

XV. Хидравлични и пневматични машини и съоръжения за транспортиране и нагнетяване

1. Движение на флуиди(самостоятелно и принудително)

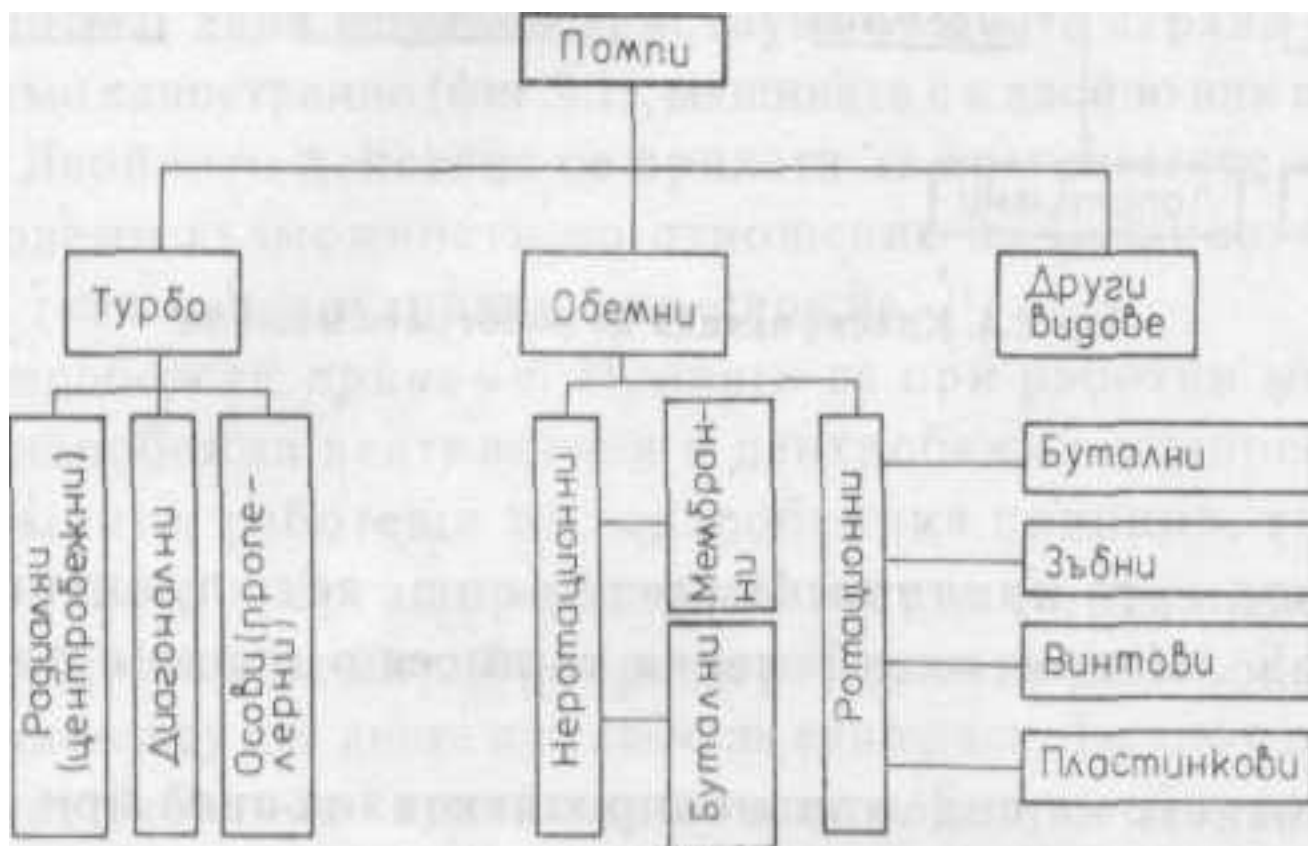
Транспортирането на течности и газове е хидромеханичен процес, типичен за химическите производства. Осъществява се по самотек или принудително. За да се получи самотечно движение на флуиди е необходимо е да има разлика в нивата на течностите или в налягането на газовете. Течностите се движат благодарение на хидростатичното налягане от по-високото ниво към по-ниското, а газовете - от съдове с по-високо налягане към съдове с по-ниско налягане. Принудителният транспорт на течности и газове се извършва от хидравлични машини(**помпи, компресори и вентилатори**) или съоръжения(**монтежута, ежектори, въздушни подемници и др.**).

2. Хидравлични машини(помпи, компресори и вентилатори) и хидравлични апарати(монтежута, ежектори, въздушни подемници)

Принципи на действие на хидравличните съоръжения - хидравличните съоръжения работят на три основни принципа: **обемни, инерционен и пропелерен**. От своя страна инерционният принцип се подразделя на три вида: **активен, реактивен и центробежен**. Активният и реактивният принцип намират приложение само при силовите машини, центробежният - при работните машини, докато обемният и пропелерният са характерни както за силовите, така и за работните машини.

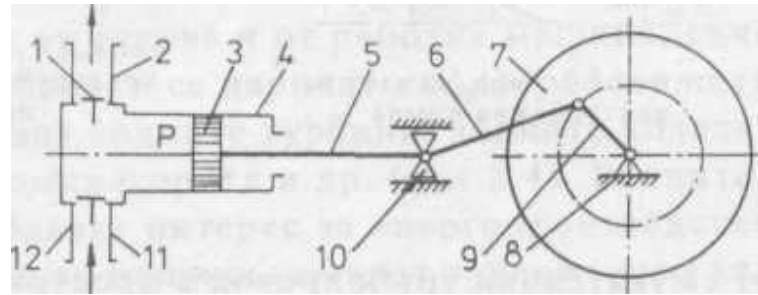
3. Помпи – видове конструкции

Поради голямото конструктивно разнообразие е прието помпите да се класифицират в 3 основни групи(фиг.238)



Фиг.238. Класификация на помпите

Обемен принцип - този принцип е специфичен за буталните машини от вида, показан схематично на фиг.239.



Фиг.239. Бутална машина

- 1 - изпускателен клапан; 2, 12 - тръби; 3 - бутало; 4 - цилиндър; 5 - бутален прът; 6 - мотовилка; 7 - маховик; 8 - вал; 9 - коляно; 10 - кръстоглав; 11 - напорна тръба; 12 - смукателен клапан

Пропелерен принцип - известен е още като принцип на носещото крило. Създаването на подемна и съпротивителна сила при обтичането на един крилен профил с флуид стои в основата на този принцип на действие. Ако няколко крилни профила, наредени подходящо (на еднаква ъглова стъпка) върху главина, се завъртят чрез вал, свързан с главината, създава се относително движение на флуида спрямо тях. В резултат на това флуидът се транспортира и налягането му се увеличава. На практика част от енергията, която се подава чрез вала на помпата, отива за преодоляването на загубите в помпата, а останалата част се придава на флуида.

Центробежен принцип - прилага се при работни машини: помпи, центробежни вентилатори, центробежни помпи. Флуида увеличава своята енергия при преминаването си през подходящо профилирани работни лопатки, закрепени на диск (работно колело).

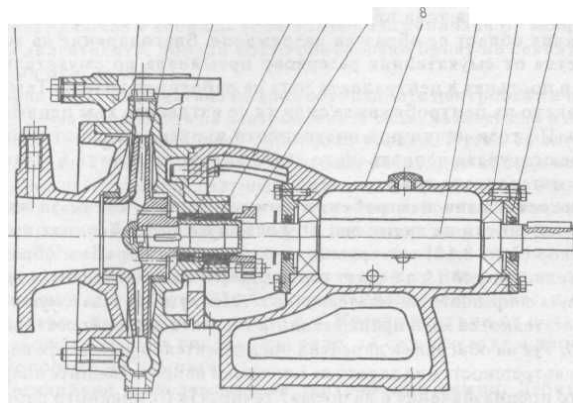
3.1. Турбопомпи - при тези помпи преобразуването на механичната енергия на двигателя в енергия на течността се извършва във въртящи канали, образувани от лопатки. Те биват:

3.1.1. Радиални (центробежни) помпи – фиг.242а

Според създаденото налягане (напора) центробежните помпи са:

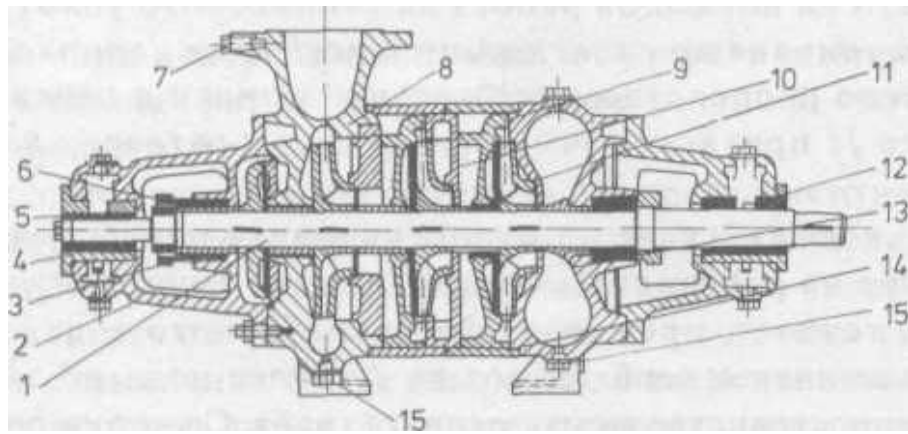
- за ниско налягане при $P < 0,2 \text{ MPa}$;
- за средно налягане при $P = 0,2 \div 0,6 \text{ MPa}$;
- за високо налягане при $P > 0,6 \text{ MPa}$.

