

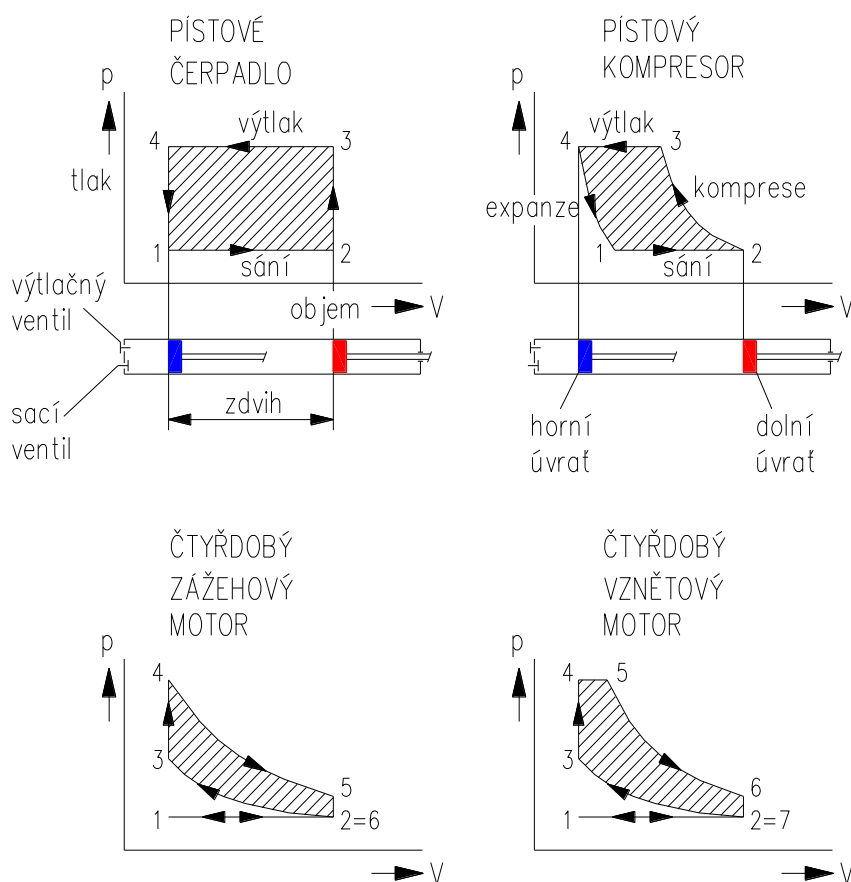
Pístové stroje.

Společným charakteristickým znakem pístových strojů je použití klikového mechanismu. U dvojčinných strojů (kde tlakové médium působí na píst z obou stran) se používá úplný klikový mechanismus s pístnicí a křížákem, u jednočinných strojů (tlakový účinek je jen z jedné strany pístu) je vždy použito mechanismu zkráceného.

Pístové stroje rozdělujeme do dvou skupin:

- hnací – (mění tlakovou energii na mechanickou – spalovací motory, vzduchové pístové motory, parní stroj)
- hnané – (mění mechanickou energii na tlakovou – pístová čerpadla, pístové kompresory)

Tlakové diagramy pístových strojů (p-V diagramy)



Funkce pístového čerpadla:

- 1 – 2 - sání kapaliny – sací ventil je otevřen
- 2 – 3 - rychlý nárůst tlaku v dolní úvrati – kapaliny jsou minimálně stlačitelné
- 3 – 4 - výtlak kapaliny – výtlakový ventil je otevřen
- 4 – 1 - rychlý pokles tlaku v horní úvrati – kapaliny jsou minimálně stlačitelné

Funkce pístového kompresoru:

- 1 – 2 - sání plynu – sací ventil je otevřen
- 2 – 3 - komprese - nárůst tlaku po adiabatě – plyny jsou stlačitelné
- 3 – 4 - výtlak plynu – výtlakový ventil je otevřen
- 4 – 1 - expanze – pokles tlaku po adiabatě – plyny jsou stlačitelné

