

Ing. Milan OSTRÝ, Ph.D.
Stavební fakulty VUT v Brně,
Ústavu pozemního stavitelství

Snížení tepelné zátěže interiéru budov s využitím akumulace latentního tepla

The Building Interior Heat Load Reduction Utilizing the Latent Heat Storage

Recenzent
Ing. Miloš Lain, Ph.D.

Autor v příspěvku pojednává o možnostech zvýšení tepelné akumulační kapacity obalových konstrukcí. Problematika tepelného mikroklimatu je vysoce aktuální zvláště v místnostech, u kterých jsou obalové konstrukce zhotoveny z lehkých stavebních hmot. Tepelné akumulační schopnost lehkých stavebních konstrukcí je možné zvýšit využitím akumulace skupenského tepla. Pro akumulaci skupenského tepla lze využít tzv. materiály s fázovou změnou, které mohou být zabudovány v různých formách přímo ve stavebních konstrukcích. Zvláště v posledních letech je řada výzkumných prací zaměřena právě na jejich přímou aplikaci v obalových konstrukcích. Na Ústavu pozemního stavitelství Stavební fakulty VUT v Brně byly vybudovány testovací místnosti pro ověření funkčnosti materiálů s fázovou změnou. Jsou zde prezentovány výsledky z prvních praktických měření.

Klíčová slova: akumulace tepla, noční větrání, PCMs (materiály s fázovou změnou), experiment

Author describes in his article the possibility of increase in the thermally accumulation capacity of the building shells (structures). Problems of the thermal micro-climate are in particular highly topical in rooms, the building envelope of which are made from light building materials. Thermally accumulation properties of light building materials can be increased with utilization of the latent heat accumulation. There can be used so called phase change materials for the accumulation of the latent heat, which can be built-in in different forms directly into the building structures. Numbers of research works are currently focused just at the direct application thereof in the building shells. Testing rooms for examining the functionality of phase change materials were constructed in the Institute of Building Structures of the Faculty of Civil Engineering Brno University of Technology. Results from first practical measurements are presented in the article.

Key words: heat accumulation, night ventilation, phase change materials (PCMs), experiment

ÚVOD DO PROBLEMATIKY TEPELNÉ STABILITY MÍSTNOSTÍ

I když již řadu let je v naší legislativě [2] pevně zakotven požadavek na tepelnou stabilitu místností v letním období, dochází často už ve fázi projektování stavebního objektu k podcenění této problematiky. To se projeví při následném užívání zvláště těch místností, jejichž nosné i nenosné konstrukce jsou vesměs provedeny pouze z tzv. lehkých stavebních hmot. Na tomto místě mám na mysli zvláště lehké dřevostavby nebo půdní vestavby. Samozřejmě by v dnešní době mělo být navrhováno okenních otvorových výplní s různými druhy protisluneční ochrany. Ty však v řadě případů mohou v teplých a slunečných dnech vyvolat nutnost zapojit umělé osvětlení pro dodržení požadované osvětlenosti, zejména na pracovištích.

Tepelnou stabilitu místností při jejich užívání lze ovlivnit již při samotném projektování budoucí stavby. U velikosti otvorových výplní je nezbytné myslet na splnění požadavků na denní osvětlení, ale zároveň je třeba zabránit zbytečnému předimenzování plochy okenních konstrukcí. U otvorových výplní na exponovaných fasádách objektu je vhodné uvažovat s instalací vnějších, vnitřních či meziokenních žaluzií nebo jiného clonícího zařízení, např. slunolamu ve vertikální nebo horizontální poloze. Pokud to koncepce objektu dovoluje, je výhodné uvažovat při návrhu vnitřních dělících konstrukcí s výstavbou tepelně akumulační stěny nebo jiné hmotné, např. stropní konstrukce. V případě, kdy z konstrukčních důvodů není možné zbudovat hmotné stavební konstrukce, je nabízí se možnost využití skupenského tepla materiálů s fázovou změnou, které lze v řadě podob in-

stalovat na povrch nebo integrovat uvnitř obalových stavebních konstrukcí. Jejich výhodou je schopnost naakumulovat značné množství tepelné energie při nepatrném navýšení hmotnosti obalových konstrukcí. Využití akumulačních schopností konstrukčních prvků a materiálů má zásadní vliv na snížení tepelné zátěže vnitřních prostor v letním období. Akumulační schopnosti obalových konstrukcí lze využít za předpokladu, že zajistíme vhodným způsobem pohlcení tepla obalovými konstrukcemi v denních hodinách a odvod tepla z těchto konstrukcí v noci.

