

Насосы и компрессоры

Гидравлические машины

Гидравлические машины – машины, которые сообщают протекающей через них жидкости механическую энергию (насос), либо получают от жидкости часть энергии и передают ее рабочему органу для полезного использования (гидравлический двигатель).

Насос – устройство для создания потока жидкой среды.

Гидродвигатель служит для преобразования энергии, обратного тому, которое имеет место в насосах, т.е. для преобразования энергии потока жидкости в энергию выходного звена (вала, поршня и т.д.). Это могут быть гидротурбины или гидроцилиндры.

Гидромашины могут быть двух типов:
гидродинамические и *объемные*.

В гидродинамических приводах и нагнетательных машинах используется в основном кинетическая энергия потока жидкости.

В объемных – потенциальная энергия давления рабочей жидкости.

Динамические гидромашины характеризуются высокими скоростями движения их рабочих органов.

В объемных же гидромашинах большие скорости рабочих органов не обязательны, т.к. главную роль в их рабочем процессе играет давление жидкой среды.

К динамическим насосам относятся лопастные насосы (жидкая среда перемещается путем обтекания лопасти):

- Центробежные – жидкость перемещается от центра к периферии (центробежные силы)
- Осевые – жидкость перемещается через рабочее колесо в направлении его оси.

Объемные насосы:

- Зубчатые (или шестеренные) – перемещение жидкой среды осуществляется в плоскости, перпендикулярной оси вращения рабочих органов;
- Винтовые – перемещение жидкой среды вдоль оси рабочих органов;
- Роторно-поступательные (плунжерные, или поршневые)

Основные технические показатели

- Объемная подача насоса Q – отношение объема подаваемой жидкости ко времени (V/t);
- Идеальная подача Q_i – сумма подачи и объемных потерь насоса;
- Рабочий объем насоса V_0 (для объемных насосов) – разность наибольшего и наименьшего значений замкнутого объема за оборот или двойной ход рабочего органа насоса;
- Напор насоса H – величина, определяемая зависимостью $H = p/\rho g$,

где p – давление; ρ – плотность жидкой среды.

Идеальная подача для объемных насосов определяется скоростью движения рабочих органов:

$$Q_n = V_o n,$$

Полезная мощность насоса N_p – мощность, сообщаемая насосом жидкой среде:

$$N_p = \rho Q = \rho g Q H.$$

Мощность, потребляемая насосом:

$$N = M\omega,$$

где M – крутящий момент на валу насоса;
 ω – угловая скорость вращения вала.

Эффективность конструкции определяется КПД насоса – отношением полезной мощности к мощности насоса:

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N} = \frac{\rho g Q H}{M\omega} = \frac{\rho Q}{M\omega} \cdot$$

Потери мощности в гидромашинах принято подразделять на 3 вида и оценивать соответствующим КПД.

Для насосов, например, различают:

- гидравлический КПД, являющийся отношением полезной мощности и мощности, затраченной на преодоление гидравлических сопротивлений в насосе;
- механический КПД – величина, выражающая относительную долю механических потерь в насосе;
- объемный КПД – отношение полезной мощности насоса к сумме полезной мощности и мощности, потерянной с утечками.

$$\eta = \eta_{\text{г}} \eta_{\text{м}} \eta_{\text{о}}$$

Поршневые насосы

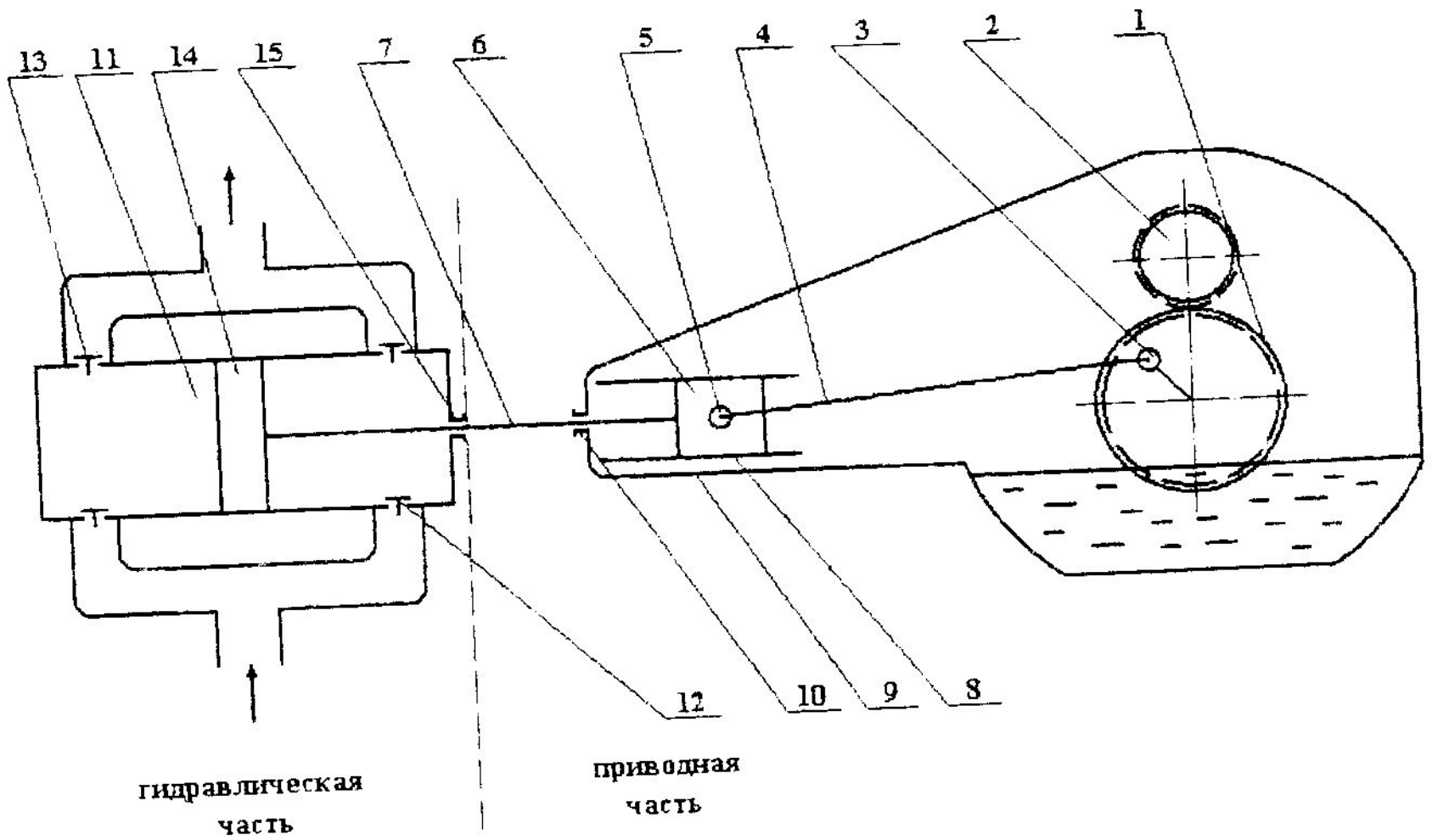
К поршневым насосам относят возвратно-поступательные насосы, у которых рабочие органы выполнены в виде поршней. Весьма распространенной разновидностью поршневых насосов являются насосы плунжерного типа, применяемые в двигателях внутреннего сгорания.

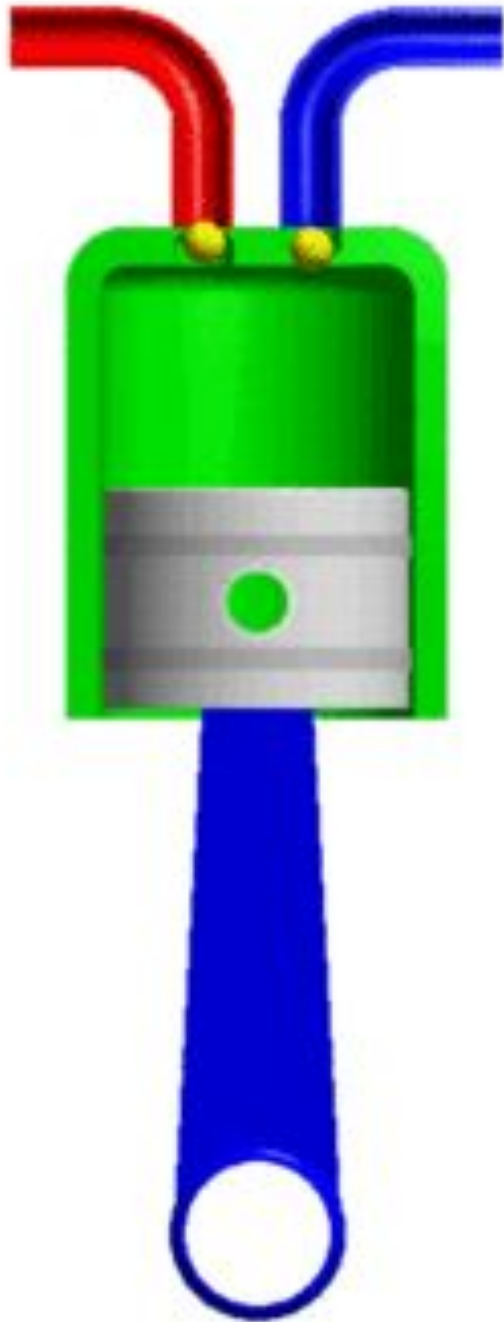
Поршневые насосы классифицируют:

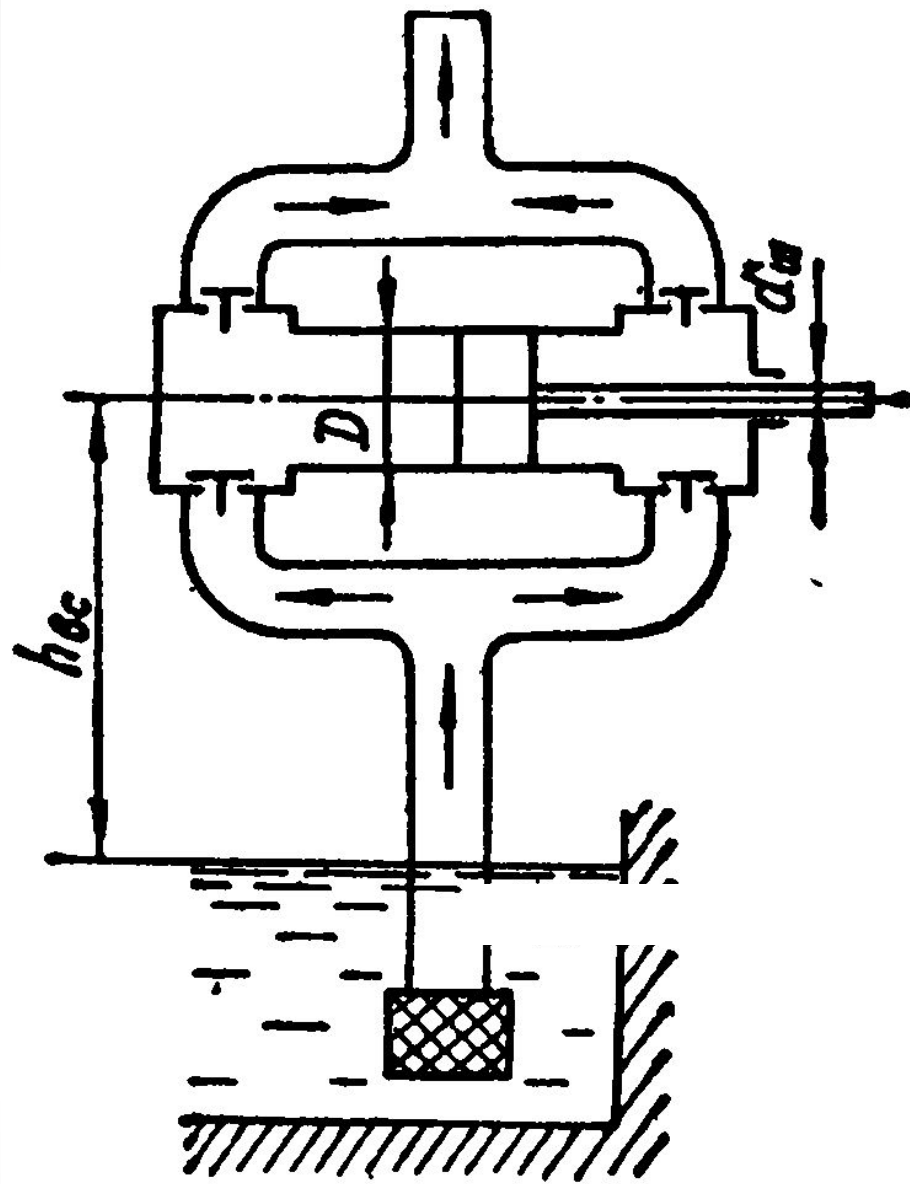
- По числу поршней: 1-, 2-, 3-х и много поршневые;
- По организации процессов всасывания и нагнетания – одно- или двухстороннего действия;
- По кинематике приводного механизма: приводные насосы с кривошипно-шатунным механизмом, прямодействующие, с ручным приводом.



