

Obecné zásady navrhování kotlů

Výpočtové metody

Rozlišuje se

- statický tepelný výpočet
- dynamický tepelný výpočet kotle

Statický tepelný výpočet lze provádět jako

- projekční výpočet – určení potřebných rozměrů výhřevných ploch pro dosažení žádaných parametrů vyráběné páry či vody v ustáleném stavu při návrhu nového zařízení
- kontrolní přepočet – výpočet skutečných výstupních parametrů páry či vody pro zadané konstrukční řešení kotle, používá se
 - ke kontrole konečného konstrukčního řešení kotle při dílčích výkonech
 - pro výpočet úprav a nových provozních režimů stávajících kotlů (změna paliva, úpravy ploch apod.).

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

1

Zadání pro projekční výpočet

- údaje o typu kotle a spalovacího zařízení
- palivo a jeho charakteristika
- parní výkon kotle, tlak a teplota přehřáté páry, teplota napájecí vody
- u kotle s přehřívákem množství a parametry páry na vstupu a výstupu
- množství odběrové syté páry při odběru z bubnu
- množství odluhu
- u práškových kotlů - hodnoty z návrhu mlecího okruhu:
 - množství sušicího média,
 - množství primárního vzduchu,
 - množství spalin na sušení,
 - množství přisávaného falešného vzduchu v mlecím okruhu

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

2

Postup projekčního výpočtu

- rozvrhne se přísávání falešného vzduchu do kotle a průběh tlaku na straně páry i spalin
- požadovaný celkový tepelný výkon kotle se rozdělí na jednotlivé výhřevné plochy (EKO, výparník, přehřívák, přihřívák)
- plochy se rozmístí do předběžně navržených prostor kotle
- zvolí se poměry při spalování, teplota spalin na výstupu z ohniště a za kotlem, vypočte se předpokládaná účinnost kotle, spotřeba paliva pro dosažení jmenovitých parametrů páry a výkonu kotle
- provedou se předběžné tepelné bilance jednotlivých výhřevných ploch kotle za účelem určení neznámých teplot spalin mezi plochami a zkontrolují se teplotní spády na plochách
- postupně pro každou výhřevnou plochu se provede detailní konstrukční návrh, při němž se vychází
 - ze zvolených dimenzí trubek,
 - ze zvoleného uspořádání a zapojení plochy,
 - rychlosti spalin, vody a páry
 - jeho cílem je na základě výpočtu sdílení tepla určit dostatečnou velikost plochy pro přenesení předem navrženého výkonu

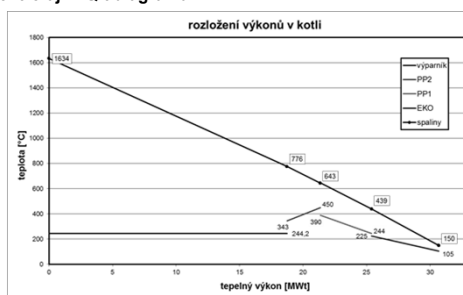
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

3

Postup projekčního výpočtu

- zapojení výhřevných ploch a teplotní spády se nejnázve kontrolují v Q-t diagramu



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

4

Kontrolní přepočet kotle

- Cílem je modelování určitého provozního režimu daného kotle.
- Vychází se z konstrukčního uspořádání kotle
- Pro požadovaný parní nebo tepelný výkon, zadané palivo a vstupní parametry napájecí vody a vzduchu se počítají poměry sdílení tepla na jednotlivých výhřevných plochách kotle a jejich skutečný tepelný výkon
- Požadovaných parametrů páry na výstupu z kotle se dosáhne změnou regulovaných veličin – množství paliva a vstříků
- Z výpočtu vyplynou teploty a průtoky vody, páry, spalin, evt. vzduchu před a za jednotlivými výhřevnými plochami.
- Z výsledků lze provést vyhodnocení ekonomických ukazatelů především účinnosti, spotřeby paliva, velikosti vstříků apod.

Zadání pro kontrolní výpočet musí obsahovat :

- výkresy kotle se všemi konstrukčními údaji a uspořádáním jednotlivých výhřevných ploch

Ostatní údaje jsou stejné jako u zadání pro projekční výpočet.

