

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

ENERGIE, PRÁCE A TEPLA

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.

Většinu termodynamických soustav považujeme za izobarické, kde platí že $p=\text{konst.}$ a $dp=0$.

Základní model uvažuje se systémem, který po dodání tepla koná objemovou vratnou práci:

$$dU = dQ - pdV$$

pro ($p=\text{konst}$) 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:

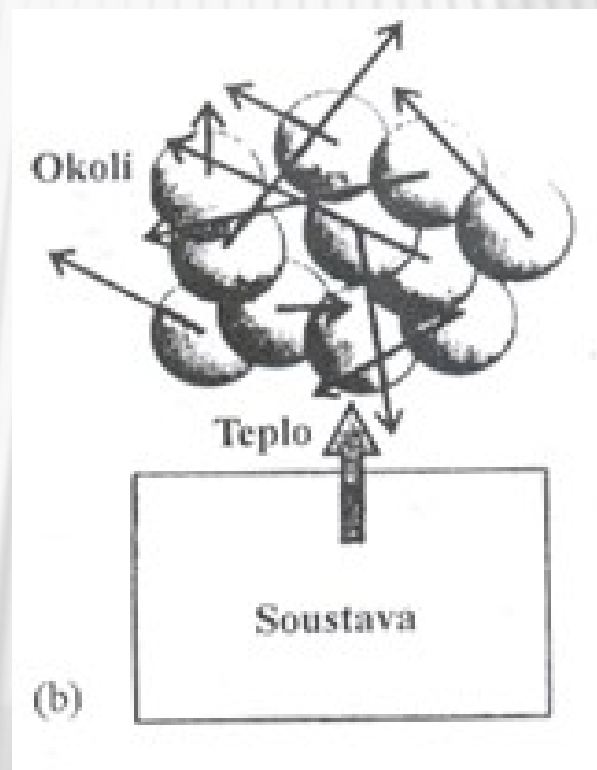
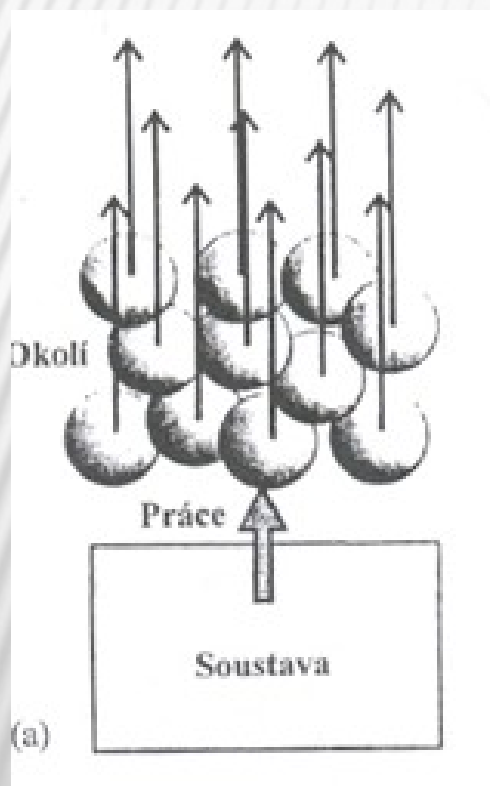
Energie v izolované soustavě nemůže samovolně vznikat ani zanikat. Druh energie se ale může měnit z jedné formy na druhou (mechanická energie se může měnit na teplo a opačně).

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.