При движении поршня вправо в рабочей камере насоса создаётся разрежение, нижний клапан открыт, а верхний клапан закрыт, — происходит всасывание жидкости. При движении в обратном направлении в рабочей камере создаётся избыточное давление, и уже открыт верхний клапан, а нижний закрыт, — происходит нагнетание жидкости.



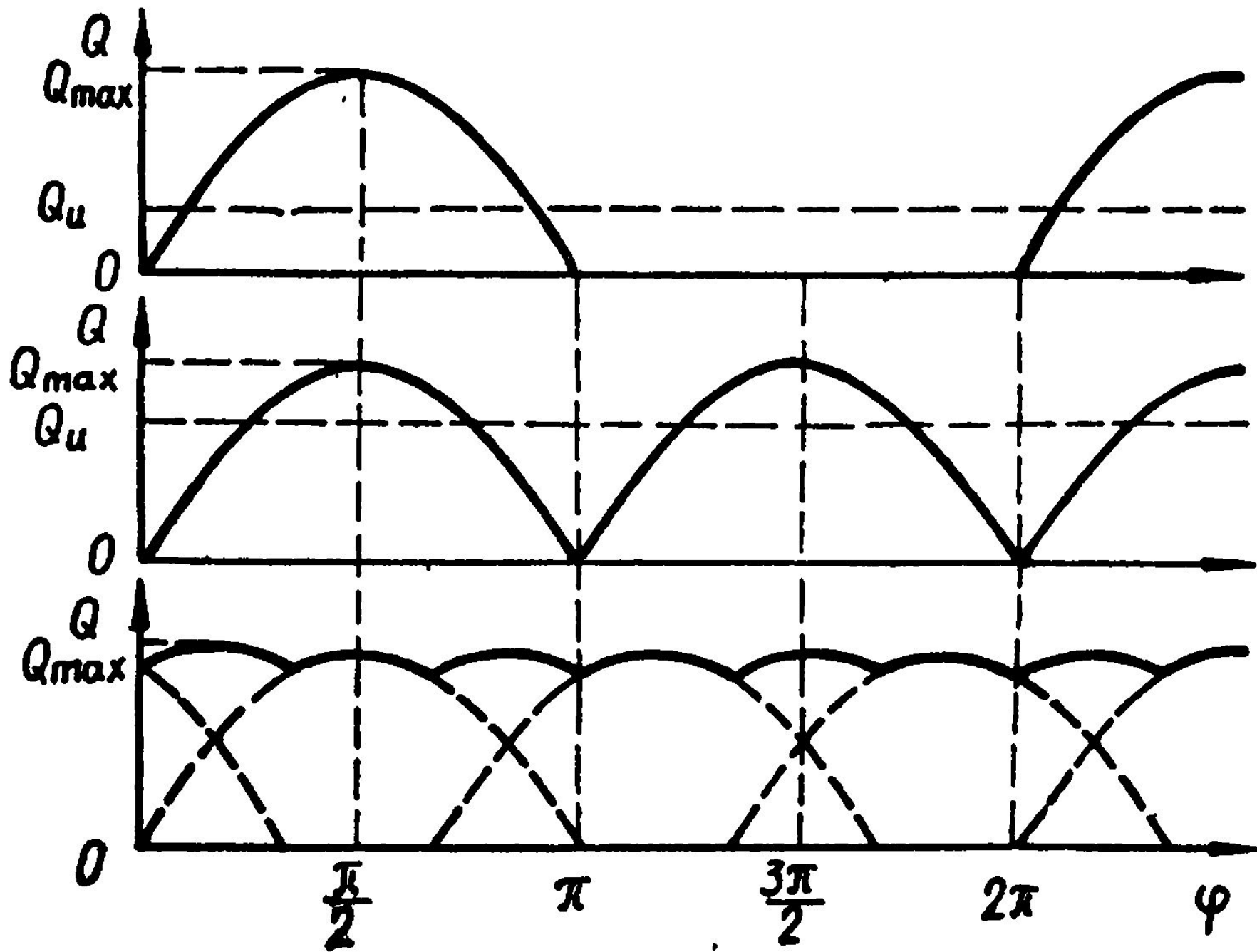




Насос двухстороннего действия

Мгновенная подача насоса является величиной переменной и изменяется по синусоидальному закону. На рисунке приведены для примеры графики подачи поршневых насосов:

- а) одностороннего действия;
- б) двухстороннего действия;
- в) трехпоршневого одностороннего действия со смещением фаз рабочих циклов на 120° .



- Достоинства:

- Большая высота всасывания (6...7,5 м);
- достаточно высокий коэффициент полезного действия при перекачке высоковязких жидкостей;
- высокое давление.

- Недостатки:

- конструктивно сложны, дороги, малопродуктивны;
- подача неравномерна.

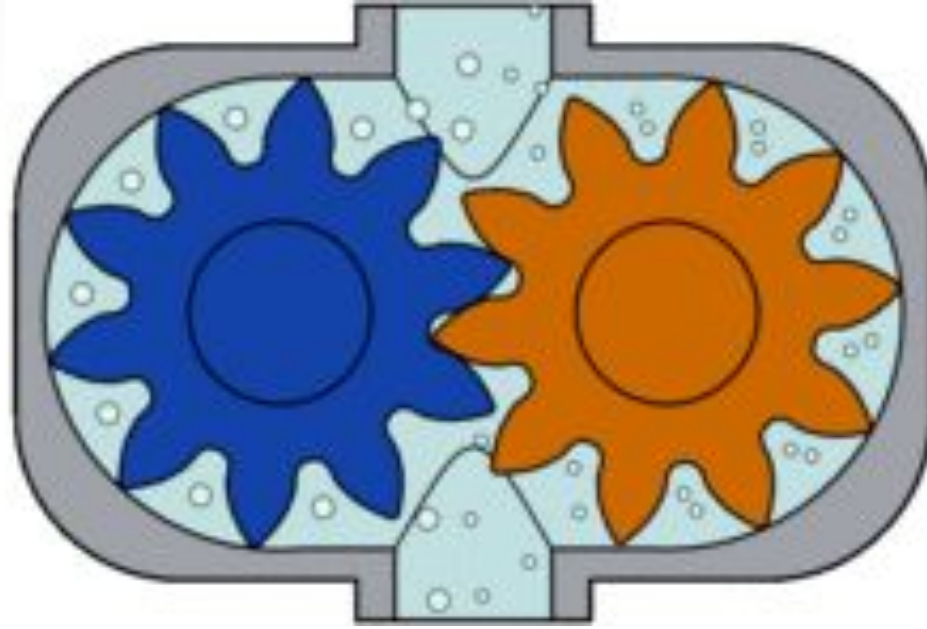
Роторные насосы

Роторным называется объемный насос с вращательным и возвратно-поступательным движением рабочих органов независимо от характера движения ведущего звена насоса. К ним относятся зубчатые (шестеренные), винтовые, шибберные, роторно-поршневые и другие насосы.

Характерные свойства:

- Обратимость – возможность переводить насос в режим гидромотора;
- Значительная быстроходность (до 5000-7000 об/мин);
- Высокая равномерность подачи, обусловленная большим количеством рабочих камер;
- Сравнительно малая подача и высокое давление;
- Самовсасывание – способность создавать вакуум.

Шестеренные насосы



Шестеренным называют зубчатый насос с рабочими органами в виде шестерен, обеспечивающих геометрическое замыкание рабочей камеры и передающих крутящий момент.

Ведущая шестерня находится в постоянном зацеплении с ведомой и приводит её во вращательное движение. При вращении шестерён насоса в противоположные стороны в полости всасывания зубья, выходя из зацепления, образуют разрежение (вакуум). За счёт этого из гидробака в полость всасывания поступает рабочая жидкость, которая, заполняя впадины между зубьями обеих шестерён, перемещается зубьями вдоль цилиндрических стенок колодцев в корпусе и переносится из полости всасывания в полость нагнетания, где зубья шестерён, входя в зацепление, выталкивают жидкость из впадин в нагнетательный трубопровод.

