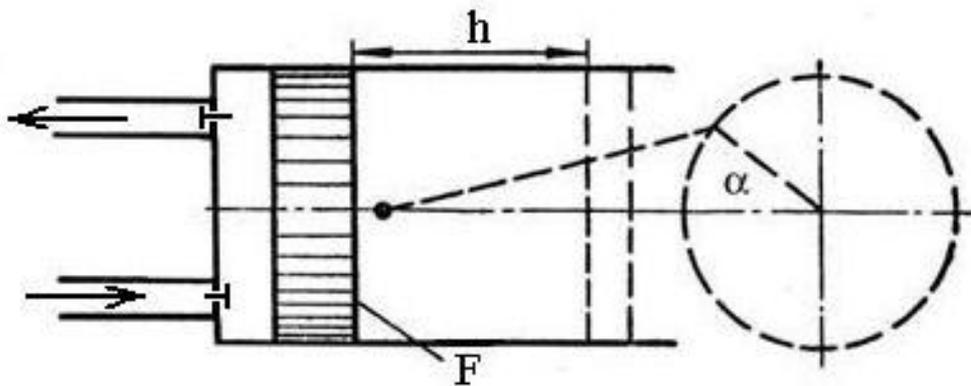
- а) *по характеру действия* - простого (одиночного), двойного;
- б) *по количеству цилиндров* (одно-, двух- и многоцилиндровые);
- в) *по расположению оси насоса* (горизонтальные, вертикальные, радиальные, аксиальные).

Поршневые насосы перекачивают любые по вязкости жидкости. Их целесообразно использовать для перекачки небольших количеств жидкости при высоких напорах.

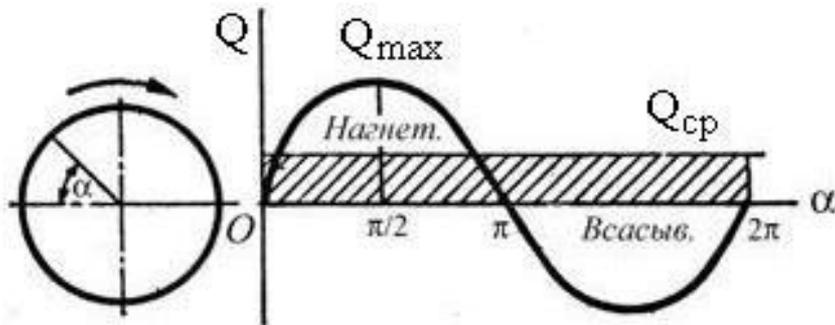
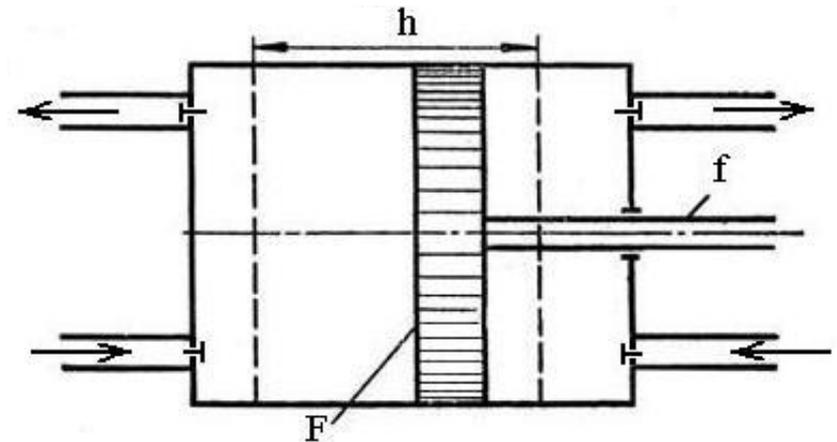
Обычно они работают с частотой вращения вала  $250-3000 \text{ мин}^{-1}$ . Мощность, затрачиваемая на привод поршневых насосов, может достигать 3000 кВт; подача  $Q$  - 8000 л/мин; максимальное давление  $p_{\text{max}}$  - 100-250 МПа; полный КПД  $\eta = 0,70-0,92$ .

