

# TERMovIZE

## JAKO PROSTŘEDEK PRO ODHALOVÁNÍ A POSUZOVÁNÍ TEPELNÝCH MOSTŮ

### HISTORIE

V roce 1800 objevil Sir William Herschel při hledání nového optického filtru pro snížení jasů obrazu v dalekohledu existenci infračervené části elektromagnetického spektra. Při zkoušení různých barevných skel, která velmi podobně snižovala jas, bylo zjištěno, že některými skly prochází málo slunečního tepla a jinými naopak hodně. Později bylo dokázáno, že sklo má pouze omezenou propustnost infračerveného (tepelného) záření, z čehož plyne závěr, že jako optické prvky pro infračervené záření lze používat pouze odražející prvky (rovná a zakřivená zrcadla). V roce 1830 bylo objeveno, že krystaly kamenné soli dostatečně propouští infračervené záření. Kamenná sůl se používala jako hlavní materiál pro výrobu optických prvků až do roku 1930, kdy byla objevena technologie výroby syntetických krystalů. S výzkumem materiálů propustných pro infračervené záření se pokračovalo i s vývojem zařízení pro měření teploty. Běžné teploměry se používaly až do roku 1829, kdy došlo k vynálezu termočlánu, který byl několikanásobně citlivější. Další významný pokrok byl učiněn v roce 1880, kdy byl vynalezen bolometr. Toto zařízení se skládá z tenkého začerněného proužku platiny, který je připojen na galvanometr. Záření dopadající na platinový proužek zvyšuje jeho teplotu a tím měřitelnou změnu elektrického odporu. K velkému rozvoji zařízení pro detekci infračerveného záření došlo v průběhu 1. sv. války. Jednalo se především o systémy pro detekci nepřátel, komunikaci a navádění torpéd. V období mezi 1. a 2. sv. válkou byly vynalezeny dva nové infračervené detektory: konvertor obrazu a fotonový

detektor. O konvertor obrazu se ze začátku opět nejvíce zajímala armáda, protože umožňoval „vidět ve tmě“. Citlivost konvertoru obrazu byla omezena na blízké infračervené vlnové délky a proto musely být cíle osvětleny infračervenými vyhledávacími paprsky a tím vzniklo nebezpečí, že poloha pozorovatele bude prozrazena podobně vybavenému nepříteli. Tím zájem armády o konvertor obrazu zanikl. Po 2. sv. válce došlo k rozvoji „pasivních“ systémů (bez vyhledávacího paprsku). V té době zakazovaly vojenské bezpečnostní systémy zveřejňování informací o infračervené zobrazovací technice. K odtajnění došlo až v polovině padesátých let a od té doby jsou infračervené zobrazovací systémy k dispozici i civilnímu sektoru, vědě a průmyslu. První nevojenský, průmyslově použitelný termografický systém představila švédská firma AGA Infrared Systems v roce 1965.

### PRINCIP TERMovIZE

Každé těleso, jehož teplota je vyšší než teplota absolutní nuly vyzařuje elektromagnetické záření. Elektromagnetické spektrum je na základě úmluvy rozděleno podle vlnové délky na několik skupin, kterým se říká vlnová pásma. Neexistuje žádný rozdíl mezi vlnovými pásmy elektromagnetického spektra, u všech platí stejné fyzikální zákony a liší se pouze vlnovými délkami.

Termografie využívá pásmo infračerveného záření (IČ), které začíná na konci viditelného pásma a končí na hranici mikrovlnného pásma. Vlnové pásmo IČ záření se ještě dělí na čtyři menší pásma. Jsou to pásma blízké IČ (0,75-3  $\mu\text{m}$ ), střední IČ (3-6  $\mu\text{m}$ ), vzdálené IČ (6-15  $\mu\text{m}$ ) a velmi vzdálené IČ (15-100  $\mu\text{m}$ ).

