

Pro tyto podmínky byl v [23] odvozen vztah (3.100), který zohledňuje vliv omezeného prostoru na podmínky sdílení tepla. Tento vliv je vyjádřen v konstantě a v novém členu - poměru průměrů obou trubek.

Obr. 3.7 Průběh teploty na povrchu příčně obtékané trubičky vložené do omezeného prostoru [23]

$$Nu = 0,25 Re^{0,8} Pr^{1/3} \left( \frac{d}{D} \right)^{0,2} \quad [-] \quad (3.100)$$

s platností pro  $d = 0,012 \text{ m}$ ,  $0,06 \text{ m} < D < 0,3 \text{ m}$ ,  $3\,000 < Re < 3,5 \cdot 10^5$ ,  $Pr = 7$ , kde  $d$  je průměr malé trubky vložené příčně, obtékané proudem,  $D$  je průměr velké trubky.

Tento vztah pro výpočet Nusseltova čísla se liší od empirických vztahů uvedených v literatuře pro analytické řešení příčného obtékání kruhové trubky. Odlišnost je způsobena tím, že všechny vztahy uvedené v literatuře jsou určeny pro obtékání v neohraničeném prostoru, neovlivněném přítomností stěny obklopující proudící tekutinu a též příčnou trubku. Zejména oblasti styku stěny velké trubky se stěnou malé vložené trubky mohou ovlivnit celkový průběh jak proudění, tak přenosu tepla v této oblasti a tím pádem i průměrné hodnoty sledovaných veličin.

### Kolmé obtékání svazku trubek

Obvykle se setkáváme se dvěma typy uspořádání trubek ve svazku a to s uspořádáním trubek za sebou (vedle sebe) a střídavě. Rozmístění trubek je pak dáno vzájemným poměrem roztečí mezi trubkami, podélné a příčné. Na rozdíl od první řady trubek, pro kterou je charakter příčného obtékání velmi podobný s příčným obtékáním jedné trubky, v prostoru dalších řad trubek má jiný charakter.

Součinitel přestupu tepla má pro první řady trubek ve svazcích jak za sebou i vystřídáných stejný průběh, jako u samostatné trubky. Pro další řady trubek má součinitel přestupu tepla různý průběh ve svazcích za sebou a jiný ve svazku vystřídáném.

Pro trubky ve svazku za sebou má součinitel přestupu tepla největší hodnotu na čelní straně v ose proudu, pro střídavé uspořádání má největší hodnotu v místech povrchu trubky úhlu asi  $50^\circ$  vzhledem ke směru proudění.

Jak plyne z experimentálních zjištění, zvětšuje se přestup tepla za první řadou trubek. Vysvětlujeme si to zvýšením turbulence při obtékání první řady. Od třetí řady trubek již přestup tepla přestává růst.

Sazima a kol. [20] uvádí vztahy pro kolmé obtékání trubek ve svazku, které jsou uspořádány za sebou, nebo vedle sebe. Součinitel přestupu tepla závisí na roztečích a uspořádání trubek ve svazku (od třetí řady svazku se prakticky nemění).

Svazky trubek se používají ve výměnících tepla, v nichž je žádán co největší součinitel přestupu tepla. Proto se v takovýchto zařízeních snažíme o turbulentní tok, pakliže není laminární tok vyžadován z hlediska konstrukce výměníku, provozních důvodů či z hlediska kvality pracovního média (turbulentní tok by mohl měnit jeho fyzikální vlastnosti).

Proudí-li tekutina kolem řady trubek, stává se přestup tepla v jednotlivých částech svazku složitější. Trubky jsou v praxi uspořádány buď za sebou, nebo vystřídane (obr. 3.8).

V následujících tabulkách jsou uvedena kritéria pro volbu materiálu desky a těsnění pro jednotlivé případy chemických vlastností média, pracovní teploty a tlaky výměníku.

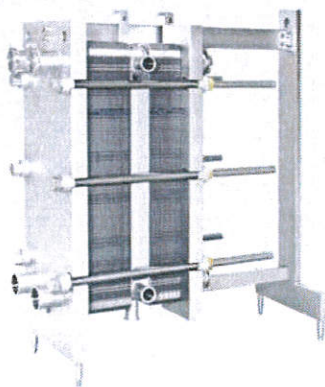
**Tab. 13.3 Kritéria výběru materiálu desky a těsnění mezi deskami pro šroubovaný výměník (systém voda/voda)**

| Obsah chloridu   | Materiál desky    |      |       |       |
|------------------|-------------------|------|-------|-------|
|                  | Maximální teplota |      |       |       |
|                  | 60°C              | 80°C | 100°C | 120°C |
| 10 ppm           | 304               | 304  | 304   | 316   |
| 25 ppm           | 304               | 304  | 316   | 316   |
| 50 ppm           | 316               | 316  | 316   | Ti    |
| 80 ppm           | 316               | 316  | 316   | Ti    |
| 150 ppm          | 316               | Ti   | Ti    | Ti    |
| 300 ppm          | Ti                | Tu   | Ti    | Ti    |
| > 300 ppm        | Ti                | Tu   | Ti    | Ti    |
| Materiál těsnění | Nitril            |      |       |       |
|                  | EPDM              |      |       |       |