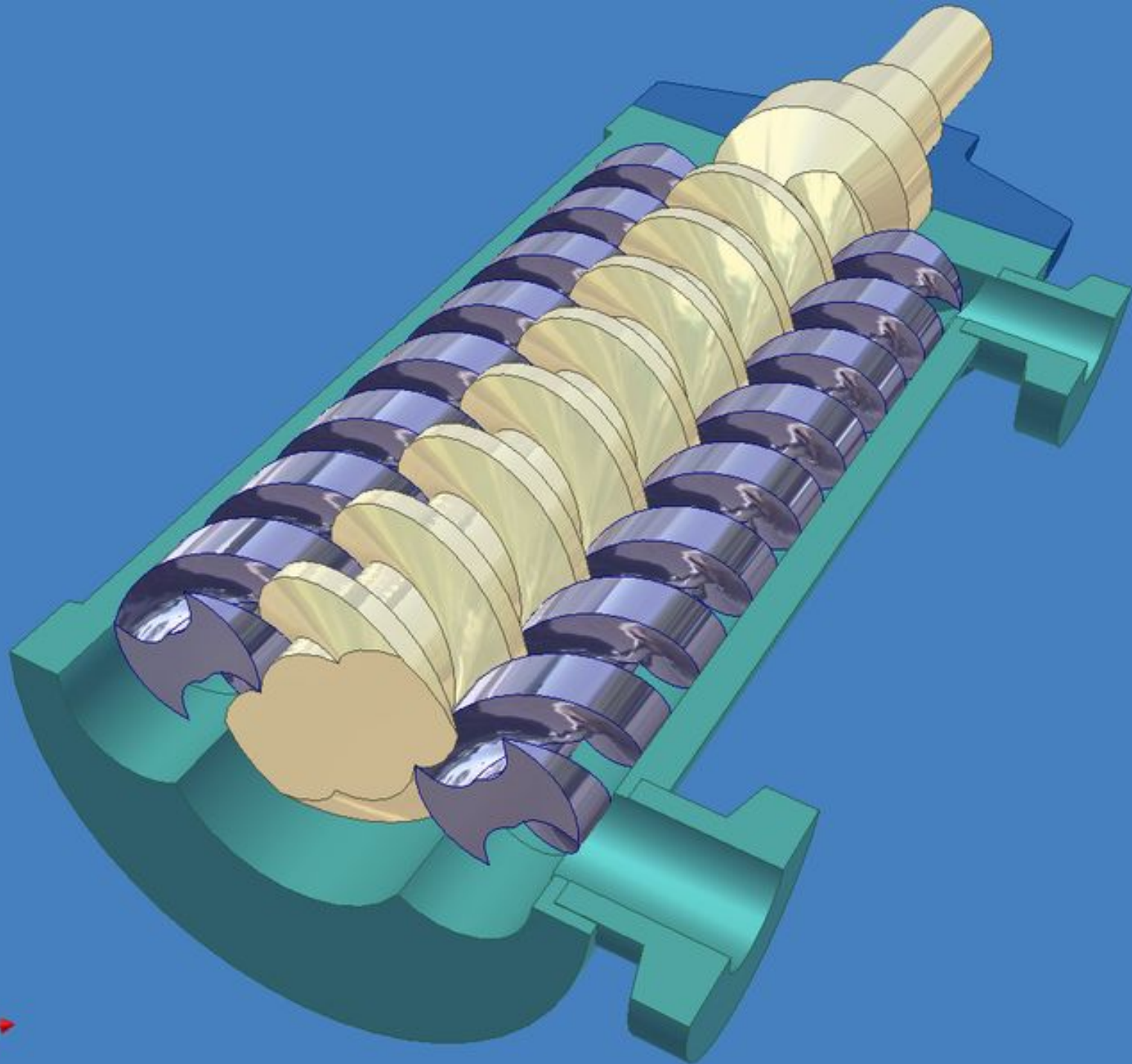
При этом между зубьями образуется плотный контакт, вследствие чего обратный перенос жидкости из полости нагнетания в полость всасывания ничтожен. Смазка движущихся элементов насоса производится перекачиваемой жидкостью (масло, расплав полимера и др.), для поступления смазывающей жидкости к зонам трения конструкцией насоса предусматриваются специальные каналы в корпусных деталях насоса.

Винтовые насосы

Винтовой или шнековый насос — насос, в котором создание напора нагнетаемой жидкости осуществляется за счёт вытеснения жидкости одним или несколькими винтовыми металлическими роторами, вращающимся внутри статора соответствующей формы.

Винтовые насосы являются разновидностью роторно-зубчатых насосов и легко получают из шестеренных путём уменьшения числа зубьев шестерён и увеличения угла наклона зубьев.

Перекачивание жидкости происходит за счёт перемещения её вдоль оси винта в камере, образованной винтовыми канавками и поверхностью корпуса. Винты, входя винтовыми выступами в канавки смежного винта, создают замкнутое пространство, не позволяя жидкости перемещаться назад.



Центробежные насосы

В центробежных насосах жидкость перемещается от сечения с меньшим давлением к сечению с большим давлением центробежной силой, возникающей при вращении рабочего колеса с профильными лопатками.

Классификация ЦБН.

По конструкции рабочего колеса:

- консольный с подшипниковым кронштейном (с колесом одностороннего входа);
- с колесом двустороннего входа.

По числу рабочих колес:

- с одним рабочим колесом;
- секционный.

Опорные подшипники скольжения с высокой несущей способностью

Торцовые уплотнения патронного типа с дополнительным щелевым уплотнением в соответствии с API 682

Повышение ресурса и надежности с помощью применения деталей проточной части из высокопрочных износостойких материалов

Гидроциклоны для очистки нефти, поступающей на охлаждение пар торцовых уплотнений

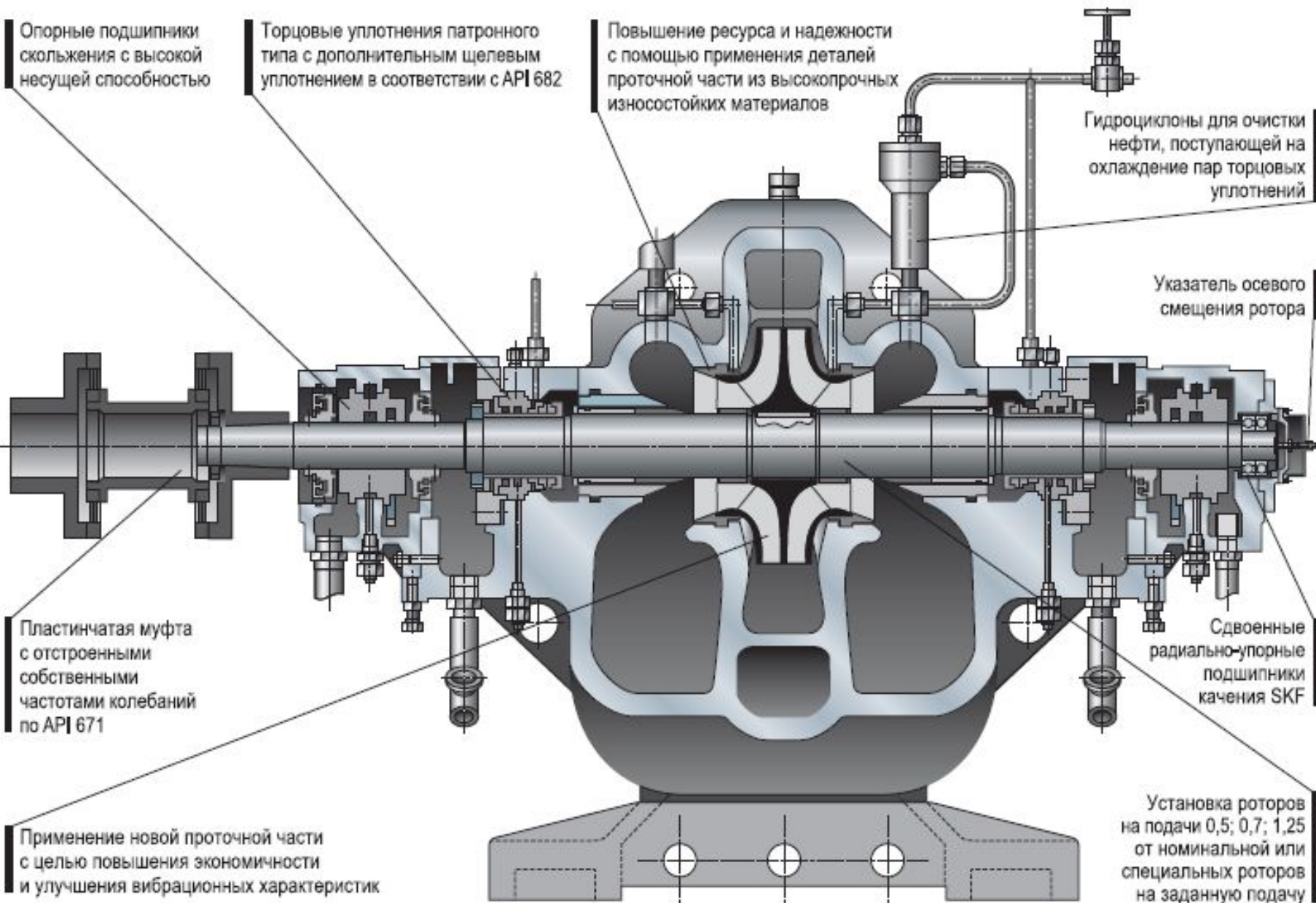
Указатель осевого смещения ротора

Пластинчатая муфта с отстроенными собственными частотами колебаний по API 671

Сдвоенные радиально-упорные подшипники качения SKF

Применение новой проточной части с целью повышения экономичности и улучшения вибрационных характеристик

Установка роторов на подачи 0,5; 0,7; 1,25 от номинальной или специальных роторов на заданную подачу



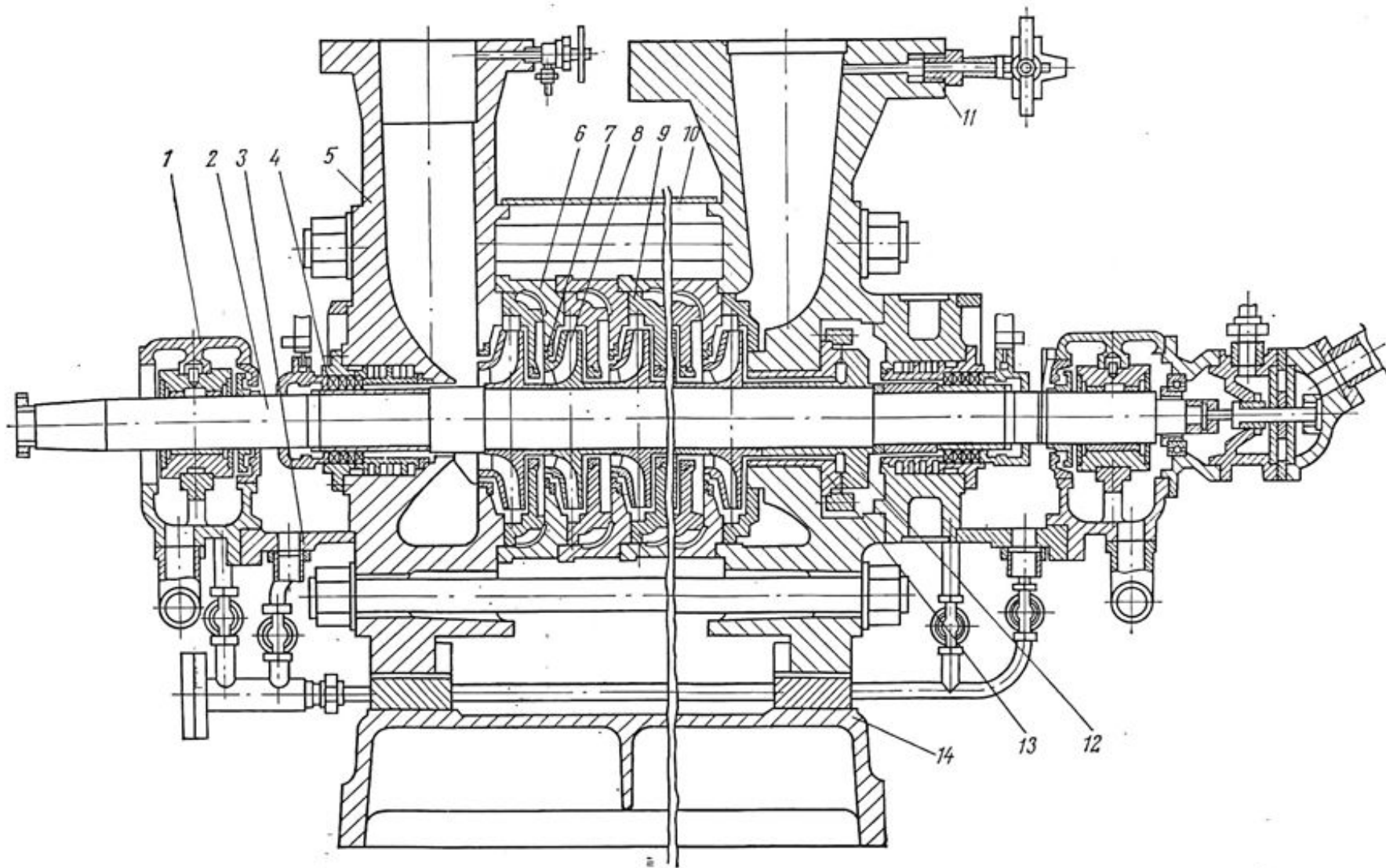
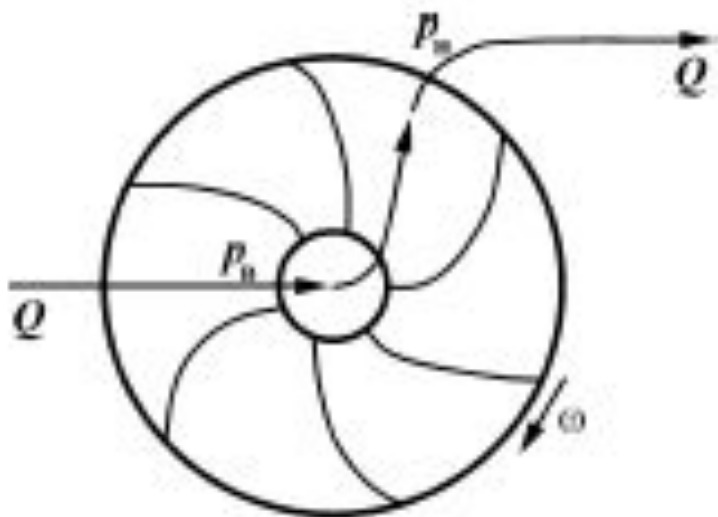


