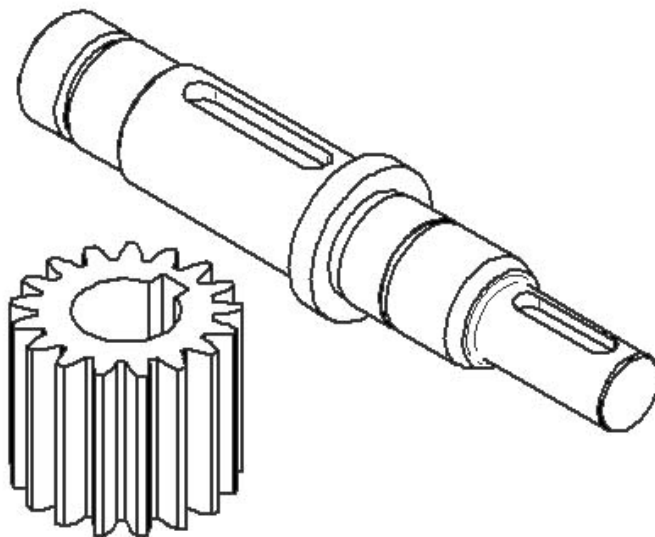




# STAVBA A PROVOZ STROJŮ

Maturitní okruhy

© Martin Kantor, Milan Benda  
**2003**

část 3.

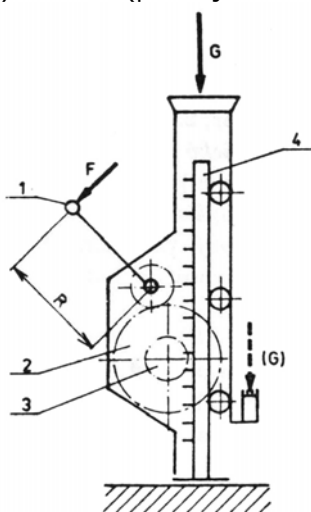
### **III. Stroje**

#### **31. Zařízení pro zvedání do malých výšek**

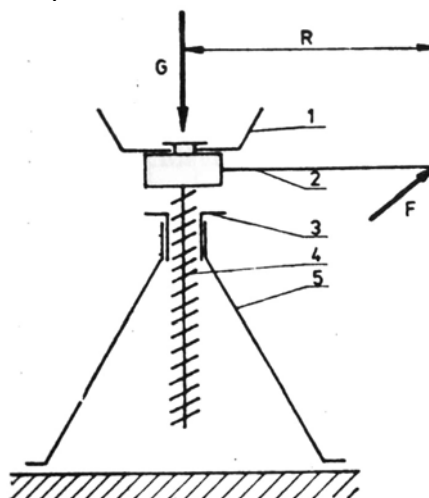
Zařízení pro zvedání do malých výšek – *zvedáky* – tuhý zvedací člen, malý zdvih (desetiny metru), zpětnému pohybu brání – samosvornost, zdrž, hydraulické blokování.

##### **Druhy zvedáků:**

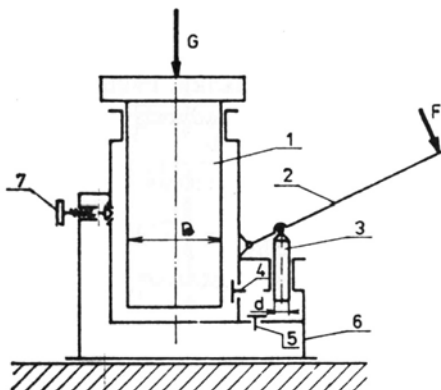
- 1) *hřebenový zdvihák* (nosnost 2-3t)
- 2) *šroubový zdvihák* (těžká břemena, poměr síly na rukojeť k tíze břemena je menší než u hřebenových zvedáků, nosnost 35t do výšky 300mm)
- 3) *hydraulický zdvihák* (pro nejtěžší břemena)



Obr. 2.2 Hřebenový zdvihák  
1 - klika; 2 - ozubený převod;  
3 - pastorek; 4 - hřeben

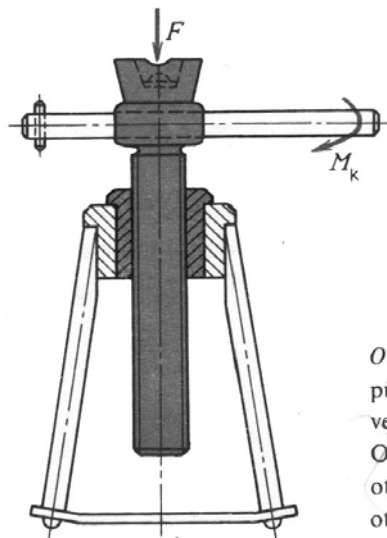


Obr. 2.1 Šroubový zdvihák  
1 - otočná opěrka; 2 - páka;  
3 - matice; 4 - šroub; 5 - stojan



Obr. 2.3 Hydraulický zdvihák  
1 - zdvihací píst; 2 - páka;  
3 - píst čerpadla; 4 - výtlačný ventil;  
5 - sací ventil; 6 - nádrž; 7 - přepouštěcí ventil

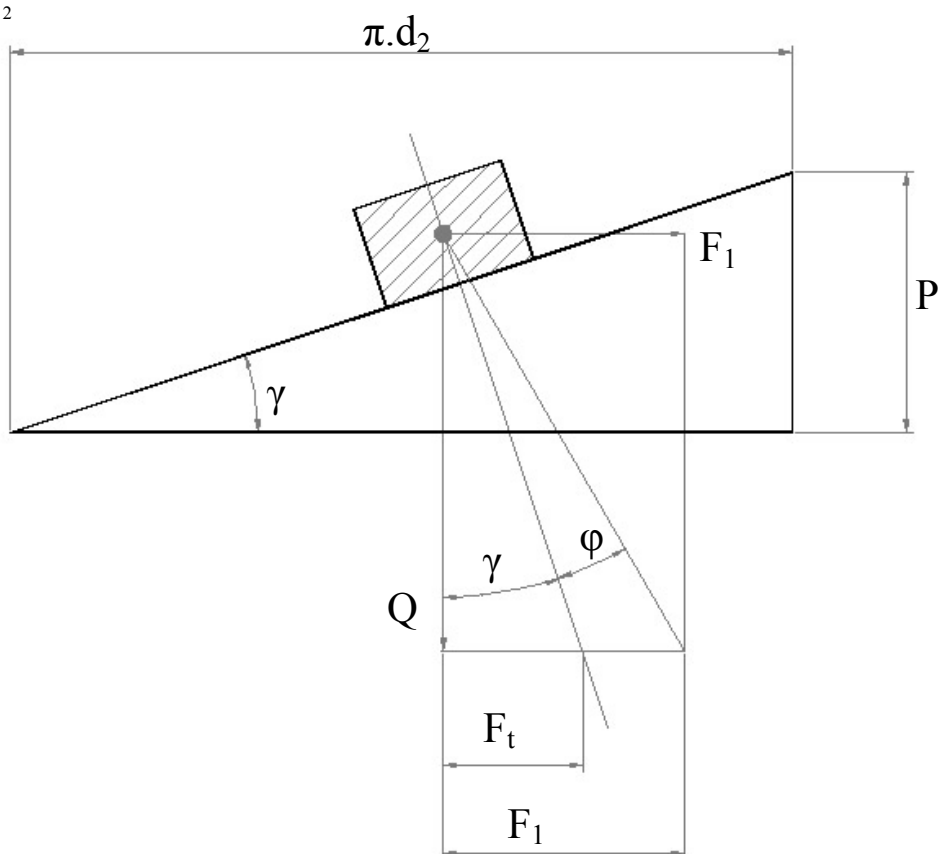
**Šroubový zdvihák:**



Obr. 2. Šroubový zvedák. Hnací síla působí na ruční páce, otáčí šroubem vedeným v matici v podstavci. Osová síla šroubu působí přes otočnou hlavici na břemeno, které se otáčením šroubu zdvihá nebo spouští

**silové poměry na nakloněné rovině:**

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_2}$$



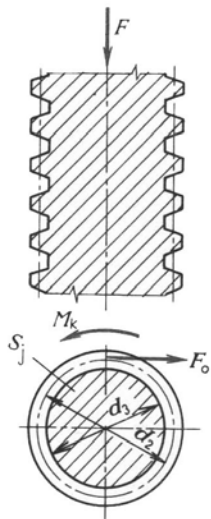
P - stoupání závitu

### Silové poměry, účinnost (obr. 3)

Krouticí moment vřetena:  $M_k = F_o \cdot \frac{d_2}{2}$ ,

obvodová síla:

1. pro zvedání:  $F_{o1} = F \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')$ ,
2. pro spouštění:  $F_{o2} = F \cdot \operatorname{tg}(\gamma - \varphi')$ ,



Obr. 3. Silové poměry na pohybovém šroubu  
 $M_k$  – krouticí moment vřetena,  $F$  – břemeno,  $F_o$  – obvodová síla,  $d_3$  – průměr jádra závitu,  $d_2$  – střední průměr závitu

účinnost:

1. při zvedání:  $\eta_1 = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi')}$ ,
2. při spouštění:  $\eta_2 = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma - \varphi')}$ .

Je-li  $\varphi' \geq \gamma$ , pak  $\operatorname{tg}(\gamma - \varphi') \leq 0$  a z toho  $\eta_2 \leq 0$ , tj. *samosvornost*. Využívá se např. u šroubových zvedáků.

účinnost: bývá zpravidla 30 - 40%, nosnost až 35 t; zdvih 300 mm při hmotnosti do 50 kg.

$\gamma$  - úhel stoupání

$\varphi$  - třecí úhel

### Pevnostní výpočet

Průřez jádra vřetena je namáhán osovou provozní silou  $F$  na tah a tlak a současně krouticím momentem  $M_k$  na krut:

napětí v tahu či v tlaku:

$$\sigma = \frac{F}{S_j},$$

napětí v krutu:

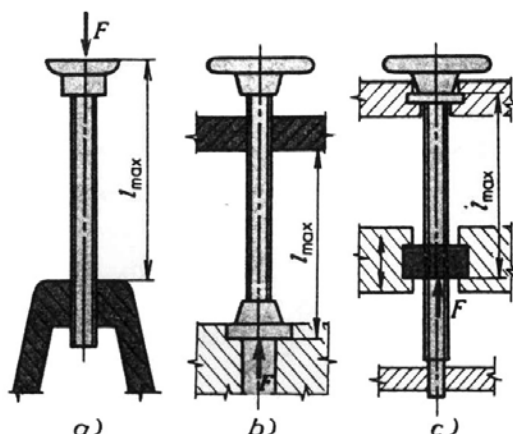
$$\tau_k = \frac{M_k}{0,2d_3^3}.$$

Výsledné redukované napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_k^2} \leq \sigma_D.$$

Dovolené napětí lichoběžníkového závitu pro:

|                           | míjivé zatížení                 | střídavé zatížení               |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| u rovnoramenného závitu   | $\sigma_D \doteq 0,2\sigma_P,$  | $\sigma_D \doteq 0,13\sigma_P,$ |
| u nerovnoramenného závitu | $\sigma_D \doteq 0,25\sigma_P,$ | $\sigma_D \doteq 0,16\sigma_P.$ |



Obr. 4. Běžné případy vzpěru vřetena šroubu. Štíhlost vřetena

$$\lambda = \frac{4\mu \cdot l_{max}}{d_3}$$

a) případ 1:  $\mu = 2$ , b), c) případ 2:  $\mu = 1$

Delší vřetena namáhaná tlakem (např. u šroubových zvedáků, lisů apod.) se kromě toho musí kontrolovat na vzpěr. Ocelová vřetena se kontrolují při štíhlosti  $\lambda \geq 90$  podle Eulera.

Kritická síla:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_j}{(\mu \cdot l)^2},$$

bezpečnost:

$$k_E = \frac{F_{kr}}{F} \geq 2,6 \text{ až } 6,$$

$\lambda$  podle obr. 4.

Pro  $\lambda < 90$  se kontroluje podle Tetmajera.

Pro oceli 11 500 a 11 600 je:  $\sigma_{Tet} \doteq 350 - 0,6\lambda$ ,  
napětí ve vzpěru:

$$\sigma_v = \frac{F}{S_j},$$

bezpečnost:

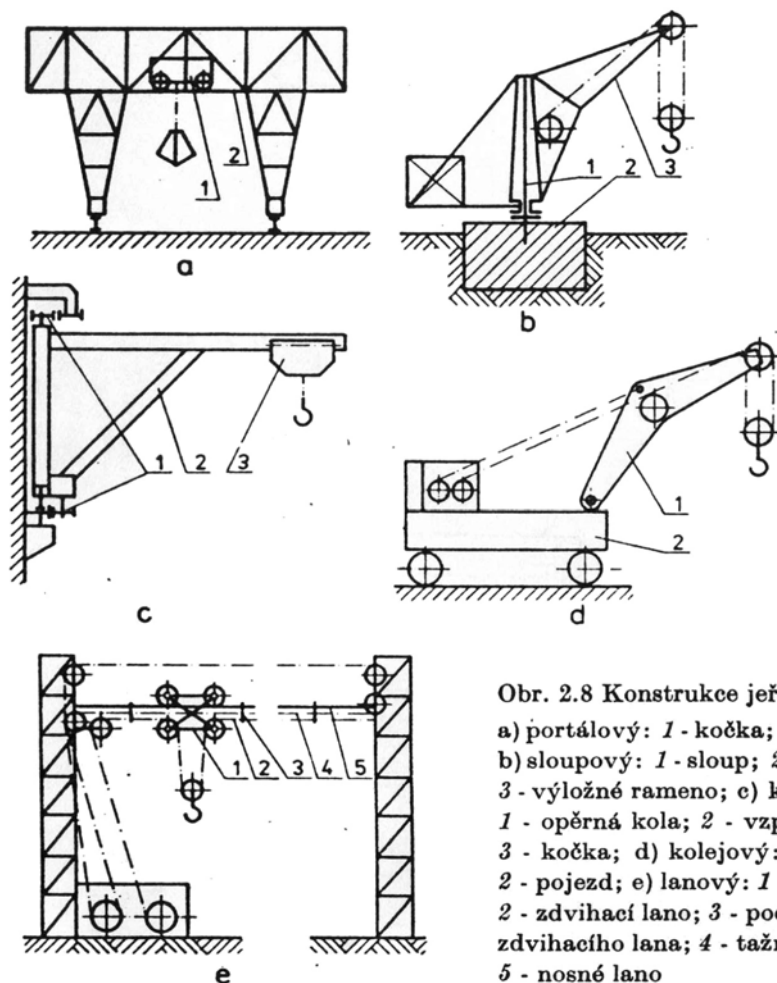
$$k_T = \frac{\sigma_{Tet}}{\sigma_v} \geq 1,7 \text{ až } 4.$$

## 32. Jeřáby

Slouží ke svislé i vodorovné dopravě břemen a k jejich držení v požadované výšce.

### Druhy a použití jeřábů:

- 1) **mostové** – stohovací
- 2) **portálové a poloportálové** – mosty, přístav, překládací
- 3) **konzolové** – těžký provoz
- 4) **sloupové, věžové** – montážní, stavební
- 5) **kolejové, silniční, plovoucí** – velmi mobilní
- 6) **lanové** – stavba mostů a přehrad



### Hlavní části jeřábů:

- a) lana - *textilní* – konopí bavlna, polyamid (malá nosnost)  
          *ocelová* – lano složeno z několika pramenů  
          *řetězy* – svařované
- b) kladky - vyrovnávací, vodící, hnací  
      *bubny* - hladké, rýhované  
      - lano se nesmí nikdy celé vymotat
- c) brzdy - 1) *stavící* – postupné zastavení  
          2) *spouštěcí* – brzdí stále  
          3) *regulační* – brzdí na požadovanou hodnotu  
      *zdrže* – rohatka se zápatkou
- d) prostředky pro vázání a uchopení břemene – háky, chapadla, drapáky, nádoby
- e) pojížděcí kola a kolejnice – kola mají nákolky
- f) pohon - 1) *elektrický* – nejpoužívanější  
          2) *hydraulický* – hydrogenerátor dodá energii hydromotoru

- 3) *ruční* – jednoduché zařízení, přesná manipulace
- 4) *pneumatický*
- 5) *spalovací motor* – autojeřáby

### **Parametry:**

- 1) nosnost  $m_q$
- 2) výška zdvihu  $h_q$
- 3) rozměry pracovního pole
- 4) pracovní rychlost – rychlost zvedání  $v_z$ , rychlost pojíždění kočky  $v_k$ , rychlost popojíždění jeřábu  $v_j$

### **Výpočty:**

#### **a) Výpočet lana:**

$$F_d = \frac{F_p}{K} \geq F_1 \text{ [N]}$$

$F_p$  - jmenovitá pevnost lana [N]

$F_1$  - skutečné zatížení lana [N]

$K$  - Součinitel bezpečnosti

$$q = \frac{F}{F_n} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$F$  - zatížení od průměrného břemene [N]

$F_n$  - zatížení od normalizovaného břemene [N]

*Skutečné svislé zatížení:*

$$F_1 = \frac{(m_q + m_g) \cdot q}{N \cdot \eta}$$

$m_q$  - hmotnost normalizovaného břemene [kg]

$m_g$  - vlastní hmotnost částí zvedaných současně s břemenem

$N$  - počet nosných průřezů lanového převodu

$\eta$  - účinnost lanového převodu

#### **b) Výpočet Kladky:**

$$D_t = \alpha \cdot d$$

$$D_t = D_k + d$$

#### **c) Výpočet bubnu:**

$$D_b = \alpha \cdot d$$

### **Nosné konstrukce jeřábů:**

Zachycuje tíhu břemene a jeřábu, účinky větru; měly by být bezpečné a estetické.

#### **Nosníky:**

- a) *válcovaný* – jednoduchý, těžký, malá nosnost
- b) *prolamovaný* – lehčí než válcovaný
- c) *plnostěnný svařovaný nebo nýtovaný* – velká nosnost
- d) *skříňový* – nepoužívanější, lehký
- e) *příhradový* – nejlehčí, používán ve velkém rozpětí

#### **Materiál:**

11 373, 10 520, 11 523

konstrukce je z nosníků, sloupů, výložníků. Části se svařují nebo lepí. K zvětšení stability pomáhá závaží.

