

RICHARD KITTLER

Schematická koncepcia nových teplotných noriem a zanedbávanie kladných účinkov insolácie interiérov vedie k jednostrannému úsiliu zmenšovať rozmery osvetľovacích otvorov na dosiahnutie domnelých energetických úspor. Štúdia zdôrazňuje multifunkčný význam a architektonickú dôležitosť okien a rozoberá ich energetickú účinnosť ako solárnych kolektorov v zimnom vykurovacom období.

Súčasná svetová energetická situácia nás núti racionálne využívať palivá aj elektrinu, zamýšľať sa nad možnosťami úsporných opatrení pri projektovaní budov. Je samozrejmé, že nové riešenia nesmú postihnúť kvalitu našej výstavby ani pohodu interiérového prostredia v našich bytoch alebo na pracoviskách. Už začiatkom tejto päťročnice v r. 1976 bol novelizovaný Štátny program racionalizácie spotreby palív a energie, v ktorom sa uvádzajú aj zdanlivo nesúvisiace opatrenia, a to zníženia strát tepla obvodovými plášťami budov a racionalizácia spotreby elektrickej energie vo svetelnej technike. Podľa uznesenia predsedníctva vlády ČSSR č. 181 78 a z príkazu MVT ČSR Studijní a typizační ústav v Prahe robil preverku vybraných typových pod-

kladov KBV podľa smerníc „Pokyny MVT ČSR při zpracování kontrolních výpočtů spotřeby tepla pro vytápění v typových pokladech bytových a občanských staveb“.

Podľa nedávno uverejnených čiastkových výsledkov (M r á z e k [12]) sa zdá, že niektoré podklady a výsledky tejto preverky sú otáznе, ak nie priam problematické, a veľmi diskutabilné je najmä navrhované opatrenie D. – t. j. „zmenšenie plochy okien tak, aby sa zvýšila priemerná teplota vnútorných stien o 1° C“. Prínajmenšom možno konštatovať, že takto všeobecne formulované opatrenie uplatňuje len jednostranné teplotné hľadisko, pričom pravdepodobne sa ešte navyše extrémne skreslene prejavila nedokonalosť zjednodušených kontrolných výpočtov tepelných strát budov, ktorá vystihuje akýsi priemerne extrémny model zimného počasia (studený, veterný a neslnečný zimný deň), a nie konkrétne zmeny klímy v priemernom vykurovacom období. Z tohto extrémneho klimatického modelu vyplýva mylna predstava, že každým m² zasklenia nám uniká 3 až 4-krát toľko tepla ako plnou stenou.

Čitateľ si môže živo predstaviť, ako by sa opačne vyvíjala situácia, keby iné pracovisko STÚ malo príkaz vypracovať analýzu a opatrenia na šetrenie elektrickou energiou pri osvetľovaní typových bytov podľa pokynu MVT ČSR o zlepšení využívania prírodného svetla

Doc. Ing. Richard Kittler, DrSc., ÚSTARCH SAV, 885 46 Bratislava.

alebo podľa pokynu o šetrení palivami racionálnym využívaním insolácie (slnečného žiarenia) a skleníkového účinku okien. Nikto nepochybuje, že v takomto prípade hlavným a zásadným opatrením by bola požiadavka na zväčšenie plochy okien v typoch KBV v budúcej päťročnici. A súdny čitateľ už zaiste postrehol, že ani takýmto subjektívnym opatrením by sa racionálne a celospoločensky správne neriešil ani problém úspory energie, ani problém optimálnej veľkosti, resp. rozmerov okien v typovej KBV vzhľadom na ich mnohofunkčnú dôležitosť.

Už to je 45 rokov, čo nestor našej stavebnej fyziky prof. V. Krch v r. 1934 a 1935 vydal dnes už klasickú štúdiu a rozbor účelov okna ako súčasti budovy a obytnej miestnosti [9], [10]. Nezaškodí, ak si znovu pripomenieme aspoň tri zásadné vety, ktorými uviedol svoju štúdiu: „Okno jest z nejdůležitějších, nezbytných součástí budovy. Proto, ač jeho základní účel — osvětlení denním světlem — zůstává nezměněn, za různých slohových období stává se příznačným prvkem i po stránce formální. U okna setkáme se s těmito otázkami, které nutno ujasnit a řešit: osvětlení denním světlem a oslunění, větrání, izolace tepelná a zvuková, zclonění okna, otevírání okna (čištění, vodotěsnost), konstrukce okna (hmoty, profily, kování atd.), přilehlé konstrukce stavební, typizace a normalizace a jeho správné užití jakožto prvku s estetickými (nebo ještě širše: psychologickými) účinky na vnitřní prostor a vnější povrch (vzhled) stavby“. Po uvedomení si tohto kréda musíme s úctou konštatovať, že zostáva v nezmenenej platnosti doposiaľ a že v takejto komplexnosti ho musí rešpektovať architekt i každý odborník. O to paradoxnejšie by vyznelo znovuodcitovanie opatrenia D. STÚ, aj keď uznávame súčasnú dôležitosť energetických úspor. Ba práve preto, že ju uznávame, musíme upozorniť aj na možnosť, že práve opatrením D sa v skutočnosti môže dosiahnuť práve opak, t. j. nie zvýšenie, ale zníženie teploty vnútorných povrchov, a teda aj plytvanie energiou a palivami.

Pokúsme sa to stručne objasniť na konkrétnych argumentoch z hrubej celoročnej energetickej bilancie typo-

vého obytného domu napr. v Bratislave (pretože pre túto lokalitu máme k dispozícii komplexné údaje).

Napriek tomu, že v súvislosti s energetickými ťažkosťami stále častejšie hovoríme o nevyhnutnosti využívania slnečného žiarenia, nové teplotnícké normy ČSN 73 0540, 73 0542 a 73 0549 [1–3] ignorujú kladné účinky insolácie v zimnom období a naopak preexponovane zdôrazňujú jej „zápory“ v lete. Táto okolnosť sa významne uplatňuje aj pri určovaní spotreby energie na vykurovanie podľa čl. 19 ČSN 73 0540 aj v jej normatívnom maxime 9,3 MWh byt, rok, ktoré predpisuje čl. 20 pre bytové domy. Táto „každoročná“ spotreba sa vyhodnocuje na základe tepelných strát budov podľa ČSN 06 0210 a podľa tzv. početnosti trvania teplôt exteriérového vzduchu podľa tab. 20 v ČSN 73 0542 pre obostavaný priestor 200 m³ tzv. merného bytu.

