

## Recenze diplomové práce

Název: *Rekuperační výměník pro větrací jednotku se zpětným získáváním tepla*

Autor: Bc. David Neuhort

Obor: Technika životního prostředí

Kód DP: *11-TŽP-2015*

Diplomová práce (dále jen DP) pana Neuhorta na téma „Rekuperační výměník pro větrací jednotku se zpětným získáváním tepla“ má celkový rozsah 74 stran a 3 výkresové přílohy. Textová část obsahuje celkem 11 kapitol. Práce komplexně seznamuje čtenáře s problematikou návrhu rekuperačních výměníků pro větrací jednotky. DP na základě teoretických principů popsaných v úvodních kapitolách podrobně popisuje návrh konkrétní teplosměnné plochy dle zadání, přičemž využívá závěrů z provedených CFD simulací.

V kapitole 3 je přehlednou formou popsána funkce rekuperačních výměníků, která je prezentována teplotním faktorem (účinností zpětného zisku tepla výměníku). Nechybí ani popis nejdůležitějšího jevu u rekuperačních výměníků, kterým je kondenzace v odvodní části teplosměnné plochy, včetně dopadů na přestup tepla a tlakové ztráty. Zajímavou součástí kapitoly je problematika výběru vhodného materiálu pro teplosměnnou plochu výměníku tepla a rozbor vlivu podélného vedení tepla na přestup tepla s použitím Pecletova kritéria. Na základě výpočtu v kapitole 3.3.1. byl vyvozen závěr, který poukazuje na vyšší hydraulické ztráty při použití trojúhelníkového průřezu kanálu oproti čtvercovému průřezu a to v oblasti laminárního i turbulentního proudění za předpokladu stejné střední rychlosti vzduchu v obou variantách tvaru kanálu. Na druhou stranu z analýzy spotřeby materiálu pro výrobu výměníku vyplývá vhodnější použití trojúhelníkových kanálů z důvodu cca 24% úspory materiálu a lepší sestavitelnosti celého výměníku.

Následující kapitola 4 seznamuje čtenáře s novou evropskou legislativou související s nařízením Evropské unie (dále jen EU) č.1253/2014, které se týká kromě jiného i větracích jednotek s rekuperací tepla. Toto nařízení vychází ze závazku EU obecně známým pod názvem „20/20/20“, kterým se EU zavazuje do roku 2020 snížit emise skleníkových plynů o 20%, redukovat spotřebu energie o 20% a docílit podílu 20% energie z obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě EU. Tento primární závazek generuje velké množství sekundárních směrnic, které se týkají i konkrétních spotřebičů energií (v našem případě větracích a rekuperačních jednotek).

Součástí kapitoly 5 je podkapitola 5.5.1 poukazující na rozdíly mezi tlakovou ztrátou výměníku s trojúhelníkovým kanálem získanou výpočtem a CFD simulací. Rozdíly jsou způsobeny použitím hydraulického průměru pro teoretický výpočet tlakové ztráty, přičemž je zjevně hodnota ve výpočtech použitého smočeného obvodu „O“ rozdílná od teorie. Po použití Boussinesgova výrazu o vývoji rychlostního profilu laminárního proudění došel autor k závěru, že tento vztah vhodný pro kruhový kanál není vhodný pro trojúhelníkový kanál a je nutné tedy použít CFD simulace.

Z výsledků CFD simulací vyplývá, že při rozměrech rekuperačního výměníku pro kompaktní jednotky není možné vyvinutého laminárního proudění nikdy dosáhnout (v kanálu je  $Re < 500$ ), protože to dostupná délka kanálu neumožňuje. Kapitola 5.2 popisuje postup intenzifikace přestupu tepla pomocí zalomení přímého kanálu a porovnává výsledky tlakových ztrát pro různé geometrie zalomení. Tento způsob intenzifikace přestupu tepla (zalomení kanálu) používá v praxi řada výrobců rekuperačních výměníků tepla.