### 33. Výtahy

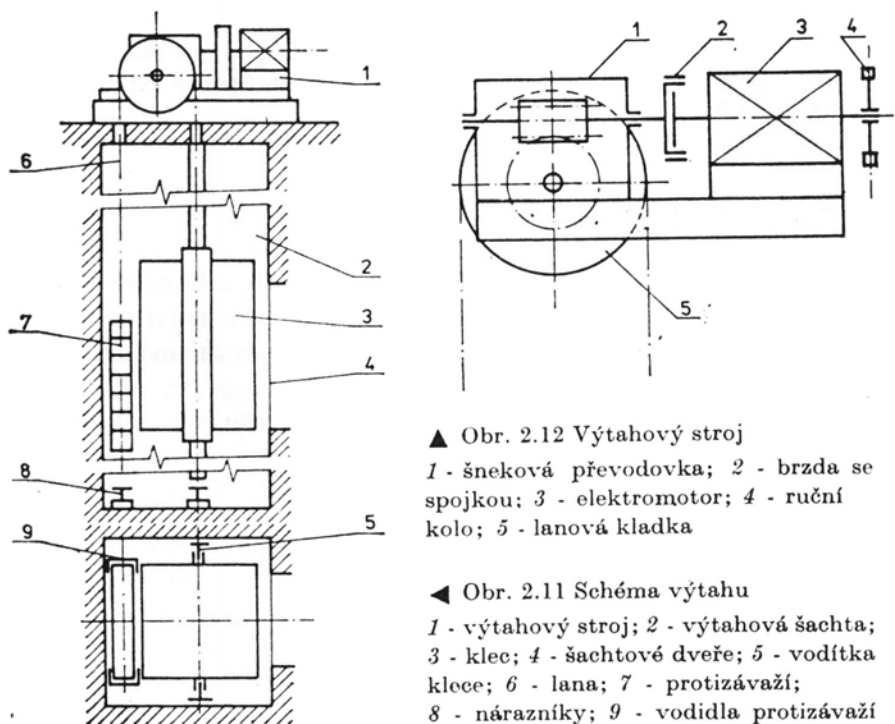
Slouží k dopravě osob, nákladů ve svislém nebo šikmém směru. Kabina se pohybuje po dráze, která je vymezena vodítky. Jsou tahány lanem nebo řetězem podle povných vodidel.

#### Rozdělení:

- A** – pro dopravu osob, či nákladů
  - **A1** – samoobsluha
  - **A2** – s řidičem
- B** – nákladní se zakázanou dopravou osob
  - **B1** – na nakládání smí vstoupit člověk do klece
  - **B2** – při nakládání nesmí vstoupit člověk do klece
- C** – malé nákladní výtahy do 100 kg
- D** – stolové s poklopem
  - **D1** – s řidičem
  - **D2** – se zakázanou dopravou osob
- E** – osobní běžné (páternoster)
- F** – výsypné

#### Uspořádání výtahů:

Klec má ocelovou svařovanou kostru - na ní je připojena kabina nebo plošina, k ní připojená lana - lanová kladka, výtahová šachta - na stěnách jsou upevněny vodidla pro klec a protizávaží, vodící čelisti, zachycovač, dveře, protizávaží - z betonu (zlepšuje tření lana o kladku)



#### Výpočty:

Hmotnost vývažku:  $m_z = m_k + \frac{1}{2} m_q$

$m_z$  - hmotnost vyvažovacího závaží

$m_k$  - hmotnost klece

$m_q$  - nosnost výtahu



Síla v lanech (na straně klece):  $F_1 = (m_q + m_k + m_{\max}) \cdot q$

Síla v lanech (na straně závaží):  $F_2 = (m_z + m_{\max}) \cdot q$

$m_{1\max}$  - hmotnost lana na straně klece

$m_{1z}$  - hmotnost lana na straně závaží

Výkon elektromotoru:  $P = (F_1 - F_2) \cdot v \cdot 1/\eta$

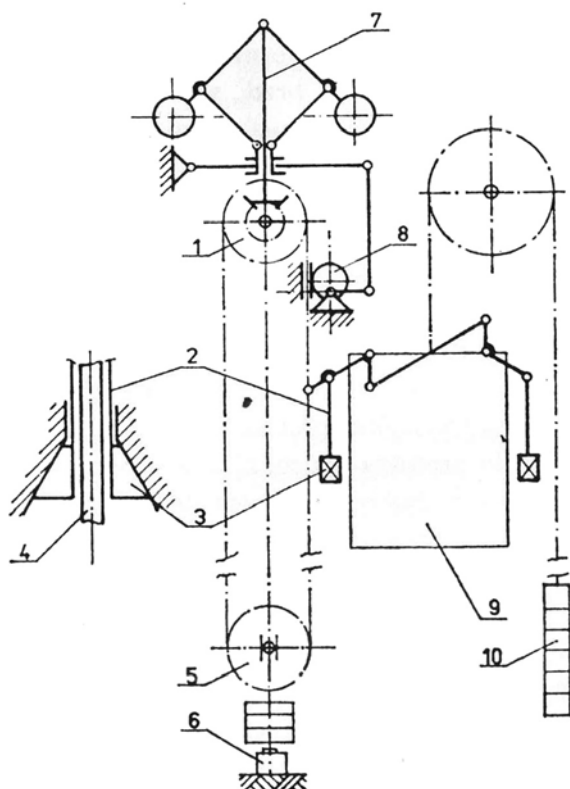
$v$  - rychlost zvedání

### **Bezpečnostní zařízení:**

dveřový spínač - umožňuje pohyb výtahu jen když jsou zavřeny dveře

zachycovač, omezovač rychlosti - při překročení rychlosti zadrží klec. Do činnosti je uveden omezovačem rychlosti.

jističe šachtových dveří - nedovolují otevřít šachtové dveře, nestojí-li před nimi klec.



Obr. 2.13 Omezovač rychlosti a zachytávač

- 1 - poháněcí kladka regulátoru; 2 - táhla;
- 3 - klínové zachytávače;
- 4 - vodítko klece; 5 - napínací kladka;
- 6 - pojistný spínač;
- 7 - odstředivý regulátor;
- 8 - výstředník; 9 - klec;
- 10 - protizávaží

### **Provoz a údržba:**

Předpisy o provozu jsou přesné. O prohlídkách, opravách musí být veden záznam v dokumentaci, která je u provozovatele výtahu.

### 34. Dopravní zařízení

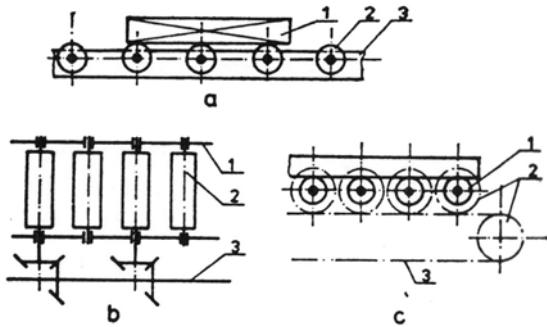
Je nutné přepravit polotovary, výrobky mezi dílnami, pracovišti, k tomu jsou vhodné dopravní zařízení. Zařízení se nemusí zastavovat při nakládání, vykládání. Směr dopravy je vodorovný, svislý nebo šikmý. Doprava možná na velké vzdálenosti.

#### Rozdělení:

Dopravníky (transportéry) – pásové, článkové, šnekové, vibrační, vozíkové, elevátory

Ložné tratě – závěsové, válečkové, skluzy

Podavače – redlerové, turniketové

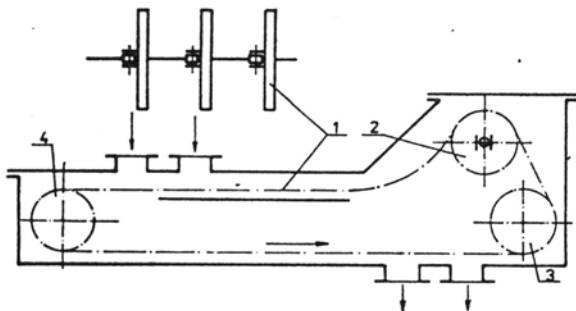
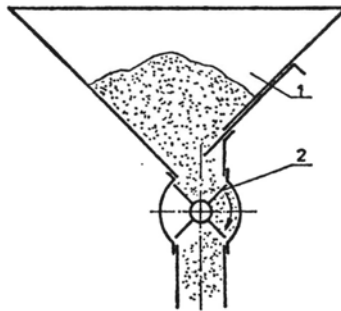


Obr. 2.19 Válečkové dráhy

a) nepoháněné: 1 - materiál; 2 - váleček; 3 - rám; b) poháněné kuželovým soukolím: 1 - rám; 2 - váleček; 3 - hřídel; c) poháněné řetězem: 1 - váleček; 2 - řetězová kola; 3 - řetěz

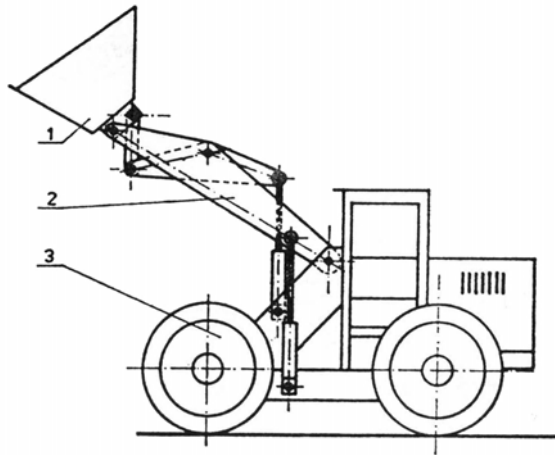
Obr. 2.21 Turniketový podávač

1 - násypka; 2 - rotor



Obr. 2.20 Redlerový podávač

1 - řetěz s unášeci nižšími než je vrstva dopravovaného materiálu; 2 - napínací bubnu; 3 - hnací bubnu; 4 - vratný bubnu

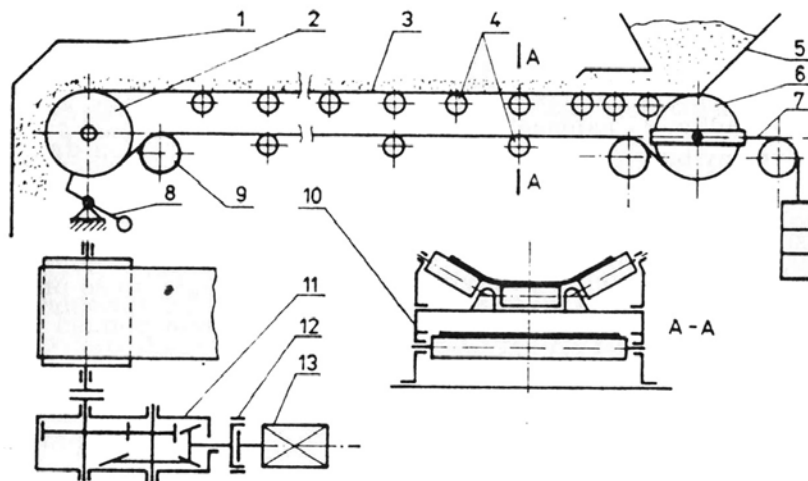


Obr. 2.22 Lopatový nakládač

1 - nádoba; 2 - zdvihač a vyklápečí mechanismus; 3 - podvozek

Dálkové dopravníky - doprava velkého množství horniny na několika kilometrovou vzdálenost.  
Pojízdné a přenosné pásové dopravníky - tam kde dochází k častému přestavování dráhy, směru.  
Strmé pásové dopravníky - opatřeny příčkami proti skluzu materiálu.

#### **Pásový dopravník:**



Obr. 2.14 Pásový dopravník

1 - výsypka; 2 - hnací buben; 3 - dopravní pás; 4 - podpěrné válečky;  
5 - násypka; 6 - vratný a napínací buben; 7 - napínací zařízení; 8 - čistící škrabák; 9 - vodící buben; 10 - rám; 11 - převodovka; 12 - spojka s brzdou;  
13 - elektromotor

#### **Části dopravníku:**

Dopravní pás - textilní, pryžové, PVC, ocelové, drátěné

Bubny - hnací, vratné, vodící, napínací - pro zvětšení tření jsou opatřeny vhodným povlakem.

Podpěrné válečky - musí být vyváženy, ložiska většinou kuličková, utěsněny proti vnikání nečistot.

Poháněcí stanice - na nejvyšším místě dopravníku i s převodovkou; nejčastěji elektrický buben

Nakládací, odváděcí stanice - násypka; zajišťuje přepadání materiálu na vhodném místě.

Napínací stanice - napíná buben v posuvných ložiskách.

#### **Parametry pásového dopravníku:**

$Q_v$  - objemový průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ; častěji  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]

$Q_m$  - hmotnostní průtok [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$L_h$  - dopravní vzdálenost [m]

H – dopravní výška [m]

Výpočty:

$$L_h = L \cdot \cos \varepsilon$$

$$Q_m = S \cdot v \cdot \varepsilon$$

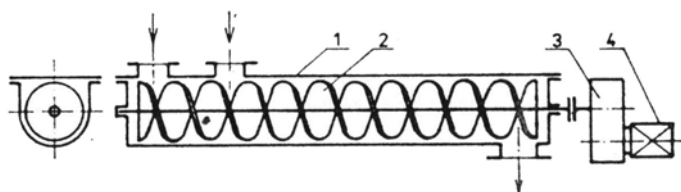
$$Q_v = S \cdot v$$

$\varepsilon < \psi$  – sypný úhel

### **Šnekový dopravník:**

Obr. 2.17 Šnekový dopravník

1 - žlab; 2 - šnekovka; 3 - převodovka;  
▼ 4 - motor



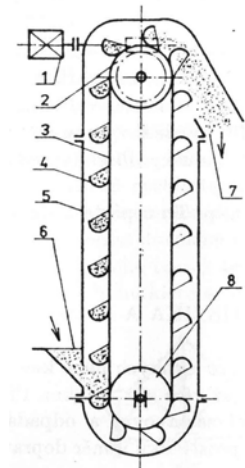
Výpočet:

$$Q_m = 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s \cdot n \cdot \zeta \cdot \psi$$

### **Elevátory:**

Pro svislou, strmou dopravu, unášecí prostředky různého tvaru.

Korečkový – nejpoužívanější



Obr. 2.16 Korečkový elevátor

1 - motor; 2 - hnací buben; 3 - tažný člen;  
4 - koreček; 5 - šachta; 6 - násypka;  
7 - výsypka; 8 - napínací buben

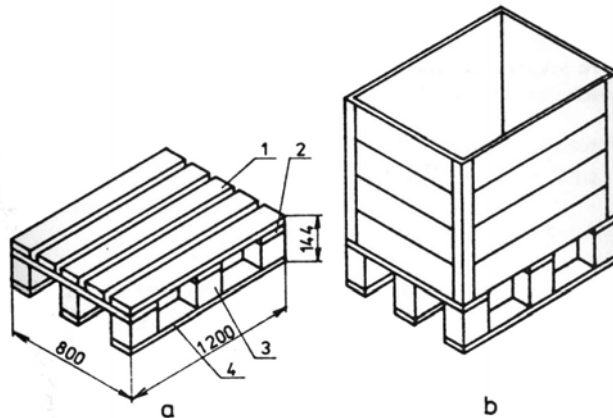
Lavičkové  
Policové  
Kapsové

### 35. Manipulační prostředky

Kovové, nekovové přepravní prostředky. Prostředky k ulehčení a zefektivnění manipulace s materiálem.

#### Rozdělení přepravních prostředků:

- 1) **svazky** – materiál se sepne do vhodného tvaru
- 2) **přepravy** – kovové, plastové, určeny k ruční manipulaci a k rozvážení zboží
- 3) **ukládací bedny** – určeny k nakládání materiálu, skladování, přeprava, nejsou určeny pro nebalené potraviny
- 4) **kontejnery** – objem nad 1 m<sup>3</sup>, specifické pro určitý druh zboží, musí vydržet zatížení 5ti kontejnerů na sobě, které jsou naplněny, zatížení musí vydržet i za jízdy, kontejnery je možno uzamknout a zapečetit
- 5) **palety** – přeprava vidlicemi dopravního vozíku, uzpůsobeny ke kladení na sebe, dřevěné, ocelové, prosté, ohradové, skříňové, sloupové



Obr. 2.26 Dřevěné palety

a) jednoduchá paleta:

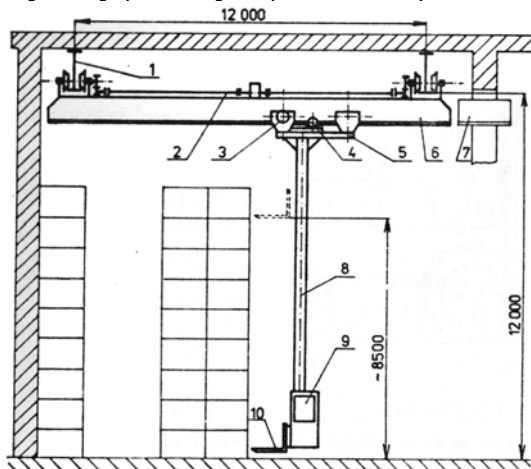
1 - ložná podlaha; 2 - příčné nosníky; 3 - špalíky; 4 - opěrná podlaha;

b) skříňová paleta

**Paletizace:** Způsob vytváření vhodných manipulačních jednotek, které lze snadno dopravovat. Na sebe je možno uložit nejvíce 4 vrstvy palet.

**Kontejnizaci:** Způsob vytváření velkých manipulačních jednotek, které lze snadno přepravovat.

**Stohování:** Ukládání přepravních prostředků do výšky na sebe, nebo do regálů. Ke stohování se nejčastěji používají dopravní vozíky a stohovací jeřáby.



Obr. 2.27 Stohovací jeřáb

1 - jeřábová dráha; 2 - pojezdový mechanismus mostu; 3 - motor pojezdu kočky;

4 - otočný mechanismus vodícího sloupu; 5 - kočka; 6 - nosný most jeřábu;

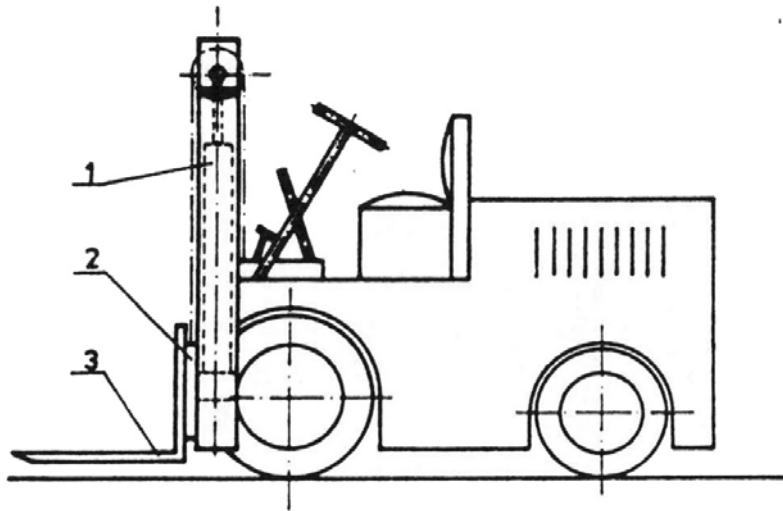
7 - pomocná dráha kočky na přejezd na most v sousední hale; 8 - vodící sloup;

9 - kabina; 10 - nosná vidlice

### **Dopravní vozíky:**

Mají elektrický pohon nebo jsou se spalovacím motorem, s hydraulickým zvedacím zařízením. Jsou *nízkozdvižné, vysoko zdvižné, hydraulická ruka* - na nákladním automobilu.

Vozíky: s vidlicemi, manipulační plošinou, nosným čepem, lopatou, jeřábovým ramenem, drapákem



**Obr. 2.28 Vysoko zdvižný  
dopravní vozík**

**1 - hydraulické zdvihač  
zařízení; 2 - zdvihač  
deska; 3 - vidlice**

### **Bezpečnost provozu:**

Při přepravě ve svazcích, paletách nebo v kontejnerech je třeba se přesvědčit o jejich jakosti, pevnosti, stabilitě. Paleta se zkouší přetížením náplně o 25% hmotnosti a zatížením 4,5krát větším než je nosnost. Doba zkoušky je 5 minut. Motorové vozíky musí být zajištěny proti zneužití, musí být vybaveny signalizačním zařízením a odrazkami. Předepsané podmínky udává norma. Během práce musí řidič používat přilbu, nesmí manipulovat současně s více než dvěma paletami a nad řidičem musí být ochranný rám.