Je pochopiteľné, že norma pre výpočet vykurovacieho systému musí vychádzať z predpokladu extrémne studenej zimy, aby aj za extrémnych podmienok bolo možné vykúriť objekty. Preto sa kedysi zaviedla oblastná výpočtová vonkajšia teplota (t_e), ktorá sa zaokrúhľuje v ČSSR na -15°C , -18°C a -21°C a ktorá sa určuje z meteorologických meraní podľa päťdesiatročného priemeru absolútne minimálnych teplôt v lokalite ($t_{\text{abs. min}}$) a podľa priemeru teplôt dvoch najchladnejších mesiacov roka ($t_{\text{m. min}}$) vzťahom

$$t_e = 0,6 t_{\text{abs. min}} + 0,4 t_{\text{m. min.}}$$

Tento systém určovania oblastných teplôt naďalej používa ČSN 73 0540, 1978, čl. 2, kým ČSN 06 0210, 1977, čl. 34 volí tri základné oblasti výpočtových teplôt -12°C , -15°C a -18°C s odôvodnením: „... aby vytápění zařízení nebyla zbytečně předimenzována, byla za výpočtovou venkovní teplotu zvolena průměrná teplota pěti za sebou následujících nejchladnějších dnů podle dlouhodobých meteorologických pozorování“.

Už dávno autor (Kittler [4], s. 54 [5], s. 38) kritizoval nevhodnosť oblastnej výpočtovej teploty pri stavebnofyzikálnych výpočtoch. Táto kritika je opodstatnená najmä v našom prípade, keď ide o energetickú bilanciu v dlhšom období, keď treba sumarizovať priemerné tepelné straty a zisky tak, aby to vystihovalo

prakticky priemerné každoročné energetické a finančné nároky bytových domov počas ich 50–100-ročnej životnosti. Na obdobných „havarijných“ podmienkach spočíva aj normová početnosť trvania extrémnych teplôt vonkajšieho vzduchu (tab. 20 v ČSN 73 0542), ktorá predpokladá každoročný až trojdňový výskyt teploty medzi -16 až -17°C v teplotnej oblasti -15°C (obr. 1).

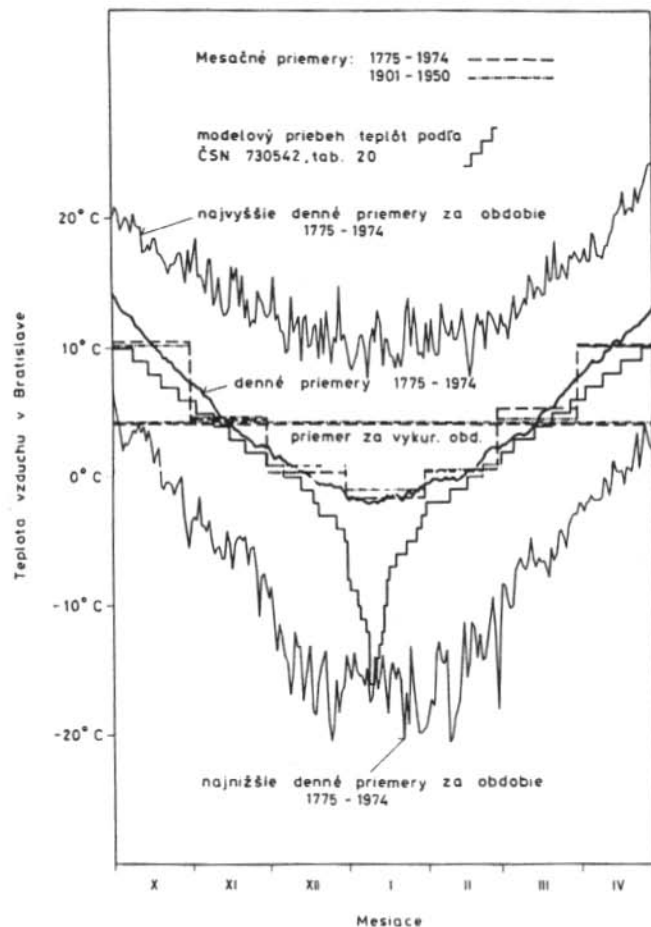
Tento normový predpoklad vyjadruje priemerné zimné obdobie veľmi nepresne. Napr. pre Bratislavu nedávno uverejnil prof. Konček [8], výskyt teplot pod -15°C v 80-ročnom období 1891–1970 v tab. 4.11 s priemerom 1,4 dňa za desaťrocie, pričom však 48 rokov, t. j. 60 % rokov sa vôbec nevyskytli teploty pod -15°C , a 15 rokov sa dokonca neobjavili ani teploty pod -10°C .

Ináč, ak by sme chceli skontrolovať početnosť výskytu približných odchýlok denného priemeru od mesačného priemeru teplôt podľa tab. 32 Smolík a Strážku [16], pre Bratislavu s 200-ročným priemerom $-1,6^{\circ}\text{C}$, tak by sme predpovedali výskyt denných teplôt $-14,7$ a $14,8^{\circ}\text{C}$ raz za 20 rokov; $-18,9$ a $19,0^{\circ}\text{C}$ raz za 50 rokov a $-25,5^{\circ}\text{C}$ raz za 100 rokov (so súčasnosťou možnosťou výskytu $+9,3^{\circ}\text{C}$ raz za 100 rokov).

Prof. Konček [8] v tab. 4.6 uvádza najnižší denný priemer za 200 rokov $-20,6^{\circ}\text{C}$ s absolútne minimálnym údajom zaznamenaným za 84 rokov merania extrémov $-26,7^{\circ}\text{C}$.

Takisto je zarážajúce, že podľa ČSN 73 0542 trvá vonkajšia teplota pod 20° až 341 dní v roku, čo by znamenalo takmer celoročné tepelné straty budov, a teda aj ich vykurovanie. To zrejme odporuje našej bežnej skúsenosti, že vykurovacie obdobie má zhruba len 200–220 dní, t. j. zaberá asi sedem zimných mesiacov od októbra do apríla (Rehánek a Janouš [14] určili pre 13 typov podľa ich tepelnej charakteristiky počet vykurovacích dní v rozmedzí 165–221 dní s priemerným časom vykurovania 14,1 až 17,7 hodín denne). Z druhej strany však aj dlhodobé priemery vonkajších teplôt v ČSSR sú skoro počas celého roka pod 20°C . Podľa 200-ročných denných priemerov je v Bratislave teplota nad 20°C len od 29. 6. do 16. 8., t. j. 49 dní v roku.

Co teda spôsobuje energetické vyrovnanie veľkých celoročných tepelných strát budov natoľko, že netreba ani celoročné, ani celodenné (24-hodinové) vykurovanie? Jednoznačne je to kladný účinok slnečného žiarenia, ktorý teplotnícké normy ignorujú.



Obr. 1. Porovnanie priebehov najvyšších, priemerných a najnižších denných priemerov vonkajších teplôt vzduchu v Bratislave za 200 rokov s dátumovo simulovaným rozložením početnosti trvania kritických teplôt podľa tab. 20 v ČSN 73 0542.



Obr. 2. „Hlad po slnečnom žiarení“ v zime vyvolal odhrnutie záclon aj otvorenie vnútorných kridiel okien aj napriek mrazivej teplote vonkajšieho vzduchu a porušeniu vizuálnej intimitity a pocitu súkromia.