Při instalaci nuceného větrání je možné počítat s možností nočního chlazení vnitřních prostor a konstrukcí intenzivním větráním. Toto noční větrání má velký vliv na zajištění funkčnosti systémů pro tzv. pasivní chlazení, které jsou schopny využít akumulačních schopností obalových konstrukcí. Intenzivním nočním větráním je odváděno naakumulované teplo z obalových konstrukcí. Pro noční větrání je možné využít potenciál zemních výměníků pro snížení energetické náročnosti na chlazení jako náhradu za strojní chlazení přiváděného vzduchu do místnosti. Aktivace prvků pro akumulaci tepelné energie je možná také jinými způsoby, např. cirkulací vody v zabudovaném potrubí či využívající ledo- vých kaší, tzv. ice slurry [6].

Snahou architektů a projektantů by měla být zejména nízká provozní náročnost projektovaných staveb, tzn. v ideálním případě takové stavby, které pro dodržení tepelné pohody v letním období nevyžadují strojní chlazení.

Principy akumulace tepla

U akumulace citelného tepla je tepelná energie akumulována prostřednictvím zvýšení teploty pevných nebo kapalných látek. Množství akumulovaného tepla závisí na měrné tepelné kapacitě, změně teploty akumulačního média a jeho množství. Tento princip lze podle [8] vyjádřit následujícím matematickým vztahem:

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} m \cdot c \cdot dT = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \quad (1)$$



Ing. Milan Ostrý, Ph.D. (1977)

Absolvent VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství (2001), odborná specializace: stavební tepelná technika. VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství – odborný asistent.

kde
 Q akumulované teplo [J],
 m hmotnost akumulační látky [kg],
 c průměrná měrná tepelná kapacita mezi T_1 a T_2 [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$],
 T_1 počáteční teplota [K],
 T_2 konečná teplota [K].

Nevýhodou tohoto způsobu ukládání tepelné energie je potřeba hmotných stavebních konstrukcí, které zvláště u podkrovních prostor jsou obtížně proveditelné. Výhodou je bezproblémová funkčnost a stálá kapacita po celou dobu životnosti obalových konstrukcí.

Akumulace tepelné energie s využitím skupenského tepla je možná u těch materiálů, které při vhodné teplotě či teplotním rozsahu přechází z jednoho skupenství do druhého. Pro stavební aplikace přichází do úvahy využití fázové přeměny pevná látka – kapalina a zpět. Tepelně akumulační schopnost systému s uvažováním skupenského tepla je možné podle [8] popsat takto:

$$Q = \int_{T_1}^{T_m} m \cdot c_p \cdot dT + m \cdot l_m \cdot \Delta h_m + \int_{T_m}^{T_2} m \cdot c_p \cdot dT =$$

$$= m \cdot [l_m \cdot \Delta h_m + c_{ps} \cdot (T_m - T_1) + c_{pl} \cdot (T_2 - T_m)] \quad (2)$$

kde
 Q akumulované teplo [J]
 m hmotnost akumulační látky [kg]
 T_1 počáteční teplota [K]
 T_2 konečná teplota [K]
 T_m teplota tání [K]
 c_{ps} průměrná měrná tepelná kapacita mezi T_1 a T_m – pevná fáze [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
 c_{pl} průměrná měrná tepelná kapacita mezi T_m a T_2 – kapalná fáze [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
 l_m měrné skupenské teplo tání [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$]
 Δh_m hmotnostní podíl látky účastnící se fázové změny [-]

Akumulace latentního tepla je typická pro tzv. materiály s fázovou změnou (Phase Change Materials – PCMs), které mohou nalézt široké uplatnění ve stavebních konstrukcích a zvýšit tak tepelně akumulační schopnosti těchto konstrukcí s minimálním navýšením jejich hmotnosti.

V případě, že se rozhodneme zvýšit akumulační schopnost stavebních konstrukcí zabudováním prvků obsahujících materiál s fázovou změnou, je třeba pečlivě uvážit jejich vhodnost na základě řady jejich vlastností. Výběr požadovaných vlastností potenciálních materiálů s fázovou změnou je uveden v tab.1.

Tab.1 Přehled požadovaných termodynamických a chemických vlastností

Termodynamické vlastnosti	Chemické vlastnosti
vhodný rozsah teplot tání a tuhnutí	chemická stabilita po celou životnost
vysoké měrné skupenské teplo tání	kompatibilita s materiálem zapouzdření
malé objemové změny při fázové přeměně	zdravotní nezávadnost
stálá kapacita po celou životnost	nehořlavost
velká tepelná vodivost	nevýbušnost
vysoká měrná tepelná kapacita	omezení rizika přechlazení

Problematika volby teplotního rozsahu fázové přeměny PCMs

Zásadní otázkou pro správný výběr materiálu s fázovou změnou je volba teploty nebo teplotního rozsahu, při kterém dochází ke změně skupenství daného materiálu. V tomto případě je vhodné vycházet ze stávajících normativních požadavků na tepelnou stabilitu místností v letním období.

