

Ing. Vítězslav CALTA¹⁾
 prof. Ing. Jan TYWONIAK, CSc.¹⁾
 Ing. Kateřina SOJKOVÁ, Ph.D.²⁾
 Ing. Zdenko MALÍK²⁾

¹⁾ ČVUT v Praze, Fakulta stavební
²⁾ ČVUT v Praze, Univerzitní
 centrum energeticky efektivních
 budov

Recenzent
 doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.

Vyhodnocení provozu administrativní budovy Otevřená zahrada v Brně (2. část)

Evaluation of the Operation of the Office Building Open Garden in Brno (2nd part)

V předchozí části článku byl vyhodnocován provoz administrativní budovy Otevřená zahrada v Brně. Byl zjišťován uživatelský komfort, zpětná vazba od uživatelů a spotřeba energie budovy za téměř čtyři roky provozu. Bilanční měsíční výpočet potřeby energie na chlazení se významně rozcházel s naměřenými hodnotami. Z tohoto důvodu je v tomto článku podrobněji zkoumán provoz vnějších žaluzií jako aktivního prvku energetické bilance. Byl proveden experiment mapující používání žaluzií v čase a zpětně vyhodnocena možnost jejich zahrnutí do energetického modelu. Výsledky energetického modelu se zpřesněnými vstupy o provozu žaluzií však stále neodpovídají měřeným hodnotám a problematika si zaslouží detailnější rozbor.

Klíčová slova: energetická náročnost, solární zisky, stínění, žaluzie, tepelná pohoda

The previous part of the paper evaluated the operation of the administration building Open Garden in Brno. The user comfort, feedback from the users and energy consumption of the building were evaluated for almost four years of its operation. The calculated monthly balance of the cooling need differed significantly from the measured values. Therefore, this article analyses in detail the operation of external blinds as an active element of the energy balance. An experiment was carried out assessing the use of blinds over time and the possibility of their additional incorporation in the energy model was evaluated. However, the results of the energy model with the refined inputs considering the operation of blinds still do not correspond to the measured values and the issue needs a more detailed analysis.

Keywords: energy intensity, solar gains, shading, blinds, thermal comfort

ÚVOD

V první části článku [1] byl uveden podrobný popis administrativní budovy Otevřená zahrada v ulici Údolní 33 v Brně (včetně technických zařízení a způsobu užívání) a vyhodnocení její provozu. Budova byla navržena v pasivním energetickém standardu a uvedena do provozu v lednu 2013. Součástí vyhodnocení byl dotazníkový průzkum uživatelské spokojenosti pro zimní a letní provoz a vyhodnocení spotřeb energií za téměř čtyři roky provozu (do září 2016).

V rámci vyhodnocení byla sestavena energetická bilance s měsíčním krokem výpočtu pro výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení dle ČSN EN ISO 13 790 [2]. Výpočtové hodnoty byly konfrontovány s detailními měřeními hodnotami spotřeby tepla a chladu. Zatímco výpočtový model relativně odpovídal pro část vytápění, pro chlazení byly výsledkem modelu výrazně (cca 2,8násobně) vyšší potřeby energie na chlazení, než byly měřené hodnoty. V rámci diskuze byl jako jeden z významných prvků ovlivňujících energetickou bilanci označen provoz vnějších stínících prvků – žaluzií.

Problematika redukce solárních zisků vlivem žaluzií je rozlišena na dva jevy. Žaluzie jednak okamžitě redukuje solární zisky – to je dle [2] a [8] zahrnuto v součiniteli celkové propustnosti sluneční energie zasklením včetně vlivu stínících prvků g_{gl+sh} [-], viz rovnice (2). Za druhé je nutné pro výpočet bilance solárních zisků znát, jak často jsou stínící prvky používány, resp. jaká část dostupných solárních zisků je těmito prvky redukována. To je dle [2] vyjádřeno součinitelem $f_{sh,with}$ [-], viz rovnice (3).

Předmětem této části příspěvku bylo experimentální stanovení činitele $f_{sh,with}$ na základě čtrnáctidenního monitoringu používání žaluzií a posouzení vlivu na výsledné solární zisky.

V budově jsou u kanceláří na JVJ straně osazeny žaluzie s dvojím naklopením lamel, viz obr. 1. V horní čtvrtině je možné naklopit lamely odlišně od spodní části, což umožňuje i při plném stažení žaluzií a uzavření lamel



Obr. 1 Pohled na JVJ fasádu: žaluzie jsou děleny – lamely v cca horní čtvrtině je možné natočit odlišně od zbylé části a umožnit tak difúzní osvětlení interiéru; červeným rámečkem je vyznačena poloha měřené kanceláře

Fig. 1 View on the ESE facade: divided blinds – the lamellae in the upper quarter can be rotated differently from the rest, thus allowing diffuse illumination of the interior; the position of analyzed office is marked by red square

ve spodní části odrážet světlo na strop a tímto odraženým světlem nepřímo osvětlovat místnost. Podrobněji je systém žaluzií popsán např. v [4].

