

## HYDRAULICKÝ A AERODYNAMICKÝ VÝPOČET KOTLE

- Cílem je určení tlakových ztrát
  - parovodního traktu
  - spalínového evt. vzduchového traktu.
- Měl by měl být prováděn paralelně s tepelným výpočtem kotle
  - přestup tepla úzce souvisí s velikostí tlaku resp. tlakových odporů při proudění
  - určení celkových tlakových ztrát na obou stranách výhřevných ploch je důležité pro dimenzování čerpadel a ventilátorů.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 10

1

## Vliv rychlosti

- rychlost proudění rozhodujícím způsobem ovlivňuje velikost tlakových ztrát
- měla by být volena
  - tak, aby výsledné výrobní náklady na jednotku produkce (tunu páry, MW tepla apod.) byly nejnižší
  - s ohledem na omezující kritéria
    - abrase výhřevných ploch při proudění spalin s popílkem,
    - minimální rychlost páry potřebná pro dostatečné chlazení stěny přehříváku nebo zajištění stabilního proudění ve výparníku.
- komplexní optimalizace rychlosti je složitá
  - intervaly vhodných rychlostí proudění respektující jak provozní tak ekonomická hlediska pro všechny běžné případy byly vymezeny dlouholetými zkušenostmi.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

2

## Charakteristika proudění

- Obecně se u kotlů může vyskytnout proudění
  - jednofázové,
  - dvoufázové,
- izotermické
- neizotermické
- v kanálech různých typů,
  - prázdných
  - zaplněných výhřevnou plochou (svazkem) obtékanou
    - příčně,
    - podélně,
- Dvoufázové proudění se vyskytuje ve výparníku parních kotlů.
  - výrazně se mění hustota a tedy i rychlost proudění
  - určení tlakové ztráty je značně složitá

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

3

## HYDRAULICKÝ VÝPOČET KOTLE

- podle příčin pohybu pracovní látky lze dělit do dvou skupin
  - výpočty hydraulických ztrát v průtočných částech parního generátoru
    - ohřívák vody,
    - přehřívák a přihřívák páry,
    - výparník průtočného kotle a kotle s nuceným oběhem
  - na výpočet přirozeného oběhu ve výparníku bubnového kotle
    - oběh je v okruhu dosahován rozdílem měrné hmotnosti
      - sloupce vody v zavodiňovacích trubkách
      - směsi vody a páry ve varnicích.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

4

## Základní pravidlo

- Při výpočtu celkových ztrát je třeba mít na paměti,
  - tlakové ztráty sériově řazených prvků se sčítají,

$$\Delta p_{serie} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \dots + \Delta p_i$$

- tlakové ztráty paralelně zapojených částí (např. trubek ve svazku) jsou stejné

$$\Delta p_{par} = \Delta p_1 = \Delta p_2 = \dots = \Delta p_i$$

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

5

## Výpočet tlakové ztráty systému paralelních trubek mezi dvěma komorami

- Tlaková ztráta systému paralelních trubek mezi dvěma komorami, jakým je
  - ohřívák vody,
  - přehřívák a přihřívák páry,
  - výparník průtočného kotle

je součet

- tlakové ztráty vzniklé třením média o stěny
- tlakové ztráty tzv. místní (v ohybech, odbočkách apod.)
- tlakové ztráty v důsledku urychlení resp. zpomalení proudu
- změny hydrostatického tlaku (tlakové ztráty zdvihovou prací)

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\zeta + \Delta p_d \pm \Delta h \cdot \rho \cdot g$$

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

6

## tlaková ztráta třením

- se určí ze vztahu

$$\Delta p_\lambda = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

kde

$\lambda$  je součinitel tření,

$l$  [m] - délka trubky,

$d$  [m] - vnitřní průměr trubky,

$\rho$  [kg m<sup>-3</sup>] - střední hodnota hustoty

$w$  [m s<sup>-1</sup>] - střední rychlost pracovní látky

- $\lambda$  pro potrubí s drsností povrchu 0,1 mm

Průměr trubky $d$ [mm]	23	32	40	50	64	76	90	100
Součinitel tření $\lambda$	0,028 6	0,026 2	0,025 6	0,023 5	0,022 4	0,021 2	0,019 8	0,019