# Принципиальная схема поршневого насоса

Простого действия

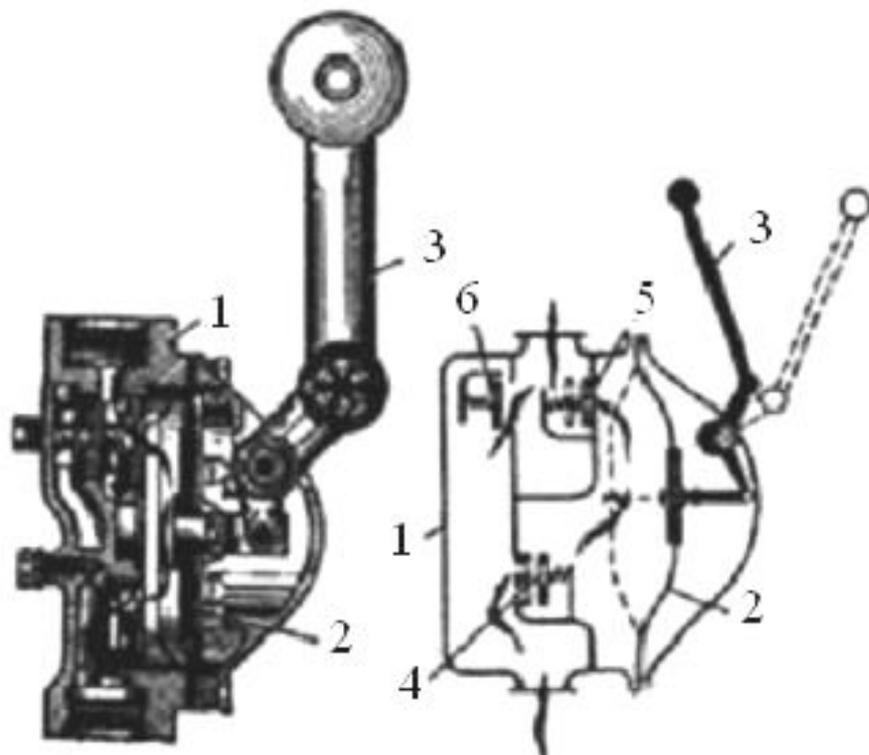


Двойного действия

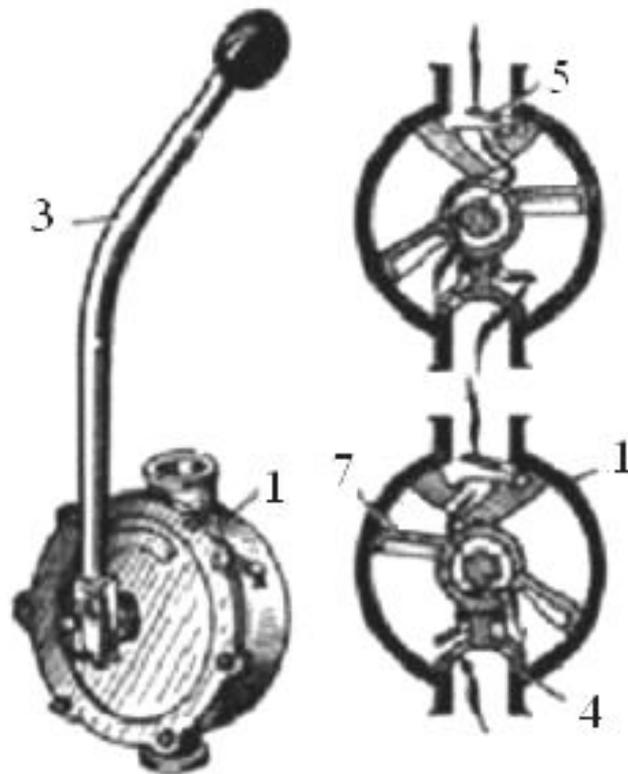


Изменение подачи насоса простого действия в зависимости от поворота вала

## Диафрагменный насос



## Крыльчатый насос

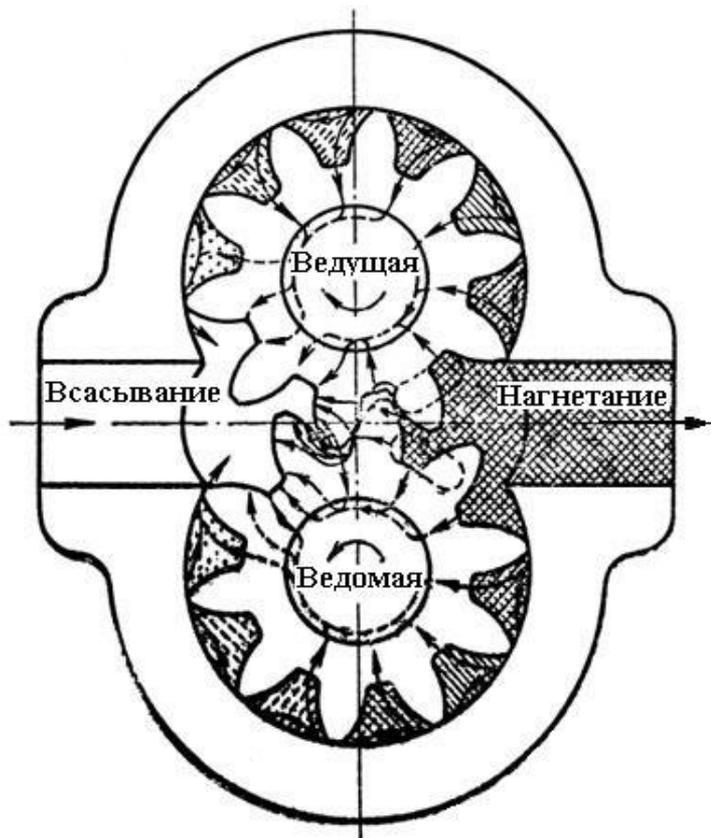


1 – корпус; 2 – диафрагма; 3 – рычаг; 4 – всасывающий клапан; 5 – нагнетательный клапан; 6 – предохранительный клапан; 7 – крыльчатка