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

5

Základní parametry kotle

Základní názvosloví :

- Jmenovitá výkonnost [kg/s], [t/h] je hmotnostní průtok páry na výstupu z kotle, který musí kotel trvale dosahovat při dodržení jmenovitých hodnot základních parametrů při spalování zaručeného paliva (BMCR - Boiler Maximum Continuous Rating)
- Jmenovitý tlak páry [MPa] je tlak přehřáté páry na výstupu z kotle nebo u hlavního parního uzávěru. Zpravidla se udržuje konstantní v celém regulačním rozsahu kotle.
- Jmenovitá teplota páry [°C] je teplota přehřáté (přihřáté) páry na výstupu z kotle nebo u hlavního parního uzávěru. Zpravidla se udržuje konstantní v předepsaných (nebo dohodnutých) tolerancích jen v dohodnutém regulačním rozsahu kotle.
- Nejvyšší tlak páry [MPa] je roven nejnižšímu otevíracímu tlaku pojistného ventilu na přehříváku, resp. přihříváku páry.
- Nejvyšší teplota páry [°C] je nejvyšší trvale přípustná hodnota teploty.
- Konstrukční přetlak [MPa]
 - u bubnových kotlů je nejvyšší hodnota přetlaku syté páry (proti atmosféře) při nejvyšším tlaku páry a jmenovité výkonnosti kotle.
 - u průtočných kotlů se konstrukční přetlak stanoví samostatně pro jednotlivé části tlakového celku (přehřívák, výparník, ohřívák vody). Rovná se nejvyšší hodnotě vyskytujícího se přetlaku v dané části při nejvyšším tlaku páry a jmenovité výkonnosti.
- Jmenovitá teplota napájecí vody [°C] je teplota napájecí vody před napájecí hlavou nebo na vstupu do tlakového systému kotle při jmenovité výkonnosti kotle.
- Základní parametry kotle jsou jmenovitý tlak přehřáté páry, jmenovitá teplota přehřáté a přihřáté páry a jmenovitá teplota napájecí vody.

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

6

Základní hodnoty kotlů dle ČSN 07 0010

Tlak páry (MPa)			Teplota páry (°C)		Dovolené údyní ky od jmenovité teploty (°C)		Teplota přehřáté páry (°C)		Teplota napájecí vody při jmenovité výkonnosti (°C)			Jmenovitá výkonnost kotle (t/h)
jmeno- vité	nejvyšší	kon- strukční	jmeno- vité	nejvyšší	+	-	jmeno- vité	nejvyšší	nejvyšší	jmeno- vité	nejvyšší	
0,85	0,9	1,0	200	230	---	---	---	---	---	50	---	1; 2,5
1,35	1,4	1,55	250	280	30	15	---	---	---	20	---	1; 2,5; 4; 6; 8; 12
2,5	2,6	2,9	300	350	30	15	---	---	---	50	---	4; 6; 8; 12; 16; 25
3,8	4,0	4,5	350	380	30	15	---	---	---	105	---	8; 12; 16; 25; 35; 50; 75
9,6	10,1	11,6	445	460	15	10	---	---	160	145	135	50; 75; 115; 150; 215
13,9	14,6	16,6	540	545	5	10	---	---	241	225	215	160; 215; 250; 325
17,8	18,8	---	570	575	5	10	570	575	246	230	220	630
25,9	27,2	---	570	575	5	10	570	575	256	240	230	630
---	---	---	585	590	5	10	---	---	276	260	250	615; 630

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

7

Předběžný návrh koncepce kotle a přípravy paliva

- Podle zadaných parametrů se volí typ parního generátoru (výparníku)
 - s přirozeným oběhem,
 - nucenou nebo superponovanou cirkulací
 - průtočný.
- Zvolí se uspořádání kotle a sestaví se tepelné schéma, které určuje
 - posloupnost řazení výhřevných ploch
 - umístění výhřevných ploch po délce traktu spalín
 - rozdělení tepla na jednotlivé plochy
 - volbu teploty ohřátí vzduchu
- Volba schématu závisí na mnoha faktorech :
 - na druhu a vlastnostech paliva
 - na parametrech páry
 - na typu kotle
 - na způsobu regulace teploty páry a dalších

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

8

Předběžný návrh koncepce kotle a přípravy paliva

- Podle zadaných parametrů se volí typ parního generátoru (výparníku)
 - s přirozeným oběhem,
 - nucenou nebo superponovanou cirkulací
 - průtočný.
- Zvolí se uspořádání kotle a sestaví se tepelné schéma, které určuje
 - posloupnost řazení výhřevných ploch
 - umístění výhřevných ploch po délce traktu spalín
 - rozdělení tepla na jednotlivé plochy
 - volbu teploty ohřátí vzduchu
- Volba schématu závisí na mnoha faktorech :
 - na druhu a vlastnostech paliva
 - na parametrech páry
 - na typu kotle
 - na způsobu regulace teploty páry a dalších

