

TEPLO A TEPELNÉ STROJE
STROJE A ZAŘÍZENÍ – ČÁSTI A
MECHANISMY STROJŮ

ENERGIE, PRÁCE A TEPLLO

Energie - z řeckého energia: aktivita, činnost.

Ve strojírenské praxi se projevuje jako dominantní energie mechanická.

Často dochází k přeměně energie (mechanická energie na teplo a opačně).

Práce a teplo jsou tedy fyzikální veličiny, udávané v jednotkách joule (J).

- V energetických soustavách dochází k výrazným teplotním
- změnám, doprovázejícím mechanickou energii. Změna termodynamických potenciálů je vyjádřena změnou entalpie a vnitřní energie systémů.

ENTALPIE

Entalpie (H) vyjadřuje tepelnou energii uloženou v termodynamickém systému.

U termodynamických soustav platí, že tlak v soustavě je roven tlaku atmosferickému p_{atm} . Tyto děje se považují za izobarické ($p = konst.$ a $dp = 0$).

V základním přiblížení se uvažuje systém, který po dodání tepla koná objemovou vratnou práci:

$$dU = dQ - pdV$$

pro ($p = konst$) lze zavést

pojmem entalpie (H)

$$H = U + pV$$

ENTROPIE

U systémů s různými termodynamickými potenciály dochází ke sdílení tepla tj. nevratnému procesu, který je doprovázen nárůstem entropie.

Entropie (S) vyjadřuje kvantitativní míru samovolnosti a nevratnosti termodynamických dějů. Entropie udává míru „neuspořádanosti soustavy“.

V izolovaných soustavách jsou děje vratné pokud $\Delta S_{\text{celk}}=0$.

Samovolné nevratné děje v soustavě proběhnou pouze pokud jsou doprovázeny růstem celkové entropie $\Delta S_{\text{celk}}>0$.

TERMODYNAMICKÉ ZÁKONY

Zákony, kterými se řídí přeměny energie se významné odvětví fyziky - termodynamika.

Termodynamika definuje 4 základní principy na kterých je její fenomenologická (popisná) část postavena.

Zákony termodynamiky:

Nultý zákon (věta) termodynamiky se týká termické rovnováhy a říká:

Jsou-li tělesa A a B v tepelné rovnováze s tělesem C, jsou v rovnováze i mezi sebou.

$$T_A = T_C \quad \text{a} \quad T_B = T_C \quad \text{pak} \quad T_A = T_B$$

TERMODYNAMICKÉ ZÁKONY

1. zákon (věta) termodynamiky je zákonem o zachování energie a říká:

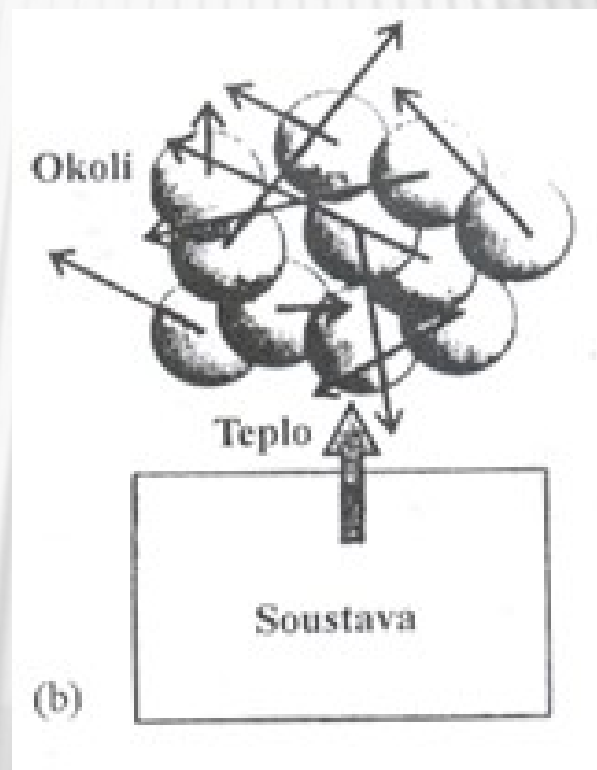
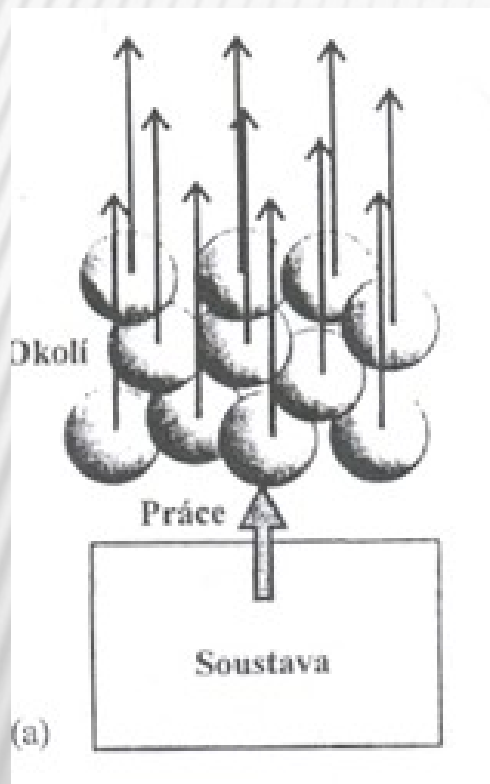
Energie v izolované soustavě nemůže samovolně vznikat ani zanikat. Druh energie se ale může měnit z jedné formy na druhou (např. mechanická energie se může měnit na teplo apod.)