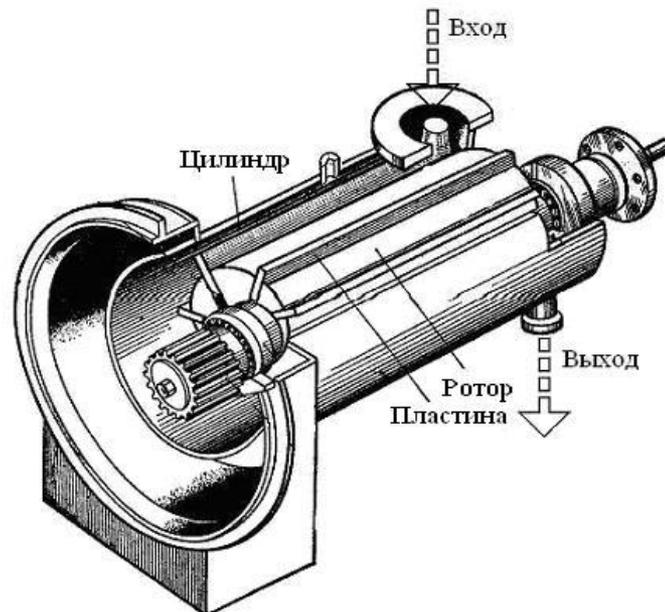
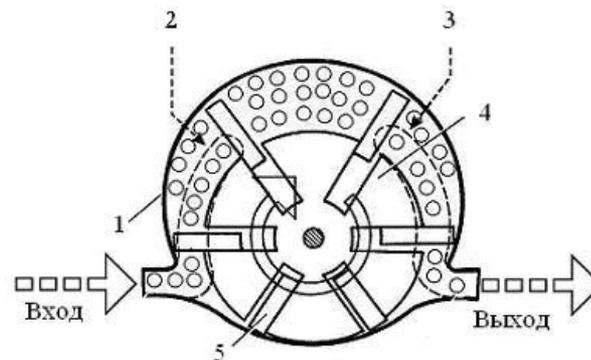
**Диафрагменные насосы** широко применяются в автомобильной технике для подачи бензина к карбюратору, на гусеничных машинах для подкачки топлива перед пуском двигателя. Последние выполняются ручными, одностороннего действия

**Крыльчатые насосы** применяются в средствах технического обслуживания для заправки машин топливом.

# Шестеренный насос



# Пластинчатый насос



*1 – корпус (статор); 2 – расширяющаяся полость; 3 – сужающаяся полость; 4 – ротор; 5 – пластины*

**Шестеренные насосы** работают с частотой вращения шестерен до  $5000 \text{ мин}^{-1}$ . Подача достигает  $1500 \text{ л/мин}$ ;  $P_{\text{мак}} = 20 \text{ МПа}$ ; КПД -  $\eta = 0,25-0,95$ .

Шестеренные насосы просты в изготовлении и надежны в эксплуатации, их можно использовать при большой частоте вращения (до  $5000 \text{ мин}^{-1}$ ). Эти насосы реверсивные. Однако они могут перекачивать только чистые жидкости (в связи с малыми зазорами). Их широко применяют в различных гидросистемах (специальной техники, автомобилей, тракторов, строительных машин, смазочной системы поршневых двигателей внутреннего сгорания), для перекачки вязких нефтепродуктов и т. п.

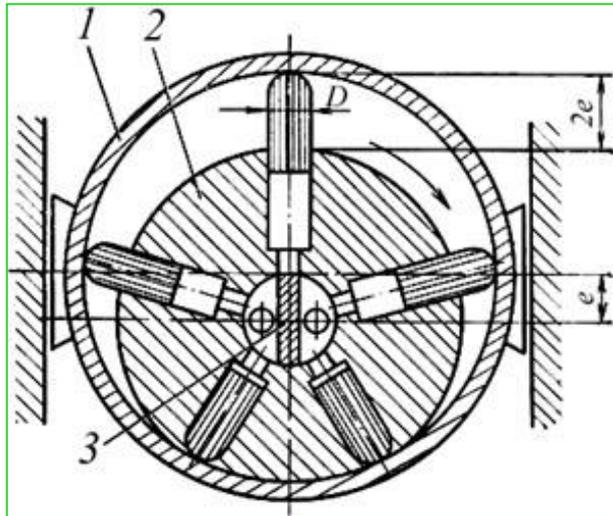
*Пластинчатые насосы* так же, как и шестеренные, просты по конструкции, компактны, надежны в эксплуатации и сравнительно долговечны. В таких машинах рабочие камеры образованы поверхностями статора, ротора, торцевых распределительных дисков и двумя соседними вытеснителями-пластинами. Эти пластины также называют лопастями, лопатками.

