



Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Ondřej Nehasil

Název disertační práce Využití adiabatického chlazení ke snížení spotřeby energie

Studijní obor Pozemní stavby

Školitel Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

Oponent Ing. Bohumil Cimbál

e-mail bohumil.cimbal@atrea.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Chlazení budov nabývá v posledních letech na významu stejně jako stálé snižování energetických nároků. Ve spojení s úsporami vody se téma disertační úprave dotýká velmi aktuálního problému.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Velmi se mi líbí hlavní hypotéza i cíl disertační práce – zpřístupnit energeticky zajímavý ale velmi komplikovaný děj běžnému inženýrovi a umožnit jeho použití v široké praxi. Autorovi se povedlo na jednom užším případě (křížoproudý výměník se svislými deskami) najít hledané závislosti a vytvořit a ověřit parametrickou rovnici vhodnou pro inženýrský výpočet v praxi.

Kromě toho bylo nalezeno a ověřeno několik zajímavých fyzikálních závislostí, které mohou pomoci v dalších etapách výzkumu nepřímého vypařovacího chlazení.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Autor zvolil správné metody a postupy.

Mile mě překvapila pečlivost provedení experimentu, například důkladnost změření netěsností a mísení vzduchů ETA a SUP pomocí trasovacího plynu. Netěsnost je „komplikací“, která by mohla skutečně zásadně ovlivnit výsledky měření, a proto je dobře, že se jejímu měření věnovalo takové úsilí.

Pro porovnávání různých technik IEC (trysek, průtoků, poloh atd.) byly zvoleny vhodné metriky a postupně se autor zaměřoval na nejúčinnější techniky, které podrobněji studoval. Tento postup se mi jeví jako velmi vhodný a pragmatický.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Schvaluji autorův praktický přístup k tak teoretickému problému a líbí se mi vymezení dvou základních otázek v kapitole 3.3. Samozřejmě odpovědi na tyto dvě otázky musí být různé, což je zcela v pořádku, a v praxi si projektant nebo výrobce zařízení vždy musí rozhodnout prioritou dle konkrétní situace. Autor si vytkl cíl vytvořit inženýrský nástroj a ten by podle mého

soudu měl sloužit především k řešení konkrétních realizací. Takže neschopnost nalézt obecné řešení není vůbec na závadu a nijak se nevymyká předem deklarovanému cíli.

Práce má jak praktický přínos pro aplikaci v reálných projektech vzduchotechniky, tak bude i dalším z nemnoha pilířů, na nichž se dá stavět další výzkum.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Věřím, že se povede výsledky této práce přenést do praxe, a to jak mezi výrobce vzduchotechnických jednotek, kteří mohou výsledky použít při návrhu integrovaného adiabatického chlazení, tak mezi projektanty, kteří budou parametrickou rovnicí a na ní navazující výpočtové nástroje používat v každodenní praxi.

Například zjištění závislosti mezi potřebným množstvím vody a plochou výměníku, bez závislosti na průtoku vzduchu, je pro praxi velmi cenné

Doufám, že buď přímo autor nebo jiný vědecký tým naváže na fakta prezentovaná v této práci a bude pokračovat ve výzkumu. Zejména v aplikacích pro jiné typy a polohy rekuperačních výměníků.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Disertační práce je i přes svoji vysokou odbornost čtivá, srozumitelná a vhodně doplněné obrázky a grafy.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Připomínky

Práce se již v zadání omezuje na „křížoproudé výměníky se svislými deskami, sou proudem vody a sekundárního vzduchu a gravitačním pohybem vodního filmu po teplosměnné ploše“, což je určitě škoda. Zejména v kontextu platného nařízení Evropského parlamentu 1253/2014 (Ekodesign), z něhož nepřímo vyplývá, že křížové výměníky nevyhovují požadavkům na minimální účinnost, a tedy nemohou být v běžných VZT jednotkách vůbec použity. Celý výrobní segment se již od roku 2014 přesměroval na protiproudé výměníky. Navíc bude platit, že čím vyšší teplotní účinnost deskového rekuperátoru, tím více se využije efekt vypařovacího chlazení. Tedy používání křížových výměníků nedává příliš smysl. Ale je zřejmé, že výsledky mají daleko širší platnost a vhodnou parametrizací se podaří v budoucnu vytvořit výpočtové nástroje i pro moderní typy rekuperátorů.

Nemohu souhlasit s větou v úvodu práce, že „Přímé adiabatické chlazení nachází uplatnění jen v provozech nenáročných na vnitřní prostředí.“ Jsou zejména průmyslové aplikace, kde je tento způsob naprosto ideální z pohledu udržení mikroklimatu.