ANALÝZA SOLÁRNÍCH ZISKŮ A VLIV VNĚJŠÍCH ŽALUZIÍ

Ve výpočtech energetických bilancí prezentovaných v předchozí části článku byl činitel $f_{sh,with}$ [2], tj. váhový podíl času, kdy jsou žaluzie používány, odvozen pro setpoint sjíždění žaluzií při úrovni slunečního ozáření nad 200 W/m², viz rovnice (3). Hodnota setpointu byla stanovena odhadem. Takto zjednodušený přístup k zahrnutí vlivu žaluzií mohl být jednou z příčin vnášejících do výpočtu chlazení chybu (s nárůstem slunečního

ozáření, tj. v létě, vliv tohoto zjednodušení roste). Bylo proto provedeno experimentální měření reálného provozu žaluzií a na základě zaznamenaných dat byly následně zpřesněny parametry stínění zahrnuté do energetických výpočtů.

Výpočet solárních zisků a zahrnutí vlivu stínění žaluziemi v původním modelu

Pro výpočet solárních zisků byly použity údaje o slunečním ozáření ze stanice TUBO [3]. Měřené minutové údaje globálního slunečního ozáření na vodorovnou rovinu byly přepočteny [9] na svislou rovinu odpovídající orientacím jednotlivých fasád, tj. VJV a ZSZ, a zintegrovány za každý měsíc.

Výpočet solárních zisků budovy je proveden dle [2], uvažuje se zisk pouze průsvitnými konstrukcemi.

Stínění objektu okolní zástavbou a terénem (bloková zástavba, terén Špilberku a okolní zeleň) je modelováno v programu Designbuilder [5]. Stromy jsou modelovány jako průsvitné z 90 % od listopadu do března, po zbytek roku průsvitné z 20 %. Výsledné součinitele stínění jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Vliv stínění okolní zástavbou a zelení

Tab. 1 Shading effect of the surrounding buildings and vegetation

Situace	Součinitel stínění okolní zástavbou, terénem a zelení $f_{sh,ob}$ [-]
1. Bez stínění	1,00
2. Stínění překážkami bez vlivu stromů	0,90
3. Stínění překážkami i stromy – použito ve výpočtu	0,87

Celkový měsíční úhrn sluneční energie vstupující do budovy $Q_{sol,tot}$ je pro každou orientaci oken vypočítán dle [2] jako:

$$Q_{sol,tot} = H_{sol} \cdot A_{sol} \cdot F_{sh,gl} \quad [\text{kWh/měsíc}] \quad (1)$$

kde je:

H_{sol} měsíční úhrn globálního slunečního ozáření na svislou rovinu pro danou orientaci [kWh/měsíc],

A_{sol} účinná sběrná solární plocha pro danou orientaci [m²], viz definice [2],

$F_{sh,gl}$ činitel stínění pohyblivými prvky – žaluziemi, pro danou orientaci, spočítaný dle rovnice (2).

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1 - f_{sh,with})g_{gl} + f_{sh,with}g_{gl+sh}]}{g_{gl}} \quad [-] \quad (2)$$

kde je:

g_{gl+sh} celková propustnost sluneční energie zasklením včetně vlivu stínících prvků, uvažována orientačně při stažených žaluziích s propustnou horní čtvrtinou (naklopené žaluzie) a uzavřenou spodní částí jako $0,25 \cdot g_{gl}$,

$f_{sh,with}$ váhový podíl času, kdy jsou stínící prvky používány [-].

Uvažuje se, že při určité úrovni slunečního ozáření dopadajícího na rovinu okna budou stínící prvky staženy a solární zisky budou redukovány. Ve výpočtech byla uvažována redukce na 25 % (tj. solární propustnost vč. vlivu stínících prvků $0,25 \cdot g_{gl}$).

Oproti podrobnému výpočtu autorů [6] pro stejnou budovu je použito zjednodušení. Úroveň dopadajícího slunečního ozáření, při které dojde

k aktivaci stínění žaluziemi, byla ve výchozí energetické bilanci uvažována hodnotou 200 W/m². Váhový podíl času, kdy jsou stínící prvky používány, byl pro každý měsíc stanoven jako:

$$f_{sh,with} = \frac{I_{sol,>200 \text{ W/m}^2}}{I_{sol}} \quad [-] \quad (3)$$

kde je:

$I_{sol,>200 \text{ W/m}^2}$ dávka slunečního ozáření dopadajícího na danou orientaci s hodnotou přesahující 200 W/m² [kWh/měsíc],
 I_{sol} celková dávka slunečního ozáření dopadajícího na danou orientaci [kWh/měsíc].