В зависимост от броя на работните колела центробежните помпи са с едно работно колело (едностъпални - фиг.240) и с повече работни колела (многостъпални – фиг.241).



Фиг.240. Едностъпална центробежна помпа

- 1 - смукателно тяло; 2 - специална гайка; 3 - работно колело; 4 – спирално тяло; 5 - салникова камера; 6 - салниково уплътнение; 7 - салников фланец; 8 - лагерно тяло; 9 - вал; 10 - търкалящи лагери; 11 – капачка



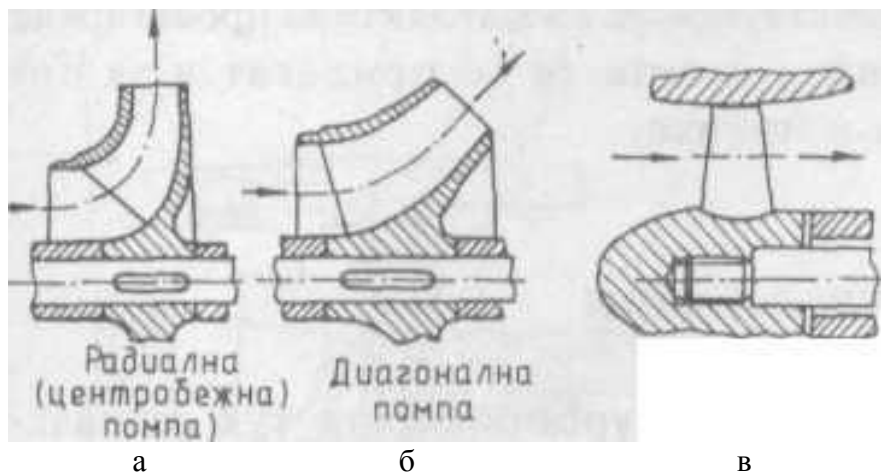
Фиг.241. Многостъпална центробежна помпа

1 - вал; 2 - лагерни тела; 3 - салникова набивка; 4 - плъзгащи лагери; 5 - бабитова набивка; 6 - салник; 7 - пробка; 8 - спирално нагнетателно тяло; 9 - направляващ апарат; 10 - секторно тяло; 11 - работни колела; 12 - метални пръстени; 13 - смукателно тяло; 14 - секции; 15 - пробки

При многостъпалните помпи течността преминава последователно през работните колела, като общото налягане на помпата е сумата от наляганията, създадени от всички работни колела, а дебитът е равен на дебита на едно работно колело.

3.1.2. Диагонални помпи – фиг.242б

3.1.3. Осев(пропелерни) помпи – фиг.242в



Фиг.242. Класификация на турбопомпите

а - радиална (центробежна); б - диагонална; в - осова(пропелерна)

Предимства:

- проста и компактна конструкция;
- протичане на течността в непрекъснат поток;
- възможност за работа със силнозамърсени течности;
- непосредствено съединяване с ел. двигател;
- висока производителност.

3.2. Обемни помпи - те работят на обемния принцип - изтласкването на течността става посредством движещ се нагнетателния елемент

3.2.1. Неротационни помпи

Характерно за неротационните обемни помпи е, че имат неподвижно тяло, наречено статор, и праволинейно възвратно-постъпателно движещ се нагнетателен елемент. Нагнетателният елемент може да бъде бутало(бутални помпи) или мембрана(мембранни или диафрагмени помпи). Буталните

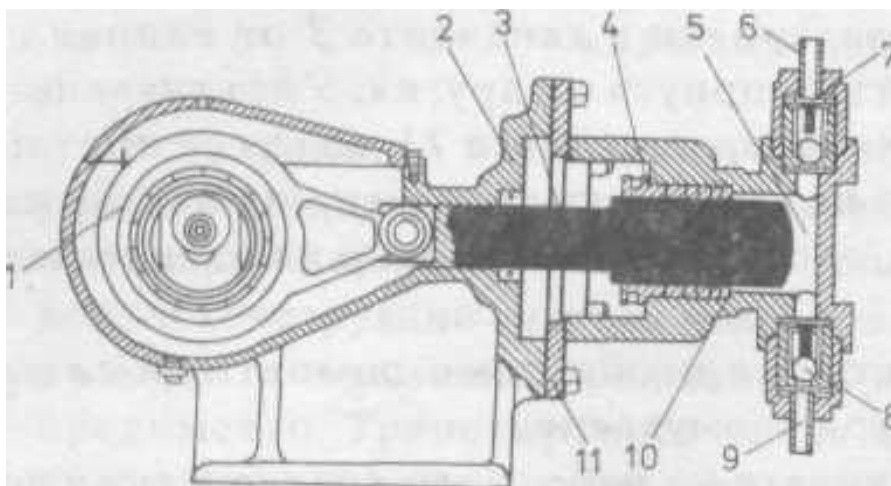
помпи могат да бъдат с просто действие(ако буталото действа върху флуида с едното си чело) или с двойно действие(ако буталото действа върху флуида с двете си чела). Прието е бутала с относително малка дължина да се наричат дискови бутала или само бутала, а с относително голяма дължина - плунжери.

Обемните помпи имат следните особености:

- течността преминава през тях на отделни обеми(порции), които се пренасят от смукателната в нагнетателната страна на помпата;
- налягането в нагнетателната страна зависи от съпротивлението при изхода и практически се ограничава само от обемните загуби и якостта на детайлите на помпата;
- помпите имат големи размери и маса и лесноизносващи се части.

3.2.1.1. Бутални помпи

Бутални помпи с просто действие - схемата им е показана на фиг.243.

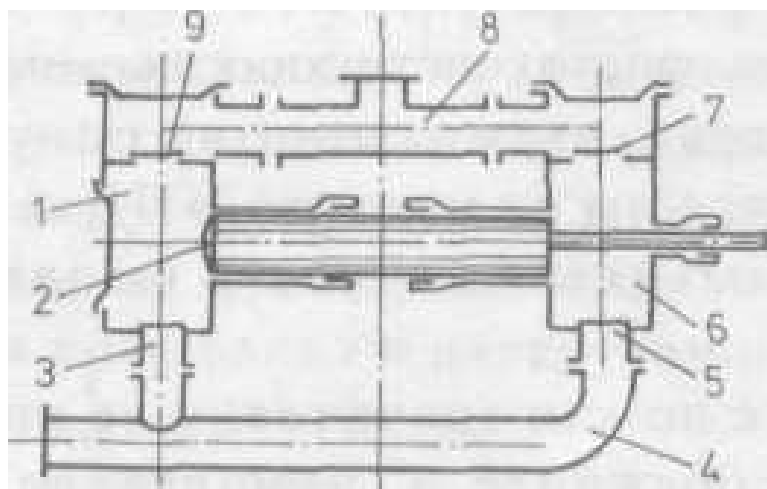


Фиг.243. Хоризонтална бутална помпа с просто действие

- 1 - коляно-мотовилков механизъм; 2 - корпус; 3 - бутало; 4 - салник; 5 - цилиндър;
6 - нагнетателен тръбопровод; 7 - нагнетателен клапан; 8 - смукателен клапан;
9 - смукателен тръбопровод; 10 - уплътнителни маншети; 11 - фланец;

Бутални помпи с двойно действие - схемата им е показана на фиг.244.

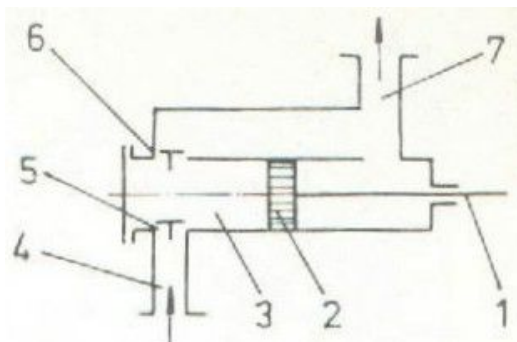
Те имат два цилиндъра 1 и 6(фиг.244), между които е разположено пулсиращото бутало 2. Така за едно завъртане на вала(два хода на буталото) двойнодействащите помпи засмукват течност два пъти и нагнетяват два пъти. Недостатъкът им е наличието на много клапани.



