

Prepočet „spotreby plynu“ cez okno?

O tepelno-technických vlastnostiach okna „hovori“ súčiniteľ prechodu tepla U_{okna} alebo U_w (z angl. window – okno), udávaný v jednotkách $W/(m^2.K)$. Faktom je, že väčšina ľudí si nevie z tejto fyzikálnej jednotky odvodiť alebo vypočítať energetickú úspornosť, prípadne neúspornosť okna.

V tomto príspevku sa pokúsime zrozumiteľne vysvetliť, čo vám tento údaj o okne vyzradí.

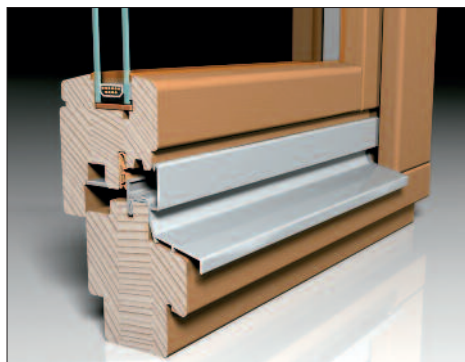
Okno – okná sa skladajú z rámu, ktorý sa pripieňuje do obvodového plášťa stavby a okenného krídla, ktoré je s rámom spojené rôznym typom okovania. Okná tak môžu byť fixné, kývne, otváracie, otváracvo-sklonné, vyklápacie... Do krídla sa dajú vložiť izolačné dvojsklá či trojsklá. Tieto zásadne ovplyvňujú tepelno-technickú hodnotu celého okna, pretože tvoria 70 % plochy okna. Tento fakt značí, že okno si možno vybrať z viacerých tepelno-technických možností a voľbou niektorej z možností sa ovplyvňuje spotreba tepla v stavbe. Dá sa teda povedať, že cez okno vždy unikne určité množstvo tepla (z vykurovaných miestností) a jeho výšku ovplyvňuje tepelno-technická kvalita „súčiastok“, z ktorých sa okno u výrobcu zostaví.

Uvažujúci investor asi položí otázku: Kto má navrhnúť skladbu okna tak, aby strata tepla cezeň bola ekonomicky prijateľná?

V prvom rade by to mal byť projektant, ktorému by malo záležať, aby „jeho“ projekt bol energeticky úsporný. Príkazuje mu to Zákon č. 555/2005 Z.z. o energetickej hospodárnosti budov aj vyhláška 311/2009 Z.z. V druhom rade by to mal vyžadovať aj investor – stavebník a mal by vytvoriť priestor (aj financiám), aby projektant vypracoval niekoľko variantov, ako sa dajú ušetriť prevádzkové náklady na energie v dome. Žiaľ, informácie z prostredia projektantov hovoria o uprednostnení nižšej ceny za projekt (aj dodávku okien) pred analýzami a hľadáním prevádzkových úspor. V druhom rade sú to výrobcovia okien, avšak toto je „náhradné“ riešenie, ktoré nemusí vždy priniesť očakávaný výsledok a zároveň je to téma na ďalší článok.

Troška oknárskej – stavebnej fyziky

Okno je komplikovaná konštrukcia, ktorou uniká cez zimu teplo a teplo vniká zasa v lete. Naša predstava o okne je teda taká, aby zimné straty boli čo najmenšie a letné prehrievania zasa minimálne. Týmto parametrom je možné vyhovieť správnu skladbou konštrukcie okna.



Drevené okno IV 68 – staršia konštrukcia okna so stavebnou hĺbkou 68 mm. V súčasnosti už veľmi málo používaná. Vhodná pre zasklenie dvojsklom.

Už sme spomenuli, že okno sa skladá z rámu (ktorý je pripievaný do stavby) a krídla (ktoré je rôznymi druhmi kovania upravené tak, že sa dá otvárať, sklápať...). V krídle je namontované izolačné dvojsklo či trojsklo. U tohto konštrukčného prvku platí, že sklo je najdôležitejším prvkom skladby okna, nakoľko má najväčšiu plochu z celého okna (rám cca 30 %, zasklenie 70 %) a práve cez túto plochu budú tepelné straty aj energetické zisky v čase snežných dní najväčšie. Izolačné sklo však musí byť navrhnuté tak, aby jeho minimálna povrchová teplota bola 12,6 °C (kritická teplota rosného bodu), keď sa okná začínajú rositi.