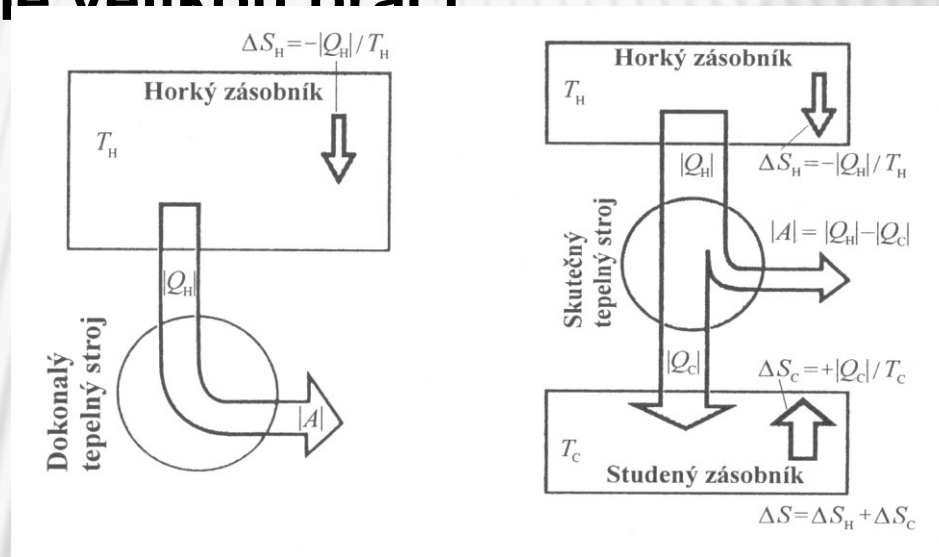
TERMODYNAMICKÉ ZÁKONY

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 velkou 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 $T=0$ K 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).**

Kondukce je způsobem, kterým se teplo šíří v pevných tělech. Tento procesů označujeme pojmem **kondukce**.



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 dt'	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.

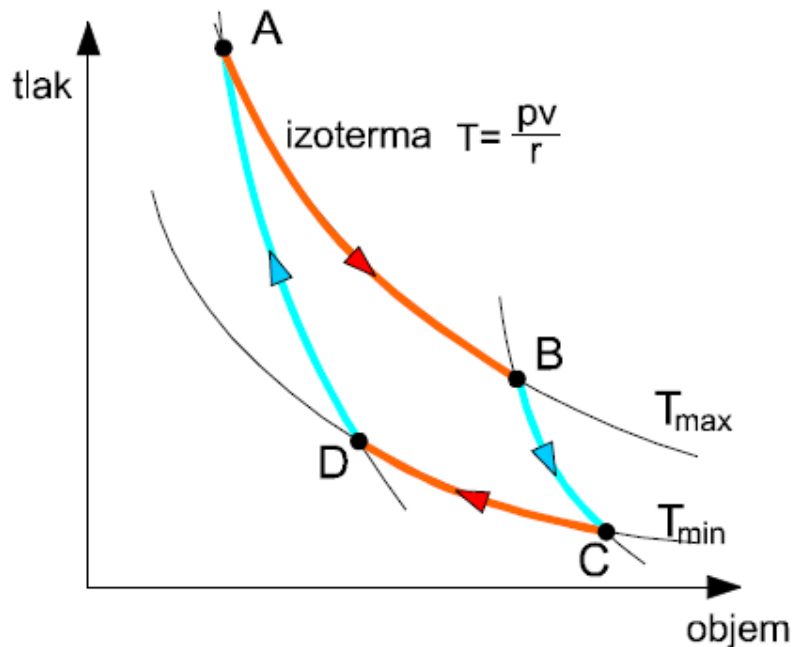
Carnotův cyklus je postupně vytvářen izotermickou expanzí, adiabatickou expanzí, izotermickou kompresí a adiabatickou kompresí.

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)