Рис. 2. Продольный разрез секционного насоса:

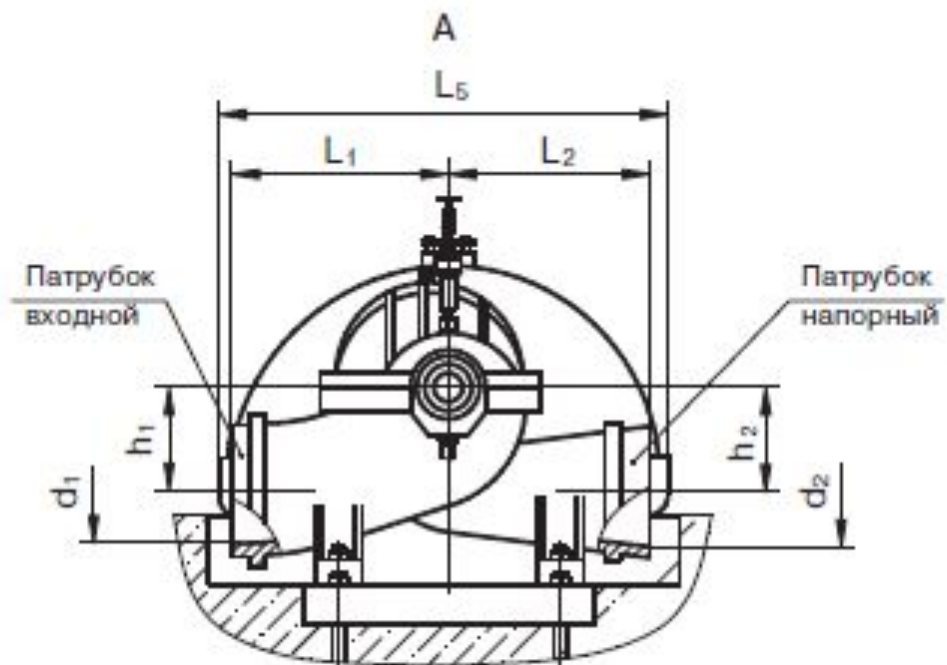
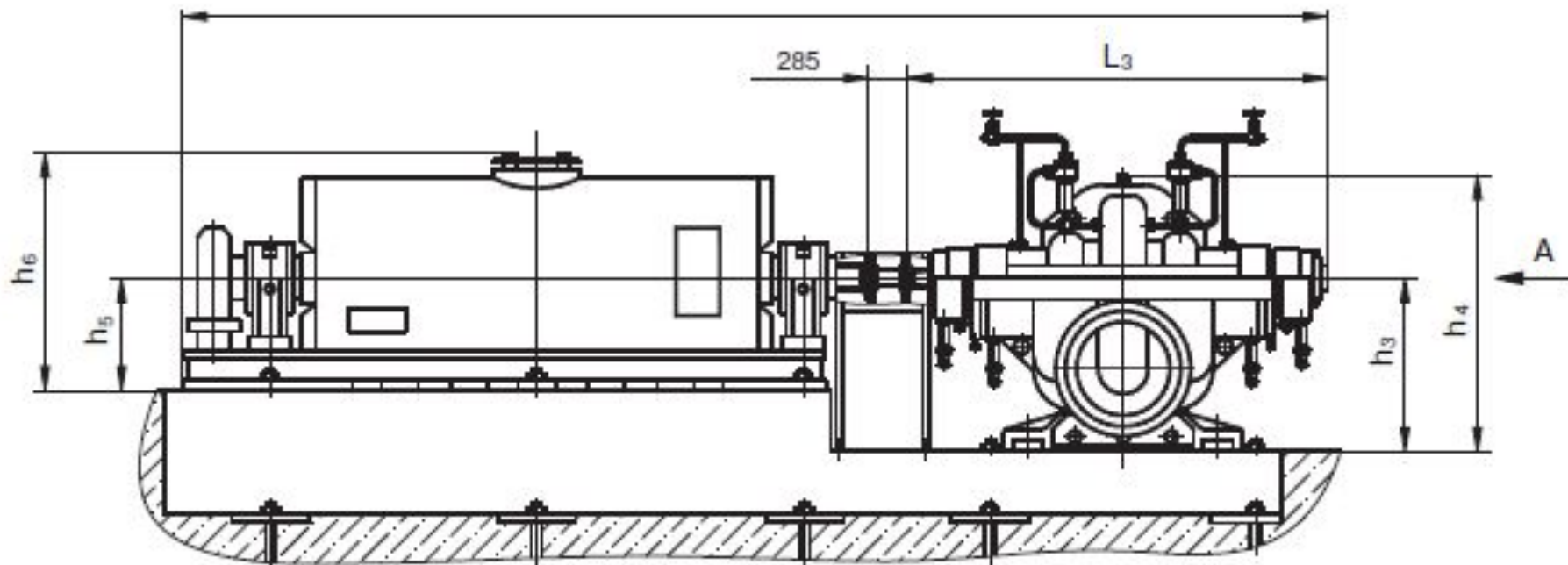
1 — подшилник; 2 — вал; 3 — корыто; 4 — набивка сальника; 5 — входная крышка; 6 — секция; 7 — уплотнительное кольцо; 8 — рабочее колесо; 9 — направляющий аппарат; 10 — кожух; 11 — напорная крышка; 12 — разгрузочный диск; 13 — подушка гидрояты; 14 — плита.

Центробежная сила заставляет жидкость двигаться вдоль лопаток колеса от центра к периферии.

Та часть насосного агрегата, в которой находится рабочее колесо, называется центробежным нагнетателем, или насосом, а та часть, которая создает вращение вала с рабочим колесом – приводом.

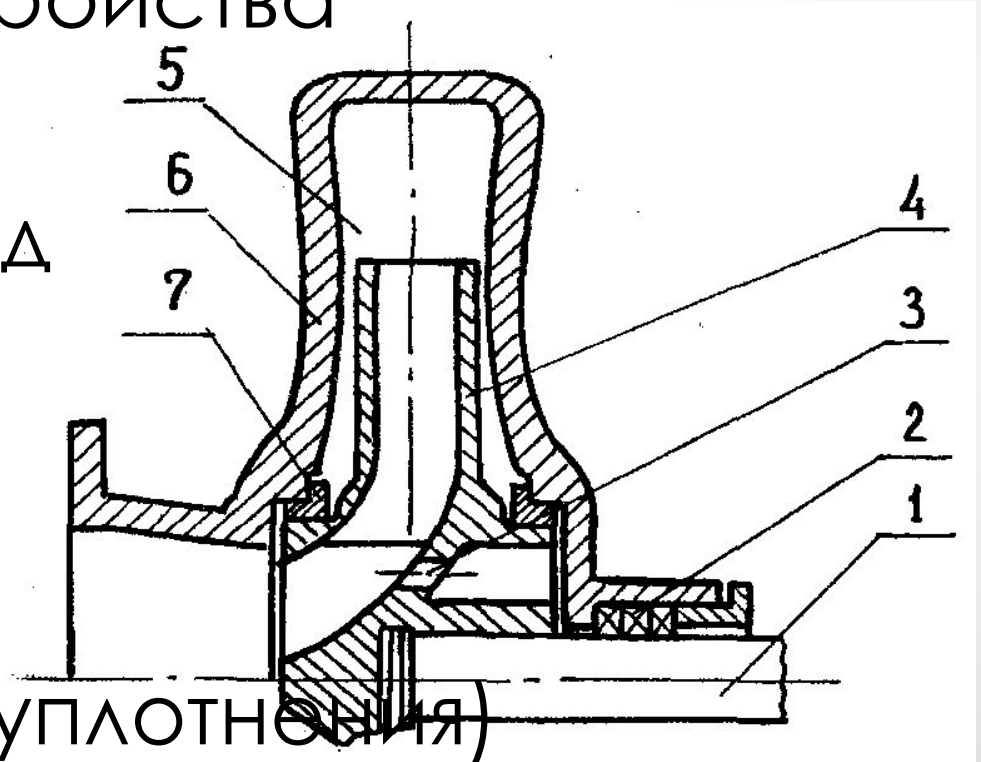


Приводом насоса м.б. электродвигатель, двигатель внутреннего сгорания или иное механическое устройство.