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

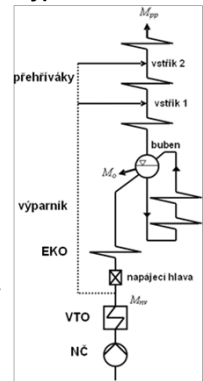
9

Typy parních kotlů dle konstrukce výparníku

Kotle s přirozenou cirkulací ve výparníku

- Průtok vody výparníkem je zajištěn rozdílnou hustotou vody na vstupu do varnic a parovodní směsí na výstupu

$$vztlak = h \cdot \Delta \rho \cdot g$$
- Klíčovým prvkem je parní bubnen, do kterého vstupuje voda z EKA a parovodní směs z výparníku a vystupuje z něho voda do výparníku a sytá pára do přehříváku
- Typickým znakem tohoto systému je :
 - výparník má pevný konec odpařování dány bubnem
 - v bubnu se udržuje konstantní výška hladiny regulací napájení
 - do varnic vstupuje voda z bubnu blízká bodu varu při $x = 0$
 - odpaření vody ve výparníku je pouze částečné - na výstupu je parovodní směs o suchosti x
- Oběh vody výparníkem je charakterizován oběhovým číslem $O = 1/x$



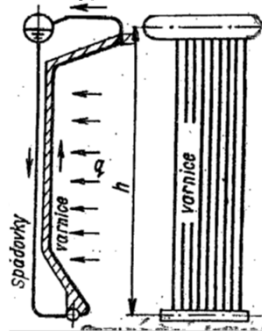
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

Typy parních kotlů dle konstrukce výparníku

Kotle s přirozenou cirkulací ve výparníku

- Výparník sestává z
 - bubnu,
 - spádových trubek,
 - rozváděcích komor
 - varných trubek
- Ve vodní části bubnu parního kotle dochází k zahušťování soli obnažených v obíhající kotelní vodě - nutný odluh
- Malý dispoziční vztlak vyžaduje specifickou konstrukci výparníku s malou tlakovou ztrátou - přímé trubky většího průměru svislé nebo šikmé
- Výhody
 - kotel dokáže zajistit kvalitu páry i při horší kvalitě napájecí vody
 - tlaková ztráta výparníku se nepromítá do tlakové ztráty kotle
 - k cirkulaci výparníkem stačí přívod tepla



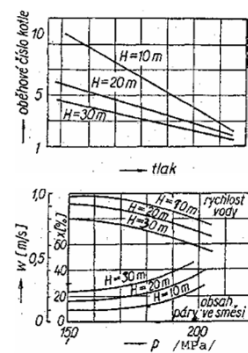
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

11

Nevýhody přirozené cirkulace

- S rostoucím tlakem vyráběné páry se zmenšuje rozdíl hustoty vody a syté páry - oběhové číslo výparníku se snižuje.
- S rostoucím tlakem a s rostoucí výškou výparníku se zvyšuje obsah páry x ve směsi a snižuje se rychlost vody - oběhové číslo klesá
- Čím je větší výška výparníku (pokud výparník tvoří stěny ohniště) tím je cirkulační číslo menší. S rostoucí výškou výparníku roste jeho parní výkonnost (suchost x) rychleji než rychlost vody (hmotnostní průtok) na vstupu do varnice.
- Použití výparníku s přirozeným oběhem je omezeno tlakem.
- Za provozně ověřený tlak při spolehlivé funkci výparníku se považuje tlak kolem 16,0 MPa.



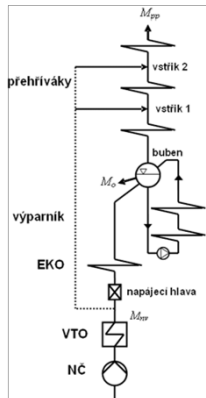
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