Podle normy [2] musí kritická místnost v letním období vykazovat:

- buď nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období:

$$\Delta \theta_{ai,max} \leq \Delta \theta_{ai,max,N} \quad (3)$$

kde
 $\Delta \theta_{ai,max}$ hodnota vypočteného vzestupu teploty vzduchu v letním období [$^{\circ}\text{C}$],
 $\Delta \theta_{ai,max,N}$ požadovaná hodnota nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období [$^{\circ}\text{C}$], která pro nevýrobní objekty činí $5,0^{\circ}\text{C}$.

- nebo nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (4)$$

kde
 $\theta_{ai,max}$ nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období [$^{\circ}\text{C}$],
 $\theta_{ai,max,N}$ požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v letním období [$^{\circ}\text{C}$], která pro nevýrobní objekty bez vnitřních zdrojů tepla je $27,0^{\circ}\text{C}$.

Jedním z dalších předpisů, ze kterého je možné vycházet při stanovení vhodné teploty fázové přeměny, je Nařízení vlády č. 178/2001 Sb. [3]. V příloze 1 v části A jsou v tabulce č. 3 uvedena rozmezí tepelně vlhkostních podmínek. Pro uvažovanou administrativní činnost je přípustné rozmezí operativní teploty θ_0 20 až 28°C při rychlosti proudění vzduchu 0,1 až $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Optimální operativní teplota by měla být v tomto případě $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Teplota tání organických nebo anorganických materiálů s fázovou změnou, které jsou považovány za vhodné pro stavební aplikace, se obecně pohybuje v teplotním rozsahu 20 až 32°C [4]. Při vlastní realizaci jsme samozřejmě odkázáni zpravidla na nabídku na trhu. Nejčastěji nabízené prvky, které jsou určeny pro přímé zabudování do stavebních konstrukcí, mají teplotu tání použitých PCMs v rozmezí 22 až 28°C . Při stanovení vhodné výše teploty fázové přeměny je nezbytné vzít do úvahy také způsob přenosu tepla z interiéru do PCMs a předpokládanou tepelnou zátěž interiéru. Při volbě nízké teploty tání se může stát, že akumulační kapacita PCMs je vyčerpána již v dopoledních hodinách při relativně snesitelných teplotách vnitřního vzduchu a po roztavení celého obsahu PCMs již tento materiál dokáže akumulovat pouze citelné teplo. V tomto případě bychom tedy nebyli schopni zabránit vzestupu teploty vnitřního vzduchu nad přijatelnou mez. Význam akumulačních schopností PCMs spočívá v horkých letních dnech zejména v zabránění přehřátí interiéru a snížení výkyvů teplot vnitřního vzduchu během dne.

Principy využití akumulace skupenského tepla v podkrovních místnostech

Stavební prvky nebo dílce obsahující PCMs mohou být úspěšně zabudovány do materiálů obalových konstrukcí, jako jsou sádkartonové desky, cementotřískové nebo dřevotřískové desky, betonové nebo keramické nášlapné vrstvy podlah [11]. Velkou výhodou těchto plošných stavebních dílců s aplikovanými PCMs je, že tyto konstrukce vytváří dostatečnou plochu pro rychlý přenos tepla z interiéru do tepelně akumulační vrstvy. PCMs zabudované v obalových konstrukcích zvyšují výrazně jejich tepelně akumulační kapacitu. Tyto obalové konstrukce mohou zvýšit tepelnou stabilitu vnitřních prostor bez nároků na složité vzduchotechnické či chladicí zařízení. V přechodném období pak přes den naakumulovaná tepelná energie, která se při vybíjení PCMs vrací zpět do interiéru, může v nočních hodinách ušetřit náklady na vytápění.

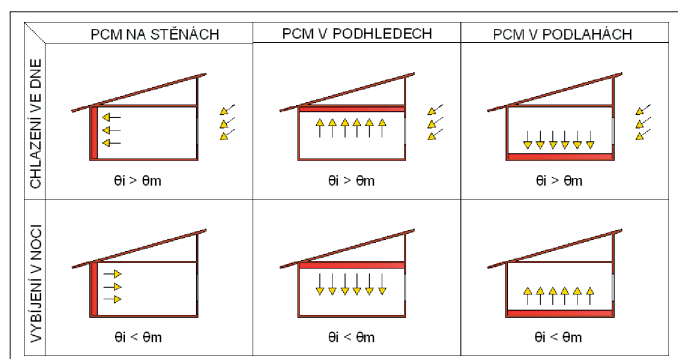
PCMs může být obecně zabudován přímo ve stavebních konstrukcích, jako jsou:

- svislé nosné i nenosné konstrukce;
- vodorovné nosné konstrukce;
- zavěšené podhledy;
- podlahové konstrukce.