Pro bezpečnost je nutné:

- denní kontroly
- pravidelné technické prohlídky
- pravidelné opravy a údržby

Doprava osob je zakázána!

## 36. Pístové stroje

Přeměňují otáčivý pohyb na přímočarý (čerpadla, kompresory) nebo naopak (spalovací motory).

### Pístové stroje:

**hnací** – mechanická energie se získá:

- a) přeměnou tepelné energie vznikající spalováním paliva (spalovací motory)
- b) z tepelné energie páry (parní stroje)
- c) z tlakové energie vzduchu (vzduchové pístové stroje)

Tlak provozní látky působí na píst.

**hnané** – mění mechanickou energii v energii tlakovou plynů, par a kapalin – pístové kompresory, čerpadla

Píst stlačuje pracovní látku

### Výpočty:

Příkon -  $P = \frac{Q_v \cdot \zeta \cdot Y}{\eta}$

Výkon -  $P_e = P_i \cdot \eta_m$   
 $P_i = A/t$

Objemový průtok:  $Q_v = \frac{S \cdot C_s \cdot i}{x}$   
 $C_s = 2 \cdot L \cdot n$

$\zeta$  - hustota [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$Y$  - měrná energie [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]

$S$  - plocha pístu [ $\text{m}^2$ ]

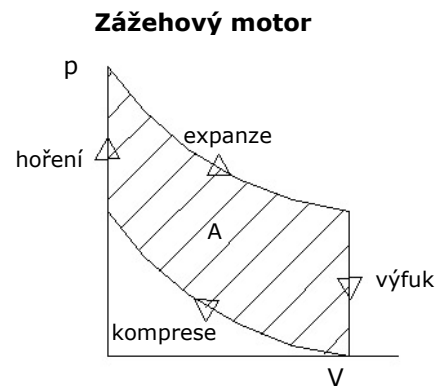
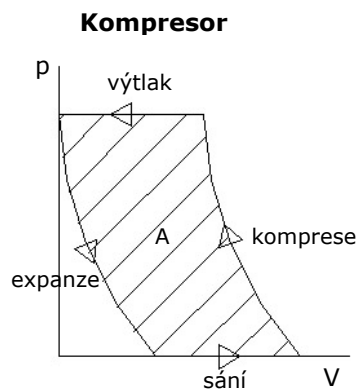
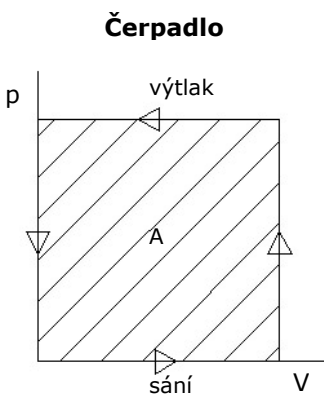
$i$  - počet činných ploch pístu

$x$  - počet dob motoru

$\eta_m$  - mechanická účinnost

### Porovnání p – V diagramu pístových strojů

Při posuzování účinnosti pístových strojů se používá oběhových diagramů. Oběh je sled změn stavu pracovní látky následujících tak aby se látka vrátila do původního stavu.



A - práce

**Měrná energie:**

Čerpadla:

- celková měrná energie

$$Y = Y_s + Y_v \text{ [J/kg]}$$

- sací měrná energie - Sací měrná energie pro čerpadla:

*Bernoulliho rovnice* – princip zachování energie. Mechanická energie se při průtoku tekutiny nemění, mění se pouze navzájem její formy.

$$Y_s = \frac{p_a - p_s}{\zeta}$$

- výtlačná měrná energie

$$Y_v = \frac{p_v - p_a}{2}$$

$Y_s$  - měrná energie sání

$Y_v$  - měrná energie výtlaoku

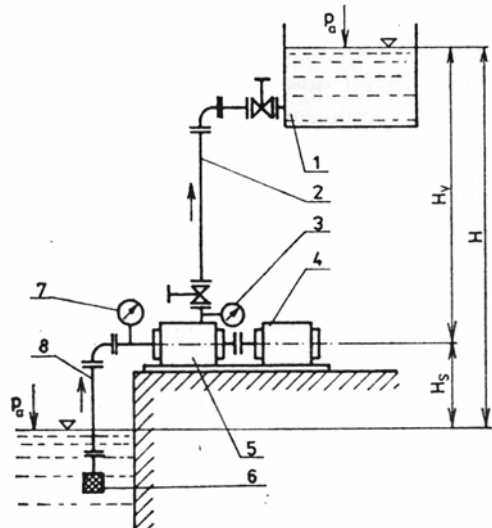


### 37. Hydrostatická čerpadla

Mechanická energie pohonu se mění přímo na tlakovou energii kapaliny.

K dopravě kapalin čerpadla je zapotřebí vynaložit energii. Čerpadla jsou stroje, které dopravují kapalinu z místa níže položeného na místo položené výše.

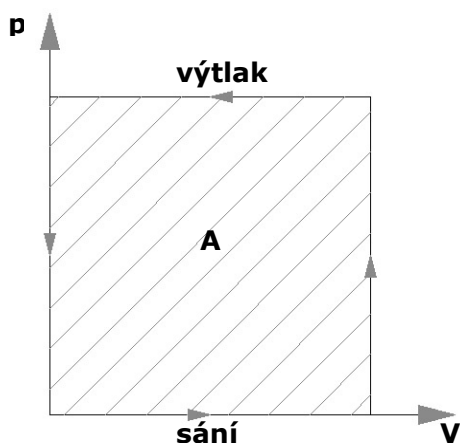
Čerpání probíhá ve dvou částech. Před čerpadlem je část nasávací, za čerpadlem výtlačná.



Obr. 4.1 Schéma čerpací stanice

1 - horní nádrž; 2 - výtlačné potrubí; 3 - manometr výstupního tlaku z čerpadla; 4 - motor; 5 - čerpadlo; 6 - sací koš; 7 - manometr sacího hrdla; 8 - sací potrubí

#### p - V diagram:



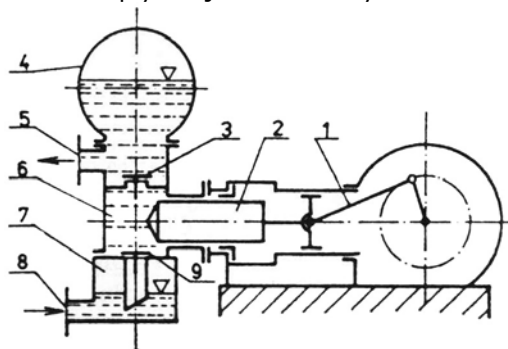
A - práce

#### Druhy pístových čerpadel:

Píst koná relativní přímočarý vratný pohyb ve válci. Na činné straně pístu se střídá sání s výtlakem. Kapalina se přečerpává nerovnoměrně a tlak ve výtlačném otvoru čerpadla pulsuje.

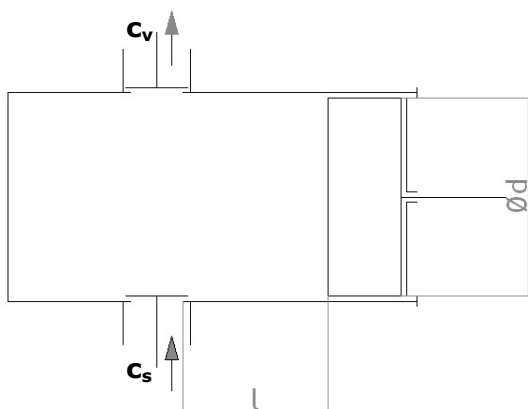
#### Jednočinné pístové čerpadlo:

Používá se pro malý objemový průtok. Je opatřeno jednočinným pístem. Nasává jen jednou stranou pístu. Pro plynulejší chod nutný vzdušník.



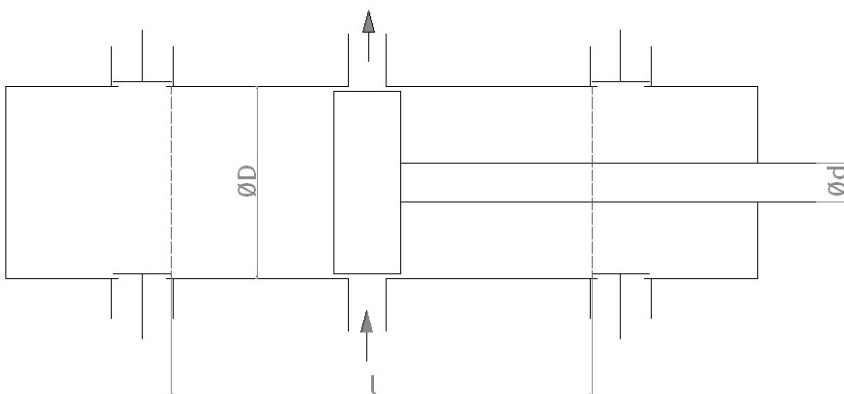
Obr. 4.3 Jednočinné pístové čerpadlo

1 - klikový mechanismus; 2 - píst; 3 - výtlačný ventil; 4 - výtlačný vzdušník; 5 - výtlačné hrdlo; 6 - pracovní prostor; 7 - sací vzdušník; 8 - sací hrdlo; 9 - sací ventil



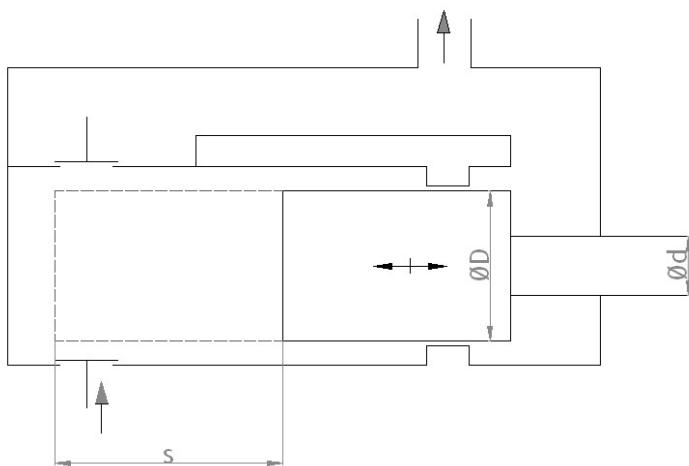
Dvojčinné pístové čerpadlo:

Pracovní prostor je po obou stranách pístu. Čerpadlo má tedy 2 pracovní prostory se 4 ventily (2+2). Sání i výtlač se dějí při obou zdvizích, čerpadlo pracuje rovnoměrněji než jednočinné.



Diferenciální pístové čerpadlo:

Nasává při jednom zdvihu pístu stejně jako jednočinné čerpadlo a vytlačuje při obou zdvizích pístu prostřednictvím diferenciálního pístu.



Membránové čerpadlo:

Používají se pro čerpání vody z hlubokých studní, čerpání znečištěných kapalin, jako palovová čerpadla u spalovacích motorů.

### **Výpočet hlavních rozměrů:**

#### **Jednočinné pístové čerpadlo:**

$$Q_v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \lambda \cdot D \cdot n \cdot \eta_v \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot \lambda \cdot n \cdot \eta_v}}$$

$$L = \lambda \cdot D$$

L - zdvih pístu

$Q_v$  - objemový průtok [ $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ]

D - průměr pístu [m]

n - otáčky [ $\text{s}^{-1}$ ]

$\eta_v$  - objemová účinnost [%]

$\lambda$  - volí se podle tabulek, závislé na výtlačném tlaku

#### **Dvojčinné pístové čerpadlo:**

$$Q_v = 1,85 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \lambda \cdot D \cdot n \cdot \eta_v \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot Q_v}{1,85 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot n \cdot \eta_v}}$$

$$L = \lambda \cdot D$$

### **Ventily čerpadel:**

- Talířový
- Prstencový
- Kulový
- Záklopkový
- Talířový s koženým těsněním
- S kuželovou dosedací plochou

#### **Výpočet:**

$$\text{Průřez sedla} - S \cdot c_s = S_1 \cdot c_1$$

S - plocha pístu [ $\text{m}^2$ ]

$c_s$  - střední pístní rychlost [ $\text{ms}^{-1}$ ]

$S_1$  - průřez sedla ventilu [ $\text{m}^2$ ]

$c_1$  - průtoková rychlost [ $\text{ms}^{-1}$ ]

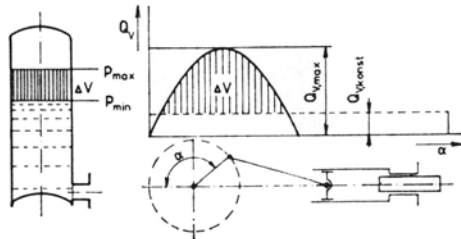
$$\text{Zdvih} - z_{\max} = \frac{S \cdot r \cdot \omega}{\alpha \cdot O \cdot c_{\max}}$$

O - obvod ventilu

r - poloměr kliky [m]

$$\text{Síla pružiny} - F_8 = p_{\max} \cdot S_1 - G$$

### **Vzdušníky:**



Obr. 4.2 Objemový průtok vody vytlačované jednočinným pístovým čerpadlem do vzdušníku při jedné otáčce

$\Delta V$  - změna objemu vzduchu důsledkem většího vstupu než výstupu kapaliny při pracovním zdvihu

Vzdušník: uzavřený prostor, ve kterém je určité množství vzduchu nad hladinou přečerpávané kapaliny. Vzduch svou stlačitelností napomáhá zrovnoměnění vytlačování i nasávání kapaliny.

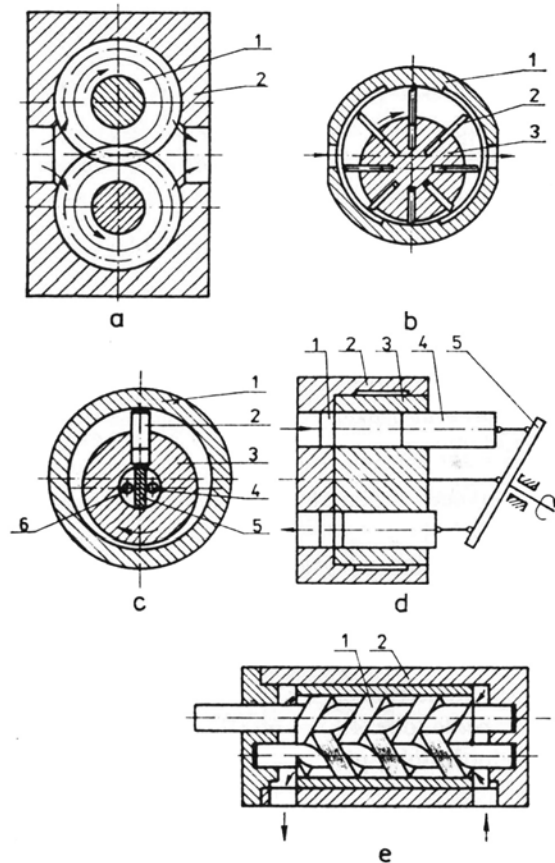
#### Výpočet

$S \cdot L$

S - činná plocha pístu

L - délka zdvihu pístu

#### **Ostatní hydrostatická čerpadla (hydrogenerátory):**



Obr. 4.4 Hydrogenerátory

a) zubový: 1 - ozubená kola; 2 - těleso čerpadla; b) lopatkový (lamelový): 1 - stator; 2 - lopatka (lamela); 3 - rotor; c) pístový radiální: 1 - stator; 2 - píst; 3 - rotor; 4 - výtláčný otvor; 5 - pevný čep; 6 - nasávací otvor; d) pístový axiální: 1 - rozváděcí kanály; 2 - stator; 3 - rotor; 4 - písty; 5 - unášecí deska; e) vřetenový (šroubový): 1 - šrouby; 2 - těleso čerpadla

#### **Radiální pístová čerpadla:**

Mohou pracovat i jako motory; dodávají kapalinu o vysokém tlaku; Jsou vhodné pro tlaky do 36 MPa pro výkony až 500 kW a přitom mají malé rozměry. Průtok lze jednoduše regulovat. Dobrá účinnost. Nemají sací ani výtláčny ventil.

#### **Axiální pístová čerpadla:**

Používají se pro tlaky do 30 MPa a průtoky  $50 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ . Mají dobrou účinnost i při nízkém tlaku. Malé rozměry a hmotnost. Vyžadují přesnější výrobu.

**Rotační lamelová čerpadla:**

Kapalina je dopravována v prostorech mezi lopatkami, které jsou vedeny v radiálních drážkách rotoru. Přesné vedení zajišťují přítlačné pružiny. Používají se pro tlaky max. 2 MPa, z důvodu velkého namáhání ložisek a hřídele rotoru.

**Rotační zubová čerpadla:**

Konstrukčně nejjednodušší. Nejspolehlivější. Jsou vhodné k čerpání oleje. Pro klidný chod se používají kola se šikmými zuby. Používají se pro tlaky do 16 MPa. Rovnoměrnost dodávky závisí na počtu zubů - čím více tím je rovnoměrnější.

**Rotační vřetenová čerpadla:**

Konstrukčně velmi náročné. Pracují zcela plynule. Jsou samonasávací. Nedají se regulovat. Nemají ventily. Dodávka je rovnoměrná bez pulsací. Velmi tiché s dlouhou životností. Nevýhodou je vysoká cena. Pro tlaky až 20 MPa.

### 38. Pístové kompresory

Pístové (objemové) pracovní stroje slouží ke stlačování plynů a par. Mají rozsáhlé použití ve všech průmyslových oborech.

*Stlačený vzduch se dá použít:*

- jako nositel tlakové energie
- nositel informace nebo signálu (regulační obvody)
- pro realizaci fyzikálních a chemických pochodů (hoření)

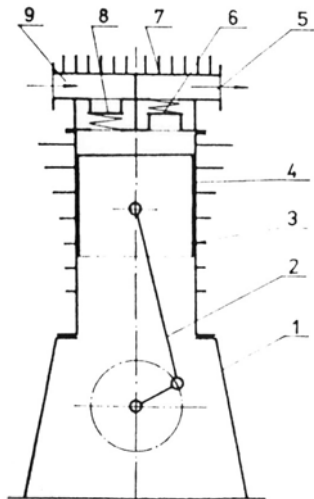
Přeměna mechanické energie v energii tlakovou se děje zmenšováním objemu pracovního prostoru.