12

Kotle s nuceným oběhem (povzbuzenou cirkulací) ve výparníku

- Nucený oběh je vyvolán oběhovým čerpadlem - zajišťuje stabilní funkci výparníku
 - v oblasti vyšších tlaků (do 18 MPa)
 - při nižší stavební výšce výparníku
 - při vysokých tepelných tocích do výparníku
- Schéma výparníku s nucenou cirkulací se výrazně neodlišuje od zapojení výparníku s přirozenou cirkulací
 - ohřívák napájecí vody je rovněž připojen k bubnu
 - do varnic vstupuje voda z bubnu o stavu sytosti
- Rozdíl je především v zařazení oběhového čerpadla v zavodňovacím potrubí výparníku (dopravní přetlak kolem 0,3 až 0,6 MPa v případě svislých varnic), které zajišťuje dostatečný průtok pro spolehlivý provoz výparníku
- Výparník s nuceným oběhem může být proveden z trubek menšího průměru (oběhové čerpadlo kryje větší tlakové ztráty) =>
 - nižší hmotnost výparníku
 - akumulační číslo bývá menší, cca 0,2.
- Někdy se pro tyto kotle používá název La Mont

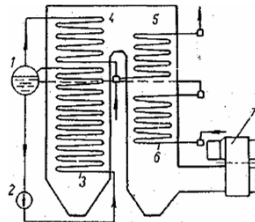


27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

Zapojení kotle s nuceným oběhem

- napájecí voda se přivádí do ohříváku vody 6
- z něj se vede do bubnu 1
- cirkulaci ve výparníku 3 zajišťuje oběhové čerpadlo 2
- sytá pára z bubnu 1 se přehřívá v přehříváku 4 a 5
- za kotlem je zařazen regenerativní ohřívák 7 vzduchu



- Výparník kotle s nuceným oběhem nemusí být nutně proveden ze svislých trubek, ale může být zhotoven z vodorovných trubkových hadů - typické pro kotle na odpadní teplo.

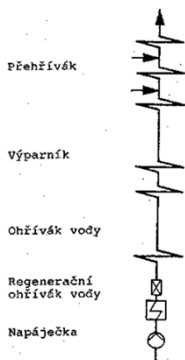
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

14

Kotle s průtočným výparníkem

- Ohřev vody na bod varu, odpaření vody a přehřátí vyrobené páry probíhá kontinuálně při jednom průchodu vody systémem - v „jedné trubce“, do které se na vstupu přivádí napájecí voda a z výstupu se odvádí přehřátá pára.
- Průtočný systém nemá bubnu a jednotlivé části tlakového systému na sebe navzájem navazují (nemají žádný společný prvek).
- Obecně u průtočného systému není pevný začátek a konec odpařování - poloha výparníku v kotli se mění v závislosti na výkonu, změně teploty napájecí vody, zastruskování stěn ohniště apod.
- Kotel vyžaduje kvalitně upravenou vodu - soli se usazují na konci výparníku nebo přecházejí do páry
- Rozdíl je ve způsobu regulace kotle - odpadá regulace hladiny v bubnu a kotel se reguluje tak, že se trvale udržuje stálý poměr mezi průtokem vody napájené do kotle a tepelným výkonem ohniště.
- Konstrukce výparníku je podřízena limitovanému počtu paralelních varnic, který je určen požadovanou rychlostí vody > 1 m/s - od toho odvozeny konstrukční varianty
 - první patenty byly uděleny Bensonovi,
 - pak přišli se svojí koncepcí Sulzer a Ramzin.

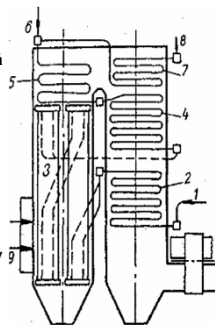


27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

Průtočný výparník Benson

- Koncepce vychází z výparníku kotle s přirozenou cirkulací, který je proveden ze svislých trubek. Trubky výparníku jsou však rozděleny do sériově zapojených sekcí 3, každá sekce má vlastní vstupní a výstupní komoru.
- Zapojení ploch je následující.
- Napájecí voda 1 vstupuje do ohříváku vody 2 kde se ohřívá na teplotu nižší než bod varu
- Dále proudí vnějším spojovacím potrubím do vstupní komory (vždy dole) první sekce výparníku. Při průchodu první sekce se voda dohřeje na teplotu bodu varu a částečně se odpaří.
- Parovodní směs z výstupu první sekce se vede vnějším spojovacím potrubím na vstup další sekce, atd. až v poslední sekci se dosáhne obsah páry v parovodní směsi $x = \text{cca } 80\%$.
- K odpaření zbývající vlhkosti ($x = \text{cca } 20\%$) dojde až v tzv. přechodníku 4, z něhož vystupuje již sytá pára ($x = 1$) nebo mírně přehřátá pára.
- Pára se pak v přehříváku 5 a 7 přehřívá na požadovanou teplotu.
- Regulace teploty páry se provádí vstřikem 6 napájecí vody.