Tento postup odpovídá situaci s plně automatizovaným provozem žaluzií. Uživatelé v posuzované budově však mají možnost nastavovat si polohu a natočení žaluzií sami. To je sice vhodné z hlediska uživatelského komfortu, ale vnáší to do výpočtu solárních zisků výraznou nejistotu. Proto bylo provedeno experimentální měření mapující reálný provoz žaluzií, na jehož základě byly dále upraveny výpočtové parametry stínění a následně aktualizovány energetické výpočty.

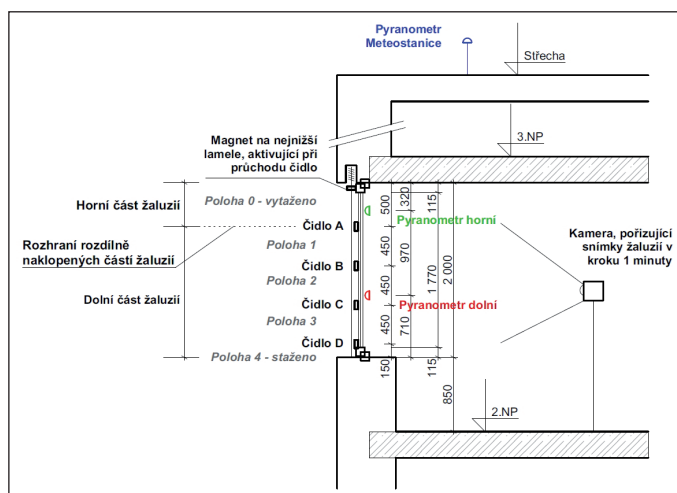
EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ PROVOZU ŽALUZII

Cílem experimentálního měření bylo zmapovat chování uživatelů a jejich aktivní regulaci žaluzií. Měření probíhalo od 22. 8. do 5. 9. 2016. Oba týdny se vyznačovaly slunnými dny a vysokými teplotami.

Pro experiment byla vybrána kancelář 2.09 ve 2. nadzemním podlaží o šířce 6,4 m a hloubce 5,1 m, orientovaná na VJV (viz obr. 1). Kancelář je užívaná 5 osobami. Okna dosahují od parapetu až po strop a jsou vybavena vnějšími žaluziemi (viz obr. 2). Žaluzie jsou členěné tak, že lamely v horní čtvrtině je možné naklopit odlišně od spodní části [6]. To umožňuje při úplném stažení žaluzií (např. při oslnění) a uzavření lamel ve spodní části naklopit lamely horní části žaluzií tak, aby propouštěly difuzní sluneční záření a/nebo odrazely přímé paprsky na strop a tím nepřímo osvětlovaly místnost (obr. 7).

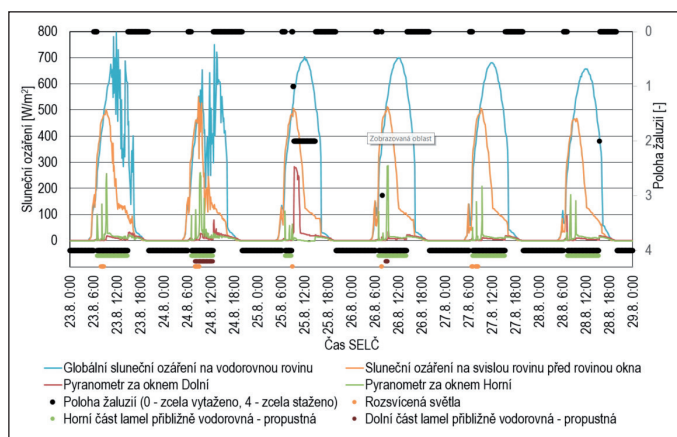
Schéma experimentu je uvedeno na obr. 2. Na nejnižší žaluzii byl umístěn magnet. Na okenním rámu byla z vnější strany umístěna po výšce okna 4 čidla, zaznamenávající průjezd magnetu v jejich blízkosti a tím změnu polohy žaluzie. Dále byly za okno do interiéru osazeny ve svislé rovině dva pyranometry, a to v úrovni středů horní a dolní části žaluzií. Ty zaznamenávaly hodnotu slunečního ozáření prostupujícího do interiéru při různém naklopení žaluzií. Účelem bylo z naměřených údajů zpětně stanovit úhel naklopení žaluzií na základě předem naměřených kombinací „prostupující záření vs. úhel naklopení“. To se však ukázalo jako nespolehlivá metoda. Zároveň byly pořizovány minutové fotografie místnosti jako kontrola polohy a natočení žaluzií. Z fotografií byla též získána informace o provozu osvětlení. Na střeše budovy je umístěna meteostanice s pyranometrem, měřící globální sluneční ozáření na vodorovnou rovinu [7], které bylo přepočteno na svislou rovinu okna [9]. Díky umístění meteostanice přímo na budově je minimalizována chyba způsobená rozdílným stíněním meteostanice a měřeného okna okolní zástavbou, vegetací i oblačností. Časový krok měření byl 10 min.