S 1. ZT je svázána vnitřní energie, entalpie, tepelná kapacita.

2. zákon (věta) termodynamiky navazuje na 1.ZT a doplňuje vztah mezi teplem a prací a definuje pojem entropie. Říká, že teplo a práce nejsou zcela zaměnitelné druhy energie.

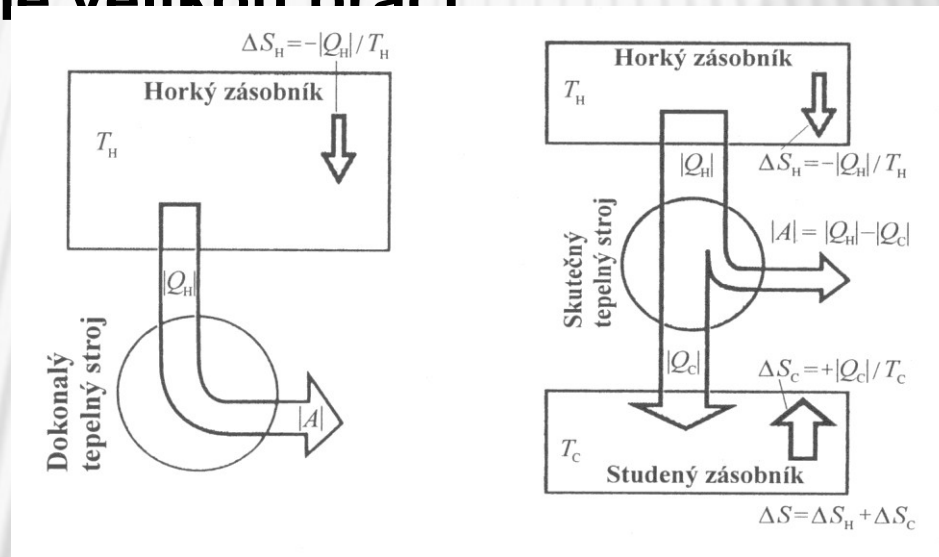
TERMODYNAMICKÉ ZÁKONY

Teplo – práce.



TERMODYNAMICKÉ ZÁKONY

2. ZT bývá též formulován tak, že není možné sestavit periodicky pracující stroj, který by jen přijímal teplo a vykonával stejně velikou práci



Účinnost tepelného stroje:

$$\eta = \frac{A}{|Q_H|} = \frac{|Q_H| - |Q_C|}{|Q_H|} = 1 - \frac{|Q_C|}{|Q_H|}$$

$$|A| = |Q_H| - |Q_C|$$

TERMODYNAMICKÉ ZÁKONY

3. zákon (věta) termodynamiky - popisuje chování látek v blízkosti absolutní nulové teploty. Při teplotě $T=0$ ustává pohyb elementárních částic, v ideálním krystalu jsou všechny částice usazeny v uzlových bodech, látka má nulovou entropii.

V technických zařízeních při energetických přeměnách existují ještě další omezení, která musíme respektovat. Jedním z nich je též zákon omezení hustoty toku energie. Každé technické zařízení má určitou mez, danou jeho rozměry a odolností materiálů vůči teplotě, otáčkám a elektrickému proudu, kterou nemůže překročit.