Z bilancie tepelných strát podľa ČSN 06 0210 sa z hľadiska energetických kritérií dá využiť ako najobjektívnejšia tepelná charakteristika budovy vo $\text{W/m}^3\text{K}$. Tzv. merné tepelné straty a tepelné straty merného bytu podľa Řehánka a Janouša [14] sú „zafaržené“ nereálnym 32° alebo 35° teplotným rozdielom, avšak ich prepočtom zistíme, že tepelná charakteristika súčasných typov KBV je v rozmedzí 0,59 až $0,96 \text{ W/m}^3\text{K}$. Podľa údajov STÚ (Mrázek [12], tab. 10) typické objekty sústavy OP 1.11 majú tepelné charakteristiky 0,74; 0,69 a 0,61, pričom je paradoxné, že ich hodnoty klesajú so stúpajúcim počtom podlaží (4; 8; 12) a so vzrastajúcou plochou zasklenia, resp. pomerom plochy zasklenia ku kubatúre ($Z/V = 0,18; 0,23; 0,30$).

Pretože bilanciú tepelných strát obsahuje projektová dokumentácia každej stavby, dá sa jednoduchým vydelením uvažovaným teplotným rozdielom a kubatúrou budovy ľahko zistiť aj jej tepelná charakteristika. Potom, ak vieme kubatúru merného bytu (200 m^3), mali by sme vedieť rýchle vyčíslieť aj spotrebu energie pre uvažovanú budovu v priemernom vykurovacom období.

Ziaľ, podľa príkladu v ČSN 73 0549 (príloha 13 a 8) by takýto výpočet znamenal viac námahy ako výpočet tepelných strát budovy podľa ČSN 06 0210, pričom naďalej veľmi problematickou zostáva určovanie priebehu nevyhnutného času vykurovania v závislosti od teplot vonkajšieho vzduchu, najmä pri súčasnom úsilí o čo najúspornejší, t. j. prerušovaný vykurovací režim. Zaiste najmenej úsporné aj neekonomické by bolo počítať s absolútnou náhradou strát obytnej budovy počas 24 hodín denne a počas celého sedemmesačného vykurovacieho obdobia (t. j. $212 \text{ dní} \times 24 = 5088 \text{ hodín}$), aj keby sa zabezpečila ideálna automatická regulácia dodávky tepla podľa priebehu teplot vonkajšieho vzduchu. Napr. podľa dlhodobých mesačných priemerov teplot v Bratislave je priemerná vonkajšia teplota vo vykurovacom období $4,47^\circ\text{C}$, t. j. oproti 20°C v interiéri je teplotný rozdiel $15,53 \text{ K}$, takže by sme mali počítať s asi $79\,000 \text{ h K/byt}$ a pri veľmi dobrej tepelnej charakteristike budovy $0,6 \text{ W/m}^3\text{K}$ by vychádzala spotreba energie ($0,6 \times 200 \times 79\,000 =$) $9,48 \text{ MWh/byt}$ za vykurovacie obdobie.

Keď rešpektujeme predpis ČSN 73 0540, čl. 19, b) a rátame s početnosťou trvania teploty vonkajšieho vzduchu podľa tab. 20 v ČSN 73 0542, pričom predpokladáme zasa 212 vykurovacích dní (čomu zodpovedá v tab. 20 v teplotnej oblasti -15°C teplota vonkajšieho vzduchu $5,5^\circ\text{C}$), dostaneme $76\,150 \text{ h K}$. Tak pri tepelnej charakteristike budovy 0,61 dodržíme normu spotreby, pretože merný byt za vykurovacie obdobie pri nepretržitej regulovanej dodávke tepla spotrebuje $9,29 \text{ MWh}$.

Ak predpokladáme prísne úsporný režim prerušovaného vykurovania podľa príkladu v ČSN 73 0549, s. 73, tak podľa tab. 20 v ČSN 73 0542 za rovnaké obdobie 212 dní „potrebujeme“ len $34\,100 \text{ h K}$, takže pri tepelnej charakteristike 0,61 je spotreba energie iba $4,16 \text{ MWh/byt}$ za vykurovacie obdobie.

Zaiste si čitateľ kladie otázku, ako je to možné, že v rovnakom mernom byte, ktorý má tepelné straty $9,5 \text{ MWh}$ za vykurovacie obdobie, môže byť reálna spotreba energie len $4,16 \text{ MWh}$ v dlhodobom priemere, a to bez značnej ujmy na tepelnej pohode. V podstate je to možné iba preto, že okná nie sú len únikovými kanálmi tepla,

ale aj účinnými solárnymi kolektormi. Až sekundárne je to aj vďaka istej akumulácii tepla v jadre budovy, ktoré sčasti pochádza aj z využitia insolácie interiéru a sklenikového efektu zasklenia. To sa však úplne zastiera normovou manipuláciou s fiktívnymi súčtovými teplotami miestnosti v čl. 53, ČSN 73 0549.

Dalšia „diskriminácia“ kladných vlastností okien nepriamo vyplýva z ich teplotnickej charakteristiky pomocou súčiniteľa prechodu tepla k_o a z normatívnej požiadavky na jeho hodnotu. V ČSN 73 0540 sa požaduje najmenší odpor pri prechode tepla oknom $R_o^N = 0,27 \text{ m}^2\text{K/W}$, resp. najväčšia dovolená hodnota súčiniteľa prechodu tepla $k_o^N = 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, ktorá nám dáva názornejšiu predstavu o úniku tepla vo W na m^2 zasklenia pri jednotkovom teplotnom rozdiely. V tomto zmysle často chápeme hodnotu k_o ako plošnú tepelnú charakteristiku určitej konštrukcie obvodového plášťa alebo rozhrania, t. j. ako kritérium jeho izolačnej vlastnosti alebo energetickej účinnosti. To je plne opodstatnené hlavne pri nepriehľadných a tepelne značne zotrvačných stenách, ktoré radiačné, teplotné a veterné krátkodobé zmeny značne vyrovnávajú a navodzujú viac-menej ustálený tepelný tok. Preto možno plné stenové konštrukcie najlepšie normovať ich tepelným odporom alebo tepelnou priepustnosťou, t. j. $R_w = 0,95$ a $1 \text{ m}^2\text{K/W}$ pre teplotnú oblasť -15°C a -18°C . Tak sa vyhýbame nevyhnutnosti uvažovať veľký rozsah hodnôt, v rámci ktorých sa mení súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšej strane α_e počas dňa aj počas vykurovacieho obdobia vplyvom zmien rýchlosti vetra, kladnej slnečnej i zápornej vesmírnej radiácie. Takéto zjednodušenie však nemožno prijať v prípade okna, a tobož nie, ak chceme zachytiť jeho reálne, priemerné tepelnoenergetické vlastnosti počas celého vykurovacieho obdobia. Nesporné si musíme uvedomiť, že hodnota k nie je konštantná a že aj tepelný tok oknom sa v priebehu dňa mení, ako sa na to upozorňuje aj v zahraničí (K ü n z e l, S n a t z k e [11]). To znamená, že sa u nás rozšírila mýlna predstava, že oknom, resp. zasklenými plochami fasády strácame štyrikrát toľko tepla ako stenou. Vieme, že v slnečných zimných dňoch je vďaka sklenikovému účinku

Obr. 3. V staršej individuálnej výstavbe sa často používali na zvýšenie tepelnej izolácie väčších okien počas studených zimných nocí aj vnútorné drevené okenice. Na tie sme dnes už takmer zabudli.



