

Роторные гидромашины

Лекция 6

1. Гидравлические машины шестеренного типа

Шестеренные машины в современной технике нашли широкое применение. Их основным преимуществом является конструкционная простота, компактность, надежность в работе и сравнительно высокий КПД. В этих машинах отсутствуют рабочие органы, подверженные действию центробежной силы, что позволяет эксплуатировать их при частоте вращения до 20с^{-1} . В машиностроении шестеренные гидромашины применяются в системах с дроссельным регулированием.

Шестеренные насосы. Основная группа шестеренных насосов состоит из двух прямозубых шестерен внешнего зацепления (рис.1, а). Применяются также и другие конструктивные схемы,

с внутренним зацеплением (рис.1, б), трех- и более шестеренные насосы (рис.1, в).

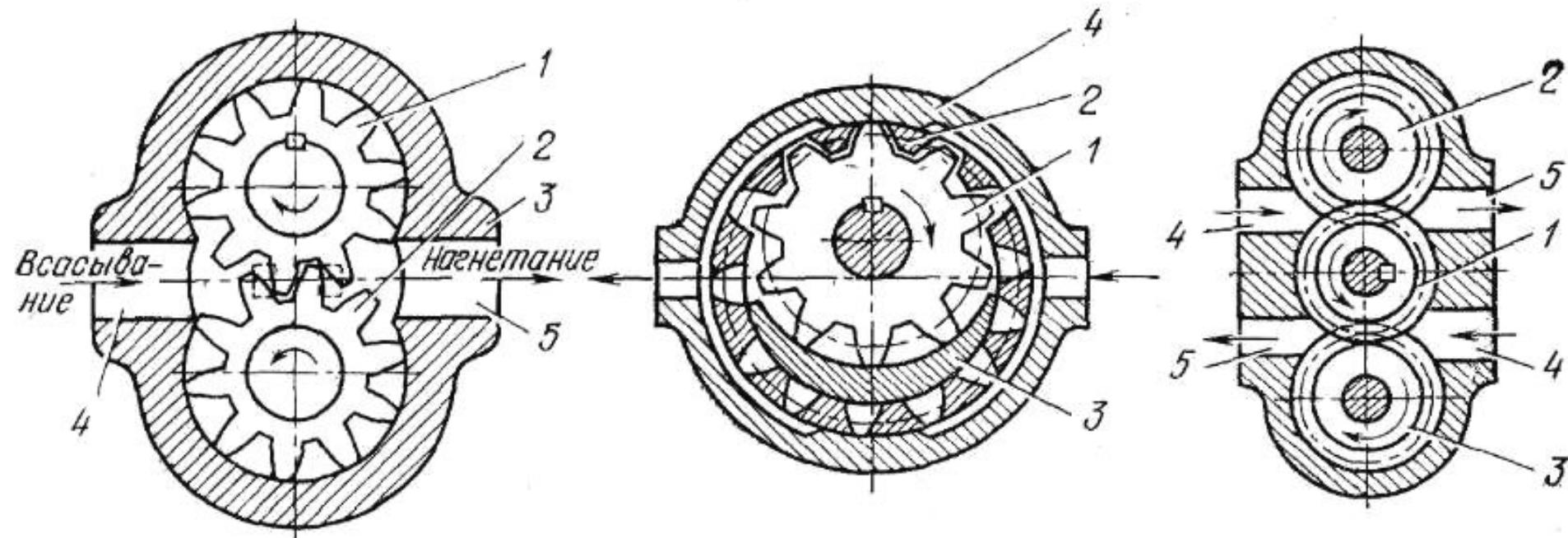


Рисунок 1 – Схемы шестеренных насосов:

а - с внешним зацеплением; б - с внутренним зацеплением; в - трехшестеренный

Шестеренный насос с внешним зацеплением (рис.3.1, а) состоит из ведущей 1 и ведомой 2 шестерен, размещенных с небольшим зазором в корпусе 3. При вращении шестерен жидкость, заполнившая рабочие камеры (межзубовые пространства), переносится из полости всасывания 4 в полость нагнетания 5. Из полости нагнетания жидкость вытесняется в напорный трубопровод.

Шестеренные насосы с внутренним зацеплением сложны в изготовлении, но дают более равномерную подачу и имеют меньшие размеры. Внутренняя шестерня 1 (см. рис.1, б) имеет на два-три зуба меньше, чем внешняя шестерня 2. Между внутренней и внешней шестернями имеется серпообразная перемычка 3, отделяющая полость всасывания от напорной полости.

