

Na čo myslieť

pri farebnom riešení fasády

Vnútrotné prostredie chránime proti účinkom (resp. oddelujeme od) vonkajšieho prostredia. Túto funkciu plní obvodový plášť. Je teda akousi ochrannou konštrukciou, ak kvôli ničomu inému, tak kvôli ochrane tepla. Mimo strešných plášťov a výplňových (transparentných) konštrukcií je tvorený fasádou. Ako však chrániť exponovanú fasádu?

Samotná primárna funkcia obvodového plášťa (aj v zameraní na fasády) sa vôbec nezmenila od dôb budovania prvých obydlí. Je ňou oddelenie vnútrotného a vonkajšieho prostredia [5]. Časom k nim pribúdali podružné funkcie – zachovanie súkromia a architektonický až umelecký výrazový prostriedok. Nároky na schopnosť oddelenia (resp. vytvorenie) dvoch odlišných prostredí sa postupne sprísňujú najmä s ohľadom na ochranu tepla a úsporu energií, ako je definovaná jedna zo základných požiadaviek na stavby. Fasády si však zachovávajú aj estetickú funkciu, aj keď sú podstatne strohšie v porovnaní napr. s bohato zdobenými secesnými (ale aj renesančnými a barokovými).

Asi 20 rokov tu máme nový fenomén – zateplovanie. Okrem príznačného vplyvu na ochranu pôvodných častí fasády a úspory energií na vykurovanie (i chladenie) má dopad aj na zjednocovanie (aj keď len veľmi mierne) členených fasád. Zvyčajne sa vytvárajú jednoducho členené, strohé, plošné fasády bez využitia tieňov k ozvláštneniu fasády. Taktiež sa v najväčšej miere využívajú tenkovrstvé povrchové úpravy – opäť kvôli zjednodušeniu a zefektívneniu realizácie.

Prakticky jediným výrazovým prostriedkom architekta (chápme skôr ako umelca) a projektanta zostáva farebnosť fasády – kombinácia farieb a jej plošné členenie. Tu sa stretávajú dva rôzne pohľady na farebnosť. Na jednej strane obvykle stojí autor návrhu fasády (architekt alebo projektant) a na druhej strane investor. Každý má nejaké predstavy. Každý má nejaké záujmy. Bohužiaľ, často majú obaja klapky na očiach a nevidia širšie súvislosti. Povedzme si prečo.

Autor riešenia je platený investorom a chtiac–nechtiac musí rešpektovať jeho požiadavky. Ak si vezmeme ako príklad typický panelový bytový dom na bežnom sídlisku, vieme sa dovtípiť čo asi budú obyvatelia domu (investor) požadovať. Celý život žijú v svojom paneláku na svojom sídlisku. V drvivej väčšine prípadov sa budú chcieť odlišiť, zmeniť svoj výzor po 30 a viac rokoch. Tesný kontakt so susednými panelákmi na sídlisku a dlhodobá absencia pestrosti



Obr. 1:
Sýte farby fasády
vniesli do výzoru stavby
dynamiku.



Obr. 2:
Miernejšie farebné
riešenie pôsobí
pokojnejším dojmom.

farieb obvykle vyvoláva túžbu po odlišnosti a často až kriklavej a bez zamyslenia sa nad dopadom na výzor celej lokality alebo územia. Tu má zvyčajne triezvejší pohľad autor riešenia fasády, ktorý (v lepšom prípade) presvedčí investora k miernejšiemu farebnému riešeniu práve s ohľadom na zamýšľaný vzhľad súboru stavieb alebo daného územia. Prax však ukazuje, že aj autor riešenia je len človek (môže byť aj ješitný) a aj keď vhodne a citlivo navrhne farebné riešenia fasády a jej skladbu, to ešte nemusí znamenať, že bude dlhodobo funkčná bez potreby výraznejšej údržby alebo opráv.



Obr. 3:
Cítilivá kombinácia farieb
odlišujúca dva bytové domy,
a zároveň zjednocujúca [1].

ČO SO SEBOU FARBY OBŇAŠAJÚ?