Пластинчатые насосы могут быть одно-, двух- и многократного действия. В насосах однократного действия одному обороту вала соответствует одно всасывание и одно нагнетание, в насосах двукратного действия - два всасывания и два нагнетания.

К *достоинствам* пластинчатых насосов относятся: равномерная подача; отсутствие клапанов; возможность реверсирования; возможность работы с большой частотой вращения ротора.

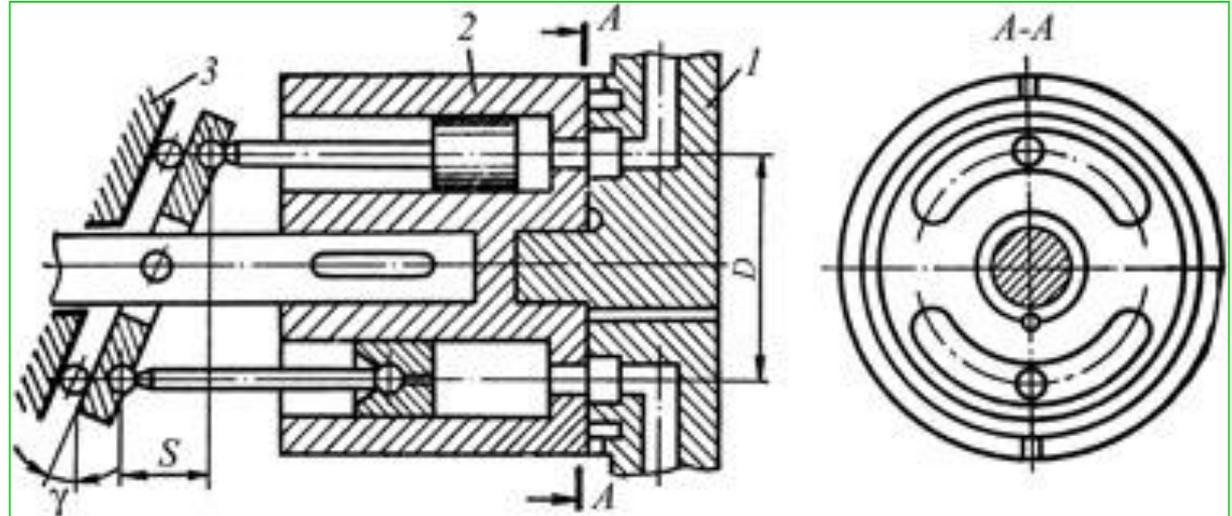
*Недостатками* являются низкий объемный КПД и относительно низкое рабочее давление на выходе из насоса.

## Радиально-поршневой насос



*1 - статор; 2 - ротор с поршнями; 3 - распределитель*

## Аксиально-поршневой насос с наклонным упорным диском



*1 - корпус с распределительным диском;  
2 - ротор с плунжерами;  
3 - наклонный упорный диск*

**Радиально-поршневые насосы** обеспечивают максимальное давление до 20 МПа; полный КПД  $\eta = 0,67-0,85$ ; объемный КПД  $\eta_0 = 0,7-0,9$ . Они отличаются компактностью, простотой регулирования и возможностью работать при высоких давлениях в рабочих полостях.

**Аксиально-поршневые насосы.** По сравнению с радиально-поршневыми насосами аксиально-поршневые имеют меньшие габариты и массу, более удобны в управлении и обслуживании. Они имеют более высокий полный КПД по сравнению с шестеренными и пластинчатыми насосами.

Эти насосы обеспечивают подачу до 1800 л/мин; максимальное давление до 70 МПа; полный КПД  $\eta = 0,8-0,9$ ; объемный КПД  $\eta_0 = 0,95-0,98$ .

Применение аксиально-поршневых гидромашин наиболее целесообразно при среднем и высоком давлении в гидросистемах мобильных машин и цикличном характере изменения внешней нагрузки.

Давление жидкости, создаваемое насосом, зависит от сопротивления движению жидкости. При снятии характеристики насоса оно может регулироваться, например, вентилем. Гидрообъемные насосы теоретически могут создавать любое давление жидкости, но для предохранения гидравлической системы от перегрузок и разрушения давление ограничивают с помощью предохранительного клапана.

**Подача** жидкости без учета утечек  $Q_T$  не зависит от давления. Поэтому характеристика подачи без учета утечек представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс. Если учитывать утечки жидкости, то с увеличением давления фактическая подача  $Q_d$  уменьшается и при максимальном давлении становится равной нулю, так как вся жидкость проходит через предохранительный клапан.