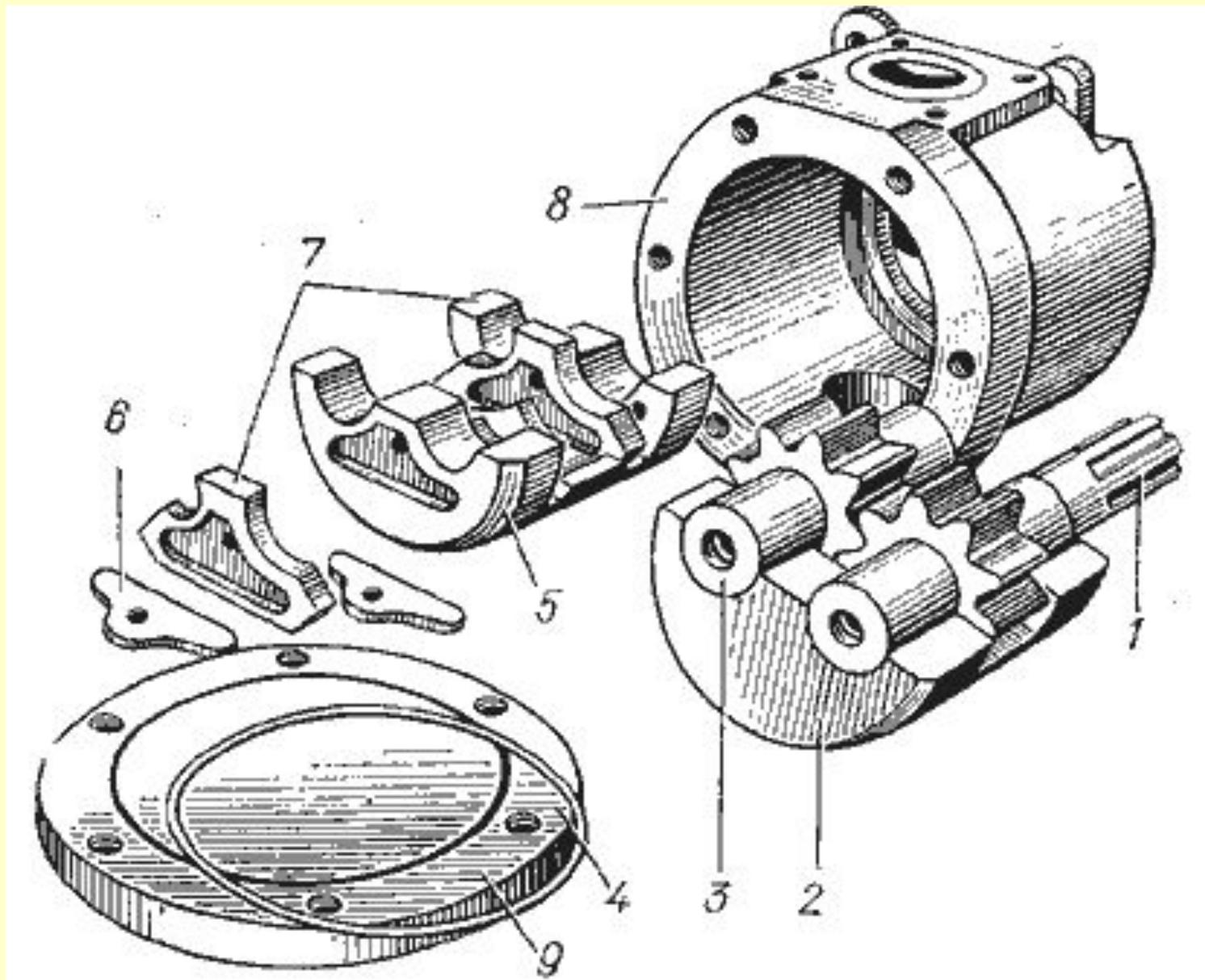


Рисунок 2 - Шестеренный насос НШ-К и его составные элементы

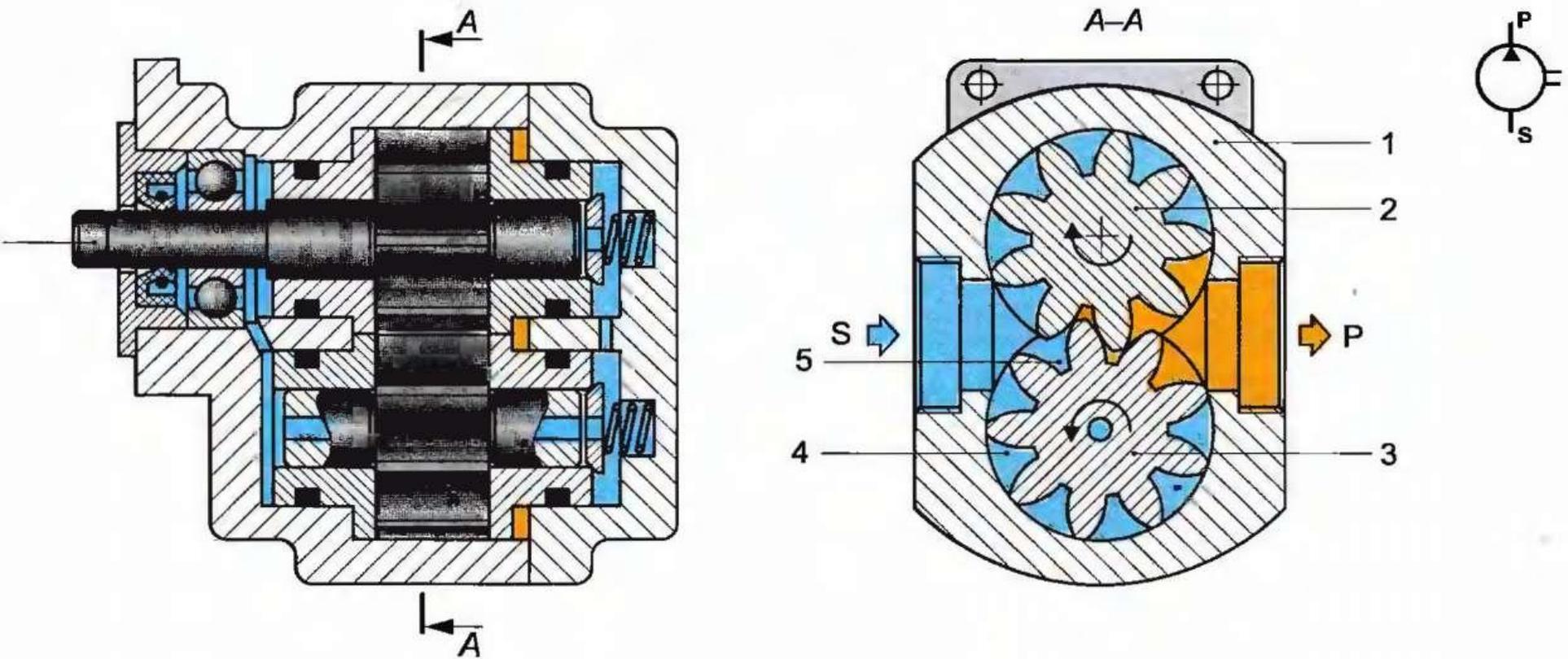


Рисунок 3 - Шестеренный насос с внешним зацеплением

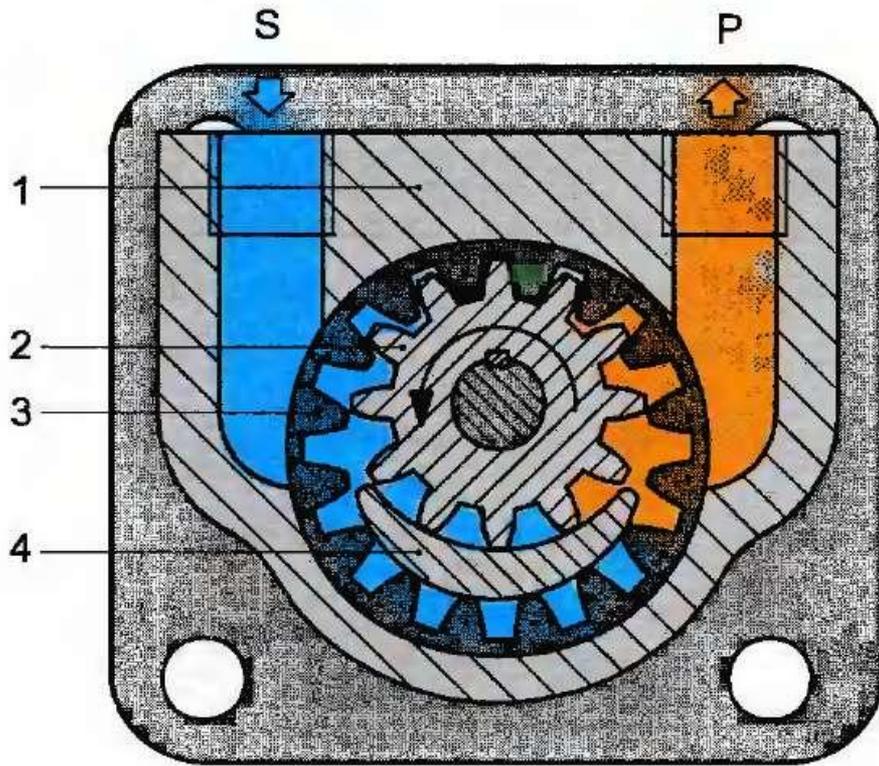


Рисунок 4 - Шестеренный насос внутреннего зацепления:

1 – корпус; **2** – внутренняя шестерня; **3** – внешняя шестерня; **4** - серповидный сегмент (разделяет всасывающую и нагнетательную полости).

При вращении внутренней шестерни жидкость, заполняющая рабочие камеры, переносится в напорную полость и вытесняется через окна в крышках корпуса 4 в напорный трубопровод.

На рис.1, в приведена схема трехшестеренного насоса. В этом насосе шестерня 1 ведущая, а шестерни 2 и 3 - ведомые, полости 4 - всасывающие, а полости 5 - напорные. Такие насосы выгодно применять в гидроприводах, в которых необходимо иметь две независимые напорные гидролинии.

Равномерность подачи жидкости шестерным насосом зависит от числа зубьев шестерни и угла зацепления. Чем больше зубьев, тем меньше неравномерность подачи, однако при этом уменьшается производительность насоса. Для устранения защемления жидкости в зоне контакта зубьев шестерен в боковых

стенках корпуса насоса выполнены разгрузочные канавки, через которые жидкость отводится в одну из полостей насоса.

Шестеренные гидромоторы. Работа шестеренных гидромоторов осуществляется следующим образом. Жидкость из гидромагистрали (см. рис.1, а) поступает в полость 4 гидродвигателя и, воздействуя на зубья шестерен, создает крутящий момент.