Farebnosť, ako sme už uviedli, je jedným z mála výrazových prostriedkov súčasných fasád (najmä zatepľovaných). Ak pozornosť zameriame na bytové domy (tzv. paneláky) obzvlášť vo väčších obytných súboroch alebo sídliskách, farebnosť dotvára vzhľad lokality. Dokonca ak sa jedná o sídlisko s miernou až výraznou výškovou konfiguráciou terénu v rámci sídliska alebo (v nie neobvyklom prípade) až v rámci mesta, farebnosť môže dotvárať dokonca kolorit krajiny.

Doteraz sme sa zaoberali prevažne vplyvom farebnosti na estetické vnemy. Existuje však aj dokázaná súvislosť medzi farebnosťou fasád (prinajmenšom tenkovrstvých omietok) a ich životnosťou, trvanlivosťou alebo aspoň nákladmi na opravy a údržbu [1]. Navyše, pri snahe o určité architektonické stvárnenie fasád sa čoraz častejšie stretávame s veľmi sýtymi, intenzívnymi až tmavými odtieňmi povrchových úprav.

TEÓRIA OBVODOVÉHO PLÁŠŤA V SKRATKE

Najdôležitejšie funkcie obvodového plášťa (fasády) sú:

- ochrana konštrukcie a vnútorného prostredia pred pôsobením klimatických javov,
- úspora energie a ochrana tepla a
- estetickosť a architektonické stvárnenie.

Základným predpokladom dokonalého plnenia uvedených funkcií je celistvosť. Keď toľkokrát skloňujeme zatepľovanie, potom uvažujeme celistvosť celého ETICS. To znamená, že zatepľovací systém by nemal vykazovať poruchy vo forme trhlín. Z hľadiska pôsobenia okolitého prostredia je preto rozhodujúca vrstva povrchovej úpravy. Povrchovú úpravu si možno predstaviť ako membránu, ktorá musí spĺňať dve základné vlastnosti – musí byť priepustná pre vodnú paru difundujúcu z interiéru do exteriéru a zároveň musí tvoriť bariéru pre zrážkovú vodu a zabráňovať jej vniknutiu do ETICS. Ak bude povrchová úprava porušená trhlinami, potom prienik zrážkovej vlhkosti do ETICS bude lokálne zhoršovať jeho vlastnosti a navyše urýchli degradáciu ETICS v danej oblasti. S množstvom absolvovaných cyklov teplotných a vlhkosťných zmien bude dochádzať k akcelerácii degradácie. To si vyžiada zvýšené náklady na údržbu alebo obnovu ETICS.

PRÍČINY VZNIKU TRHLÍN

Ak vylúčime statické trhliny (charakteristického tvaru) z nosnej konštrukcie stavby, ktoré by sa „preniesli“ do ETICS, potom trhliny v ETICS najčastejšie vznikajú v dôsledku:

- nevhodného návrhu farebnosti,
- nevhodného návrhu materiálového riešenia (vyplýva z neznalosti materiálov a ich charakteristík),
- nevhodného návrhu tvarového a rozmerového riešenia farebných celkov,
- nerešpektovania prítomnosti otvorov vo fasáde,
- nedostatočného vystuženia ETICS v blízkosti týchto otvorov,
- nerešpektovania technických pravidiel zhotovovania ETICS,
- zabudovávania prvkov s výrazne odlišnou teplotnou rozťažnosťou do ETICS a
- objemovými zmenami komponentov ETICS (napríklad tepelnej izolácie).

Jednou z podceňovaných príčin vzniku trhlín je práve farebnosť povrchovej úpravy. Povrchové úpravy tmavých odtieňov sa počas expozície slnečnému žiareniu prehrievajú. Po ukončení expozície (alebo zmáčanim) zase prudko chladnú a dosahujú veľkých teplotných rozdielov $\Delta\theta$. V dôsledku snahy o dĺžkovú teplotnú rozťažnosť Δl , ktorej je bránené (zjednodušene v základnej vrstve) dochádza ku vzniku napätí. Tie ak prekročia pomerne nízku pevnosť v ťahu, dôjde ku krehkému porušeniu trhlinami.

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha_T \cdot \Delta \theta \quad (\text{m}) \quad (1)$$

kde: Δl zmena dĺžky (m),
 l_0 pôvodná dĺžka (m),
 α_T súčiniteľ dĺžkovej teplotnej rozťažnosti (1/K)
 približne rovný $\beta_T/3$,
 $\Delta \theta$ zmena teploty (K).

