

## TMAVÉ FASÁDY ETICS

PETER BRIATKA, ZUZANA STERNOVÁ\*

### Prečo ETICS?

Jednou z úloh kontaktných tepelnoizolačných systémov (ETICS), okrem zvýšenia ZLEPŠENIA tepelnoizolačných vlastností obvodového plášťa a vyvolaného zvýšenia energetickej hospodárnosti budovy, je aj ochrana nosného alebo nenosného obvodového plášťa pred klimatickým zaťažením vonkajším prostredím. Dodatočnou tepelnou ochranou budovy sa presúva aj oblasť najväčšieho teplotného gradientu z pôvodného obvodového plášťa do konštrukcie ETICS. ETICS tak zohráva významnú úlohu i v obnove budov vrátane predlžovania životnosti existujúcich budov. Samotný tepelnoizolačný systém musí mať dostatočnú životnosť, ktorá je determinovaná účinkami pôsobenia klimatických vplyvov. Životnosť ETICS ovplyvňuje dodržanie požiadaviek na zhotovovanie, medzi ktoré patrí aj obmedzenie používania farebných tónov a vylúčenie tzv. tmavých fasád.

### Čo je tmavá fasáda?

Zaužívaný pojem „tmavá fasáda“ má pôvod v svetlosti farieb povrchovej úpravy. Svetlosť farieb (každého odtieňa) stanovuje pomer energie žiarenia dopadnutého na plochu s danou povrchovou úpravou a energie odrazeného alebo pohlteneho žiarenia touto plochou. Vo všeobecnosti sa pod žiarením rozumie slnečné žiarenie. Rôznu interpretáciu svetlosti farieb je možné ukázať na príklade.

Povedzme, že máme povrchovú úpravu takej farby a štruktúry (obr. 1), že 25 % z energie dopadajúceho žiarenia sa odrazí späť do prostredia a zvyšných 75 % sa absorbuje. Jedná sa teda o povrchovú úpravu so súčiniteľom pohltivosti žiarenia  $\alpha = 0,75$ . Povrchové úpravy sa v obchodnej praxi často označujú tzv. súčiniteľom svetlosti A (%), ktorý predstavuje doplnok súčiniteľa pohltivosti žiarenia do 1. To znamená, že  $A = (1 - \alpha) \times 100$  [1]. Iným pomenovaním súčiniteľa svetlosti A je stupeň svetlosti farebného odtieňa HBW, ktorý vo svojej podstate vyjadruje to isté. Pre zjednodušenie sa ďalej uvádza súčiniteľ svetlosti A.



Obr. 1 Príklad povrchovej úpravy so súčiniteľom pohltivosti  $\alpha = 0,75$  ( $A = 25,0$ ; resp. HBW = 25 %)

Odbornou verejnosťou akceptované vyčlenenie skupiny tmavých povrchových úprav sa zaviedlo podľa limitného súčiniteľa svetlosti  $A = 25$ . To znamená, ak má povrchová úprava  $A \leq 25$ , tak sa takáto povrchová úprava považuje za „tmavú“.

### Prečo sa venovať tmavým fasádam?

Existujú dva dôvody, prečo je potrebné venovať sa tmavým fasádam. Prvý dôvod vyplýva z teoretickej roviny. Vplyvom nižšej svetlosti (vyššej absorpcie) dochádza na fasádach exponovaných intenzívnemu slnečnému žiareniu v let-

ných mesiacoch k ich prehrievaniu a nadmernému zaťaženiu vplyvom vyvolaných objemových (dĺžkových) zmien komponentov ETICS. Opakovaná snaha o deformáciu jednotlivých komponentov ETICS (často vzájomne rozdielnu) vedie k porušeniu celistvosti povrchovej úpravy (trhlinami) a/alebo k únavovému zaťaženiu. Druhý dôvod je zrozumiteľnejší aj laickej verejnosti. Ak totiž fasáda vplyvom aplikácie tmavých povrchových úprav podstupuje deje podľa predchádzajúceho dôvodu, potom to môže mať významný vplyv na skrátenie životnosti celého kontaktného tepelnoizolačného systému. V prípadnom reklamačnom konaní je prvým argumentom vizuálne znehodnotenie fasády trhlinami, ktoré je tým viditeľnejšie, čím tmavšia povrchová úprava sa použije.