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

7

## tlaková ztráta místními odpory

- místními odpory jsou
  - vstup a výstup z trubky,
  - rozšíření nebo zúžení průřového průřezu,
  - ohyby, clonky apod.,

se vypočte ze vztahu

$$\Delta p_\zeta = \zeta \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

kde

$\zeta$  je součinitel místní tlakové ztráty prouděním,

$\rho$  [kg m<sup>-3</sup>] - hodnota hustoty

$w$  [m s<sup>-1</sup>] - rychlost v průřezu, pro který se určuje tlaková ztráta

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

8

## Součinitel odporu na vstupu do trubky z bubnu nebo komory $\zeta$

Schéma proudění	$S_{odv}/S_{priv}$	$\zeta$
z bubnu nebo komory $D = 350$ mm	-	0,5
z komory s paralelními přívadecími a odváděcími trubkami bez změny směru proudění v komoře	1,0	0,5
se změnou směru proudění v komoře	$\neq 1,0$	1,0
z komory s čelním přívodem a paralelním připojením odváděcích trubek	$< 1,0$	1,4
z komory s paralelním připojením přívodních trubek a čelním odvodem	$\geq 1,0$	1,0

$S_{odv}$  = průřez odváděcích trubek,

$S_{priv}$  = průřez přívadecích trubek,

$S_{kom}$  = průřez komory

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

9

## Výpočet tlakové ztráty jednotlivých paralelně připojených trubek

- na vstupu trubek se bere
  - $\zeta \approx 4$  pro první trubku od čelního přívodu do komory
  - $\zeta \approx 0,7$  pro poslední trubku
  - pro ostatní trubky se  $\zeta$  určí interpolací mezi těmito krajními hodnotami.

- na výstupu trubky do bubnu nebo do sběrací komory je souč. odporu závislý na konstrukčním řešení výstupu a bere se

- $\zeta = 1,0$  pro výstup z trubky do bubnu nebo komory o průměru  $D > 350$  mm
- $\zeta = 1,9$  pro výstup z paralelních trubek do komory s čelním odvodem.

- pro výstup proudy z komory o vnitřním průřezu  $S_{kom}$  s čelním přívodem o průřezu  $S_{priv}$  a paralelně připojenými odváděcími trubkami se součinitel odporu určí podle vztahu

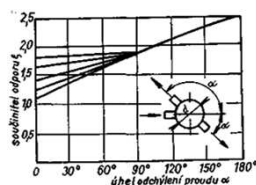
$$1 - \left( S_{priv} / S_{kom} \right)^2$$

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

10

- Součinitel odporu  $\zeta$  pro výstup z komory s radiálním přívodem a odvodem se určí z grafu.



- Součinitel odporu ohybem závislý na úhlu odchýlení  $\alpha$  z přímého směru se určuje dle tab.

Konstrukční řešení ohybu	Úhel vychýlení z přímého směru		
	$\alpha < 30^\circ$	$\alpha = 30$ až $70^\circ$	$\alpha > 70^\circ$
Ohyb	0	0,1	0,2
Svařené rovné trubky s úhlem	0,6	0,8 až 1,0	1,2

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

11

## tlaková ztráta urychlením proudu

- vzniká v případě vzrůstu měrného objemu a rychlosti zahříváním proudu
- vypočte se ze vztahu

$$\Delta p_d = \frac{w_2^2}{2} \cdot \rho_2 - \frac{w_1^2}{2} \cdot \rho_1$$

kde

$w_1, w_2$  [m s<sup>-1</sup>] - jsou rychlosti proudu ve vstupním a výstupním průřezu

$\rho_1, \rho_2$  [kg m<sup>-3</sup>] - hustoty pracovní látky na výstupu a na vstupu