Závěr z kapitoly 6.1 a 6.2 potvrzuje tvrzení z kapitoly 3.1 o vhodnosti použití tepelného izolantu na stěny výměníku, který má malý součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ . Součinitel prostupu tepla vychází vyšší při použití nenapěněného polystyrenu oproti hliníkovému plechu – rozdíl je cca +10%. Toto zjištění potvrzuje dnešní trend výrobců rekuperátorů, kteří se uchylují k výrobě výměníků z plastů.

Kapitola 6.2 a 6.3 připravuje podklady pro výběr nejvhodnější geometrie navrhovaného typu výměníku a dává výsledky, které umožní výběr geometrie plochy tak, aby nebyla přesáhnutá zadaná tlaková ztráta rekuperačního výměníku 225Pa. Výpočet konkrétních tlakových ztrát pro 3 příklady geometrie kanálu je uveden v kapitole 7.

Finální kapitola 8 podrobně popisuje postup výpočtu konkrétní varianty výměníku s kombinací souproudeho výměníku a protiproudeho výměníku. Uvedený postup má velký význam pro technickou praxi v oblasti návrhu teplosměnných ploch rekuperačních výměníků.

Závěr diplomové práce shrnuje poznatky, které plynou z jednotlivých kapitol, a je nutné souhlasit s tvrzením, že teoretický návrh uvedený v DP by měl být ještě ověřen experimentem na reálném výměníku, který ale bohužel přesahuje rámec této DP.

Připomínky ke zpracování diplomové práce:

- 1) Str.6: Stejně označení „a“ pro teplotní vodivost a délku strany trojúhelníkového profilu kanálu.
- 2) Str.6: F – pro toto označení je lepší použít výraz „korekce třídy filtrace“.
- 3) Str.7: e – pro toto označení je lepší použít výraz „přívodní čerstvý vzduch na přívodní straně rekuperátoru“
- 4) Str.7: Pro zkratku BVU ze směrnice EC/1253/2014 je vhodnější překlad „větrací jednotka s dvěma proudy vzduchu“.
- 5) Str.11: V textu 4. řádku shora je překlep ve vzorci, který má mít správně tvar  $M_i = M_e$ .
- 6) Str.27: Laminární proudění je obvykle definováno pro  $Re < 2200$ . V textu je špatně uvedeno, že se do této hranice jedná o turbulentní proudění.
- 7) Str.36 a 37: U oběhových systémů by bylo vhodné osvětlit, že se jedná o systémy zpětného získávání tepla s pomocnou tekutinou (např. glykolové okruhy).
- 8) Výkresové přílohy: Ve výkresech chybí kóta celkové výšky výměníku „V“.

Otázka:

- 1) Jakou hlavní nevýhodu mají rekuperační deskové výměníky vyráběné z plastů ?
- 2) Při kondenzaci vlhkosti na odvodní straně rekuperačního výměníku hrozí v zimních obdobích nebezpečný jev. Řekněte jaký jev, jakým způsobem tento jev detekujeme a jakým algoritmem řízení tento jev odstraníme?

Celkové hodnocení:

Diplomová práce je graficky přehledná, má věcně zpracovanou teoretickou část a přehledně zpracované výsledky simulací a teoretických výpočtů. Výsledky práce považuji za přínos pro výrobce rekuperačních výměníků tepla, kteří se rozhodují o budoucí cestě ve vývoji těchto důležitých komponentů větracích jednotek. Uvedené připomínky jsou spíše formálního charakteru a rozhodně nesnižují odbornou kvalitu diplomové práce. Jedná se spíše o překlepy.

Mohu konstatovat, že diplomová práce pana Bc. Davida Neuhorta splnila zadání.

Pro závěrečnou klasifikaci navrhuji stupeň: A (výborně)

Ing. Jan Kontra  
Elektrodesign ventilátory, s.r.o.  
Boleslavova 15, 140 00 Praha 4

V Praze, 24.7.2015