Kvalitne navrhnuté okno eliminuje aj tzv. „pocit studených nôh“ – ide o pocit chladu, ktorý vnímame, keď sme v blízkosti okna s nízkou tepelno-technickou kvalitou. Aj vo vzdialenosti 1 m od okna máme pocit, akoby na nás „padal“ chlad.

O kvalite izolačného skla hovorí súčiniteľ prechodu tepla zasklením U_g . Znovu sa teda objavuje hodnota súčiniteľa prechodu tepla U avšak s dolným indexom g (z angl. glass – sklo).

Hodnota U sa pri konštrukčnej skladbe okien objavuje ešte raz. Aj rám okna a okenného krídla má tepelno-technickú kvalitu označovanú U hodnotou. Pri okenných rámoch a krídlach sa táto hodnota označuje dolným indexom f , teda U_f (z angl. frame – rám), a táto hodnota je vyjadrením súčiniteľa prechodu tepla cez rám a krídlo okna.

Pri hľadaní odpovede na úvodnú otázku z článku je potrebné zrozumiteľne vysvetliť používané matematické vyjadrenie te-



Drevené okno MAKROWIN 88G2 s certifikátom PHI Darmstadt. Vhodné pre zabudovanie v energeticky pasívnom dome.

pelno-technickej kvality U okna. Na klasifikovanie tepelno-technickej kvality sa používa označenie U_{okna} = napríklad 1,3 $W/(m^2.K)$. Toto je zápis fyzikálneho vzorca (súčiniteľa prechodu tepla), ktorý hovorí, koľko W tepla uniká v okamihu cez 1 m^2 plochy okna, ak je rozdiel teploty medzi exteriérom a interiérom 1 °C. Tento údaj o okne je základným hodnotiacim kritériom, s ktorým „pracujú“ rôzne počítačové programy vypočítavajúce „spotrebu – stratu“ tepla cez plochu okien. Výslednú hodnotu U okna ovplyvňujú, v predchádzajúcom texte spomínané, tepelno-technické vlastnosti použitých rámov a zasklenia. Tieto sa overujú v skúšobných ústavoch meraniami a výpočtami.

Keďže okno – okná sa skladajú z rôznych okenných systémov, odlišujúcich sa tepelnoizolačnými vlastnosťami U_f , a rôznych izolačných skiel U_g , ale aj rôznych rozmerov (1 x 1 m, 2 x 1 m, atď.), musí sa výsledná tepelno-izolačná hodnota celého okna vypočítať alebo laboratórne zmerať. Obe metódy sú rovnocenné, avšak výpočtová metóda je pre projektantskú prax výhodnejšia, pretože je rýchla.

Vzorec pre výpočet súčiniteľa prechodu tepla sa riadi normovanou výpočtovou metodikou, ktorá zohľadňuje, že na stavebný trh vstupujú výrobcovia rôznych typov profilov pre výrobu rámových konštrukcií okien a že do jednej rámovej konštrukcie sa môžu aplikovať rozličné druhy zasklenia. Zároveň sa predpokladá, že konkrétne komponenty okna (rámy aj sklá) majú zo zákona o preukazovaní zhody autorizovanou osobou určené hodnoty súčiniteľa prechodu tepla:

- zasklenia U_g vo $W/(m^2.K)$

- rámovej konštrukcie U_f vo $W/(m^2.K)$.

Potom sa výsledná hodnota súčiniteľa prechodu tepla okna určí výpočtom podľa európskej normy STN EN ISO 10077-1, prijatej do systému slovenských technických noriem podľa tohto vzorca:

$$U_{ok} = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot I_g}{A_g + A_f}$$

Kde A_f je plocha rámov v m^2 ,

A_g – plocha zasklenia v m^2 ,

Ψ_g – lineárny stratový súčiniteľ vo $W/(m.K)$ distančného rámu izolačného dvojskla či trojskla,

I_g – obvod zasklenia v krídle (m).