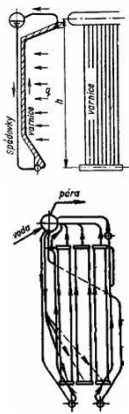
13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

12

## Výpočet přirozeného oběhu ve výparníku

- S vývojem se oběhové systémy značně zjednodušily.
- Z hlediska spolehlivosti oběhu vody jsou výparníkové plochy členěny na nezávislé oběhové okruhy, zamezí
  - potížit s oběhem vody v trubkách v rozích ohniště následkem
  - nerovnoměrnosti tepelných toků po šířce ohniště
- Se zvyšováním tlaku v kotli se zmenšuje rozdíl hustoty
  - vody v zavodňovacích trubkách
  - směsi vody a páry ve varnicích.



13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

13

## Zavodňovací trubky

- je vhodné je rovnoměrně rozdělit po délce bubnu
  - sníží se proudění vody v bubnu ve směru jeho osy na minimum
  - lepší se rovnoměrné rozdělení vody do varnic.
- minimální výška vody nad vstupem do zavodňovací trubky, aby nedošlo ke kavitaci ve vstupním průřezu

$$h_{\min} \geq 0,077 \cdot w_{\text{vst}}^2$$

- předběžný návrh průřezu zavodňovacích trubek

$$\frac{S_{\text{zav}}}{S_{\text{var}}} \approx 0,06 + 0,016 \cdot p_b + 0,005 \cdot h_o$$

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

14

## Vyváděcí trubky

- varnice – dělají se nejčastěji z trubek o vnějším průměru 60 mm.
- vyváděcí trubky do bubnu se doporučuje volit o stejných průměrech jako trubky zavodňovací
- průřez trubek vyvádějících páru z horních komor varnic do bubnu se volí ze vztahu

$$\frac{S_{\text{par}}}{S_{\text{var}}} \approx 0,1 + 0,01 \cdot p_b + 0,01 \cdot h_o$$

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

15

## Postup výpočtu přirozeného oběhu

- postupný výpočet tepelného zatížení v jednotlivých částech vypařovací části a určení

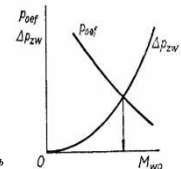
- množství odpařené páry
- statického přetlaku okruhu  $p_o = h \cdot (\rho' - \bar{\rho}_{zm}) \cdot g$

- tlakové ztráty zavodňovací části okruhu  $\Delta p_{zw}$

- efektivního přetlaku  $p_{\text{oeff}} = p_o - \Delta p_{zw} = \Delta p_{zv}$

- sestrojí se oběhová charakteristika = závislost  $p_{\text{oeff}}$  a  $\Delta p_{zw}$  na  $M_{wo}$

- zpravidla pro tři hodnoty rychlosti  $w_w$ , a to
  - v mezích 1 až 2 m/s pro výparník s parními vyváděcími trubkami z horních komor výparníku,
  - v mezích 0,5 až 1,5 m/s pro výparník s varnicemi přímo zaústěnými do bubnu.
- pro nedohřev vody na vstupu do varnic  $\Delta i_{wb}$



13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

16

## Postup výpočtu přirozeného oběhu

- Nedohřev vody v bubnu je rozdíl entalpie vroucí vody při tlaku v bubnu  $i'$  a entalpie směsi vody z ohříváku vody a obíhající vody  $i$ ,

$$\Delta i_{wb} = i' - i$$

- Entalpie směsi vody z ohříváku vody a obíhající vody  $i$  [kJ/kg] se určí ze směšovací rovnice

$$i_c + (O - 1) \cdot i' = O \cdot i$$

$O$  je oběhové číslo.