Souhrnné výsledky monitorování provozu žaluzií pro první a druhý týden jsou uvedeny na obr. 3 a 4. Detail pro jeden den je znázorněn na obr. 5. Vnější žaluzie jsou centrálně řízeny tak, že vyjždějí v 6.00 h a sjíždějí ve 20.00 h, tj. přes noc jsou vždy zavřené. Přes den se žaluzie na VJV fasádě stáhnou, když úroveň slunečního ozáření zaznamenaná čidlem na VJV fasádě překročí určitou hodnotu, a vytáhnou se až odpoledne, když je oslněna ZSZ fasáda. Na té je algoritmus řízení obdobný, žaluzie tedy sjedou odpoledne a zpravidla zůstanou již stažené. Z experimentálního



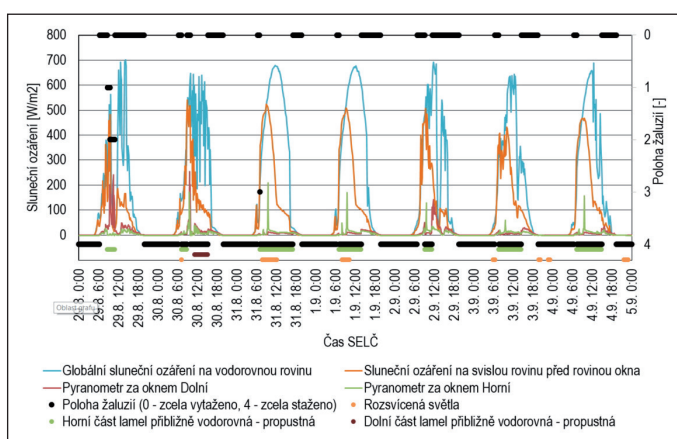
Obr. 2 Schéma experimentálního měření provozu žaluzií

Fig. 2 Diagram of experimental measurement of blinds operation



Obr. 3 Provoz žaluzií v prvním týdnu měření 23. 8. až 28. 8. 2016 (úterý až neděle)

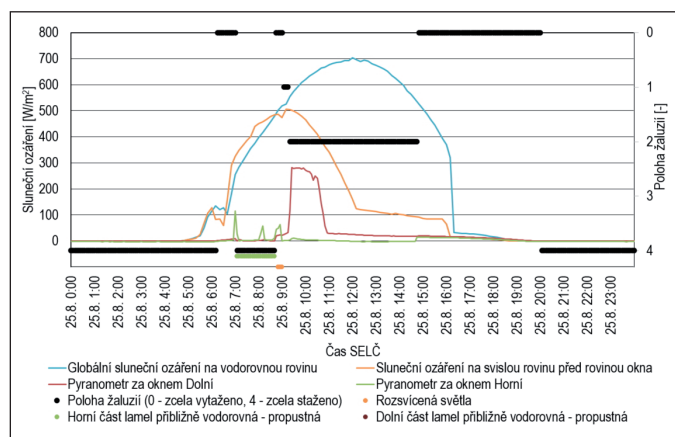
Fig. 3 Operation of blinds in the first week of the measurement from 23. 8. to 28. 8. 2016 (Tuesday to Sunday)



Obr. 4 Provoz žaluzií ve druhém týdnu měření 29. 8. až 4. 9. 2016 (pondělí až neděle)

Fig. 4 Operation of blinds in the second week of the measurement from 29. 8. to 4. 9. 2016 (Monday to Sunday)

měření je patrné, že v létě se obvykle žaluzie na VJV fasádě stahují krátce po ranním vytažení (mezi sedmou až osmou hodinou), když úroveň slunečního ozáření na rovinu VJV fasády dosáhne prahové hodnoty mezi



Obr. 5 Provoz žaluzií – detail pro den 25. 8. (čtvrtek) s částečně vytaženými žaluziemi

Fig. 5 Operation of blinds – detail for the day 25. 8. (Thursday) with partially raised blinds