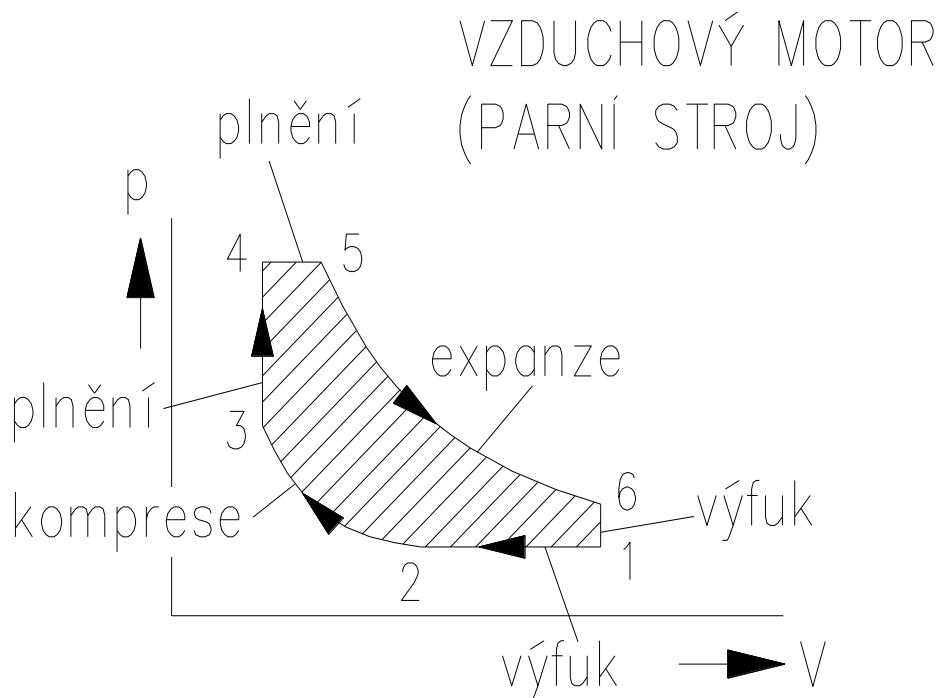
Funkce zážehového motoru:

- 1 – 2 - sání palivové směsi (vzduch + benzín) – sací ventil je otevřen
- 2 – 3 - komprese palivové směsi (po adiabatě)
- 3 - zážeh palivové směsi
- 3 – 4 - prudký nárůst tlaku v důsledku spálení paliva ve válci
- 4 – 5 - expanze spalín (po adiabatě)
- 5 – 6 - výfuk spalín – výfukový ventil je otevřen
- 6 – 1 - vytlačení spalín pístem – výfukový ventil je otevřen

Funkce vznětového motoru:

- 1 – 2 - sání vzduchu – sací ventil je otevřen
- 2 – 3 - komprese vzduchu ve válci (po adiabatě) – vzrůst teploty vzduchu
- 3 - vstřík nafty a její vznícení
- 3 – 4 - prudký nárůst tlaku v důsledku hoření nafty
- 4 – 5 - dohořívání nafty při souběžném zvyšování objemu ve válci
- 5 – 6 - expanze spalín (po adiabatě)
- 6 – 7 - výfuk spalín – výfukový ventil je otevřen
- 7 – 1 - vytlačení spalín pístem – výfukový ventil je otevřen

Pro všechny pístové stroje platí, že mezi horní úvratí pístu a hlavou válce zůstává malý prostor pro ventily. V tomto prostoru vždy malá část média ve válci přejde do následujícího pracovního cyklu.