#### Rozdělení:

- rozdělení podle výtlačného tlaku a kompresního poměru
  - nízkotlaké (do 2,5 MPa)
  - středotlaké (do 10 MPa)
  - vysokotlaké (nad 10 MPa)
- podle počtu stupňů
  - jednostupňové
  - vícestupňové
- podle počtu válců
  - jednoválcové
  - víceválcové
- podle uspořádání válců
  - řadové
    - ležaté
    - stojaté
  - uspořádání do V
  - uspořádání do W
  - s protiběžnými písty
  - s tandemovým uspořádáním

$$\text{kompresní poměr} - z = \frac{p_v}{p_s}$$

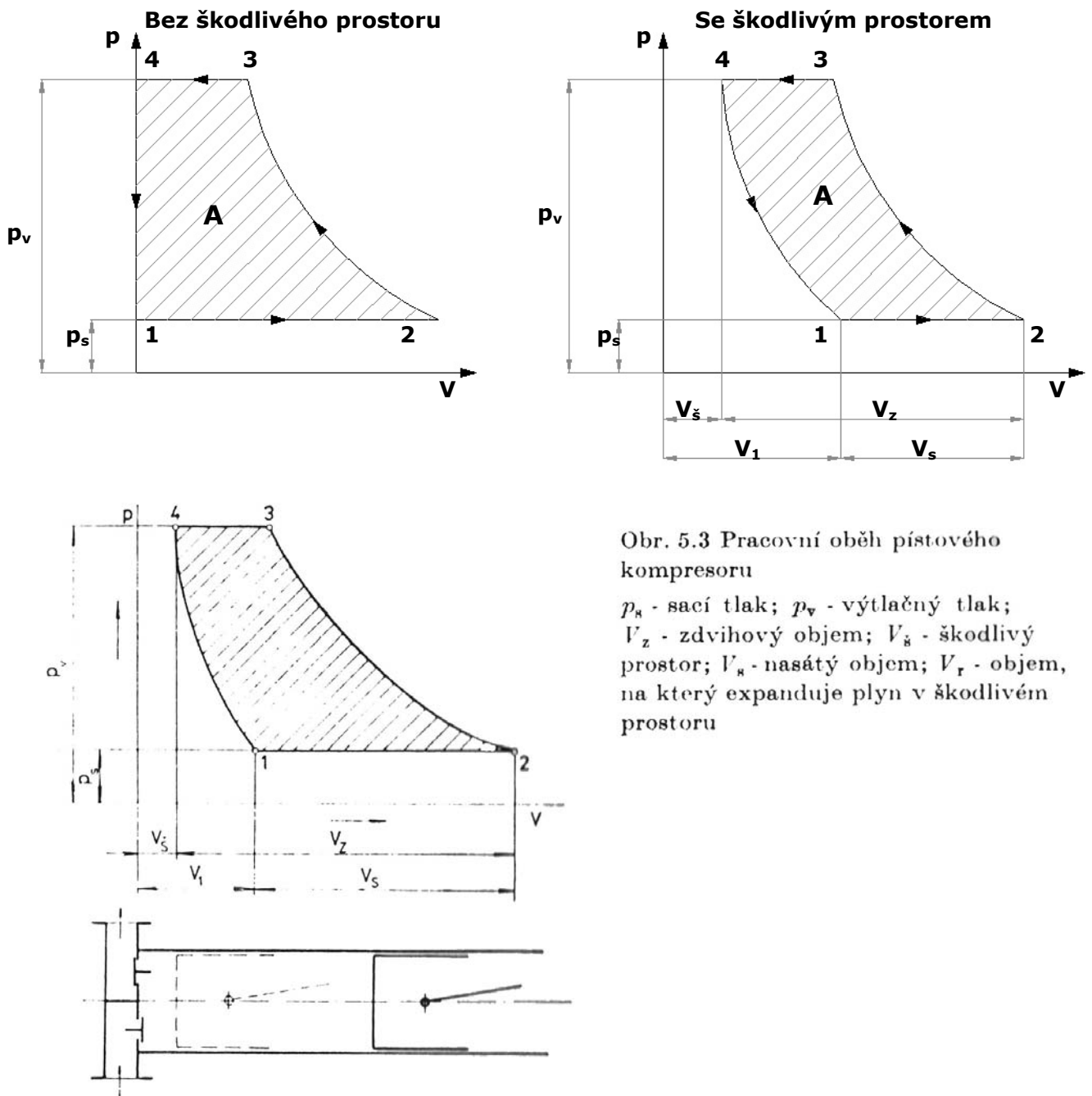
$p_v$  - výtlačný tlak  
 $p_s$  - sací tlak



Obr. 5.2 Pístový kompresor

1 - kliková skříň; 2 - klikový mechanismus; 3 - píst;  
4 - válec; 5 - výtlačné hrdlo;  
6 - výtlačný ventil; 7 - hlava válece; 8 - sací ventil; 9 - sací hrdlo

### Pracovní oběh pístového kompresoru - p-V diagramy:



Obr. 5.3 Pracovní oběh pístového kompresoru

$p_s$  - sací tlak;  $p_v$  - výtlačný tlak;  
 $V_z$  - zdvihový objem;  $V_s$  - škodlivý prostor;  
 $V_1$  - nasátý objem;  $V_r$  - objem, na který expanduje plyn v škodlivém prostoru

A - práce kompresoru  
 $V_1 = V_r$

### Výpočet hlavních rozměrů:

Hlavními rozměry jsou:

- průměr válce D
- zdvih L

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

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

i - počet válců

volí se poměr -  $\lambda = \frac{L}{D}$

**průměr  $D$**  se zaokrouhluje na nejbližší vyšší normalizovaný kroužek

**volí se otáčky a střední pístová rychlost  $c_s$ :**

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot Q_v}{i \cdot \pi \cdot c_s \cdot \eta_d}}$$

$$L = \lambda \cdot D$$

$$n = \frac{c_s}{2 \cdot L}$$

**Příkon kompresoru:**

$$P_{iz} = \frac{A_{iz}}{t} = \frac{\text{práce}}{\text{čas}}$$

$_{iz}$  - izotermický, probíhá za stálé teploty

### **Ventilové rozvody pístových kompresorů:**

Rozvodové ústrojí kompresorů řídí sání a výtlak plynu z válce a do něho.

*Požadavky:*

- dobrá těsnost
- co nejmenší průtočná plocha
- malé průtokové odpory
- malý zdvih
- malá hmotnost
- malý škodlivý prostor
- tichý a klidný chod
- nízká cena

**rozdělení:**

- a) *samočinné (automatické)* - otevírání a zavírání se děje přetlakem plynu
- b) *nucené* - jsou vázané na otáčky (pohyb) klikového hřídele nebo pístu

**druhy ventilů:**

viz papír.

### **Regulace kompresorů:**

Úkolem je odstranění rozdílů mezi objemovým průtokem  $Q_v$  dodávaným kompresorem a  $Q_v$  odebíraným spotřebičem.

$Q_v$  lze měnit otáčkami nebo dopravní účinností.

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

měnit můžeme -  **$n$**  a  **$\eta_D$**

*Regulace při stálých otáčkách  $n$ :*

- zastavením a spouštěním motoru
- trvalým otevřením sacího ventilu
- uzavřením sání
- škrcením sání
- přepouštěním plynu



### **39. Několikastupňová komprese**

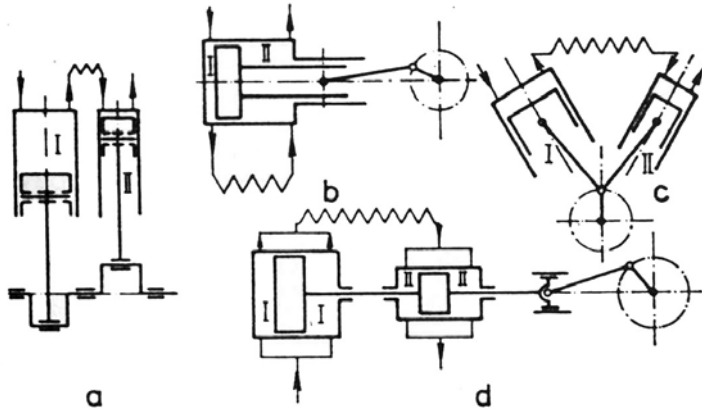
(obrázky viz papíry)

Mají uspořádání přizpůsobeno počtu pracovních stupňů. První stupeň má píst s největším průměrem, poslední má nejmenší - z důvodu menšího objemu plynu (je stlačen předchozím stupněm). Vícestupňové kompresory využívají buď řady pístů různých průměrů, nebo tzv. odstupňovaný (diferenciální) píst s dvěma nebo více činnými plochami. Jednotlivé pracovní prostory jsou propojeny mezichladiči.

Kompresory pro menší a střední objemové průtoky jsou konstruovány jako stojaté jednoválcové a víceválcové. Větší kompresory jsou řešeny jako dvojčinné, ležaté.

Rozměry kompresoru se zmenší úpravou do V a W.

Čím více stupňů tím nižší je účinnost komprese!



**Obr. 5.6 Konstrukční uspořádání kompresorů**

a) stojatý dvouválcový dvoustupňový kompresor; b) ležatý jednoválcový dvoustupňový kompresor s odstupňovaným pístem; c) dvouválcový dvoustupňový V-kompresor; d) tandemový dvoustupňový ležatý kompresor

kompresní poměr:  $z = \frac{p_v}{p_s}$

#### **Uspořádání:**

(Viz. papíry Kompresory)

#### **Výpočet tlaku a ploch pístu:**

##### **Plochy:**

$$V_1 = S_1 \cdot L$$

Pro dvoustupňovou kompresi:  $S_2 = S_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} = \frac{S_1}{z}$

Pro několikastupňovou kompresi:  $S_n = \frac{S_1}{z^{n-1}}$

##### **Tlak:**

Je-li plyn chlazen v mezichladiči na původní teplotu pak ze stavové rovnice plynu:

$$S_1 \cdot p_1 = S_2 \cdot p_2 = \dots = S_n \cdot p_n$$

$$z = \frac{p_m}{p_s} = \frac{p_v}{p_m} \quad || \quad p_m = \sqrt{p_s \cdot p_v}$$

$p_v$  - výstupní tlak

$p_s$  - vstupní tlak

$p_m$  - tlak v mezistupni

### **Chlazení kompresorů:**

Umožňuje spolehlivý chod kompresoru, zlepšuje se mazání stěn válce, zvětšuje se  $\eta$  (dopravní účinnost) - plyn se neohřívá o stěny válce. Chladí se vzduchem nebo vodou.

- *vodou* - malé a pojízdné kompresory
- *vzduchem* - velké a střední kompresory

Chlazení plynu v mezichladičích slouží k snižování teploty mezi jednotlivými stupni a na výstupu kompresoru.

### **Mazání kompresorů:**

Maže se válec a klikový mechanismus. Klikový mechanismus se maže *rozstřikováním* nebo *tlakovým mazáním*.

## **40. Pístové spalovací motory**

(obrázky viz papíry)

Pístový spalovací motor je tepelný motor, ve kterém se část tepelné energie vzniklé z pálení paliva s přídavkem vzduchu mění v pracovním prostoru válce v tlakovou energii, a ta se mění prostřednictvím klikového mechanismu v energii mechanickou. Přeměna energie se děje změnami stavu plynů, které tvoří oběh.

### **Rozdělení:**

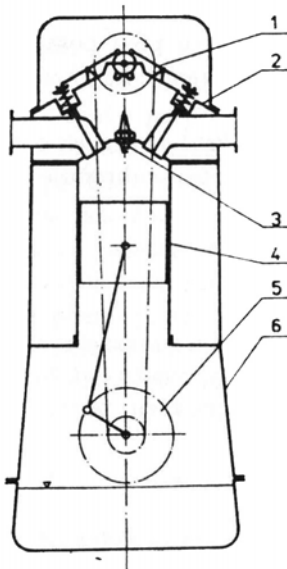
- *podle počtu dob*
  - 2-dobé
  - 4-dobé
- *podle způsobu spalování*
  - zážehové
  - vznětové
- *podle druhu paliva*
  - na kapalná paliva
  - na plynná paliva
- *podle počtu a uspořádání válců* - (jednořadé, dvouřadé, válce do V a H, hvězdicové)
  - jednoválcové
  - víceválcové
- *podle účelu*
  - stacionární
  - mobilní (pro silniční a kolejovou dopravu; lodní; letecké)

### **Způsob spalování paliva:**

- a) **motory zážehové** -> Výbušná směs vzduchu a paliva se zažehne pomocí svíčky.  
b) **motory vznětové** -> Do stlačeného zahřátého vzduchu se vstříkne palivo, vznítí se teplem (600 °C).

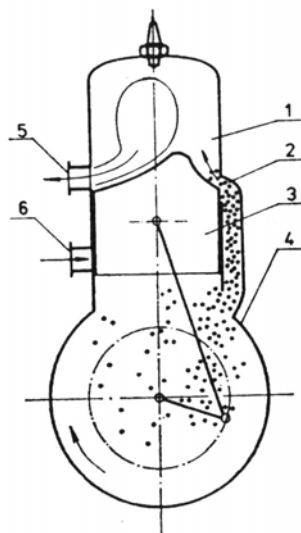
### **Pracovní oběhy (doby):**

- a) **2-dobé** - oběh proběhne za 2 zdvihy pístu (během 1 otáčky klikového hřídele)  
b) **4-dobé** - cyklus proběhne během 4 zdvihů pístu (během 2 otáček klikového hřídele)



Obr. 8.21 Čtyřdobý spalovací motor

1 - rozvodový mechanismus;  
2 - hlava válců; 3 - zapalovací svíčka; 4 - blok válců;  
5 - klikový mechanismus;  
6 - kliková skříň



Obr. 8.22 Dvoudobý motor

1 - válec; 2 - přepouštěcí kanál; 3 - píst;  
4 - kliková skříň; 5 - výfukový kanál;  
6 - sací kanál

### **Účinnost spalovacích motorů:**

- **chemická**

$$\eta_{CH} = \frac{q_p}{q_p'} \doteq 1$$

$q_p$  - teplo přivedené do oběhu

$q_p'$  - teplo uvolněním spálení paliva [ $\text{J.Kg}^{-1}$ ]

- **tepelná**

$$\eta_t = \frac{q_t}{q_p} = 0,4 \div 0,65$$

$q_t$  - teplo spotřebované na práci teoretického oběhu (plocha teoretického oběhu)

- **indikovaná**

$$\eta_i = \frac{q_i}{q_p} = \eta_{CH} \cdot \eta_t \cdot \eta_p$$

$q_i$  - teplo spotřebované na práci indikovaného oběhu (indikace=měření na motoru)

- **mechanická**

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_i} = 0,75 \div 0,95$$

- **celková**

$$\eta_c = \eta_i \cdot \eta_m = \frac{q_e}{q_p} = 0,25 \div 0,4$$

$q_e$  - teplo spotřebované na užitečnou práci

### **Klepání motoru:**

➤ **Zážehový motor:**

Tepelná účinnost je tím větší, čím větší je kompresní poměr. Jeho zvyšováním je však omezeno klepání motoru a samovznícení.

Zvyšováním kompresního poměru se zvyšuje rychlost hoření směsy. Při vysoké teplotě stlačené směsy se neodvede všechno teplo stěnami a směs vzplane současně v celém objemu. Vznikne tlaková vlna, která nerazí na stěny válce i na píst a nastává detonace. Detonace se opakují při každém zápalu a způsobují klepání motoru.

Dalším zvyšováním kompresního poměru se stačená směs zapálí vzniklým tlakem ještě před přeskočením jiskry - samovznícení (snižuje výkon motoru). Při klepání se zvětšuje namáhání součástí motoru. Palivo se nedokonale spaluje. Elektrody svíček se mohou rozžhavit, a způsobit předčasné zapálení.

*Klepání závisí:*

- **Na druhu paliva** - odolnost proti klepání nebo-li antidetonační schopnost se označuje **oktanovým číslem** - oktanové číslo je % objem izooktanu ->(oktanové číslo=100) ve směsi s heptanem (oktanové číslo=0), která je stejně odolná proti klepání jako zkoušené palivo. Benzín má oktanové č. = 78-100.
- **Na tvaru a velikosti válce** - má být co nejjednodušší
- **Na poloze svíčky** - má být v nejteplejším místě válce

➤ Vznětový motor:

Předčasným vstřikem paliva do válce se palivo nejprve odpaří a odebraným teplem stlačeného plynu vznítí. Dojde k tlakové vlně, která narazí na stěny válce - dochází ke klepání.

*Klepání závisí:*

- Na druhu paliva - odolnost paliva je dána vznětlivostí, označuje se **cetanové číslo** - současná paliva mají cetanové číslo 40-60.

**Paliva spalovacích motorů:**

Rozdělení:

- **podle skupenství** - tuhá, kapalná, plynná
- **podle původu**
  - *přírozená* - benzín, petrolej, nafta, zemní plyn
  - *umělá* - syntetický benzín, benzen, methanol, kychtový plyn

**Příprava směsy pro zážehové motory:**

Palivová soustava - skládá se z nádrže, filtru, čerpadla, karburátoru (emulzní trubice, sytič, obohacovač).

Směšovací poměr - poměr hmotnosti paliva ke hmotnosti vzduchu ve směsy; pro dokonalé spalování benzínu je 1:15.

Palivo se mísí se vzduchem, čím lepší je rozstřík tím lépe palivo shoří. Výkon je dán poměrem vzduchu a paliva ve směsy.

Směšovací poměr dnes řízen počítačem, který pomocí sondy ve výfuku řídí míšení směsy, která vstupuje do válce motoru - elektrická kontrolní jednotka ECU.

**Porovnání 2 a 4-dobých motorů:**

**Výhody 2-dobých** - jednodušší konstrukce, menší nároky na obsluhu, větší měrný výkon (asi o 10%), rovnoměrnější Mk, snadnější studený start.

**Výhody 4-dobých** - větší účinnost, menší měrná spotřeba paliva (až o 30%), menší tepelné namáhání motoru, lepší chlazení, pravidelnější chod, dobrý průběh Mk i při nízkých otáčkách, jednodušší konstrukce klikového hřídele, menší hlučnost.

## **41. Výpočet spalovacích motorů, rozvody**

(obrázky viz papíry)

### **Výpočty hlavních rozměrů:**

Hlavními rozměry jsou:

- Ø válce D
- zdvih pístu L

❖ **Volba počtu válců** - čím více válců tím dražší výroby, ale menší hmotnost motoru, - chod je klidnější, lépe se vyvažuje a má snadnější spouštění

❖ **Volba zdvihu ku Ø** -  $\lambda = \frac{L}{D}$  - pro zážehové motory -> 0,6-0,1; pro vznětové je větší.

Čím je poměr  $\lambda$  menší tím je větší vrtání válců (větší ventily, menší střední pístové rychlosti, tužší klikový mechanismus).

- *Motorů podčtvercové* -  $L < D$
- *Motorů čtvercové* -  $L = D$
- *Motorů nadčtvercové* -  $L > D$

❖ **Volba otáček** - čím jsou otáčky vyšší, tím jsou menší rozměry, hmotnost a cena, ale menší spolehlivost a trvanlivost, větší mechanické ztráty, tepelné namáhání, hlučnost a požadavek na přesnější výrobu.

❖ **Kontrola střední pístové rychlosti** - nižší rychlost snižuje setrvačné síly, namáhání klikového mech. je nižší, menší tření, nižší účinnost motoru.

❖ **Volba středního efektního tlaku  $p_e$**  -  $p_e = p_i \cdot \eta_m$  [MPa]

➤ **Užitečný výkon motoru:**

$$P_e = \frac{2 \cdot L \cdot S \cdot p_e \cdot n \cdot i}{x}$$

$$L = \lambda \cdot D$$

$$P_e = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot \lambda \cdot n \cdot i}{2 \cdot x}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

i - počet válců  
x - počet dob

➤ **Průměr válce:**

$$D = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot x \cdot P_e}{\pi \cdot p_e \cdot \lambda \cdot n \cdot i}}$$

Ø válce zaokrouhlíme podle normalizovaného Ø pístních kroužků.