Možnosti uplatnění PCMs a jejich funkce ve stavebních konstrukcích jsou patrné na obr.1. Vzhledem k tomu, že pro akumulaci tepelné energie je využíváno přeměny skupenství, je nezbytné zajistit stabilitu PCMs ve všech skupenstvích. Z tohoto důvodu vyvstává požadavek na zapouzdření materiálů s fázovou změnou pro aplikace ve stavebních konstrukcích. Podmínkou je, aby aplikované materiály s fázovou změnou byly hermeticky uzavřené v kovovém nebo polymerním obalu a aby nedocházelo k jejich uvolňování do konstrukce. Nejčastěji se můžeme setkat s aplikacemi v následujících formách:

- PCMs plněné ve vracích či polštářcích z polymerní či kovové fólie;
- PCMs aplikované v deskových dutinkových panelech;
- PCMs zapouzdřené v kovových panelech nebo panelech z plastů;
- PCMs uzavřené v koulích s polymerním obalem;
- PCMs plněné do trubíc či soustavy trubíc;
- PCMs ve formě mikrokapslí z polymeru pro aplikace v omítkách či deskách.

Vaky či polštářky s PCMs mají být zpravidla umístěny v horizontální poloze. Zde se nabízí uplatnění těchto prvků ve skladbách zavěšených podhledů nebo mezi stropními trámy u lehkých dřevěných montovaných konstrukcí. [9]. Tyto vaky mohou být rovněž instalovány ve speciálních betonových deskách vyztužených skelnými vlákny. Využití těchto dílců je především ve stropních konstrukcích. Typickým stavebním materiálem s integrovanými mikrokapslemi jsou sádrokartonové nebo sádrovláknité desky [5]. Velká plocha sádrokartonových desek má pozitivní vliv na rychlost přenosu tepla z vnitřního prostředí do kapslí s PCMs. Sádrokartonové desky s 20 nebo 50 % podílem PCMs mohou snížit teplotní výkyvy vnitřních teplot v interiéru lehkých staveb [4].



Obr. 1 Možnosti uplatnění PCM ve stavebních konstrukcích

Jinou možnost aplikace představují podlahové dlaždice, které jsou vyráběny s příměsí zapouzdřených PCMs [7]. Úspěšně byly také odzkoušeny mikrokapsle rozptýlené v sádrové omítkce, která byla provedena na vnitřním líci sádrokartonových desek pro zvýšení tepelné akumulační kapacity.

Úspěšnost technologie akumulace tepelné energie s využitím skupenského tepla materiálů s fázovou změnou spočívá ve vývoji a produkci modulárních a uzavřených akumulačních subsystémů, které mohou být jednoduše zabudovány přímo do stavebních konstrukcí.

Experimentální výzkum na Ústavu pozemního stavitelství FAST VUT v Brně

Funkčnost materiálů s fázovou změnou a jejich vliv na tepelnou stabilitu je na Ústavu pozemního stavitelství FST VUT v Brně od roku 2008 možné také experimentálně ověřovat díky vybudovaným speciálním podkrovním místnostem. Výstavba proběhla na podzim roku 2007 za podpory Vnitřní-

ho grantu VUT FAST č. 50 a sponzorů. Zvolená metoda ověření funkčnosti a vlivu materiálů s fázovou změnou na vnitřní tepelné mikroklima spočívá v měření parametrů vnitřního prostředí v experimentální a referenční místnosti ve stejném čase. Díky měření v obou místnostech je možné za stejných okrajových podmínek porovnávat vliv dodatečných úprav obalových konstrukcí na vnitřní tepelné mikroklima.

Referenční a experimentální místnosti mají stejnou podlahovou plochu 14,9 m². Tato plocha vyhovuje plošnému požadavku pro kancelářské pracoviště s prostorem pro jednání, který je podle normy [1] 12 m². Administrativní prostor byl pro experimentální měření zvolený z důvodu možnosti intenzivního nočního větrání po pracovní době při nepřítomnosti zaměstnanců. Objem vnitřního vzduchu každé místnosti je 29,7 m³. Každá místnost je osazena střešním oknem, u kterého je možné otevření ovládat elektropohonem. Konstrukce oken umožňuje měnit druh zasklení okenního křídla a instalovat clonící zařízení. Rozměry střešních oken jsou 740 x 1400 mm. Součinitel prostupu tepla okna U_w je 1,6 Wm⁻²K⁻¹ a zasklení má hodnotu U_g rovnu 1,1 Wm⁻²K⁻¹. Orientace střešních oken je na jihozápad.