TEPLO A JEHO SDÍLENÍ

Základní principy sdílení tepla jsou:

- **kondukce (vedení tepla) – součinitel tepelné vodivosti,**
- **konvekce (proudění, přestup) – šíření tepla v kapal. a plynech,**
- **sálání nebo radiace (záření).**

K jednotlivým těmto procesům označujeme pojmy **tepelná izolace, ohřev, topení, vytápění**



SOUČINTEL TEPELNÉ VODIVOSTI U RŮZNÝCH MATERIÁLŮ

| Materiál | Hustota | Součinitel tepelné vodivosti |
|--|-----------------------------|------------------------------|
| | ρ [kg/m ³] | λ [W/m.K] |
| Beton | 2300 | 1,360 |
| Malta vápenná | 1600 | 0,870 |
| Omítka perlitová | 300 | 0,110 |
| | 400 | 0,120 |
| | 500 | 0,180 |
| Polystyren extrudovaný | 30 | 0,034 |
| Polystyren pěnový | 20 | 0,044 |
| | 30 | 0,039 |
| | 40 | 0,037 |
| | 50 | 0,037 |
| Minerální vata | 100 | 0,041 |
| | 125 | 0,045 |
| | 150 | 0,049 |
| Minerální plst' | 100 | 0,049 |
| | 200 | 0,056 |
| | 300 | 0,064 |
| Dřevo měkké, tepelný tok kolmo s vlákný | 400 | 0,180 |
| Dřevo měkké, tepelný tok rovnoběžně s vlákný | 400 | 0,410 |

| | | |
|---------------------------|-------|--------|
| Sádrokarton | 750 | 0,220 |
| Křemelina | 600 | 0,190 |
| Korková drť | 45 | 0,040 |
| Škvára | 750 | 0,270 |
| Tmely pro staveb. použití | 1500 | 0,220 |
| Sklo stavební | 2600 | 0,760 |
| Ocel uhlíková | 7850 | 50,000 |
| Čedič | 2880 | 2,900 |
| | 3200 | 4,200 |
| Pálená cihla | 1 900 | 0,800 |
| Hlína suchá | 1600 | 0,700 |

TEPELNÉ STROJE

Tepelné stroje:

- **Motory (parní stroje, spalovací motory, parní turbíny apod.)**
- **Chladicí stroje (tepelná čerpadla)**

Motory jsou zařízení, ve kterých dochází k přeměně tepla dodávaného ze zásobníku s vyšší teplotou na práci za vzniku tepla, které se odvádí do zásobníku s nižší teplotou (chladiče).

Chladicí stroje jsou taková zařízení, ve kterých se spotřebovává přivedená mechanická práce na přenos tepla ze zásobníku s nižší teplotou do zásobníku s vyšší teplotou.

TEPELNÉ STROJE

Pracovní cyklus tepelného stroje se nazývá tepelný oběh nebo cyklus (nejznámější je Carnotův cyklus). Je to série postupných změn pracovní látky, které začínají a končí ve stejném stavu.

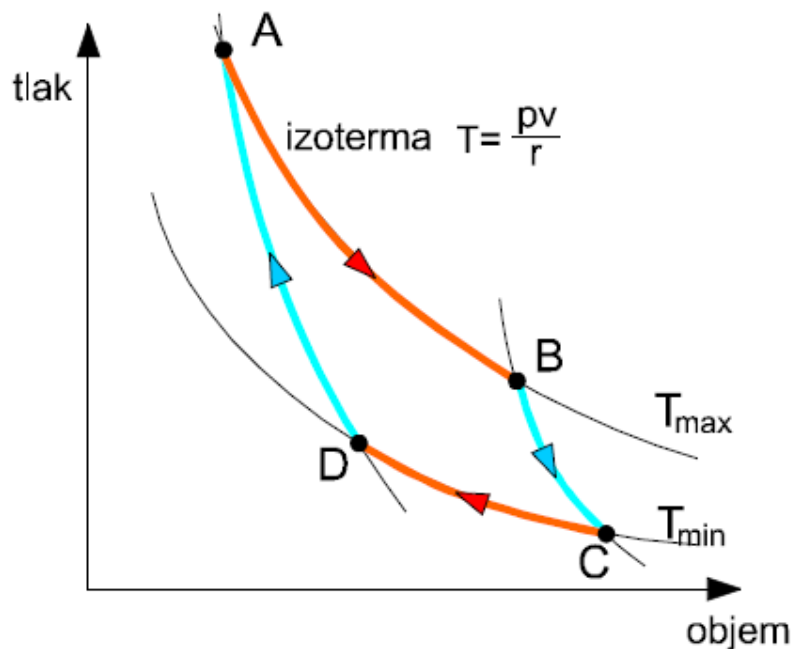
Carnotův cyklus je postupně vytvářen izotermickou expanzí, adiabatickou expanzí, izotermickou kompresí a adiabatickou kompresí.