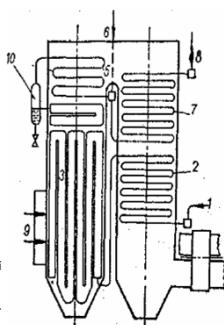
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

16

Průtočný výparník Sulzer

- V původním provedení měl tento kotel výparník z meandrovitě vinutého pásu několika paralelních varnic většího průměru (63 až 70 mm).
- Napájecí voda 1 se přivádí do ohříváku vody 2 a z něj do meandrovitého výparníku 3, jehož varnice jsou přímým prodloužením hadu ohříváku vody 2.
- Z meandrovitého výparníku 3 proudí parovodní směs o suchosti $x = 95$ až 98% do separátoru 10, v němž se zbytek vlhkosti, ve které by měla být obsažena většina soli z odpařované vody, odloučí a odvádí se jako odluh mimo kotel.
- Pára ze separátoru 10 se v přehříváku 5 a 7 ohřeje na požadovanou teplotu, regulace teploty páry se provádí vstřikem 6 napájecí vody.
- Charakteristické znaky původního kotle Sulzer:
 - varnice jsou prodloužením trubek ohříváku vody
 - výparník má pevný konec odpařování, který je určen separátorem
 - problém usazování soli řeší odluhem zahustěné kotelní vody ze separátoru.
- Dnes se již meandrovitě vinutí na celý výparník nepoužívá - meandry někdy kryjí pouze část - např. výsypku



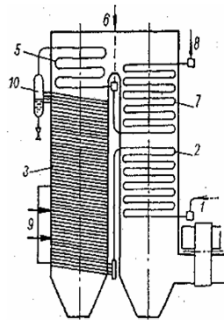
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

17

Průtočný výparník Ramzin

- Charakteristickým znakem je šroubovitě vinutý výparník ze svazku paralelních varnic.
- Počet paralelních trubek je určen výkonem kotle a požadovanou rychlostí vody > 1 m/s
- Pro kotle velkých výkonů se provádí šroubovitě vinutí jako dvouchodový závit, takže kotel má dvě paralelní větve samostatně regulované.
- Napájecí voda 1 se přivádí do ohříváku 2 vody a odtud se vede ohřátá voda na vstup do šroubovitě vinutého výparníku 3.
- Na výstup z výparníku je připojen separátor 10 pro odloučení zbytkové vlhkosti z parovodní směsi.
- Pára se přehřívá v přehříváku 5 a 7, teplota se reguluje vstřikem 6 napájecí vody.
- Původně se tento kotel stavěl se separátorem (pak měl výparník pevný konec odpařování jako Sulzer), dnes se staví i bez separátoru (výparník má pohyblivý konec odpařování jako Benson).



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

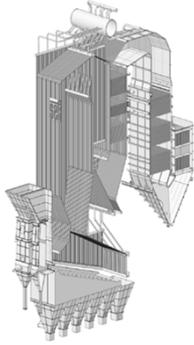
18

Výhody bubnových kotlů

- mohou pracovat s napájecí vodou horší kvality při dodržení kvality páry
- mají velký vodní obsah => vyšší akumulační schopnost je předurčuje k průmyslovým aplikacím
- nízká tlaková ztráta => nižší příkon napáječky
- univerzální použití

Nevýhody bubnových kotlů

- tlakové a výkonové omezení
- těžší a dražší konstrukce
- menší provozní pružnost
- pomalejší najíždění



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

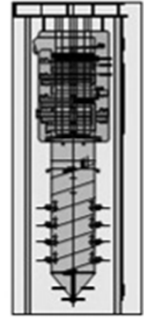
19

Výhody průtočných kotlů

- odpadá parní buben
 - levnější řešení
 - provozně pružnější
- použitelné pro velmi vysoký a nadkritický tlak

Nevýhody průtočných kotlů

- velká tlaková ztráta výparníku (1,0 – 1,6 MPa) vynucená zajištěním stabilního vyrovnaného průtoku ve všech varnicích při nízkém výkonu kotle
- složitější regulace
- menší akumulace ve výparníku – citlivost na rychlé změny odběru páry
- složitější najíždění – nutný separátor vlhkosti na konci výparníku
- vyšší nároky na kvalitu vody – demineralizace