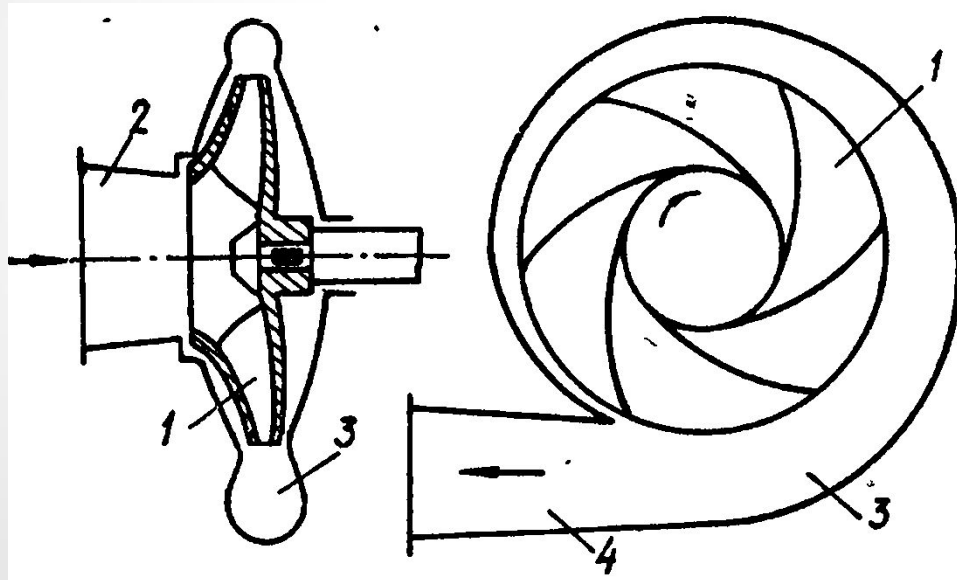


Конструкция ЦБН

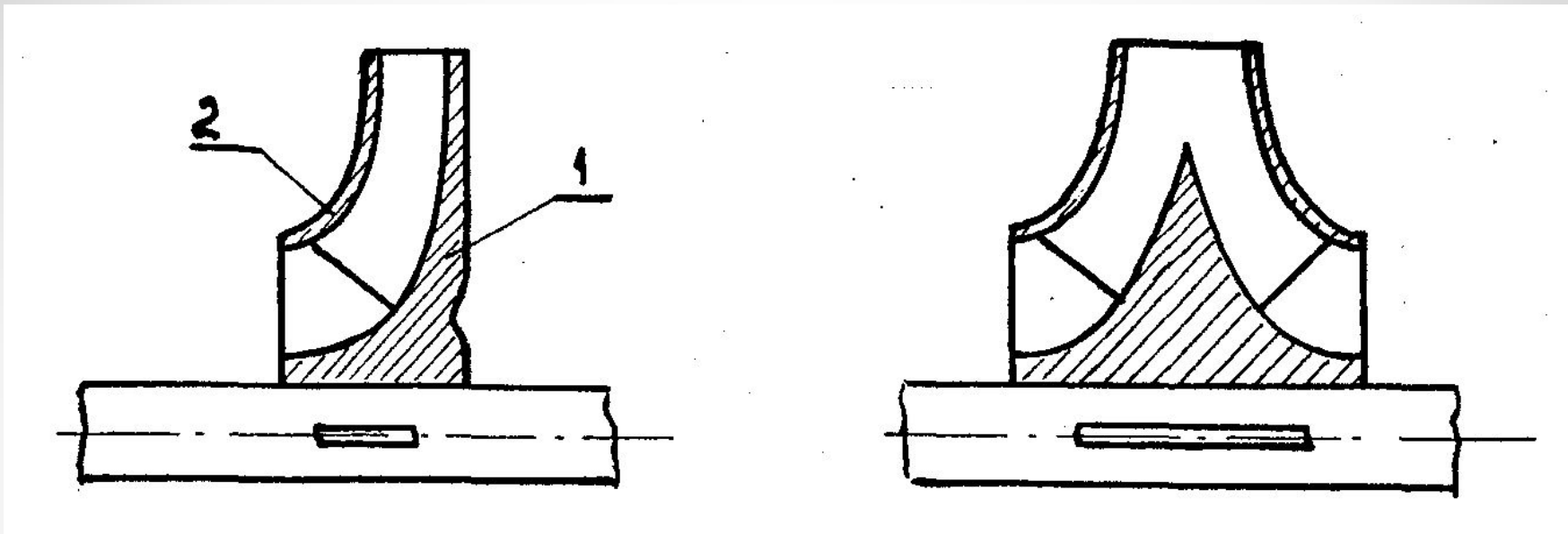
1. Вал
2. Концевые уплотнения
3. Разгрузочные устройства
4. Рабочее колесо
5. Спиральный отвод
(диффузор)
6. Корпус
7. Уплотняющие
кольца (кольцевые уплотнения)



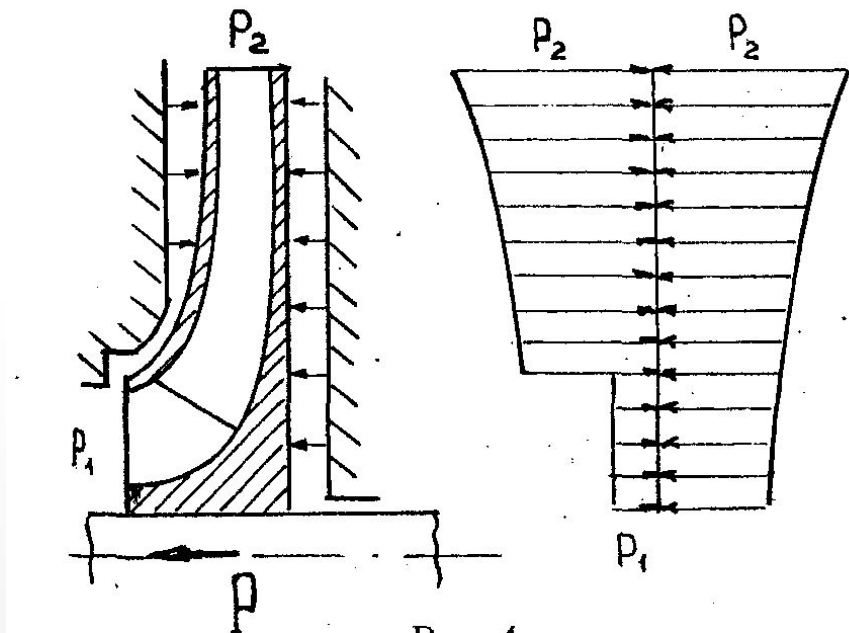
Проточная часть состоит из рабочего колеса 1, подвода 2 и спирального отвода 3. По подводу жидкость поступает в рабочее колесо из всасывающего трубопровода.

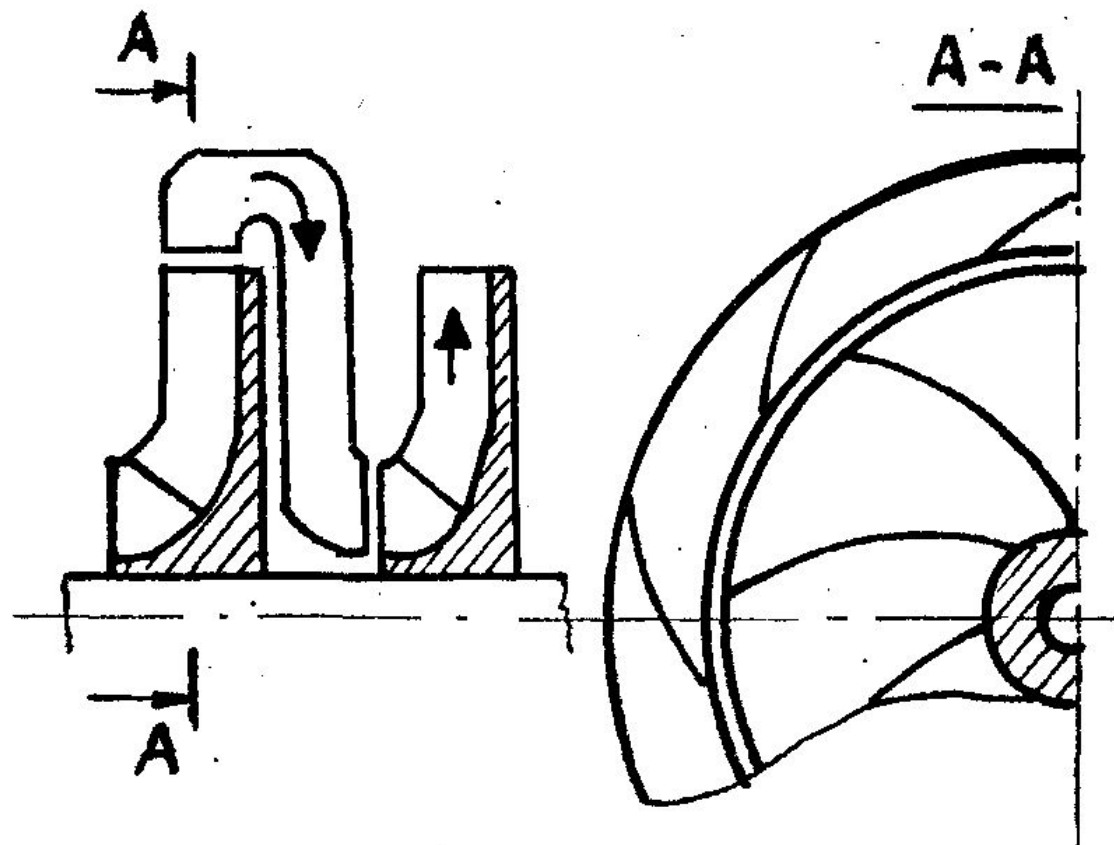
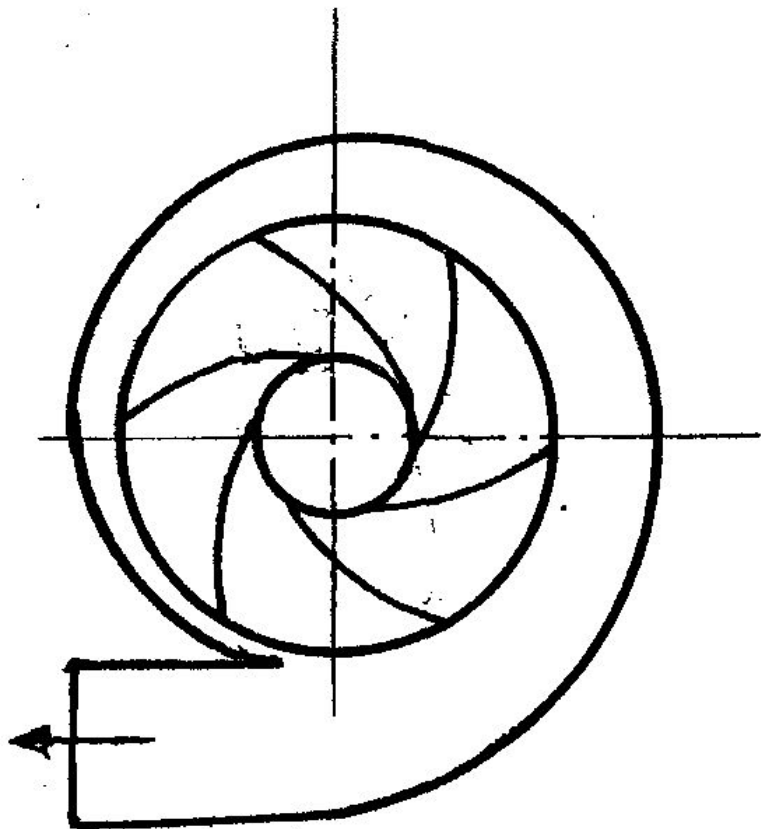


Рабочее колесо состоит из двух дисков, между которыми находятся лопасти, изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения колеса.



1 – ведущий диск; 2 – ведомый диск.





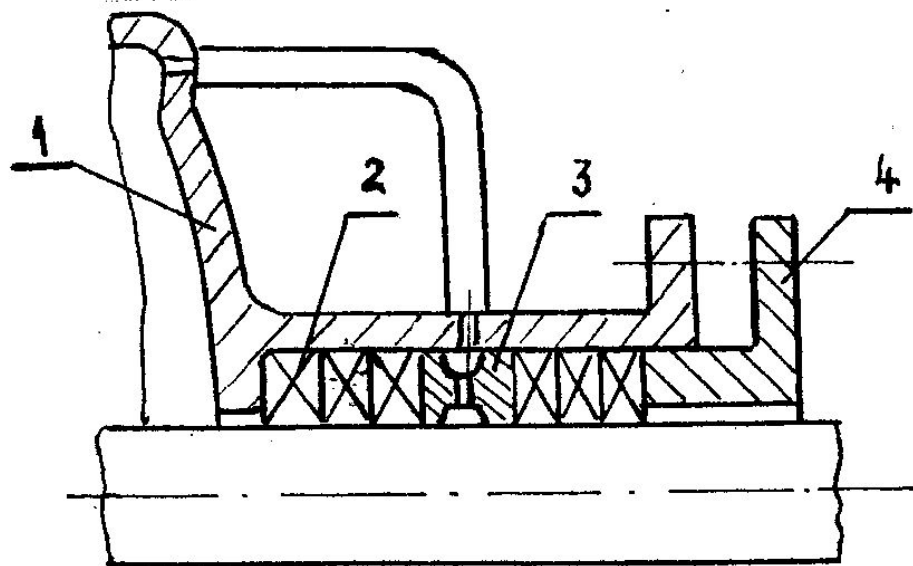
Спиральная камера.