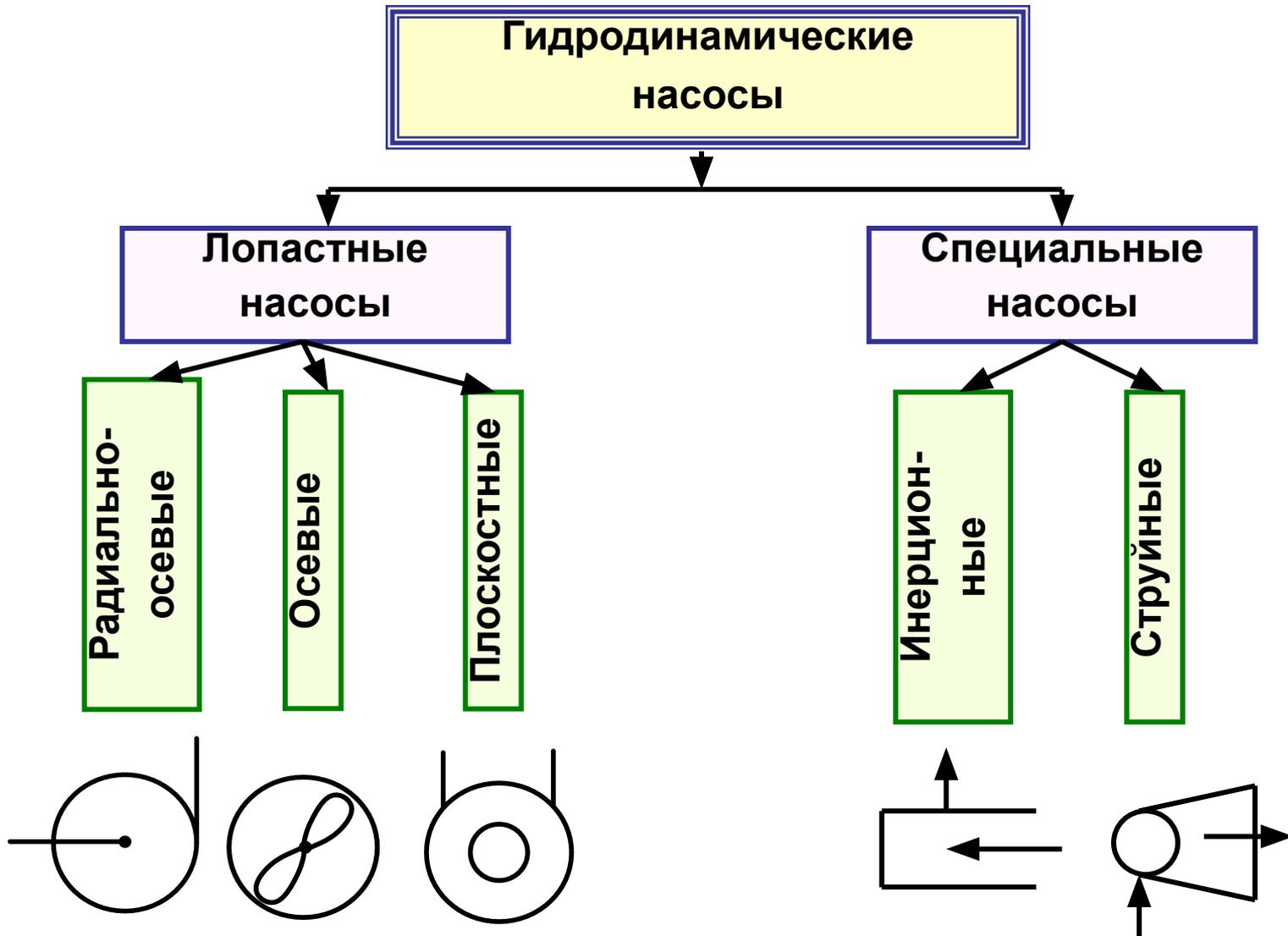
**Мощность насоса** является производной величиной от подачи и давления и с увеличением давления возрастает до определенного значения.