Jak již bylo řečeno, závisí vlnová délka na teplotě, čím je teplota vyšší, tím je vlnová délka vydávaného záření kratší. Pokud zařízení umí snímat pásmo blízkého IČ, je nutno vždy snímaný objekt osvětlit IČ zářením. V závislosti na teplotě objektu potom dojde k různému odrazení záření a k zachycení kamerou. Při tomto snímání lze použít podstatně

CCD, které zobrazí teplotní pole v šedé nebo barevné škále. Je ale velice důležité si uvědomit, že IČ kamery neměří přímo povrchovou teplotu, ale že je povrchová teplota dopočítávána na základě změřeného IČ záření a okrajových podmínek zadaných přímo do kamery, popřípadě později do vyhodnocovacího programu. Tyto hodnoty se používají pro

vlnových délek, které na těleso dopadnou, pohltí. Ze vzdálenosti mezi objektem a kamerou a relativní vlhkosti se dopočítávají parametry atmosféry (tato hodnota se někdy uvádí jako propustnost atmosféry v %). Při dobré viditelnosti (bez mlhy) a pokud nepříš, obdržíme při chybném zadání relativní vlhkosti nebo vzdálenosti mezi objektem



jednodušší a levnější zařízení. Pokud se snímaná scéna ozařuje velmi krátkovlnným IČ zářením, jehož vlnová délka je řádově kratší, než vlnová délka vlastního IČ záření vydávaného snímanými tělesy, nemusí být snímače chlazené.

Pokud zařízení umí snímat pásmo vzdáleného IČ záření, nemusí být snímaný objekt ozářen.

## MĚŘENÍ

### OKRAJOVÉ PODMÍNKY

V současné době se v IČ kamerách používají maticové snímací prvky

kompensaci různých zdrojů záření a patří mezi ně

- emisivita povrchu
- odražená teplota
- vzdálenost mezi objektem a kamerou
- relativní vlhkost a teplota vnějšího i vnitřního vzduchu

Pokud se chybně zadá emisivita povrchu nebo odražená teplota, může činit chyba měření až několik set procent. Emisivita a odražená teplota jsou dvě veličiny, které spolu úzce souvisí, čím je emisivita povrchu větší, tím se snižuje vliv odražené teploty a naopak. U povrchů s emisivitou 1 (absolutně černé těleso) se záření všech

a kamerou chyby v řádech procent, při mlze a dešti se ale chyba zvětšuje na desítky až stovky procent a měření prakticky nelze provádět, což je způsobeno tím, že voda není pro IČ záření transparentní. Z uvedeného vyplývá, že bez zadání okrajových podmínek nelze z pořízeného termogramu odečíst skutečné povrchové teploty konstrukce.

### VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Skutečné povrchové teploty konstrukce je nutné stanovit pro vyhodnocení tepelných mostů. Po

zadání okrajových podmínek lze z termogramu vyhodnotit:

- riziko růstu plísní a povrchové kondenzace na vnitřním povrchu konstrukce,
- přibližné tepelné toky tepelným mostem.

Ve spojení s dalšími výpočtovými postupy lze stanovit:

- vliv tepelného mostu na celkové tepelné ztráty objektu,
- množství zkondenzované vodní páry v konstrukci – podklad pro vyhodnocení rizika koroze,
- návrh úprav tepelných mostů.

Z uvedeného vyplývá, že termovizní kamera může sloužit jako jedna z pomůcek pro lokalizaci a vyhodnocení tepelných mostů.

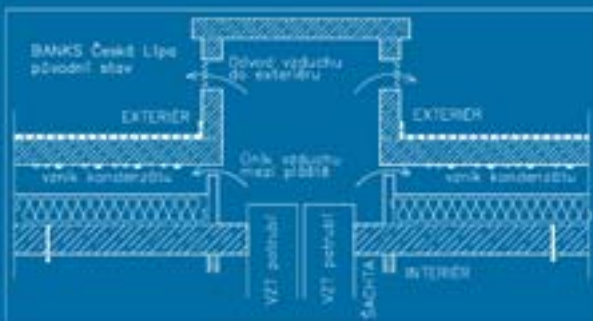
## VYUŽITÍ TERMOVIZE V PRAXI

Letošní zima intenzivně prověřuje stavební konstrukce z hlediska tepelné techniky. Vlhkostní poruchy a prochládání konstrukcí způsobené tepelnými mosty a nežádoucím prouděním vzduchu konstrukcemi se projevují zejména při extrémně nízkých teplotách. Zjišťujeme, že takových vad je jako máku.