ČO STOJÍ ZA VZNIKOM NAPĀTÍ?

Absolútne teplotné namáhanie je priamo úmerné absolútnemu teplotnému gradientu. Ten sa pre určitý bod dá vyjadriť ako rozdiel najvyššej a najnižšej povrchovej teploty ETICS v danom bode.

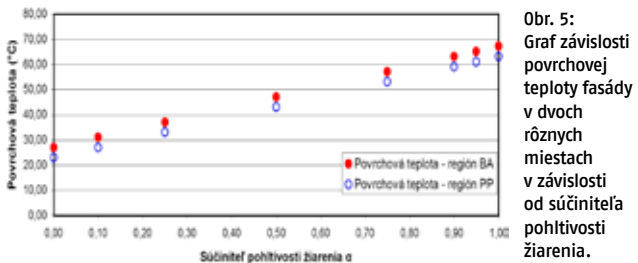
Z jednoduchých princípov fyziky vyplýva, že tmavé povrchové úpravy zabezpečujú ich vlastné „prehrievanie“ v letnom období, a tým zvyšujú teplotný gradient. Dôsledkom toho je väčšie teplotné namáhanie a časom i únavové zaťaženie, ktoré sa uvoľňuje vo forme trhlín v najkrehkejšej časti kompozitu. V tomto prípade je to tenkovrstvé prekrytie izolačnej vrstvy.

Tmavšie odtiene sa tak vizuálne javia preto, lebo väčšie množstvo dopadajúceho svetla (energie) pohlcujú. Tmavé povrchové úpravy sa vyznačujú vysokým súčiniteľom pohltivosti žiarenia α alebo nevhodným súčiniteľom svetlosti povrchovej úpravy HBW, ktorého najnižšia dovolená hodnota je určená výrobcom a zvyčajne by mala byť väčšia ako 25%. Výrobcovia a predajcovia povrchových úprav uvádzajú súčiniteľ svetlosti farieb A (%), ktorý predstavuje doplnok súčiniteľa pohltivosti žiarenia do jedna. $A = (1-\alpha) \times 100$. Za kritickú a nebezpečnú hodnotu súčiniteľa svetlosti označujú 25.

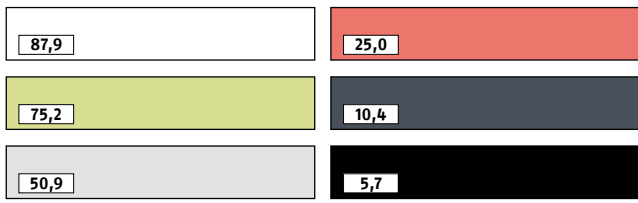
Obr. 4:
Príklad povrchovej úpravy so súčiniteľom pohltivosti žiarenia 0,75.

25,0

Energia vo forme žiarenia dopadajúca na povrch fasády je z veľkej časti absorbovaná povrchovými úpravami. Napríklad pri použití povrchovej úpravy (obr. 4) s hodnotou súčiniteľa pohltivosti žiarenia $\alpha = 0,75$ bude 75% dopadajúcej energie žiarenia absorbovanej (pohltenej) a zvyšných 25% reflektovanej (odrazenej) späť do prostredia. Je zrejmé, že so zvyšujúcim sa α bude povrchová úprava pri konštantnej intenzite žiarenia absorbovať väčšie množstvo energie. Absorbovaná energia bude zvyšovať vnútornú energiu látky a to sa prejaví zvýšením jej teploty θ_{se} ako to dokumentuje obr. 5. Povrchová teplota omietky θ_{se} je tým viac ovplyvnená slnečným žiarením, čím je jej súčiniteľ pohltivosti α vyšší (resp. súčiniteľ svetlosti farby A nižší). Toto tvrdenie je podložené rozdelením celkového tepelného výkonu slnečného žiarenia dopadajúceho na ETICS podľa vzťahov 1 a 2 a obr. 7.



Obr. 5: Graf závislosti povrchovej teploty fasády v dvoch rôznych miestach v závislosti od súčiniteľa pohltivosti žiarenia.