Фиг.244. Хоризонтална бутална помпа с двойно действие

- 1 и 6 – цилиндри; 2 - бутало; 3 и 5 - смукателни клапани; 4 - смукателен тръбопровод;
7 и 9 – нагнетателни клапани; 8 - нагнетателен тръбопровод

Диференциални помпи с двойно действие - състоят се от цилиндъра 3, в който се движи буталото 2(фиг.245).



Фиг.245. Диференциална помпа с двойно действие

1 – коляно-мотовилков механизъм; 2 – бутало; 3 – цилиндър; 4 – смукателен тръбопровод; 5 – смукателен клапан; 6 – нагнетателен клапан; 7 – изпускателен тръбопровод

Буталото се привежда в движение посредством коляно-мотовилков механизъм, част от който е буталният прът. При преместването му надясно се създава вакуум в предбуталното пространство, вследствие на което се отваря смукателният клапан 5, а клапанът 6 се затваря. Течността постъпва от смукателния тръбопровод 4 в цилиндъра. Получава се засмукване в предбуталното пространство и нагнетяване в задбуталното пространство и тръбопровода 7. При движение на буталото наляво клапанът 5 се затваря, а клапанът 6 се отваря. Течността се нагнетява през изпускателния тръбопровод 7, но една част от нея запълва и пространството вдясно от буталото. При обратния ход тази течност се нагнетява.

Диференциалните помпи съчетават предимствата на помпите с просто и с двойно действие.

3.2.1.2. Мембранни помпи

3.2.2. Ротационни помпи

Те са с въртящ се работен елемент, наречен ротор. В тази група са зъбните, винтовите, пластинковите и буталните радиални и аксиални помпи.

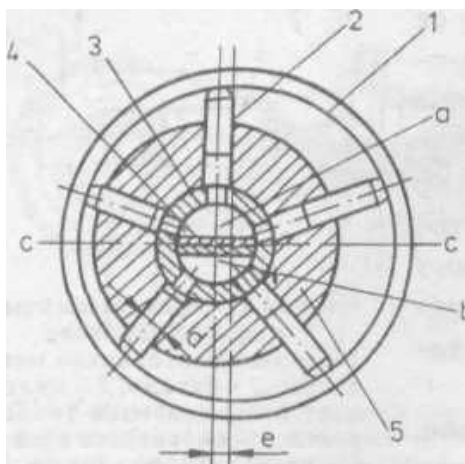
3.2.2.1. Бутални помпи

Ротационни бутални помпи - по принцип на действие ротационните бутални помпи не се различават от неротационните, но между тях има коренна разлика както по отношение на конструкцията, така и по отношение на кинематиката. Ротационните бутални помпи са многоцилиндрови и имат повече бутала. Всяко бутало извършва освен праволинейно-възвратно движение, още едно допълнително движение - ротация. Според разположението на осите на буталата спрямо оста на въртене на цилиндровия блок се различават следните два вида помпи: **радиални** - осите на цилиндрите лежат в равнина, перпендикулярна на оста на въртене, и **аксиални** - осите на цилиндрите са разположени по цилиндрична повърхнина, чиято ротационна ос съвпада с оста на въртене на помпата. Друга съществена особеност на буталните ротационни помпи е липсата на клапани.

Радиални ротационни бутални помпи

Плунжерите 2(фиг.246) са поместени в отворите на ротора 5 и с външния си край се опират по цилиндричния пръстен 1, центърът на който е изместен на разстояние е спрямо центъра на ротора. Всички бутала лежат в една равнина и осите им се пресичат в обща точка - центъра на ротора, поради което тези помпи се наричат помпи с равнинна кинематика. Буталата им извършват две движения: праволинейно-възвратно по радиуса на ротора и ротационно. Вследствие на ексцентрицитета при въртене на ротора по посока на часовниковата стрелка над линията с-с буталата се движат навън и свободното пространство под тях се увеличава. Щом дадено бутало

слезе под линията с-с, то тръгва обратно и се движи към центъра - получава се нагнетяване. В този случай пространството а, отделено с неподвижната преграда 4 от пространството б, представлява смукателната страна, а пространството б - нагнетателната страна на помпата. За да се избегне триенето между ротора и преградата 4, се използва втулката 3, която се подменя при износване. Воденето на буталата по контура на неподвижния пръстен става под действието на центробежните сили, които невинаги са достатъчни при засмукването и тогава се прибегва до принудително водене. За тази цел под плунжера се поставят пружини.



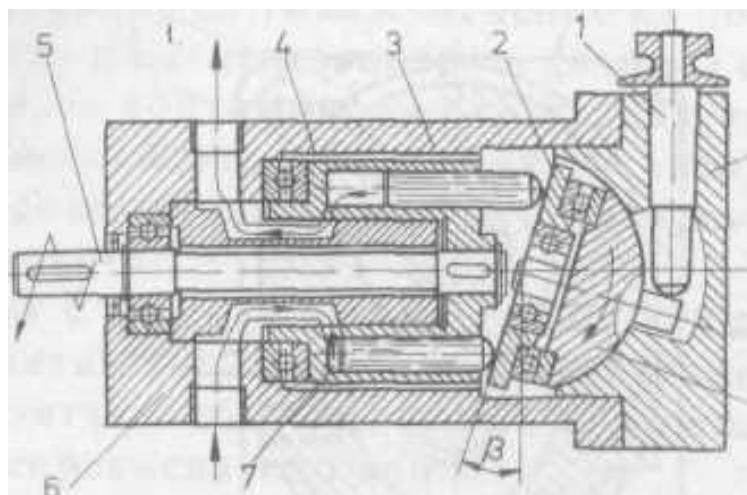
Фиг.246. Радиална ротационна бутална помпа

1 - цилиндричен пръстен; 2- плунжер; 3 - втулка; 4 - преграда; 5 – ротор

Аксиални ротационни бутални помпи

Те също са многоцилиндрови, но осите на отделните цилиндри са успоредни помежду си и са наредени по окръжност. Затова се наричат още помпи с пространствена кинематика.

Валът 5(фиг.247) е лагериран на два търкалящи лагера в корпуса б. В предния му край посредством шпонка е закрепено тялото 4 с плунжерите 3. В корпуса върху вала е монтирана цилиндричната втулка 7, през чиито канали течността се подвежда към плунжерите и се отвежда от тях. Регулирането на дебита се осъществява с винта 1 и свободния диск 2, лагериран на задния си край в сферичната пета 8. Чрез завиване или отвиване на винта 1 се изменя положението на петата, с което се увеличава или намалява ходът на плунжерите, а оттам и дебитът на помпата. При въртенето на вала 5, съответно на тялото 4, поместените в него плунжери 3 получават праволинейно-възвратно движение, при което засмукват и нагнетяват течността. Трябва да се отбележи, че засмукването е принудително, т.е. под налягане. Този вид помпи работят с високи честоти на въртене - от 1000 до 65000 мин^{-1} , при голямо налягане - 35МРа. Дебитът им е от 0,25 до 25 $\text{м}^3/\text{ч}$.



Фиг.247. Аксиална ротационна бутална помпа

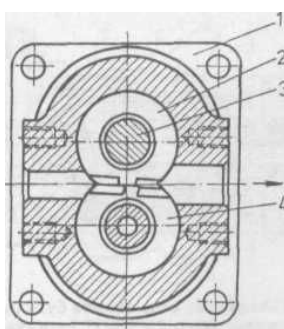
1 - регулиращ винт; 2 - диск; 3 - плунжер; 4 - тяло; 5 - вал; 6 - корпус; 7 - втулка; 8 - сферична пета; 9 – капак

3.2.2.2. Зъбни помпи

Използват се главно за транспортиране на течности с голям вискозитет. Техният дебит достига до $40\text{т}^3/\text{ч}$, а налягането им - до 20МРа . Тялото им е изработено от лята стомана или чугун (фиг.248). На вала 3 е закрепено с шпонка водещото зъбно колело 2, което се зацепва с колелото 4, изработено заедно с оста. Валът се привежда в движение от електродвигател и задвижва водимото зъбно колело 4. При това въртене всеки зъб "загребва" порция течност от едната страна (засмукване) и я отправя към изхода(нагнетяване). Посоката на движение на течността е показана със стрелки.

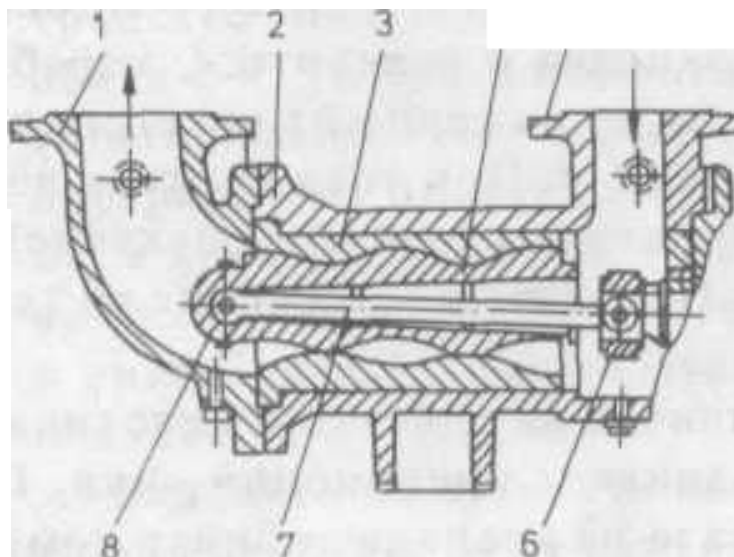
Отделните зъби могат да се оприличат на тласкащи пластини с въртеливо движение. При тях не възникват инерционни сили. По тази причина, а също и поради липсата на клапани зъбните помпи имат сравнително високи честоти на въртене(от 750 до 5000мин^{-1}), което позволява да се задвижат директно от високоскоростни двигатели. Работната течност трябва да има мазилни качества, тъй като на двойката зъбни колела е необходимо мазане.