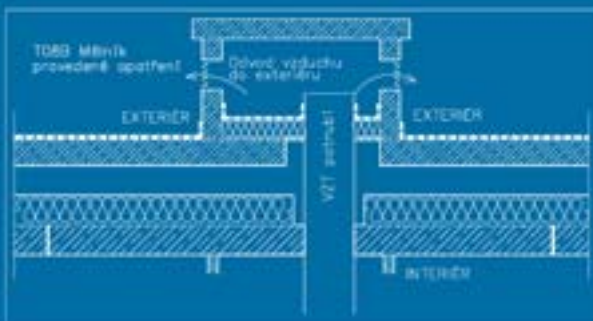
Jako jeden z desítek případů, řešených od začátku roku 2006, jsme vybrali vlhkostní problémy v posledním nadzemním podlaží bytového domu T06B s větranou dvouplášťovou střechou a s tlumícími komorami na střeše, ukončujícími ventilační a kanalizační potrubí.

Především v zimním období při oteplení po dlouhých mrazech docházelo k zatékání do bytů v místě spár stropních panelů a spár mezi stropními a stěnovými panely. Podobné problémy obvykle řeší uživatelé nebo majitelé domů provedením nové hydroizolace střechy, případně zateplením strojoven výtahů, apod.

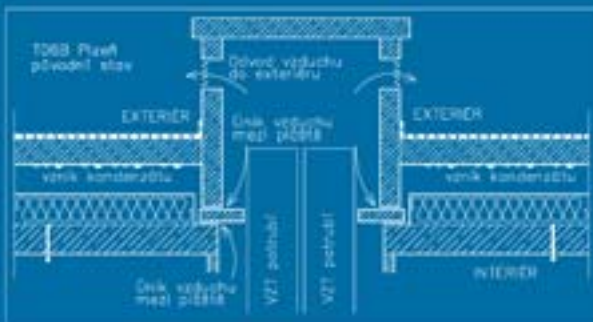
Charakter zatékání a konstrukce domu napovídaly na nám již známou vadu tlumících komor, kterou jsme úspěšně řešili a publikovali v minulých letech. Poprvé se jednalo o tlumící komory na bytových domech T08B v Podbořanech, v následujících letech např. na bytových domech



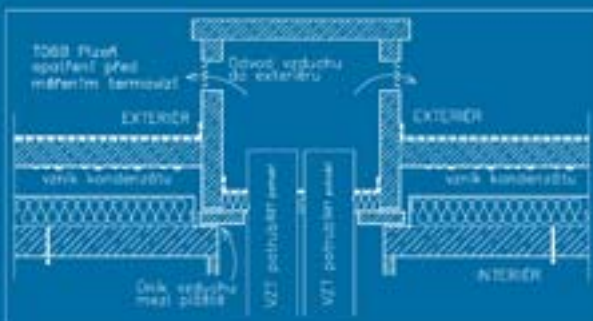
01| princip problému – nasávání vzduchu z komory do větrané vzduchové vrstvy (systém BANKS, Česká Lípa)



02| řešení problému – prostor komory oddělen v úrovni druhého pláště střechy deskou POLYDEK (systém T08B, Mělník)



03| princip problému – dvě místa proudění vzduchu z komory do větrané vzduchové vrstvy (systém T06B, Plzeň)



04| řešení problému – princip úpravy obdobný jako na obr. /02/ (systém T06B, Plzeň)

T08B v Mělníku /obr. 05/ a BANKS v České Lípě /obr. 06/.

Princip problému je znázorněn na obr. /01/.

Vzduch z interiéru stoupá ventilačním potrubím do tlumicí komory. Ventilační potrubí je v komoře ukončeno. Vzduch z interiéru by měl být odveden do exteriéru. Protože je však komora vadná, je vnitřní teplý vzduch nasáván štěrbinou ve stěnách komory do větrané vzduchové vrstvy. Ve vzduchové vrstvě a u chladných povrchů stoupne relativní vlhkost vzduchu a dochází ke kondenzaci – zejména na spodním povrchu horního pláště střechy. Kondenzát namrzá na chladném povrchu a po oteplení taje, stéká na spodní plášť a prosakuje spárami v panelech do interiéru.

Odstranění problému spočívá v dodatečném oddělení prostoru tlumicí komory od větrané vzduchové vrstvy dvouplášťové střechy. To obvykle realizujeme položením desky tepelné izolace z EPS s nakaširovaným asfaltovým pásem (POLYDEK). Asfaltový pás se vytahuje na stěny komory a opracují se jím veškeré prostupy (ventilační a kanalizační potrubí, příp. kabely) /obr. 02, 04 a 07/.