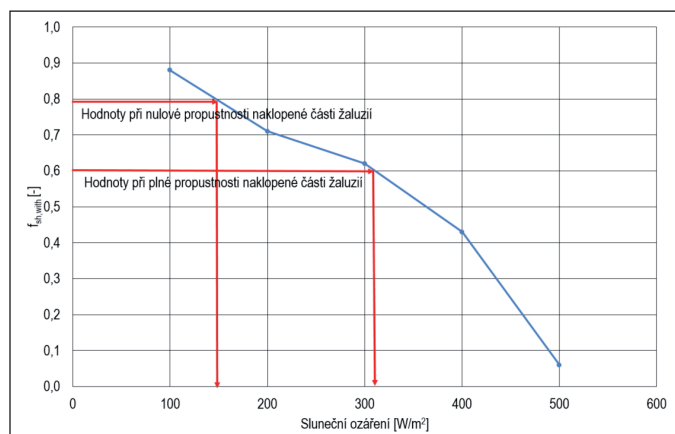
200 až 300 W/m² (viz obr. 3 až 5). Uživatelé mohou nezávisle na centrálním řízení žaluzie libovolně ovládat – natočit, zatáhnout či vytáhnout. Ty pak zůstávají v této poloze do zásahu automatu (obvykle večerního zatažení žaluzií). Uživatelský zásah do ovládání žaluzií je častý (viz obr. 3 až 5). Z měření během experimentu vyplývá, že uživatelé obvykle po automatickém sjetí žaluzií (z důvodu překročení úrovně slunečního ozáření) žaluzie naklopí tak, aby horní část osvětlovala místnost. V ranních hodinách k tomu obvykle rozsvítí i zářivky.

Vyhodnocení experimentálního měření

a zpětná korekce činitele $f_{sh,with}$

Z údajů o slunečním ozáření na rovinu zasklení (za dobu experimentu) byl dle rovnice (3) sestaven graf závislosti $f_{sh,with}$ na setpointu stažení žaluzií, viz obr. 6, modrá čára. Modrá čára je sestavena nezávisle na reálném užívání během experimentu. Odpovídá teoretickému výpočtu solárních zisků s vlivem žaluzií dle postupu rovnice (3).

Následně byl činitel $f_{sh,with}$ určen druhým přístupem, a to jako poměr mezi energií slunečního záření, které vstoupí do interiéru při přítomnosti žaluzií (se zahrnutím jejich polohy a stavu naklonění), a energií slunečního



Obr. 6 Závislost činitele $f_{sh,with}$ na setpointu sjíždění žaluzií: graf je sestaven z údajů měřených během experimentu podle rovnice (3), červené šipky odpovídají hodnotám $f_{sh,with}$ s nulovou nebo maximální propustností horní části žaluzií, které jsou přibližně vodorovně nakloněny

Fig. 6 Dependence of the factor $f_{sh,with}$ on the set point of the blinds release: the graph is constructed from the data measured during the experiment according to equation (3), the red arrows correspond to the values $f_{sh,with}$ with zero or maximum permeability of the upper part of the blinds which are approximately horizontally tilted

žáření, které by vstoupilo do interiéru bez přítomnosti stínících prvků. Oba úhrny energie byly integrovány za dobu experimentu.

Stažená část žaluzií může být v závislosti na naklonění lamel zcela solárně nepropustná (uzavřené lamely), částečně solárně propustná (s přibližně vodorovnými lamelami) s mechanismem částečného odrazu přímého slunečního záření a prostupu difuzního slunečního záření, viz studie [5], anebo může být maximálně solárně propustná – při zanedbání tloušťky lamel – při poloze lamel rovnoběžné se směrem přímého slunečního záření.

Úhel naklonění lamel nebyl měřen, je pouze odhadnut z časosběrných fotografií. Není tedy možné přesně spočítat aktuální míru solární propustnosti žaluzií z geometrie naklonění v každém časovém kroku. Výpočtově byl tento mezistav žaluzií, kdy nejsou ani zcela uzavřené, ani přibližně rovnoběžné se slunečními paprsky (určeno odhadem dle časosběrných fotografií), uvažován dvěma mezními stavy: žaluzie jsou zcela solárně propustné, anebo zcela solárně nepropustné (vždy oddělené pro horní a spodní část žaluzií). Poměr plochy okna stíněné žaluziemi (míra stažení) k celé ploše okna je určen orientačně v každém dílčím časovém kroku (10 minut) dle aktuální polohy žaluzií zaznamenané magnetem (zakryto ¼, ½ apod.), viz obr. 3, 4, 5 a 7.

Výpočet množství energie slunečního záření, které prochází do místnosti, byl proveden v desetiminutovém kroku. Celková energie slunečního záření dopadajícího na svislou rovinu na rovinu zasklení měřené místnosti byla za dobu experimentu 30,5 kWh/m² (přepočteno z naměřené hodnoty slunečního ozáření na vodorovnou rovinu, vztažené k ploše zasklení). Množství energie, které by prostoupilo do interiéru zcela bez stínění žaluziemi, by bylo 13,6 kWh/m² (pro celkovou propustnost sluneční energie zasklením $g_{gl,n} = 0,50$).