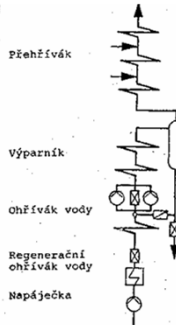
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

20

Průtočný kotel se superponovanou cirkulací ve výparníku

- Snaha po vytvoření výparníku, který by spojoval výhody kotle s přirozenou cirkulací a kotle průtočného, a který by byl vhodný i pro kotle velkých výkonů, vedla k vývoji průtočného kotle se superponovaným oběhem.
- Výparník je zakončen separátorem, který nahrazuje parní buben
- Oběhové čerpadlo je zařazeno za ohřívákem vody v sérii s napájecím čerpadlem – přísává separovanou vodu z varnic, takže přidavný oběh vody je jen ve výparníku (nezahrnuje ohřívák vody)
- Konstrukčně může být výparník proveden výhodně se svislých trubek.
- Přidavný oběh umožňuje hospodárné a rychlé najíždění s výrobou páry nutnou pro chlazení přehříváků
- Při plném výkonu lze kotel provozovat jako průtočný, cirkulace se využívá především při snížených výkonech

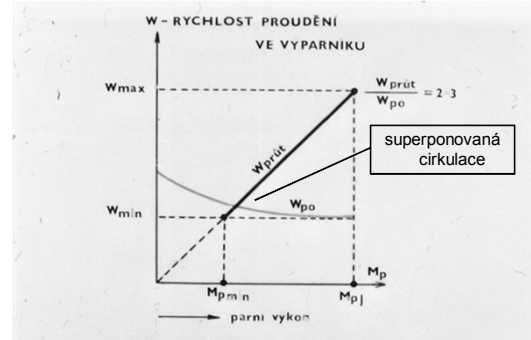


27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

21

Porovnání průtočného a superponovaného výparníku

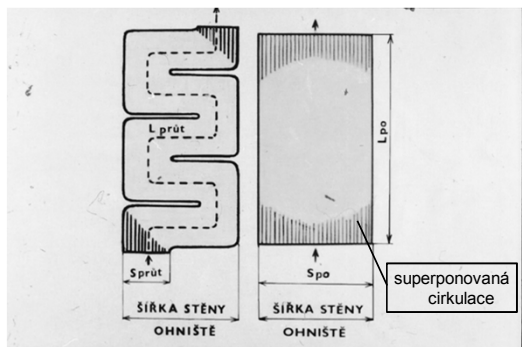


27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

22

Porovnání průtočného a superponovaného výparníku



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

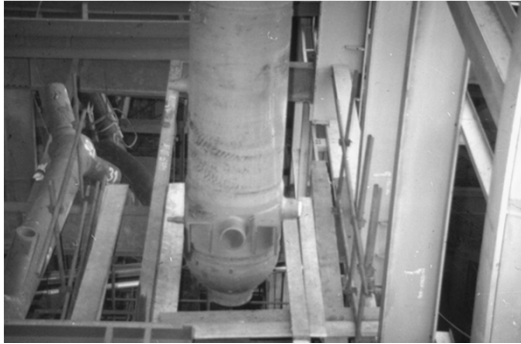
23



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

24



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

25

Předběžný návrh koncepce kotle a přípravy paliva

- Podle zadaných parametrů se volí typ parního generátoru (výparníku)
 - s přirozeným oběhem,
 - nucenou nebo superponovanou cirkulací
 - průtočný.
- Zvolí se uspořádání kotle a sestaví se tepelné schéma, které určuje
 - posloupnost řazení výhřevných ploch
 - umístění výhřevných ploch po délce traktu spalin
 - rozdělení tepla na jednotlivé plochy
 - volbu teploty ohřátí vzduchu
- Volba schématu závisí na mnoha faktorech :
 - na druhu a vlastnostech paliva
 - na parametrech páry
 - na typu kotle
 - na způsobu regulace teploty páry a dalších

27.9.2019

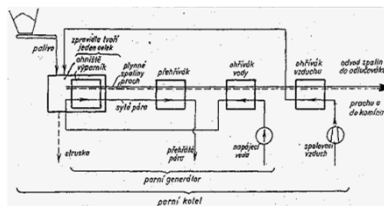
Stavba kotlů - přednáška č. 2

26

Uspořádání kotle

U kotle na pevná paliva mají samostatnou cestu tyto látky:

- palivo
- spalovací vzduch
- spaliny
- tuhé zbytky po spalování (struska, popílek)
- pracovní látka - voda a pára.