Зъбните помпи имат редица предимства, най-големите от които са простата им конструкция и сигурността при работа. Това обуславя широкото им разпространение.



Фиг.248. Разрез на зъбна ротационна помпа
1 - тяло; 2 — водещо зъбно колело; 3 - вал; 4 - зъбно колело

3.2.2.3. Винтови помпи



Фиг.249. Винтова помпа

1 и 5 - фланци на нагнетателното и смукателното коляно; 2 - неподвижен корпус; 3 - гумена гайка; 4 - работен винт; 6 -карданов съединител; 7 - вал; 8 - шарнирна става

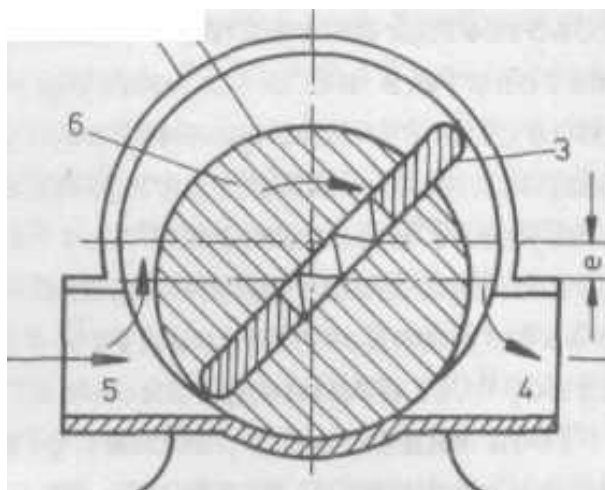
Неподвижният им корпус 2(фиг.249) е изработен от лята стомана или чугун. Към него са оформени фланците на смукателното и нагнетателното коляно 5 и 1. Валът 7 е лагеруван конзолно на два търкалящи лагера. От задвижващия вал движението се предава посредством кардановия съединител 6 и шарнирната става 8 на работния винт 4. Винтовата линия на работния винт има профил, подобен на профила на повърхнината на гумената гайка 3. Необходимостта от точно

изработване на винта отпада поради това, че той може да се колебае в гайката поради наличието на карданов съединител и шарнирна става. Винтовите помпи работят на обемен принцип и не се нуждаят от смукателен клапан. Течността постъпва през смукателния отвор към работния винт и вследствие на въртеливото движение преминава по каналите му и се нагнетява през изходния щуцер. Винтовите помпи работят плавно и безшумно, течността се нагнетява без пулсации. Техният КПД е 60 -80%. Недостатъците им са свързани със сложната технология за изработване на профила на винта и бързото износване на гумената гайка, което ги прави неподходящи за транспортиране на суспензия с абразивни примеси.

3.2.2.4. Пластинкови помпи

При тях роторът 6 е прорязан от напречен канал, в който се движат пластините 3(фиг.250). Под действие на пружината 2 те винаги заемат положение на допирание до статора(корпуса) 1, с което се осигурява и херметична изолация между смукателното и нагнетателното пространство. Роторът е разположен ексцентрично спрямо корпуса на помпата. При въртенето му по посока на часовниковата стрелка става увеличаване на обема на камерата, свързана със смукателната страна 5, и намаляване на обема на камерата откъм нагнетателната страна 4. Благодарение на това изменение на обемите се осъществява засмукването и нагнетяването на течност от помпата. Ясно е, че наляганията, за които може да се използват тези помпи, са малки, а неравномерността на дебита е значителна. Тези два недостатъка може да се компенсират до известна степен, като се увеличи броят на пластинките.

Пластинковите помпи работят с честота на въртене от 400 до 1500 мин^{-1} . Използват се за дебити от 0,25 до 20 $\text{т}^3/\text{ч}$ и налягания от 15 до 100MPa. Техен недостатък е износването на пластинките и на статора вследствие на непрекъснатото триене.



фиг.250. Пластинкова помпа

1-корпус(статор); 2-пружина; 3-пластини; 4-нагнетателна страна; 5-смукателна страна; 6-ротор

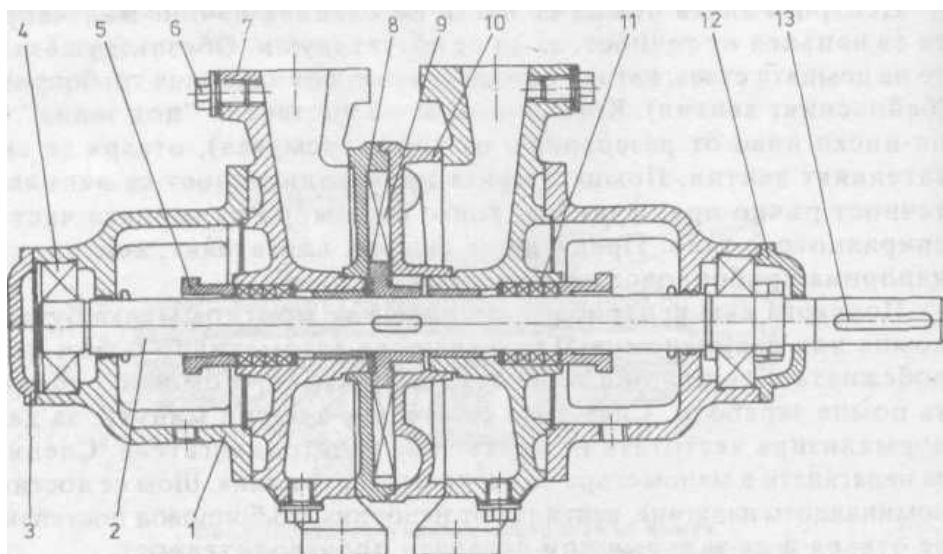
3.3. Други специфични конструкции помпи

Към другите видове спадат помпите, различаващи се както по конструкцията, така и по принцип на действие от класическите турбо- и обемни помпи. Към тях спадат мембранните помпи, крилчатите помпи, ежекторите, инжекторите, въздухоподемниците и др. Трябва да се отбележи, че приложението на тези помпи е твърде ограничено.

Вихрови помпи

Вихровите помпи работят на центробежен принцип и са предназначени да транспортират течности при малки дебити (до 40 $\text{т}^3/\text{ч}$) на големи височини (до 250м). Повечето конструкции вихрови помпи са самозасмукващи, т.е. не трябва да бъдат непременно "под залив", в което се състои голямото им предимство. Транспортират чисти и замърсени води, кондензат и суспензии с малки концентрации на твърдата фаза и незначителни размери на частиците ѝ.

Конструктивна схема на вихрова помпа е показана на фиг.251. Работното колело 9 има радиални лопатки и е монтирано към вала 2. То е затворено от смукателния диск 8 и диска с канали 10, които образуват работното пространство на помпата.



Фиг.251. Вихрова помпа

1 - лагерно тяло; 2 - вал; 3 - капачка; 4 - търкаляш лагер; 5 - салник; 6 - пробка; 7 - корпус; 8 - смукателен диск; 9 - работно колело; 10 - диск с канали; 11 – салвикова набивка; 12 – капачка

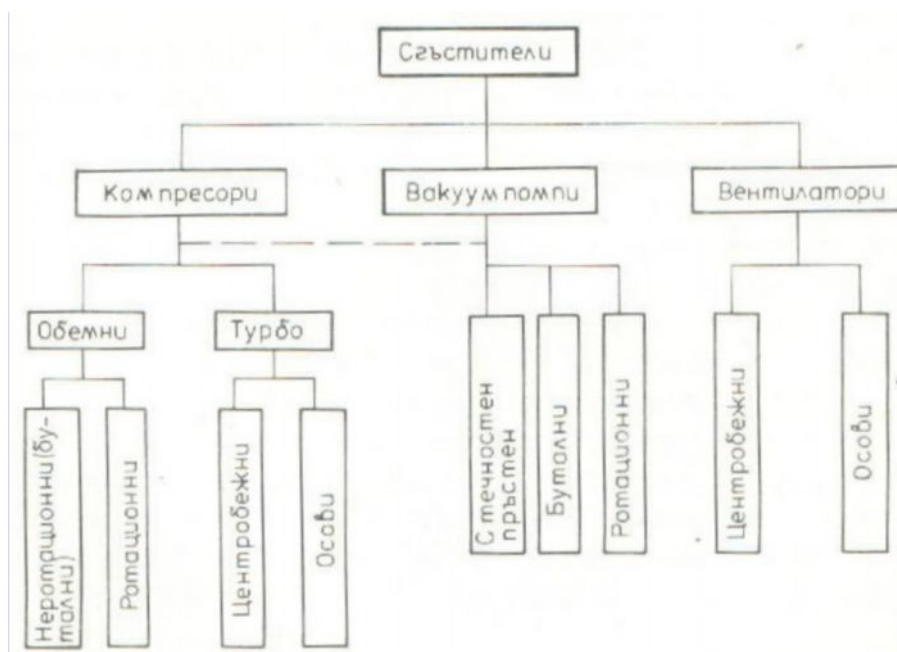
Течността постъпва в основата на работното колело между лопатките. Под действието на центробежните сили тя се изхвърля от вътрешната му част към периферията му и преминава многократно през пространствата, образувани от лопатките и каналите му.