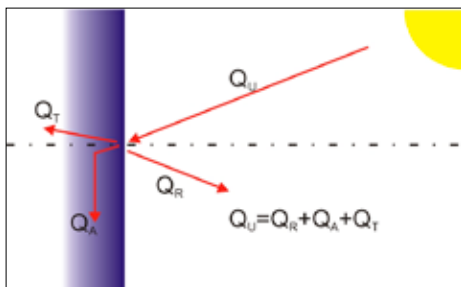
Obr. 6: Príklady farebných odtieňov s vybranými súčiniteľmi pohltivosti žiarenia.

$$Q_U = Q_R + Q_A + Q_T \quad (\text{W}) \quad (1)$$

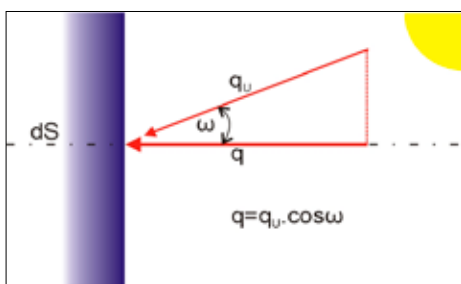
kde: Q_U celkový tepelný výkon slnečného žiarenia (W),
 Q_R tepelný výkon odrazený (reflektovaný) späť do prostredia (W),
 Q_A pohltenej (absorbovaný) tepelný výkon (W),
 Q_T prevezený (transportovaný) tepelný výkon (W).

$$I = \frac{Q_p}{Q_U} + \frac{Q_a}{Q_U} + \frac{Q_t}{Q_U} \rightarrow I = \rho + \alpha + \tau \quad (-) \quad (2)$$

$$q = q_U \cdot \cos \omega \quad (\text{W/m}^2) \quad (3)$$



Obr. 7: Rozdelenie tepelného výkonu zo slnka dopadajúceho na konštrukciu.



Obr. 8: Lambertov zákon.

Výpočet návrhovej povrchovej teploty vzorky θ_{se} (vzťah 4) berie do úvahy zložku vonkajšej teploty vzduchu, vplyv rýchlosti prúdenia vzduchu a intenzitu slnečného žiarenia. Vstupné údaje o teplote vonkajšieho vzduchu, slnečnom žiarení a rýchlosti prúdenia vzduchu boli vybrané pre mesto Bratislava z hodnôt pre celé územie Slovenska tabuľkovo spracovaných v [2]. Ako návrhová povrchová úprava sa vybrala omietka zelenej farby s $\alpha \approx 81,7$ ($A \approx 18,3$) a fialovej farby s $\alpha \approx 88,6$ ($A \approx 11,4$). Uskutočnený výber vstupných hodnôt berie do úvahy najnepriaznivejšie podmienky vyskytujúce sa na Slovensku.

$$Q_{Se} = Q_e + \frac{\alpha \cdot I_G}{h_e} - \frac{v}{h_e} \quad (^\circ\text{C}) \quad (4)$$

kde: Q_{se} povrchová teplota ETICS (°C),
 Q_e teplota vonkajšieho vzduchu (°C),
 α uvažuje sa 28,3 °C pre Bratislavu o 16 hod.,
 súčiniteľ pohltivosti žiarenia (-),
 uvažuje sa 0,817 a 0,886 pre zvolené farebné
 odtiene povrchových úprav,
 I_G intenzita globálneho žiarenia (kWh/m²),
 uvažuje sa 663 kcal/m².hpre 48° s.z.š.
 o 16 hod. na západnej stene a zohľadňuje
 Lambertov zákon (vzťah 6),
 h_e súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšom povrchu
 (W/(m².K), vypočítaný 16,5 zo vzťahu 6,
 v teplo vydávané povrchom konštrukcie vplyvom
 sálania do atmosféry (W/m²).

