22-01-2014

# Oponentský posudek disertační práce
**Ing. Pavel Adam**

**Využití nízkoteplotních zdrojů energie pro vzduchotechnické systémy v obytných budovách**

Oponent: **Ing. Petr Horák, Ph.D.**

a) Aktuálnost tématu disertační práce

Současným trendem ve stavebnictví je z důvodu legislativní pretenze přicházející z EU výstavba domů s „téměř" nulovou spotřebou energie. Výstavba na základě těchto požadavků ukazuje, že běžné systémy TZB jsou nedostačující, energeticky příliš náročné. Ve stavebnictví se hledají nové možnosti úspor energie. Jednou z cest jak uspořit energií pro systémy TZB, při zachování požadované kvality prostředí a splnění požadavku domu s „téměř" nulovou spotřebou energie je aplikace nízkoteplotních zdrojů energie. Z tohoto pohledu je disertační práce velmi aktuální a zapadá svým pojetím do konceptu energeticky úsporné výstavby.

b) Naplnění cílů disertační práce

Cílem práce bylo vytvořit teoretický model tří různých vzduchotechnických systémů pracujících s nízkoteplotní energií. Dále bylo cílem provádět praktická měření různých typů nízkoteplotních výměníků tepla v laboratoři. Jako posledním cílem bylo stanoveno měření koncentrace $CO_2$ in situ.

Teoretické modely posloužili k predikci ekonomicko-technického zhodnocení užití výměníku pracujících s nízkoteplotní energií v obytných budovách. Praktická měření ukázala aplikační potenciál nízkoteplotních výměníků. Na základě výsledků disertační práce je možné konstatovat, že zadané cíle byly bezezbytku splněny.

c) Postup, výsledky a přínos doktoranda

Autor práce postupoval v souladu s běžnými vědeckými metodami odpovídající danému stupni poznání a náročnosti problematiky. Byla použita analýza současného stavu. Následně s pomocí syntézy a matematického modelování byly vytvořené teoretické modely jednotlivých variant. Zprvu autor postupoval při tvorbě teoretických modelů pomocí užití jednodušších algoritmů v prostředí Excel. Po získání jisté erudice následně přešel na sofistikované prostředí Trnsys, kde sestavil náročné modely pro celoroční energetickou bilancí jednotlivých systémů. Po dovršení teoretického modelování, byly prováděny praktické experimenty. Takže vlastní výzkumná činnost se skládá z teoretické (výpočtové) a praktické (laboratorní, měřeni in situ) části. Na jednu stranu je šíře záběru doktorské práce dosti obsáhlá. Na druhou stranu je možné díky této neobvyklé šíři záběru porovnat odlišné systémy pracující s nízkoteplotními zdroji energií komplexně, tak aby vynikly odlišnosti a specifika jednotlivých systémů.

Jednoznačný přínos práce vidím rovněž ve vypracování detailních modelů se zahrnutím reálných okrajových podmínek. Novům práce jsou i praktická měření různých typů nízkoteplotních výměníků. Jde o naprosto unikátní typy výměníků, které jsou patentově chráněny a vznikly v rámci výzkumných projektů, ve kterých byl autor práce zapojen v rámci doktorského studia.

d) Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru

V rámci disertační práce byly pomocí modelování vyhodnoceny tři způsoby aplikace nízkoteplotního zdroje energie pro VZT systémy. Konkrétně šlo o využití kapalinového zemního výměníku, dále využití solárních kolektorů a poslední variantou je aplikace speciálního typu výměníku v kapalinovém okruhu VZT pro zpětné získávání tepla. Dále bylo provedeno praktické měření výkonu speciálních typů nízkoteplotních výměníků tepla a měření koncentrace $CO_2$ v reálném objektu.