При движението на течността в работното колело се образува вихров поток, който придава част от енергията си на новопостъпващата течност. Това става причина за създаване на високо налягане, но и за загуба на енергия, поради което вихровите помпи имат нисък КПД(20 - 50%).

Предимствата на вихровите помпи са проста конструкция и компактност, работа при ниски честоти на въртене, възможност за получаване на високи налягания. Недостатъците им са ниският КПД и непригодността им да транспортират замърсени течности с голям вискозитет.

4. Нагнетатели. Конструктивни особености

Сгъстителите се делят на три основни групи - **компресори**, **вакуумпомпи** и **вентилатори** (фиг.252).



Фиг.252. Класификация на сгъстителите

4.1. Компресори - използват се за повишаване на налягането на въздух и други газове до стойност, по-голяма от 0,1МРа.

4.1.1. Обемни

Обемните компресори са предназначени за налягане до 100МРа, като за по-ниските налягания намират приложение ротационните, а за по-високите налягания - неротационните (буталните) компресори. Буталните компресори са:

- за ниско налягане(до 0,2МРа) - използват се в металургията, химическата и хранително-вкусовата промишленост, машиностроенето и др.;

- за средно налягане(от 0,2 до 10МРа) - намират приложение главно в химическата промишленост;

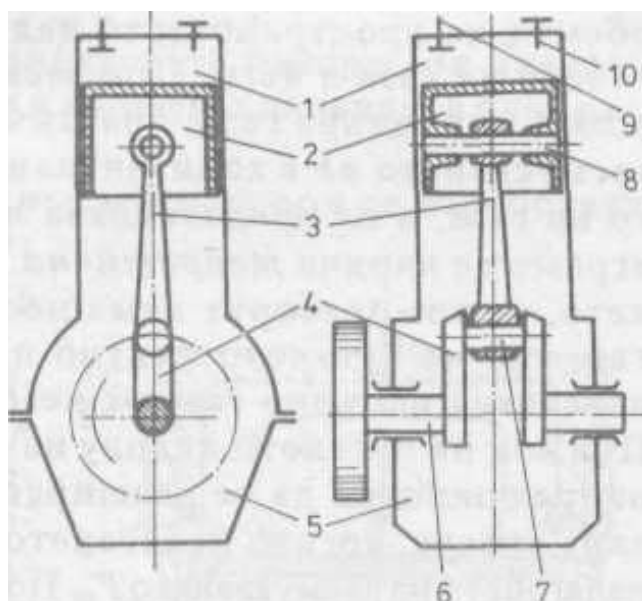
- за високо налягане(от 10 до 100МРа) - предназначени са за синтез на амоняк от азот и водород.

Обемните компресори работят на обемния принцип - при ротационните сгъстяващият работен орган извършва кръгово движение, а при буталните - праволинейно-възвратно.

Бутални(неротационни) компресори

Бутални(неротационни) компресори - начинът на работа на буталните компресори може да се проследи по схемата, показана на фиг.253. Буталото 2 се движи възвратно-постъпателно в цилиндъра 1. В показания случай връзката му с мотовилката се осъществява чрез кръстоглав и буталния болт 8. Другият край на мотовилката е свързан с колянвия вал 4.

При движение на буталото 2 надолу в освободеното пространство се създава вакуум. Под действието на налягането на газа в смукателния тръбопровод смукателният клапан 9 се отваря и в компресора нахлува газ. Пълненето продължава, докато буталото достигне до крайно долно положение. В този момент колянвият вал 4 се превърта и буталото започва да се връща. Обемът пред него намалява. Това повишава налягането и смукателният клапан се затваря. Буталото продължава хода си и сгъстява газа, докато налягането му се изравни с налягането в нагнетателния тръбопровод. Тогава клапанът 10 се отваря и газът се изтласква в тръбопровода. Следователно при този тип компресор за едно завъртане на колянвия вал се извършва едно засмукване и едно сгъстяване и нагнетяване. Такива компресори се наричат едностъпални. При тях се създава налягане до 0,8МРа.



Фиг.253. Бутален компресор с просто действие

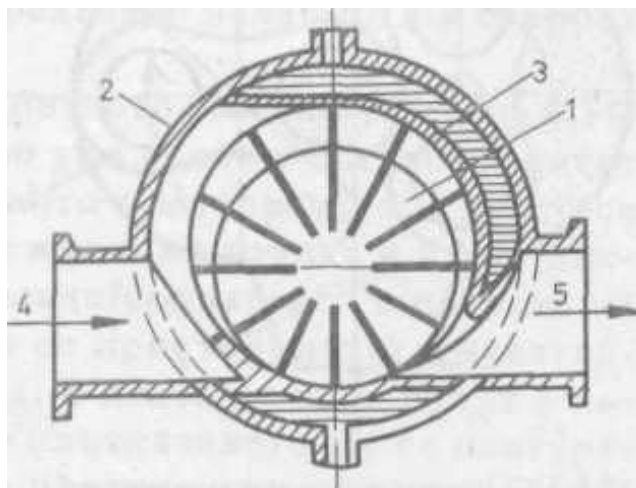
1 - корпус; 2 - бутало; 3 - мотовилка; 4 - колян вал; 5 - цилиндров блок; 6 - основни шийки; 7 - мотовилкови шийки; 8 - бутален болт; 9 - смукателен клапан; 10 - нагнетателен клапан

Когато се извършва нагнетяване при много високо налягане, не е възможно това да се постигне с еднократно сгъстяване. В такива случаи се използват многостъпални компресори с няколко цилиндъра. Газът се сгъстява в единия от цилиндрите при първоначално налягане, което има някаква междинна стойност, охлажда се в охладител, сгъстява се допълнително в друг цилиндър, охлажда се отново и т.н., докато се постигне необходимата компресия. Обикновено степента на компресия е от 6-8. На практика броят на стъпалата в многостъпалните компресори не е повече от шест поради усложняване на конструкцията. Осите на цилиндрите може да бъдат разположени хоризонтално, вертикално или наклонено.

Ротационни компресори

Ротационни компресори - работата на ротационните компресори се основава на обемния принцип, но при тях елементът, който изпълнява функциите на бутало, извършва въртеливо или сложно движение, а не праволинейно-възвратно. Това осигурява преминаване на непрекъснат поток на флуида през компресора, следователно по-голяма равномерност в крайното налягане. Така е избягнат основният недостатък на буталните компресори - неравномерното подаване на газа в мрежата. Ротационните компресори имат по-малки габаритни размери и по-големи честоти на въртене от буталните.

Пластинкови компресори



фиг.254. Пластинков компресор

1-ротор; 2-цилиндрично тяло; 3-пластини; 4-смукателен клапан; 5-нагнетателен клапан

Пластинкови компресори - цилиндричното им тяло 2(фиг.254), което изпълнява функциите на статор, се охлажда с водна риза. В него е разположен ексцентрично цилиндричният ротор 1. Роторът е прорязан от радиални канали, в които са поставени пластините 3. При бързото му въртене пластините изскачат под действието на центробежните сили и се плъзгат по вътрешната повърхнина на статора. Пространствата, заградени между две последователни пластинки и двете цилиндрични повърхнини на статора и ротора, се наричат работни камери

Пластинковите компресори се изработват едностъпални и двустъпални със степен на сгъстяване 2- 4 и съответно крайно налягане от 0,4 до 1,5МРа. Основните им предимства пред буталните компресори са добра уравновесеност, възможност за директно съединяване с високоскоростни електродвигатели, липса на смукателни и нагнетателни клапани. Недостатъците им са свързани с високите механични загуби и ограниченията по отношение на крайното налягане.