### Výskum ETICS v TSÚS

Technický a skúšobný ústav stavebný, ako nielen osvedčovací miesto, ale i ako výskumná a projekčná inštitúcia riešila v roku 2009 úlohu aplikovaného výskumu „Predikcia vývoja trhlín a eliminácia porúch kontaktných tepelnoizolačných systémov (ETICS)“. Výskum sa uskutočnil vďaka sponzorskému príspevku Prvej stavebnej sporiteľne, a. s. a vďaka materiálnej podpore spoločnosti Saint-Gobain Construction Products, s. r. o..

### Zameranie projektu

Prvotným ideovým zámerom bolo overiť vplyv farebnosti tzv. tmavých fasád na vznik a rozvoj trhlín v povrchovej úprave ETICS, navrhnúť technické riešenie eliminácie vzniku trhlín a kvantifikovať jeho efektívnosť. Sekundárnym výsledkom malo byť odvodenie praktických odporúčaní pre projektantov a zhotoviteľov ETICS.

### Príprava projektu

Samotnej experimentálnej časti projektu predchádzala teoretická príprava projektu zameraná na určenie najvyšších, skutočne dosiahnuteľných povrchových teplôt ETICS v letnom období. Výpočet vychádza z jednoduchého princípu. Povrchová teplota omietky  $\theta_{sp}$  je tým viac ovplyvnená slnečným žiarením, čím je jej súčiniteľ svetlosti A nižší. Toto tvrdenie je podložené rozdelením celkového tepelného výkonu slnečného žiarenia dopadajúceho na ETICS podľa vzťahov 1 a 2 a notoricky známeho obr. 2.

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

$Q_U$  – celkový tepelný výkon slnečného žiarenia (W)

$Q_R$  – tepelný výkon odrazený (reflektovaný) späť do prostredia (W)

$Q_A$  – pohltitý (absorbovaný) tepelný výkon (W)

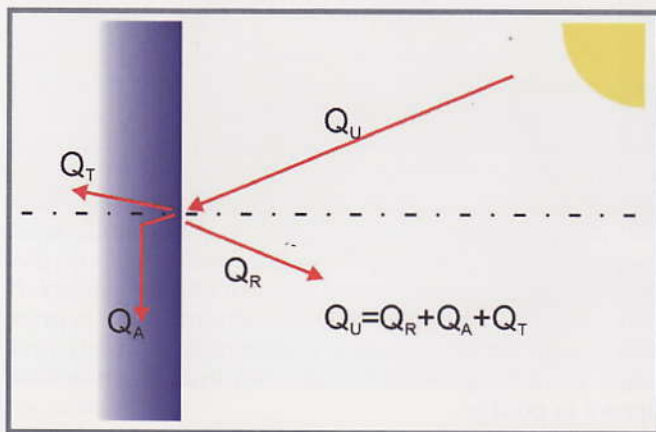
$Q_T$  – prevedený (transportovaný) tepelný výkon (W)

$$1 = \frac{Q_p}{Q_U} + \frac{Q_a}{Q_U} + \frac{Q_t}{Q_U} \Rightarrow 1 = \rho + \alpha + \tau (-) \quad (2)$$

\*Ing. Peter Briatka, e-mail: briatka.p@gmail.com

Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., Bratislava  
prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., Aut. Ing.,

Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., Bratislava



Obr. 2 Rozdelenie tepelného výkonu zo slnka dopadajúceho na konštrukciu

Výpočet návrhovej povrchovej teploty vzorky  $\theta_{se}$  (vzťah 3) 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  $\alpha \approx 88,6$  ( $A \approx 11,4$ ) podľa obr. 6. Uskutočnený výber vstupných hodnôt berie do úvahy najnepriaznivejšie podmienky vyskytujúce sa na Slovensku.

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{\alpha \cdot I_{sj}}{h_e} - \frac{U}{h_e} \quad (^\circ\text{C}) \quad (3)$$

$\theta_{se}$  – povrchová teplota ETICS ( $^\circ\text{C}$ )

$\theta_e$  – teplota vonkajšieho vzduchu ( $^\circ\text{C}$ )<sup>1</sup>

$\alpha$  – súčiniteľ pohltivosti žiarenia (-)<sup>2</sup>

$I_{sj}$  – intenzita globálneho žiarenia ( $\text{W}/\text{m}^2$ )<sup>3</sup>

$h_e$  – koeficient prestupu tepla na vonkajšom povrchu ( $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ )<sup>4</sup>

$U$  – teplo vydávané povrchom konštrukcie vplyvom sáľania do atmosféry ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

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

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

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

$v$  – rýchlosť vetra ( $\text{m}/\text{s}$ )<sup>5</sup>

**Poznámka:** Do výpočtu povrchovej teploty (vzťah 3) sa dosadili hodnoty tabuľkovo spracované v [2] a pre možnosť jednoduchého overenia ich uvádzame v jednotkách technickej sústavy, i keď v legende sú popísané jednotkami SI.

