

Parní elektrárny

Slouží k výrobě elektrické energie; pára se získává spalováním paliva v parních kotlech.

Parní kotle

Základní parametry parního kotle:

- jmenovitý tlak páry , běžně 10 i více MPa
- jmenovitá teplota přehřáté páry, 500 až 600° C
- nejvyšší tlak páry je tlak, na nějž je nastaven pojistný ventil až 35 MPa
- nejvyšší teplota přehřáté páry až přes 600° C

Výkon parního kotle se udává v MW (

Velikost parního kotle se také udává množstvím páry vyrobené za hodinu (tzv. parní výkonost). Bývá i přes 4000 t.h⁻¹.

Podle tlaku páry jsou parní kotle:

- nízkotlaké, s jmenovitým tlakem do 0,15 MPa
- vysokotlaké, s jmenovitým tlakem vyšším než 0,15 MPa

Paliva pro parní kotle

Uhlí, ropa, topné oleje ,zemní plyn. Paliva obsahují nepříjemné příměsi zejména:

- popeloviny o obsahu 4 až 25 %, což jsou minerální složky, převážně křemičitany. Po spálení vytvářejí škváru a popílek.
- vodu o obsahu 1 až 50 %

Napájecí voda a její úprava

Vhodnost vody k použití určuje její tvrdost t.j. množství rozpuštěných minerálních látek. U moderních kotlů se používá vody, která je zbavená těchto nežádoucích látek. Neupravená voda vytváří tzv. kotelní kámen. Ke změkčování se používá změkčovadel. Běžně se používá vápna a sody, louhu a sody.

Ohříváky vody, vzduchu a páry

Ohřívák vody - slouží k ohřevu napájecí vody a to z důvodu, aby se příliš rychle neochlazovala voda ve výparníku kotle. Napájecí voda se ohřívá až na 70% jmenovitého tlaku parního kotle. Ohříváky vody jsou tvořeny ocelovými trubkami svinutých do hadů.

Ohřívák vzduchu - je uzpůsoben obdobně jako ohřívák vody. Vzduch, který je vháněn do ohniště je nutno předehřát, aby zbytečně neochlazoval hořící palivo. K tomu se používá tepla obsaženého v kouřových plynech před odchodem do sopouchu.

Přehřívák páry - slouží k přehřátí páry vznikající ve výparníku parního kotle. Přehřátím páry na 500 i 600° C se zvýší účinnost kotelního zařízení.

Provedení spalovacích zařízení

Nejdůležitější částí je ohniště, které může být:

a) *Roštové* - je umístěno na spodní části 1.tahu, kde bývá pohyblivý rošt, vytvořený jako pásový nebo řetězový dopravník. Nevýhodou pohyblivých roštů je stále stejná poloha kusového paliva na roštu. Tento nedostatek odstraňují různé samočinné prohrabávací rošty, kde se palivo stále převrací, a tak lépe prohoří.

b) *Práškové ohniště* - zabezpečuje větší výkon parního kotle. Uhelný prach je pomocí stlačeného vzduchu a speciálních hořáků vháněn do ohniště.

Výhodou je rychlejší hoření, větší výkon parního kotle, větší přehřátí páry, rychlejší spouštění kotle do plného provozu a spalování i podřadného paliva.

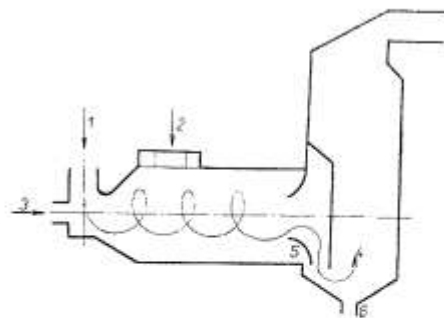
Nevýhodou je nákladná příprava prášku (mletí a sušení), velké množství popílku, který zanáší výhřevné plochy a znečišťuje okolí, instalace nákladných odlučovačů popílku a nebezpečí výbuchu prášku při jeho skladování.

Nejčastěji používanými hořáky jsou hořáky

směšovací a proudové.

