

30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

Jednotlivý příspěvek ze sborníku



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zemní výměník tepla jako nový prvek v technice prostředí: projekt FRVŠ

Antonín KOLBÁBEK¹, Michal JAROŠ²

¹ Ing. Antonín Kolbábek, Energetický ústav, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 619 69 Brno, ykolba00@stud.fme.vutbr.cz

² Doc. Dr. Ing. Michal Jaroš, Energetický ústav, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 619 69 Brno, jaros@fme.vutbr.cz

Abstrakt: *Příspěvek představuje řešení schváleného projektu FRVŠ: "Zemní výměník tepla jako nový prvek v technice prostředí". Cílem projektu je vybudovat zemní výměník tepla (ZVT) pro zimní předeheřev a letní chlazení větracího vzduchu. Výměník s možností přepnutí mezi přímým a cirkulačním režimem bude připojen na experimentální domek větrání EÚ FSI VUT. Instalovaná měřicí aparatura bude napojena na počítačovou síť FSI VUT v Brně. Studenti budou na ZVT provádět jak přímá měření teplot, vlhkosti a průtoku vzduchu, tak i vyhodnocovat dlouhodobé záznamy provozních dat.*

1. Úvod

Zemní výměníky tepla se v nynější době již stávají běžnou součástí nízkoenergetických (NED) a pasivních domů (PD). Tyto domy už ze své podstaty (nutnost splnění energetických kritérií, viz [1]) musejí mít instalovanu jednotku nuceného větrání, doplněnou většinou o zařízení pro zpětné získávání tepla (rekuperaci), popř. o jednotku teplovzdušného vytápění [2]. Zemní výměník zde slouží jako součást větracího systému k zimnímu předeheřevu a letnímu předchlazení větracího vzduchu, při vynaložení minimálních provozních nákladů.

V zimním období výměník slouží také k protimrazové ochraně rekuperačního výměníku ve větrací/teplovzdušné jednotce. Dále je ZVT možné použít k cirkulačnímu chlazení interního vzduchu při „extrémních“ letních klimatických podmínkách (náhrada klimatizační jednotky typu SPLIT). Významně se tím pak zvyšuje kvalita vnitřního mikroklimatu budov.

Díky prozatím malému počtu energeticky úsporných domů se však v podmínkách ČR jedná o relativně nový technický prvek (na rozdíl od Německa či Rakouska), se kterým není zatím mnoho zkušeností (např. [3], [4]). Jeho realizace a následný provoz s sebou přináší též i některé problémy [2]. Z tohoto

důvodu se začíná používat také kapalinový typ ZVT ([5], [6]), který ovšem vyžaduje o něco vyšší investiční náklady než typ vzduchový.

2. Motivace

Schválený projekt FRVŠ má za cíl prakticky seznámit studenty Fakulty strojního inženýrství s tímto novým prvkem techniky prostředí a jeho provozem. Seznámí se také s principy jeho využití a způsobem zařazení do větracího a vytápěcího systému budov.

Instalovaná měřicí aparatura umožní měření aktuálních parametrů výměníku při různých větracích režimech i sledování jeho dlouhodobého chování, včetně měření teplotního rozvrstvení okolní zeminy v průběhu roku.

Z výsledků měření pak bude možno stanovit dosažený energetický přínos ZVT, resp. jeho podíl na snižování energetické náročnosti provozu domu. Taktéž se naměřené hodnoty mohou porovnat s energetickou simulací, zpracovanou např. v [6]. Studenti by si tím měli prohloubit znalosti z termodynamiky, přenosu tepla a látky, měřících metod aj.

Výhledově se uvažuje s on-line zobrazením aktuálních naměřených hodnot na www stránkách FSI, což by mělo vést ke zvýšení zájmu odborné i laické veřejnosti o využívání alternativních zdrojů energie.

Projekt představuje rozšíření stávající výuky a je zaměřen jak na studenty bakalářských (BS), tak i magisterských studijních programů (NMS) na Energetickém ústavu FSI VUT v Brně:

Strojírenství (BS)

– obor *Energetika, procesy a ekologie*;

Strojní inženýrství (NMS)

– obor *Technika prostředí*,
– obor *Energetické inženýrství*,
– obor *Fluidní inženýrství*.