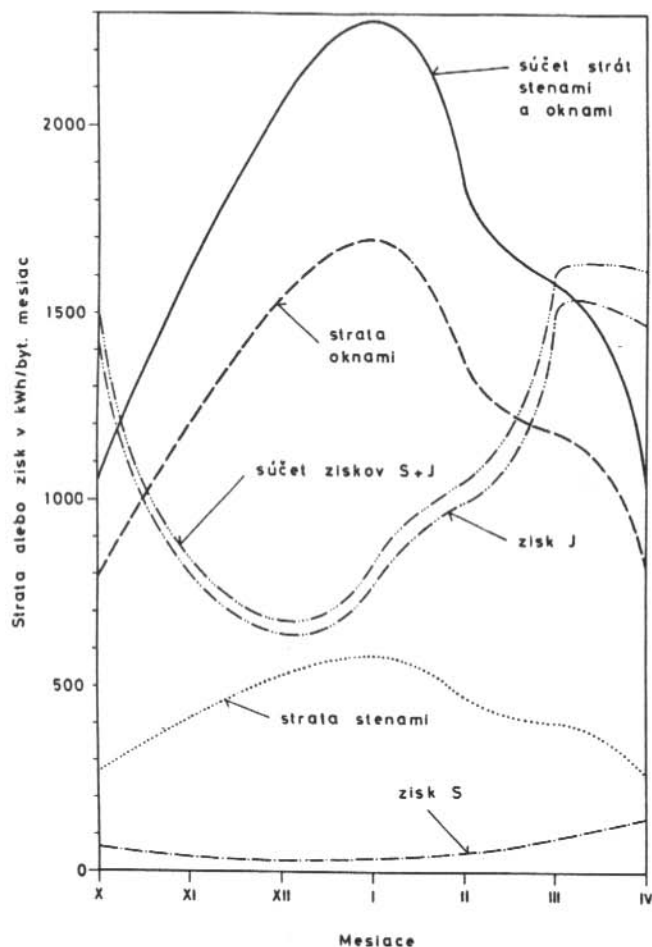
okno veľmi efektívny kolektor, takže pomerná tepelná strata cez zasklenie Q_z bude

$$Q_z = k(t_i - t_e) - g E'_z,$$

kde g je činiteľ celkovej energetickej priepustnosti zasklenia, ktorý sa skladá z činiteľa priepustnosti slnečných lúčov cez sklo (T) a z tej časti sálania skla, ktorá sa z vnútorného povrchu zasklenia dostáva do interiéru a pochádza z absorbovaného slnečného žiarenia. Pri sumácii tepelných ziskov za dlhšie obdobie môžeme aproximatívne rátať s hodnotou $g = 0,7$ pre dvojnásobné obyčajné zasklenie (bez presného zachytenia tzv. smerovej charakteristiky priepustnosti);

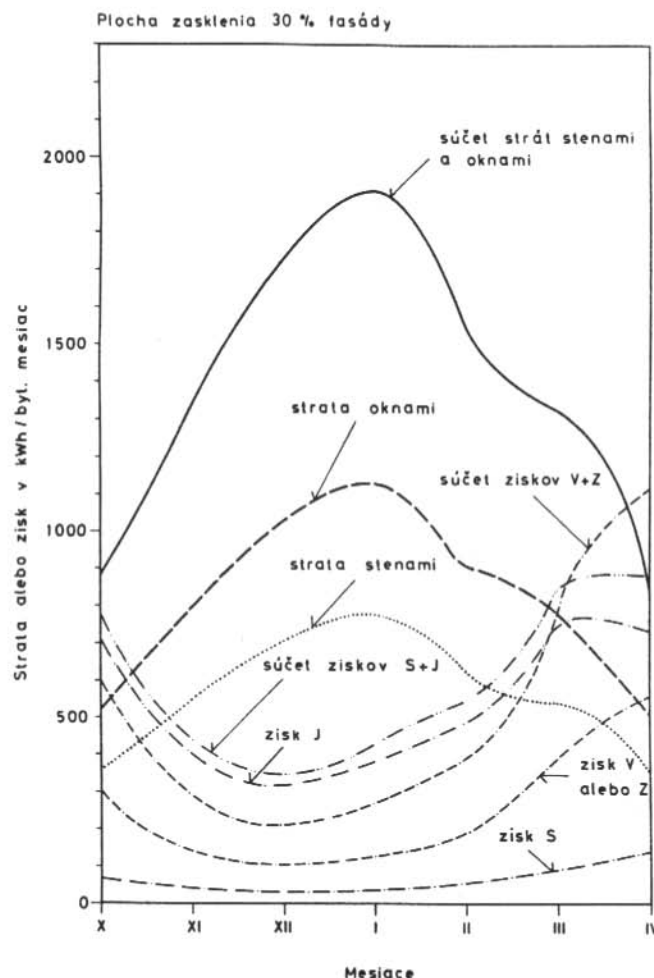
E'_z — celková energetická ožiarenosť zasklenia vo W/m^2 , ktorá sa skladá z priamej slnečnej, difúznej oblohovej a odrazenej „terénnej“ zložky radiácie. Vzhľadom na nestacionárnosť radiačnej klímy a slnečného svitu, resp. oblačnosti sa pres-

ne určí táto hodnota v časove definovanom úseku (hodina, deň, mesiac, vykurovacie obdobie) veľmi obťažne a dá sa prakticky zvládnuť len využitím výpočtových programov a počítačov.



Obr. 4. Mesačné bilancie tepelných ziskov a strát merného bytu pri bežnej veľkosti zasklených plôch fasády a pri rovnakom rozmiestnení okien na dve protifašné priečelia líniového domu KBV s orientáciou alebo na sever a juh, alebo na východ a západ.

Práve v tejto oblasti sme však v ČSSR dosiahli veľmi významný pokrok, pretože existujú u nás tri programy, ktoré sa dajú v tomto zmysle použiť.



Obr. 5. Mesačné bilancie tepelných ziskov a strát merného bytu pri značne redukovanej zasklenej ploche s rovnakou veľkosťou okien na obidvoch priečeliach líniového domu.

Na STÚ v Prahe v rámci systému SAPRO (Zajicek [17]) je k dispozícii program pre výpočet tepelných ziskov okien zo slnečného žiarenia (Sitta [15]), svojšnú matematickú formuláciu vypracoval na SVST v Bratislave Puškáš [13], ktorá sa v čiastočne pozmenenej forme a so sumačným výpočtom používa na ÚSTARCH-u SAV [7].