Ve *směšovacím hořáku* se mísí prášek se vzduchem, v *proudovém hořáku* primární vzduch unáší prášek hlavní tryskou hořáku a sekundární vzduch je veden dalšími otvory.

c) *Cyklónové ohniště*



Seběma
cyklónového ohniště
(bývá \varnothing 3 000 mm,
délka 4 000 mm),
1 — vstup paliva
a primárního vzduchu
(tangenciálně); 2 — vstup
sekundárního vzduchu;
3 — vstup terciárního
vzduchu; 4 — směr
proudění spalin;
5 — otvor pro odtok
strusky; 6 — výpust
tekuté strusky, stěny mají
velký sklon

Aby se dosáhlo ještě rychlejšího spalování i méněhodnotných paliv a vyšších teplot spalování, lze před 1.tah parního kotle umístit cyklónové ohniště převážně vodorovného směru. Dochází v něm k intenzivnímu víření paliva a vzduchu, k rychlému hoření, které je ukončeno ve velkoprotorovém ohništi.

d) Fluidní ohniště

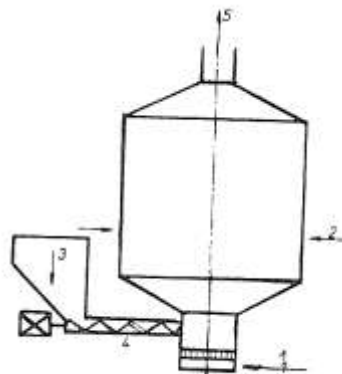


Schéma fluidního ohniště
1 – vstup primárního vzduchu;
2 – vstup sekundárního vzduchu,
3 – zásobník paliva; 4 – šnekový
dopravník; 5 – směr proudění spalin

Palivo drcené na menší kousky se spaluje nadnášeno proudícím vzduchem ve vzosu a spaliny postupují dále vzhůru menší rychlostí ve větším průřezu ohniště. Spalovací vzduch vstupuje spodní částí ohniště.

e) Ohniště na kapalná paliva

Tato ohniště jsou podobná ohništím na práškové uhlí. Jejich výhodou je:

- snadná doprava a skladování paliva
- vysoká výhřevnost
- odpadají odlučovače popílku a odvoz škváry
- snadná regulace výkonu kotle

Pomocí hořáků se rozpráší palivo na drobné kapičky, čehož se dosahuje stlačeným vzduchem nebo párou.

f) Ohniště na plynná paliva

Jsou nejdokonalejší z uvedených ohnišť, dochází u nich ke snadnému promíchání paliva se vzduchem.

Přehled vývoje parních kotlů

Název	Schéma	Popis
<p>Válcový kotel</p> <p>$p = 0,2$ až $1,6$ MPa</p> <p>$t = 210$ °C</p> <p>$Q_m = 2$ t · h⁻¹</p>		<p>1 — přívod napájecí vody; 2 — výstup páry; 3 — sběrač páry (parní dóm); 4 — rošt na pevné palivo; 5 — výpusť vody; 6 — válcový kotel; 7 — vodní prostor; 8 — parní prostor; 9 — pojistný ventil; 10 — manometr; 11 — vodoznak; 12 — popelník; minimální rozdíh mezi vodorysem a žárorysem (nejnižší hladina vody a nejvyšší místo spalín) je 100 mm</p>

Charakteristika: Jednoduchý kotel, omezený výkon, malý tlak a nízká teplota páry, malá účinnost, dlouhá najžděcí doba

<p>Plamencový kotel</p> <p>$p = 0,2$ až $1,6$ MPa</p> <p>$t = 210$ °C</p> <p>$Q_m = 3,5$ t · h⁻¹</p>		<p>1 — ve válcovém kotli jeden až dva plamenec, kde se topí; 2 — sběrač páry (parní dóm); 3 — přehřívák páry; 4 — ohřívák vody; 5 — výstup páry; 6 — rošt; 7 — náypka na palivo; 8 — výpusť vody; 9 — pojistný ventil; 10 — manometr; 11 — vodoznak</p>
---	--	---