Konkrétně se jedná o následující předměty:

– *Seminář aplikované termomechaniky* (BS),
– *Bakalářský projekt* (BS),
– *Technika prostředí* (NMS),
– *Experimentální metody I.* (NMS),
– *Diplomový projekt* (NMS),
– příp. řešení disertačních prací na EÚ.

Studenti budou při měření postupovat dle vypracovaných návodů laboratorních úloh, naměřená data se budou ukládat do vytvořené databáze provozních parametrů ZVT. Ta bude volně přístupná přes webovské stránky řešitelského pracoviště. Po úspěšné realizaci bude, vzhledem k minimálním provozním nákladům, udržitelnost projektu prakticky neomezená.

3. Experimentální dům větrání

Jedná se o samostatně stojící dvoupodlažní budovu velikosti rodinného domu s plochou střechou (realizace: 2003–2004), která se nachází v areálu FSI VUT v Brně (obr. 1). Zastavěná plocha činí 72,4 m², užitná plocha domu je 101 m² a obestavěný prostor činí 296,4 m³ [7]. Stavba je založena na patkách, umístěných na betonových základových pasech. Konstruktivně je dům řešen jako lehká dřevostavba sestávající z dřevěného skeletu opláštěného OSB deskami. V takto vzniklém prostoru je umístěna tepelná izolace (minerální vlna), ta je doplněna o vnější a vnitřní zateplovací systém. Celková tloušťka tepelné izolace je pro všechny obvodové konstrukce

300 mm. Dispozice a skladba konstrukcí je uvedena v článku [7].

Součinitelé prostupu tepla:

– obvodová stěna $U_{\text{wall}} = 0,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$,
– podlaha $U_{\text{floor}} = 0,14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$,
– střecha $U_{\text{roof}} = 0,17 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$,
– okna a vnější dveře $U_{\text{window}} = 1,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.



Obrázek 1: Experimentální dům VUT – jihozápadní pohled, převzato z [7].

Vytápění a ohřev TV:

Je koncipováno jako nízkoteplotní teplovodní vytápění (radiátorový okruh 50/40 °C a podlahové topení 35/30 °C) s akumulčním zásobníkem o objemu 400 l [7]. K zásobníku jsou napojeny dva vakuové solární kolektory, dotápění vody je zajištěno dvěma elektrickými topnými tělesy (celkový výkon 6 kW). Ohřev teplé vody je řešen průtokově výměníkem uvnitř nádoby.

Větrání

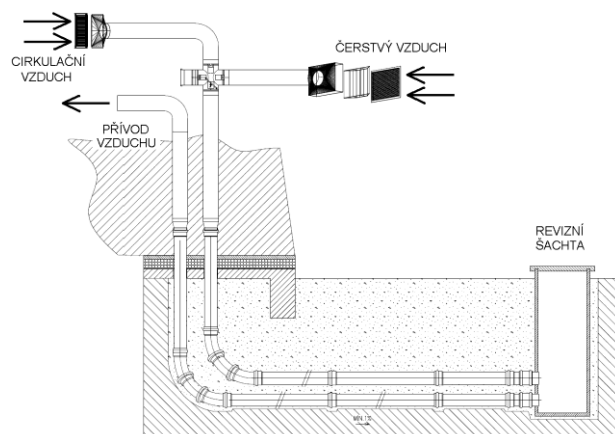
Dům je vybaven hybridním větracím systémem kategorie „fan assisted natural ventilation“, neboli přirozené větrání asistované ventilátorem [7]. Jedná se o systém pro mírné klimatické pásmo vyvinutý v rámci projektu RESHYVENT. Tento je ovládán centrální řídicí jednotkou za pomoci senzorů CO₂.