Компресор на Рут

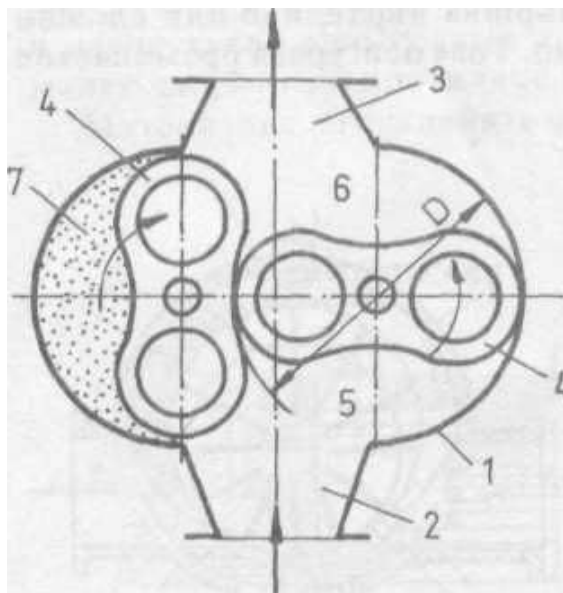
Компресор на Рут - имат същия принцип на действие както пластинковите(фиг.255). Състоят се от овалния чугунен кожух 1, в който върху два успоредни вала се въртят с незначителна хлабина помежду си двата профилни ротора 4. Напречното сечение на роторите

наподобява цифрата осем. Хлабината между тях и вътрешната повърхнина на кожуха е няколко стотни от милиметъра.

При въртенето на ротора в тялото на компресора се образуват две отделни камери - смукателната 5 и нагнетателната 6. Флуидът се засмуква през тръбопровода 2 в камерата 5, преминава през неутралното пространство 7 и отива в камерата 6, където се нагнетява при налягане, равно на налягането в нагнетателния тръбопровод 3.

Основните предимства на компресора на Рут са простото им устройство и голямата им производителност - до $15\text{т}^3/\text{ч}$ при налягане до 80кРа.

Главните им недостатъци са трудното изработване на роторните тела, увеличените загуби през хлабините при повишена степен на сгъстяване и ниският КПД. По тези причини приложението им е ограничено.



Фиг.255. Компресор на Рут

1 - кожух; 2 - смукателен тръбопровод; 3 - нагнетателен тръбопровод; 4 - ротор; 5 - смукателно пространство; 6 - нагнетателно пространство; 7 - неутрално пространство

4.1.2. Турбокомпресори

Турбокомпресорите се строят за налягане до 10МРа. Тези от тях, които осигуряват $0,15 \div 0,2$ МРа, носят практическото наименование въздуходувки(газодувки). Могат да работят по един от следните два принципа на действие: с използване на центробежна сила(**центробежни турбокомпресори**) или с използване на аеродинамичното взаимодействие между флуида и лопатките на работното колело(**осови турбокомпресори**).

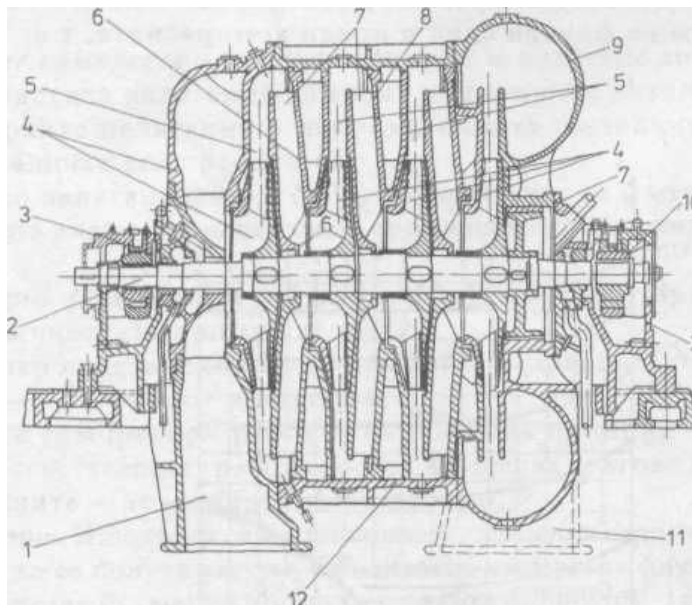
Съществува голямо сходство между турбокомпресорите и турбопомпите. Разликата се състои в това, че при турбопомпите външният диаметър и широчината на работното колело са постоянни за всички работни колела, докато при турбокомпресорите те намаляват към последното стъпало, което съответства на намаляването на обема на сгъстявания флуид.

Характерно за турбокомпресорите е, че за понижаване на температурата на флуида при сгъстяването е необходимо охлаждане, което може да бъде вътрешно, външно и комбинирано. При вътрешното охлаждане към отделни стъпала се поставят охладителни ризи. При външното се използват охладители, разположени между групите стъпала. Комбинираното охлаждане представлява едновременно съчетание на първите два начина.

Центробежни турбокомпресори

Обикновено се строят за налягане от $0,3 \div 1,2$ МРа и производителност $V = 8000 \div 80000\text{м}^3/\text{ч}$ и повече. Съществуват центробежни компресори за високи налягания(до 3МРа) и много голяма производителност. Конструкция на центробежен компресор е показана на фиг.256. Тук са

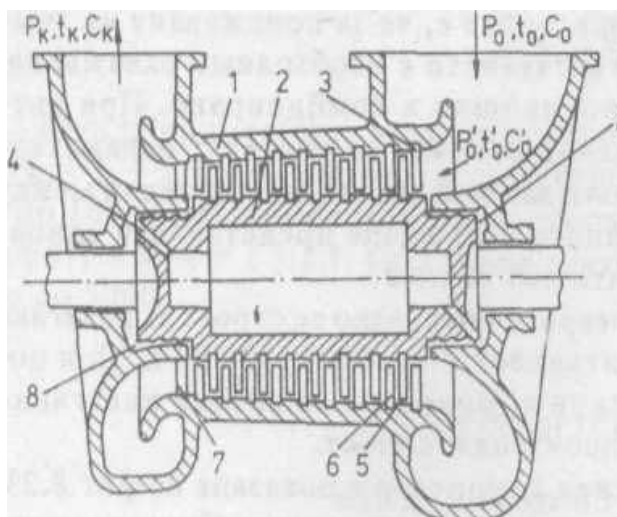
обособени смукателно и нагнетателно тяло. Смукателното тяло 6 е свързано със смукателния отвор 1, а спиралното нагнетателно тяло 9 - с нагнетателния отвор 11.



Фиг.256. Устройство и принцип на действие на центробеженкомпресор
 1 - смукателна тръба; 2 - вал; 3 - лагерни тела; 4 - работни колела; 5 - направляващ апарат;
 6 - смукателно тяло; 7 - обратен направляващ апарат; 8 - секция; 9 - нагнетателно тяло;
 10 -плъзгащи лагери; 11- нагнетателна тръба; 12- междинно тяло

Осови турбокомпресори

Конструират се за много големи дебети и ниски налягания - отношението между крайното и началното налягане за целия компресор е от порядъка $1,15 \div 1,35$. Намират приложение при газови турбини и самолетни двигатели.



Фиг.257. Многостъпален осов компресор
 1- корпус; 2 - ротор; 3, 6, 7 - направляващи лопатки; 4 - огвори; 5 - работни лопатки;
 8 - лабиринтни уплътнения

Корпусът е двуделен и изпълнява функциите на статор или ротор(фиг.257, поз.1). В него са монтирани отделно изработените междинни направляващи лопатки б.В смукателната част се намират входните направляващи лопатки 3, а в нагнетателната - изходните направляващи лопатки 7, които имат специална форма за ориентиране на потока. В корпуса е монтиран и роторът (статорът) 2, който се изработва кух за олекотяване. По периферията на ротора са разположени и разглобяемите работни лопатки 5. Както работните, така и направляващите лопатки образуват

дифузорни канали. Когато потокът преминава през тях, неговата скорост става по-малка, вследствие на което се увеличава налягането му и той се сгъстява.

Осовите компресори имат редица предимства пред другите компресори - висок КПД(от 0,86 до 0,91), малки габаритни размери и маса и проста конструкция.

4.2. Вакуумпомпи

Вакуумпомпите се използват за отстраняване на газове и пари от затворени обеми с цел да се получи вакуум. Обикновено засмукват флуид при абсолютно налягане, много по-ниско от атмосферното и го нагнетяват до абсолютно налягане, равно или малко по-високо от атмосферното. В зависимост от начина, по който се създава вакуумът, се различават обемни, пароструйни, молекулярни, йонни и кондензационни вакуумпомпи.