- Nedohřev v bodě začátku ohřevu ve vypařovací části určuje

- nedohřev vody z bubnu  $\Delta i_{wb}$
- přírůstek entalpie v zavodňovacích trubkách, jsou-li ohřívány,  $\Delta i_{wz}$
- přírůstek entalpie v důsledku zvýšení tlaku statickou výškou proti tlaku v bubnu,  $\Delta i_p$

$$\Delta i_w = \Delta i_{wb} - \Delta i_{wz} + \Delta i_p$$

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

17

## Postup výpočtu přirozeného oběhu

- Vypařovací část okruhu je tvořena
  - ohřívací částí do bodu varu o výšce  $h_o$
  - odpařovací částí  $h_v$
  - průměrem  $h_o + h_v = h$ .

- S růstem rychlosti (růstem hmotnostního průtoku vody  $M_{wo}$ )

- roste tlaková ztráta zavodňovací části okruhu  $\Delta p_{zw}$
- klesá efektivní přetlak  $p_{\text{oeff}}$

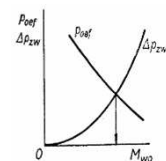
- Z průsečíku obou křivek se určí skutečný hmotnostní průtok vody  $M_{wo}$

- Střední rychlost vody se vypočte z rovnice

$$\bar{w}_w = \frac{M_{wo} \cdot \bar{v}_w}{S}$$

- Určí se nedohřev vody v bubnu  $\Delta i_{wb}$

- nemá se lišit od předběžně zvolené hodnoty
  - o více než 0,8 [kJ/kg] při  $\Delta i_w < 5$  [kJ/kg]
  - o více než 20 % při  $\Delta i_w > 5$  [kJ/kg]



13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

18

## Oběhové číslo

- charakterizuje intenzitu oběhu vody
- je definováno jako poměr hmotnostního průtoku vody v zavodňovacích trubkách  $M_{wo}$  ke hmotnostnímu průtoku páry vyrobené výparníkem  $M_p$ , tj.

$$O = \frac{M_{wo}}{M_p} \quad [\text{kg kg}^{-1}]$$

- Při výpočtu se určují oběhová čísla jednotlivých oběhových okruhů
- Z nich se určí střední oběhové číslo celého kotle.
- Liší-li se vypočtené oběhové číslo od předem zadaného pro příslušný typ kotle, provedou se konstrukční úpravy a přepočít.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

19

## Vyhovující hodnoty oběhových čísel pro různé typy kotlů a tlaky v bubnu

Typ kotle	Tlak v bubnu $p_b$ [MPa]	Oběhové číslo $O$ [kg kg <sup>-1</sup> ]
Tříbubnový s registry	3 až 4	40 až 45
Jednobubnový s registry	3 až 4	20 až 25
Jednobubnový	11	8 až 10
Jednobubnový	14 až 17	6 až 8

- **Nebezpečné provozní stavy mohou vzniknout**
  - v zavodňovací části následkem varu vody na vstupu do zavodňovacích trubek, popř. i v těchto trubkách,
  - ve výparné části okruhu stagnací a obrácením proudění,
  - při velmi nízkém oběhovém čísle.
- **Minimální oběhové číslo,**
  - $O > 3$  pro bubnové kotle vysokotlaké
  - $O > 2$  pro bubnové kotle s velmi vysokým tlakem

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

20

## Výpočet kotle s nuceným průtokem

- Schéma řešení parního generátoru průtočného kotle je vázáno na tepelný výpočet a tepelné schéma,
  - tepelným výpočtem se upřesňují polohy jednotlivých výhřevných ploch
  - parametry pracovní látky.
- Tlaková ztráta parního generátoru průtočných kotlů pro tlaky 10 až 30 MPa bývá 3 až 4 MPa
- Tlaková ztráta přehříváku páry bývá asi 0,5 MPa i více.
- Postup hydraulického výpočtu průtočného kotle
  - výpočet tlakové ztráty posledního dílu přehříváku
  - postupně se počítají tlakové ztráty příslušných výhřevných ploch a spojovacích potrubí proti proudu páry
  - výpočet končí začátkem ohříváku vody.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

21

## Výpočet kotle s nuceným průtokem

- Výchozími hodnotami pro výpočty jsou
  - geometrické rozměry příslušných částí
    - průměry, délky a počty trubek,
    - počet ohybů,
    - úhly ohybů atd.,
  - parametry pracovní látky na výstupu z příslušné plochy
  - tlak
  - teplota
  - měrný objem pracovní látky.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