Zdá se mi, že na základě zkušenosti s jednou testovanou VZT jednotkou jsou konstrukční překážky (v kap. 1.1. na str.13) zbytečně zveličeny. V každé VZT jednotce může zcela běžně vznikat kondenzát na straně odpadního vzduchu. Proto se s vlhkostí počítá, jak z hlediska použitých součástí, tak povrchové ochrany ploch.

Velmi zajímavý a přínosný je ekonomický pohled na využití adiabatického nepřímého chlazení. Bez podobného posouzení většina teoretických experimentů nenalezne rychlé uplatnění v praxi. V takto postavené vědecké práci mě ale překvapila přímočarost vyčíslení ceny chladu rovnou v Kč/kWh (v kap. 1.4.6.). Závislost na ceně vody a energie bude značná. Informace má časově omezenou vypovídací hodnotu. Za lepší bych považoval např. stanovení poměru k aktuálním cenám elektrické energie a vody.

Proč je na obr. 13-d) zdůrazněno, že jde o regenerativní výměník? Nefungoval by stejně (ba lépe, protože by se nepřenášela vlhkost do interiéru) i rekuperativní výměník?

Za diskutabilní považuji stanovení relevance v kapitole 4.6., kdy se při měření smiřujeme s odchylkou +/-20% od zachování energie. Pro měření v reálných podmínkách stavby je to akceptovatelné, ale v laboratorním prostředí (utěsnění jednotky, homogenizace tepot a vlhkosti v proudu vzduchu, atd.) by mělo být možno dosáhnout lepšího přiblížení. Jak hodně tato nepřesnost měření ovlivní výsledný výpočtový algoritmus?

Kalibrace modelu podle změřených dat provedená v kap. 6.2. výpočet omezuje na poměrně konkrétní případ. Jak snadné je použít stejný model s jinými vstupními daty?

Model byl zbytečně komplikován velkou netěsností výměníku a jeho osazení v jednotce. V praxi by tato netěsnost u deskového výměníku neměla překročit 1,5% z nominálního množství proudícího vzduchu. Jak by se tato hodnota projevila ve výsledku; respektive, bylo by nutné v tomto případě netěsnost v modelu vůbec uvažovat?

Zdá se mi, že v kapitole 8.5.1. byl omylem zaměněn výraz hydrofilní a hydrofobní.

V grafu Obr.99 se zdá, že (křivka podle Nehasila) platí, že čím vyšší teplota vody, tím nižší bude teplota SUP. Jaké pro to existuje fyzikální odůvodnění?

Dovolím si jen komentář k hygienickým opatřením v kap. 8.3.2 – První hygienické opatření je silně proti ekonomice provozu. Druhé opatření zase prodraží investici (instalace UV lampy). Třetí opatření není dostatečné – vždy totiž hrozí zkrat vzduchu na venkovní straně (přimíchávání vzduchu EHA do ODA na sání).

Kapitola 2.6 obsahuje pěkně zařazené podpůrné argumenty pro použití vypařovacího chlazení, které již v zárodku berou vítr z plachet případným odpůrcům argumentujícím spotřebou vody jako ekologickým problémem. Jen mi není jasné, proč byl v této práci použit příklad města Tbilisi a ne jakéhokoli českého místa, kde by byla situace stejně markantní.

Přestože je rovnice platná jen pro jeden typ výměníku, určitě bude možné najít podobnou rovnici pro každý reálný deskový rekuperátor. Považoval bych za dobré v další práci najít takový druh experimentů, které by při minimálním počtu měření umožnily parametrizovat rovnici pro zcela jiný typ rekuperátoru (tvar, materiál, povrchová úprava, smáčivost, vzdálenost desek...). Viz kapitola 6.2. Jinak jsou všechna další omezení (kap. 7.3.3.) pro praktické použití akceptovatelná. Také hranice platnosti rovnice jsou v reálných mezích. Jen bude třeba ověřit limity teplotní účinnosti pro protiproudé deskové výměníky.

Závěrečné zhodnocení disertace

Disertační práce je vypracována na základě několikaleté pečlivé experimentální práce a přináší jak teoretické výsledky použitelné v budoucím výzkumu, tak první prakticky použitelné závěry v tomto oboru.

Doufám, že autor bude ve své práci pokračovat. Zejména bych ocenil rozšíření platnosti na jiné typy a polohy rekuperačních výměníků a vytvoření výpočtového nástroje (např. Excelu) pro praktické použití mezi projektanty VZT.

Doporučuji po úspěšné obhajobě disertační práce udělení titulu Ph.D.

ano

ne

Datum: 7.11.2019

Podpis oponenta: 