Propustnost slunečního záření vzhledem k úhlu naklonění žaluzií není známa. Byla zaznamenávána pouze poloha (stav 1 až 4, viz obr. 3 až 5) a přibližné naklonění žaluzií na úrovni „zcela zavřeno – nepropustné“ a „přibližně vodorovné – propustné“. Solární propustnost zcela zavřených žaluzií uvažována jako nulová. Stanovení solární propustnosti žaluzií vzhledem k úhlu naklonění by vyžadovalo měření úhlu naklonění ve vztahu k poloze slunce – úhlu mezi žaluziemi a slunečními paprsky. Toto



Obr. 7 Ukázka stavu žaluzií v kanceláři 2.09: žaluzie staženy do polohy 4 (zcela staženo), horní čtvrtina žaluzií je nakloněna do přibližně vodorovné polohy (neznámá solární propustnost), zbylé tři čtvrtiny žaluzií nakloněny v poloze zavřeno – nepropustné

Fig. 7 Example of the blinds operation in the office 2.09: the blinds are lowered to the position 4 (fully lowered), the upper quarter of the blinds is tilted to an approximately horizontal position (unknown solar permeability), the remaining three quarters of the blinds are in the closed position – impermeable

podrobněji řešil článek [6]. V rámci experimentu nebyl úhel naklonění žaluzií měřen. Je tedy provedeno následující zjednodušení, popisující dva mezní stavy propustnosti přibližně nakloněných žaluzií. Jako zcela solárně propustné nebo zcela solárně nepropustné. Reálná propustnost byla někde mezi nimi.

Uvažujeme-li část stažených žaluzií s přibližně vodorovnými lamelami jako zcela nepropustnou slunečnímu záření, pak celkové vypočítané množství slunečního záření, které prošlo do interiéru, bylo 3,1 kWh/m². To odpovídá činiteli $f_{sh,with} = 0,78$ (dle rovnice (3)). Naopak, pokud uvažujeme část žaluzií s přibližně vodorovnými lamelami jako zcela solárně propustnou, pak je dopočítaná energie slunečního záření prostupujícího do interiéru za dobu experimentu rovna 5,5 kWh/m². Tomu odpovídající činitel $f_{sh,with} = 0,60$ (dle rovnice (3)).

V grafu na obr. 6 jsou vykresleny dva přístupy k stanovení $f_{sh,with}$. Za první je činitel $f_{sh,with}$ stanoven jako teoretický, postupem dle [2] a rovnice (3) z údajů o slunečním ozáření během experimentu v závislosti na setpointu sjíždění žaluzií – proměnná. Za druhé je činitel $f_{sh,with}$ stanoven dle reálného používání žaluzií během doby experimentu (viz předchozí odstavec) dle rovnice (3) jako poměr mezi sluneční energií, která do místnosti vstoupila (3,1 až 5,5 kWh/m²), k energii, která by do místnosti vstoupila bez vlivu žaluzií (13,6 kWh/m²). Oba postupy jsou vyneseny v grafu na obr. 6. Zpětně je z grafu na obr. 6 odvozeno, pro jaký ekvivalentní setpoint sjíždění žaluzií dává teoretický výpočet $f_{sh,with}$ stejné hodnoty jako experimentálně stanovené solární zisky. Pro výše uvedené činitele $f_{sh,with}$ byl přibližně stanoven odpovídající setpoint výpočtové úrovně slunečního ozáření pro sjíždění žaluzií přibližně mezi 150 až 310 W/m² (regresi z obr. 6).

Pokud by měl být do energetické bilance (za dobu experimentu) zahrnut vliv aktivních stínících prvků tak, aby byla co nejlépe odhadnuta redukce dostupné sluneční energie vlivem stínících prvků, měl by se použít součinitel $f_{sh,with}$ v rozmezí hodnot přibližně 0,60 až 0,78 (tj. žaluzie redukuje 60 až 78 % energie dopadající na rovinu okna) a pro tuto část sluneční energie by měl být použit činitel celkové propustnosti sluneční energie včetně vlivu stínících prvků g_{gl+sh} (viz rovnice (2)). Zbylé množství energie 40 až 22 % není žaluziemi redukováno a pro stanovení propuštěného slunečního záření je možné uvažovat pouze činitel celkové propustnosti sluneční energie zasklení g_{gl} .

Dle [2] se ale hodnota $f_{sh,with}$ stanovuje obráceně. Tj. ze souboru údajů o slunečním ozáření se stanoví setpoint sjíždění žaluzií a odvodí se činitel $f_{sh,with}$. Výše uvedený experiment měl za cíl tento parametr experimentálně ověřit.