Pozn.: Do výpočtu povrchovej teploty (vzťah 5) sa dosadili hodnoty
 tabuľkovo spracované v [7] a pre možnosť overenia ich uvádzame
 v starých jednotkách, i keď v legende sú popísané terajšími jed-
 notkami.

$$Q_{se} = 28,3 + \frac{0,817 \cdot 663}{16,5} - \frac{22,3}{16,5} = 59,77 \approx 59,8 \quad (\text{°C}) \quad (4)$$

$$Q_{se} = 28,3 + \frac{0,886 \cdot 663}{16,5} - \frac{22,3}{16,5} = 62,55 \approx 62,6 \quad (\text{°C}) \quad (5)$$

$$h_e = 5,3 + 3,6 \cdot v + 4 \quad (\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}) \quad (6)$$

kde: v rýchlosť vetra (m/s), určená 2 pre oblasť Bratislavy
 vo výške 10 m a v mesiaci Júl (prepočet podľa [3]).

Vo výpočte povrchovej teploty (vzťah 11) je nepriamo zohľadnený
 Lambertov zákon hovoriaci o tom, že maximálny sálavý tok je v smere
 normály na diferenciálnu plošku d_s (obr. 8). Uhol dopadu ω žiarenia
 je zahrnutý do tabuľkovej hodnoty intenzity globálneho žiarenia I_G
 pre určitú zemepisnú šírku, pre určitý typ konštrukcie (zvislá stena)
 a určitý dátum i čas.

ZÁVER

Tepločné namáhanie fasád (najmä exponovaných priamemu slneč-
 nému svitu) je vysoké. Napätia vznikajúce zamedzením voľnej teplot-

nej rozťažnosti povrchovej úpravy, resp. celej základnej vrstvy (na
 rozhraní s tepelnou izoláciou), sú spôsobené jednak teplotným
 gradientom sezónnym, ale aj ročným. Ich veľkosť je daná práve
 farebným odtieňom povrchovej úpravy a schopnosťou absorbovať
 slnečné žiarenie (mimo ostatných faktorov ako sú zemepisná šírka,
 nadmorská výška, orientácia na svetové strany). Môžu dosahovať
 hodnoty cca 40 °C (teplotný šok) až 80 °C (ročný teplotný gradient).
 Teplotné namáhanie je potrebné mať na mysli už počas projektovej
 prípravy a v prípade potreby využitia tmavých odtieňov ich situovať do
 takých miest fasády, ktoré nie sú exponované priamemu slnečnému
 žiareniu. Odvodili sa aj isté konštrukčné zásady (odporúčania), ale
 o tom nabudúce.

Ing. Peter Briatka,
 Ph.D., TSÚS, Studená 3, 821 04 Bratislava, briatka@tsus.sk;
 briatka.p@gmail.com

Ing. Marek Bilančík, Stavebná fakulta STU,
 Radlinského 11, 813 68 Bratislava

Podakovanie

Tento článok využíva poznatky z riešenia úlohy evidovanej pod číslom
 10090001 – VaV. Ďakujeme za podporu Prvej stavebnej sporiteľni, a.s.,
 a spoločnosti Saint-Gobain Construction Products, s. r. o.

Citované a súvisiace dokumenty a zdroje informácií:

- [1] TSÚS Bratislava: Predikcia vývoja trhlín a eliminácia porúch kontaktných tepelnoizolačných systémov (ETICS), správa č.: 003/RÚ/2009/10090001–VaV, Bratislava, 2009.
- [2] Halahyja, M. a kol.: Stavebná tepelná technika, osvetlenie a akustika, 1. vydanie, Alfa, Bratislava, 1970.
- [3] STN EN ISO 13790 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby energie na vykurovanie a chladenie. Národná príloha.
- [4] Briatka, P., Sternová, Z.: Výber povrchovej úpravy ETICS, Stavba, 6/2009, MF media, Bratislava, 2009, str. 28–31.
- [5] Puškár, A. a kol.: Obvodové plášte budov, Jaga group, Bratislava, 2002.
- [6] ETAG 004 External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering, EOTA, Brussels, 2000.
- [7] Unčík, S., Ševčík, P.: Modul pružnosti betónu, Edícia Betón Racio, Trnava, 2008.
- [8] STN ISO 6784:1993 Betón. Stanovenie statického modulu pružnosti v tlaku.
- [9] <http://www.patentstorm.us/patents/5952254/claims.html>
- [10] STN 73 2901 Zhotovovanie vonkajších kontaktných tepelnoizolačných systémov (ETICS), 2008.
- [11] www.activprojekce.cz
- [12] www.staksgroup.cz
- [13] www.upload.wikimedia.org