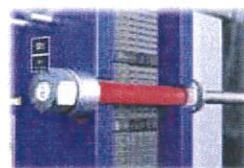
**Tab. 13.4 Kritéria výběru materiálu desky a těsnění mezi deskami pro šroubovaný výměník (systém voda/olej)**

| Obsah chloridu   | Materiál desky    |      |       |       |
|------------------|-------------------|------|-------|-------|
|                  | Maximální teplota |      |       |       |
|                  | 60°C              | 80°C | 100°C | 120°C |
| 10 ppm           | 304               | 304  | 304   | 316   |
| 25 ppm           | 304               | 304  | 316   | 316   |
| 50 ppm           | 316               | 316  | 316   | Ti    |
| 80 ppm           | 316               | 316  | 316   | Ti    |
| 150 ppm          | 316               | Ti   | Ti    | Ti    |
| 300 ppm          | Ti                | Tu   | Ti    | Ti    |
| > 300 ppm        | Ti                | Tu   | Ti    | Ti    |
| Materiál těsnění | Nitril            |      |       |       |

### *Rám /pájený obal výměníku*



Obr. 13.45 Rám výměníku [33]

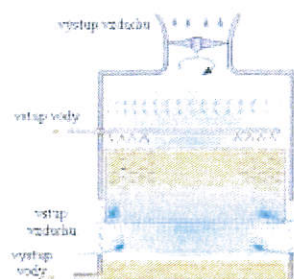


*Detail šroubu [31]*

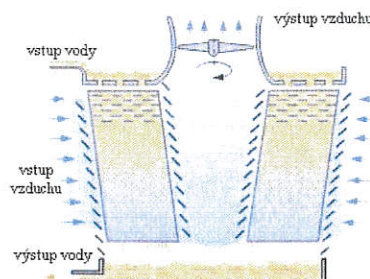


*Detail spojení rámu*

Chladicí věže s nuceným tahem používají ventilátory, poháněné elektromotory, pro vyvolání toku vzduchu (obr. 15.3 a 15.4). Je-li ventilátor umístěn na vstupu vzduchu v základně věže; jde o nucený tok, když je ventilátor umístěn ve výstupu vzduchu v horní části věže, jde o indukovaný tok. Používají se odstředivé a axiální ventilátory, avšak axiální ventilátory jsou obvyklé při indukovaném toku.



Obr. 15.3 *Indukovaný tok, smíšený proud, [22]*

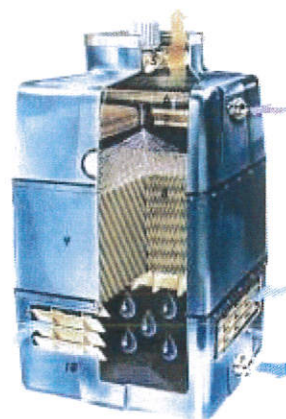


Obr. 15.4 *Indukovaný tok, příčný tok. [22]*

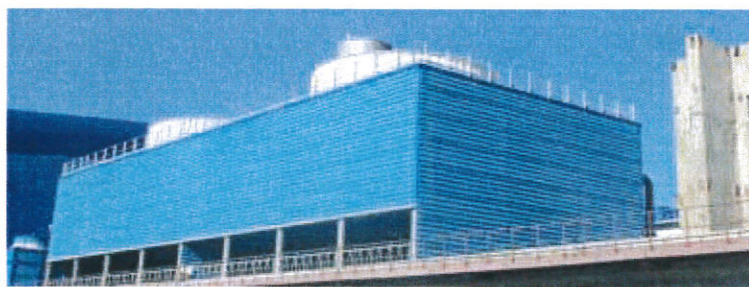
Ve většině chladicích věží, uvedeného typu, se asi 1% průtoku vody ztrácí do atmosféry odpařením a strháváním jemných kapiček vody vzduchem. (Větší kapky jsou zachyceny „odlučovači“, které jsou tvořeny polem lamel pokrývajících celý průřez věže těsně nad systémem rozprašování vody). Tato ztráta musí být doplněna externím zdrojem.

Sdílení tepla v těchto zařízeních se realizuje vedením, konvekcí a nemalou složku tvoří vypařování. Vzduch nasycený vodní parou proudí horní částí chladiče do atmosféry, ochlazená voda je sbírána ve sběrných bazénech pod chladičem, odkud je vedena zpět do oběhu.

Kompaktní chladicí věž s nuceným tahem dle schématu na obr. 15.6 slouží k odvádění nízkopotenciálního tepla vznikajícího ve výrobě, přiváděného do chladicí věže ohřátou vodou. K předávání tepla dochází mezi vodou a vzduchem jejich mísením, voda je rozstříkována do proudu vzduchu. Proudění vzduchu zajišťuje ventilátor.



Obr. 15.5 *Model chladicí věže s nuceným oběhem [70]*



Obr. 15.6 *Chladicí věže s nuceným oběhem [58]*



Obr. 15.7 *Difúzor chladicí věže s nuceným tahem [80]*