Конструктивно шестеренные гидромоторы отличаются от насосов меньшими зазорами в подшипниках, меньшими усилиями поджатия втулок к торцам шестерен, разгрузкой подшипников от неуравновешенных радиальных усилий. Пуск гидромоторов рекомендуется производить без нагрузки.

Шестеренные машины являются обратимыми, т.е. могут быть использованы и как гидромоторы и как насосы.

Средняя теоретическая подача шестеренного насоса с внешним зацеплением

$$Q_{н.т} = 2\pi m^2 z b n_n$$

Где m - модуль зубьев;

z - количество зубьев;

b - ширина шестерни;

n_n - частота вращения шестерен.

Среднее значение текущей подачи шестеренного насоса

$$Q_{н.ср} = m^2 b \left(z + \frac{1}{2} \right) \omega_n$$

Теоретический средний крутящий момент шестерной гидромашины

$$M_{m.cp} = \frac{\Delta p q}{2\pi} = \Delta p m b \left(d_n + \frac{m}{2} \right)$$

где Δp - перепад давления на гидромашине

2. Пластинчатые насосы и гидромоторы

Пластинчатые насосы и гидромоторы 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, шиберами.

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.

Схема насоса однократного действия приведена на рис. 5. Насос состоит из ротора 1, установленного на приводном валу 2, опоры которого размещены в корпусе насоса. В роторе имеются радиальные или расположенные под углом к радиусу пазы, в которые вставлены пластины 3. Статор 4 по отношению к ротору расположен с эксцентриситетом e . К торцам статора и ротора с малым зазором (0,02...0,03 мм) прилегают торцевые распределительные диски 5 с серповидными окнами. Окно 6 каналами в корпусе насоса соединено с гидролинией всасывания 7, а окно 8 - с напорной гидролинией 9. Между окнами имеются уплотнительные перемычки 10, обеспечивающие герметизацию зон всасывания и нагнетания. Центральный угол, образованный этими перемычками, больше угла между двумя соседними пластинами.

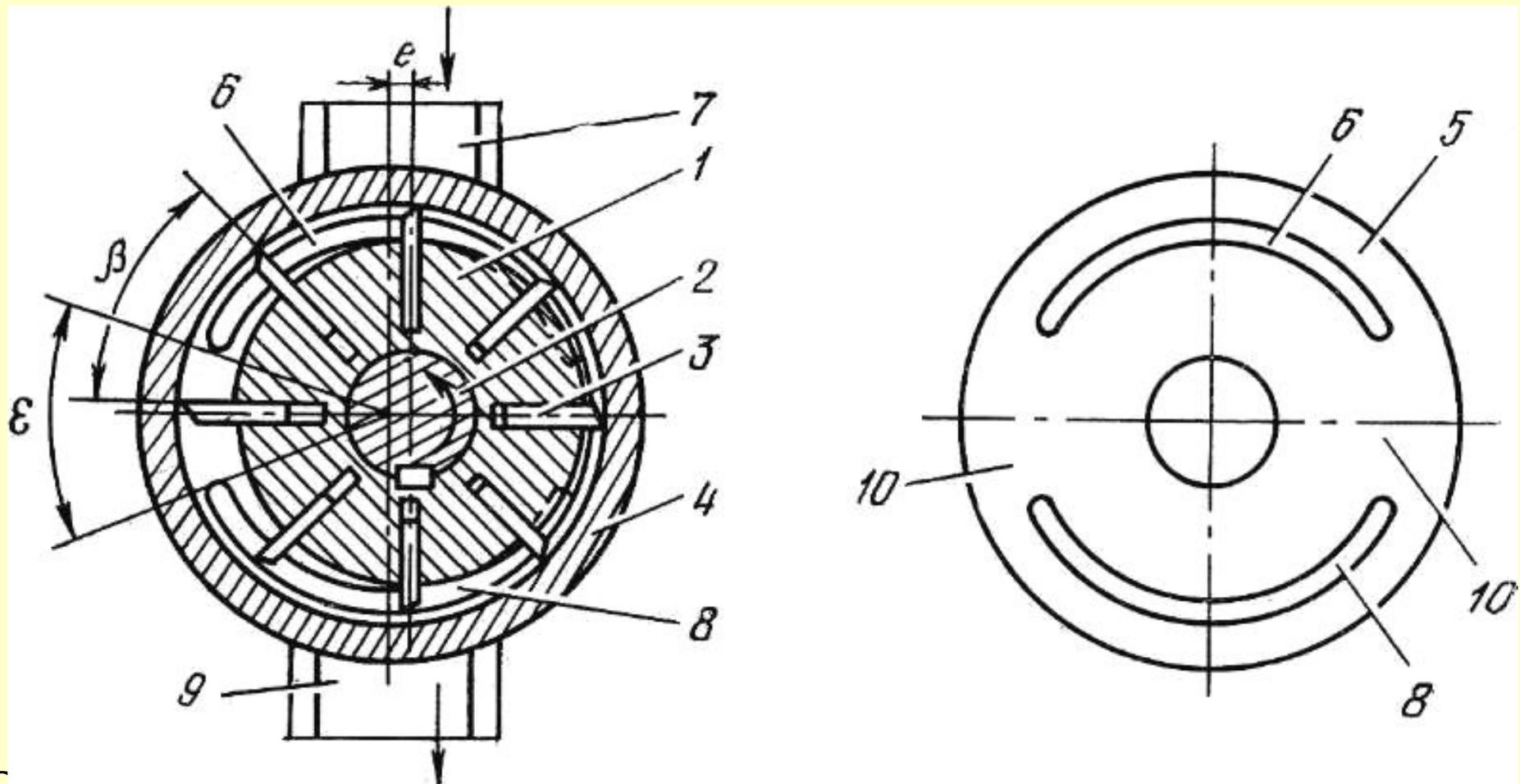


Рисунок 5 - Схема пластинчатого насоса однократного действия:

1 - ротор; 2 - приводной вал; 3 - пластины; 4 - статор;
 5 - распределительный диск; 6, 8 - окна; 7 - гидролиния всасывания; 9 - гидролиния нагнетания

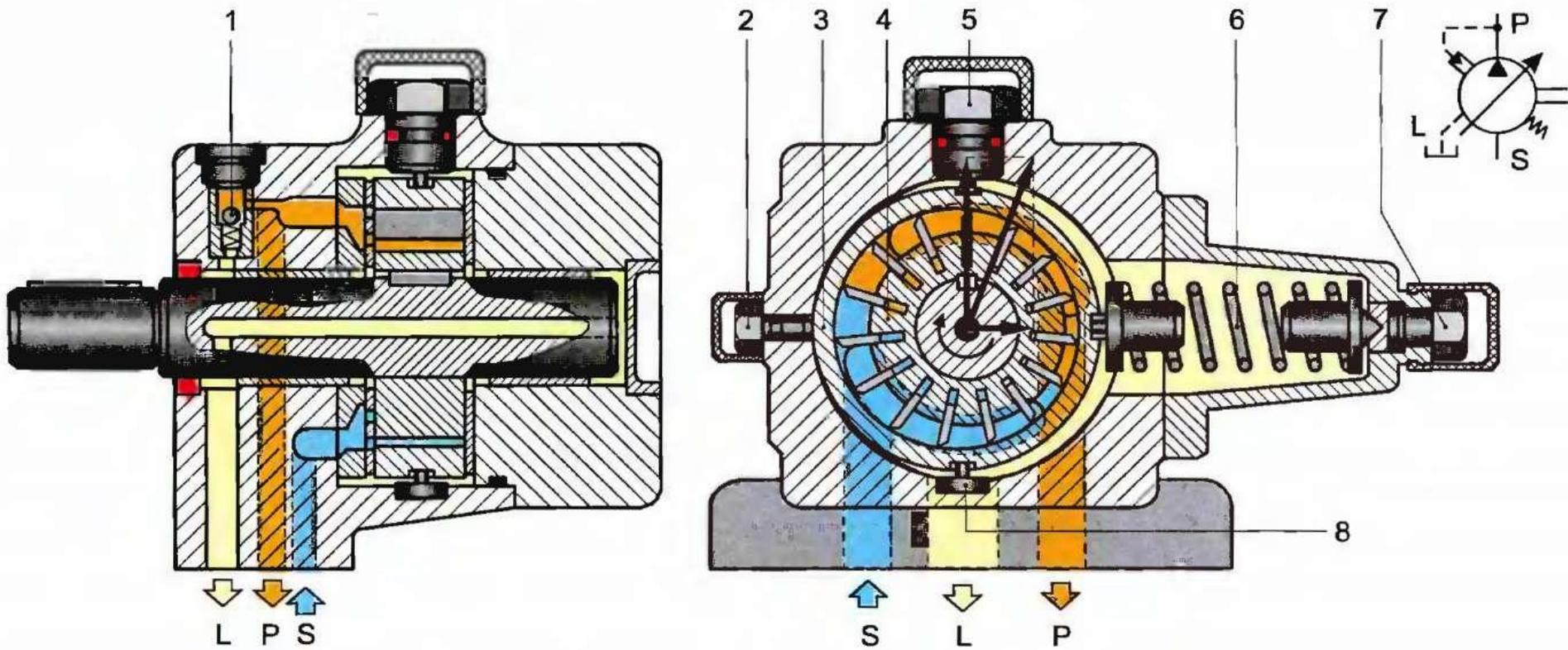


Рисунок 6 - Пластинчатый насос однократного действия с регулируемым рабочим объемом

При изменении эксцентриситета e изменяется подача насоса. Если $e = 0$ (ротор и статор расположены соосно), пластины не будут совершать возвратно-поступательных движений, объем рабочих камер не будет изменяться, и, следовательно, подача насоса будет равна нулю. При перемене эксцентриситета с $+e$ на $-e$ изменяется направление потока рабочей жидкости (линия 7 становится нагнетательной, а линия 9 - всасывающей). Таким образом, пластинчатые насосы однократного действия регулируемые и реверсируемые.