Název	Schéma	Popis
<p>Žárotrubný kotel</p> <p>$p = 0,2$ až $1,6$ MPa</p> <p>$t = 350$ °C</p> <p>$Q_m = 12$ t · h⁻¹</p>		<p>1 — vstup do žárových trubek, jimiž procházejí spaliny; 2 — odvod páry; 3 — přívod vody; 4 — ohniště; 5 — sběrač páry; 6 — pojistný ventil; 7 — manometr; 8 — vodoznak; 9 — výpusť vody</p>

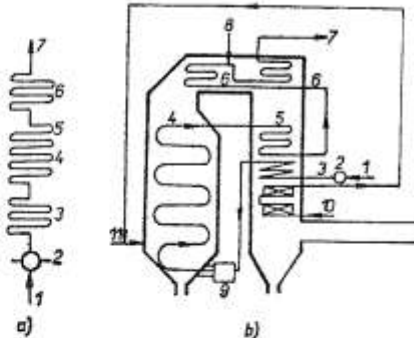
Charakteristika: Žárové trubky tvoří vlastně mnoho malých plamenec, proto je zvětšená výhřevná plocha. Tento typ se kombinoval a plamencovým kotlem (Tischbeinův kotel)

<p>Vodotrubný člankový kotel</p> <p>$p = 1,2$ až 15 MPa</p> <p>$t = 450$ °C</p> <p>$Q_m = 240$ t · h⁻¹</p>		<p>1 — směr spalín kolem člankového výparníku; 2 — dvě komory, do nichž ústí 6 až 8 trubek (šikmých a rovných, takže se dobře čistí); 3 — odvod páry z výparníku; 4 — buběn (dlouhá válcová nádoba); 5 — sběrač páry; 6 — přehřívák páry; 7 — odvod přehřáté páry; 8 — přívod napájecí vody; 9 — ohřívák vody; 10 — ohřívák vzduchu</p>
---	--	---

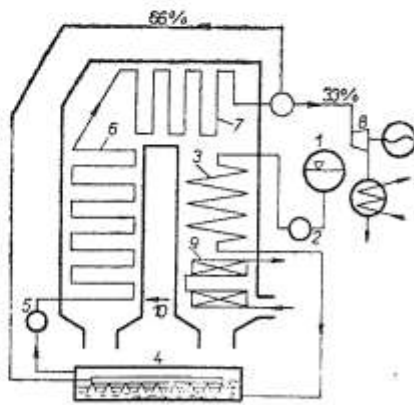
Charakteristika: Voda prochází v trubkách, spaliny jdou kolem trubek (tedy obráceně než u žárotrubného kotle); snadné spuštění kotle pro poměrně malý objem vody; člankové vodotrubné kotle začaly používat vyšších tlaků páry, což bylo velkým přínosem ve vývoji parních kotlů

Název	Schéma	Popis
<p>Strmotrubný kotel</p> <p>$p = 1,8$ až 15 MPa</p> <p>$t = 540$ °C</p> <p>$Q_m = 1 600$ t · h⁻¹</p>		<p>1 — dva i více bubnů (dlouhé válcové nádoby); 2 — výparník tvořený svislými (strannými) trubkami často zahnutými, takže je není možno čistit, a proto se musí používat jen upravené napájecí vody; 3 — sběrač páry; 4 — přehřívák páry; 5 — odvod přehřáté páry; 6 — přívod upravené napájecí vody</p>

Charakteristika: Svislými nebo zčásti svislými trubkami byl zrychlen oběh vody, bublinky páry rychle vystupují do bubny a sběrače páry. Při vysokých tlacích páry klesá rozdíh mezi hustotou vody a páry, takže oběh v trubkách se zpomaluje. Proto bývá vřazeno oběhové čerpadlo zejména u tlaků větších než 15 MPa. Je to potom parní kotel s nuceným oběhem

Název	Schéma	Popis
Průtočný kotel $p = \text{až } 35 \text{ MPa}$ $t = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ $Q_m = 2\,000 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$		1 — přívod napájecí vody; 2 — čerpadlo; 3 — ohřívák vody; 4 — výparník; 5 — dokončení přeměny vody v páru; 6 — přehřívák páry; 7 — odvod přehřáté páry; 8 — regulace teploty přehřáté páry vstříkovaním napájecí vody; 9 — zásobník vody; 10 — ohřívák vzduchu; 11 — hořáky