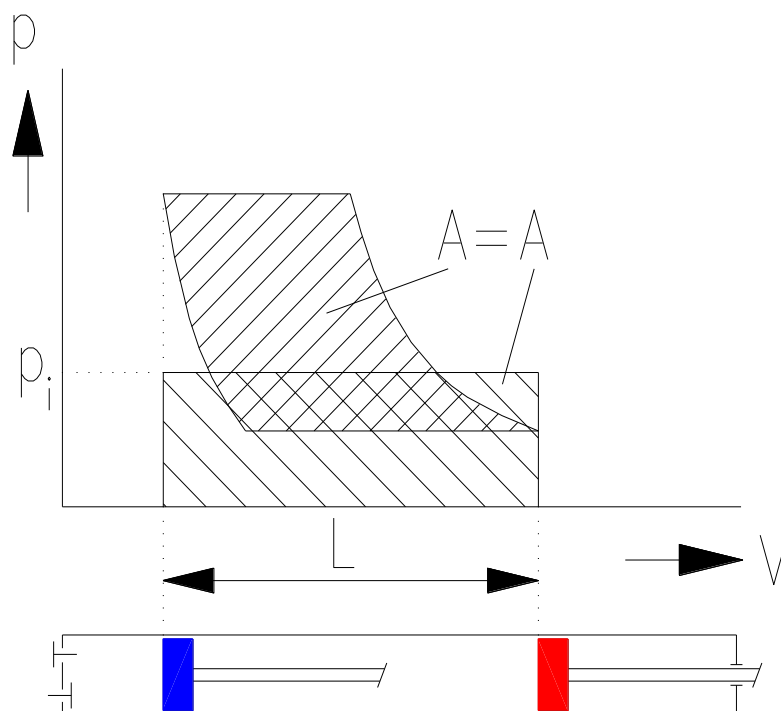


Funkce vzduchového motoru:

- 6 – 1 – 2 otevřený výfukový ventil (vyprazdňování válce po expanzi)
- 3 – 4 – 5 otevřený plnicí ventil (plnění válce tlakovým vzduchem nebo párou)

Šrafovaná plocha uvnitř tlakového diagramu představuje množství práce daným strojem spotřebované (čerpadla a kompresory) nebo vyzískané (motory) během jediného pracovního cyklu.

Při výpočtu výkonu pístového stroje nahrazujeme plochu tlakového diagramu obdélníkem stejného obsahu, jako má tlakový diagram stejného zdvihového objemu.



Pro indikovaný výkon pak platí vztah:

$$P_i = \frac{A}{t} = \frac{2L \cdot S \cdot p_i \cdot n \cdot i}{X}$$

kde L je zdvih pístu ($2L$ – dráha pístu)

S - plocha pístu

p_i - střední indikovaný tlak

n - otáčky za sekundu

i - počet činných ploch pístu (jednočinný stroj – $i = 1$)

X - počet zdvihů na jeden cyklus (4dobý motor – $X = 4$, ostatní $X = 2$)

Efektivní výkon pístového stroje je pak o něco snížen mechanickou účinností:

$$P_e = P_i \cdot \eta_m$$

Pístová čerpadla.

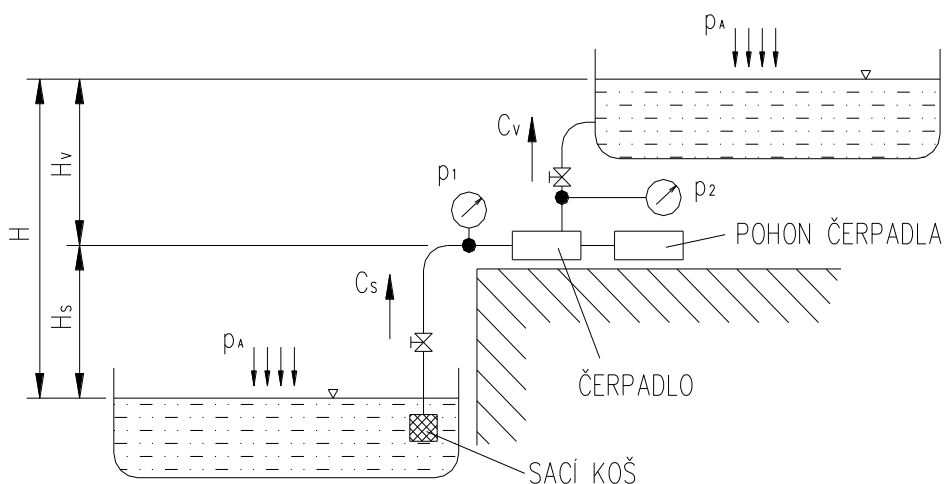
Čerpadla jsou stroje pro dopravu kapalin, nebo pro zvýšení tlaku v kapalinách. Dělí se na pístová a lopatková. U pístových čerpadel se mechanická energie mění na tlakovou pomocí klikového mechanismu. Práce čerpadla je pak rozdělena do dvou časových úseků na sání a výtlač.