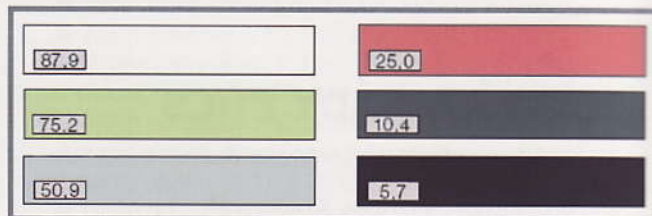
<sup>1</sup> uvažovaná  $28,3 \text{ }^\circ\text{C}$  pre Bratislavu o 16:00 hod.

<sup>2</sup> uvažovaný 0,817 a 0,886

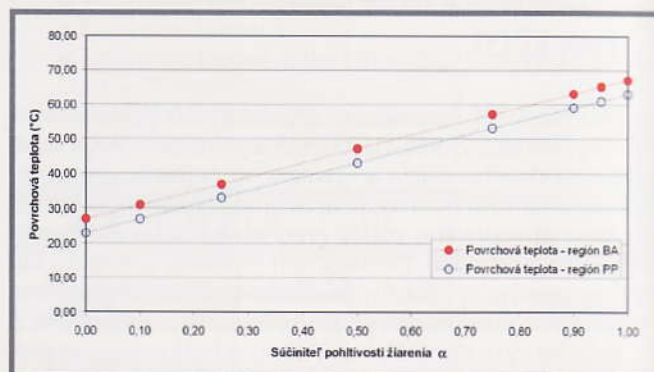
<sup>3</sup> uvažovaná 663 pre  $48 \text{ }^\circ\text{s. z. š.}$  o 16:00 hod. na západnej stene a zohľadňuje Lambertov zákon

<sup>4</sup> vypočítaný 16,5 zo vzťahu 4

<sup>5</sup> určená 2 pre oblasť Bratislavy vo výške 10 m a v mesiaci júl (prepočet podľa [3])



Obr. 3 Farebnosť povrchových úprav



Obr. 4 Závislosť letných povrchových teplôt od súčiniteľa pohltivosti žiarenia pre dva rôzne regióny pri určitých okrajových podmienkach (charakteristických pre dané regióny)

Zjednodušenú a ilustratívnu závislosť povrchovej teploty ETICS v letnom období od súčiniteľa svetlosti omietky a lokality, v ktorej je skúmaný tepelnoizolačný systém aplikovaný poskytujú obrázky 3 a 4.

## Analýza dát a výber materiálov

Súčasťou prípravy bola aj rozsiahla analýza výsledkov skúšok ETICS vykonaných v TSÚS [4]. Z tejto analýzy vyplynuli požiadavky na materiálovú skladbu skúšobných vzoriek. Zhrnutím analýzy je nasledujúci výber materiálov a ich parametrov:

- povrchová úprava
  - omietka: akrylátová
  - zrnitosť: 1,5 mm
  - štruktúra: roztieraná
  - farebnosť, resp. súčiniteľ svetlosti: 18,3 a 11,4 (obr. 5)
- penetračný náter
  - príslušný k povrchovej úprave a základnej vrstve
- základná vrstva
  - malta Weber. Therm KPS
  - malta Weber. Therm Exclusive
  - výstužná mriežka Vertex R117 s E v pozdĺžnom smere o 31,47 % vyšším ako v priečnom smere [4]
- tepelná izolácia
  - EPS ISOVER FACADE 70F hrúbky 80 mm
  - MW ORSIL TF, dosky hrúbky 80 mm



Obr. 5 Reprezentatívne približné farebné odliene súčiniteľov svetlosti použitých povrchových úprav

## Navrhované riešenie obmedzenia porúch ETICS

### s tmavými povrchovými úpravami

Vychádzalo sa z predpokladu, že trhliny v povrchovej úprave sa generujú v základnej vrstve. Ideou, ako obmedziť vznik trhlín v inak krehkom materiáli základnej vrstvy, bolo jej dvojité vystuženie sklotextílnou mriežkou. Vyšší stupeň vystuženia by mal spôsobiť zlepšenie mechanických vlastností kompozitu, a to ešte pred prekročením pevnosti v ťahu a zdvojnásobenie výstužeň by mala zdvojnásobeným špecifickým povrchom v styku s maltovinovou zložkou zabezpe-