Zo vzorca vyplýva, že výslednú hodnotu okna ovplyvňuje pomer ná plocha zasklenia a rámovej konštrukcie, geometria okna, konštrukcia okna (jednokrídlové, dvojkrídlové), počet a dĺžka priečnikov, združovanie okien, tepelno-technické vlast-

nosti zasklenia, rámu a okraja izolačného zasklenia. A tak okno rozmerov 1 m x 1 m s dvojsklom bude mať inú hodnotu U_{okna} ako okno rozmerov 2 m x 1 m s trojsklom či okno združené z niekoľkých kusov.

Pretože existuje veľmi veľa materiálov, z ktorých sa okná vyrábajú, čo má za následok, že veľa je aj konštrukčných riešení, a aby sa dala tepelnoizolačná kvalita okien porovnávať (napr. ako spotreba automobilov), európske „oknárske“ authority zaviedli pojem „okenná jednotka“ a táto sa používa pri skúšaní okien v celej EÚ.

Ide o okno referenčného rozmeru 1,23 (šírka) x 1,48 (výška) a aj v našej legislatíve je tento pojem zavedený (STN – HN 14351-1+A1). Pre toto okno sa vypočítavajú a merajú vo všetkých skúšobniach hodnoty U_{okna} , konkrétnej konštrukčnej skladby. Takto sa vie zmerať či vypočítať a následne vyhotoviť dôveryhodný protokol o dosiahnutých tepelno-technických vlastnostiach konkrétneho konštrukčného riešenia a okná sa dajú tepelno-technicky porovnávať.

Názorný príklad vám pomôže

Snáď vám trochu oknárskej teórie pomohlo v základnej orientácii. Nakoľko však sme si vedomí, že hodnotu U_{okna} prevažná väčšina z nás, zákazníkov ešte stále považuje „len“ za zápis fyzikálnych jednotiek, ktoré si nevieme predstaviť v reálnom objeme spotreby tepla, pokúsime sa vám na príklade porovnania tepelných strát prepočítaných na spotrebu m^3 plynu dvoch konštrukčných skladieb okna ukázať, ako sa straty líšia (ako keď porovnáte spotrebu pri dvoch autách na 100 km).

Výpočet spotreby tepla oknom – čitateľa musíme upozorniť, že pre lepšiu názornosť v tomto príspevku porovnáваме len tepelnú spotrebu – stratu (nie solárne zisky!) okna v referenčnom rozmere (š) 1,23 m x (v) 1,48 m.

Prvé okno je okno drevené MAKROWIN 88G2 s certifikátom pre pasívne domy (drevený rám s integrovanou izoláciou (š) 88 mm, izolačné trojsklo, plastový dištančný rámik, U_{okna} 0,685 $W/(m^2 \cdot K)$).

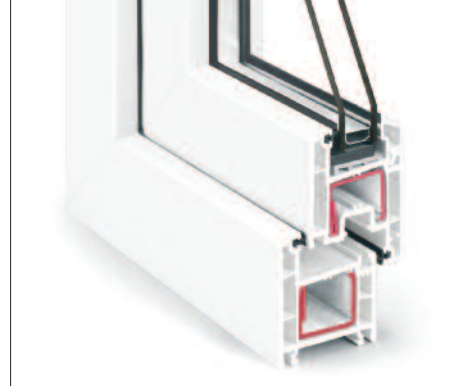
Druhé okno – štandardné, cenovo najviac uprednostňované zákazníkmi (drevený rám, (š) 68 mm, izolačné dvojsklo, hliníkový dištančný rámik, U_{okna} 1,7 $W/(m^2 \cdot K)$).

Lokalita Bratislava, mesiac – január, priemerná teplota 1,6 °C (údaj z HMÚ BA).