Charakteristika: Přesné rozdíly mezi jednotlivými částmi kotle vlastně nejsou; každá trubka tvoří samostatně ohřívák vody, výparník i přehřívák páry (obr. a)); kotle bez drahých bubnů mají menší hmotnost, možnost přechodu na nadkritické tlaky páry, vyšší spolehlivost celého parního kotle (propálení jedné trubky není tak velkou závadou), velmi rychlé spouštění kotle a regulace páry. První patenty byly přiznány Bensonovi (USA),

Název	Schéma	Popis
Bezpečnostní kotel $p = \text{až } 20 \text{ MPa}$ $t = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ $Q_m = 1\,000 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$		1 — zásobník napájecí vody; 2 — čerpadlo; 3 — ohřívák vody; 4 — odpařovací buben (tlustostěnná nádoba kovaná, umístěná mimo kotel); 5 — parní čerpadlo; 6 — první stupeň přehříváku páry; 7 — druhý stupeň přehříváku páry; 8 — vývod páry; 9 — ohřívák vzduchu; 10 — hořáky

Charakteristika: Je to v podstatě kotel jen na přehřívání páry. Spouští se cizím zdrojem páry. Přeměna vody v páru se uskutečňuje v tzv. odpařovacím bubnu, který je tlustostěnný, kovaný a je umístěn mimo kotel, což je z hlediska bezpečnosti velmi výhodné. Staví se pro tlaky nad 10 MPa (např. Löfflerův kotel)

Zákonitá armatura parního kotle

Bezpečný a hospodárný provoz kotle vyžaduje, aby kotel byl vybaven zákonitou armaturou.

- a) *Manometrem* - pro měření tlaku v kotli (používá se membránových, trubkových nebo pístových. Nejvyšší přípustný tlak v kotli je na číselníku vyznačen červenou ryskou.
- b) *Dva vodoznaky* - které jsou na sobě nezávislé, popřípadě jeden vodoznak a dva zkušební kohouty. Horním kohoutem nesmí při otevření unikát voda a spodním pára.
- c) *Dvě napájecí čerpadla* - která jsou na sobě nezávislá. Jsou poháněna elektromotorem nebo parní turbínou. Zvláštní druh napáječek jsou injektory (u parních lokomotiv) ve kterých se tlak vody získává z energie páry.
- d) *Dva pojišťovací ventily* - které zamezují překročení nejvyššího dovoleného tlaku v kotli. Jsou buď pružinové nebo se závažím.
- e) *Kotelní štítek* - na něm je uveden výrobce, rok výroby, datum kontroly a punc kotelního komisaře

Parní motory

PARNÍ MOTORY jsou stroje, které mění tepelnou energii v mechanickou práci.

- Dělí se - parní stroje
- parní turbíny

Parní stroje

Parní stroj je parní motor s posuvným a vratným pohybem pístu. Rozvodným ústrojím, tj. šoupátkem nebo ventilem se přivádí čerstvá (ostrá) pára do pracovního prostoru válce mezi píst a víko. Přímocharý pohyb pístu se pomocí pístnice přenáší na křížák, ojnici, kliku a setrvačnick.

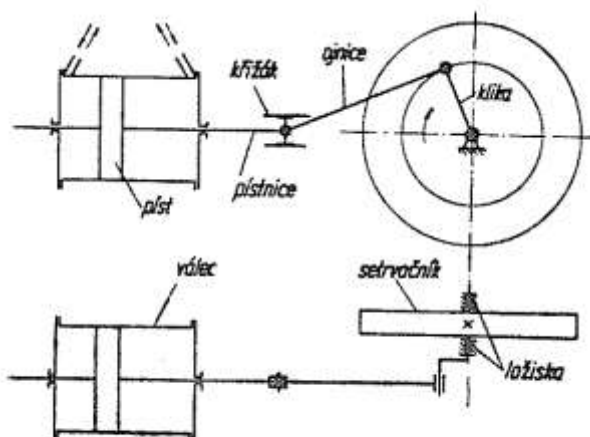


Schéma parního stroje.