Tabuľka 1

Prehľad meraní a výsledkov modulov pružnosti omietkových páskov

Materiál	Mriežka	Vzorka	Výsledky po 10 dňoch					Výsledky po 30 dňoch					Zmena E	
			$\sigma$ DOLNÉ	$\sigma$ HORNÉ	$\Delta\sigma$	E	E avg	$\sigma$ DOLNÉ	$\sigma$ HORNÉ	$\Delta\sigma$	E	E avg	MPa	%
			$\epsilon$ DOLNÉ	$\epsilon$ HORNÉ	$\Delta\epsilon$	(MPa)	(MPa)	$\epsilon$ DOLNÉ	$\epsilon$ HORNÉ	$\Delta\epsilon$	(MPa)	(MPa)		
A-MW	1	A-MW 1-1	0,49	1,20	0,70	279,26	504,86	0,50	1,19	0,69	305,69	274,31	-230,65	-45,67
			0,05	0,30	0,25			0,079	0,306	0,227				
	1	A-MW 1-2	0,50	1,27	0,78	312,59	504,86	0,51	1,07	0,57	242,93	274,31	-230,65	-45,67
			0,05	0,30	0,25			0,069	0,302	0,233				
	1	A-MW 1-3	0,49	2,18	1,69	590,83	504,86					274,31	-230,65	-45,67
			0,01	0,30	0,29									
	1	A-MW 1-4	0,51	2,94	2,43	836,76	504,86					274,31	-230,65	-45,67
			0,01	0,30	0,29									
	2	A-MW 2-1	0,50	2,40	1,90	711,61	706,75	0,50	1,89	1,39	549,84	544,72	-162,03	-22,93
			0,04	0,30	0,27			0,052	0,305	0,253				
	2	A-MW 2-2	0,51	2,80	2,29	829,01	706,75	0,51	1,93	1,42	539,60	544,72	-162,03	-22,93
			0,02	0,30	0,28			0,037	0,301	0,264				
2	A-MW 2-3	0,50	2,33	1,83	654,50	706,75					544,72	-162,03	-22,93	
		0,02	0,30	0,28										
2	A-MW 2-4	0,49	2,27	1,78	631,88	706,75					544,72	-162,03	-22,93	
		0,02	0,30	0,28										
Relatívna zmena (%):			39,989					98,576						
B-EPS	1	B-EPS 1-1	0,51	1,85	1,34	450,61	543,41	0,51	1,11	0,60	235,86	300,43	-242,97	-41,71
			0,00	0,30	0,30			0,049	0,303	0,254				
	1	B-EPS 1-2	0,25	2,10	1,85	636,21	543,41	0,50	1,43	0,93	365,01	300,43	-242,97	-41,71
			0,01	0,30	0,29			0,04	0,294	0,254				
	1	B-EPS 1-3					543,41					300,43	-242,97	-41,71
	1	B-EPS 1-4					543,41					300,43	-242,97	-41,71
	2	B-EPS 2-1	0,50	1,72	1,22	634,84	624,64	0,50	2,04	1,53	553,50	486,05	-138,59	-22,19
			0,02	0,21	0,19			0,026	0,303	0,277				
	2	B-EPS 2-2	0,49	2,11	1,61	563,54	624,64	0,49	1,66	1,17	418,60	486,05	-138,59	-22,19
			0,01	0,30	0,29			0,02	0,3	0,28				
2	B-EPS 2-3	0,49	2,91	2,43	792,78	624,64					486,05	-138,59	-22,19	
		0,00	0,30	0,31										
2	B-EPS 2-4	0,49	1,96	1,47	507,40	624,64					486,05	-138,59	-22,19	
		0,01	0,30	0,29										
Relatívna zmena (%):			14,949					61,782						

nať, že vývoj modulu pružnosti sa hodnotil aj v čase a tu sa zistilo, že medzi 10. a 30. dňom veku základnej vrstvy dochádza k výraznému poklesu modulu pružnosti, čo možno vysvetliť stratou vlhkosti v kapilárnom systéme.

## Návrh skúšobného programu

Skúšobné vzorky stien s ETICS (v oboch materiálových variantoch tepelnej izolácie – EPS aj MW) sa rozčlenením do plošných a líniových segmentov vyskúšali mierne modifikovanou hygrotermálnou skúškou umeleho starnutia [6]. V skúške sa pozmenila maximálna teplota na 61 °C (približne zo vzťahu 3), ktorá mala charakterizovať návrhovú povrchovú teplotu ETICS. Parametre technológie umožnili nastaviť režim s hysterézou 2 °C.