### **Hlediska pro porovnání spalovacích motorů:**

a) měrný výkon motoru:

$$P_v = \frac{P_e}{V_z} = \frac{2 \cdot L \cdot S \cdot p_e \cdot \frac{i}{x} \cdot n}{S \cdot L \cdot i} = \frac{2 \cdot p_e \cdot n}{x} \quad [kW \cdot dm^{-3}]$$

$$x = 2 \rightarrow P_v = p_e \cdot n$$

$$x = 4 \rightarrow P_v = \frac{1}{2} p_e \cdot n$$

b) výkonová hmotnost:

$$m_p = \frac{m}{P_e} \quad [Kg \cdot kW^{-1}]$$

m - celková hmotnost motoru [Kg]

c) měrná spotřeba paliva:

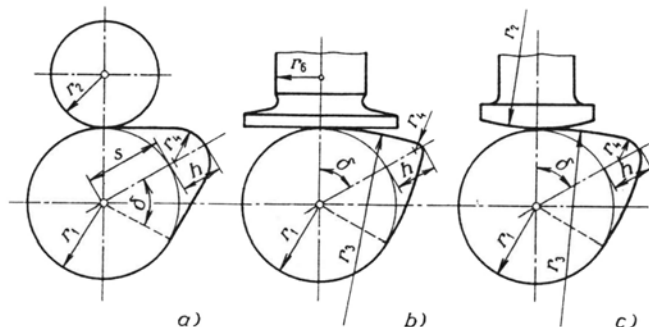
$$m_i \quad [g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}]$$

### **Ventilové rozvody:** (viz. papíry)

- **Rozvod SV** - rozvod s postraními ventily, vačkový hřídel je uložen v kokové skříni, ventily jsou ovládány přímo vačkami pomocí zdvihátek a zdvihacích tyčí. Je konstrukčně nejjednodušší, má malé vratné se pohybující hmoty, ale obtížně se seřizuje ventilová vůle - vůle mezi ventilem a zvedací tyčkou. Používá se u motorů s nízkým kompresním poměrem.
- **Rozvod OHV** - vačkový hřídel v klikové skříni, ventily v hlavě válců jsou ovládány tyčkami přes vahadla. Rozvod je jednoduchý, snadno se seřizuje a umožňuje vytvořit nejvhodnější tvar pracovního prostoru válce. Rozvod je hlučnější a má větší počet součástí s přímočarým pohybem, což je příčinou velkých setrvačných sil. Použití u nízkootáčkových motorů.
- **Rozvod OHC** - vačkový hřídel v hlavě válců. Ventily jsou ovládány přes vahadla. Převod mezi klikovým a vačkovým hřídelem (1:2) je proveden buď řetězem, ozubeným řemenem, nebo kuželovým soukolím. Rozvod má malé setrvačné síly, vhodný pro rychloběžné motory.

### **Části ventilových rozvodů:**

- vačkový hřídel - zpravidla zápusťkový výkovek (oceli 12, 14, 15, 16), cementováno a kaleno
- vačky - většinou v celku s hřídelem, řídí průběh otevírání a zavírání ventilů (vačka otevírá pružina zavírá)



Obr. 66. Nejběžnější tvary vaček

- a) tangenciální vačka se používá u zdvihátek s kladičkou,
- b) harmonická vačka pracuje se zdvihátkem s plochým talířkem,
- c) vačka s vypouklým bokem zabírá se zdvihátkem s kruhovým bokem

- zdvíhátka ventilů - přenášejí pohyb z vaček na ostatní části rozvodu
  - o kladková
  - o kluzná
  - o hydraulická (umožňují samočinné vymezování vůlí)
- rozvodové tyčky OHV - přenos pohybu z vačky na vahadlo
- vahadla ventilů - přenos pohybu na ventil; odlitky z oceli
- pružiny ventilů - řídí zavírání ventilů (oceli 12 050, 13)
- ventily - úkolem ventilů je otevírání a zavírání sacích i výfukových otvorů ve válci.
  - Výfukové ventily - musí odolávat teple a mechanickému namáhání; musí být pevné i při vysokých teplotách; nesmějí se deformovat; nesmějí oxidovat; musí odolávat opotřebení; nesmí se při prudkém ochlazení zakalit.
  - Sací ventily - jsou méně tepelně namáhané, požadavky jsou stejné jako u výfukových.

### **Šoupátkové rozvody:**

*Výhody:*

- dobré plnění válců - velké průřezy
- odpadá tepelné namáhání výfukových ventilů
- je možno použít vyšší kompresní poměr

*Nevýhod:*

- zhoršený přestup tepla z pístu a obtížné utěsnění a chlazení

### **Pístové (kanálové) rozvody:**

Uplatňují se u dvoudobých motorů. Sací, přepouštěcí i výfukový kanál je umístěn ve stěně válce a otevírá se pístem.

- a) *2-kanálové* - sání ovládá samočinný ventil nebo šoupátko.
- b) *3-kanálové* - samé kanály, nejpoužívanější

### **Přeplňování motorů:**

Provádí se dmýchadly (pístová, s rotujícími písty, lopatková), která dopravují do válce větší objem pracovní látky než při nasávání nebo vyplachování. Přeplňováním dosáhneme zvýšení výkonu motoru o 30-100%, závisí na plnicím tlaku, který bývá 0,12-0,15 MPa. Přeplňování je nejvhodnější pro vznětové motory, u zážehových dochází ke ztrátě paliva.



## **42. Hydrodynamická čerpadla**

(obrázky viz papíry)

Jsou rotační lopátkové stroje určené k dopravě kapalin. Mechanická energie hnací jednotky (motoru) se mění v oběžném kole čerpadla na energii tlakovou a kinetickou. Část kinetické energie se v difuzoru mění na tlakovou energii. Ve výtlačném hrdle má kapalina převážně tlakovou energii, kinetická energie je poměrně malá.

### **Rozdělení:**

- **radiální**
- **diagonální**
- **axiální**

### **Radialní čerpadla:**

- a) oběžné kolo
- b) převaděč
- c) spirální skříň

- **oběžné kolo**

(viz papíry)

- **rychlostní trojúhelníky**

(viz papíry)

- **součinitel rychloběžnosti**

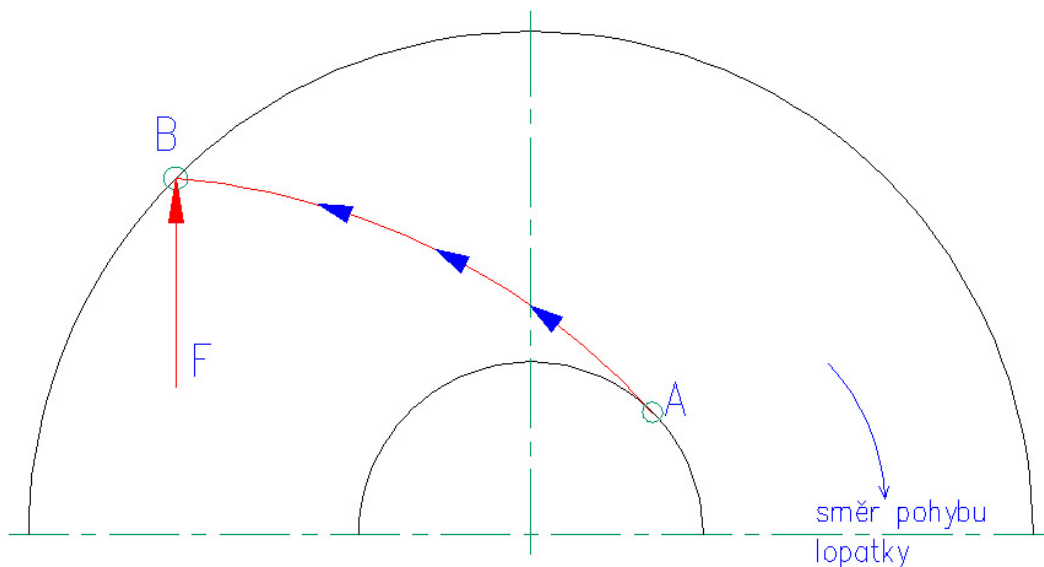
$$\sigma = 2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q_v}}{\sqrt[4]{(2 \cdot Y)^3}}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\varphi}}{\sqrt{\psi^3}}$$

$$Y = g \cdot H$$

$n$  [ $s^{-1}$ ];  $Q_v$  [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ];  $Y$  [ $J \cdot kg^{-1}$ ];  $H$  [ $m$ ]

### **Kavitace:**



Způsobuje neklidný chod stroje, zvýšenou hlučnost, narušení povrchu lopatek.

Průběh:

Bod **A** - vzniká nízký tlak (podtlak) začnou se uvolňovat bublinky par a vzduchu.

Bod **B** - zde je vyšší tlak, nastává prudká kondenzace par, spojená s náhlou změnou objemu. Implozí (zhroucení - opačným směrem než destrukce; prudké vyrovnání tlaků) bublinky se uvolní prostor, který se okamžitě vyplní pracovní látkou. Vzniká ráz. Dochází k mechanickému narušení povrchu lopatky; chemickou ( $O_2$ ) a elektrochemickou korozí (miniaturní el. obvod).

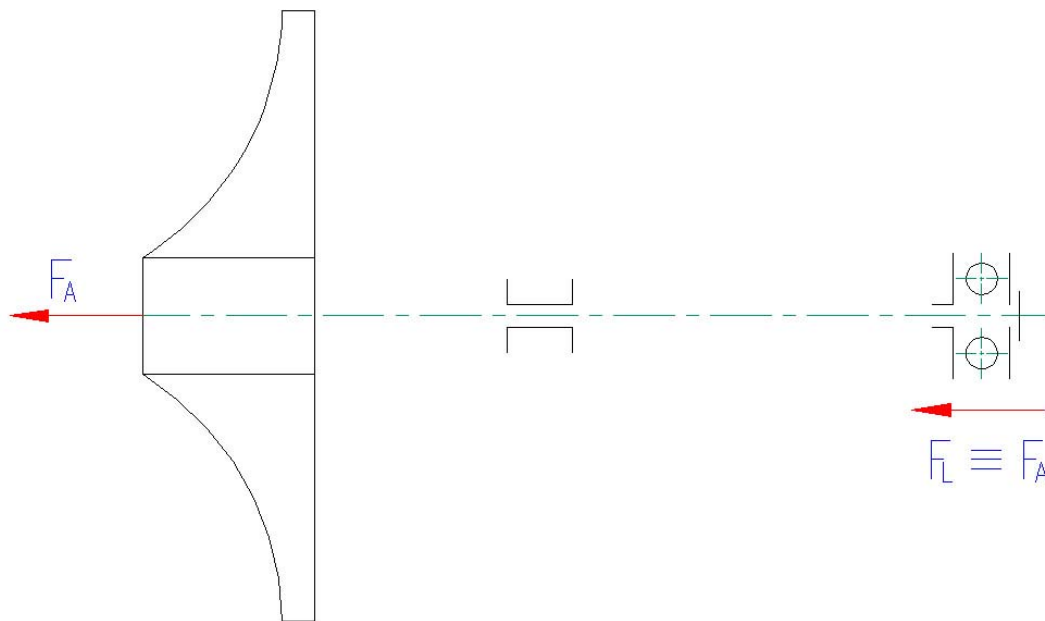
**Kavitaci je možno ovlivnit:**

Sací výškou, čím je větší tím je snadnější vznik kavitace. Čím jsou otáčky vyšší tím je vznik kavitace častější. Sklonem lopatek - čím je větší, tím je větší nebezpečí vzniku; vhodnější jsou delší lopatky s malým úhlem  $\beta_1$ . Druhem čerpané kapaliny, čím je teplejší, tím se více odpařuje a roste nebezpečí vzniku.

**Zachycení osové síly:**

Vlivem rozdílných tlaků před oběžným kolem a za ním vzniká u lopátkového stroje osová (axiální síla), kterou je nutno zachytit.

- valivá ložiska
- segmentová ložiska
- odlehčovací kotouč



**Druhy radiálních čerpadel:** (viz. papíry)

- **Jednostupňové** - vodárenství; doprava užitkových a odpadních vod; čerpadla pro oběh při vytápění - do 120 °C; průtok až 1100 dm<sup>3</sup>/min; dopravní výška až 53 m.
- **Článekové**
- **Dvouproudé** - pro velký objemový průtok; možnost vyrovnání axiální síly v rotoru čerpadla symetrickým uspořádáním oběžných kol.
- **Víceproudé**
- **Ucpávkové**
- **Bezucpávkové** - z nekovových materiálů (porcelán, keramika) - pro chemický průmysl; lopatky mají větší  $\varnothing$  než oběžné kolo => větší tlak za oběžným kolem než je tlak pracovní.
- **Samonasávací** - mají samonasávací účinek (není třeba zahltit čerpadlo).

### **43. Ventilátory, turbodmychadla a turbokompresory**

(obrázky viz papíry)

#### **Turbodmychadla a turbokompresory:**

**Turbodmychadla** - slouží pro velkou spotřebu vzduchu s přetlakem do 0,3 MPa - jsou to vlastně radiální turbokompresory s malým počtem stupňů. Dodávají čistý vzduch bez oleje, jsou vhodné pro chemický a potravinářský průmysl.

**Turbokompresory** - jsou stroje pracující dynamicky, dosahují zvýšení tlaku urychlováním plynu a to změnou pohybové energie v tlakovou. Princip fce, průtokové poměry i energetická bilance průtoku jsou stejné jako u oběžného kola odstředivého čerpadla.

#### **Dělí se na:**

- **radiální (odstředivé)** - střední a vyšší tlaky, větší průtoky než u pístových
- **axiální (osové)** - malé tlaky, malé průtoky
- **pístové** - pro největší tlaky

Turbodmychadla jsou stroje pro menší přetlaky (0,1 - 0,3 MPa) a podle počtu stupňů se dělí na jednostupňové a vícetupňové.

Turbokompresory jsou stroje pro střední a vyšší tlaky při velkých objemových průtocích. Jsou vždy vícetupňové s použitím mezichladičů.

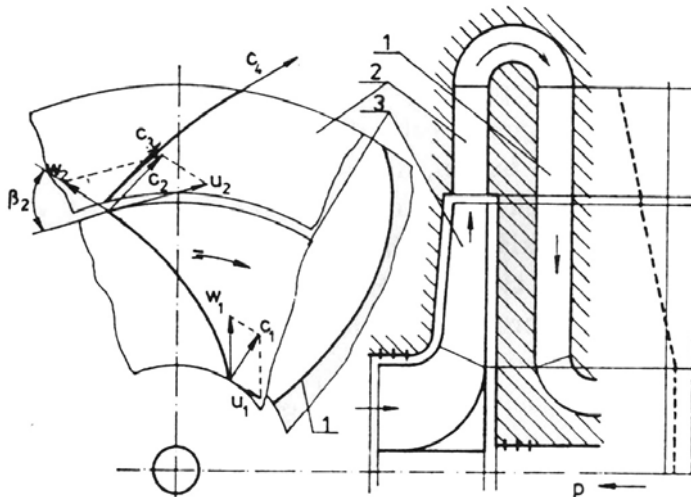
#### **Použití:**

(viz. papíry)

#### **Průběh komprese:**

(viz. papíry)

#### **Radiální turbokompresory:** (viz. papíry)

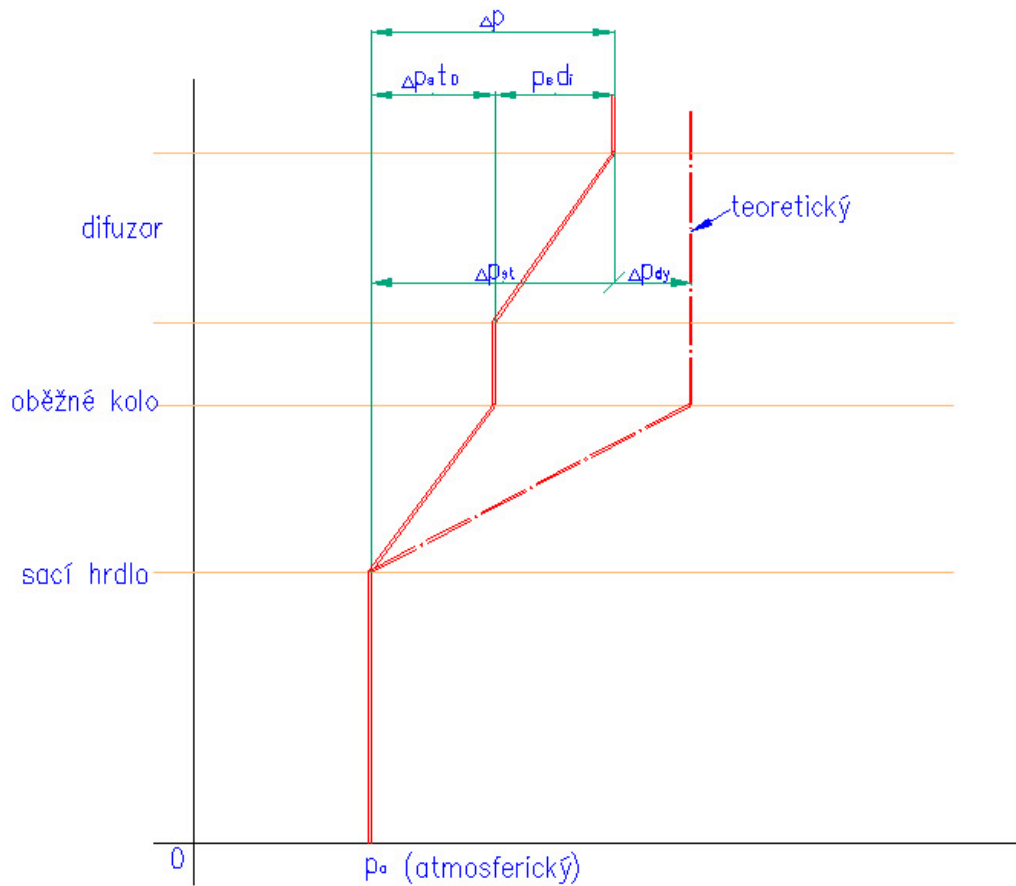


Obr. 5.12 Pracovní stupeň radiálního turbokompresoru

1 - vratný kanál; 2 - difuzor; 3 - oběžné kolo

Konstrukce je podobná jakou u radiálních čerpadel. Jeden tlakový stupeň tvoří oběžné lopátkové kolo, převaděč (difuzor) a soustava vratných kanálů.

### Rychlostní a tlakové poměry v radiálním stupni:



### Chlazení turbokompresorů:

- ❖ **vnitřní chlazení** - ve skříni stroje je soustava kanálů jimiž protéká chladicí voda - plášťové chlazení
- ❖ **vnější chlazení** - připojují se mezistupňové chladiče (tzv. mezichladiče) vně stroje. Zařazením mezichladiče se uspoří značná část energie a zlepší se celkový teplotní režim stroje. Zlepší se také podmínky pro mazání stroje.