Izoterma – křivka závislosti objemu na tlaku při stálé teplotě.

Adiabata - křivka závislosti objemu na tlaku (nedochází k výměně tepla s okolím)

CARNOTŮV OBĚH IDEÁLNÍHO MOTORU

Ideální tepelný stroj (motor):



Přímý cyklus (oběh ve směru hodinových ručiček)

AB – vratná izotermická expanze (přívod tepla)

BC – vratná adiabatická expanze (bez sdílení tepla s okolím)

CD – vratná izotermická komprese (odvod tepla)

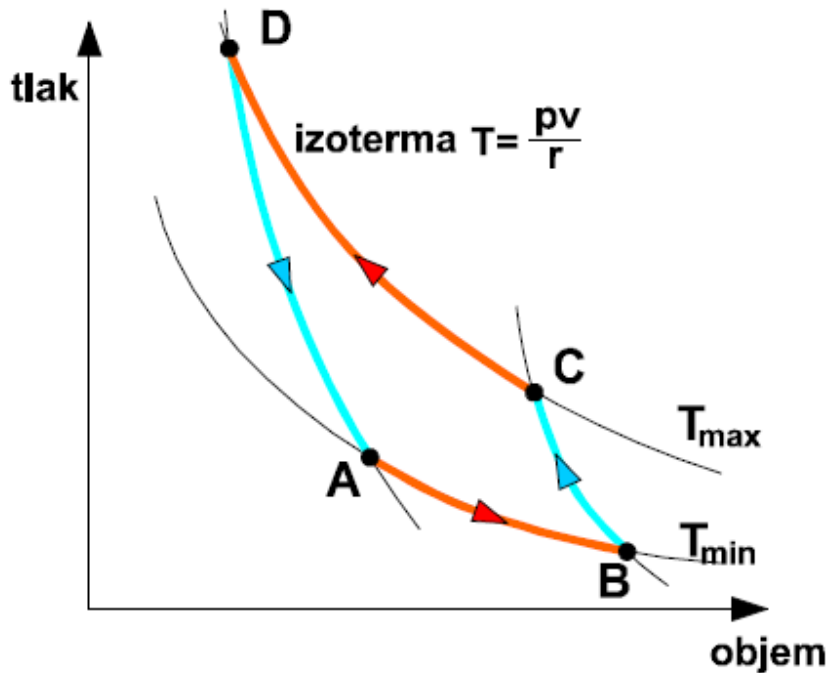
DA – vratná adiabatická komprese (bez sdílení tepla s okolím)

Plocha ABCD – periodicky získávaná užitečná práce cyklu

$$\text{Účinnost cyklu} = \frac{\text{práce cyklu (ABCD)}}{\text{přivedené teplo (AB)}} < 1$$

CARNOTŮV OBĚH IDEÁLNÍHO CHLAD. STROJE

Ideální tepelný stroj (chladicí stroj):



Obrácený cyklus (oběh proti směru hodinových ručiček)

AB – vratná izotermická expanze (přívod tepla z chlazeného prostředí)

BC – vratná adiabatická komprese

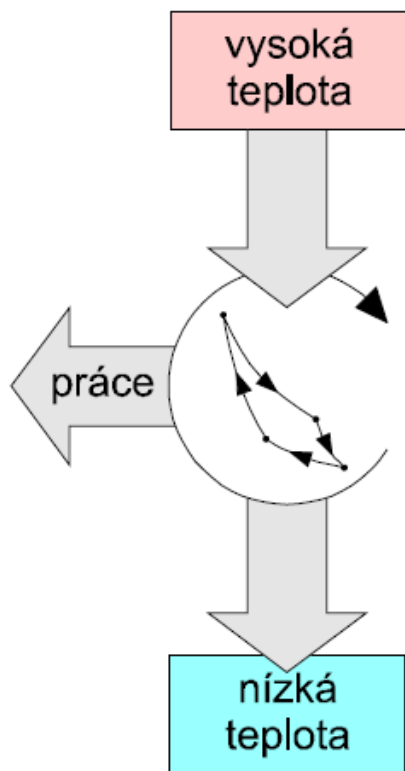
CD – vratná izotermická komprese (odvod tepla do okolí)