## Zistenia

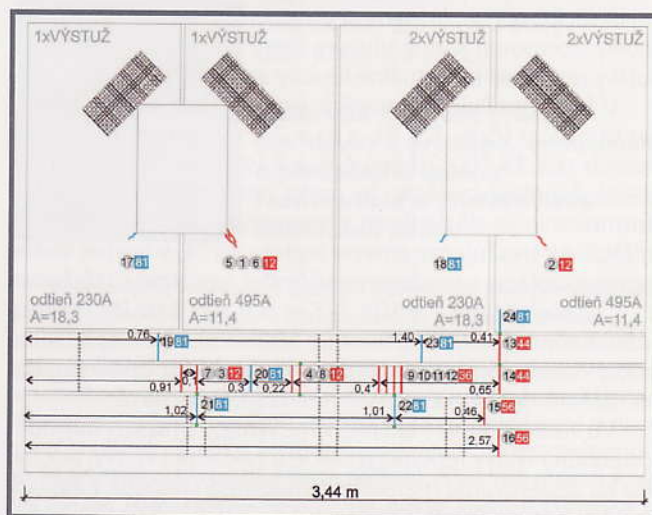
Vo vzorke z EPS vznikli v plošných segmentoch diagonálne trhliny (obr. 7), a to v styku ostení a parapetov. Vznik trhlín bol predurčený zámerným vynechaním inak požadovaného diagonálneho pásika výstužnej mriežky v blízkosti otvorov. Navrhnutým riešením bol detail oslabený, pretože v smere hlavných napätí nebol dostatočne vystužený, čo viedlo k vzniku trhlín. Ukázalo sa, že vystuženie diagonálnym pásičkom v oblasti výplňových konštrukcií je nevyhnutné vždy, a to aj v tom prípade, ak je základná vrstva celoplošne vystužená dvomi vrstvami mriežky.

Počas skúšky došlo k vzniku trhlín počas krozenia (znázornené červenou farbou) a aj neskôr počas zmrazovania (znázornené modrou farbou) ETICS. Pri analýzach povrchovej úpravy sa obvykle trhliny počas zmrazovania zanedbávajú. Spôsobené sú objemovou zmenou dosiek tepelnej izolácie a oslabením líniových segmentov ich orientáciou a tvarom.

čovať vyššiu lokálnu súdržnosť dvoch elementárnych pričných rezov základnou vrstvou. Pre overenie tohto predpokladu sa vybrala skúška modulu pružnosti, ktorý sa stanovil kombináciou metódy ťahovej skúšky omietkového pásika [6] a metódy stanovenia modulu pružnosti betónu [7, 8]. Výsledky pre oba varianty základnej vrstvy (na MW aj na EPS) potvrdili predpoklady (tab. 1). Treba však pozname-



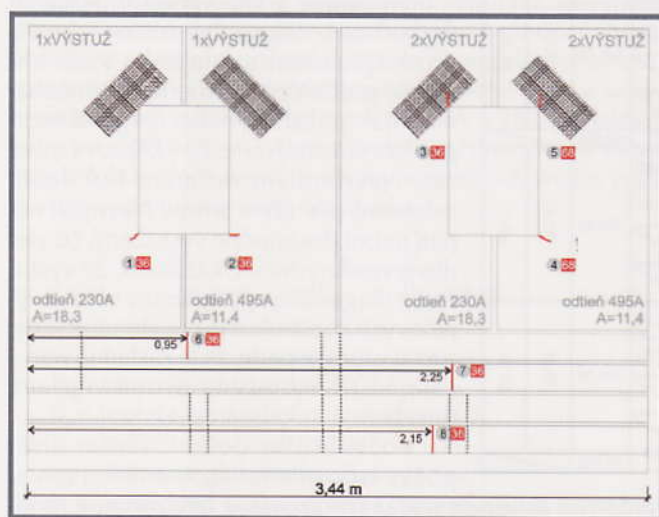
Obr. 6 Skúšobná vzorka (EPS aj MW)



Obr. 7 Mapa vzniku a rozvoja trhlín počas hygrotermálnej skúšky vzorky EPS

Ak porovnáme jedenkrát vystužené líniové segmenty s dvakrát vystuženými, potom pozorujeme vznik trhlín v pravidelných rozstupoch 450 a 600 mm. Ak zoberieme tento jedenkrát vystužený segment za referenčný, potom môžeme tvrdiť, že trhliny vznikajú ako reakcia na teplotnú dilatáciu a vytvárajú štvoruholníky s pomerom strán približne 1:4 až 1:3. V dvakrát vystužených pásoch sa vytvorila len jedna trhlinka (na efektívnej dĺžke líniového segmentu cca 3,24 m). Ak vychádzame z predpokladu, že napätie na efektívnej dĺžke sa uvoľnilo v jedinej trhline, potom je možné, že dodržanie štíhlostného pomeru 1:11 až 1:10 pri vytváraní dilatčných celkov tmavých fasád s dvakrát vystuženou základnou vrstvou eliminuje tvorbu trhlín.