Pracovní stroj pracuje oběma stranami pístu, proto se nazývá dvojitý. Jeho nevýhodou je nízký počet otáček.

Pracovní diagram p-V parního stroje s klikovou kružnicí.

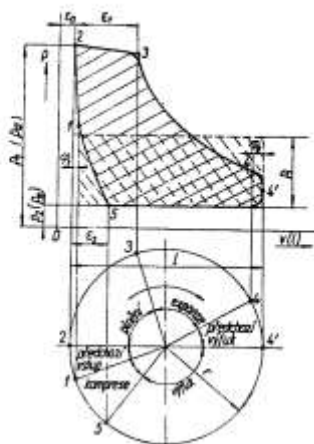


Diagram znázorňuje průběh tlaků páry na jedné straně pístu. Bod 1 značí předchozí vstup čerstvé páry do válce ještě před ukončením zdvihu pístu. Je to z toho důvodu, aby tato pára vytvořila parní polštář pro zmírnění rázu v klikovém ústrojí. Při zpětném pohybu pístu (bod 2) jsou otevřeny vpouštěcí kanály a nastává plnění.

Vstupní tlak P_1 se nazývá tlakem admisním P_a .

Výstupní tlak P_2 - tlak emisní P_e

V bodě 3 se uzavřou vstupní kanály, šoupátkem nebo ventilem, pára přestane proudit do válce a začne se rozpínat (expandovat). V bodě 4 se předčasně otevřou výfukové kanály a pára ještě před ukončením pracovního zdvihu začne odcházet do výfuku.

V bodě 5 se ukončí výfuk a začíná komprese zbylé páry podle polytropy až do bodu 1. Prostor mezi pístem a víkem válce se nazývá škodlivý prostor.

Parní turbíny

Parní turbíny jsou rotační lopatkové stroje, v nichž se tepelná energie páry mění v mechanickou energii.

Použití - k pohonu elektrických generátorů, k pohonu čerpadel, turbokompresorů, turbodmýchadel apod.

Rozdělení a základní druhy parních turbín:

a) Podle tlakové energie v oběžném kole

- rovnotlaké - tlak páry je před oběžným kolem a za ním stejný
- přetlakové - tlak páry je před oběžným kolem větší než za ním
- kombinované - v jednom stroji je rovnotlaké i přetlakové olopatkování

b) Podle tlaku vstupní páry

- Vysokotlakové
- středotlakové
- nízkotlakové

c) Podle počtu pracovních stupňů

- jednoetapňové
- víceetapňové

d) Podle směru proudění páry

- radiální
- axiální

PODSTATA A PRÁCE PARNÍCH TURBÍN

Z parního kotle se vede pára do rozváděcího ústrojí parní turbíny v něm expanduje a tepelná energie páry se mění v energii pohybovou. Pára nabývá rychlosti, se kterou vstupuje do oběžného lopatkového kola. Pára tlačí na lopatky oběžného kola a ta koná mechanickou práci.

Práce za jednotku času je výkon turbíny.

a) ROVNOTLAKÉ PARNÍ TURBÍNY

a) Lavalova turbína s jedním tlakovým stupně

Expanze páry nastává pouze v rozváděcím zařízení (kole). Rychlost c prudce stoupne tlak naopak vzhledem k rozšíření dýz klesne .

V oběžném kole zůstává tlak stejný, stejná musí zůstat i relativní rychlost, ale absolutní rychlost prudce klesá.

Původní Lavalova turbína měla průměr 250 mm, rychlost páry 30 m s^{-1} 30 000 ot/min. Tato turbína se dosud používá pro lodní pohon.

b) Curtisova parní turbína /rovnotlaká/

jedná se o turbínu s jedním tlakovým stupněm a dvěma rychlostními stupni.

Pára vytéká velkou rychlostí z trysky na lopatky oběžného kola. Ve vratných lopatkách mění svůj směr a její rychlost postupně klesá. Tlak páry se v oběžných kolech nemění.

c) ROVNOTLAKÁ TURBÍNA S NĚKOLIKA TLAKOVÝMI STUPNI

Turbína má rozšířené kanály, pára nevyexpanduje najednou, ale v jednotlivých tlakových stupních.