### Pohony turbokompresorů:

- ❖ **parní turbína** - snadná regulace množství stlačované vzdušiny změnou provozních otáček
- ❖ **plynová turbína** - je výhodná tam, kde je k dispozici vhodné palivo - např. transitní plynovod
- ❖ **elektromotor** - malé pořizovací a provozní náklady. Velká spolehlivost. Poměrně nízké otáčky; nutná převodovka

### Ventilátory:

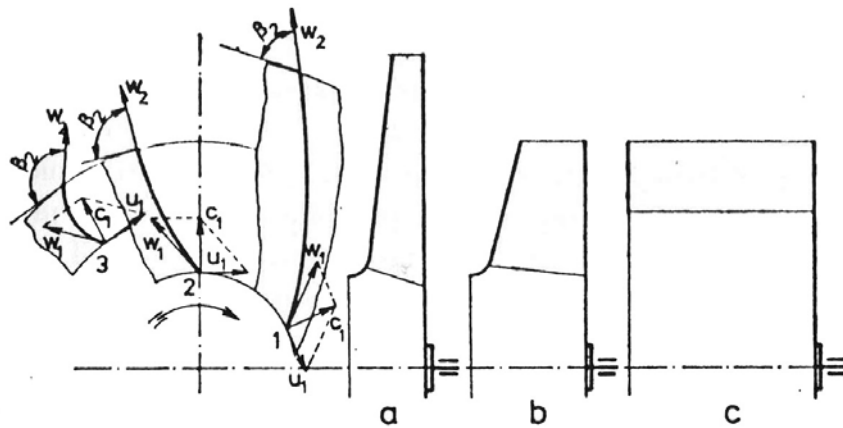
Jsou lopatkové stroje určené především k dopravě plynů a par s přetlakem do  $10^4$  Pa. Princip práce je stejný jako u turbokompresorů a turbodmychadel.

Ventilátory, které odsávají dopravovanou látku z určitého prostoru, pracují s podtlakem -> nazývají se exhaustory.

### Rozdělení:

- **nízkotlaké** ( $\Delta p$  do 1 000 Pa)
- **středotlaké** ( $\Delta p$  do 4 000 Pa)
- **vysokotlaké** ( $\Delta p$  4 000 až 10 000 Pa)

### ➤ Radiální (odstředivé)



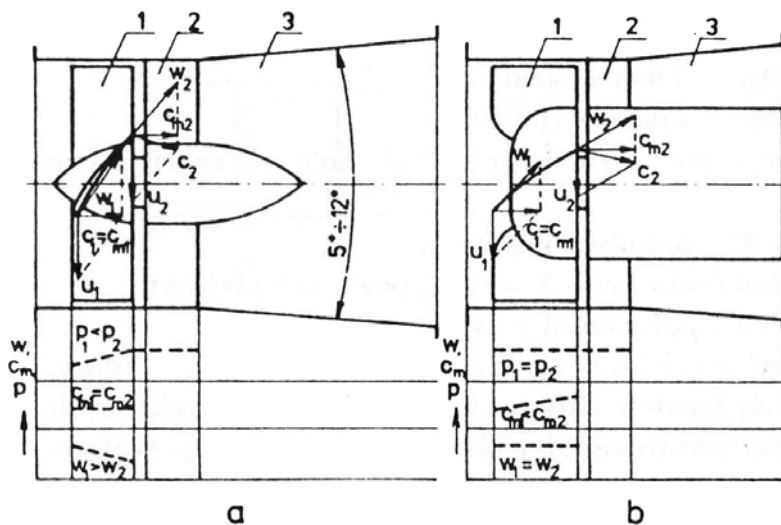
Obr. 5.16 Radiální ventilátory

a) vysokotlaké; b) střednětlaké; c) nízkotlaké; 1, 2, 3 - tvary zakřivení lopatek

Mají oběžná kola se zakřivenými lopatkami:

- dopředu s  $\beta_2 > 90^\circ$  - nízké přetlaky
- radiální s  $\beta_2 = 90^\circ$  - nízké přetlaky
- dozadu s  $\beta_2 < 90^\circ$  - pro střední a vyšší přetlaky

### ➤ Axiální (osové)



Obr. 5.17 Axiální ventilátory

a) přetlakový; b) rovnotlaký; 1 - rotor; 2 - statorové převáděcí lopatky; 3 - difuzor

Používají se pro větší objemové průtoky a menší tlaky.  $U_1 = U_2$

Mají vrtulovitě stočené lopatky. Existují přetlakové - za oběžným kolem je tlak větší než před ním; rovnotlakové - na obou stranách je stejný tlak.

Ke zvýšení tlaku slouží difuzor.

### Použití:

- Výměna vzduchu v místnostech
- Klimatizace
- Umělý tah u kotlů
- Doprava lehkých sypkých hmot
- Chlazení velkých elektrických strojů

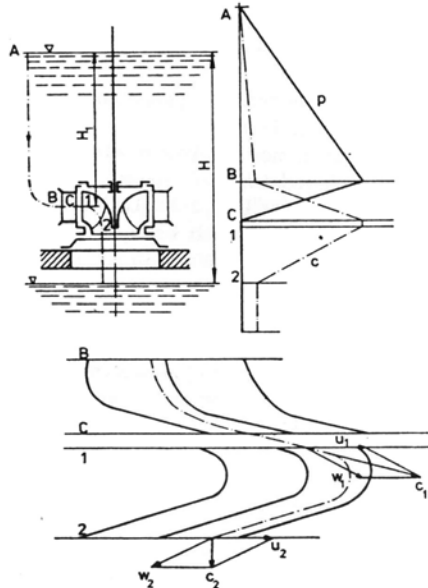
## 44. Vodní turbíny

(obrázky viz papíry)

Vodní turbíny (vodní motory) jsou rotační lopatkové stroje, v nichž se využívá energie vody. Voda mění svou potenciální energii na kinetickou, která se odvádí ze stroje jako točivý moment na hřídeli.

### **Rovnotlaková turbína:** (Peltonova)

Užitečný spád - závisí na rozdílu vstupní a výstupní energie.

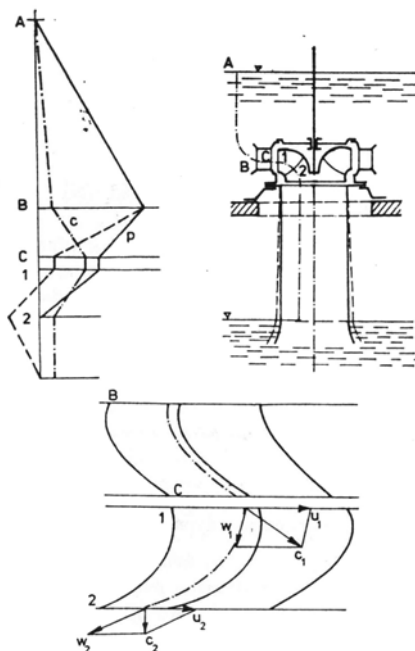


Obr. 7.1 Princip rovnoloké turbíny

Přeměňuje veškerou tlakovou energii na pohybovou energii vody v rozváděcím zařízení. Před i za lopatkami oběžného kola je stejný tlak. Na lopatkách oběžného kola odevzdává voda měrnou pohybovou energii oběžnému kolu. Ztrátu představuje nevyužitý spád mezi oběžným kolem a hladinou vtékající vody - zanedbatelná ztráta. Ztrátová je kinetická energie vystupující vody.

### **Přetlaková turbína:** (Francisova, Kaplanova, Dériazova)

Užitečný spád - bude záviset ne výstupní ztrátě, ale i na velikosti tlaku  $p_2$  na konci oběžné lopatky. Větší užitečný spád se získá snížením tlaku  $p_2$  připojením sací roury (trouby); výstupní ztrátu lze snížit pozvolna se rozšiřujícím průřezem sací trouby.



Obr. 7.2 Princip přetlakové turbíny

Přeměňuje v rozváděcím zařízení jen část tlakové energie vody na kinetickou. V oběžném kole se tedy mění měrná tlaková i kinetická energie vody na mechanickou energii. Před oběžným kolem je menší tlak než za ním.

### **Vodní díla - hydrocentrály:**

Hydroelektrárna - hydrocentrála, je čist komplexního celku, tzv. vodního díla.

Vodní elektrárny vyrábějí v ČR asi 10% el. energie.

*Dílo se skládá z:*

- přívod vody
- zařízení pro zvýšení hladiny - jez, přehrada
- strojovna
- čističe vody
- uzavírací zařízení
- odpadní kanál

*Vodní díla jsou:*

**Nízkotlaká** - (spád do 15 m)

Využívá malých spádů - proto vyžaduje velké objemové průtoky.

- a) *derivační* - strojovna mimo tok v derivačním kanále (obr. 224)
- b) *průtočné* - strojovna přímo ve vodním toku

**Středotlaká** - (spád do 60 m)

Většinou jako akumulární nádrž s přehradní zdí - údolní přehrady. Součástí je tunel pod přehradou - přivaděč - má 2 uzávěry (v hrázi a před turbínou).

**Vysokotlaká** - (spád nad 60 m)

Má zásobní nádrž, položenou mnohem výš než je strojovna. Z nádrže se přivádí voda k turbínám potrubím. Nutné vyrovnávací nádrže - tlumí tlakovou vlnu a zamezení roztržení dolní části potrubí.

### **Druhy vodních turbín:**

#### **Peltonova:**

*Rovnotlaký* vodní motor pro menší průtoky vody, ale velké spády (100 - 1000 m). Pro vyšší spády se staví dvoustupňová turbína.

*Regulace* - průtokem vody dopadající na oběžné kolo pomocí trysek

#### **Francisova:**

*Přetlakový* vodní motor; univerzální turbína pro spád 1 - 2 m, ale i pro spády až 500 m.

*Regulace* - změnou průtokem vody, která se řídí natáčivými rozváděcími lopatkami. Při optimálním úhlu natočení je účinnost turbíny nejlepší.

#### **Kaplanova:**

*Přetlakový* vrtulový motor. Rozváděcí i oběžné lopatky lze natáčet tak že polohy obou si navzájem odpovídají. Turbína má velikou účinnost i při malém zatížení. I při malých spádech a velké hmotnosti má ze všech turbín nejvyšší otáčky. Oběžné kolo - vrtule s natáčivými lopatkami.

*Regulace* - provádí se změnou průtoku vody rozváděcími lopatkami, ovládanými servomotorem.

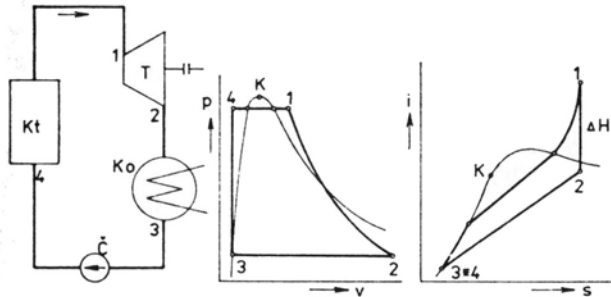
#### **Dériazova:**

*Přetlakový* vodní motor s diagonálním průtokem vody. Je to konstrukční varianta Kaplanovy turbíny pro větší počet lopatek. Používá se pro spády 40 - 120 m. Výhodou je velký průměr náboje oběžného kola a tím větší počet lopatek. Muže být použita jako reverzní stroj - čerpadlo.

## 45. Parní turbíny

(obrázky viz papíry)

Jsou tepelné motory - rotační lopatkové stroje, kde pára protékající mezilopatkovými kanály expanduje a předává svou energii rotoru. Při tom se mění tepelná energie páry v energii kinetickou, která se odvádí jako točivý (krouťící) moment na hřídeli turbíny.



Obr. 8.11 Oběh parní turbíny

Kt - kotlík; Ko - kondenzátor; T - turbína; Č - čerpadlo;

1 - tlaková pára vstupuje do turbíny; 2 - pára vykonala práci a její tlak se snížil; 3 - pára o nižším tlaku a teplotě kondenzuje a je čerpadlem přepravována zpět do kotle; 4 - ohřev páry na daný tlak a teplotu

### Rozdělení a základní druhy parních turbín:

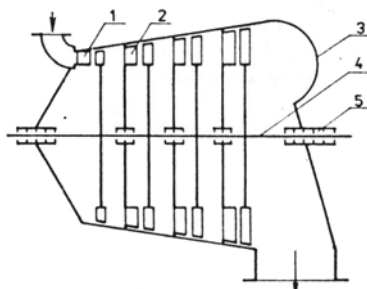
Parní turbíny se začaly konstruovat koncem 19. století.

1) Podle počtu stupňů se dělí na:

- a) **jednostupňové**
- b) **vícestupňové**

2) Podle způsobu přeměny tlakové energie:

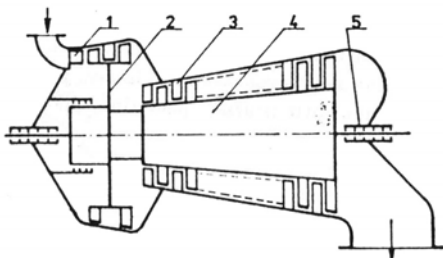
- a) **rovnotlakové** - oběžné kolo se otáčí v prostoru s konstantním tlakem; Uplatňují se v oblastech vysokotlaké páry.



Obr. 8.17 Rovnotlaká turbína

1 - regulační dýza; 2 - dýzy v mezistěně; 3 - skříň; 4 - rotor; 5 - vnější ucpávka

- b) **přetlakové** - před oběžným kolem je větší tlak než za ním; Uplatnění v oblastech nízkého tlaku páry.



Obr. 8.18 Přetlaková turbína

1 - regulační dýza; 2 - regulační rovnotlaký stupeň; 3 - lopatky statoru upevněné na skříň; 4 - rotor; 5 - ucpávka

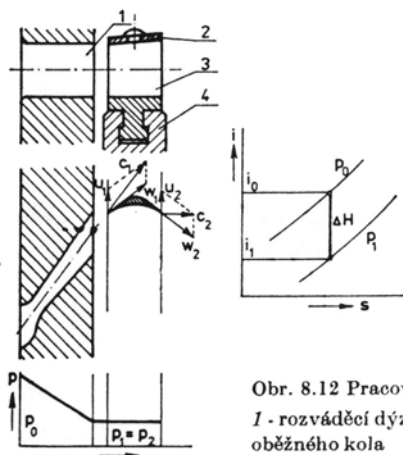
- c) **kombinované** - kombinace předchozích.



3) Podle způsobu provozu:

- a) **kondenzační**
- b) **výfukové**
- c) **protitlakové**
- d) **odběrové** - páru odebíráme z určitého tlakového stupně, je-li potřebné množství páry menší než je množství přiváděné páry. Může pracovat jako kondenzační i jako protitlaková.
- e) **s přihříváním páry** - pára se přehřeje po výstupu ze střednětlaké části a pak vstupuje do nízkotlaké části turbíny.

**Rovnotlaková (akční) turbína:**

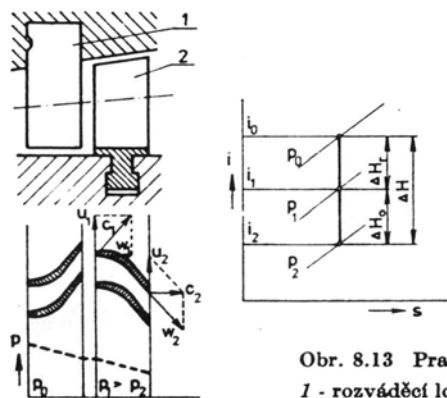


Obr. 8.12 Pracovní stupeň rovnotlaké turbíny

1 - rozváděcí dýza; 2 - bandáž; 3 - lopatka; 4 - kotouč oběžného kola

U této turbíny nastává expanze páry pouze v rozváděcím zařízení. Tlak zde prudce klesá a rychlost páry roste v oběžném kole zůstává tlak konstantní. Tato podmínka je zajištěna tvarem mezilopatkového kanálu u něhož musí být průtočný průřez konstantní. Při průtoku páry kanálem se nemění relativní rychlost ( $W_2 = W_1$ ) a podle zákona o zachování energie zůstává i tlak konstantní. Absolutní rychlost  $c_1$  však klesá.

**Přetlaková (reakční) turbína:**



Obr. 8.13 Pracovní stupeň přetlakové turbíny

1 - rozváděcí lopatka; 2 - lopatka rotoru

U této turbíny klesá tlak v rozváděcím zařízení i v oběžném kole. Oběžné kolo pracuje s určitým přetlakem. Mezilopatkové kanály oběžného kola jsou uspořádány tak, aby relativní rychlost rostla ( $W_2 > W_1$ ) tzn. tlak klesá. Průřez mezilopatkových kanálů se zužuje. U přetlakových turbín je rozváděcí zařízení tvořeno pevným lopatkovým věncem, jehož průtočné mezilopatkové kanály se zvětšují, tak že i v rozváděcím kole roste rychlost a tlak klesá.

**Porovnání:**

U rovnotlakové turbíny se otáčí oběžné kolo v prostoru s konstantním tlakem. Radiální i axiální vůle mezi oběžnými lopatkami mohou být dost velké - nezvětšují se ztráty.

U přetlakové turbíny pracuje oběžné kolo s určitým přetlakem a příslušné vůle musí být co nejmenší, jinak vzrostou neúměrně tlakové ztráty a ztráty nevyužitou parou.

Pro vysoké provozní tlaky a malé průtoky páry vycházejí oběžné lopatky příliš krátké, důsledkem jsou vysoké ztráty a malá účinnost.

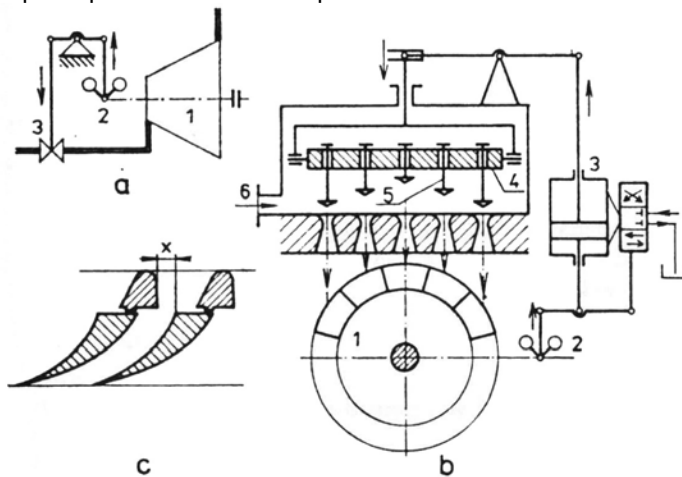
Rovnotlaková turbína je schopna při velmi dobré účinnosti zpracovat velký tepelný spád. V nízkotlaké oblasti má malou účinnost.

Pro velké turbíny je třeba kombinovat tyto dva druhy.

### Regulace:

Výkon parní turbíny lze regulovat změnou jedné z veličin na nichž výkon závisí tj. *průtočného množství, měrné energie* nebo *celkové účinnosti*.

- regulace změnou velikosti měrné energie - regulace škrcením páry - nevhodné z důvodu znehodnocování páry
- regulace změnou hmotnostního průtoku páry (kvantitativní regulace) - používá se u všech větších turbín. Řízení zajišťují ventily, které jsou umístěny v několika sekcích, dochází k postupnému otevírání a při odlehčování k uzavírání.