U čerpadel se setkáváme s fyzikálním pojmem **měrná energie Y**. Je to energie dodaná čerpadlem každému jednomu kilogramu dopravené kapaliny. Rozděluje se do tří složek:

- energie polohová $g \cdot H$
- energie kinetická $\frac{c^2}{2}$
- energie tlaková $\frac{p}{\rho}$

Pístové čerpadlo dodává kapalině energie během sání i výtlaču.

$$Y = Y_{s(sání)} + Y_{v(výtlač)}$$



Měrnou energii určíme z Bernoulliho rovnice. Pro sání čerpadla platí vztah:

$$Y_s = g \cdot H_s + \frac{c_s^2}{2} + Y_{zs} = \frac{p_a - p_1}{\rho}$$

kde H_s je sací výška

c_s je rychlost proudění kapaliny v sacím potrubí

Y_{zs} je ztráta měrné energie v sacím potrubí

p_a je atmosférický tlak

p_1 je tlak (podtlak) v sacím potrubí

Člen $\frac{c_s^2}{2}$ představuje energii potřebnou pro uvedení kapaliny do pohybu.

Sací výška H_s závisí na vlastnostech dopravované kapaliny. Pokud je kapalina snadno odpařitelná, začala by pod tlakem vařit. Pak je nutné čerpadlo umístit níže, než je hladina dolní nádrže. Nemusí pak sát a kapalina do něj natéká samospádem. Takto umístěné čerpadlo má takzvanou zápornou sací výšku.

Bernoulliho rovnice pro výtlač kapalin má tvar:

$$Y_v = g \cdot H_v + \frac{c_v^2 - c}{2} + Y_{zv} = \frac{p_2 - p_a}{\rho}$$

kde H_v je výtlačná výška

c_v je rychlost proudění kapaliny ve výtlačném potrubí

Y_{zv} je ztráta měrné energie ve výtlačném potrubí

P_2 je tlak (přetlak) ve výtlačném potrubí

Pro výpočet **příkonu čerpadla** platí vztah:

$$P = \frac{Q_v \cdot \rho \cdot Y}{\eta_c}$$

Teoretický **objemový průtok** se určí:

$$Q_v = L \cdot S \cdot n \cdot i$$

kde L je délka zdvihu pístu

S je plocha pístu

n jsou otáčky za sekundu

$i = 1$ pro jednočinný stroj, $i = 2$ pro dvojčinný stroj

Celková účinnost η_c je u pístových čerpadel dána:

$$\eta_c = \eta_v \cdot \eta_h \cdot \eta_m$$

kde η_v je objemová účinnost (ztráty netěsností),

η_h je hydraulická účinnost (ztráty třením kapaliny),

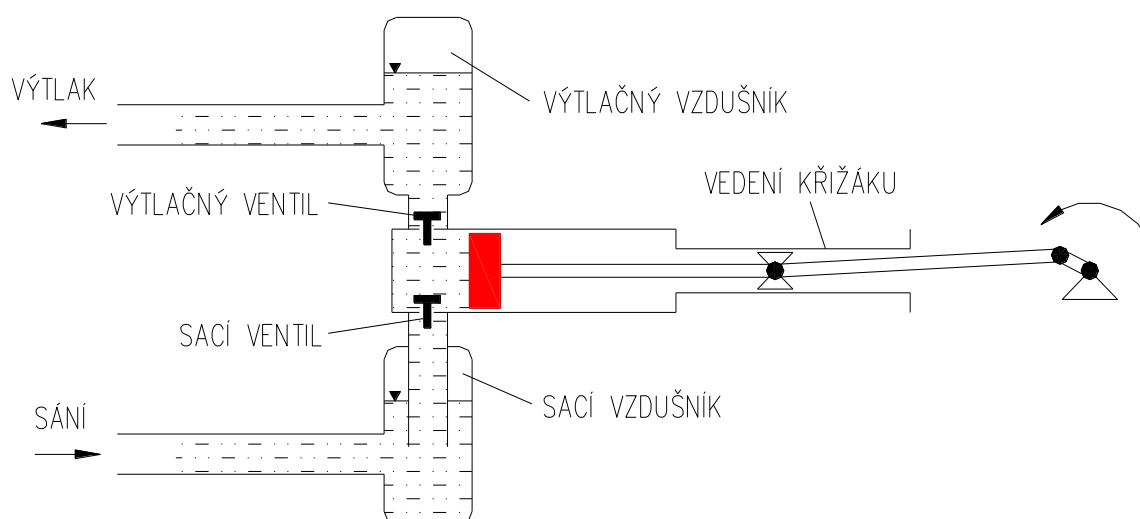
η_m je mechanická účinnost pohonu čerpadla (ztráty třením pohyblivých součástí)

Účinnost pístových čerpadel bývá obvykle v rozmezí 0,90 až 0,95.