**Объемный КПД** характеризует утечки жидкости и с увеличением давления уменьшается.

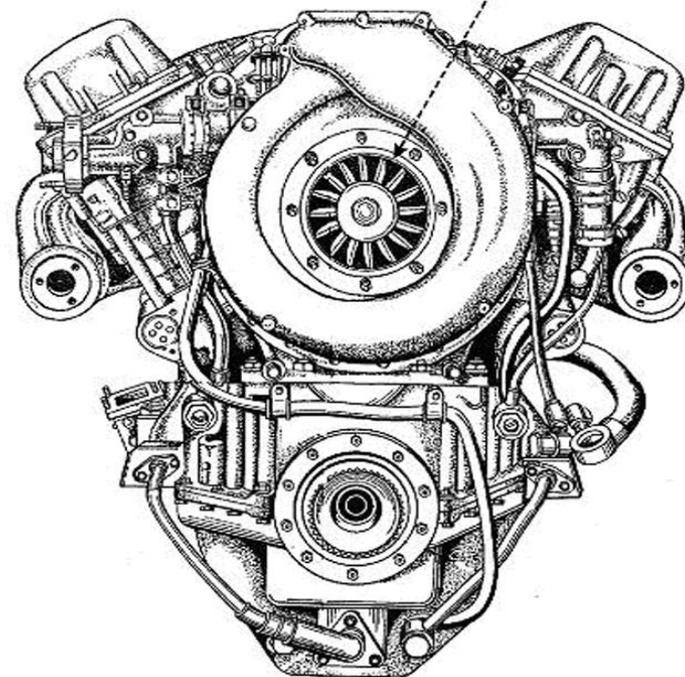
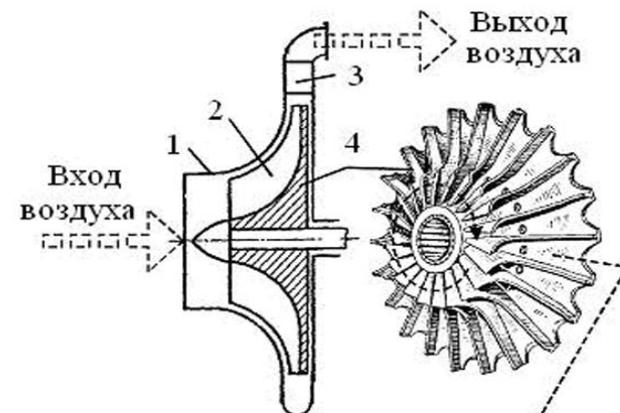
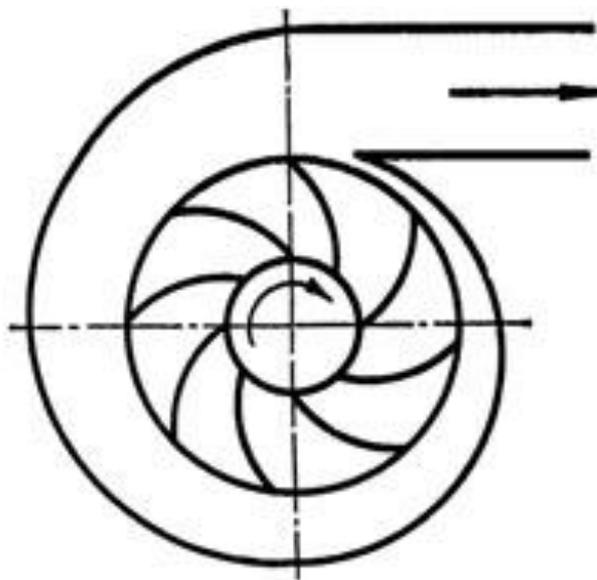
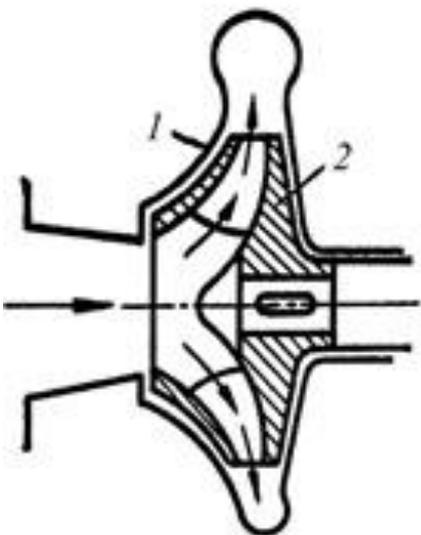
**Общий КПД** с повышением давления увеличивается от нуля до некоторого максимального значения и затем стабилизируется. Однако при значительном увеличении давления общий КПД будет уменьшаться, так как увеличиваются потери на трение между деталями.