Použití váhového činitele $f_{sh,with}$ odvozeného od určitého setpointu sjíždění žaluzií, je zjednodušený přístup. V budově, kde polohu stínících prvků regulují uživatelé, je však obtížné nalézt přesnější způsob zahrnutí vlivu stínících prvků na solární zisky, nejsou-li stínící prvky soustavně monitorovány systémem měření a regulace.

Dopad zpřesněného zahrnutí solárních zisků na výpočtovou potřebu tepla na chlazení

Provedený experiment měl za cíl zpřesnit vstupní údaje pro výpočet potřeby energie na chlazení. Ve výchozím výpočetním modelu je počítáno se setpointem sjíždění žaluzií 200 W/m². Z experimentálního ověření (byť provedeno jen na 14 slunných dnech) vychází ekvivalentní hodnota sjíždění žaluzií mezi 150 až 310 W/m². Ačkoliv se nejedná o celý rok, výchozí použitá hodnota 200 W/m² pravděpodobně nebude zcela mylná. Byl proveden přepočet potřeby energie na chlazení pro hodnoty setpointu sjíždění žaluzií 100 W/m² a 300 W/m². Výsledná potřeba energie na chlazení 17 kWh/(m²·rok), resp. 25 kWh/(m²·rok), je však stále vzdálená od měřené spotřeby energie na chlazení 7 kWh/(m²·rok).

Pro zpřesnění výpočtu potřeby energie na chlazení je pravděpodobně třeba přistoupit k podrobnějšímu, např. zjednodušenému hodinovému výpočtu, nebo k detailní dynamické simulaci budovy. Podrobnosti o energetickém modelu jsou uvedeny v předcházející části článku.

DISKUZE A ZÁVĚR

V návaznosti na vyhodnocení provozu administrativní budovy Otevřená zahrada v Brně, představené v první části článku, byl v tomto příspěvku podrobněji řešen nesoulad mezi vypočítanou a měřenou potřebou energie na chlazení. Zatímco výpočet dle [2] s reálnými okrajovými podmínkami (teploty, sluneční ozáření) udával roční měrné hodnoty cca 18 kWh/(m²·rok), průměrné měřené hodnoty jsou na úrovni 7 kWh/(m²·rok).

Možnou příčinou rozdílu mezi modelem a skutečností mohlo být nepřesné zahrnutí solárních zisků, resp. jejich redukce vnějšími žaluziemi. V původní energetické bilanci byl použit odhad setpointu pro aktivaci žaluzií, a to při dopadajícím slunečním ozáření překračujícím 200 W/m². Bylo proto provedeno 14denní experimentální měření za velmi slunečného letního počasí, mapující používání žaluzií. Na jeho základě byla zpřesněna závislost aktivace stínění na slunečním ozáření na rovině okna.

Z naměřených údajů byl odvozen setpoint sjíždění žaluzií v rozmezí od cca 150 W/m² do 310 W/m². Setpoint byl odvozen pouze ze čtrnáctidenního pozorování a nelze jej zobecnit pro celý rok. Nicméně původní odhadovaný setpoint ležel uvnitř zpřesněného rozmezí a ani při změně setpointu na 100 W/m² či 300 W/m² v energetické bilanci vypočítané potřeby energie na chlazení – 17 kWh/(m²·rok), resp. 25 kWh/(m²·rok) – neodpovídají měřené spotřebě energie na chlazení 7 kWh/(m²·rok).

Nepřesné zahrnutí solárních zisků tedy patrně není jedinou příčinou nesouladu mezi modelovanou a skutečnou potřebou energie na chlazení. Pro rozbor problému by bylo třeba sestavit model s podrobnějším časovým krokem, lépe a přesněji mapovat provoz v budově, vnitřní zdroje tepla, větrání okny a zřejmě i ověřit přesnost měření instalovaných kalorimetrů.

Kontakt na autora: Vitezslav.Calta@fsv.cvut.cz

Poděkování: Tento příspěvek vznikl za podpory studentské grantové soutěže ČVUT, číslo grantu SGS16/008/OHK1/1T/1, a za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I č. LO1605.