Ak zanedbáme tepelné straty infiltráciou a predpokladáme, že na merný byt KBV 200 m³ pripadá asi 75 m² obvodového plášťa, zhruba možno spočítať očakávané tepelné straty vo vykurovacom období za ustáleného stavu podľa dlhodobých mesačných priemerov teplôt (zoberme priemerné mesačné teploty v Bratislave za obdobie 1901–1950 podľa HMÚ, súčiniteľ priestupu tepla stenou $k_{st} = 1 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ a oknom $k_{ok} = 2,9 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$). Na základe viacročných meteorologických údajov o oblačnosti a slnečnom svite sme pomocou výpočtového programu určili priemerné mesačné sumy ožiarení nezatienených fasád líniových objektov a hlavnými orientáciami dvoch protifaľných priečelí na S–J alebo V–Z na obr. 4 a 5 (tepelný zisk interiéru sme redukovali o energetickú priepustnosť zasklenia hodnotu $g = 0,7$). Predpokladali sme dva varianty plochy zasklenia obidvoch priečelí:

- ak plocha zasklenia tvorí 50 % plochy fasády (t. j. 37,5 m²), tak tepelné straty za celé vykurovacie obdobie sú 11,5 MWh byt a zisky sú:
 - pri orientácii 18,75 m² zasklenia na S a 18,75 m² na J 6,4 MWh byt, t. j. bilančná strata 5,1 MWh/byt;
 - pri orientácii V–Z 5,5 MWh byt, t. j. bilančná strata 6 MWh/byt;
- ak zmenšíme plochu zasklenia na minimálnych 30 % plochy fasády (t. j. na 25 m²), tak tepelné straty poklesnú síce na 9,6 MWh byt, avšak súčasne klesne aj tepelný zisk:
 - pri orientácii zasklenia S–J na 4,3 MWh byt, takže bilančná strata bude 5,3 MWh/byt;
 - pri orientácii Z–V na 3,7 MWh byt, takže bilančná strata bude 5,9 MWh/byt.

Vidíme, že zmeny bilančnej straty tepla pri markant-



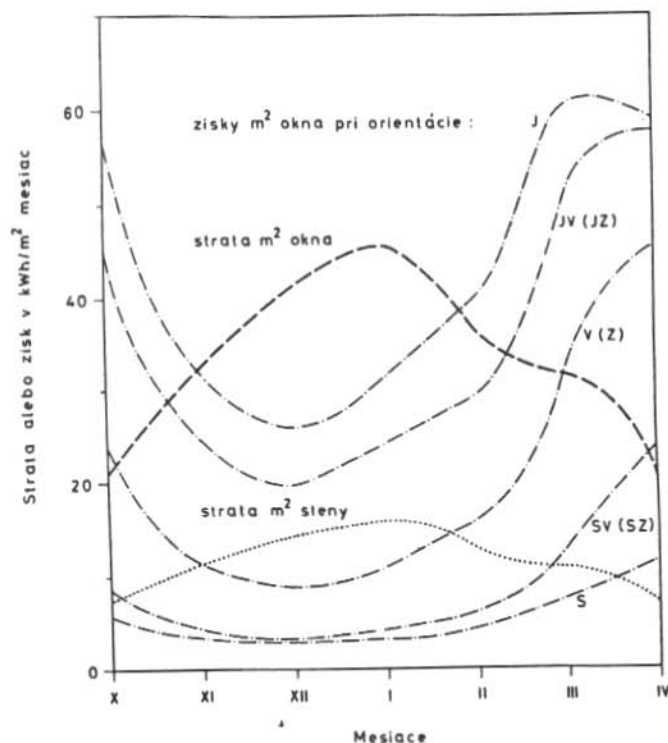
Obr. 6. Spustené eslingenské rolety alebo zatvorené vonkajšie žalúzie znižujú tepelné straty okien počas mrazivých jasných zimných nocí a účinným tienením slnečných lúčov zasa zabráňujú prehrievaniu interiérov počas letných horúčav.



Obr. 7. V domorodej a ľudovej architektúre sa často využíval tieniaci účinok južne orientovaného prístrešku alebo „ganku“, ktorý v lete pri vysokých slnečných lúčoch zatienoval okná, kým v zime dovoľoval nezníženú insoláciu interiérov. Tento princíp aplikuje v KBV južne orientovaná loggia.

nom zmenšení plochy zasklenia z 50 % na 30 % sú veľmi malé a pri orientácii S—J dokonca redukciou okennej plochy sa bilančná strata môže zvýšiť. To znamená, že nedosiahneme energetické úspory, ale stratu, ešte zvýšenú o spotrebu elektrickej energie na umelé osvetlenie počas celej zimy, ktorá vyplynie zo zníženia prístupu prírodného svetla do interiérov.

Je zrejmé, že tieto celkové údaje platia len za celé vykurovacie obdobie v priemerne chladnom, slnečnom a oblačnom roku. Takáto bilancia vychádza z mesačných bilancií straty m^2 plochy okna a steny na obr. 8 a ziskov, ktoré pri hlavných orientáciách okna dostá-



Obr. 8. Porovnanie mesačných merných tepelných strát a ziskov rôzne orientovaných okien so stratou steny.

vame do interiéru vplyvom insolácie a difúzneho prírodného žiarenia. Je logické, že energeticky najúčinnšie je južne orientované okno, ktorého pomernú tepelnú stratu (ak $k_{ok} = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$) vyrovná insolácia v novembri a vo februári a v decembri a januári zníži práve na úroveň ekvivalentnej pomernej straty steny (zhruba na 14–15 kWh/m²). V októbri, v marci a v apríli tepelný zisk južným oknom nielenže vyváži jeho tepelné straty, ale súčasne vyváži aj straty stenou. To znamená, že projektovanie južne orientovaných okien vedie v dlhodobej prevádzke budov jednoznačne k energetickým úsporám využívaním slnečnej energie. Naopak zmenšovania plochy okien nevedie k úspore energie, a toľž nemôže viesť k zvýšeniu teploty vnútorných povrchov (podľa tzv. opatrenia D.) Zámerným a rozumným zväčšovaním južných a čiastočným zmenšovaním severných okien možno doceliť optimálne využívanie okna ako solárneho kolektora a inštaláciou regulačných ventilov na radiátoroch v južne orientovaných miestnostiach možno automaticky znížiť ich vykurovanie. Takýmto spôsobom by sa dokonca aj v niektorých januárových a februárových slnečných dňoch mohla znížiť alebo úplne prerušiť dodávka tepla do týchto interiérov a ich vykurovacie obdobie by sa vlastne tiež podstatne skrátilo.

Z druhej strany je zrejmé, že severne orientované okná sú energeticky nevýhodné a len na ne by sa mohlo vzťahovať opatrenie o zmenšovaní ich plochy.