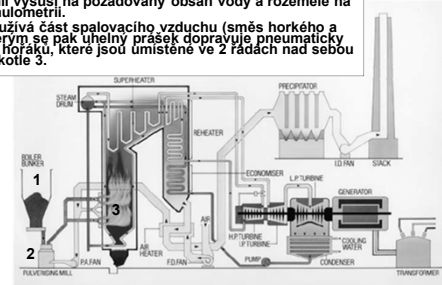
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

27

Cesta paliva – uhlíkový kotel

- Cesta paliva začíná u zásobníku surového uhlí - 1.
- Ve spodní části každého zásobníku je řetězový vynašeč uhlí.
- Palivo v zásobníku se sesouvá působením tíže do vynašeče, kterým se dopraví požadované množství uhlí do svodky a tou pak do mlýna 2.
- Ve mlýně se uhlí vysuší na požadovaný obsah vody a rozemele na potřebnou granulometrii.
- K sušení se používá část spalovacího vzduchu (směs horkého a studeného), kterým se pak uhlíkový prášek dopravuje pneumaticky práškovodou do hořáku, které jsou umístěné ve 2 řadách nad sebou v přední stěně kotle 3.



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

28

Cesta paliva – kotel na biomasu

- vykládka štěpky z kamionu a velkokapacitní čelní nakladač

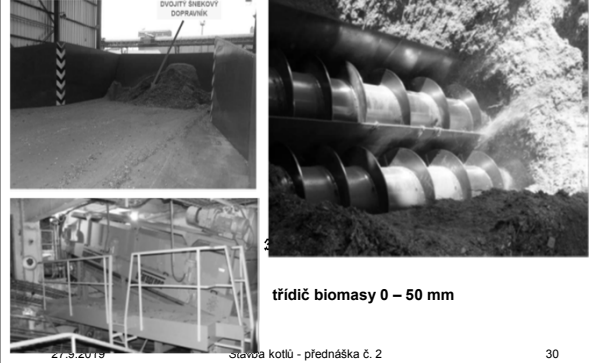


Stavba kotlů - přednáška č. 2

29

Cesta paliva – kotel na biomasu

- doprava ze skládky do kotelny



trídící biomasy 0 - 50 mm

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

30

Cesta paliva – kotel na biomasu

- denní zásobník v kotelně
- problémem je vážnutí biomasy - řešení
 - stěny zásobníku svislé nebo s negativním sklonem
 - pohyblivá celá podlaha zásobníku



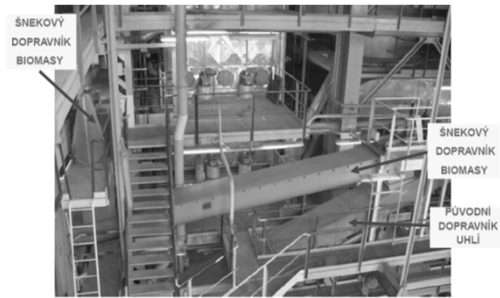
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

31

Cesta paliva – kotel na biomasu

- šnekový dopravník biomasy ze zásobníku do kotle



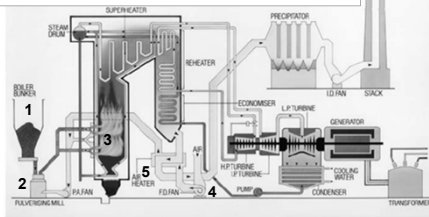
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

32

Cesta vzduchu

- Spalovací vzduch se nasává vzduchovým ventilátorem 4
 - jednak pod stropem kotelný
 - jednak z vnějšku.
- Vzduch se pak ohřívá spaliny v regenerativním ohříváku 5
- Vzduchovými kanály se jedna jeho část (jako tzv. primární vzduch) vede do uhelných mlynů 2,
- Zbývající část (jako tzv. sekundární vzduch) se vede přímo do hořáků v přední stěně ohniště 3



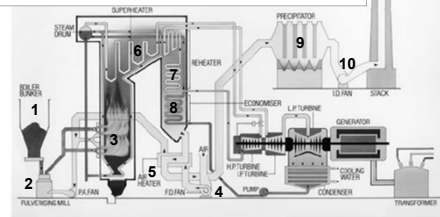
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

33

Cesta spalin

- Spaliny, které vznikají v ohništi spalováním uhlí, proudí dále svisle nahoru konvekčním tahem, v němž jsou umístěny svazky přehříváku 6
- Dále pak proudí směrem dolů druhým konvekčním tahem přes přehřívák 7 a ohřívák 8 napájecí vody do regenerativního ohříváku 5 spalovacího vzduchu.
- Odtud pak proudí do elektrostatického odlučovače popílku 9
- Spaliny odsává z kotle do komína kouřový ventilátor 10
- Pod stropem kotle se udržuje podtlak asi 50 Pa.