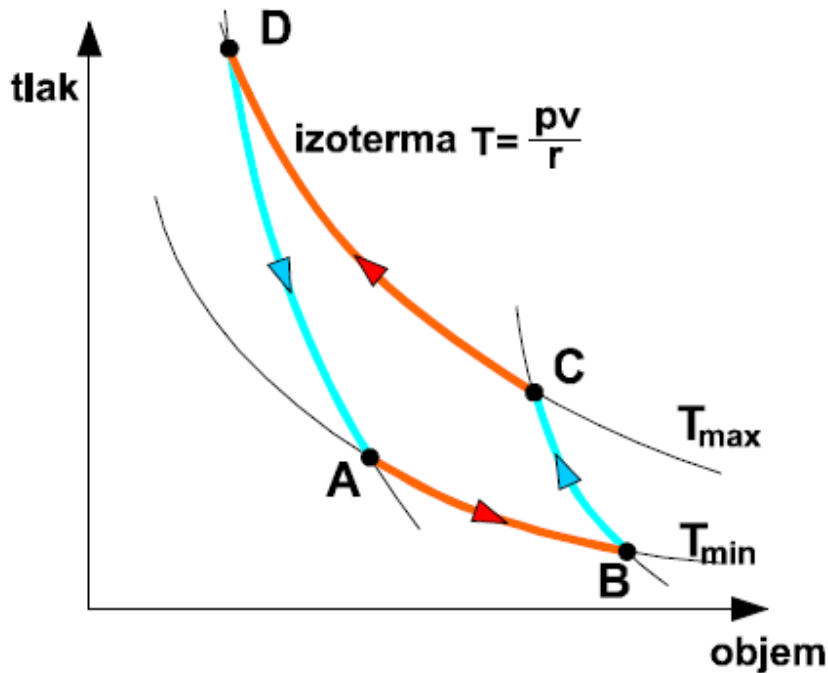
DA – vratná adiabatická komprese (bez sdílení tepla s okolím)

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

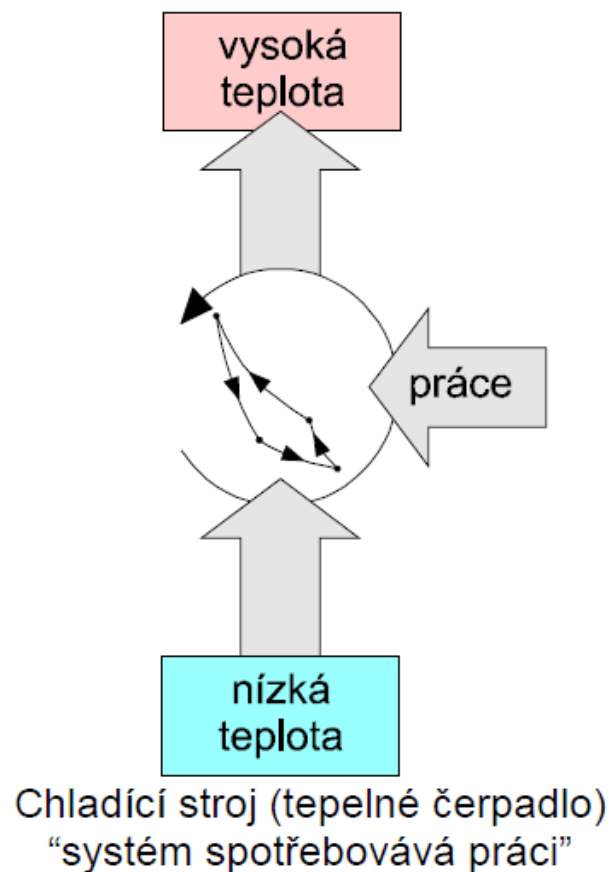
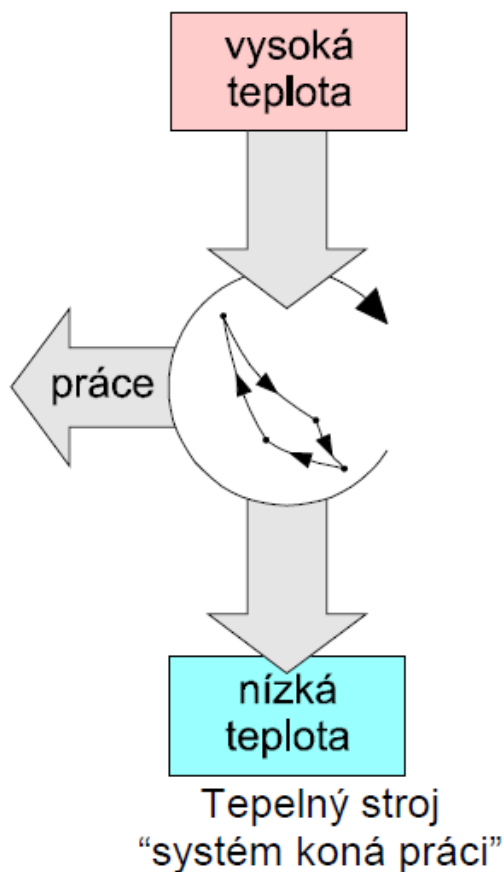
CD – vratná izotermická komprese (odvod tepla do okolí)