Лопастные направляющие аппараты

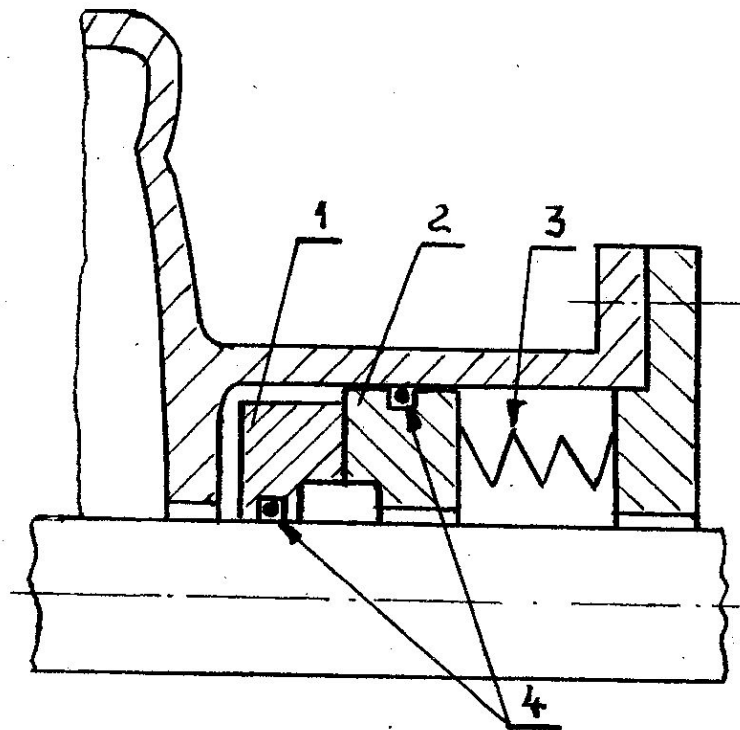
щие аппараты

(в секционных насосах)

Концевые уплотнения

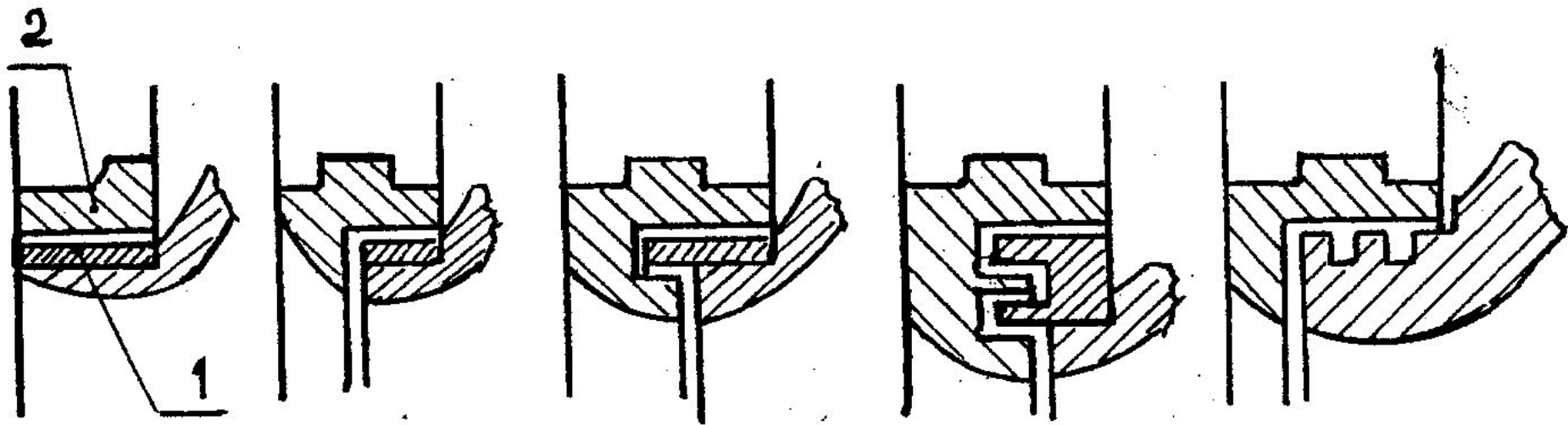


С мягкой набивкой



Торцовое

Кольцевые уплотнения (бесконтактные уплотнения)

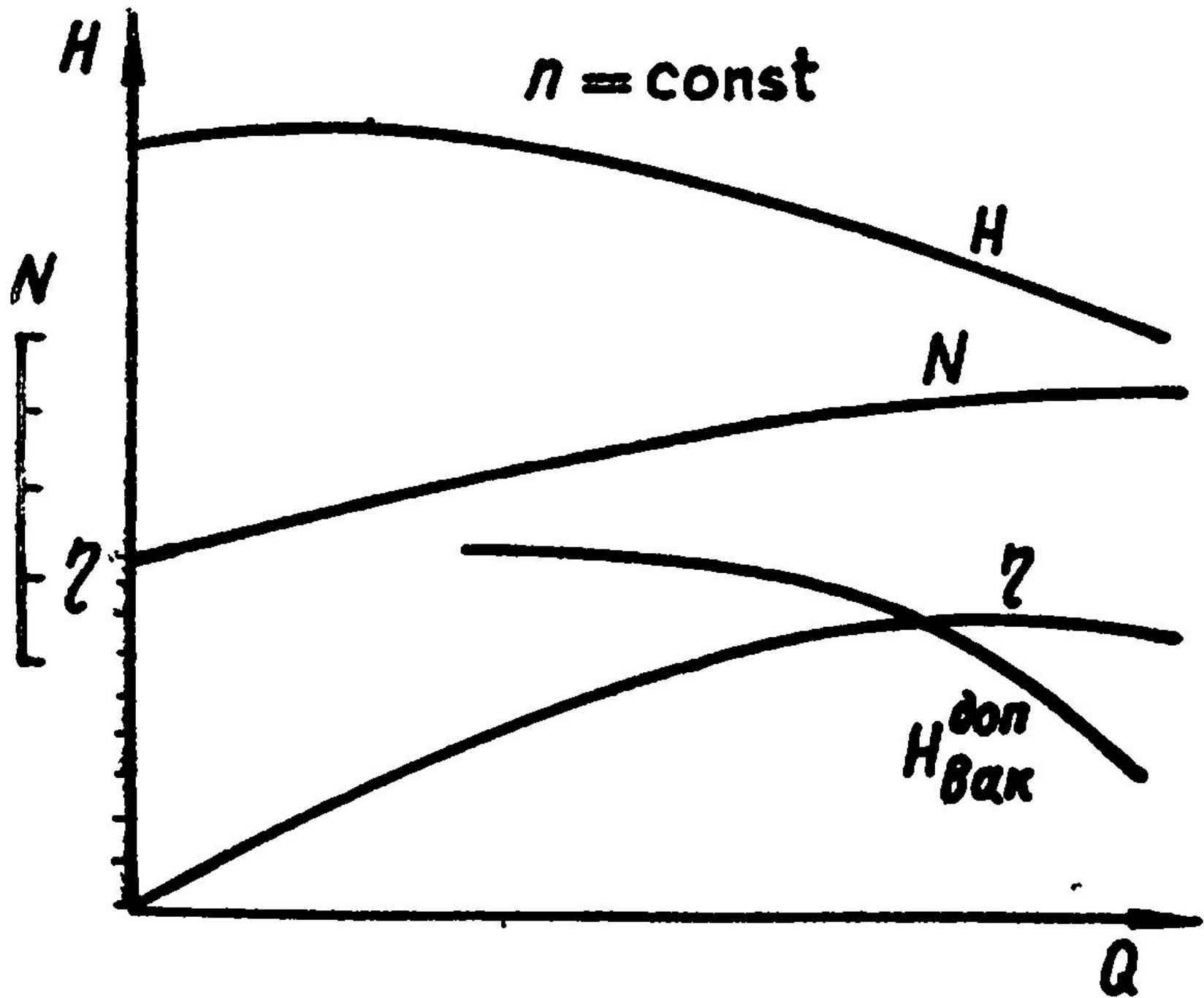


Преимущества ЦБН:

- равномерность подачи жидкости;
- малые габаритные размеры при большой производительности;
- удобство непосредственного соединения с двигателями (электромотором или турбиной);
- простота обслуживания и ремонта.

Недостатки:

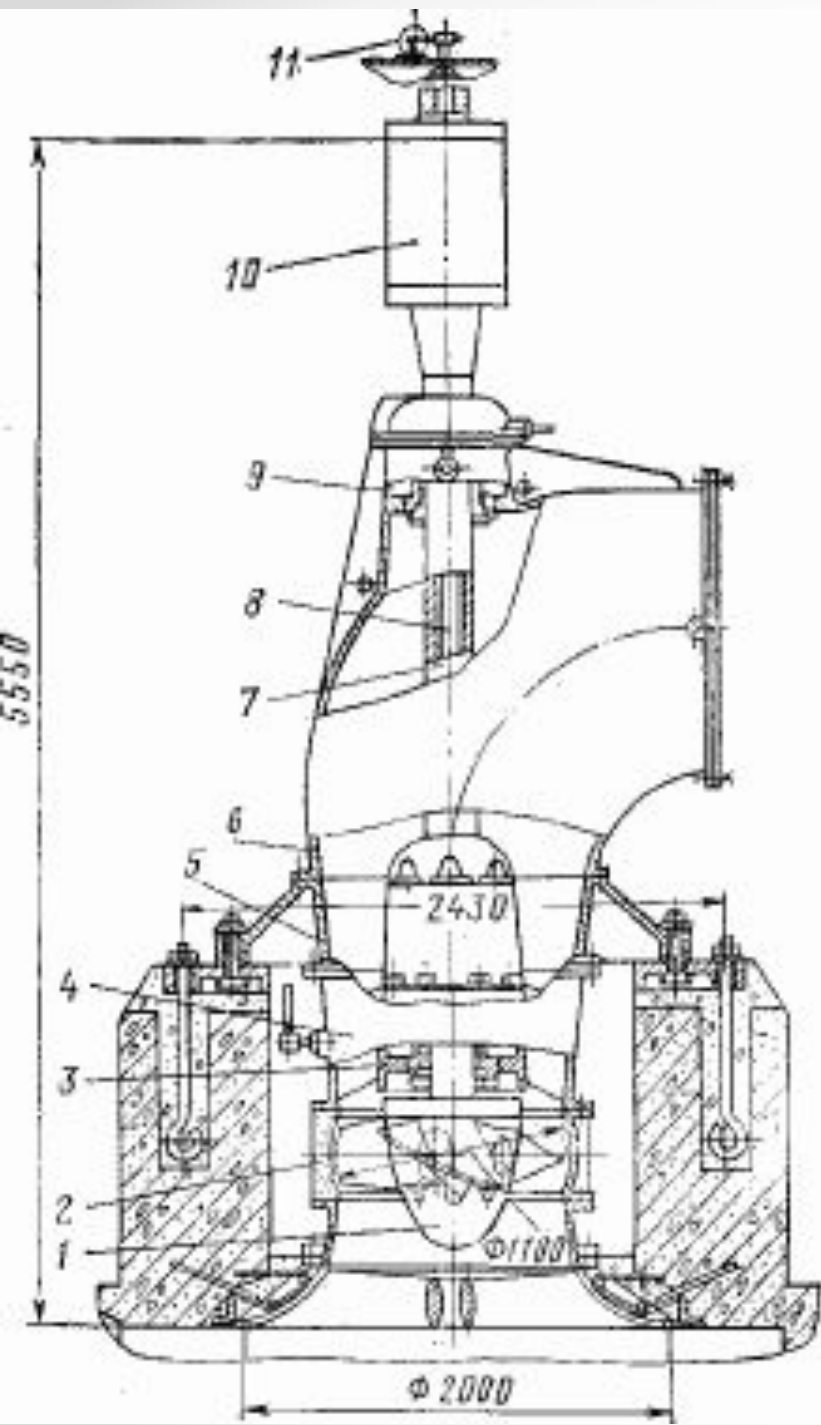
- перед пуском насос необходимо заполнять жидкостью, так как разрежение, создаваемое при вращении рабочего колеса в воздушной среде, недостаточно для подъема воды во всасывающую полость насоса из-за большой разности плотностей жидкости и воздуха;
- зависимость напора от скорости вращения ротора;
- невозможность варьировать производительность без изменения напора;
- сравнительно невысокий КПД (для насосов небольшой производительности);
- снижение КПД с увеличением вязкости перекачиваемой жидкости.