DA – vratná adiabatická expanze

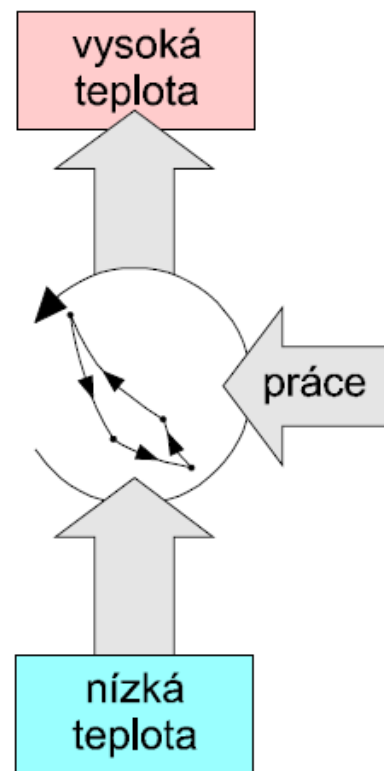
Plocha ABCD – dodávaná práce do cyklu

TEPELNÉ STROJE

Schéματα toků tepla a práce v pracovních cyklech:



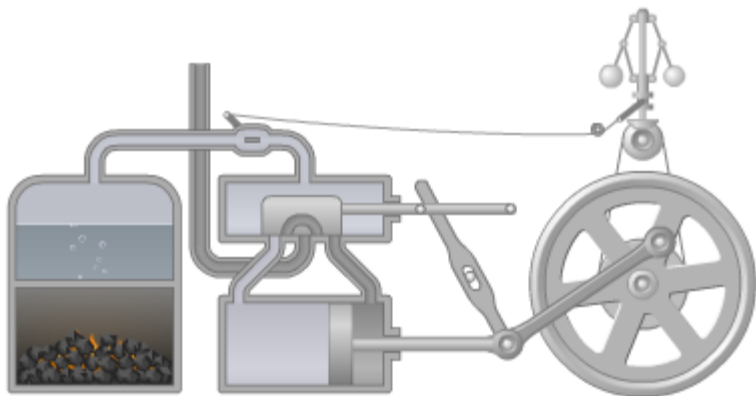
Tepelný stroj
"systém koná práci"



Chladicí stroj (tepelné čerpadlo)
"systém spotřebovává práci"

PARNÍ STROJE

Počátky vývoje parního stroje spadají do konce 17 stol., kdy Thomas Savery a Thomas Newcomen poprvé představili stroj poháněný párou. Významné zdokonalení přišlo v 18 stol. s J.Wattem – dvojčinný parní stroj s regulátorem otáček.



Nízká účinnost 5-15%.

Parní automobil,

Parník.

PÍSTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

Pístové spalovací motory tvoří podstatnou část všech tepelných motorů, tedy strojů, ve kterých se mění tepelná energie na mechanickou práci. Jsou to stroje, pracující v otevřeném cyklu a tepelná energie, určená k přeměně na energii mechanickou, se získává chemickou cestou, spalováním hořlavé směsi paliva se vzduchem uvnitř motoru.

Počátky pístových tepelných motorů spadají do přelomu 17. a 18. století. Skutečný provozuschopný pístový spalovací motor (svítiplyn - zapálení směsi ve válci plamenem v polovině sacího zdvihu) postavil v r. 1860 Lenoir.