Skladby stěnových i podhledových konstrukcí jsou provedeny pouze z lehkých stavebních hmot, jak je obvyklé u běžně realizovaných podkrovních místností. Opláštění sádrokartonovými deskami umožňuje snadné upevnění prvků s PCMs. Kolem obou místností je volný podstřešní prostor. Při úvodních měřeních nebylo uvažováno s žádnými vnitřními tepelnými zisky.

Pro zvýšení tepelné akumulační kapacity obalových konstrukcí v experimentální místnosti byly vybrány speciální hliníkové panely od německé firmy Dörken GmbH. Referenční místnost bez PCMs slouží pouze pro srovnání měřených veličin. V experimentální místnosti bylo instalováno celkem 240 hliníkových panelů, které byly upevněny pomocí vrutů na svislé stěnové konstrukce a vodorovný a šikmý podhled. Jako výhody těchto panelů je možné uvést:

- snadná montáž i demontáž jednoduše pomocí vrutů;
- perfektní utěsnění solného hydrátu, který se používá jako materiál s fázovou změnou;
- hliníkový obal, který zajišťuje rychlé nabíjení a vybíjení akumulačního jádra.

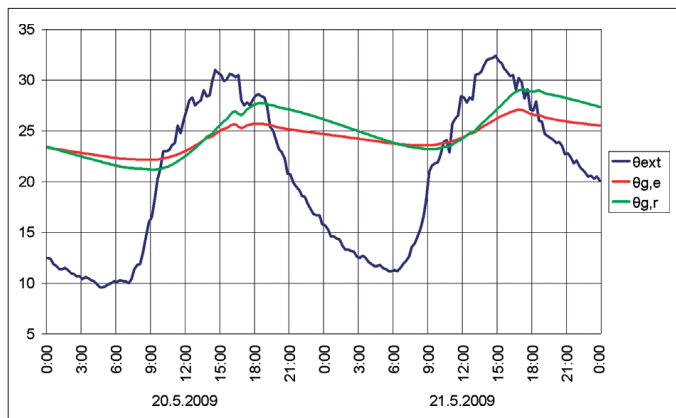
Vlastnosti instalovaných hliníkových panelů s PCMs jsou shrnuty v Tab. 2. Teoreticky využitelná tepelné akumulační kapacita instalovaných materiálů s fázovou změnou činí asi 36 000 kJ.

Tab.2 Parametry hliníkových panelů s PCMs

Rozměry panelu	455 x 305 x 10 mm
Hmotnost hliníkového obalu	360 g
Hmotnost materiálu s fázovou změnou	1125 g
Velikost skupenského tepla	150 kJ/panel
Rozsah teplot tání	mezi 22 a 28 °C
Akumulační médium	DELTA-COOL 24



Obr. 2a, b Pohled do experimentální místnosti (vlevo) a detail hliníkového panelu (vpravo)



Obr. 3 Průběh venkovní teploty a operativních teplot v podkrovních místnostech v měsíci květnu

V letošním roce byly experimentální a referenční místnost vybaveny vzduchotechnickým zařízením pro řízené větrání obou místností. Zařízení umožňuje větrání s různou intenzitou výměny vzduchu, ale také s možností větrání vzduchem s předem definovanou teplotou. Větrací jednotka je také vybavena chladičem pro noční intenzivní větrání. Toto zařízení umožňuje nastavit různé režimy výměny vzduchu v obou místnostech a tím prakticky ověřit vliv způsobu větrání na funkčnost prvků s materiály s fázovou změnou.

Pro praktická měření jsou uvažovány následující režimy větrání podkrovních místností:

- přirozená výměna vzduchu pootevřenými okny a dveřmi bez prahů;
- minimální výměna vzduchu v denních hodinách a intenzivní výměna vzduchu v nočních hodinách zajištěná mechanickým větráním;
- minimální výměna vzduchu v denních hodinách a intenzivní provětrávání vnitřních prostor v nočních hodinách vzduchem o dané teplotě zajištěné chladičem jednotkou.

Režim přirozeného větrání okny a dveřmi byl testován v přechodném i v letním období. Režim intenzivního nočního provětrávání bylo možné spustit až po instalaci vzduchotechnické jednotky v červenci.