Seznam zkratk:

VJV (východojihovýchod)
ZSZ (západoseverozápad)
MaR (měření a regulace)

Použité zdroje:

- [1] CALTA, V., TYWONIAK, J., SOJKOVÁ, K., MALÍK, Z. Vyhodnocení provozu administrativní budovy Otevřená zahrada v Brně (1. část). *Vytápění, větrání, instalace*. 2018, roč. 27, č. 3, s. 130–135. ISSN 1210-1389.
- [2] ČSN EN ISO 13 790:2009. Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení.
- [3] Permanentní GPS stanice TUBO. Meteostanice [online]. Dostupné z: <http://tubo.fce.vutbr.cz/new/meteoExport.asp>
- [4] SUBSTANCE. Expertní centrum ČVUT. Stavebně energetická studie NNO Údolní, Brno. Praha, 2009.
- [5] DesignBuilder [software], [verze 4.2.0.054]. DesignBuilder Software Ltd.
- [6] ŽENKA, M., STANĚK, K. Pasivní administrativní budova v letním provozu (1. část: Stínění vs. přirozené denní osvětlení). *Vytápění, větrání, instalace*. 2011, roč. 20, s. 13–16. ISSN 1210-1389.

- [7] Meteostanice na budově Otevřená zahrada s online publikací dat, 2017 [online]. Dostupné z: <http://www.otevrenazahrada.cz/Pasivni-budovy/Meteostanice.aspx>
- [8] ČSN EN 13363-1+A1:2008. Zařízení protisluneční ochrany kombinované se zasklením – Výpočet propustnosti solární energie a světla – Část 1: Zjednodušená metoda.
- [9] STANĚK, K. Výpočetní nástroj pro přepočet globálního slunečního ozáření na sluneční ozáření na nakloněnou rovinu.

Ze zahraniční literatury

Xu, C., Liu, L.:

Personalized Ventilation: One Possible Solution for Airborne Infection Control in Highly Occupied Space?

(Osobní větrání: Možné řešení regulace vzdušných infekcí v místnostech s mnoha uživateli?)

Indoor and Built Environment, 27, 2018, č.7, s. 873–876.

Autoři z Tsingua University v Pekingu přinášejí první výsledky studia efektu osobního větrání a jeho vlivu na šíření vzdušných infekcí. Upozorňují, že vzdušné infekce jsou stále jednou z vředyprítomných příčin lidské nemoci a úmrtnosti na celém světě. Epidemiologie, která dnes zná stovky vzdušných infekčních patogenů, spolu s moderními inženýrskými technologiemi rozvíjí regulaci šíření vzdušných infekcí, které se však stále nedaří zastavit. Podle statistik Světové zdravotnické organizace se každý rok na světě nakazí chřipkou 20–30 % dětí a 5–10 % dospělých lidí, z toho 300 až 500 milionů případů je vážných a 20 až 50 milionů smrtelných. Každý rok se na světě nakazí téměř 9 milionů lidí tuberkulózou, a přestože ji umíme léčit, 2 miliony na ni zemřou. Efektivní regulace vzdušných infekcí proto představuje hlavní úkol pro epidemiologii a příbuzné obory. Důležitým faktorem při šíření vzdušných nákaz je obsazenost místností uživateli. Pokud je vysoká, např. ve školách, školkách, jeslích apod., vzdušné infekce se snadno šíří. Dříve chřipka, tuberkulóza, dnes respirační syndrom SARS a skupina norovirů.

Existují dvě strategie větrání, které nás chrání před vzdušnými nákazami. Podle první je na místě zvýšení množství přiváděného čerstvého vzduchu. Stále se však diskutuje, jaké množství – je nutné brát v úvahu ekonomické hledisko.

Druhý způsob je hospodárnější, počítá s přívodem čerstvého vzduchu přímo do dýchací zóny lidí. Hlavním zdrojem vzdušných patogenů je lidské dýchání, mluvení, kašláni, kýchání i pocení. A zde je úskalí osobního větrání – pro jedince zajistí přívod čistého vzduchu, ale jím šířené mikroorganismy rozptýlí do okolí. Na jednom konkrétním místě je riziko nákazy sníženo, ale infekční agens v interiéru zůstává. Pokud je přítomen infikovaný jedinec, pro ostatní se tak riziko nákazy mimo přívod vzduchu paradoxně zvyšuje. Proto otázník v názvu článku.

(Laj)

Nová skripta

- ☐ Vybrané statě z větrání a klimatizace
F. DRKAL, V. ZMRHAL



Skripta pojednávají o typických větracích a klimatizačních zařízeních v obytných i průmyslových objektech. Jednotlivé kapitoly jsou zaměřeny na dílčí témata: větrání obytných budov, škol, kuchyní, bazénů, větrání a klimatizace čistých prostorů, větrání halových objektů, plynových kotelen, garáží, riziko koncentrace CO při provozu plynových spotřebičů, větrání a odvlhčování zimních stadionů a požární větrání. V učebním textu jsou uvedeny požadavky na systémy, výchozí podmínky a postupy návrhu zařízení.

Vydalo: Nakladatelství ČVUT v Praze, 118 stran, 137 Kč vč. DPH