В насосах двойного действия (рис.7) ротор 1 и 2 статор соосны. Эти насосы имеют по две симметрично расположенные полости всасывания и полости нагнетания. Такое расположение зон уравнивает силы, действующие со стороны рабочей жидкости, и разгружает приводной вал 2, который будет нагружен только крутящим моментом. Для большей уравновешенности число пластин 3 в насосах двойного действия принимается четным. Торцевые распределительные диски 5 имеют четыре окна. Два окна 6 каналами в корпусе насоса соединяются с гидролинией всасывания 7, другие два 8 - с напорной гидролинией 9. Так же как и в насосах однократного действия, между окнами имеются уплотнительные перемычки 10. Для герметизации зон всасывания и нагнетания должно быть соблюдено условие, при котором $\varepsilon < \beta$.

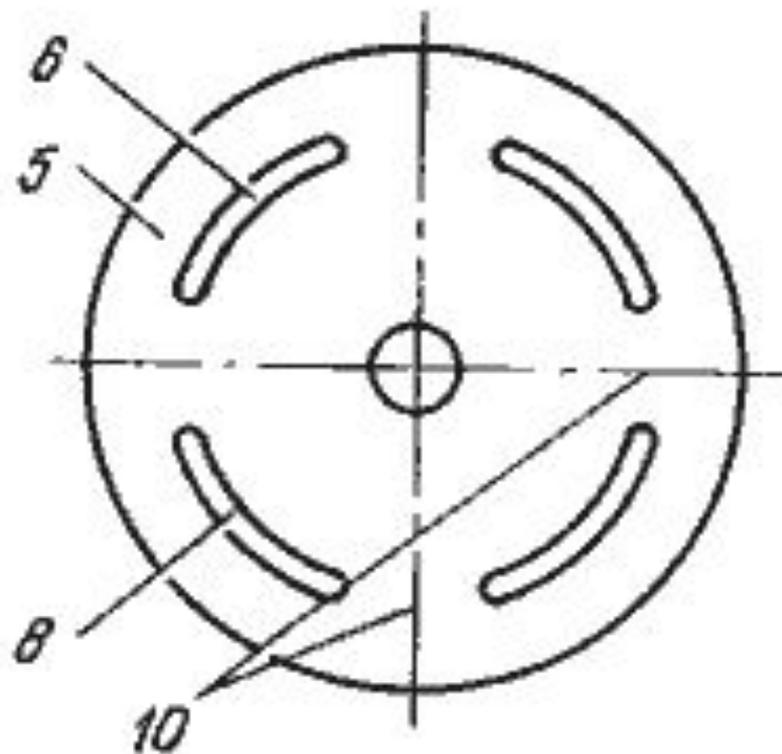
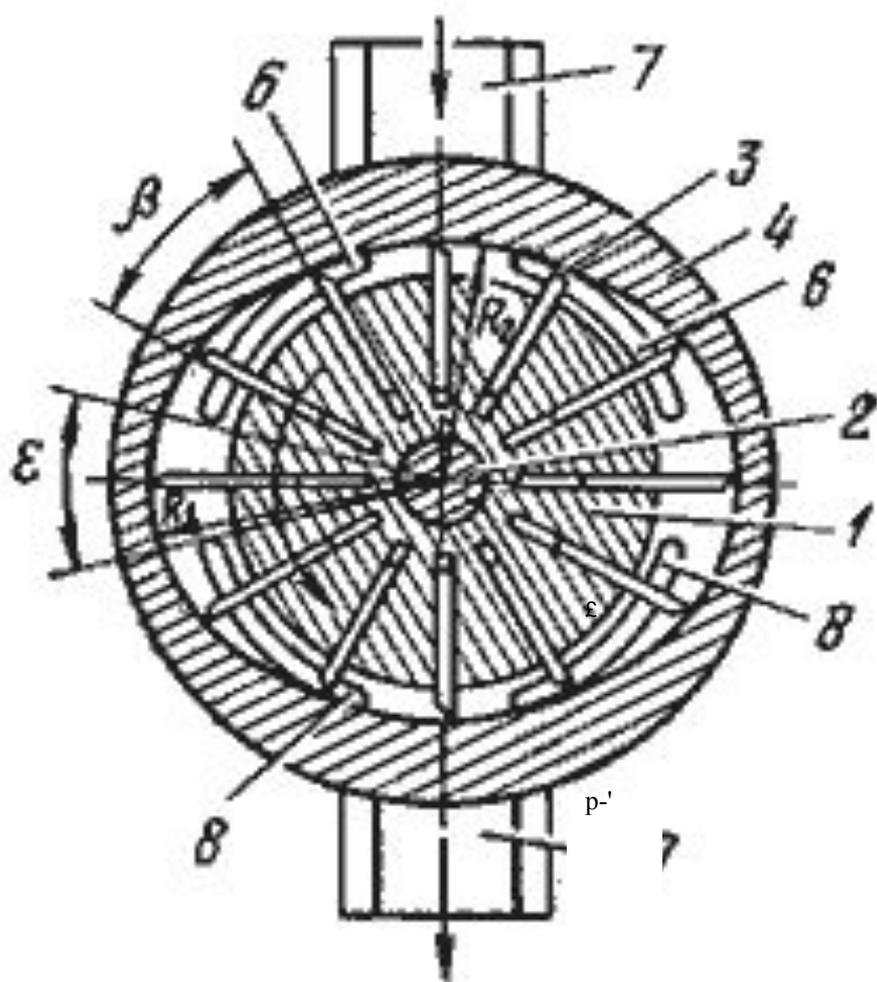