DA – vratná adiabatická expanze

Plocha ABCD – dodávaná práce do cyklu

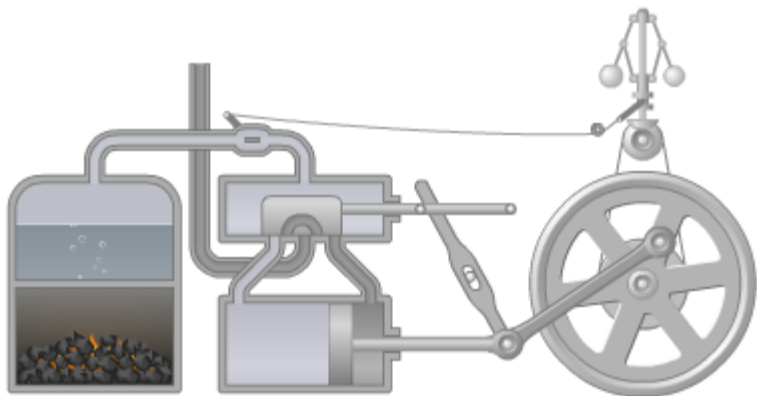
TEPELNÉ STROJE

Schéματα toků tepla a práce v pracovních cyklech:



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.

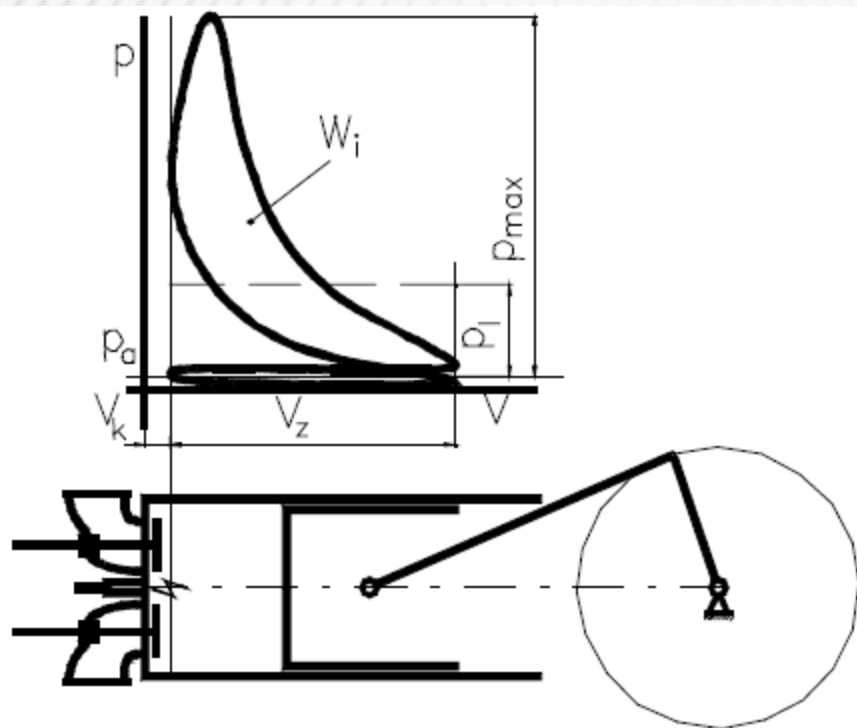
PÍSTOVÉ SPALOVACÍ MOTORY