22

## Výpočet kotle s nuceným průtokem

- Při výpočtu každé plochy se odhaduje tlakový spád, a tedy tlak na vstupu.
- Podle odhadnutého vstupního tlaku a přírůstku tepla nebo teploty se určují z parních tabulek odpovídající objemy pracovní látky.
- Ze středního měrného objemu pracovní látky, jejího množství a průtočného průřezu se určí střední rychlost proudu  $w$
- Vypočtou se odpovídající tlakové ztráty.
- Při rozdílu mezi odhadnutým a vypočteným tlakem větším než 1 % se výpočet opakuje.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

23

## Výpočet kotle s nuceným průtokem

- Střední měrný objem dvoufázové pracovní látky se určí z rovnice

$$\bar{v} = (1 - \bar{x}) \cdot v' + \bar{x} \cdot v''$$

- kde

- $v'$  a  $v''$  [m<sup>3</sup>kg<sup>-1</sup>] jsou měrný objem vody na mezi sytosti,
- $\bar{x}$  je střední suchost páry pro vypařovací část od začátku varu;
  - pro odpařovací část ohříváku vody  $\bar{x} = 0,5 \cdot x_2$
  - pro výparnou část přechodníku apod.  $\bar{x} = 0,5 \cdot (x_1 + x_2)$
 ( $x_1$  a  $x_2$  značí suchost páry na vstupu a na výstupu z výhřevné plochy).

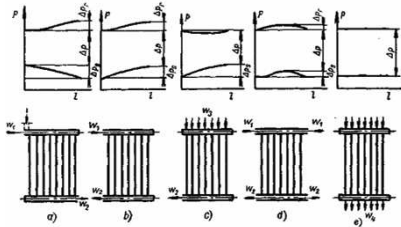
13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

24

## Hydraulické nerovnoměrnosti

- vyskytuje se v systému paralelních trubek s rozdělovači a sběrnou komorou
- je závislá na směru proudění v komorách.
- projevuje se v případech souměřitelnosti tlakového spádu v trubkách a v komorách.



13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

25

## Hydraulické nerovnoměrnosti

- Největší nerovnoměrnosti jsou u proudění podle schématu Z
- Stupeň nerovnoměrnosti pro schéma Z se určí ze vztahu

$$\eta_z = \frac{2}{1 + \sqrt{\frac{\Delta p + \Delta p_z + \Delta p_r}{\Delta p}}}$$

- kde

- $\Delta p$  [Pa] je výpočtová tlaková ztráta trubky svazku
- $\Delta p_{st}$  resp.  $\Delta p_r$  [Pa] - tlakové ztráty ve sběrací a rozdělovači komoře.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

26

## Hydraulické nerovnoměrnosti

- Stupeň nerovnoměrnosti pro schéma U

$$\eta_z = \frac{2}{1 + \sqrt{\frac{\Delta p + \Delta p_z}{\Delta p + \Delta p_r}}}, \text{ je-li } p_z > p_r, \text{ nebo } \eta_z = \frac{2}{1 + \sqrt{\frac{\Delta p + \Delta p_r}{\Delta p + \Delta p_z}}}, \text{ je-li } p_z < p_r$$

- Schéma H se rozděluje na dvě poloviny a každá z nich se řeší jako schéma U

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

27

## AERODYNAMICKÝ VÝPOČET KOTLE

- Aerodynamický výpočet kotle slouží k určování odporů (tlakových ztrát) při proudění spalovacího vzduchu a spalin jednotlivými částmi kotle, aby mohly být navrženy vzduchové a sací ventilátory.
- Odpor mezi dvěma průtočnými průřezy 1 a 2 se svislými souřadnicemi  $z_1$  a  $z_2$  se vyjadřuje obecně pomocí statických  $p_{st}$  a dynamických  $\rho_d$  tlaků a vzltlaků ( $z \cdot g \cdot \rho$ )

$$\Delta p_z = (p_{st1} - p_{st2}) + (p_{d1} - p_{d2}) + (z_2 - z_1) \cdot g \cdot (\rho_1 - \rho_2)$$