Рисунок 7 - Схема пластинчатого насоса двойного действия: 1 - ротор; 2 - приводной вал; 3 - пластины; 4 - статор; 5 - распределительный диск; 6, 8 - окна; 7 - гидролиния всасывания; 9 - гидролиния нагнетания

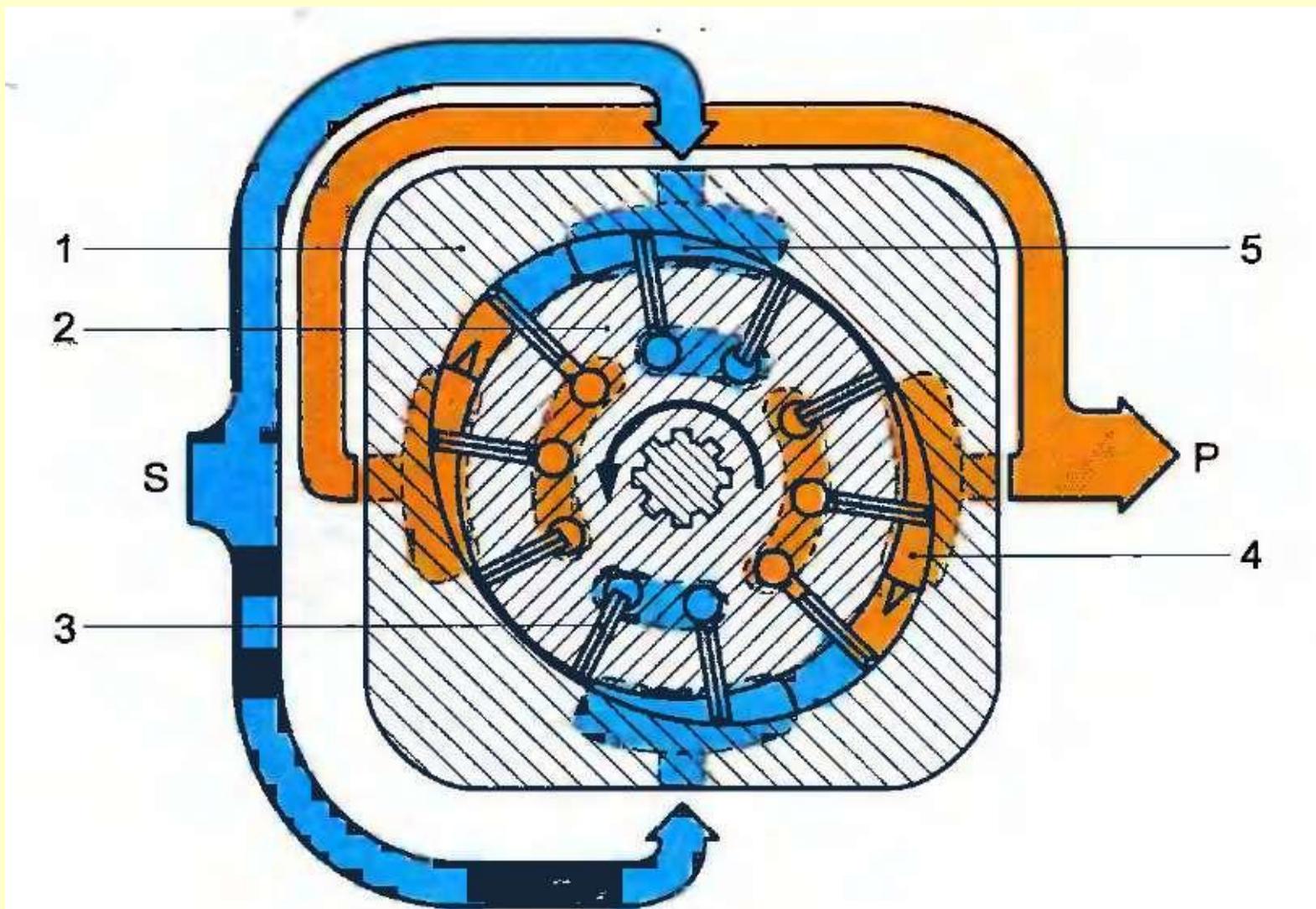


Рисунок 8 - Схема пластинчатого нерегулируемого насоса двукратного действия

Пластинчатые гидромоторы могут быть также одно-, двух- и многократного действия. Пластинчатые гидромоторы от пластинчатых насосов отличаются тем, что в их конструкцию включены устройства, обеспечивающие постоянный прижим пластин к статорному кольцу.

Гидромоторы двойного действия так же, как и насосы двойного действия, нерегулируемые.

Надежность и срок службы пластинчатых гидромашин зависят от материала пластин и статорного кольца. Во избежание отпуска материала пластин из-за нагрева от трения о статорное кольцо пластины изготавливают из стали с высокой температурой отпуска. Статорное кольцо цементируется и закаливается. Ротор изготавливают из закаленной хромистой стали, а торцевые распределительные диски из бронзы.