Основни параметри на вакуумпомпите - вакуумпомпите се характеризират със следните параметри:

- начално налягане P_n - налягането, при което помпата започва да работи. По този параметър всички вакуумпомпи се разделят на две групи: помпи, които засмукват пари или газ при първоначално атмосферно налягане, и помпи, които засмукват от обем, в който предварително има създаден вакуум от първата група помпи;

- крайно налягане P_k - максималното налягане при изхода на помпата, когато тя прекратява своята работа, т.е. когато на входа ѝ не постъпват повече газове и пари от евакуирания обем;

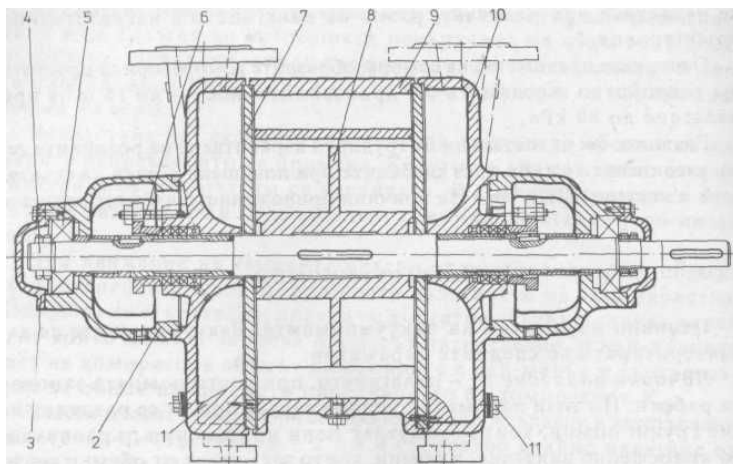
- остатъчно налягане $P_{ост}$ - налягането, което достига дадена помпа при затворена смукателна тръба;

- скорост на изпомпване S - определя се от обема газ, който преминава през смукателната тръба за единица време при определено входно налягане;

- производителност Q - измерва се с газовия поток, който се намира на входа на помпата при определено налягане P и скорост на изпомпване S - $Q = p.S$.

4.2.1. С воден пръстен

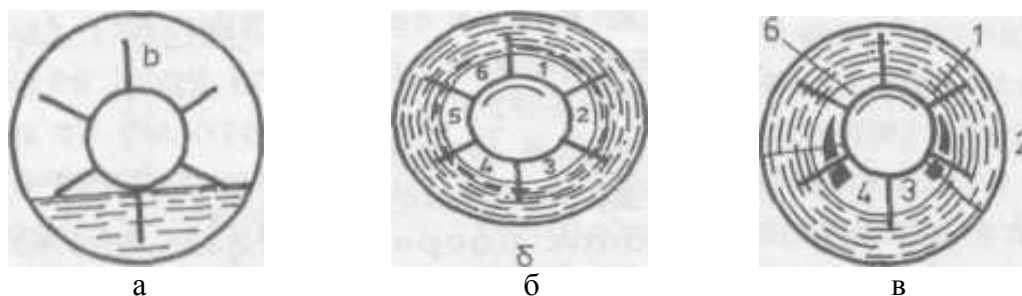
Вакуумпомпи с воден пръстен - работното им колело 8(фиг.258) има радиални лопатки и е монтирано към вала 4 с експентрицитет спрямо междинния корпус 9. Работното пространство, в което се намира колелото, е затворено от междинния корпус и двата диска 7. При вакуумпомпите има оформени смукателен и нагнетателен корпус(поз.1 и 10), към които се присъединяват смукателният и нагнетателният тръбопровод. В двата си края валът е лагеруван на търкалящите лагери 5. Уплътняването му се осигурява със салникова набивка, която се притяга от салника 6. Пробката 11 е предназначена за дрениране на помпата. Корпусите се притягат и образуват общ блок посредством 4 надлъжни шпилки. Задвижването се осъществява с електродвигател посредством дисков съединител.



Фиг.258. Вакуумпомпа с воден пръстен

1 - смукателен корпус; 2 - лагерно тяло; 3 - капачка; 4 - вал; 5 - търкалящ лагер; 6 - салник; 7 - диск; 8 - работно колело; 9 - междинен корпус; 10 - нагнетателен корпус; 11 – пробка

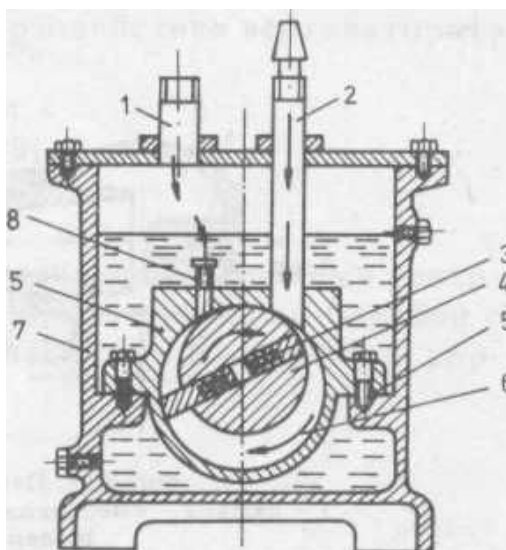
Принципът на действие на вакуумпомпите може да се изясни, като се използва фиг.259. Работното колело „б“ с радиалните лопатки е разположено концентрично в цилиндъра, в който има незначително количество течност(фиг.259а). Когато се достигне определена ъглова скорост, течността застава по периферията(фиг.259б), като се завърта със същата скорост. Създава се воден пръстен, разделен от лопатките на еднакви подвижни камери 1, 2...6 с равни обеми.



Фиг.259. Принцип на действие на вакуумпомпите

Ако работното колело се постави ексцентрично спрямо цилиндъра, и то така, че окръжността с неговия вътрешен диаметър да бъде допирателна към вътрешната окръжност на водния пръстен (фиг.259в), ще се констатира увеличение на обема на камерите 1, 2, 3 и намаление на обема на камерите 4, 5, 6. В резултат на това в едните ще се създава разреждане, т.е. засмукване, а в другите - нагнетяване. При работа количеството на течността намалява, тъй като част от нея се увлича с въздуха към нагнетателния корпус. Има опасност дебелината на течния пръстен да намалее и да се наруши необходимото уплътнение. За отстраняване на този недостатък смукателната камера се свързва с водопровод, от който се набавя нужното количество течност.

4.2.2. Ротационни маслени вакуумпомпи



Фиг.260. Ротационна маслена вакуумпомпа

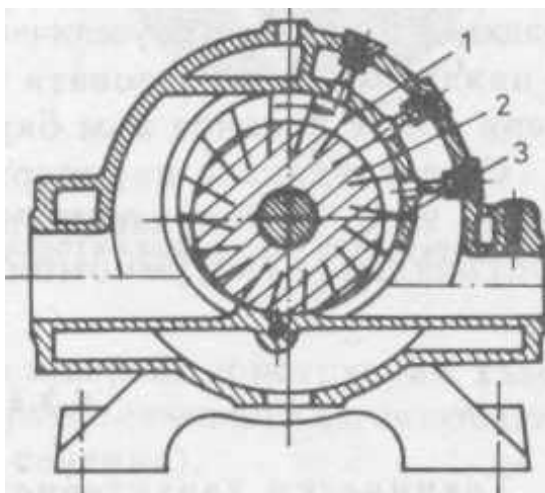
1 - тръбичка; 2 - смукателен тръбопровод; 3 - пластини; 4 - ротор; 5 -цилиндър; 6 - камера;
7 - маслен резервоар; 8 – клапан

Ротационни маслени вакуумпомпи - използват се за създаване на дълбок вакуум. Работната им камера се състои от цилиндъра 5 с ексцентрично разположения в него ротор 4(фиг.260) и от масления резервоар 7, пълен до определено ниво с масло. През капака минава смукателният тръбопровод 2 и стига до цилиндъра 5. При въртене на ротора 4 надясно пластините 3 се изтласкват от пружини, намиращи се в основата на прорезите, в които са поставени, и така следят контура на цилиндъра 5. Въздухът, който се намира от едната страна на пластината 3 (заклучен в камерата 6), започва да се сгъстява, а въздухът от другата ѝ страна се разрежда (създава се вакуум). Сгъстяваният въздух се изтласква през клапана 5 над нивото на маслото, а

оттам през тръбичката 1 излиза в атмосферата. Маслото маже движещите се части на помпата и намалява вредното ѝ пространство.

4.2.3. Многопластинкови вакуумпомпи

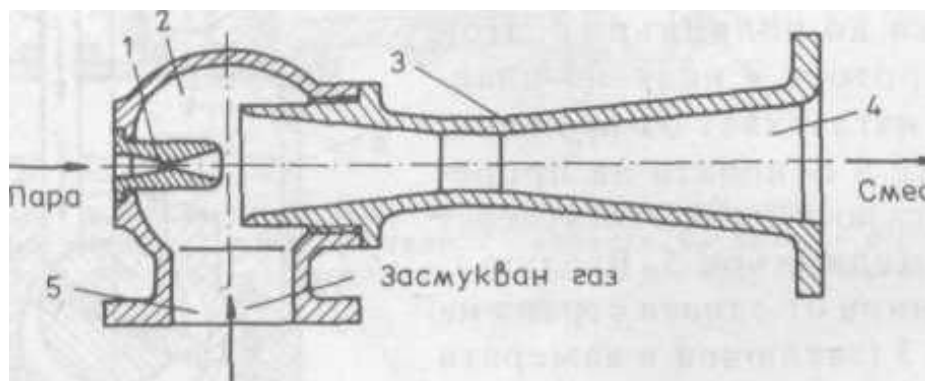
Многопластинкови вакуумпомпи - използват се за изпомпване на газ от големи обеми, а също и за създаване на предварително разреждане в централната система на различни видове вакуумни съоръжения. Тялото 3 на вакуумпомпите е цилиндрично и изпълнява функциите на статор(фиг.261). В него е разположен ексцентрично цилиндричният ротор 2. Роторът е прорязан от радиални канали, в които са поставени пластините. При бързото му въртене пластините изскачат под действието на центробежните сили и се плъзгат по вътрешната повърхнина на статора. По този начин между две последователни пластини, ротора и стените на статора се образува камера. Обемът на всяка от камерите първоначално расте, при което се получава засмукване, а след това прогресивно намалява - получава се сгъстяване и в последния момент изтласкване. Дебелината на пластините е от 1 до 3мм, а броят им е от 20 до 30. Многопластинковите вакуумпомпи се свързват директно с електродвигателя.