Co se týče modelování tří variant využití nízkoteplotního tepla ve VZT, tak zde vidím velký přínos, v komplexnosti práce. V každé variantě bylo provedeno několik podvariant, které byly sofistikovaně nasimulovány a ekonomicky vyhodnoceny. Na základě výsledků pak následně byly stanoveny možností využití pro praxi. Ukázalo se, že varianta 1(kapalinový zemní výměník) a 2(solární kolektory) nejsou v praxi rentabilní. Přesto se tyto aplikace stále objevují v praxi. Varianta 3 (speciálního typu výměníku v kapalinovém okruhu VZT pro zpětné získávání tepla) se ukázala jako ekonomicky a technicky vhodná a přínosná. Aplikací tohoto způsobu užití nízkoteplotního zdroje energie získáme technologií s příznivou dobou návratnosti.

Zvláště bych vyzvedl praktická měření výměníků, která byla zrealizována v rámci výzkumných projektů, kterých se doktorand účastnil a jejichž dílčí výstupy jsou uvedeny v disertační práci. Tyto výměníky jsou unikátní a vše nasvědčuje tomu, že výsledky měření nastiňují směr vývoje nízkoteplotních výměníků.

e) Formální úprava, jazyková úroveň

Formální úprava odpovídá standardu disertační práce. Práce je přehledně členěná do jednotlivých kapitol, které na sebe logicky navazují. Výborná práce je vidět na grafické části. Použité obrázky modelů a simulací jsou na vysoké grafické úrovni, erudovaně zpracované. V textu disertační práce jsem našel drobné překlepy, které však nijak významně neznehodnocují kvalitu práce. Autor prokázal, že je schopen pracovat i s odbornou a vědeckou literaturou tuzemskou i zahraniční. Občas se v textu vyskytují drobné nešvary odborné terminologie, jako jsou slova typu „médium“, „boiler“ apod.

f) Dotazy k diskuzi

1. Na str. 36 odst. 5.1.1. je uvedeno, že oběhové čerpadlo v okruhu kapalinového zemního výměníku se v zimě zpustí, pokud teplota klesne pod -0,5 °C. Na základě jakých kritérií byla stanovena právě tato teplota? Domnívám se, že volba dané teploty má zásadní vliv na celkovou energetickou bilanci.
2. Prosím o přesnější interpretaci výsledků z tabulky 5.4.
3. Ekonomické vyhodnocení varianty zemního kapalinového výměníku je provedeno s životnosti projektu 100 let, proč byla zvolena tak dlouhá doba? Běžně se investice vyhodnocuji pro 20 let, vyhláška 480/2012 Sb. o energetickém auditu.
4. Při simulaci varianty 2 (solární kolektory) se ukázala, že teplota přívodního vzduchu do místnosti je velmi vysoká, místy přesahuje 60°C, obr 5.19, 5.21, 5.23(70°C). Zdůvodněte takto vysoké teploty v modelu. Jaký vliv na vnitřní prostředí bude mít takováto teplota přívodního vzduchu?
5. Vysvětlete nelinearitu chování modelu ve variantách B.1 a A.2 v tabulce 5.37. V obou případech jde o stejný plochý solární kolektor, ovšem v prvním případě je zisk tepla 86 kWh, v druhém 56 kWh.

6. Ekonomické vyhodnocení solárních kolektorů pro předehřev VZT je provedeno pouze jen pro jednu variantu, přitom je nasimulováno celkem 6 variant. Proč není provedeno ekonomické vyhodnocení všech 6 variant?
7. Na straně 92 je uvedeno, že délka topného období je v posledním modelu uvažována od 1. září do 31. května. Jak byla tato hranice stanovena, byla zohledněna průměrná venkovní teplota, která reálně stanovuje počátek a konec topného období (13°C)?
8. U posledního modelu je dle grafu na obrázku 5.36 teplota vzduchu za výměníkem nízká, nepřesáhne 8 °C. Toto je současně teplota přívodního vzduchu do místnosti. Nebude nutný již žádný dohřev vzduchu? Domnívám se, že takto nízká teplota přívodního vzduchu negativně ovlivní kvalitu vnitřního mikroklima místnosti.
9. Bylo by vhodné v práci v závěru porovnat vlastní dosažené výsledky s autory, kteří se zabývali podobnou problematikou a uvést kritické srovnání.

**Z pohledu oponenta práci hodnotím kladně a doporučuji k obhajobě.**

V Brně dne 20.1. 2014

Ing. Petr Horák. Ph.D. .....