Experimentální dům měl původně sloužit pouze k výzkumu hybridního větrání v podmínkách ČR. Jelikož jsou zde instalovány i další systémy pro úsporu energie při vytápění a větrání, slouží nyní domek jako ukázkový

projekt implementace řízeného větrání. Instalovaný měřicí systém monitoruje potřebné parametry pro hodnocení přínosu řízeného větrání (kvalita vzduchu, energetické úspory).

4. Zemní výměník tepla

Plánovaný projekt vychází z konceptu cirkulačního typu vzduchového ZVT (obr. 2) firmy ATREA [8]. Výměník tak může pracovat v přímém/větracím režimu nebo – v letních měsících – v režimu cirkulačního chlazení interního vzduchu (předpokládá se manuální přepínání podle aktuální venkovní teploty).



Obrázek 2: Cirkulační typ vzduchového ZVT, upraveno dle [8].

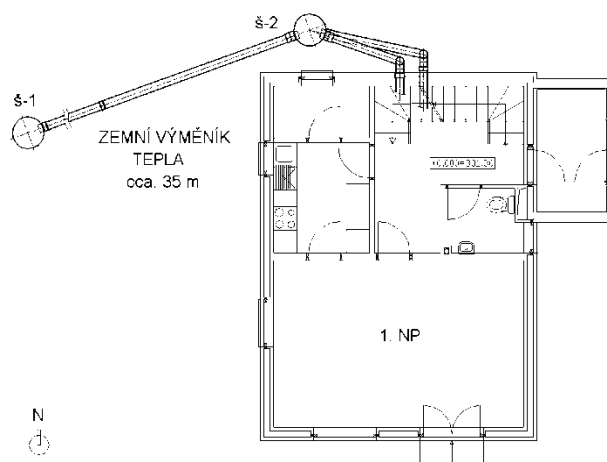
Z důvodu minimalizace investičních nákladů – hlavně ceny výkopových prací – i omezeného prostoru na pozemku budou obě větve potrubí uloženy nad sebou (poloviční délka výkopu). Bude použito kanalizační potrubí KG-System (PVC)[®] s těsnými spoji o kruhové tuhosti SN 4 (4 kN/m²) pro max. hloubku uložení 4 m. Základní parametry ZVT uvádí tab. 1. Aby se obě potrubí tepelně neovlivňovala, je mezi nimi volena osová vzdálenost 0,7 m.

Bezprostřední okolí obou potrubí bude pro lepší přenos tepla obsypáno jílovitou zeminou z nedaleké stavby *NETME Centre*. V prostoru výkopu (až do plánované hloubky) se nachází hlinitá zemina (méně vhodná pro obsyp); tou se výkop následně opět zasype.

Tabulka 1: Parametry zemního výměníku tepla

Typ ZVT	Cirkulační
Průměr potrubí	DN 200
Délka potrubí	2×15 m + připojení
Tloušťka stěny	4,9 mm
Materiál	KG PVC (SN 4)
Tepelná vodivost	0,15 W/(m·K)
Průměrná hloubka uložení	1,3 m 2,0 m

Pozemek je spádován směrem od kontrolní šachty š-1 k domku (viz obr. 3). Tím je zajištěno i vyspádování potrubí směrem k šachtě š-2, která tak bude sloužit ke sběru vzniklého kondenzátu. Napojení potrubí ZVT na experimentální dům bude řešeno přes obvodovou stěnu. Vyústění bude situováno ve vstupní hale pod schodištěm (obr. 3), což je jednodušší varianta než vstup přes podlahu (třebaže je domek založen na patkách).



Obrázek 3: Půdorys 1 NP, napojení cirkulačního ZVT.

Jelikož v domě není instalována ventilační jednotka a nejsou zde ani žádné VZT rozvody, bude vzduch nasáván pomocí radiálního (potrubního) ventilátoru. Ten bude zabudován ve spodním/přívodním potrubí (viz „*přívod vzduchu*“ na obr. 2). Ventilátor bude vybaven elektronickým regulátorem výkonu pro nastavení požadovaného větracího režimu.

Tlaková ztráta potrubní trasy by dle výpočtů (při průtoku $500 \text{ m}^3/\text{h}$ v cirkulačním režimu) neměla překročit 320 Pa.