Praktické využití pístových čerpadel je pro získání velkého tlaku kapaliny při malém objemovém průtoku.

Druhy pístových čerpadel:

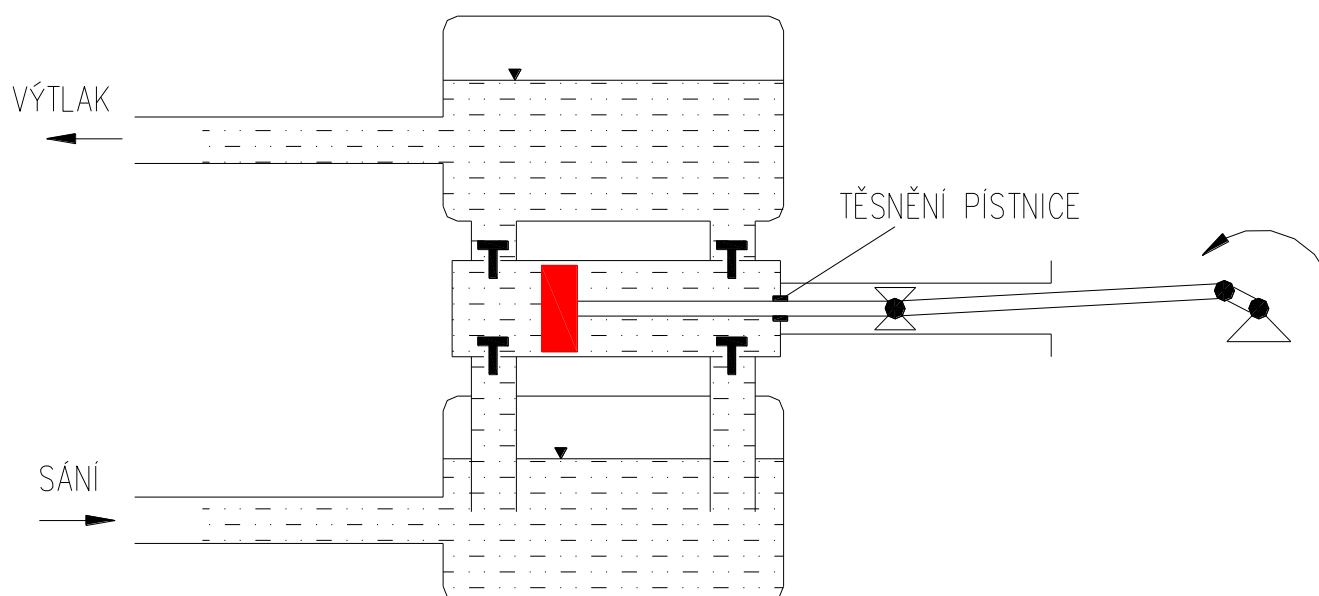
➤ jednočinné pístové čerpadlo



Pro objemový průtok čerpadla platí:

$$Q_v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot n \cdot \eta_v$$

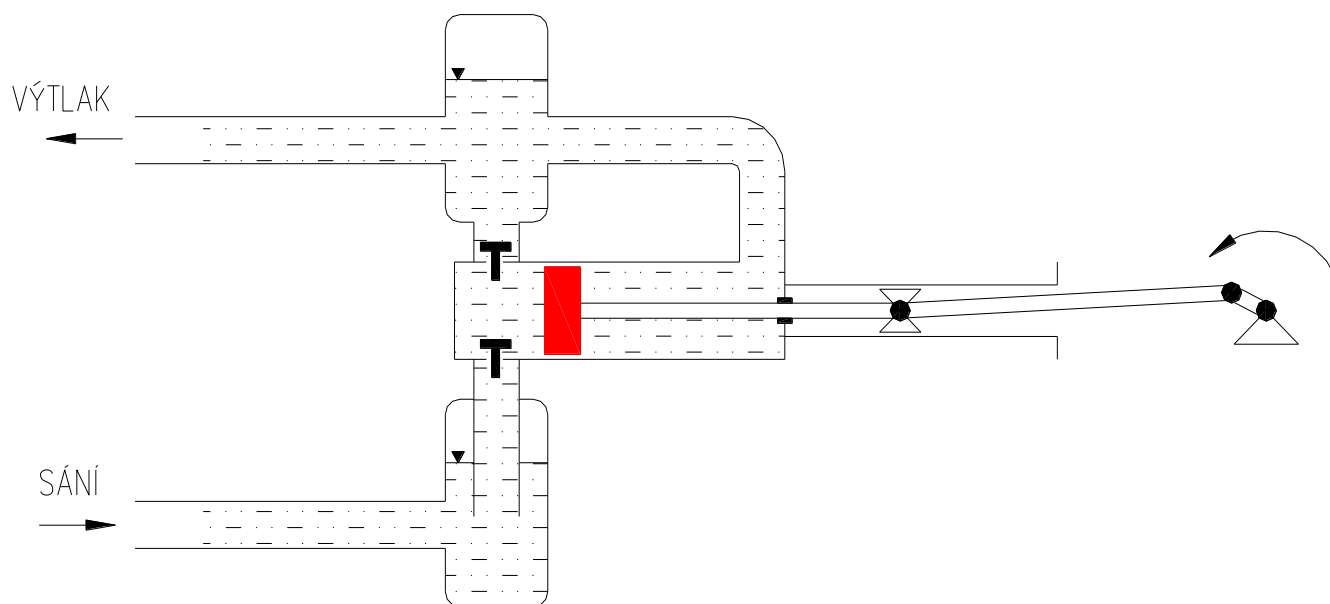
➤ dvojčinné pístové čerpadlo



$$Q_v = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot n \cdot \eta_v$$

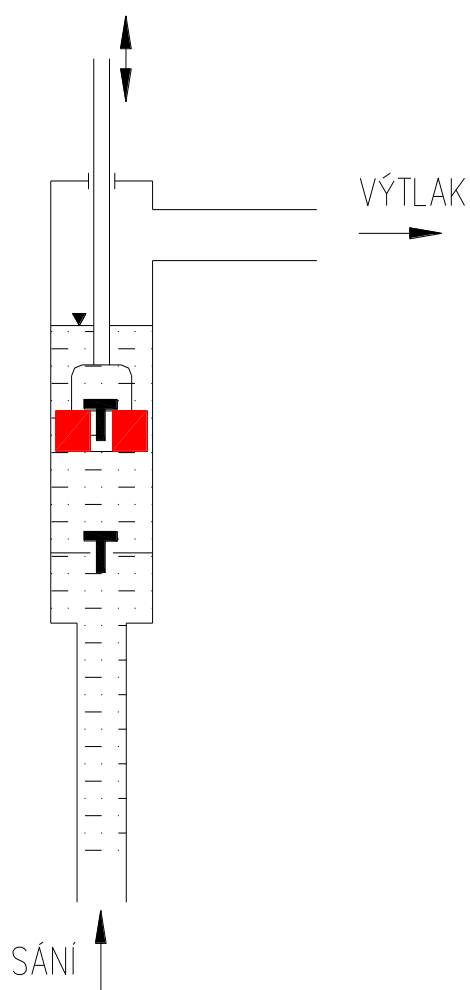
V praxi je Q_v pouze 1,85-tinásobkem průtoku jednočinného čerpadla. Příčina je v přítomnosti pístnice, která zabírá část prostoru válce čerpadla.

➤ **diferenciální pístové čerpadlo**



Diferenciální pístové čerpadlo je v zásadě čerpadlem jednočinným. Má ovšem rovnoměrnější dodávku kapaliny.

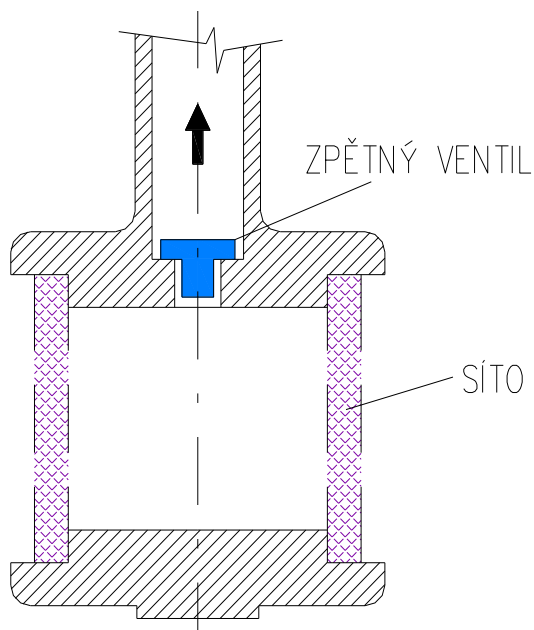
➤ **zdvížné čerpadlo (zahradní pumpa)**



Části pístových čerpadel:

➤ sací koš

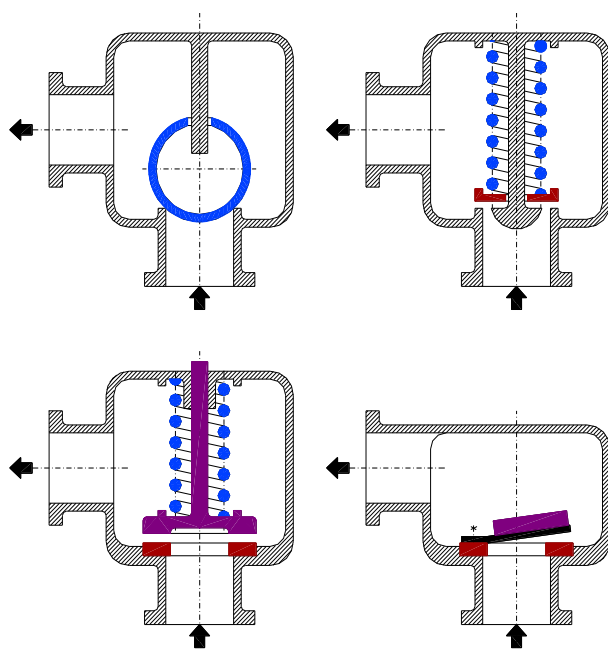
Je na vstupu do sacího potrubí. Jeho součástí je i síto pro zachycení hrubých nečistot, které se nesmí dostat do pracovního prostoru čerpadla. Zpravidla koš obsahuje i zpětný ventil, jež má zajistit, aby sací potrubí zůstalo zavodněné i při vypnutí čerpadla. Důvodem je skutečnost, že jen některá čerpadla jsou takzvaně samonasávací, tj. umí nasát kapalinu i při prázdném sacím potrubí.



Obrázek sacího koše.

➤ ventily

U pístových čerpadel se používají samočinné ventily ovládané rozdílem tlaků před a za ventilem. Uzavírání ventilů je zajištěno buďto tíhou jeho kuželky, nebo pomocí vložené pružiny. Z hlediska konstrukce máme ventily talířové, prstencové, kulové a záklopkové, apod.



Na náčrtcích jsou některé konstrukce ventilů. Vlevo nahoře je kulový ventil, vlevo dole je talířový ventil, vpravo nahoře je prstencový ventil a vpravo dole ventil se záklopkou.

➤ vzdušníky

Úkolem výtlačného vzdušníku je zrovnoměnění dodávky kapaliny, tedy zrovnoměnění dopravovaného množství ($Q_v = \text{konst.}$).