Осевой насос

Работа осевых насосов основана на силовом взаимодействии лопасти с обтекающим ее потоком. В осевых насосах поток жидкости параллелен оси вращения лопастного колеса. Осевой насос состоит из корпуса и свободно вращающегося в нем лопастного колеса. При вращении колеса в потоке жидкости возникает разность давлений по обе стороны каждой лопасти и, следовательно, силовое взаимодействие потока с лопастным колесом.

Силы давления лопастей на поток создают вынужденное вращательное и поступательное движение жидкости, увеличивая ее давление и скорость, то есть механическую энергию. Удельное приращение энергии потока жидкости в лопастном колесе зависит от сочетания скоростей протекания потока, скорости вращения колеса, его размеров и формы, то есть от сочетания конструкции, размеров, числа оборотов и подачи насоса.



1 — рабочее колесо; 2 — камера; 3 — нижний подшипник; 4 — выправляющий аппарат; 5 — диффузор; 6 — отвод; 7 — вал; 8 — шток управления поворотом лопастей; 9 — верхний подшипник; 10 — электропривод механизма поворота лопастей; 11 — указатель угла разворота лопастей

Таблица — Техническая характеристика некоторых поршневых насосов нефтебаз

Марка насоса	ЭНП-7	П-80/10	П-85/8	ЭНП-25/2,5
Подача, м ³ /ч	78	80	85	25
Давление нагнетания, МПа	0,5...1	1	0,8	0,25
Высота всасывания, м	5,5	5	5	—

Условные обозначения шестеренного агрегата: Э — электронасосный агрегат; Ш — шестеренный; Ф — фланцевый; Т — топливный; М — масляный; Г — обогреваемый; числитель дроби — округленное значение подачи агрегата, м³/ч; знаменатель — давление на выходе, кг/см²; буквы после дроби — материал гидравлической части насоса.

Электронасосные агрегаты на базе шестеренных насосов состоят из насоса и электродвигателя, соединенных эластичной муфтой.

Наиболее распространенным типом привода насосов нефтебаз являются электродвигатели переменного тока. Электропривод насосов, устанавливаемых во взрывоопасных помещениях, может быть осуществлен в двух вариантах: — установкой взрывозащищенного электродвигателя непосредственно в том же помещении, где расположены насосы;

Таблица — Техническая характеристика шестеренных насосов нефтебаз

Марка агрегата	Марка насоса	Номинальный режим			Вязкость перекачиваемой жидкости, мм ² /с
		Подача, м ³ /ч	Давление на выходе, МПа	Число оборотов, 1/мин	
ЭШФ 0,4/25Б	ШФ 4,5/25Б	0,2	2,5	1430	5...750
ЭШФ 0,8/25Б	ШФ 0,8/25Б	0,6	2,5	1430	5...750
ЭШФ 2/25	ШФ 2-25/А	1,4	2,5	1430	6...600
ЭШМ 1,5/4-1		1,4	0,4	1430	500...9000
ЭШТ 1,5/6-1		1,4	0,6	1430	150...1000
ЭШФ 2/16		1,4	1,6	1430	20...600
ЭШФ 3,2/6	ШФ 3,2-25А	2,3	0,6	1430	6...220
ЭШФ 5/4	ШФ 5-25А	3,6	0,4	1430	20...600
ЭШТ 6/6-1	ШФ 8-25А	5,8	0,6	1430	6...75
ЭШФ 8/2,5		5,8	0,25	1430	20...600
ЭШФ 20/4-1	ШФ 20-25А	16,5	0,4	1460	20...190
ЭШФ 20/6-1		16,5	0,6	1460	20...760
ЭШФ 20/6-3	ШФ 80-16А	16,5	0,6	1430	760...1520
ЭШФ 20/4		16,5	0,4	1430	20...180
ЭШФ 20/6		16,5	0,6	1430	20...750
ЭШФ 20/6-1		16,5	0,6	1430	20...750
ШФ8016-36/4		36,0	0,4	950	20...1800

Таблица — Сведения о типе привода и области применения основных типов насосов на нефтебазах

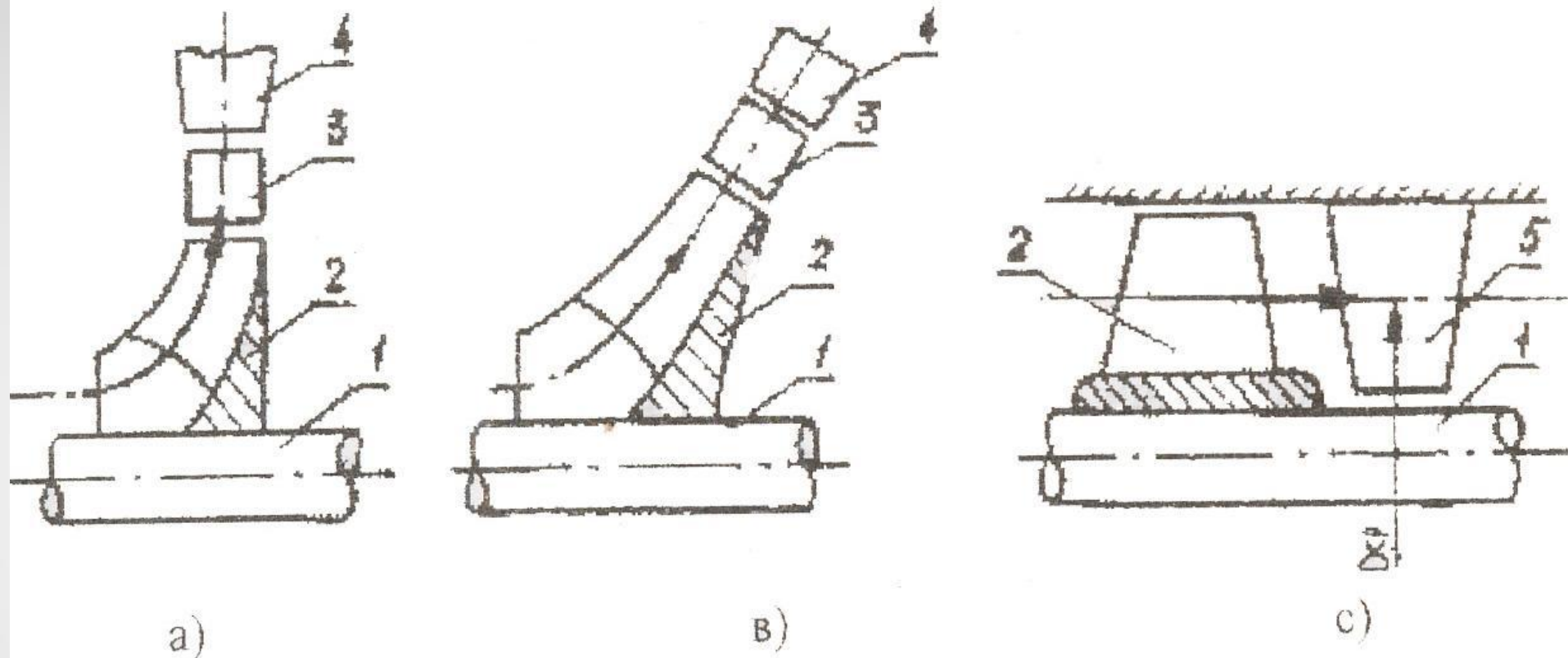
Типы насосов	Привод	Область применения	Примечание
Поршневые (плунжерные) приводные различных конструкций	От двигателей внутреннего сгорания или электродвигателей через редуктор или ременную передачу	Преимущественно для перекачки нефтей, нефтепродуктов и масел. Используются также для перекачки маловязких нефтепродуктов (бензин, керосин, дизельное топливо и др.) и для вспомогательных операций (зачистка емкостей, зарядка сифонов и т. п.)	Способны развивать большие напоры даже при малых подачах, сохраняя высокий КПД. При перекачке светлых нефтепродуктов требуется устройство специальных сальников
Паровые поршневые (прямодействующие)	Непосредственно от паровой машины (паровой и гидравлический поршни монтируются на одном штоке)	Область применения та же, что и поршневых приводных насосов. Для перекачки светлых нефтепродуктов устанавливаются лишь при отсутствии электроэнергии	Развиваемый напор зависит от давления пара. Число двойных ходов, а следовательно, и подача увеличиваются с увеличением давления пара
Центробежные различных конструкций и типов	Преимущественно от электродвигателей с непосредственным соединением через жесткие, упругие и гидравлические муфты. От двигателей внутреннего сгорания с соединением через редуктор или через те же передачи, что и с электродвигателем	Преимущественно для перекачки маловязких нефтепродуктов. При увеличении вязкости жидкости подача, напор и всасывающая способность быстро уменьшаются	Насосы для перекачки светлых нефтепродуктов имеют специальные сальники, обеспечивающие надежное уплотнение. Имеются конструкции насосов, приспособленные для перекачки жидкостей с повышенной вязкостью, а также для перекачки горячих жидкостей
Шестеренные	Тот же, что и у центробежных насосов	Преимущественно для перекачки масел и мазута. Некоторые насосы используются для перекачки светлых нефтепродуктов	Применимы для передвижных мотопомп в качестве зачистных насосов

Компрессоры

- Компрессор – энергетическая машина, предназначенная для сжатия (компримирования) и перемещения газов.