- Určuje se jako součet
  - třecích odporů  $\Delta p_\lambda$ ,
  - místních odporů  $\Delta p_\zeta$

$$\Delta p_z = \sum_{i=1}^n \Delta p_{\lambda_i} + \sum_{i=1}^n \Delta p_{\zeta_i}$$

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

28

## Odpor třením

- Odpor vzniklý třením při neizotermickém proudění závisí
  - na délce kanálu  $L$  [m],
  - naekvivalentním průměru kanálu  $d_e$  [m],
  - rychlosti proudění  $w$  [m/s],
  - hustotě  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]
  - středních teplotách proudícího prostředí a stěny  $T$  a  $T_{st}$  [K]

$$\Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{L}{d_e} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \cdot \left( \frac{T}{T_{st}} \right)^{0,583}$$

- Pro izotermické proudění je výraz  $(T/T_{st}) = 1$ .
- Součinitel tření  $\lambda$  závisí
  - na drsnosti kanálu
  - druhu proudění, které je charakterizováno Reynoldsovým číslem  $Re = w \cdot d_e / \nu$ .

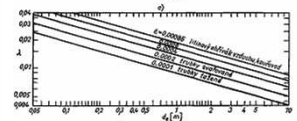
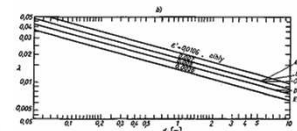
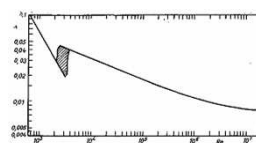
13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

29

## Hodnoty součinitele tření $\lambda$

- graf a) platí pro dokonale hladké kanály,
- grafy b) a c) platí pro kanály z různých materiálů se střední hodnotou drsnosti (průměrná výška výstupků)  $\epsilon$  [m].



13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

30

## Místní odpory

- Místní odpory při izotermickém proudění se určují z rovnice

$$\Delta p_{\zeta} = \zeta \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

- Součinitel místního odporu  $\zeta$  závisí
  - na geometrickém tvaru kanálu,
  - na uspořádání trubkových svazků
  - na  $Re$ .
- Při neizotermickém proudění se  $w$  a  $\rho$  se vztahují na teplotu proudu  $t$  a  $\zeta$  se určí pro kinematickou viskozitu média o teplotě stěny  $t_{sr}$ .
- Hodnoty součinitelů  $\zeta$  typických případů místních odporů lze najít v příručkách nebo skriptech

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

31

## Tlakové ztráty při příčném jednofázovém omývání svazků trubek

- Pro určení tlakové ztráty svazku se užívá vztah, který souhrnně vyjadřuje odpory třením a místní
- Ztrátový součinitel  $\zeta_{sv}$  závisí na typu a geometrii svazku a určí se z následujících rovnic:

a) vystřídáný svazek

$$\text{pro } \frac{s_1}{D} < \frac{s_2}{D} : \zeta_{sv} = (4 + 6,6 \cdot z_2) \cdot Re^{-0,28}$$

$$\text{pro } \frac{s_1}{D} > \frac{s_2}{D} : \zeta_{sv} = (5,4 + 3,4 \cdot z_2) \cdot Re^{-0,28}$$

b) svazek trubek za sebou

$$\zeta_{sv} = (6 + 9 \cdot z_2) \cdot Re^{-0,26} \cdot \left(\frac{s_1}{D}\right)^{-0,23}$$

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

32

## Určování vztlaku

- Vztlak jakékoliv části kotle včetně komína při ustáleném tahu se vyjadřuje vztahem

$$\Delta p_v = (z_2 - z_1) \cdot g \cdot \left( \rho_v - \rho_{so} \frac{273}{273 + t_z} \right)$$