# 3. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ НАСОСЫ

## Классификация и условные обозначения на гидравлических схемах



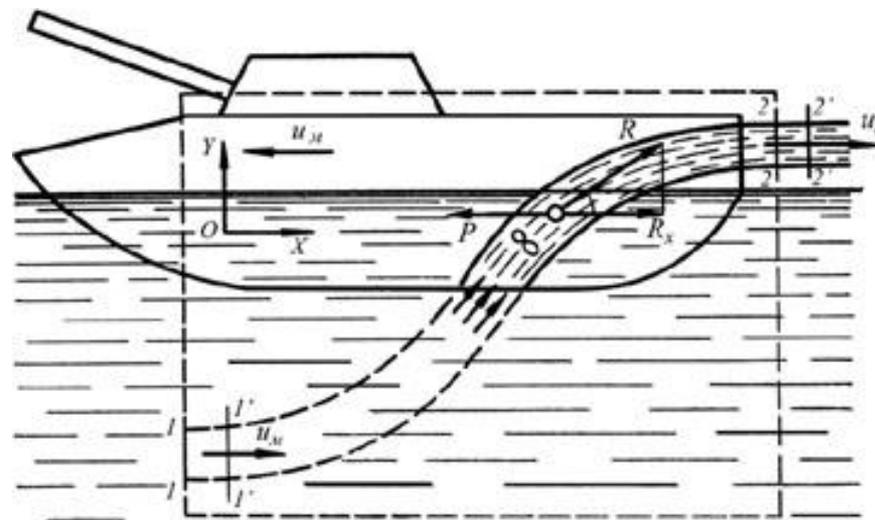
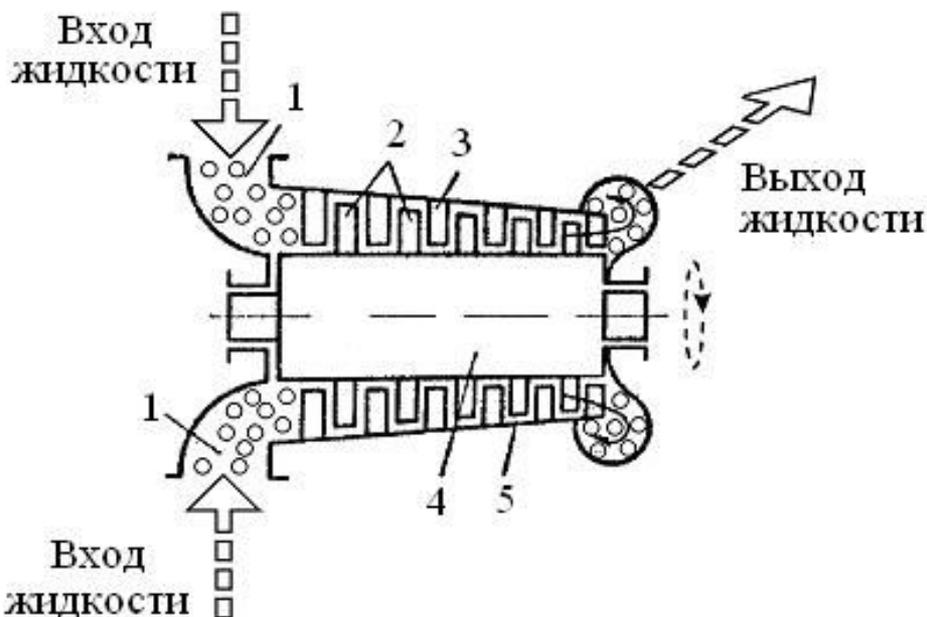
# Центробежный насос



1 – корпус; 2 – рабочее колесо

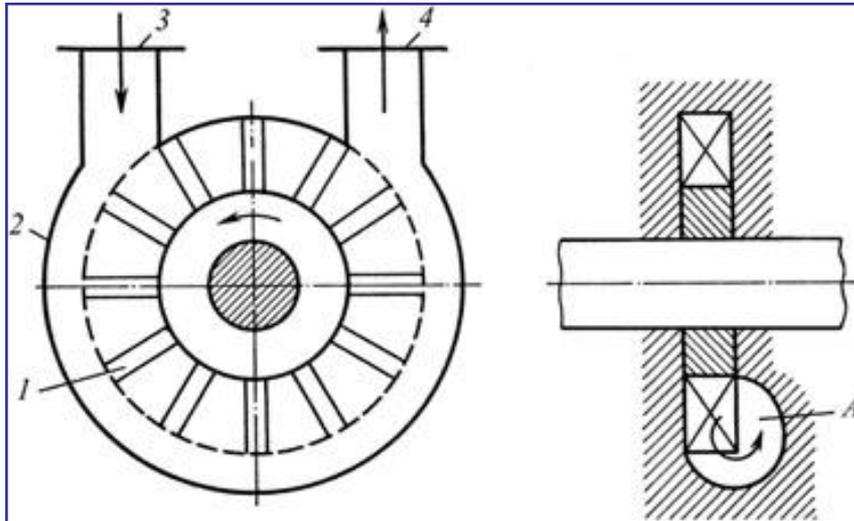
# Осевой насос

Использование осевого насоса в качестве водометного двигателя на плавающем танке



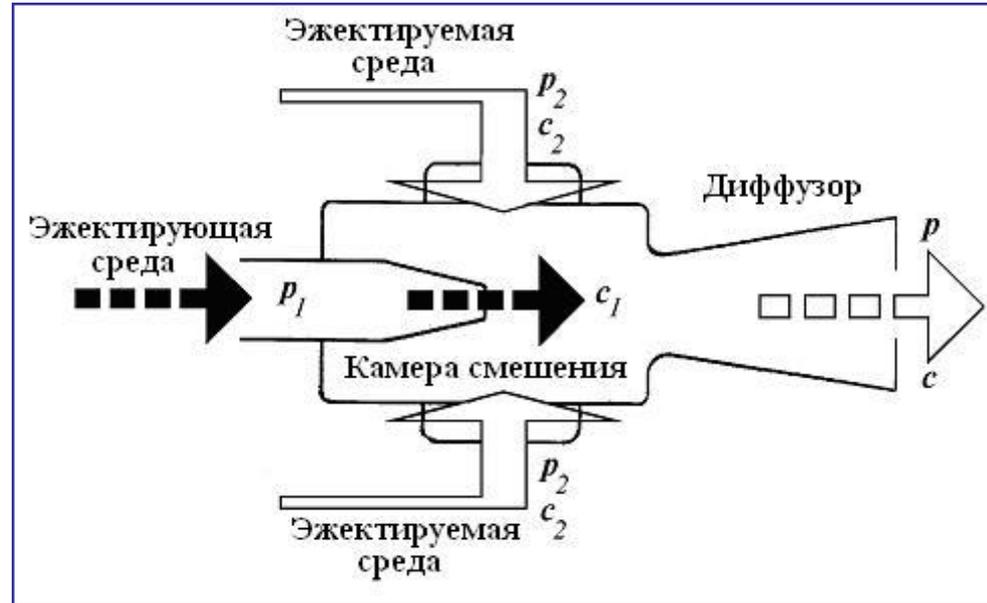
*1 – всасывающий патрубок; 2 – рабочие лопатки; 3 – неподвижные лопатки;  
4 – ротор; 5 – статор*