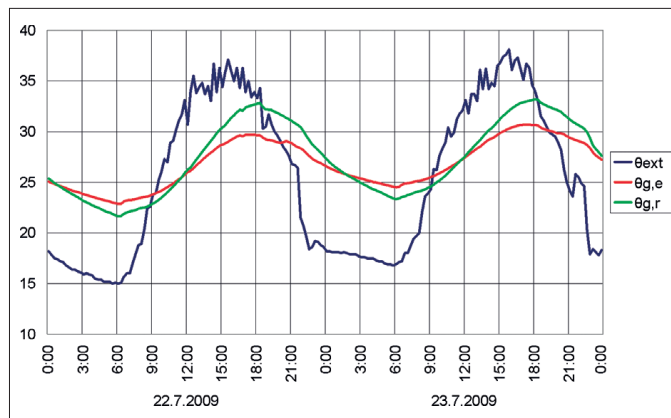
První výstupy z praktických měření v podkrovních místnostech

V příspěvku jsou prezentovány dílčí výsledky měření z měsíce května a července. V grafech na obr. 3 a obr. 4 jsou uvedeny průběhy teplot vždy pro vybrané dva dny v daném měsíci, při čemž:

- θ_{ext} je teplota venkovního vzduchu,
- $\theta_{g,e}$ operativní teplota v experimentální místnosti (s PCMs),
- $\theta_{g,r}$ operativní teplota v referenční místnosti (bez PCMs).

Na průběhu operativních teplot na obr. 3 je možné ukázat problematiku aktivace instalovaných PCMs, protože noční teploty v experimentální místnosti neklesají pod teplotu tuhnutí instalovaných PCMs. To je způsobeno tím, že pro aktivaci akumulačního jádra je využíváno pouze přirozeného odvodu tepla větráním pootevřeným střešním oknem a netěsnostmi ve dveřích. I když je z průběhu teplot patrný jistý efekt PCMs na vnitřní tepelné mikroklima, není možno v důsledku nedokonalého vychlazení akumulačního média využít jeho potenciál. V nočních hodinách se vybíjení naakumulované energie v experimentální místnosti projevuje o něco vyšší operativní teplotou.

I při intenzivním nočním větrání v referenční a experimentální místnosti venkovním vzduchem se nemusí podařit aktivovat celé akumulační jádro, tedy vybití naakumulované energie v PCMs. Vliv počáteční teploty v ranních hodinách na funkčnost systémů s aplikovanými PCMs je patrný na obr. 4. Pokud se podaří vychladit místnost nočním větráním pod teplotu



Obr. 4 Průběh venkovní teploty a operativních teplot v podkrovních místnostech v měsíci červenci

tuhnutí PCMs, je možné počítat s vybitím akumulované energie. V případě, kdy se nepodaří snížit teplotu v místnosti s PCMs pod teplotu tuhnutí, tedy se nepodaří vybití naakumulované energie, klesá výraznou měrou efektivita celého systému. Právě závislost účinnosti systému na operativní teplotě na začátku denního cyklu je nejlépe zřetelná na rozdílných operativních teplotách pro den 22. 7. a 23. 7., kdy při podobných teplotách venkovního vzduchu v denních hodinách je efekt PCMs dne 23. 7. výrazně nižší ve srovnání s předchozím dnem.

ZÁVĚR

Materiály s fázovou změnou reprezentují jednu z cest, jak zlepšit tepelné mikroklima místností, jejichž obalové konstrukce mají nízkou tepelnou akumulační schopnost. Aplikace těchto materiálů je možná v řadě podob, ve vodorovných nebo svislých konstrukcích. Pilotní měření v podkrovních místnostech ukázala na pozitivní vliv materiálů s fázovou změnou na tepelnou stabilitu. Zároveň je však třeba upozornit na problematiku vybíjení naakumulované tepelné energie a aktivaci akumulačního jádra. Noční intenzivní provětrávání místností může být jednou z cest pro zefektivnění celého systému. Noční intenzivní větrání vnitřních prostor s případným chlazením přívodního vzduchu je realizováno v čase mimošpičkového elektrického proudu, což výrazně snižuje náklady na provoz těchto zařízení ve srovnání s provozováním strojního chlazení v denních hodinách. Další praktická měření budou zaměřena na zvýšení funkčnosti systémů s instalovanými PCMs a na zajištění aktivace akumulačních prvků v nočních hodinách.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory grantového projektu GAČR 103/07/0907 „Využití solárních komínů a materiálů se změnou skupenství pro pasivní chlazení budov“.