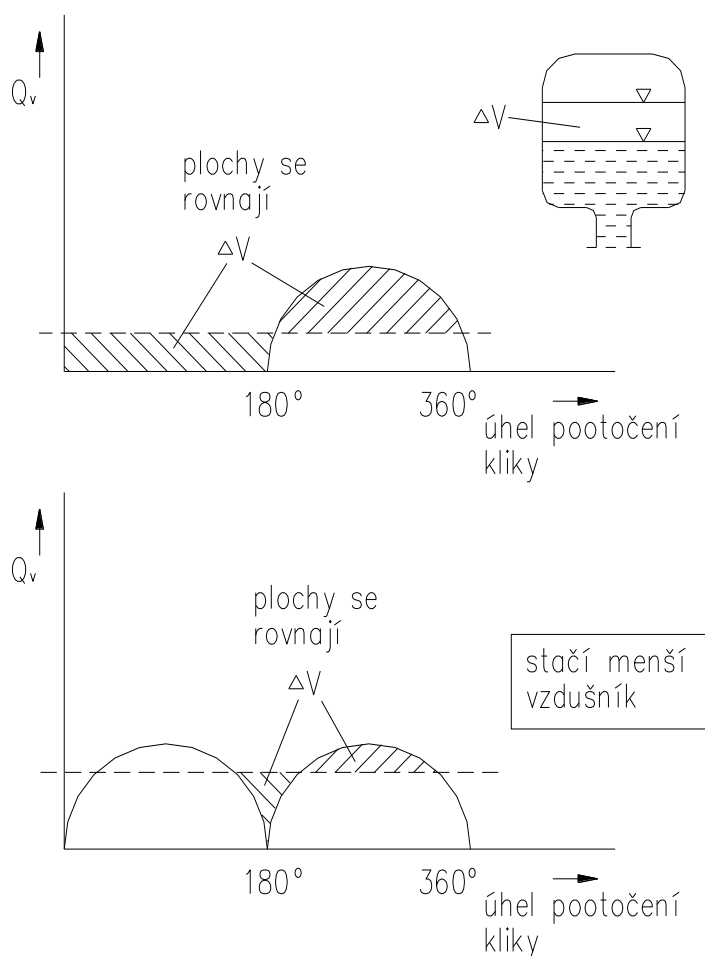


Diagram průtoku kapaliny vzdušníkem jednočinného čerpadla (horní obrázek) a dvojčinného čerpadla (spodní obrázek).

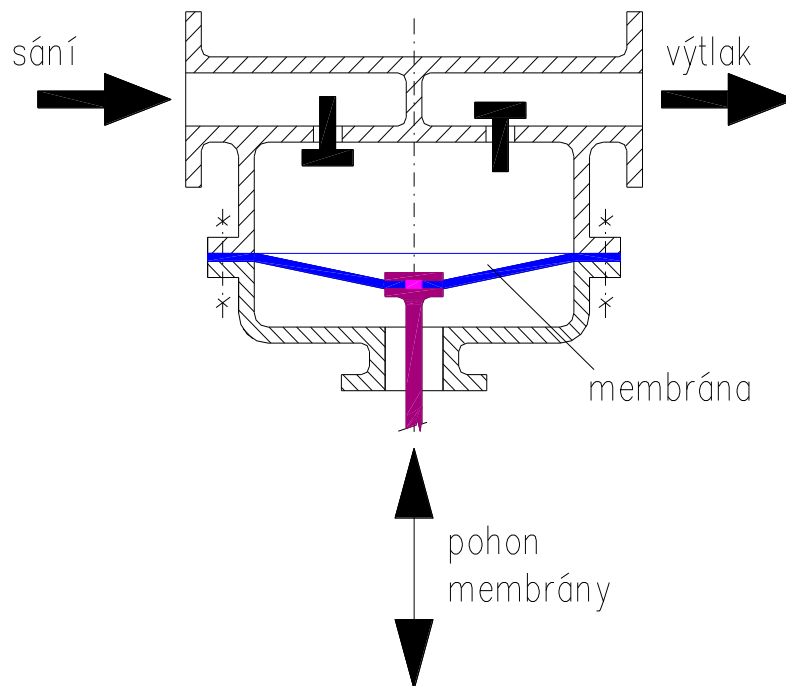
Z diagramu vyplývá, že během výtlačného zdvihu se část kapaliny naakumuluje do vzdušníku (objem ΔV), kde stlačí vzduch. Během sacího zdvihu je pak tento přebytek kapaliny stlačeným vzduchem opět vytlačen.

Úkolem sacího vzdušníku je zrovnoměnění nasávání kapaliny čerpadlem.

Jeho funkce je analogická. Během sacího zdvihu poklesne hladina ve vzdušníku (o objem ΔV) a vzduch jde do podtlaku, v důsledku nižšího průtoku v sací trubce. Během výtlačného zdvihu čerpadla se pak vlivem podtlaku vzduchu nasaje kapalina do vzdušníku, čímž se obnoví původní stav.

Membránové čerpadlo:

Používá se například jako podávací palivové čerpadlo u automobilů. I u něj dochází ke střídavému zvětšování a zmenšování pracovního prostoru, přičemž píst je zde nahrazen pružnou (často pryžovou) membránou.



Obrázek membránového čerpadla.

Membránová čerpadla se velmi často používají k přepravě různých agresivních kapalin, protože u nich tyto kapaliny nepřijdou do styku s těsněním.

Zubové, lamelové a šroubové čerpadlo – viz. 3. ročník – hydraulika.