Mezi stupni jsou tzv. dělicí stěny, ve kterých je uloženo rozváděcí ústrojí. Každý stupeň pracuje jako turbína s jedním tlakovým stupněm.

Nevýhodou je vysoký vstupní tlak páry.

d) PŘETLAKOVÁ PARNÍ TURBÍNA

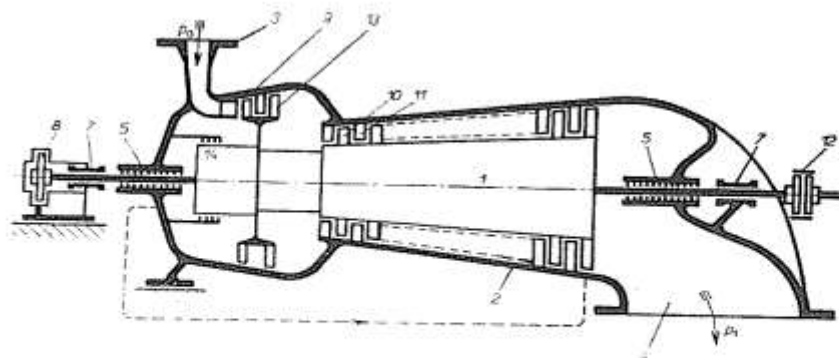
PARSONSOVA PARNÍ TURBÍNA

U přetlakové parní turbíny expanduje pára v rozváděcím i oběžném kole. Mezilopátkové kanály oběžného kola zmenšují svůj průřez, takže tlak páry klesá a její relativní rychlost roste. Rozváděcí zařízení je tvořeno věncem s lopatkami, kde mezilopátkové kanály se rovněž zužují, takže tlak opět klesá a roste rychlost páry.

e) KOMBINOVANÁ PARNÍ TURBÍNA

Nejčastěji se skládá z rovnotlaké Curtisovy turbíny a přetlakové parní turbíny.

Hlavní části parních turbín



Podélný řez přetlakovou protitlakovou turbínou s předřazeným C-kolem
1 — bubnový rotor; 2 — skříň; 3 — vstupní hrdlo; 4 — výstupní hrdlo; 5 — vnější ucpávky; 6 — vnitřní ucpávky; 7 — radiální ložiska; 8 — axiální ložisko; 9 — vstupní trysky; 10 — oběžné lopatky; 11 — rozváděcí lopatky; 12 — spojka; 13 — C-kolo; 14 — vyrovnávací píst

ROTOR - vyrábí se jako hřídel s nasazenými oběžnými koly, nebo jako buben. Na obvodu kol nebo bubnu jsou vysoustruženy drážky pro upevnění oběžných lopatek. Celý rotor včetně lopatek musí být přesně staticky a dynamicky vyvážen.

Oběžné lopatky jsou upevněny v drážkách (malé lopatky se frézují, velké se čistě odlévají).

SKŘÍŇ TURBÍNY je dělena ve vodorovné rovině a spojena šrouby. Skříň je namáhána vnitřním přetlakem a teplotou páry, která je na vstupní straně podstatně vyšší než na výstupní.

UCPÁVKY - u parních turbín se používají ucpávky labyrintové, radiální vůle v ucpávkách bývá 0,4 až 0,8 mm.

LOŽISKA - rotor turbíny je uložen ve dvou radiálních a jednom axiálním ložisku. U malých strojů mohou být ložiska valivá, u větších a středních turbín se používají ložiska zásadně kluzná.

SPOJKY – nejčastěji se používají pevné kotoučové spojky, méně často spojky zubové.

Regulace parních turbín:

- a) *Regulace škrcením páry* - škrcením páry se snižuje tlak páry vstupující do parní turbíny. Zmenšuje se měrná energie páry, a tím i výkon parní turbíny.
- b) *Regulace změnou hmotnostního průtoku páry* - je též nazývána jako kvantitativní regulace. Vzhledem ke své hospodárnosti se tato regulace používá u všech větších strojů. Vstup páry je řízen regulačními ventily, které se při zatěžování parní turbíny postupně otevírají a při jejím odlehčování postupně uzavírají. Ventily jsou většinou ovládány prostřednictvím vačkového hřídele.