- v němž
  - $z_2 - z_1$  [m] je rozdíl vertikálních vzdáleností středů počátečního a konečného průřezu,
  - $t_z$  [°C] - střední teplota spalin,
  - $\rho_v$  [kg/m<sup>3</sup>] - hustota atmosférického vzduchu
  - $\rho_{so}$  [kg/m<sup>3</sup>] - hustota spalin při 0,1 MPa a 0 °C s přihlédnutím k popílku, který je ve spalinách obsažen.
- U kanálů s prouděním proti působení zemské tíže je nutno uvažovat vztlak se záporným znaménkem, protože působí proti smyslu proudění.

13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

33

## Návrh vzduchových a sacích ventilátorů

- v ohništi i průtazích velkých kotlů je udržován určitý malý podtlak
  - je zajištěno, že i při otevření pozorovacích a manipulačních otvorů, popř. při vzniku pulsací, nepronikají z kotle spaliny do kotelny.
- Bod nejnižšího podtlaku ve spalínovém traktu se navrhuje v nejvyšším místě ohniště a volí se  $\Delta p_{st} = -20$  až  $-100$  Pa proti atmosférickému tlaku.
- Minimální hodnota tohoto podtlaku je udržována regulátorem.
- U velkých zařízení musí být vzduch do velkoprostorových ohnišť dopravován ventilátory
  - $\Delta p_c = 2\ 000$  až  $6\ 000$  Pa
  - u fluidních a cyklónových ohnišť až 20 kPa.
- Sací a vzduchový ventilátor, popř. i komín, u kotle s podtlakovým ohništěm pracují v sérii.
- Pokud u velkých kotlů nestačí k odvodu spalin a přívodu vzduchu jen jeden spalínový a jeden vzduchový ventilátor, je třeba řadit dva spalínové a dva vzduchové ventilátory vedle sebe

13.12.2019

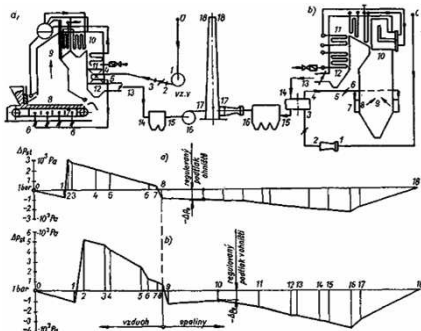
Stavba kotlů - přednáška č. 11

34

## Schematický průběh statického tlaku ve vzduchovém i spalínovém traktu

Kotel s podtlakovým ohništěm

a - roštovým,  
b - práškovým



13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

35

## Návrh vzduchových a sacích ventilátorů

- je třeba znát
  - tlakové ztráty všech částí vzduchového a spalínového traktu kotle,
  - všechny kladné i záporné vztlaky průtahů včetně komína a ohniště,
  - statický podtlak v ohništi
  - dynamické tlaky.
- Z těchto hodnot v sacím i výtlačném traktu každého ventilátoru se pak určí celkový tlak ventilátoru.
- Pro skutečný objem, vstupující do sání ventilátoru (včetně falešného přísátého vzduchu), lze pak podle výrobních katalogů vybrat potřebné typy a velikosti ventilátorů a určit jejich příkony, popř. výkony a elektromotory k jejich pohonu.

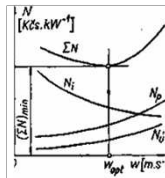
13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

36

## Návrh vzduchových a sacích ventilátorů

- tlakové ztráty a dynamický tlak závisí na rychlostech vzduchu a spalin v jednotlivých částech kotle.
- větší hodnoty rychlostí vedou k
  - lepšímu přestupu tepla, a tím k zmenšení výhřevné plochy,
  - zmenšení průtočných průřezů, a tím k menší hmotnosti kotle
  - menšímu obestavěnému prostoru.
  - přivodí velkou tlakovou ztrátu a dynamický tlak, což znamená větší spotřebu energie
  - poroste eroze trubek popílkem, a tím nároky na údržbu



13.12.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 11

37