Kontakt na autora: ostry.m@fce.vutbr.cz

Použité zdroje:

- [1] ČSN 73 5305: 2005. Administrativní budovy a prostory.
- [2] ČSN 73 0540-2: 2007. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.
- [3] Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci.
- [4] FANG, X., ZHANG, Z. A Novel Montmorillonite-based Composite Phase Change Materials and its Applications. *Thermal Storage Building Materials. Energy and Buildings*, 2006, vol. 38, p. 377-380.
- [5] FARID, M., KHUDHAIR, A., RAZACK, S., AL-HALLAJ, S. A Review on Phase Change Energy Storage: Materials and Applications. *Energy Conversion and Management*, 2004, vol. 45, p. 1597-1615.
- [6] HAUSSMANN, P., SCHOSSIG, P., GROSSMANN, L. Experiences with low energy PCM chille ceilings in demonstration buildings. *Sborník z 8th IIR Conference*

on Phase Change Materials and Slurries for Refrigeration and Air Conditioning, Karlsruhe, June 3-5, 2009. p. 145-154.

- [7] HITTLE, D. *Phase Change Materials in Floor Tiles for Thermal Energy Storage. Topical Report.* Colorado State University, Fort Collins, 2002, 41 p.
- [8] LANE, G. *Solar Heat Storage: Latent Heat Materials, Volume I: Background and Scientific Principles.* Florida: CRP Press, Inc. Boca Raton, 1983.

- [9] LANE, G. *Solar Heat Storage: Latent Heat Materials, Volume II: Technology.* Florida: CRP Press, Inc. Boca Raton, 1983, 173 p.
- [10] TYAGI, V., BUDDHI, D. PCM thermal storage in buildings: A state of art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2007, vol. 11, p. 1146–1166.
- [11] ZHANG, Y., ZHOU, G., LIN, K., ZHANG, Q., DI, H. Application of latent heat thermal energy storage in buildings: State-of-art and outlook. *Building and Environment*, 2007, vol. 42, p. 2197–2209. ■

* Od dubna „pumpovné“ v Německu

S účinností od 1. dubna 2009 zavádí německá spolková vláda podporu výměny starých oběhových čerpadel pro ústřední vytápění za nová energeticky úsporná čerpadla, která svou vyšší účinností třídy A přispějí i ke snížení emisí CO₂.

Podle jednoduchého systému obdrží každý majitel vlastního obývaného nebo pronajímaného domu při výměně čerpadla prémii ve výši 25 % ceny čerpadla, nejméně však 100 €. Oprávněny jsou soukromé osoby, bytové podniky, družstva, obce i veřejnoprávní osoby, které provedou úpravu po 31. 3. 2009 a prokáží nákup čerpadla. Výkonem rozhodnutí a proplacením prémie je pověřena banka Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) po předložení dokladů o nákupu a úpravě, provedené nejpozději do 6 měsíců po nákupu. Do úpravy lze zahrnout i modernizaci systému, jako např. instalaci výkonného ovládání, moderních termostatických ventilů, vyvážení hydrauliky apod. Vedle této podpory mají výrobci čerpadel i vlastní individuální systémy podpory, dohodnuté s Ústředním svazem sanita, vytápění a klimatizace (ZVSHK) na veletrhu ISH 2009 ve Frankfurtu nad Mohanem. Podle německých výrobců čerpací techniky se podpora může týkat až 25 milionů technicky překonaných čerpadel s nízkou účinností se spotřebou až 12 mil. MWh a tvorbou emisí až 8 mil. t CO₂ ročně. Je rovněž známo, že zbytečné ztráty energie v Německu způsobuje až 70 % předimenzovaných oběhových čerpadel s nízkou účinností a instalovaných na hydraulicky nevyvážených systémech jako výsledek sporů mezi pronajímatelem a nájemcem o kvalitě vytápění. Od úpravy se očekává, že částka 200 mil. € ze státního rozpočtu přinese v Německu až 80% úsporu spotřeby proudu čerpadly, úsporu nejméně 1,6 mld. € a potenciál nevypuštěných emisí nejméně 5 mil. t CO₂ ročně. Úprava sleduje dosažení cílů energetických a klimatických opatření dohodnutých vládami států EU a vytýčených evropskou směrnicí 2006/32/EG, jmenovitě snížení energetické náročnosti hospodářství každým rokem o 1 %.

Pramen: Tisková informace Wilo SE, Dortmund 2009 (AB)

* Radarové hladinoměry pro bezpečné plnění nádrží

Znalost stavu plnění skladovacích a provozních nádrží paliv, hořlavých a toxických kapalin i sil sykových hmot (obilí, práškové uhlí, keramické suroviny aj.) je důležitou informací pro výrobu, bezpečnost práce, ochranu životního prostředí a prevenci škod. Radarové hladinoměry pracují spolehlivě i při změnách hustoty, dielektrických vlastností, viskozity, fázových rozhraní kapalina-pára, v pěnách, suspenzích a nebezpečných prostředích ve smyslu směrnice ATEX.