Už sme čitateľovi definovali, že údaj U_{okna} je okamžitá tepelná strata. Výpočet tepelných strát stavia sa však počíta na $1m^2$ „obalu“ stavby (teda aj okna) za rok v jednotkách kWh/ m^2 /rok. Počítačové programy preto musia vo svojej štruktúre mať zakomponovaný koeficient, ktorý prevádza okamžitú tepelnú stratu na požadovaný údaj reálnej straty za konkrétne časové obdobie. Preto bol zavedený pojem hodinostupne. Tento údaj súčasne zohľadňuje kolísanie teploty v mesiaci, počas dňa aj hodín. Hodinostupne (označujú sa ako Gt) sú v každom mesiaci iné (odvíjajú sa z priemernej dennej teploty počas



Plastové okno REHAU GENE^o PHZ je okno určené pre pasívne domy s certifikátom inštitútu PHI Darmstadt.



Okno REHAU BASIC – dizajn so stavebnou hĺbkou 64 mm je už tepelno-technicky prekonaný.

mesiac a lokality). V našom prípade (január) predstavujú 16,070 kWh (kiloKelvinhodiny). Pre porovnanie: január – oblasť Žilina 17,33 kWh.

Aby sme zistili skutočnú spotrebu tepla cez plochu okna, musíme plochu referenčného okna ($1,23 \times 1,48 = 1,82 m^2$) vynásobiť okamžitou spotrebou $U_{okna} = 0,685 W/(m^2 \cdot K)$, vypočítanou podľa už vysvetľovaného vzorca v časti o fyzike okna. Takto získanú hodnotu ($1.246 W/K$) musíme vynásobiť hodnotou – hodinostupňami za január (16,070 kWh). Dostaneme výsledok, že tepelná strata prvým oknom je za mesiac január 20,03 kWh. Tento údaj, kWh, musíme „previesť“ na reálne m^3 plynu.

Z faktúr SPP je možné získať údaj, že $1 m^3$ plynu predstavuje pre oblasť Bratislava 10,602 kWh energie. Tepelná strata oknom je za mesiac január 20,03 kWh. Keď si tento údaj vydělíme hodnotou 10,602 kWh (SPP), zistíme, že reálna strata oknom pre pasívny dom je 1,889 m^3 plynu za mesiac.

Teraz si porovnáme „pasívne okno“ s oknom „štandardným“, cenovo najviac žiadaným zákazníkmi.

Metodika výpočtu spotreby (strát) U_{okna} druhej konštrukčnej skladby s izolačným dvojsklom a konštrukčnou hĺbkou rámu 68 mm – U_{okna} IV68 = 1,7 $W/(m^2 \cdot K)$ je totožná ako v prvom príklade. Plocha okna je totožná, hodinostupne totožné – iba tepelné straty predstavujú cez okno až 49,72 kWh [$1,82m^2 \times 1,7 W/(m^2 \cdot K) \times 16,07$ kWh]. Prevedením straty 49,72 kWh na m^3 plynu (10,602 kWh) získame údaj, že okno č. 2 „spotrebuje“ za mesiac január 4,68 m^3 plynu. Rozdiel spotreby plynu je +2,8 m^3 v neprospech okna druhej konštrukčnej skladby, čo predstavuje spotrebu o 148 % vyššiu, ako má kvalitné drevené okno.

Nás modelový príklad výpočtom platí aj pre okná z plastu, hliníka... Aby sme vám to názorne ukázali, požiadali sme o „pomoc“ oknársky softvér firmy Rehau, ktorý je dostupný na internete tejto spoločnosti. Znova porovnáme dve konštrukčné skladby plastových okien.

Prvou je skladba okna pre pasívny dom – profil Rehau Geneo PHZ, stavebná hĺbka 80 mm, $U_f = 0,79 W/(m^2 \cdot K)$, izolačné trojsklo, polymérový dištančný rámik, $U_g = 0,60 W/(m^2 \cdot K)$.

Výpočtová tepelnoizolačná hodnota U_{okna} bola softvérom vypočítaná: $U_{okna} = 0,76 W/(m^2 \cdot K)$.

Druhou skladbou okna, ktorú budeme porovnávať, je verzia okna, označovaná ako Basic-dizajn. Rám je široký 64 mm, $U_f = 1,6 W/(m^2 \cdot K)$, izolačné dvojsklo, hliníkový dištančný rámik $U_g = 1,1 W/(m^2 \cdot K)$.

Výpočtová tepelnoizolačná hodnota U_{okna} bola softvérom vypočítaná: $U_{okna} = 1,5 W/(m^2 \cdot K)$.