Na základe tohto poznatku sme skúsili prepočítať bilanciú tepla v mernom byte s 50 % zasklením (t. j. plochou 37,5 m²), pričom jeho tretina, teda 12,5 m² má orientáciu na sever a dve tretiny (25 m²) na juh. Samozrejme tepelné straty 11,5 MWh/byt sa nezmenili, ale zvýšil sa tepelný zisk okien na 8,1 MWh/byt, takže sa výrazne znížila bilančná strata z 5,1 na 3,4 MWh/byt, t. j. o 30 %, a to nie zmenšením plochy okien, ale ich správnou orientáciou a dispozičným riešením bytu. V súvislosti s týmto rozložením okennej plochy totiž treba uplatňovať starú projekčnú zásadu, že plytšie interiéry (kuchyňa, príslušenstvo, menšia izba, spálňa) sa orientujú na sever s menšími oknami. Tak sa aj efektívnejšie využíva prírodné osvetlenie interiérov a dajú sa pred-

pokladať aj ďalšie úspory elektrickej energie na svietenie.

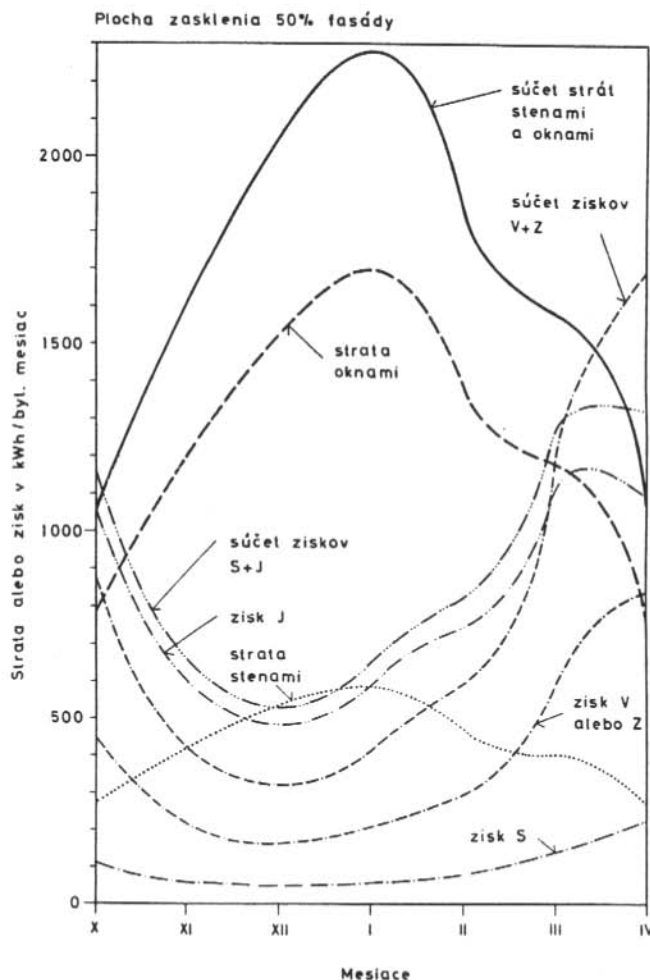
Do krajnosti sa využívala zásada správne orientovaných okien v ľudovej architektúre tam, kde dedinský dlhý dom s „gánkom“ a dvorom na východ a s južnými oknami na hlavnej fasáde mal bezokenné múry na severnej a západnej strane.

Ďalším energeticky účinným, ale aj mnohoúčelovým zariadením boli okenice a neskôr tzv. eslingenské rolety, ktoré v bezoblačných mrazivých dňoch značne zmierňovali „výžarovanie“ okien, zvyšovali izolačné vlastnosti okenných otvorov aj vizuálnu intimitu a bezpečnosť interiérov. V dnešnej individuálnej výstavbe sa tiež osvedčujú, hlavne v zahraničí v materiálovom variante z plastických látok. Podľa meraní v NSR (K ü n z e l - S n a t z k e) [11] sa takýmto spôsobom zníži hodnota k_{ok} z 2,9–3 W/m²K na 1,9 a v kombinácii so závesom až na 1,5 W/m²K. Laboratórno-prevádzkové testovanie ukázalo, že v kritických zimných dňoch sa dá usporiť až 33 % energie dôsledným zaťahovaním roliet a závesov po zotmení. Obdobným spôsobom sa dajú využívať aj vonkajšie žalúzie, ktoré sú takisto veľmi dobrým regulačným tieniacim prostriedkom proti letnému prehrievaniu interiérov.

Na základe hrubej bilancie tepelných strát a ziskov obvodových stien a okien možno konštatovať, že:

- insolácia interiérov a využívanie skleníkového efektu významne a markantne znižuje potrebu vykurovania budov, čím sa skracuje denný vykurovací čas aj vykurovacie obdobie, najmä v jesenných a jarných mesiacoch;
- z hľadiska energetických úspor nemožno zdôvodniť požiadavku znižovania okennej plochy;
- dimenzovanie okien musí rešpektovať všetky multifunkčné hľadiská a kritériá a vychádzať z prioritného účelu okna ako osvetľovacieho otvoru, architektonického prvku a priehľadného rozhrania pre vizuálnu komunikáciu medzi architektonickým interiérom a exteriérom;
- energetické úspory sa dajú dosiahnuť racionálnym dispozičným riešením, ktoré umožňuje sústrediť väč-

- šie zasklené plochy na slnečné, najmä južné priečelie (loggie) a zmenšiť okná na neslnečných fasádach;
- v budovách s ľahkým obvodovým plášťom je nevyhnutné projektovať a v prevádzke správne využívať



Obr. 9. Mesačné bilancie tepelných ziskov a strát merného bytu pri nezmenšenej ploche zasklenia (t. j. 50 % plochy fasády), avšak ak 13 plochy okien má severnú orientáciu a 23 plochy južnú.



Obr. 10. Slnečná loggia vytvára v KBV vítaný „súkromný“ exteriérový priestor bytu a voči oknám preberá funkciu mrežového sťolamu a veternej ochrany. Na zasneženom teréne sídliska v blízkosti kotolne ľahko zbadáme zbytočné tepelné straty teplovodných rozvodov.

regulovateľné tieniace zariadenia (najlepšie vonkajšie rolety a žalúzie), ktoré umožnia znížiť nočné tepelné straty v zime a denné tepelné zisky v čase letných horúčav;

- pri významných a reprezentačných občianskych budovách nie je z energetických dôvodov nevyhnutné redukovat' zasklené plochy na fasádach so slnečnou orientáciou (V–J–Z), ak sa uvažia dôsledky ich insolácie a nestacionárnej radiačnej klímy v zimnom i letnom období.

Okno ako architektonický prvok má podstatný a slohotvorný význam. V tejto súvislosti treba pripomenúť

vyhlásenie slávneho Le Corbusiera, že dejiny architektúry možno charakterizovať ako stáročia prebiehajúci boj za okno, boj o svetlo. Hovoril, že okno zápasilo o väčšie rozmery viac ako tisíc rokov proti obmedzeniam, ktoré vyplývali z materiálových a konštrukčných možností stavebníctva.