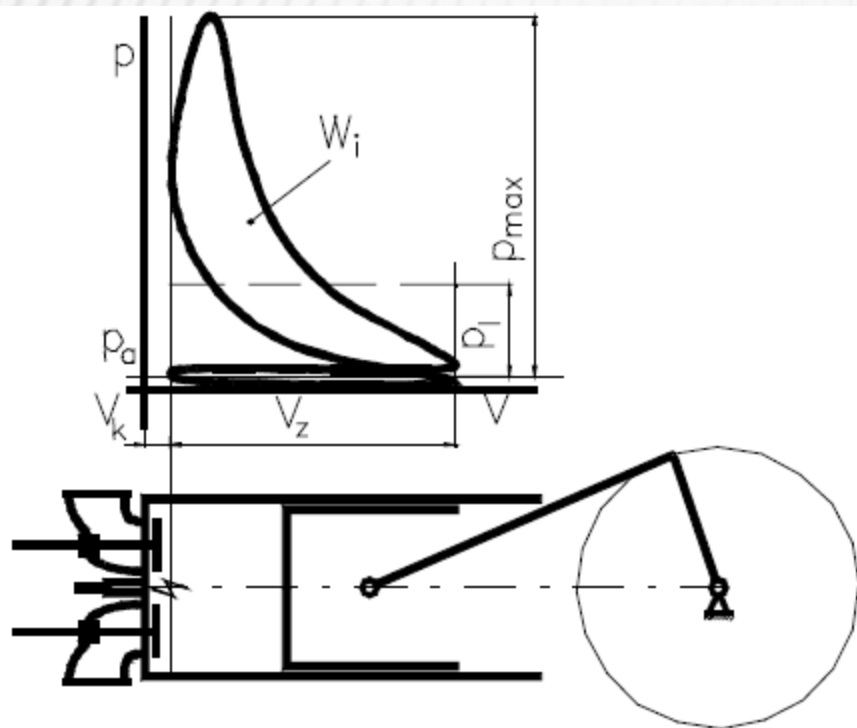
PÍSTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

Podle provozních parametrů se PSM dělí na:

- zážehové - vznětové, dvoudobé - čtyřdobé,
- jednoválcové, víceválcové; řadové, vidlicové, hvězdicové, s válci do H, X, W apod., stojaté, ležaté, šikmé, invertní; vzduchem-kapalinou chlazené;
- obsahu náplně válce (s přirozeným nasáváním, tj. nepřepřňované - přepřňované);
- benzinové, naftové, plynové, (příp. na alternativní paliva, kupř. alkoholy (lích), metylester řepkového oleje, směsná paliva a pod.), různopalivové (např. benzín + plyn),
- vozidlové, traktorové, lodní, letecké, železniční, průmyslové apod.

PÍSTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

Čtyřdobý spalovací pístový motor:



V_z ... zdvihový objem
 V_k ... kompresní objem
 $\varepsilon = \frac{V_z + V_k}{V_k}$... kompresní poměr

W_i ... indikovaná práce oběhu

$p_i = \frac{W_i}{V_z}$... stř. indik.tlak oběhu

η_m ... mechanická účinnost motoru

$p_e = p_i \cdot \eta_m$... střední efektivní tlak oběhu

Účinnost spalovacího motoru okolo 25% (35% s turbokompresorem)

PÍSTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

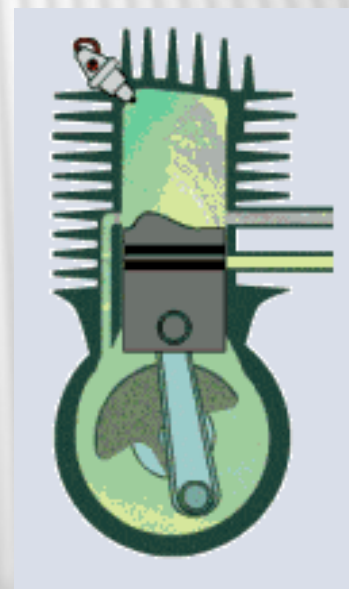
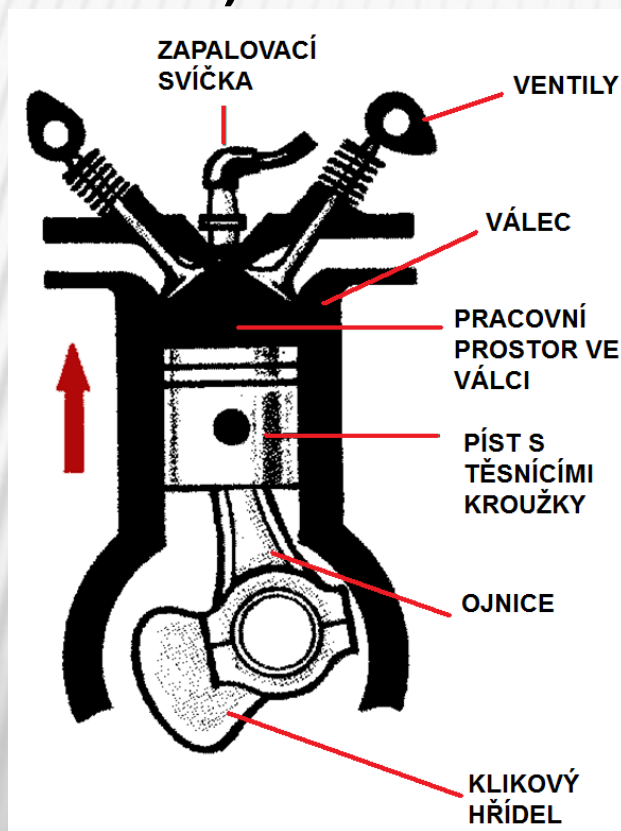
4-dobý pracovní cyklus PSM:

- 1) Sání – Píst se pohybuje dolů a sacím ventilem se do válce nasává palivová směs.**
- 2) Komprese (stlačování) – Píst se pohybuje nahoru dochází k stlačování směsi (ventily jsou uzavřené). V optimálním okamžiku (píst blíží k horní poloze) dojde k zapálení směsi.**
- 3) Expanze – hoření směsi (ventily jsou uzavřené). Plyn se rozpíná a tlačí píst dolů**
- 4) Výfuk – Píst jde nahoru, výfukový ventil se otevře, sací zůstává uzavřen. Spálené plyny jsou pohybem pístu vytlačeny výfukovým ventilem z válce.**

2-dobý pracovní cyklus PSM: 1) Sání + komprese, 2)

PÍSTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

Zážehový 4-dobý (pracovní cyklus 1x za 2 otáčky) a 2-dobý PSM (pracovní cyklus proběhne za jednu otáčku klikové hřídele)



PÍSTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

Základní konstrukci PSM tvoří:

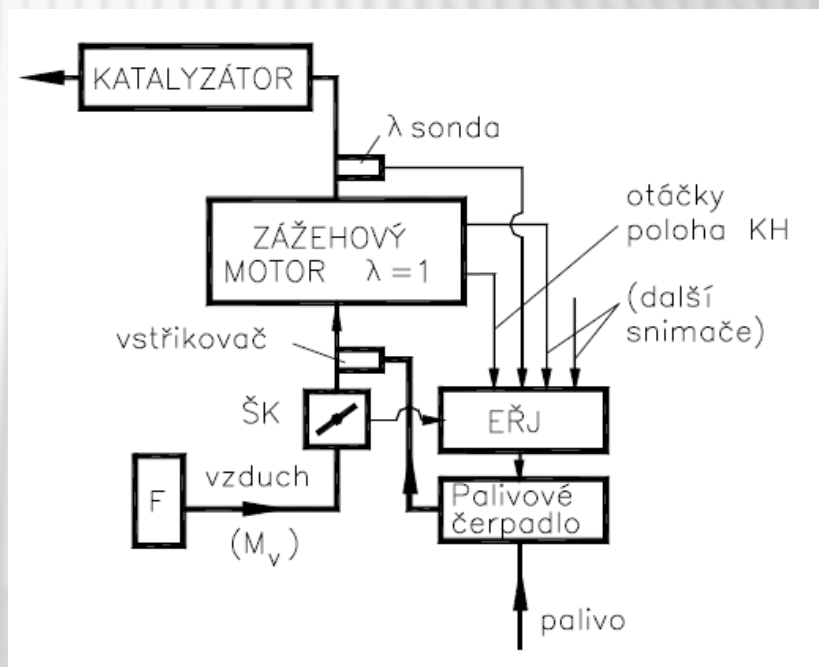
Díly válce

- válec
- hlava válce s ventily
- píst s těsnicími kroužky

Díly klikového mechanismu

- píst s čepem
- ojnice
- klikový hřídel

Zážehový motor:



PARNÍ TURBÍNY

Parní turbína pracuje na principu přeměny tepelné energie páry na mechanickou energii (rotační pohyb).