Dvouodičový radarový hladinoměr *Siemens Sitrans LG 200* s vysílačem vedené vlny slouží pro měření hladiny a rozhraní a spolehlivě měří v prostředích s dielektrickou konstantou dK větší než 1,4 (voda 80, etanol 23, obilí 3 až 8, mazut 3, topný olej ca. 2,3, petrolej 2,2, benzin 2, uhlí 1,2 až 1,8) a s měnicí se hladinou. Ve třech variantách jako koaxiální, dvoutýčová a jednotýčová sonda s napájením od 11 do 36 V ss proudu má měřicí rozsah 0 až 22,5 m při teplotách -40 až 80 °C a procesních teplotách -195 až 427 °C s přesností $\pm 2,5$ mm, reprodukovatelností $< 2,5$ mm a hysterezi $< 2,5$ mm. Má analogový výstup 4 až 20 mA s digitálním signálem přenosového protokolu sériové komunikace HART přes proudovou smyčku 4 až 20 mA. Vedle lokálního ovládání třemi tlačítky má i dálkové ovládání systémem *Siemens Simatic PDM* přes protokol HART.

Radarové hladinoměry jsou v části nezasahující do nádrže hliníkové s epoxy nátěrem; sondy zasahující do nádrže jsou standardně z nerezavějící oceli 316L (W.-Nr. 02CrNi17-12-3), pro případné vysoce agresivní prostředí jsou dvoutýčové sondy

vyrobeny z kombinace slitin Hastelloy C a Monel. Představují v současné době nejpokročilejší systém pro měření hladiny a pohybu látek.

Pramen:
Tisková informace Siemens AG pro veletrh Hannover Messe 2008 (AB)

* Francouzská firma Cransac otevřela teplárnu na neobvyklou biomasu

Ve francouzských termálních lázních Aveyron zahájila provoz nová teplárna, spalující neobvyklou biomasu. Spalují se zde pecky z broskví, meruněk a švestek z blízké konzervárny. Ty dosud končily na skládce, je jich ročně více než 300 tun. Ukazuje se, že výhřevnost tohoto materiálu je vyšší než u klasického dřeva.

Zdroj: Recyclage, 5, 2009, s. 6. (Laj)

* Energeticky nejúčinnější budova

Jedna z energeticky nejúčinnějších budov na světě je v NSR ve městě Wörrstadt. Budova, jejíž základním stavebním materiálem je dřevo, byla vyznamenána německým spolkem pro životní prostředí (DUH). Objekt o ploše kanceláří 8500 m² pro 300 pracovních míst, podle energetického konceptu, nemá spotřebovat za rok více než 200 000 kWh pro proud, teplo a chlazení. Ročně asi 220 000 kWh proudu má být vyrobeno regenerativně a vedlejší náklady tak vycházejí jen okolo 2 Euro na m², což je asi desetina běžných nákladů. 2100 m² fotovoltaických modulů má celkový špičkový výkon 210 kW. Při výpadku proudu nastupují záložní baterie. Solárně termické zařízení, kotel na pelety a tři kogenerační jednotky dodávají teplo. Celková potřeba primární energie za rok činí 12,6 kWh/m². Chlazení se děje vodou v oběhovém systému. Voda se chladí v noci na střeše a ve dne protéká trubkami podlahového vytápění. Celková potřeba primární energie pro chlazení za rok činí 5,1 kWh/m². Větrání a odvětrání se děje řadou jednotek, mj. za využití regenerativních výměníků tepla. Celková potřeba primární energie pro větrání za rok činí 6,3 kWh/m². Veškerý proces je ovládan čtyřmi automatizačními systémy.

CCI 07/2009 (Ku)

* Řecko snižuje emise skleníkových plynů

V současné době je Řecko relativně nejvýznamnějším producentem emisí oxidu uhličitého. Podle ekologických zdrojů (WWWF a Greenpeace) produkuje o 37 % více oxidu uhličitého na jednotku HDP, než je průměr EU. Je to dáno vysokou spotřebou energie, která se od 80. let zvýšila sedminásobně.

Řecká vláda se rozhodla – také pod tlakem EU – k razantním krokům. Spotřeba energie chce do roku 2016 snížit o 9 %. První krok byl již realizován. Ministerstvo rozvoje podpořilo částkou 47 milionů eur (tj. asi 1,2 miliardy Kč) z řeckých a evropských fondů akci, jejímž cílem byla výměna zastaralých a energeticky náročných klimatizačních jednotek. Dosud bylo za moderní a úspornější vyměněno 141 323 klimatizačních zařízení. Je to třikrát více oproti původnímu plánu.

Vláda dále oznámila rozsáhlý plán energetických úspor a připravila zákon podporující zavádění obnovitelných zdrojů energie.

Zdroj: ČTK, srpen 2009 (Laj)