Динамические и объемные

Динамические компрессоры

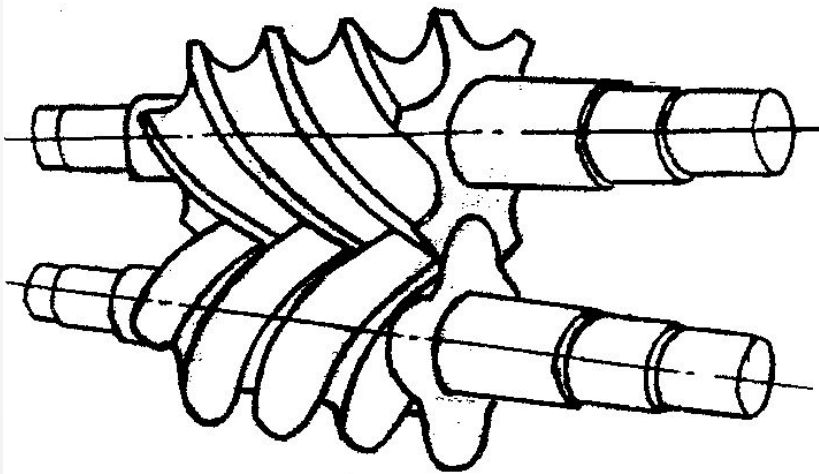


1 – вал, 2 – рабочее колесо, 3 – лопаточный диффузор, 4 – спиральный отвод, 5 – лопаточный направляющий аппарат

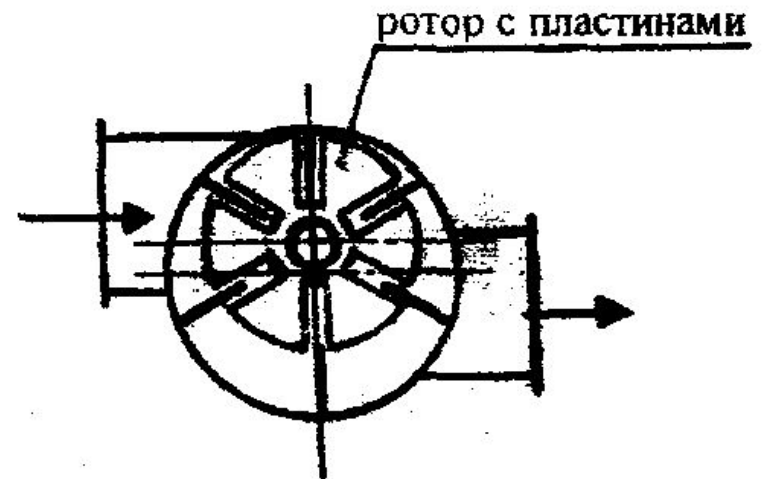
а – центробежный компрессор, б – диагональный компрессор, в – ступень осевого компрессора •

Объемные компрессоры

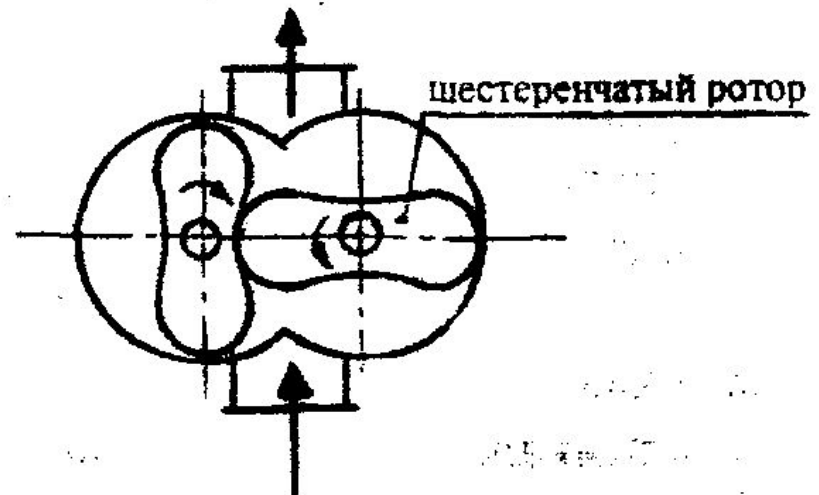
Пластинчатые



Двухроторные
(шестеренчатые)

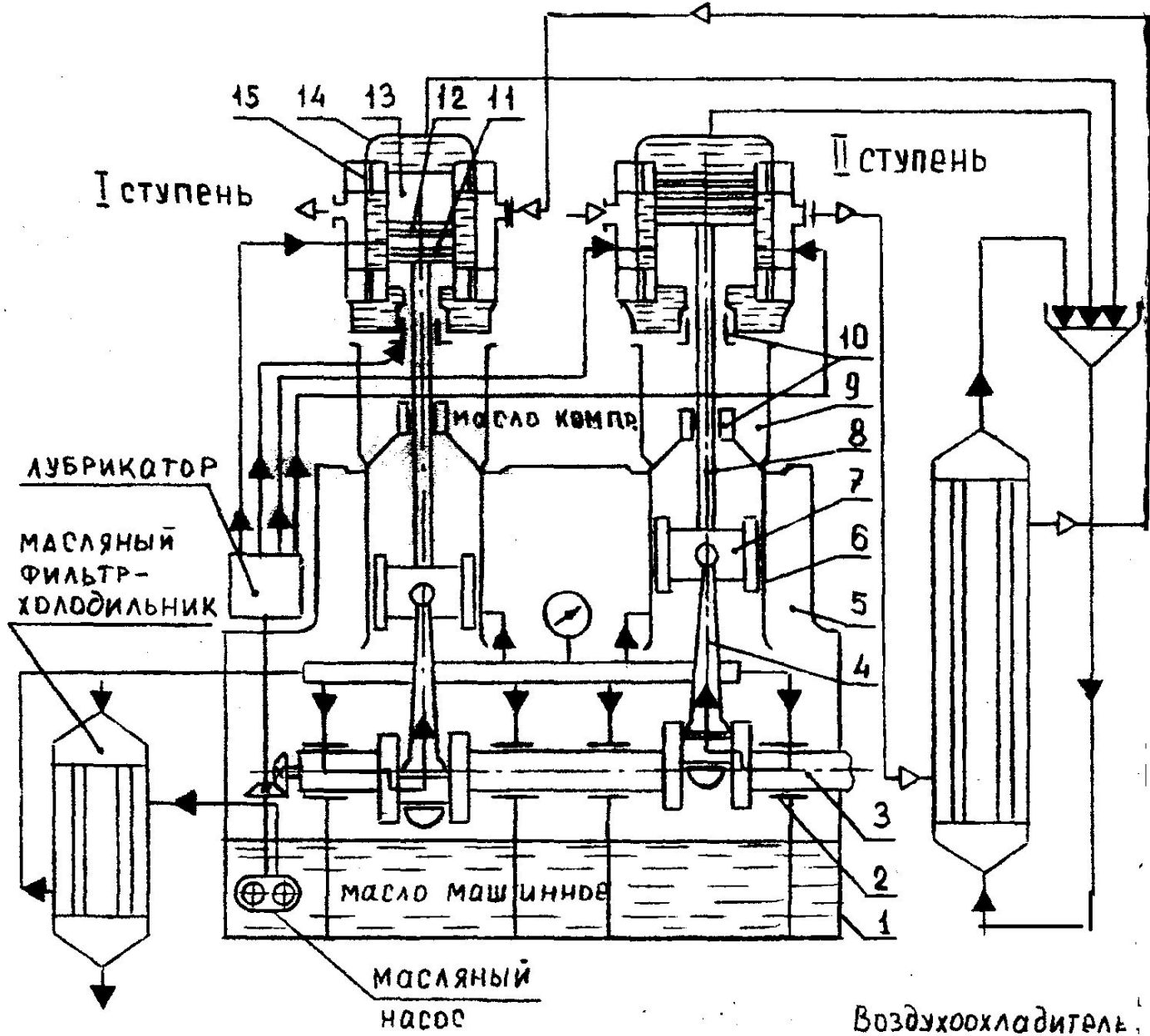


Винтовые

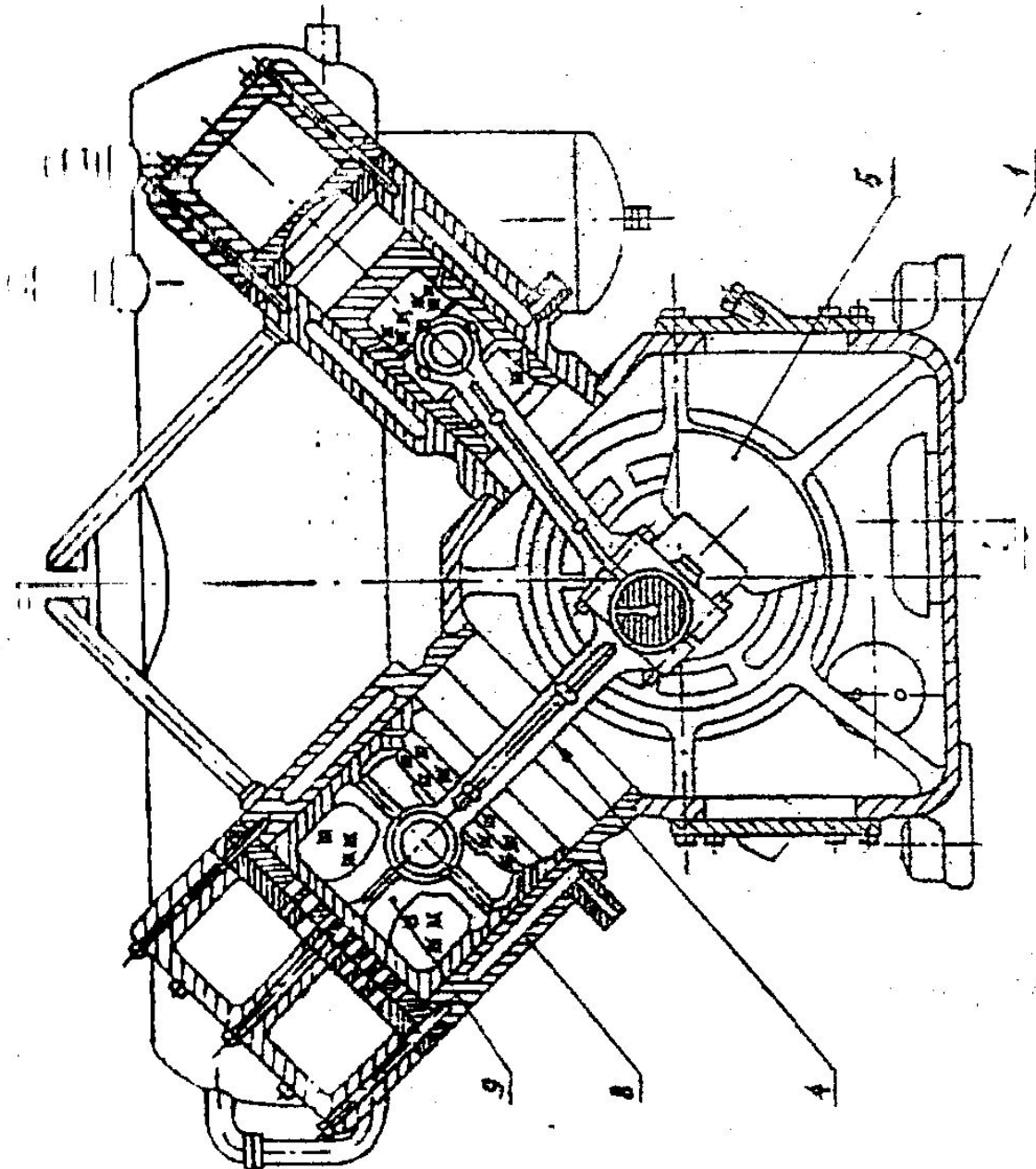


Поршневые компрессоры

- С кривошипно-шатунным механизмом движения (обособленные и моноблочные, крейцкопфные и бескрейцкопфные):
 - Вертикальные;
 - Горизонтальные;
 - Угловые (V-образные и т.д.);
- Свободно-поршневые.



Обособленный кривошипный поршневой двухступенчатый компрессор



• Компрессор воздушный поршневой бескрейцкопфный стационарный ВУ-3/8 •