Dnes si tiež už uvedomujeme progresívnu a revolučnú zmenu v architektúre, ktorú tak názorne dokumentoval Paxtonov Krištáľový palác na tzv. Veľkej výstave v Londýne v r. 1851. Signalizoval nástup prefabrikácie, modulovej koordinácie, flexibility i presnosti stavieb a plné uplatnenie najstarších človekom vyrobených látok – železa a skla v stavebníctve. Avšak súčasne ukázal tri unikátne a vzácne vlastnosti zasklenia:

- všeobecný vizuálny kontakt medzi exteriérom a interiérom pri zachovaní ochranej funkcie obvodového plášťa;
- takmer absolútne využitie oblohového svetla;
- významnosť sklenikového účinku pri skoro bezstratovom využívaní energie slnečných lúčov.

Na tieto pokroky ľudstva nadviazala plne architektonická moderna 20. storočia a zrejme ich nebude môcť prehliadať ani architektúra obdobia vedecko-technickej revolúcie a socializmu.

LITERATÚRA

1. ČSN 73 0540. Tepelné technické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Názvosloví, požiadavky a kritéria. Praha, Vyd. ÚNM 1978.
2. ČSN 73 0542. Tepelné technické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Vlastnosti materiálov a konštrukcií. Praha, Vyd. ÚNM 1978.
3. ČSN 73 0549. Tepelné technické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Výpočtové metódy. Praha, Vyd. ÚNM 1978.
4. KITTLER, R.: Základy teplotníky obvodových konštrukcií krávinov z hľadiska neustálených tepelných a vlhkostných pomerov. [Kandidátska práca.] Bratislava. ÚSTARCH SAV 1956.
5. KITTLER, R.: Teplotníka obvodových konštrukcií krávinov. Bratislava, Vyd. SAV 1959.

6. KITTLER, R.: Charakteristiky svetelnej klímy na základe zmien oblačnosti v Bratislave. Urbanita, 27, 1979, č. 4, s. 125—133.
7. KITTLER, R. — MIKLER, J.: Podklady pre určovanie svetelnej klímy v stavebných súboroch. [Záverečná správa.] Bratislava. USTARCH SAV 1980.
8. KONCEK, M.: Teplotné pomery. In: Klíma a bioklíma Bratislavy. Bratislava, Vyd. SAV 1979, s. 27—55.
9. KRCH, V.: Okno, studie a rozbor účelů, nejvhodnější tvary a řešení. Architekt SIA, 33, 1934, č. 9—11.
10. KRCH, V.: Okno — součást budovy a obytné místnosti. Praha, Vyd. Grégr. 1935.
11. KÜNZEL, H. — SNATZKE, CH.: Wärmeverlust und Wärmegewinn durch Fenster. Glasforum, 1979, č. 1, s. 37—39.
12. MRÁZEK, K.: Obytné celky a energie. Typizace, 1979, č. 3, s. 1—7.
13. PUŠKÁS, J.: Matematický model tepelnej záťaže budov od slnečného žiarenia. [Záverečná správa.] Bratislava, Stav. fak. SVŠT 1977.
14. REHÁNEK, J. — JANOUS, A.: Tepelné ztráty a spotřeba energie na vytápění třinácti typových bytových staveb. Zdravotní techn., 20, 1977, č. 2, s. 77—84.
15. SITTA, B.: Algoritmy pro výpočet účinku slunečního záření. Rukopis STŮ, Praha 1977.
16. SMOLIK, L. — STRUŽKA, V.: Inženýrská meteorologie a klimatologie. Praha, SNTL 1959.
17. ZAJÍČEK, L.: Servisní činnost pro automatizaci projektování systémem SAPRO. Typizace, 1979, č. 1, s. 7—11.



Obr. 11. Skoro úplné zasklenie fasád nemá racionálne opodstatnenie a zbytočne spôsobuje nepriaznivé podmienky na zabezpečovanie pohody interiérového prostredia okrem energetickej a ekonomickej nevýhodnosti.

Окно — как архитектурный элемент и энергетическая проблема

Схематическая концепция новых теплотехнических норм и забрасывание положительных влияний инсоляции интерьеров ведет к одностороннему стремлению уменьшать размеры осветительных проемов для достижения экономии энергии.

Автор статьи анализирует некоторые неточности при определении энергетического баланса окон, которые вытекают из нормативных предположений крайних (вместо средних) климатических условий и из забрасывания инсоляции тепличных влияний окон в зимний период. При помощи результатов общих подсчетов средних месячных инсоляционных прибылей, в т. н. квартирах линейных домов доказывает, каким важным является инсоляционный энергетический вклад прежде всего в осенний и весенний периоды и какой является энергетически значительная ориентация окон

на «солнечные» мировые стороны. Автор похлопывает за оптимизацию размер окон, которая подчеркивала бы их многофункциональное значение и важность застекленных поверхностей с точки зрения современной архитектуры.

Window as architectural element and energy problem

The schematic concept of new thermal standards and neglect of positive insolation effects in interiors leads to one-sided efforts for the reduction of dimensions for illuminating openings to achieve supposititious energy savings.

The Author analyses some inaccuracies in the determination of window balance due to normative concepts of extreme (instead average climatic conditions and the ignorance of insolation and green-house effect of windows in the winter heating season. Using the results of sum calculations of mean monthly insolation gains in the so-called "standard" flat type he proved the importance of insolation energy contribution in autumn and spring seasons and energy significance of windows orientated to "sunny" cardinal points. He intercedes on behalf of unbiased optimization of window size which would respect their multi-functional significance as well as the importance of glazed facade areas from the viewpoint of recent architecture.

Das Fenster als architektonisches Element und energetisches Problem

Die schematische Konzeption der wärmetechnischen Normen und die Vernachlässigung der positiven Einflüssen der Besonnung von Interiers führt zur gegenseitigen Bemühung, die Bemessungen der Beleuchtungsöffnungen zu verkleinern, um angebliche energetische Ersparnisse zu erreichen.

Der Autor analysiert einige Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der energetischen Bilanz von Fenstern, die aus den normativen Voraussetzungen von extremen (anstatt durchschnittlichen) klimatischen Bedingungen und von der Ignoranz von Insolation und Glashauseffekt der Fenster in der Heizungsintersaison ausgehen. Anhand von den Resultaten der Summenberechnungen

von durchschnittlichen monatlichen Insulationsgewinn in der sogenannten Durchschnittswohnung des gewöhnlichen Hauses beweist er die Bedeutung des insulationsenergetischen Beitrages besonders in der Herbst- und Frühlingsaison und der Fensterorientierung auf die „Sonnenweltgegenden“. Er befürwortet die unbefangene Optimierung der Fenstergrösse, die ihre vielseitige Bedeutung als auch die der verglasten Fassadeflächen vom Gesichtspunkt der Gegenwartsarchitektur respektierte.