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

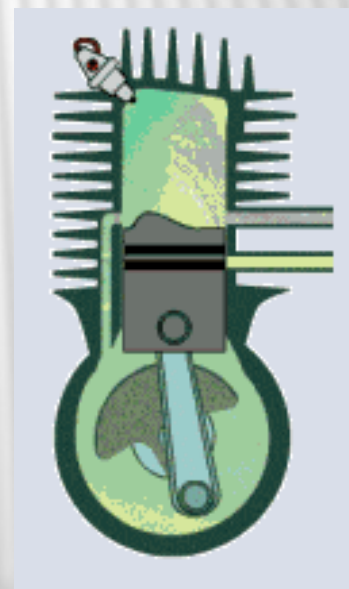
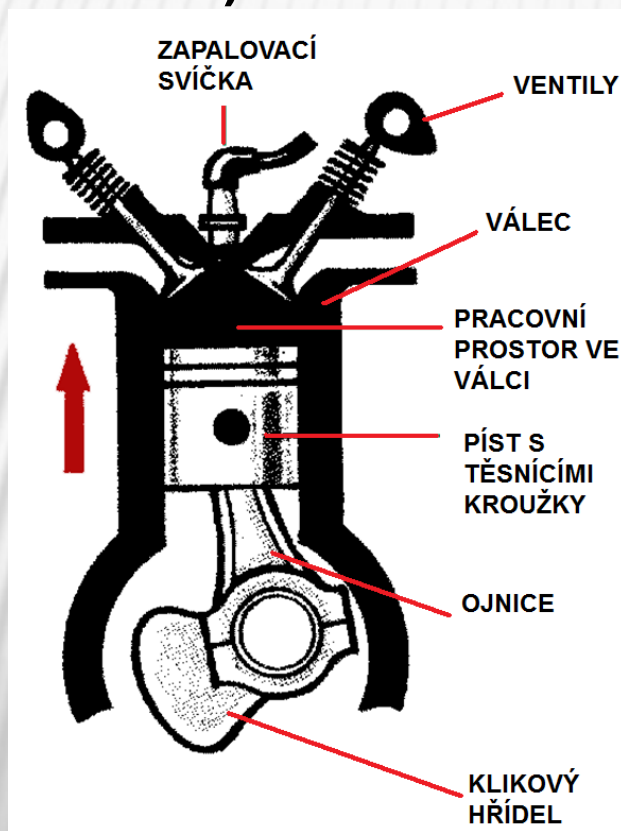
4-dobý pracovní cyklus PSM:

- 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:

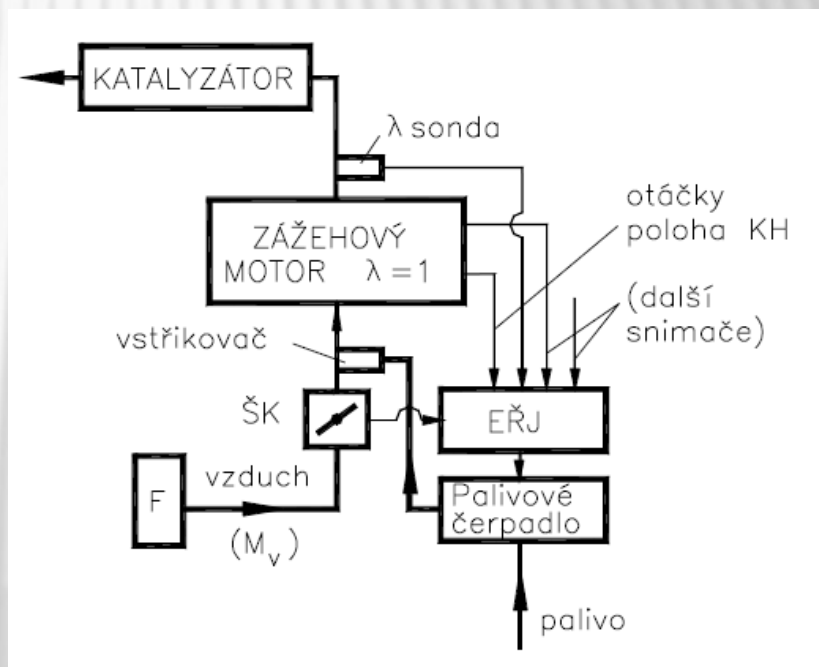
Díly válce

- 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).