Vo vzorke z MW vznikli prevažne tzv. diagonálne trhliny v plošných segmentoch (obr. 8), a to v styku ostení a parapetov, resp. nadpraží. Vznik trhlín č. 1; 2 a 4 bol predurčený zámerným vynechaním diagonálneho pásika výstužnej mriežky. Ak porovnáme čas vzniku trhlín č. 1 a 2 (36. cyklus) a trhliny č. 4 (68. cyklus) potom je zrejme, že dvojitú vystuženie základnej vrstvy, ktoré sa aplikovalo aj v mieste vzniku trhliny č. 4 spôsobilo oddialenie vzniku trhliny o skoro dvojnásobný čas.



Obr. 8 Mapa vzniku a rozvoja trhlín počas hygrotermálnej skúšky vzorky MW

V dilatčných pásoch (len vyrovnávací vrstva na tepelnej izolácii) medzi plošnými segmentmi sa už počas prípravy vzorky sformovali jemné trhlinky, ktoré počas hygrotermálnej skúšky reagovali na aktuálne teploty zmenou šírky.

V horizontálnych líniových segmentoch vzorky vznikli len tri trhliny (č. 6; 7 a 8), a to v 36. cykle (pri teplotných šokoch cca 35 °C). Trhliny č. 6 a 8 vznikli v blízkosti styku dosiek tepelnej izolácie. Je preto pravdepodobné, že ich sformovanie je dôsledkom objemových zmien v tepelnej izolácii. Ak uvažujeme zmenu teploty 35 °C v hornej vrstve tepelnej izolácie a uvažujeme súčiniteľ teplotnej rozťažnosti  $\alpha_{T,MW}$  s hodnotami  $7,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$  a  $9,9 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$  [9], potom individuálne dosky (1000 mm x 500 mm) tepelnej izolácie môžu v základnej vrstve generovať napätie zodpovedajúce predĺženiu dosky o cca 0,27 mm resp. 0,35 mm.

Vo všeobecnosti však môžeme tvrdiť, že nižším stupňom spriahnutia vrstvy tepelnej izolácie a základnej vrstvy, dochádza ku generovaniu menšieho vynúteného napätia v základnej vrstve, a preto základná vrstva i povrchové úpravy vykazujú podstatne menšie množstvo trhlín. Ukazovateľom spriahnutia týchto dvoch vrstiev je parameter prídržnosti základnej vrstvy k tepelnej izolácii podľa [6]. Prehľad o prídržnosti po-

Tabuľka 2

Prídržnosť základnej vrstvy KPS k tepelnej izolácii na báze EPS

Skúšobné miesto	Odrthová plocha (mm <sup>2</sup> )	Sila pri porušení (N)	Prídržnosť (MPa)	Porušenie
1	2500	283	0,113	80% v EPS
2		284	0,114	80% v EPS
3		246	0,098	70% v EPS
4		237	0,095	80% v EPS
5		287	0,115	80% v EPS
Priemer:		267,4	0,107	

Tabuľka 3

Prídržnosť základnej vrstvy Exclusive k tepelnej izolácii na báze MW

Skúšobné miesto	Odrthová plocha (mm <sup>2</sup> )	Sila pri porušení (N)	Prídržnosť (MPa)	Porušenie
1	40000	352	0,009	štandardné
2		308	0,008	štandardné
3		400	0,010	štandardné
4		323	0,008	štandardné
5		340	0,009	štandardné
Priemer:		344,6	0,009	

užitých základných vrstiev k tepelnej izolácii podávajú tabuľky 2 a 3, z ktorých je zrejme, že prídržnosť vo vzorke MW predstavuje len cca 8 – 9 % prídržnosti vo vzorke EPS.

Z hľadiska účinnosti technického riešenia obmedzovania trhlín dvojitým vystužením základnej vrstvy na tepelnej izolácii z minerálnej vlny sa ukazuje tento koncept ako účinný, ale neefektívny vzhľadom na nižšie vynútené napätia v základnej vrstve.