Ďalší krok nášho modelového príkladu je porovnanie „spotreby“ plynu týchto dvoch plastových okien.

Aby sme zistili skutočnú výšku tepelných strát, musíme započítať metodiku výpočtu ako u drevených okien, t.j. plochu referenčného okna ($1,82m^2$) musíme vynásobiť hodnotou U_{okna} 0,76 $W/(m^2 \cdot K)$ a túto vynásobiť hodinostupňami za mesiac január (16,07 kWh). Výsledok je údaj tepelnej straty 22,22 kWh. Po prevode na m^3 plynu (10,62) dostávame údaj, že prvé okno „spotrebuje“ za mesiac 2,09 m^3 plynu. Túto istú metodiku použijeme aj pre okno s názvom Basic a dostaneme údaj „spotreby“ plynu vo výške 4,13 m^3 (!).

Rozdiel v neprospech „slabšieho“ okna je 2,04 m^3 (!), čo predstavuje spotrebu o 100 % vyššiu, ako má kvalitné okno.

Kto „počtuje“, ten ušetrí

Porovnanie „spotreby“ referenčných okien (drevo, plast) v dvoch konštrukčných skladbách (štandardné okno a okno pre „pasívny“ dom), ktorú sme vypočítali v predchádzajúcich častiach príspevku, jednoznačne hovorí, že zo strany investorov – stavebníkov je potrebné venovať oveľa viac pozornosti údaju U_{okna} , ako mu venujú doteraz. Ukázali sme vám, že okno s vyššou tepelno-technickou kvalitou (okno pre „pasívny“ dom v oboch materiálových skladbách) „ušetrí“ mesačne až 2,8 m^3 plynu. Za celú vykurovaciu sezónu, ktorá trvá 6 - 7 mesiacov v roku, teda ušetríme jedným oknom cca 16,8 - 19,6 m^3 plynu.

Rodinné domy mávajú 8 - 10 okien. Ak teda na kvalitnejších oknách ročne ušetríme cca 168 - 196 m^3 , čo je asi 10 % celoročnej spotreby plynu (slovenské RD majú „štandardnú“ ročnú spotrebu 2000 - 2500 m^3 plynu), tak za desať rokov prevádzky ušetríme plyn približne na jednoročnú prevádzku. Za 30 rokov užívania (toľko je odhadovaná morálna životnosť okien, fyzická je ešte vyššia), nám kvalitné okná určite niekoľkonásobne vrátia rozdiel ceny, ktorú dnes zaplatíme pri zakúpení tepelno-technicky kvalitnejších okien, ako by sme zaplatili za štandardné okná.

Ceny plynu, napriek dočasným poklesom, budú len a len stúpať (kde budú za 30 rokov, to dnes nedokáže povedať nikto), a tak sa investorom – stavebníkom určite oplatí uprednostňovať vyššiu tepelno-technickú kvalitu okien. Tie sú síce drahšie, ako je cena štandardných okien, avšak z dlhodobého hľadiska majú podstatne lepšie parametre ekonomickej návratnosti.

Názorné zhodnotenie kvality okien prepočítané na m^3 plynu.

				Strata oknom	
Drevené	Okno drevené Štandardné hrúbky 68 mm	U_f (rám) = 1,85 W/m^2K	U_g (sklo) = 1,1 W/m^2K	$U_{okna} = 1,7 W/m^2K$	4,68 m^3
	Okno pre pasívne domy Stavebná hrúbka 88 mm	U_f (rám) = 0,76 W/m^2K	U_g (sklo) = 0,6 W/m^2K	$U_{okna} = 0,68 W/m^2K$	1,89 m^3
Plastové	Rehau Basic	U_f (rám) = 1,60 W/m^2K	U_g (sklo) = 1,1 W/m^2K	$U_{okna} = 1,5 W/m^2K$	4,13 m^3
	Rehau Geneo ^o PHZ	U_f (rám) = 0,79 W/m^2K	U_g (sklo) = 0,6 W/m^2K	$U_{okna} = 0,76 W/m^2K$	2,09 m^3

Ing. Pavel Kleskeň, Ing. Dušan Majer, Makrowin, s.r.o.