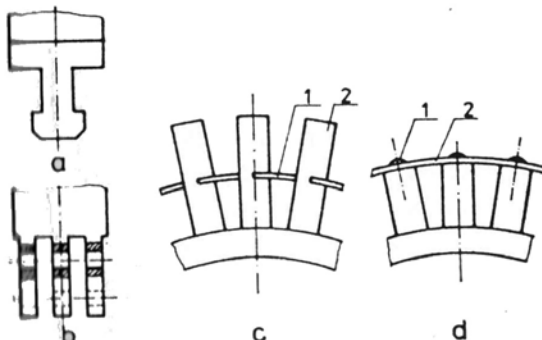
Obr. 8.19 Regulace parní turbíny

- kvalitativní: 1 - turbína; 2 - snímač otáček; 3 - škrticí ventil;
- kvantitativní: 1 - dýzový segment; 2 - snímač otáček; 3 - hydraulické ovládní; 4 - traverza ventilu; 5 - ventil; 6 - přívod páry;
- regulačním rozváděcím kolek

### Hlavní části parních turbín:

#### Rotor

- konstruován jako:
  - hřídel s nasazenými oběžnými koly
  - buben vybíhající na obou koncích v hřídel
- pečlivě staticky i dynamicky vyvážen
- **tuhý rotor** - kritické otáčky větší než provozní
- **elastický rotor** - kritické otáčky nižší než provozní



Obr. 8.15 Úprava rotoru

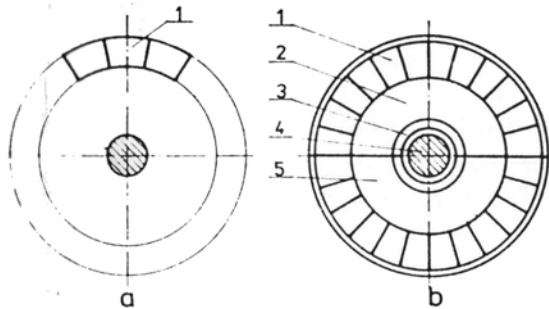
- nožka T lopatky;
- nožka na přinýtování;
- vyztužení drátem; 1 - drát; 2 - lopatky;
- vyztužení bandáží: 1 - roznýtovaný konec lopatky; 2 - bandáž

### Oběžné lopatky:

Vyrobeny z válcových profilů, nebo vyfrézovány z plného materiálu. Krátké lopatky musí mít konstantní úhly  $\beta_1$  a  $\beta_2$  a konstantní tvar profilu. U velkých lopatek se úhly mění s délkou lopatky.

### Rozváděcí ústrojí:

- a) tvořeno segmentem s tryskami - při částečném (parciálním) ostříku.
- b) tvořeno dvoudílným rozváděcím kolem - použití u totálního (úplného) ostříku.



Obr. 8.14 Rozváděcí zařízení

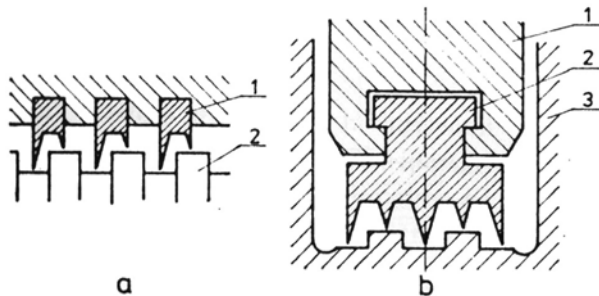
- a) s parciálním vstřikem  
1 - dýzový segment
- b) s úplným ostříkem  
1 - dýzy; 2 - horní díl mezistěny; 3 - labyrintová ucpávka; 4 - hřídel; 5 - dolní díl mezistěny

### Skříň turbíny:

Dělená ve vodorovné rovině, spojena předepjatými šrouby.

### Ucpávky:

- a) vnější - výstupní hřídel
  - b) vnitřní - oddělují jednotlivé tlakové stupně
- nejčastěji labyrintové ucpávky (obr. 257)



Obr. 8.16 Labyrintové ucpávky

- a) vnější ucpávka: 1 - břity; 2 - rotor; b) vnitřní ucpávka na mezistěně; 1 - mezistěna; 2 - ucpávkový kroužek; 3 - rotor

### Ložiska:

Výhradně kluzná ložiska. Mazání oběžné tlakové.

### Spojky:

Mezi turbínou a generátorem. Pevné kotoučové spojky, zubové..

## 46. Plynové turbíny

(obrázky viz papíry)

Jsou lopatkové stroje - motory, kde mezilopátkovými kanály protéká teplotonosná látka, v níž během pracovního cyklu nedochází ke změně skupenství. Účinnost turbín roste s teplotou pracovního média, které vstupuje na oběžné lopatky. Tato teplota je omezena odolností materiálu a je 650 - 850 °C, u leteckých materiálů až 1250 °C. Plynové turbíny pracují s mnohem vyššími teplotami než parní, ale s menšími provozními tlaky.

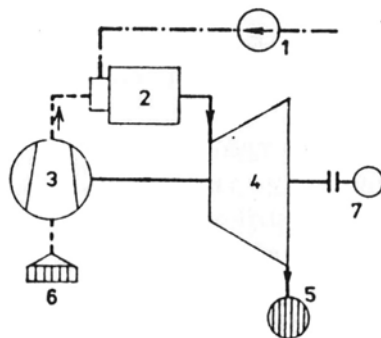
Menší počet stupňů (1 - 8). Potřebují ke svému běhu turbokompresor, který spotřebovává přibližně 2/3 výkonu => 1/3 energie je možno využít.

### Rozdělení:

- a) spalovací - turbína je připojena na spalovací komoru z níž spaliny proudí přímo na oběžní kolo.
- b) plynová - spalovací komora je ve funkci výměníku, kde se ohřívá vhodný plyn, který pak expanduje v mezilopátkových kanálech turbíny.
- c) Expandér (expanzní turbína) - turbína je napojena na jiný zdroj tlakového plynu, který v ní expanduje (turbína nemá vlastní spalovací komoru ani turbokompresor).
- d) rovnotlaké
- e) přetlakové - energie tlaková pracovního média se mění v kinetickou energii jak v rozváděcích tak i v oběžných lopátkách

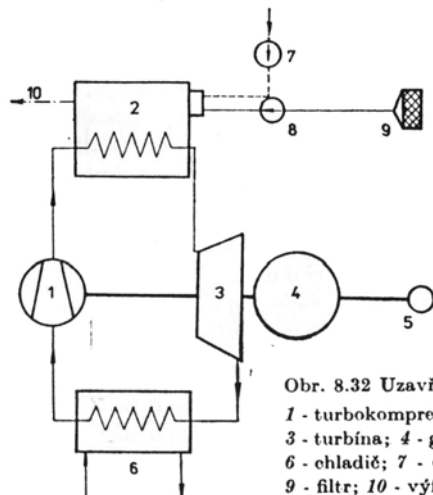
### Základní okruhy s plynovou turbínou:

**Otevřený okruh** - turbokompresor nasává atmosferický vzduch a spaliny, které expandovali v turbíně jsou vedeny výfukem do ovzduší.



Obr. 8.31 Otevřený oběh plynové turbíny  
1 - čerpadlo paliva; 2 - spalovací komora;  
3 - turbokompresor; 4 - turbína; 5 - výfuk;  
6 - filtr; 7 - rozběhový motor

**Uzavřený okruh** - spalovací komora ohřívá pracovní médium, které cirkuluje přes turbínu a turbokompresor.



Obr. 8.32 Uzavřený oběh plynové turbíny  
1 - turbokompresor; 2 - spalovací komora;  
3 - turbína; 4 - generátor; 5 - rozběhový motor;  
6 - chladič; 7 - čerpadlo paliva; 8 - dmýchadlo;  
9 - filtr; 10 - výfuk

### Hlavní části plynové turbíny:

- a) rozváděcí lopatky - provozní teplota 600 - 950 °C, max. namáhání do 50 MPa.
- b) oběžné lopatky
- c) rotor - teplota do 600 °C, kvalitně obrobený, staticky i dynamicky vyvážen.

## **47. Parní generátory - parní kotle**

(obrázky viz papíry)

Jsou to stroje, které slouží k výrobě páry určené pro použití mimo toto zařízení. Pára se vyrábí v tlakové části z pracovní látky, kterou je zpravidla voda. Teplo, kterého je třeba k výrobě páry, se přivádí do pracovní látky ze spalovacího prostoru. Pára je zatím jediným mezičlánkem při spalování paliva v parních kotlích, nebo jaderných reaktorech.

Do parního generátoru vstupuje voda, palivo a vzduch. Z parního generátoru se odvádí vyrobená vodní pára s požadovanými parametry.

### **Základní parametry parního kotle:**

- ➔ Jmenovitý tlak páry - (běžně 10-20 MPa) - musí být udržován při jakémkoliv zatížení kotle.
- ➔ Jmenovitá teplota přehřáté páry - (500-600 °C) se udržuje konstantní v požadovaném rozsahu zatížení.
- ➔ Nejvyšší tlak páry - je tlak na nějž je nastaven pojistný ventil na přehříváku páry (max. 35 MPa).
- ➔ Nejvyšší teplota přehřáté páry - (>600 °C) - při těchto teplotách a tlacích je důležitá tzv. **kritická oblast páry**, při 22,1 MPa, kdy dochází k přeměně vod v páru v jediné fázi bez změny objemu.
- ➔ Výkon parního kotle - udává se v MW a nebo t.h<sup>-1</sup> (megawaty nebo množství páry vyrobené za hodinu - parní výkon->tuny za hodinu).

### **Vývojové typy parních kotlů:**

Parní kotle prodělaly dlouhý vývoj, od nejjednodušších, málo bezpečných válcových kotlů, až po moderní bezpečná vysoce výkonná kotelní zařízení. Při tom se stále zvyšovaly výkony parních kotlů, jejich spolehlivý a bezpečný provoz, rychlé spouštění a snadná regulace výkonu. S tím souvisí stoupající úroveň technologie hutní výroby materiálů pro stavu kotlů.

### **Rozdělení parních kotlů:**

- *velkooběhové nebo žárotrubné*
- *vodotrubné s přirozeným oběhem*
- *vodotrubné s nuceným oběhem*

### **Paliva pro parní kotle:**

Paliva jsou hořlavé látky, jejichž spalováním se uvolňuje teplo. Podle skupenství je dělíme na tuhá, kapalná a plynná. Každé palivo obsahuje hořlaviny, jimiž bývají sloučeniny uhlíku, vodíku, síry a příměsí, tj minerálních látek, tzv. popeloviny.

- ➔ **fosilní** - ropa, uhlí
- ➔ **vedlejší hořlavé průmyslové produkty** - kychtový plyn
- ➔ **odpad** - piliny
- ➔ **ušlechtilá paliva** - topné oleje, koks, topné plyny

### **Paliva obsahují:**

- *hořlaviny* - přeměňují se na teplo až 10<sup>4</sup> J.kg<sup>-1</sup>
- *přítěže*
  - a) popeloviny tvoří 4-25% minerálních složek (křemičitany, popílek, škvára)
  - b) voda 1-50%

### **Množství kyslíku potřebné k dokonalému spálení hořlaviny:**

$$O_2 = 22,4 \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H_2}{4} + \frac{S}{32} + \frac{O_2}{44,8} \right) \quad [\text{hmotnosti dosazený v kilogramech}]$$

Suchý vzduch obsahuje 21% kyslíku O<sub>2</sub> => na 1 kg paliva spotřebujeme kyslíku:

$$V = \frac{100}{21} \cdot O_2 \quad [m^3]$$

### **Ohříváky vody, přehříváky páry a ohříváky vzduchu:**

Využívají tepla spalin a kouřových plynů. Jsou umístěny zpravidla v druhém tahu.

**Ohřívák vody** - ohřívá se v nich voda proto, aby se voda ve výparníku kotle příliš neochlazovala, aby se lépe využilo odcházející teplo spalin. Voda se ohřívá až na 70% teploty varu jmenovitého tlaku parního kotle (240 °C i více). Je z ocelových hadovitě zatočených trubek.

**Přehřívák páry** - slouží k přehřátí páry vznikající ve výparníku parního kotle, kde je pára vlhká, a proto nevhodná k pohovu parních turbín.

- sálavé - jsou umístěny na konci prvního tahu
- konvekční - umístěnyma začátku druhého tahu

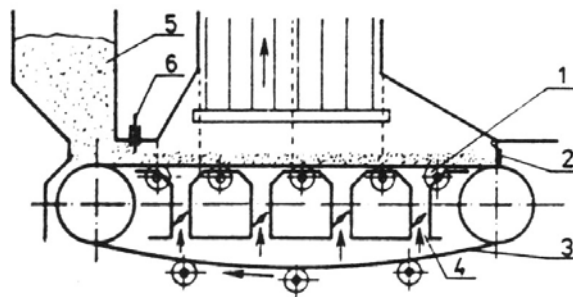
**Ohříváky vzduchu** - jsou deskové nebo trubkové výměníky tepla, které jsou umístěny na konci druhého tahu. Ohřívá se v nich vzduch hnaný ventilátory pro spalovací zařízení ne 150 až 500 °C, podle druhu ohniště.

### **Druhy spalovacích zařízení (ohniště):**

Zajišťují dokonalé spalování pevného, kapalného a plynného paliva. Nejdůležitější částí je ohniště.

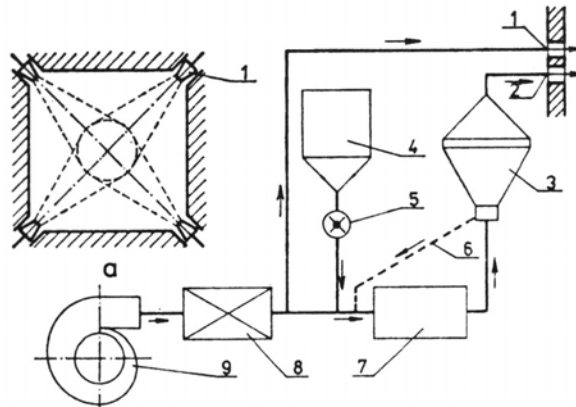
#### **Ohniště na pevná paliva -**

- Roštová - Pevné kusové palivo se spaluje v klidné vrstvě.



Obr. 8.2 Roštové ohniště s pásovým roštem  
1 - nosný váleček; 2 - výkyvný uzávěr; 3 - roštový pás;  
4 - přívod vzduchu s regulační klapkou; 5 - násypka paliva;  
6 - šoupátkový uzávěr

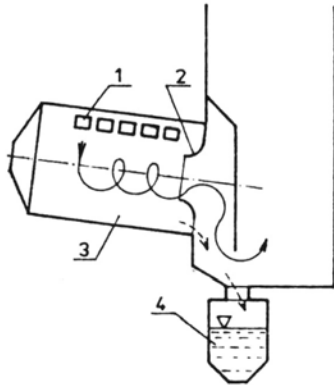
- Prášková - Rozemleté palivo ve formě prášku se spaluje v letu v prostoru ohniště.



Obr. 8.3 Práškové ohniště

1 - přívod sekundárního vzduchu; 2 - práškový hořák vzduchu; 3 - třídíř;  
4 - zásobník uhlí; 5 - podávateľ paliva; 6 - vratné potrubí hrubého prášku;  
7 - bubnový mlýn; 8 - ohřívateľ vzduchu; 9 - ventilátor  
a) uspořádání hořáků v ohništi: 1 - výkyvné dýzy hořáku

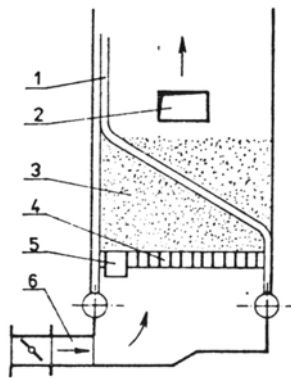
- **Cyklónová** - Práškové palivo se spaluje ve vířivém prostoru. Palivo hoří rychleji a dosahuje se vyšších teplot.



Obr. 8.4 Cyklónové ohniště

- 1 - tangenciální přívod paliva a vzduchu; 2 - odkapávací nákržek;
- 3 - horizontální cyklónové ohniště;
- 4 - odvod strusky

- **Fluidní** - rozdrčené palivo se spaluje ve vznosu - nadnášeno proudem vzduchu. Kromě výhodného rozložení tepelné zátěže a vysoké účinnosti umožňuje i odsíření spalin, je ekologicky nejvýhodnější.



Obr. 8.5 Fluidní ohniště

- 1 - ohřívací trubky; 2 - přívod paliva;
- 3 - fluidní vrstva; 4 - fluidní rošt;
- 5 - odvod popelu; 6 - přívod vzduchu

**Ohniště na kapalná paliva** - palivo se rozprašuje a tím lépe shoří. Hořáky na kapalná paliva rozprašují palivo na jemné kapičky, čehož se dosahuje stlačeným vzduchem nebo párou.

**Ohniště na plynná paliva** - palivo se smísí se vzduchem a hoří. Podstata je stejná jakou pro kapalná paliva.

## 48. Jaderné reaktory a netradiční zdroje energie

(obrázky viz papíry)

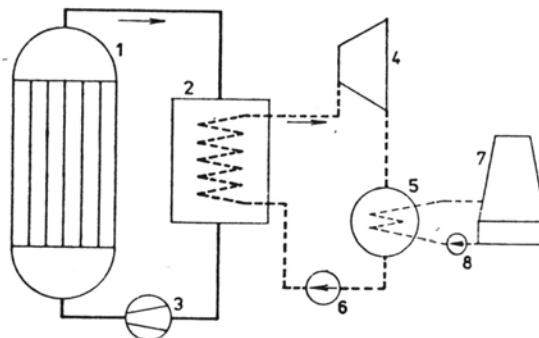
Nejčistější způsob výroby energie, bez popílku a kouře, bez spalování kyslíku a produkce  $\text{SO}_2$  a  $\text{CO}_2$ , a bez skládky a dopravy paliva a popela. 1 kilogram uranu nahradí 3000 tun uhlí. Jaderný reaktor je zařízení na řízené štěpení jader těžkých prvků (U 235, Pu 239) pomocí volných neutronů. Pára se zde vyrábí ve výměníku tepla, ve kterém chladivo odevzdává teplo vodě a páře okruhu parní turbíny. Primární oběh chladiva reaktorem i sekundární oběh parní turbíny jsou uzavřeny. V terciálním oběhu cirkuluje chladicí voda pro kondenzátor. Provoz reaktoru vyžaduje bezpečné řízení.

### Druhy reaktorů:

- ✘ Energetické
- ✘ Dopravní (lodě, ponorky)
- ✘ Pro výrobu radioizotopů
- ✘ Výzkumné
- ✘ Produkční

### Z hlediska principu

- ✘ Tlakovodní
- ✘ Varné



Obr. 8.9 Schéma elektrárny s jaderným reaktorem

1 - reaktor; 2 - generátor páry; 3 - kompresor (čerpadlo); 4 - turbína;  
5 - kondenzátor; 6 - čerpadlo sekundárního oběhu; 7 - chladič věž;  
8 - čerpadlo terciárního chladicího oběhu

### Jaderné reakce:

**Radioaktivní** - jádro atomů některých prvků se samovolně přeměňuje nebo mění svůj energetický stav a uvolňuje při tom energii ve formě záření. V atomových jádrech působí jaderné síly. Abychom odtrhly nukleony (protony+neutrony) v jádře od sebe, musíme vykonat práci, která je rovna tzv. vazbové energii eV (elektrovolt).

eV - je energie, kterou získá elektron, projde-li dvěma místy s potenciálovým rozdílem 1V.

$$E = m \cdot c^2$$

Energie skrytá v látce:

$$1\text{kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 9 \cdot 10^6 \text{ J} = 25 \text{ TWh}$$

**Řízená řetězová štěpná reakce** - uran ozařovaný zpomalenými neutrony se rozštěpí. Součet atomových hmotností vzniklých zlomků je menší než atomová hmotnost mateřského jádra uranu. Rozdíl hmotností je roven 1/5 hmotnosti protonu, která se přemění na energii řádově 200 MV. Přebytké neutrony se lapají pomocí kadmiových tyčí, jejich povytahováním lze reakci řídit.