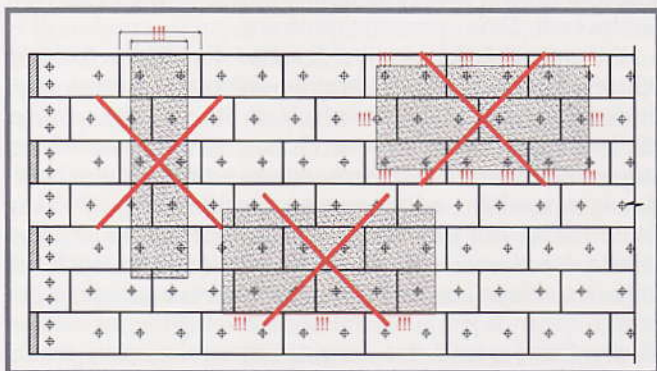
Z hľadiska požiadavky na celistvosť povrchovej úpravy je teda vhodnejšia skladba ETICS s použitím minerálnej vlny, pretože nižšou súdržnosťou so základnou vrstvou je tepelná izolácia voľnejšia v tepelnej dilatácii a týmto pohybom nevyvoláva vynútené napätia v základnej vrstve. Nevýhodou tohto stavu môže byť cyklické zafažovanie ETICS v spoji tepelnej izolácie a základnej vrstvy, ktoré môže časom viesť k zníženiu prídržnosti základnej vrstvy a tepelnej izolácie (pod 0,08 MPa [6]) – lokálnej delaminácii a prípadne až k strate bezpečnosti celého ETICS.

## Záver

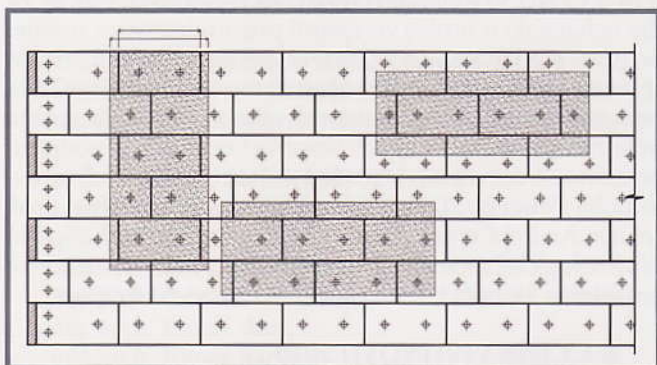
Z výsledkov skúšok vyplýva, že vzniknuté trhliny v ETICS s tmavými povrchovými úpravami spôsobujú nielen štandardné problémy celistvosti a súvisiacej degradácie obvodového plášťa, ale aj estetické nedostatky vo forme bledo sfarbených výluhov na hranách trhlín, ktoré sú tmavým odtieňom podkladu ešte zvýraznené.

Predpoklad vzniku porúch ETICS vo forme trhlín pri tzv. tmavých fasádach je nesporne vyšší ako pri fasádach vo farebnom prevedení s vyšším súčiniteľom svetlosti A. Pravdepodobnosť vzniku trhlín v ucelenej ploche je relatívne nízka vzhľadom na idealizované dokonalé spriahnutie základnej vrstvy s podkladom (tepelnou izoláciou). Styk dvoch susedných izolačných elementov ale predstavuje pre základnú vrstvu určitú diskontinuitu, ktorá umožňuje lokálne odseparovanie základnej vrstvy a vznik trhliny v maltovinovej zložke, i keď k deštrukcii výstužnej vrstvy nedôjde.

Z výsledkov skúšky EPS vzorky vyplýva, že konštrukčne alebo vizuálne odlišné pásy v ETICS na báze EPS by nemali byť užšie ako je najväčší rozmer tepelnoizolačného prvku a zároveň by nemala žiadna z hrán pásu prechádzať nad líniou stykov prvkov tepelnej izolácie (obr. 9). Architektonické stvárnenie fasády by malo plne rešpektovať snahu o minimalizovanie líniového členenia fasády, ktorého prevládajúci smer by bol paralelný so smerom priebežných styčných plôch dosiek tepelnej izolácie (horizontálny smer). V prípade vytvorenia líniových segmentov s tmavými povrchovými úprava-



Obr. 9 Schéma s chybným návrhom ETICS (EPS) z hľadiska aplikácie tmavých povrchových úprav



Obr. 10 Schéma s opraveným návrhom ETICS (EPS) z hľadiska aplikácie tmavých povrchových úprav

mi je potrebné upraviť počet a/alebo polohu ukotvení tepelnej izolácie (obr. 10) tak, aby nespôsobili plošne nehomogénne rozloženie hmoty základnej vrstvy a tým neprispievali k vzniku a rozvoju trhlin. Pri uvedenej zmene kotvenia je samozrejme potrebné overiť vhodnosť riešenia kotvenia v oblasti segmentu ETICS statickým výpočtom.