Фиг.261. Многопластинкова вакуумпомпа
1- пластини; 2- ротор; 3- статор

4.2.4. Пароструйни вакуумпомпи(ежектори)

Пароструйни вакуумпомпи(ежектори) - състоят се от дюзата 1, смесителната камера 2 и дифузора 3(фиг.262). Обикновено се подава пара с високо налягане($1 \div 1,4\text{MPa}$), която минава през дюзата 1 и потенциалната ѝ енергия се превръща в кинетична.



Фиг.262. Пароструйна вакуумпомпа
1 - дюза; 2 - смесителна камера; 3 - дифузор; 4 - юходен щуцер; 5 - входен щуцер

В резултат на това в камерата 2 навлиза струя с голяма скорост($1000 \div 1400\text{м/сек}$) и ниско налягане и се създава разреждане. Газът навлиза през щуцера 5, засмуква се с парата и постъпва заедно с нея в дифузора 3. В дифузора скоростта на смесения поток се намалява, а налягането се

увеличава, т.е. кинетичната енергия се трансформира в налягане. Парогазовата смес напуска вакуумпомпата през щуцера 4 и се насочва към барометричния кондензатор. С разгледаната пароструйна помпа може да се постигне вакуум до 90%. За получаване на по-голям вакуум се използват многостъпалните вакуумпомпи.

4.3. Вентилатори

Вентилаторите представляват съоръжения за транспортиране на газове чрез увеличаване на енергията им при общо налягане до 0,01МРа. Те засмукват флуид при налягане приблизително равно на атмосферното, и го нагнетяват при налягане малко по-високо от атмосферното. В зависимост от големината на налягането се делят на три групи: **с ниско налягане(до 1000Ра)**, **със средно налягане(до 3000Ра)** и **с високо налягане(до 10000Ра)**. Според конструкцията си могат да бъдат **центробежни** и **осови(пропелерни)**. При центробежните въздухът постъпва, като се движи по направление на оста, и излиза, насочен радиално. При осовите направлението на движение на въздуха се запазва успоредно на оста на въртене.

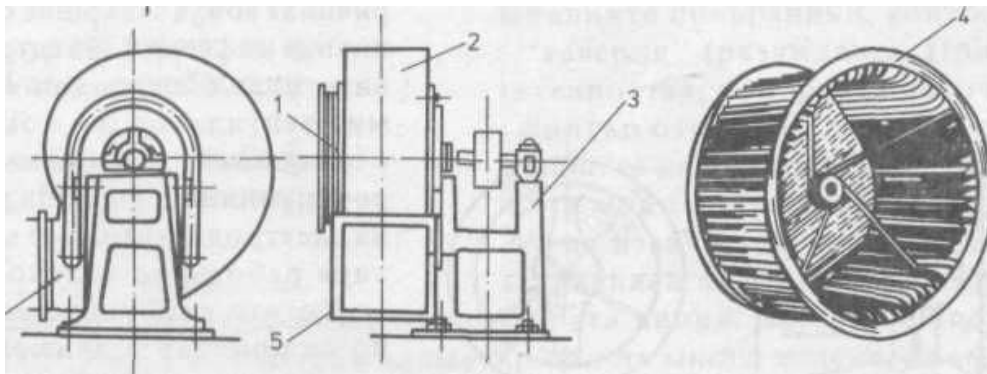
Произвеждат се вентилатори с различна честота на въртене - от 100 до 1200мин⁻¹.

Показателите, по които се съди за възможностите и работата на вентилаторите, са големината на създаваното налягане и бързодействието им(чрез изчисляем коефициент на бързодействие). В зависимост от налягането вентилаторите се разделят на три групи:

- с ниско налягане - до 1000Ра;
- със средно налягане - до 3000Ра;
- с високо налягане - до 10000Ра.

4.3.1. Центробежни вентилатори

Центробежни вентилатори - обикновените центробежни вентилатори се състоят от работно колело, представляващо барабан с извити лопатки, спираловиден кожух, нагнетател, смукател и корпус(фиг.263).



Фиг.263. Центробежен вентилатор

1 - смукател; 2 - спирален кожух; 3 - корпус; 4 - работно колело; 5 - нагнетател

Спираловидният кожух 2 представлява заварена конструкция, към която се закрепват смукателят 1(с кръгло напречно сечение) и нагнетателят 5(обикновено с правоъгълно напречно сечение). Кожухът е монтиран в корпуса 3, който поддържа и лагерите на вала. Корпусът се изработва като заварена конструкция или като отливка. Работното колело 4 се закрепва конзолно към вала. То се задвижва от електродвигател. Газът се засмуква през централния отвор на смукателя 1, ускорява се от работното колело и излиза през нагнетателя 5.

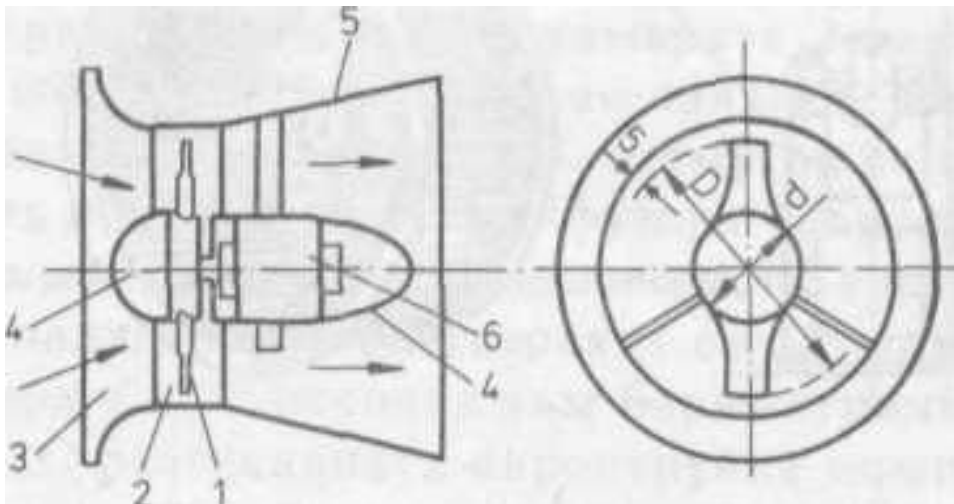
Вентилаторите за ниско налягане имат широко работно колело и широк кожух. Работните им лопатки са прави, извити назад и малко на брой. Тези вентилатори имат малки честоти на въртене. Подходящи са, когато е необходимо да се подават големи количества въздух при ниски налягания.

Вентилаторите за средно налягане също имат широко работно колело и широк кожух. Лопатките им са извити напред и са много на брой(до 40), разположени на малки разстояния(малка стъпка) една от друга. Благодарение на това се създава по-голямо налягане.

Вентилаторите за високо налягане имат тесен кожух и тясно работно колело. Лопатките им са малко на брой(12 ÷ 14) и са силно извити напред. Използват се за малки дебити и високи налягания.

4.3.2. Осев вентилатори

Осови вентилатори - осовите вентилатори се изработват от две основни части - осово работно колело с брой на работните лопатки от 2 до 12 и кожух(фиг264).



Фиг.264. Осов вентилатор

1 - работно колело; 2 - кожух; 3 - смукател; 4 -обшивка; 5 - коничен дифузор; 6 - електродвигател

Работното колело 1 се състои от цилиндрична главина с аеродинамична форма и от работни лопатки с крилен профил. Кожухът 2 се изработва най-често като заварена конструкция. Представлява цилиндър, в предния край на който се намира смукателят 3. За преобразуване на динамичното налягане в статично цилиндричният кожух завършва с коничния дифузор 5. Електродвигателят 6 е вграден в самия вентилатор и е покрит с обшивката 4, която има аеродинамична форма. На вала на електродвигателя се монтира работното колело. Когато работното колело се приведе в движение, газът се засмуква през смукателя, преминава между лопатките, като се движи по направление на оста, и излиза през коничния дифузор.