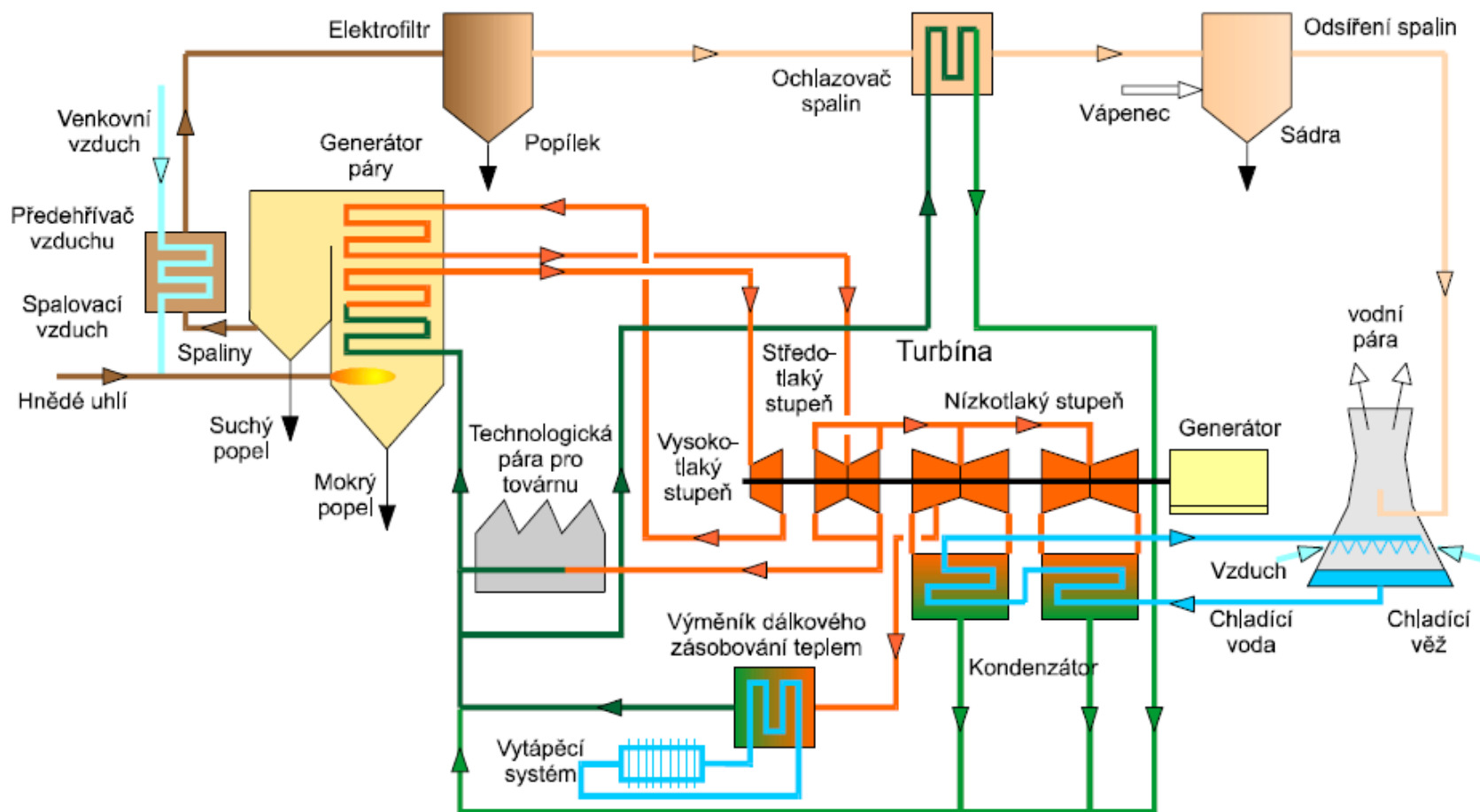
Parní moderní turbínu objevena v 1884 (Charles Parsons).



Parní turbína je využívána v energetice pro pohon alternátorů (v elektrárnách – tepelná, jaderná).

PARNÍ TURBÍNY

Schéma uhelné elektrárny s parní turbinou (Schwarze



ZÁVĚR

Literatura:

[1] Ptáček a kol. *Nauka o materiálu I a II*. CERM, 2003, 520+396 s.

http://www.kvm.tul.cz/studenti/texty/uvod_do_strojirenstvi/ka_p6.pdf

<http://www.parnistroj.czweb.org/schema.html>

<http://www.jawa-50.cz/clanek/teorie-princip-dvoudobeho-dvoutaktniho-spalovaciho-motoru.html>

<http://www.doosan.com/skodapower/cz/services/powergeneration/equipment/turbines/products/index.page>

<http://www.ekolbrno.cz/parni-turbiny.html>