Takzvané tmavé fasády v ETICS na báze penového polystyrénu sa, na základe zistení, odporúča vystužovať zdvojnásobením sklotextilnej mriežky v základnej vrstve, pričom všetky ostatné zásady vystužovania zostávajú nezmenené [10]. Pri aplikácii tmavých povrchových úprav ETICS na báze penového polystyrénu sa odporúča vo fasáde vytvárať dilatčné polia štíhlostných pomerov max. 1:3 až 1:4, pričom v prípade aplikácie dvojitého vystuženia sa ukazuje, že štíhlostný pomer by mohol vzrásť na hodnotu 1:10 až 1:11. Všeobecnou zásadou členenia plochy na dilatčné celky je eliminovanie ostrých uhlov zovretých susednými dilatčnými líniami.

Z výsledkov skúšky MW vzorky vyplýva, že pri použití ETICS s tepelnou izoláciou na báze minerálnej vlny dochádza vplyvom nižšej súdržnosti medzi tepelnou izoláciou a základnou vrstvou k menším vynúteným napätiam v základnej vrstve zapríčinennej teplotnou rozťažnosťou tepelnej izolácie. Tento fakt vysvetľuje aj redukciu množstva vzniknutých trhlin v štandardne jedenkrát vystužených segmentoch skúšobnej vzorky s tepelnoizolačnou vrstvou na báze MW v porovnaní so vzorkou s EPS. Technologické obmedzovanie vzniku trhlin v základnej vrstve ETICS na báze minerálnej vlny dvojitým vystužením je preto v tejto materiálovej skladbe neefektívne.

Z pohľadu efektívnosti obmedzovania porúch povrchových úprav ETICS s nízkym súčiniteľom svetlosti sa v tomto momente ako najvhodnejšie riešenie javí aplikácia ETICS na báze minerálnej vlny. Treba však poznamenať, že styk základnej vrstvy a tepelnej izolácie, v ktorom opakovane dochádza k pokľzu medzi týmito dvomi vrstvami, môže časom viesť k jeho únavovému (lokálnemu alebo plošnému)

mu) porušeniu a zníženiu súdržnosti vrstiev pod bezpečnú hranicu 0,08 MPa [6].

Aktuálnosť, rozsah a komplexnosť témy si vzhľadom na širokú materiálovú základňu nielen samotných kontaktných tepelnoizolačných systémov, ale hlavne ich rôznych komponentov, vyžaduje pokračovanie aplikovaného výskumu najmä v oblasti objemovej stálosti tepelnoizolačných materiálov.

#### Podakovanie

Táto práca, evidovaná pod číslom 10090001 – VaV, vznikla vďaka daru Prvej stavebnej sporiteľne, a. s. a vďaka výraznej podpore spoločnosťou Saint-Gobain Construction Products, s. r. o.

#### Použitá literatúra a súvisiace dokumenty

- [1] TSÚS Bratislava: Predikcia vývoja trhlin 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] TSÚS – Tatranská Štrba: Protokol o skúške č. 178/2005, Ťahová skúška omietkového pásika
- [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

#### RECENZIE



Frank Fingerloos – zostavovateľ  
**Historische technische Regelwerke für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau**  
 Ernst & Sohn, 2009, 1316 strán,  
 ISBN 978-3-433-02925-1

**Historické normové predpisy pre stavby z prostého, vystuženého a predpätého betónu**  
**Navrhovanie a zhotovovanie konštrukcií budov**

Bilancovanie vyriešených úloh pri navrhovaní nosných konštrukcií stavieb z hľadiska objemu a rôznorodosti je priebežný proces.

Pri overovaní mechanickej odolnosti a stability existujúcich budov majú podstatný význam informácie o použitých stavebných materiáloch a spôsoboch navrhovania. V procese zhotovovania a počas životnosti objektu, nie je ľahké potrebné normové predpisy identifikovať a získať.

V predkladanej knihe prezentujú zostavovateľ a vydavateľstvo normové predpisy publikované v Beton-Kalendářoch a tieto doplnili o normy bývalej NDR. Publikácia obsahuje normy platné v Nemecku od roku 1904 do roku 2004, ktoré sa uplatnili pri navrhovaní a zhotovovaní budov z prostého, vystuženého a predpätého betónu.

Pre zlepšenie použiteľnosti sú pripojené: chronologický, historický prehľad normových predpisov a slovný register.

prof. Ing. Ľudovít Fillo, PhD., Aut. Ing., Bratislava