V dnešní době se řízení provádí koncentrací kyseliny borité a vytahováním ocelových tyčí s borem.

### 3 základní stavy reaktoru

- ❖ **Podkritický** - neutrony vznikající při štěpné reakci jsou plně pohlcovány, štěpná reakce zaniká.
- ❖ **Kritický** - jeden ze dvou až tří atomů vzniklých při štěpení paliva vyvolá další štěpnou reakci. Reakce stále pokračuje a nemění se - běžný stav reaktoru při stálém výkonu.
- ❖ **Nadkritický** - štěpná jaderná reakce roste (roste počet neutronů) - zvyšování výkonu

### Počáteční impuls:

Při kritickém množství paliva nastane interakce jádra s neutronem. Neutron nenese el. náboj, a nemusí tedy překonávat bariéru el. sil. Štěpící jádro se deformuje, protahuje až se klidná dceřinná jádra od sebe rozletí rychlostí asi  $10\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Mají velkou kinetickou energii  $E_k$ . Cestou se brzdí v okolním prostředí (v kyselině), srážejí se s jinými atomy, postupně se uklidňují a jejich  $E_k$  přichází na energii kmitů atomů - tepelná energie (tou ohříváme vodu).



## **Obnovitelné zdroje energie:**

### **Energie slunce** (heliotechnika)

Na každý 1 m<sup>2</sup> Země dopadá asi 1000 W; tato energie je příliš „řídka“ (střídání dne a noci; mraky) je nutno tyto zdroje kombinovat s nákladnými akumulátory energie nebo s rezervními aktivními zdroji energie.

#### **Aktivní**

→ přeměna slunečního záření na teplo pomocí kolektorů

a) kapalinový

b) vzduchový

→ přeměna slunečního záření na elektrickou energii.

c) Fotovoltaické články

d) Solárními články

#### **SOLÁRNÍ SYSTÉMY**

**Pasivní** - přeměna solárního záření na teplo vhodným architektonickým návrhem budovy (skleníky).

**Sluneční kolektory a systémy:** Úkolem je převést co nejvíce dopadajícího slunečního záření na teplo, kterým se ohřívá pracovní látka (voda, olej, nemrznoucí směs)

#### Kolektory:

e) průtokové

f) ploché

g) vakuové

h) koncentrační

i) k ohřevu vzduchu

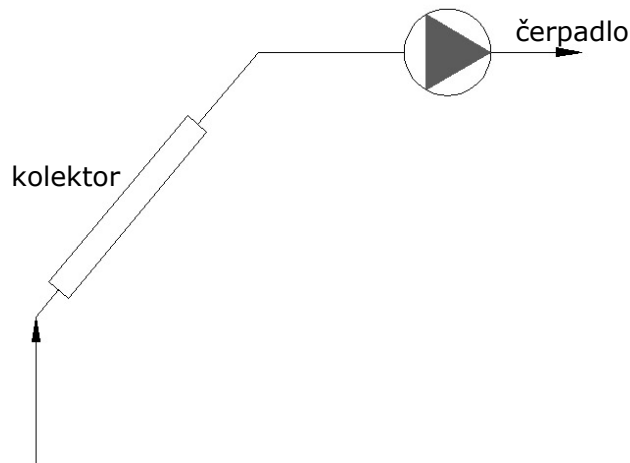
**Solární technické systémy:** několik střešních kolektorů zapojených do okruhu s čerpadlem, které zaručuje oběh pracovní látky. Teplo z absorberu tekutina předává trubkovým výměníkem do bojleru. Úspora 50-70% nákladů na ohřev vody a 20-30% na vytápění.

#### Přehled uživatelských systémů:

##### - **podle provozního režimu:**

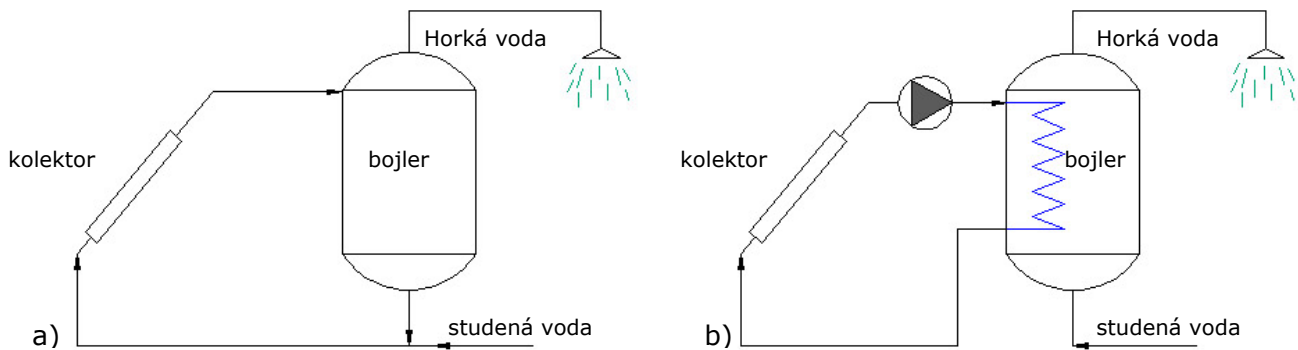
a) systémy se sezónním provozem - teplotnosnou kapalinou je přímo voda

b) systém s celoročním provozem - teplotnosná kapalina je vždy nemrznoucí směs, jsou nutné 2 oběhy.



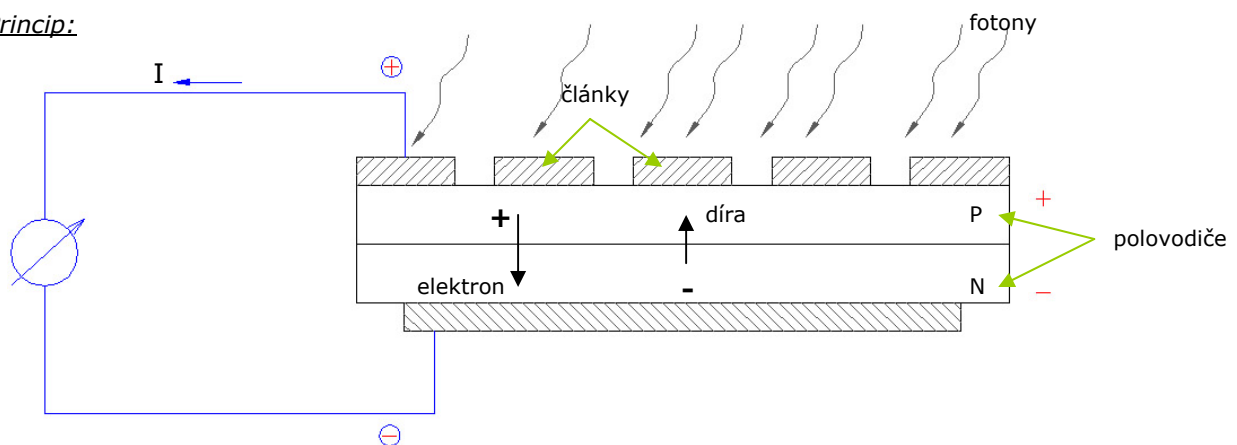
- **podle oběhu teplotnosné kapaliny:**

- a) samooběžné
- b) s nuceným oběhem - jednookruhový; dvouokruhový



**Fotovoltaika:**

**Princip:**



Sluneční článek je nejjednodušší zařízení k přímé přeměně slunečního záření na elektrinu - založen na fotovoltaickém jevu, jev při němž se v látce působením světla (proudu fotonů) uvolňují elektrony. Nastává v některých polovodičových materiálech (křemík, germanium). Na přechodu dvou polovodičů, z nichž jeden vykazuje elektronovou vodivost (typ **N**) a druhý (typ **P**) se vyznačuje vodivostí děrovou (díry si představujeme jako putující kladné náboje), se náboj rozdělí na protilehlé strany. Vrstva N se nabíjí záporně, vrstva P kladně. Propojením kovových kontaktů obou destiček přes zátěž se náboje vyrovnávají a obvodem protéká stejnoměrný proud přímýsměrný osvětlené ploše článku a intenzitě dopadajícího záření.

V praxi jsou nejpoužívanější křemíkové obohacené indiem. 1 m<sup>2</sup> panelu poskytuje asi 10 W, účinnost 10%. Systémy s přímým napájením dodávají proud přímo spotřebičům. Systémy s akumulátory napojenými na díl - drahé, vyžadují střídač pro přeměnu 12 nebo 24 V DC na 230 V AC při 50 Hz.

**Energie větru:**

Využitelný výkon větru na naší planetě je asi 3 TW, což je 1/3 současné světové spotřeby. Energie větru se nedá využít při nízkých, ale ani při vysokých rychlostech -> prakticky 3-26 m/s. Pro výkon 1000 MW je potřeba 25 000 věží s vrtulí o průměru 30 m. Protože větrné elektrárny nepracují nepřetržitě jako jaderné bloky, nýbrž jen 1/5 času v průběhu roku, musí být ke stejné produkci energie instalován 5x vyšší jmenovitý výkon větrných elektráren. Provoz větrných elektráren je poměrně nákladný - velké investice a drahá údržba. Vzhledem k malé koncentraci větrné energie je potřeba velké množství větrných motorů.

**„Zelená energie“:**

Vzniká působením sluneční energie při fotosyntéze.

- moderní spalování dřeva - vysušené dřevěné brikety - výhřevnost až 20 MJ/kg
- zplyňování biomasy a komunálního odpadu (pyrolýza) - zahřívání za omezeného přístupu vzduchu -> vzniká methan -> hoření plynu
- kapalná paliva - řepkový a slunečnicový olej

## 49. Technická úprava prostředí

(obrázky viz papíry)

### Vytápění budov:

V prostorech a místnostech, kde člověk pracuje, je nutné vytvářet zdravé prostředí. K zdravému prostředí patří.

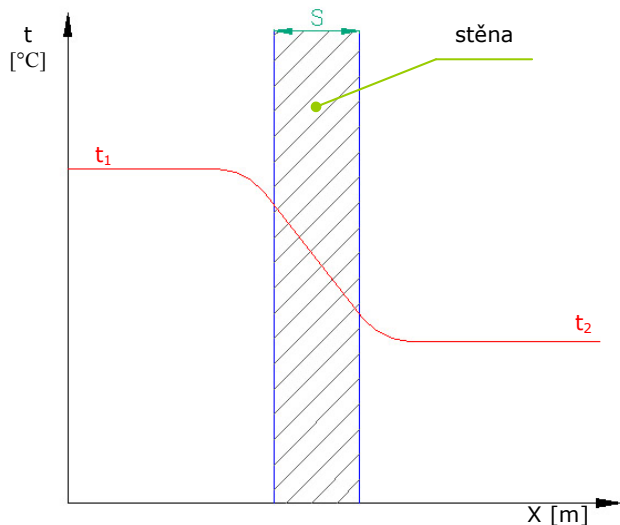
- přiměřená teplota
- větrání
- odsávání (škodlivin, prachu)
- chlazení
- osvětlení

Ve vytápěcím období (zima) uniká teplo z místnosti do okolního prostředí okny, stěnami, dveřmi a větráním. Ztracené teplo doplníme vytápěním vytápěcími soustavami.

### Druhy vytápění:

- **Lokální vytápění** - zdroj tepla je přímo ve vytápěných místnostech - kamna na tuhá, kapalná a plyná paliva.
- **Etážové vytápění** - kotel na teplovodní vytápění je umístěn ve stejném podlaží jako vytápěcí tělesa.
- **Ústřední vytápění v budově** - společná kotelna pro 1-3 domy - výkon 1,5 MW.
- **Skupinové vytápění** - bloková kotelna do 6 MW - možnost vytápět 500 a více bytů.
- **Dálkové vytápění** - teplárna s vysokotlakými kotli pro sídliště nebo větší část města s částečnou výrobou elektřiny.

### Výpočet tepelných ztrát:



$$t_1 > t_2$$

$\lambda$  - vodivost stěny

$\alpha$  - součinitel přestupu stěnou

Množství tepla, které prostoupí plochou  $s$  [ $m^2$ ] za dobu  $\tau$ .

$S$  [ $m^2$ ]  $\tau$  [hod.]

$$Q = \frac{S \cdot (t_1 + t_2)}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [W]$$

↑                      ↑  
ze stěny            do stěny

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

Celkové tepelné ztráty budov  $Q_c$ :

$$Q_c = K_t \cdot V \cdot (t_2 - t_1) \quad [W]$$

V - obestavený prostor budovy [ $m^3$ ] -> objem budovy  
 $K_t$  - tepelná charakteristika

Přirážky k hlavním tepelným ztrátám:

- na nepříznivou světovou stranu  
 $0,05 \div 0,25 \cdot Q_c$
- na tepelné ztráty přirozeným větráním  
 $0,1 \div 0,25 \cdot Q_c$
- na umělé (nucené) větrání  
 $0,1298 \cdot Q_c \cdot 0,25 \cdot (t_2 - t_1)$

**Soustavy ústředního vytápění:**

(viz. papíry)

**Výpočet otopných těles:**

$$Q = k \cdot S \cdot (t_3 - t_2) \quad [W]$$

k - součinitel prostupu tepla plochou otopného tělesa - ( $k = 8-10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ )  
s - velikost plochy otopného tělesa [ $m^2$ ]  
 $t_3$  - střední teplota otopné vody ( $80^\circ\text{C}$ ), nebo nízkotlaké páry ( $100^\circ\text{C}$ )  
 $t_2$  - požadovaná teplota v místnosti

## 50. Větrání a klimatizace

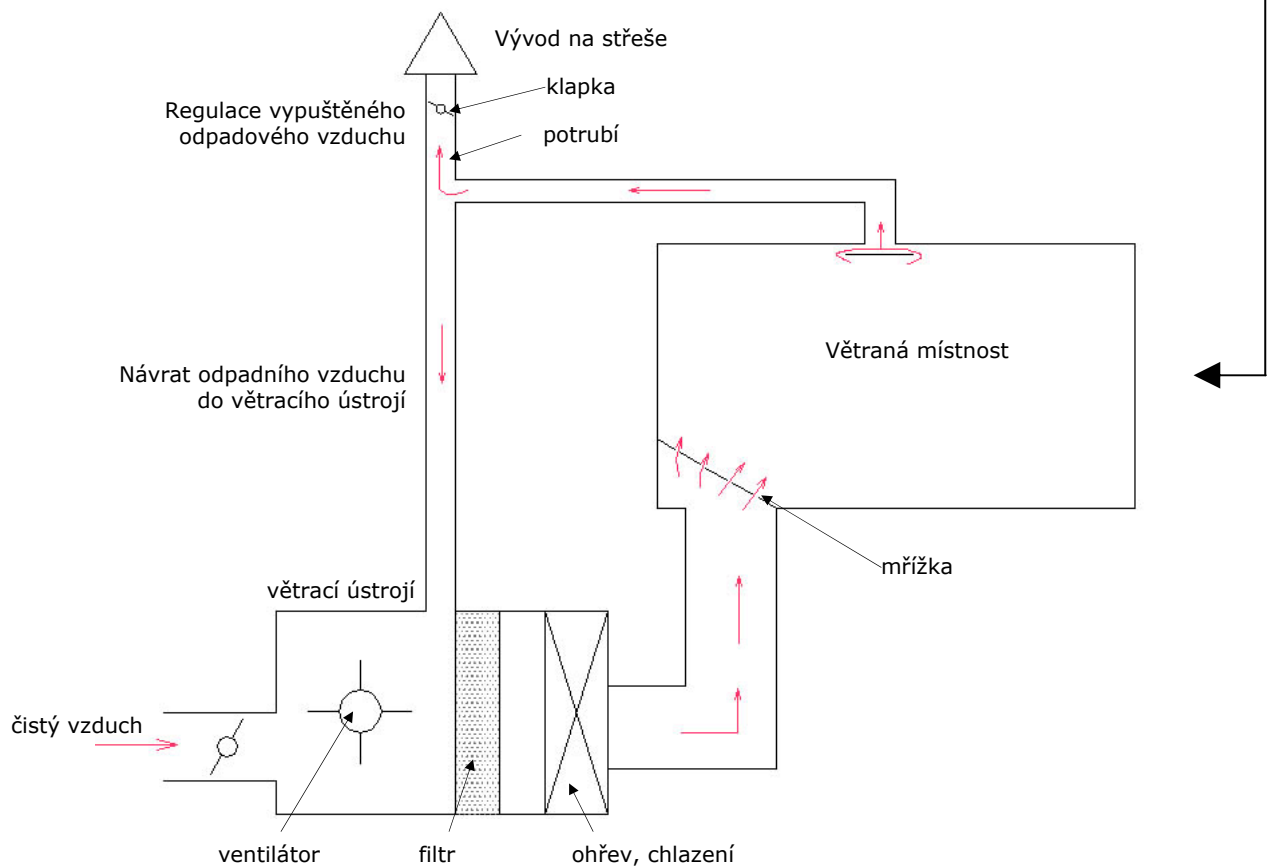
(obrázky viz papíry)

### Princip a účel klimatizace:

Klimatizační zařízení vytváří a udržuje v klimatizovaných prostorách ovzduší (dílna) stálé teploty a relativní vlhkosti, bez zřetele na okolní klimatické poměry. Kromě toho udržuje v optimální míře proudění vzduchu v místnosti a předepsanou čistotu vzduchu. Teplo a vlhkost je udržována automatickou regulací.

### Druhy a způsoby větrání:

- 1) **Přírozené větrání** (infiltrace) - vzduch proniká netěsnostmi oken, dveří...
- 2) **Samočinné větrání** (aerace) - veřejné místnosti, dílny (např. mřížka s šachtou na WC), musí se budovat speciální otvory.
- 3) **Nucené** (umělé) - ventilátor
  - a) Podtlakové - ventilátor ve stropě odsává vzduch z místnosti
  - b) Přetlakové - umožňuje čištění vzduchu, ohřev, ochlazování -> podobá se klimatizaci



### Přetlakové větrání:

Klimatizačním zařízením v zimě v místnosti vytápíme a v létě chladíme. Klimatizační zařízení vytváří v místnosti buď **podtlak**, chceme-li, aby se vzduch z místnosti nešířil do okolních prostorů, nebo **přetlak**, nemá-li do místnosti vnikat vzduch z okolí.

### **Rozdělení klimatizačních zařízení:**

- a) klimatizační zařízení podle účelu:
- *komfortní nebo zdravotní* - udržuje pohodu prostředí v divadlech, kinech, koncertních sálech, operační sály, hotely,...atd.
  - *průmyslová* - používá se tam, kde to technologie výroby vyžaduje. Např. tiskařský průmysl, v měřících místnostech.
- b) podle provedení:
- *ústřední*
    - nízkotlaké
    - vysokotlaké
  - *jednotkové* - samostatné klimatizační jednotky

### **Uspořádání centrální strojovny:**