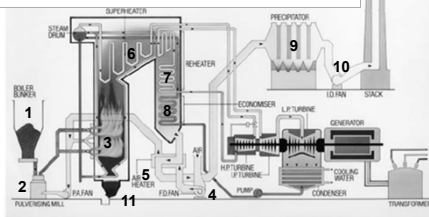
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

34

Cesta tuhých zbytků

- Tuhé zbytky po spalování se z kotle odvádí ve formě strusky a popílku.
- V práškovém granulačním ohništi se zachytí cca 15 až 25% z popela přivedeného s palivem. Zachycená struska ve výsypce padá do odstruskovacího zařízení 11
- Zbývající větší část z popela přivedeného palivem je vynášena spaliny z ohniště a proudí spolu se spaliny přes celý kotel.
- Malá část prachu se odlučí ve výsypce pod ohřívákem vody 5
- Většina jemného popílku proudí dále se spaliny přes ohřívák vzduchu 5 do elektrostatického odlučovače 9



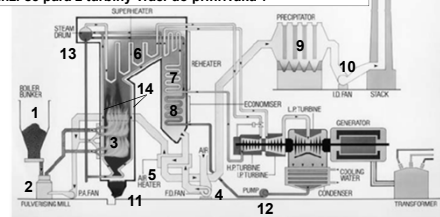
27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

35

Cesta vody a páry

- Pracovní látka - voda a pára - protéká trubkami teplosměnných ploch tlakového systému. Voda se ohřívá, odpařuje a pára prehřívá na žádanou teplotu.
- Napájecí vodu o teplotě 105 až cca 290°C dopravuje do kotle napájecí čerpadlo 12.
- Voda vstupuje do přehříváku vody 8, který je proveden jako svazek vodorovných trubkových haďů.
- Ohřátá voda se vede potrubím do bubny 13, který je součástí výparníku.
- Výparník je vytvořen ze svislých trubek stěn kotle 14.
- Výparník končí v bubnu 13, kde se odlučí voda a sytá pára
- Sytá pára se vede do přehříváku 6 a z něho do turbíny
- Po částečné expanzi se pára z turbíny vrací do přehříváku 7



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

36

Předběžný návrh koncepce kotle a přípravy paliva

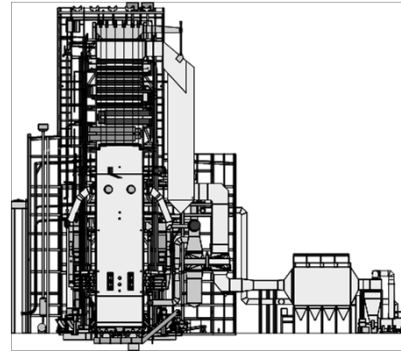
- Podle zadaných parametrů se volí typ parního generátoru (výparníku)
 - s přirozeným oběhem,
 - nucenou nebo superponovanou cirkulací
 - průtočný.
- Zvolí se uspořádání kotle a sestaví se tepelné schéma, které určuje
 - posloupnost řazení výhřevných ploch
 - umístění výhřevných ploch po délce traktu spalín
 - rozdělení tepla na jednotlivé plochy
 - volbu teploty ohřátí vzduchu
- Volba schématu závisí na mnoha faktorech :
 - na druhu a vlastnostech paliva
 - na parametrech páry
 - na typu kotle
 - na způsobu regulace teploty páry a dalších

27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

37

Tepelné schéma kotle ELE 660 MWe

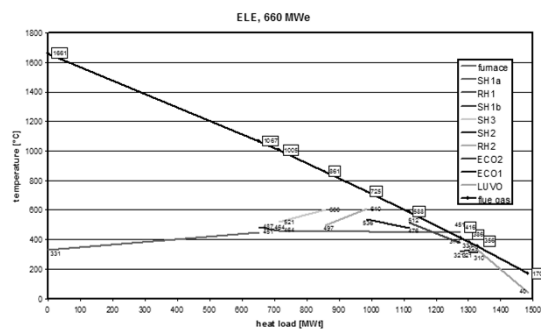


27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

38

Q-t diagram



27.9.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 2

39