# Плоскостной насос

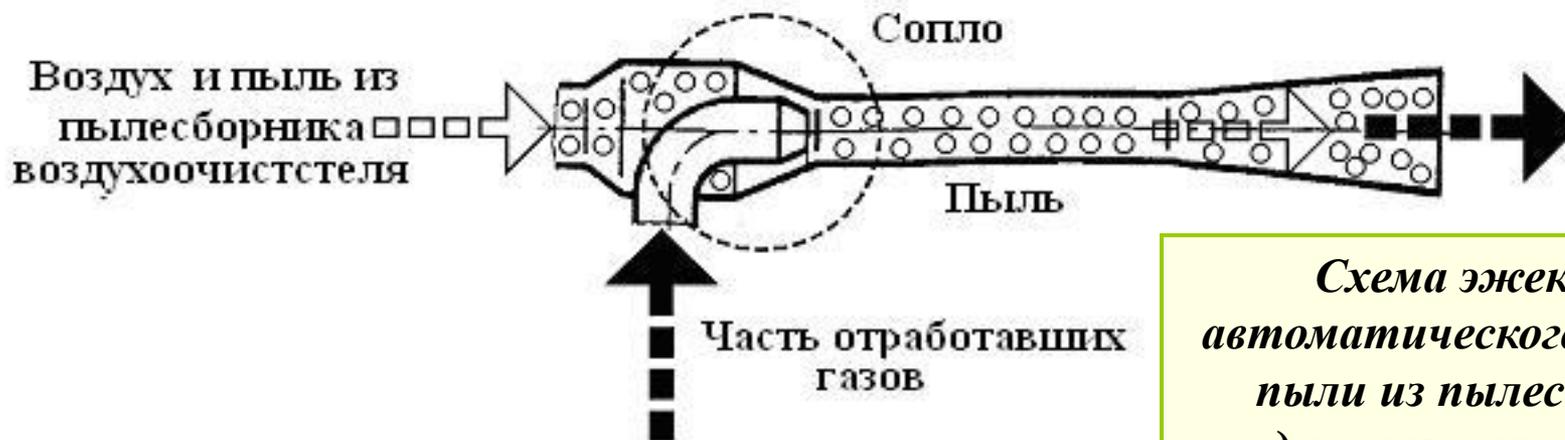


**1 – рабочее колесо; 2 – корпус;  
3 – всасывающий патрубок;  
4 - напорный патрубок**

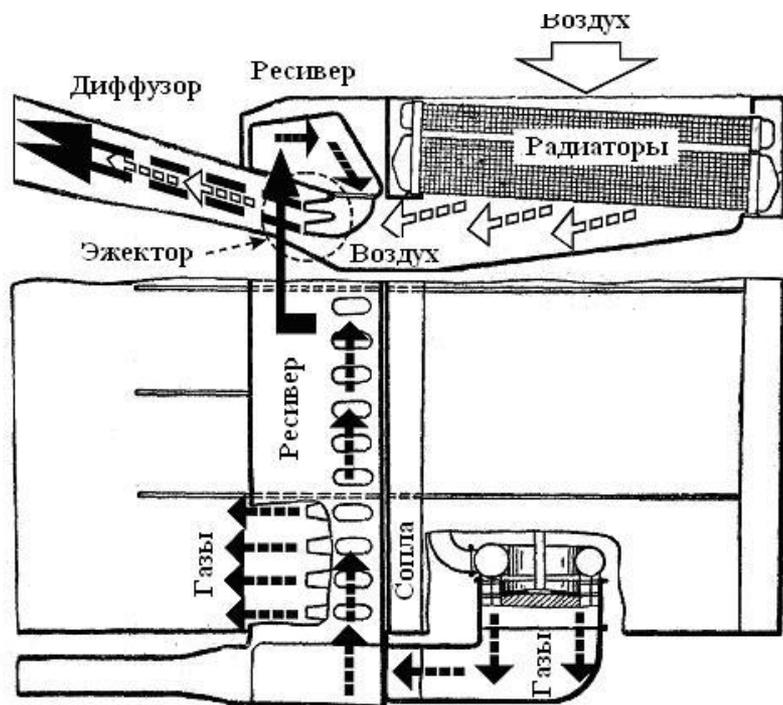
# Струйный насос



# Примеры применения струйных насосов



*Схема эжектора автоматического удаления пыли из пылесборника воздухоочистителя БМП-1*



*Схема эжекторной системы охлаждения танкового двигателя 5ТДФ*