* Podstatná časť štúdie bola uverejnená v časopise Československý architekt, 25, 1980, č. 4, s. 1 a 6 (Kittler, R.: Ušetříme energii přílišným zmenšováním okien?). Štúdiu uvádzame v plnom znení, pretože sa zaoberá vysoko aktuálnou problematikou. V rubrike Diskusia uverejňujeme na str. 173 k tomuto článku so súhlasom autora výťah z recenzného posudku J. Řehánka.

Diskusia

K příspěvku „Okno ako architektonický prvok a energetický problém“

Autor ve svém příspěvku zdůvodňuje, že význam okna, jakožto architektonického prvku, je daleko širší, než aby se na něj pohlíželo jen z energetického hlediska. A i toto energetické hledisko, směřující k závěrům konstatujícím nutnost zmenšovat plochu oken v budovách, je podle autora příspěvku chybné.

Toto chybné energetické nazírání na okno vyplývá, podle autora, z nerespektování slunečního záření v tepelně technických normách v zimním období a z přeceňování slunečního záření v letním období.

Argumenty, které autor uvádí k potvrzení svého stanoviska, nerespektují plně skutečnost.

Nejprve je nutno uvést, že československé tepelné technické normy v žádné své části nepojednávají o velikosti oken ve spojitosti s omezením tepelných ztrát, jako je tomu např. v jiných zemích, např. ve Švédsku přibližně 15 % podlahové plochy. Naopak, u vědomí si „zásad“ prof. Krcha, je energetická situace budov řešena na základě „globálního“ kritéria, vztaženého na celý byt.

Velice podrobnou analýzu vlivu oslunění na budovy v zimním období provedl J. Cihelka (Zdrav. tech. a vřduchotechnika č. 3, 1977, str. 125 až 137). Konstatuje, že u osluněných místností se zmenší spotřeba tepla nejvýše o 10 až 15 % proti spotřebě u místností neosluněných. V této spojitosti poznamenáváme, že v ČSN 73 0549 jsou uvedeny dva způsoby stanovení spotřeby energie na vytápění, s nepřetržitým vy-

tápěním a s přerušovaným vytápěním. A právě při přerušovaném vytápění se počítá se snížením spotřeby energie na vytápění o 15 %. Předpokládá se, že jde o přerušování vytápění v přechodném období. Je to tedy krajní hranice té hodnoty, kterou uvádí J. Cihelka se zřetelem k možnosti využití slunečního záření. Zdůrazňují „možnosti“, neboť jak je známo, aby se tato energie využila, musí být instalováno fungující regulační zařízení v otopném systému.

Na str. 163 autor udává počet vytápěcích dnů. Délka otopného období je ohraničena +12 °C. Tzn., že v nejnepříznivějších případech (Vysoké Tatry) je délka otopného období 284 dnů (v horských oblastech není přece neobvyklé, že se někdy vytápí, nebo mělo by se vytápět i v letním období). Výpočtové úvahy o spotřebě energie na vytápění a možnost jejího snížení zvětšením plochy oken nejsou potvrzovány měřeními na skutečných stavbách. Naměřené výsledky spotřeby energie na vytápění budov jsou v současné době v rozsahu 10 až 12 MWh/byt, rok (SEI, VÚPS) a jsou, z danou přesností v soulase s výpočtovými údaji a postupy uvedenými v tepelně technických normách.

Samozřejmě, že zlepšování výpočtových postupů a výpočtových údajů je vždycky možné. Je tomu tak i v tepelné technice. Řeší se některé problémy nastíněné autorem příspěvku. Např. se v současné době zpracovávají teploty vnějšího vzduchu a stanovují se pravděpodobnostní hladiny různých teplot. Avšak při stanovování výpočtové teploty vnějšího vzduchu se musí dále vycházet z požadavků na tepelný stav prostředí místnosti (budovy) a z teorie, která respektuje teplotu vnějšího vzduchu (s uvažováním dohodnuté pravděpodobnosti jejího výskytu), požadavky na tepelný stav prostředí místnosti a jejich vazbu s tepelně technickými vlastnostmi místnosti (zatím se totiž respektují při stanovení výpočtové teploty vnějšího vzduchu pouze vlastnosti obvodového pláště). Takový způsob musí být nakonec ověřen při provozu a užívání

staveb. Pokud jde o hodnotu součinitele přestupu tepla na vnější straně okna, ale nejen o ni – obecně jde o problém transformace hodnot uplatněných při výpočtu tepelných ztrát na hodnoty platné v průběhu otopného období – i tento problém je respektován v ČSN 73 0549, a to koeficientem 0,9. Tzn., že se snižuje spotřeba energie na vytápění z uvedeného titulu o 10 %. Je to málo? Možná, ale další zpřesnění (a na něm se pracuje) bude provedeno ihned, jakmile se teoreticky a experimentálně prokáže taková možnost.

Pokud jde o „preexponování“ záporů velikosti oken z hlediska letního období, lze poznamenat, že v současné době je nashromážděno dostatek experimentálních údajů, které jednoznačně prokazují, že s růstem velikosti oken se zhoršují podmínky pro pobyt lidí v letním období. Co znamená tepelná zátěž v letním období v lehkých budovách s prosklenou fasádou, ukazují např. tato čísla (vztahující se na budovy typu Strojimport, Čemapol v Praze): Ve srovnání s tradičními stavbami a tradičními otopnými soustavami jsou u odlehčených klimatizovaných staveb pořizovací náklady 2-krát až 4-krát větší a provozní náklady 5-krát až 7-krát větší (šetření provedeno ve VÚPS).

O problémech nejvýhodnější orientace budov se popsalo „hory“ papíru. Proč se příslušní pracovníci neřídí těmito zásadami? Pohyblivé žaluzie na vnější straně oken – to je rovněž pouze platonický návrh, zatím takové pokusy zklamaly.

Závěr

Autor se pokusil dokázat, že se vzrůstající velikosti oken se zmenšuje spotřeba energie na vytápění. Výpočtové údaje odporují však jiným rozborům, a hlavně skutečnosti.

V letním období jednoznačně velikost oken zhoršuje podmínky pro pobyt lidí v neklimatizovaných budovách a v klimatizovaných budovách vyvolává několikanásobné zvětšení pořizovacích a provozních

nákladů na tvorbu tepelného stavu vnitřního prostředí.

Výzvy ke správné orientaci budov s zřetelem k oslunění, vnější pohyblivé žaluzie apod. jsou teoreticky správné, ale prakticky se zatím nerealizují.

Správné jsou postřehy ve věci výpočtových teplot vnějšího vzduchu, transformací hodnot používaných při výpočtu tepelných ztrát na hodnoty odpovídající otopnému období. Tyto problémy se řeší, avšak musí být experimentálně ověřeny, než se zabudují do norem.

Jsem toho názoru, že v současné době jde o to, dimenzovat velikost oken podle účelu místností a budov a respektovat současné normativní předpisy z oboru světelné techniky (tedy např. vyloučit průběžná okna po celé fasádě), dosáhnout podstatně vyšší kvality oken, zejména pokud jde o těsnost, trvanlivost apod.

JAROSLAV ŘEHÁNEK