Рабочий объем многопластинчатого насоса
однократного действия

$$q_H = 4 \pi R e B$$

Средняя за рабочий цикл теоретическая подача
многопластинчатого насоса однократного действия
составляет

$$Q_{H.m} = 4 \pi R e B n_H$$

Рабочий объем многопластинчатого насоса
двукратного действия

$$q_H = 2 \pi B \left(r_2^2 - r_1^2 \right)$$

где B – ширина пластины

Теоретическая средняя за оборот ротора подача многопластинчатого насоса двукратного действия без учета объема, который занимают пластины, равняется

$$Q_{н.т} = q_n n_n = 2\pi B n_n (r_2^2 - r_1^2)$$

Средний теоретический крутящий момент гидромотора однократного действия составляет

$$M_{м.т} = \frac{P_m q_m}{2\pi} = p_m B e D$$

Теоретический крутящий момент многопластинчатого гидромотора двукратного действия без учета толщины пластин

$$M_{м.т} = \frac{P_m B}{2} (r_2^2 - r_1^2)$$

3. Винтовые насосы

Винтовые насосы представляют собой одну или несколько пар зацепляющихся, параллельно расположенных винтов со специальным профилем нарезки, размещенных с малыми зазорами в расточках корпуса. Наиболее распространены трехвинтовые насосы с двухзаходными винтами, представленной на рис. 9.

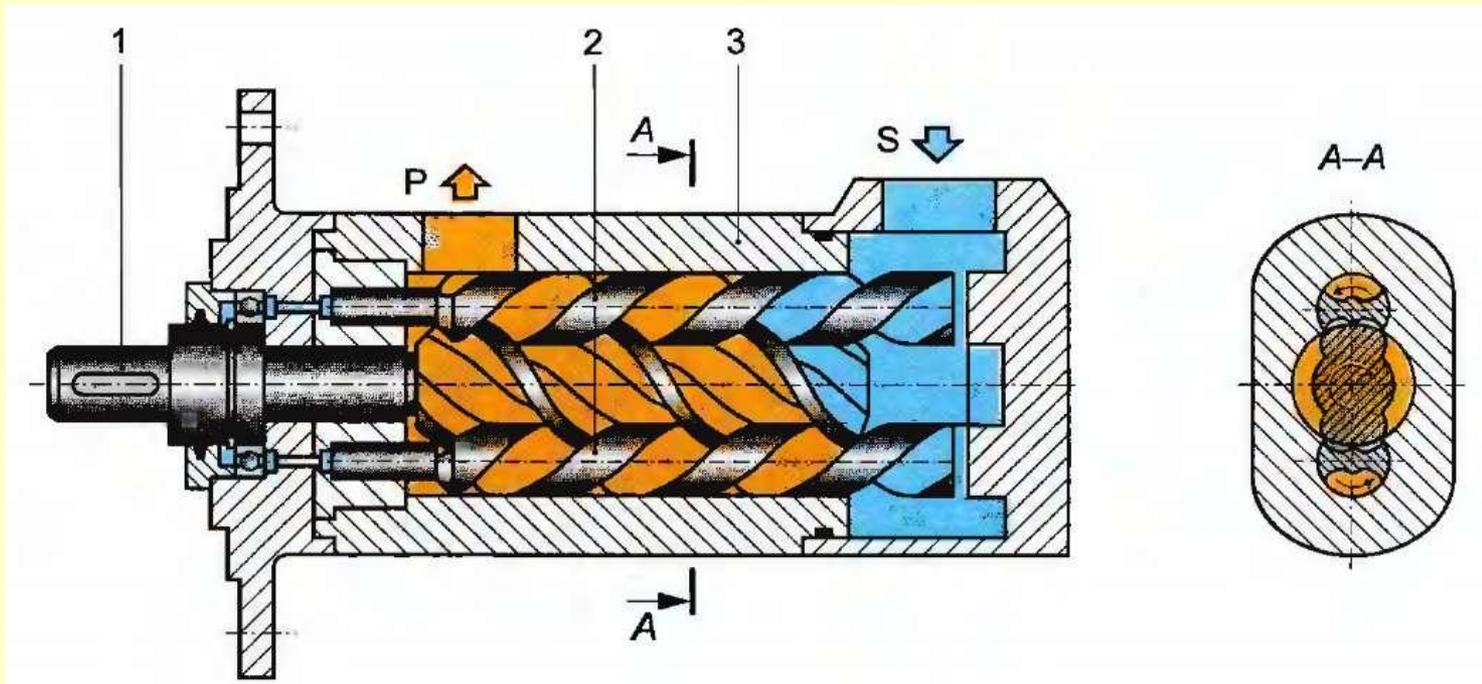


Рисунок 9 - Трехвинтовой насос

Рабочий объем трехвинтового насоса определяется объемом проточной полости машины в пределах одного шага нарезки

$$q_H = t F_p = t (F - f)$$

где t - шаг нарезки витков винта;

F - площадь поперечного сечения рабочей камеры;

F_p - площадь поперечного сечения проточек обоймы, в которых размещены винты;

f - суммарная площадь поперечных сечений ведущего и ведомого винтов.

Средняя теоретическая подача трехвинтового насоса

$$Q_{H.t} = q_H n_H = t (F - f) n_H$$