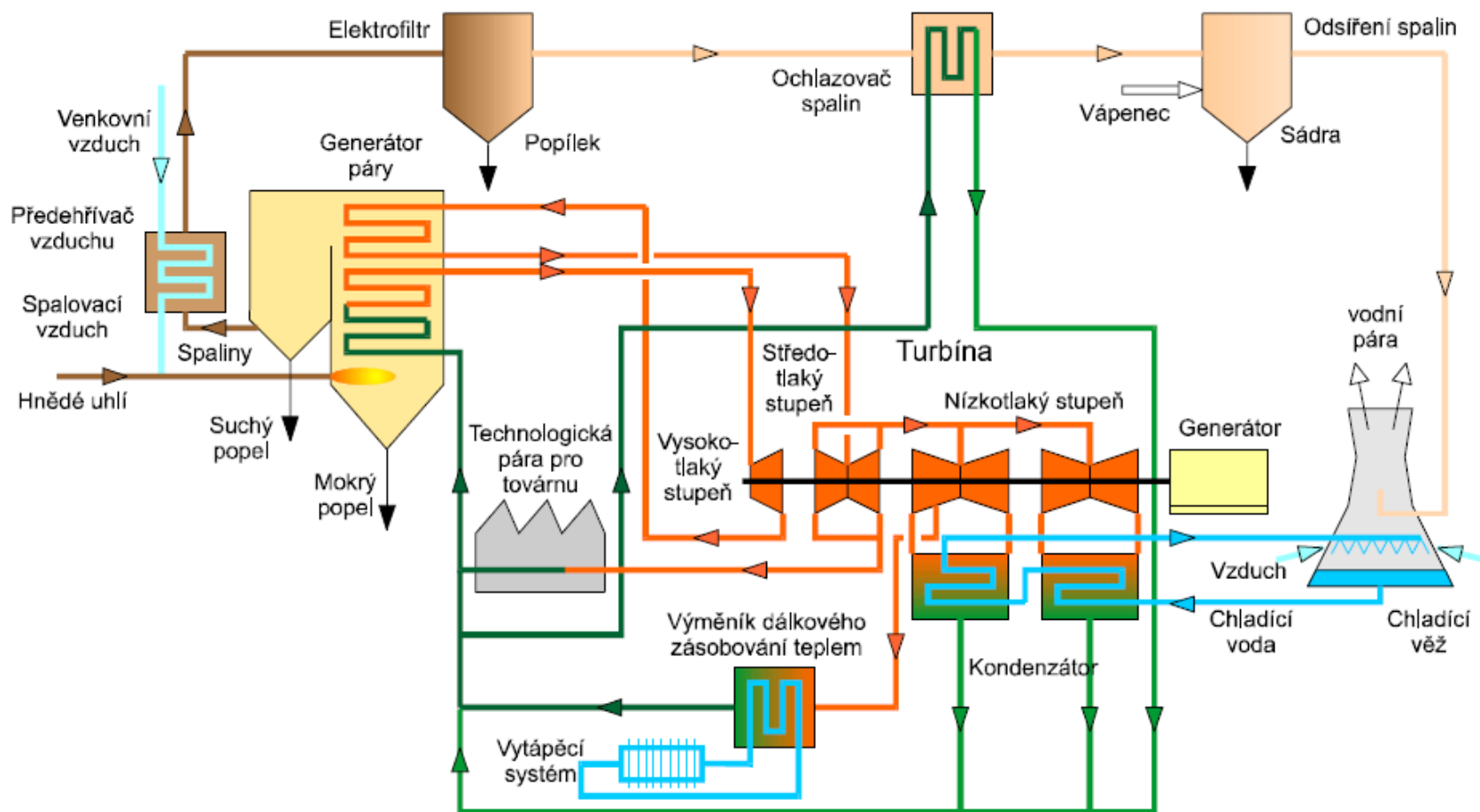
Parní moderní turbínu objevena v 1884 (Charles Parsons).



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>