Na bytovém domě T06B v Plzni vše nasvědčovalo stejnému problému. Majitel objektu předpokládal, že se jedná o zatékání netěsnou krytinou. Nechal proto provést kompletní rekonstrukci hydroizolace střechy. Zatékání však neustalo. Atelier stavebních izolací, na který se majitel následně obrátil, odhalil vadu tlumících komor a navrhl standardní způsob odstranění, tzn. oddělení prostoru komory od vzduchové vrstvy /obr. 04/. Ani toto opatření však nevedlo k úplnému odstranění vlhkostních problémů.

#### TERMOVIZNÍ MĚŘENÍ

K další identifikaci bylo využito termovizní měření. To bylo provedeno jednak v interiérech bytů v posledním nadzemním podlaží a jednak na střeše. Umožnilo zjistit bez nutnosti odkrývání horního pláště další proudění tepla



- 05 | tlumicí komora T08B Mělník – původní stav
- 06 | tlumicí komora BANKS Česká Lípa – původní stav
- 07 | tlumicí komora T08B Mělník – konstrukční opatření
- 08 | problematická tlumicí komora na objektu T06B v Plzni
- 09 | prvotně zjištěná štěrbinou způsobující proudění vzduchu a kondenzaci
- 10 | rozpracované opatření pro odstranění problému – Oddělení prostoru komory od vzduchové vrstvy deskami POLYDEK (EPS s nakaširovaným asfaltovým pásem), zateplení extrudovaným polystyrenem

vzduchu z interiéru. Princip je na /obr. 04/.

Na termovizním snímku /obr. 11/ je patrné proudění vzduchu z interiéru na straně komory vzduchotechniky. Obrazec O1 znázorňuje nejvyšší teplotu v oblasti vedle komory. Obrazec O2 znázorňuje charakteristickou teplotu střešního pláště. Z porovnání povrchových teplot z obrazců O1 a O2 je zřejmé, že teplota vedle komory je cca o 5,5°C vyšší než na charakterické ploše střešního pláště.

Termovizní snímek další komory /obr. 12/ zobrazuje obdobnou situaci. Opět je na střešním plášti na boku komory vzduchotechniky patrná výrazná teplotní anomálie, která je způsobena prouděním teplého vzduchu z interiéru.

Na základě termovizního měření bylo zjištěno místo proudění vzduchu z interiéru do vzduchové vrstvy ve střeše. Ze snímků je patrné, že se

zřejmě jedná o další systémovou chybu v provedení šachty. Chyba se opakovala na všech třech komorách vzduchotechniky na střeše. Proto bylo přistoupeno k rozebrání obkladů šachty v bytech v posledním nadzemní podlaží a byl proveden průzkum všech komor z interiéru /obr. 13 a 14/.

#### PRŮZKUM ŠACHET

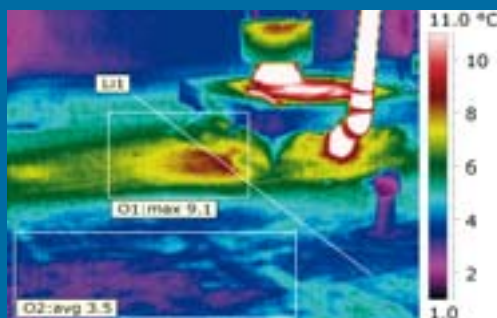
Při bližším prozkoumání šachet byl zjištěn další otvor /obr. 3, 4, 13 a 14/. Jedná se o štěrbinu mezi stropním panelem a spodní částí šachty způsobenou chybějícím podbetonováním. Svou orientací otvory odpovídají termograficky zjištěným průnikům teplého vzduchu z interiéru do střechy.

#### ZÁVĚR

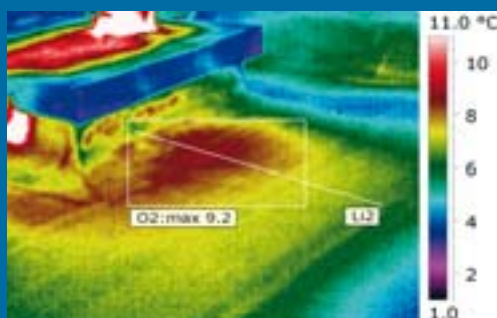
Řešení bylo jednoduché. Stačilo vyplnit otvory montážní PUR pěnou. V kontrastu s provedením nové hydroizolace střechy se

jedná opravdu o triviální řešení vleklého problému, jehož podstatu pomohla bez nutnosti destruktivního průzkumu odhalit termovizní kamera.

<VIKTOR ZWIENER>  
<LEOŠ MARTIŠ>  
<CTIBOR HŮLKA>



11



12