Předpokládaný termín začátku realizace je červenec 2011. Celé zařízení pak bude zprovozněno do konce roku.

5. Měřicí trať

Měření budou teploty a vlhkosti vzduchu v každé větvi potrubí (vstup/výstup). Průtok vzduchu bude stanoven z průtočného průřezu a rychlosti měřené žhaveným anemometrem. Měření bude rovněž teplotní rozvrstvení zeminy v oblasti ovlivněné šachtami (asi v $\frac{1}{2}$ jejich vzdálenosti) i v neovlivněné oblasti dále od potrubní trasy.

Měřicí program (sestavený v jazyce LabView) bude zpracovávat data ze všech čidel, měřené parametry budou ukládány a dále přenášeny na počítačovou síť VUT. Program bude ovládat i elektronické řízení radiálního ventilátoru.

6. Závěr

Uvedený projekt FRVŠ má za cíl seznámit studenty FSI VUT v Brně se zemním výměníkem tepla jakožto novým prvkem v technice prostředí budov. Zprovozněná měřicí trať bude plnit funkci laboratorní úlohy.

Měření pak poskytnou studentům konkrétní představu o provozních podmínkách zemního výměníku, včetně jejich omezení, či potenciálních problémech při provozu (kondenzace vlhkosti během letního režimu, hygienické riziko apod.).

7. Literatura

- [1] BÁRTA J.: *ZÁKLADNÍ PRINCIPY KONCEPTU PASIVNÍHO DOMU*, IN: PASIVNÍ DOMY 2005, BRNO: CENTRUM PASIVNÍHO DOMU, 2005.
- [2] SRDEČNÝ K. a kol.: *KATALOG TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ NÍZKOENERGETICKÝCH DOMŮ* [online], EKOWATT 2006, [cit. 2011-05-24]. Dostupné z: <<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/24.pdf>>.
- [3] JINDRÁK M.: *ZKUŠENOSTI Z REALIZACÍ A PROVOZEM DOMŮ V ČR*, IN: PASIVNÍ DOMY 2007, BRNO: CENTRUM PASIVNÍHO DOMU, 2007.
- [4] KOPECKÝ P.: *HYGRO-THERMAL PERFORMANCE OF EARTH-TO-AIR HEAT EXCHANGERS*, DISETAČNÍ PRÁCE, ČVUT, PRAHA 2006.
- [5] ATREA s.r.o., JABLONEC NAD NISOU. *ZEMNÍ PLOŠNÝ KOLEKTOR* [online] [cit. 2010-09-10]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/?download=cz/obytn/08_03_11_zemni_plosny_kolektor.pdf>.
- [6] KOLBÁBEK A., JAROŠ M., SOKOLA R.: *ENERGETICKÁ SIMULACE ZEMNÍCH VÝMĚNÍKŮ TEPLA*, KONFERENCE SIMULACE BUDOV A TECHNIKY PROSTŘEDÍ 2010, PRAHA 2010.
- [7] JÍCHA M., CHARVÁT P.: *EXPERIMENTÁLNÍ DŮM PRO VÝZKUM VĚTRÁNÍ* [online], 29.10. 2004 [cit. 2010-09-10]. <<http://www.tzb-info.cz/2215-experimentalni-dum-pro-vyzkum-vetrani>>.
- [8] ATREA s.r.o., JABLONEC NAD NISOU. *ZEMNÍ VÝMĚNÍK* [online] [cit. 2010-09-10]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/?download=cz/obytn/09_05_03_zemni_vymenik_teplo.pdf>.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován s finanční podporou projektu FRVŠ 3206/2011/G1 „Zemní výměník tepla jako nový prvek v technice prostředí“, grantu GAČR 101/09/H050 „Výzkum energeticky úsporných zařízení pro dosažení pohody vnitřního prostředí“ a grantu FSI VUT v Brně (FSI-S-11-6) „Komplexní modelování interakce člověka a prostředí v kabinách dopravních prostředků a obytných prostorách a návrhové nástroje“.