

Rosení oken zvenku

Okna s kvalitním tepelněizolačním zasklením se občas orosí z venkovní strany. Bývá to hlavně za bezvětří v ranních hodinách, kdy je venkovní vzduch relativně vlhký. Nejde o technickou závadu, svědčí to spíš o tom, že máme dobrá okna.

Tento jev v minulosti byl k vidění jen výjimečně. Tehdy měla okna oproti dnešním malou tepelnou izolaci a to vedlo k tomu, že jejich venkovní povrch byl ohříván teplem, které oknem unikalo ven. Ohřívání bylo tak vydatné, že stačilo k tomu, aby venkovní povrch zasklení a rámu měl vyšší teplotu, než venkovní vzduch. K rosení oken zvenku nemohlo dojít.

Situaci v poslední době změnila nová moderní okna, zejména s trojskly nebo dvojskly s fólií Heat Mirror. Tato okna izolují tak, že v noci a k ránu může povrchová teplota zasklení a rámu na venkovní straně klesnout až o několik stupňů pod teplotu venkovního vzduchu. Je-li přitom venku dostatečně vlhko, okna se zvenku orosí.

Kdy se okna rosí zvenčí

Rosení oken z vnější strany můžeme, ne ale nutně, očekávat v situacích, kdy se intenzivně rosí např. skla a karoserie zaparkovaných aut před domem. To znamená ráno po jasných nocích, když výrazně klesnou ranní venkovní teploty. Setkáme se s ním i za deštivého počasí, kdy je až stoprocentní vlhkost. Rosení parkujících aut a rosení oken domů z venkovní strany má podobnou příčinu. U aut však nastává častěji a dříve, protože jejich interiér přes noc nevytápíme.

Příčinou rosení je tepelné záření

Okno se začne rosit, když teplota na jeho venkovním povrchu klesne pod úroveň rosného bodu vzduchu. Vzniká otázka, jak vůbec může teplota venkovního povrchu okna klesnout tak hodně? Doma, dejme tomu, měříme 20 °C, venku 10 °C a okno se zvenčí rosí. Je-li venku relativní vlhkost 90 %, musí venkovní povrchová teplota okna spadnout pod 8,5 °C. Co zařídilo ochlazení okna pod okolní teploty?

Kdybychom uvažovali, že je okno ochlazováno jen kontaktem s okolním vzduchem, odpověď bychom nenašli.

Charakteristika záření vybraných těles	vesmír	povrch Země	povrch Slunce	jádro Slunce
teplota tělesa	-270 °C	15 °C	5 500 °C	15 miliónů °C
intenzita záření	5,6 μW/m ²	391 W/m ²	63 MW/m ²	19,3 GW/m ²
nejsilnější vlnová délka	0,92 mm	10 μm	0,5 μm	0,2 nm

Vzduch, ať venku fouká jakkoliv, dokáže okno ochladit jen na úroveň své teploty, ne níže. Ve hře je ale další „hráč“, tepelné záření. Přesněji vzájemné sdílení sálavého tepla mezi tělesy. Na rozdíl od kontaktního způsobu představuje sálání výměnu tepla na velké vzdálenosti.

Každé těleso, tedy i okno (ale i živé bytosti včetně člověka), vždy sálá teplo. Např. dospělý člověk, jehož plocha těla má v průměru 1,73 m², sálá do volného prostoru zářivou energii o výkonu přibližně 900 W, za celý den to představuje energii 21,5 kWh. To je už opravdu ranec. Tělo by muselo rychle chladnout, nebýt toho, že se nikdy nenalézá v úplném prázdnu. Je obklopeno stěnami místnosti, venku pak zemským povrchem, vegetací, stavbami a oblohou.

Tepelné záření těles

Čtenář, který se nechce příliš vnořovat do detailů fungování neživé přírody, může následující pasáž přeskočit.

Je podstatné, že nejen náš figurant, ale všechny předměty sálají teplo. Intenzita tohoto sálání roste se 4. mocninou teploty t , velmi přesně se řídí Stefanovým-Boltzmannovým zákonem:

$$I = 0,0000000567 \cdot (273,15 + t)^4 \quad [\text{W/m}^2]$$

Tělo figuranta sice vyzařuje energii, ale zároveň absorbuje teplo vyzařované okolními předměty. Smrt umrznutím mu tedy nehrozí. To ukazuje na důležitou věc. Vedle teploty těles, včetně vzdu-

chu, kterou měříme dotykovým teploměrem, musíme počítat i se zářením (sáláním) těles, kterému lidé říkají infračervené. Fyzikálně jde o totéž záření, jakým se šíří rozhlasový, televizní či mobilní telefonní signál, světlo, ultrafialové záření, rentgenové paprsky nebo gama-paprsky při jaderných reakcích.

Odlišují se jen vlnovou délkou a intenzitou, s jakou je vyzařují ohřátá tělesa (srovnání v *tabulce*).

Na první pohled překvapí vysoká intenzita tepelného vyzařování těles a to už i při běžných pozemských teplotách.

Sdílení tepelného záření tělesy

Také okno, na kterém se z venku sráží rosa, vyzařuje podle své okamžité teploty nemalý výkon. Zároveň však absorbuje záření od okolních „předmětů“, což jsou pozemky, stromy, budovy a jiné stavby v okolí, obloha a Slunce. Z pohledu okna tvoří jeho okolí různorodý zdroj záření, které jako celek reprezentuje určitou teplotu. Nebýt vzduchu a ohřívání okna zevnitř, ustálila by se jeho teplota právě na úrovni teploty okolního záření.

V noci, hlavně při jasné obloze, může teplota venkovního záření klesnout pod úroveň teploty vzduchu. Hlavní podíl na tom má chladná noční obloha, jejíž zářivou teplotu formulují chladné, horní vrstvy atmosféry a chladný vesmír.

Rosení okna z venkovní strany tím získává technické odůvodnění. Při teplotě vzduchu 10 °C může teplota záření v noci klesnout třeba k nule. Předměty s nízkou akumulací tepla pak chladnou rychleji než vzduch. Jsou to třeba listy stromů a trav, karoserie a zasklení aut, střechy a také okna domů, jejichž venkovní povrch je málo zásobován teplem z vnitřku domu. □