

(Dokončení z minulého čísla.)

V minulém čísle časopisu jsme uveřejnili první část textu o lehkých větraných dvouplášťových plochých střeších s nosnou konstrukcí, kterou tvoří dřevěné krokve s dřevěným bedněním a s difúzně otevřenou konstrukcí spodního pláště, vytvořenou ze sádrokartonu nebo z dřevěných palubek. V posledních letech se občas používají k zastřešení zejména nových vícebýtových objektů a někdy i rodinných domů. Po jejich úvodní charakteristice se k problematice vyjadřovali Dr. Ing. Zbyněk Svoboda ze Stavební fakulty ČVUT v Praze, Ing. Pavel Matoušek z firmy Rockwool, s. r. o., a Jiří Ledvinka z firmy Dörken, s. r. o. Dnes pokračujeme další sérií dotazů a odpovědí.

■ *Je dle vašeho názoru riziko kondenzace vlhkosti na hrotech kotevních prvků u kotvených systémech povlakových izolací pronikajících bedněním do větrané vzduchové vrstvy významné nebo je možné jej zanedbat?*

Svoboda: „Podobná kondenzace je především signálem, že spodní (vnitřní) plášť není zcela těsný. Rozhodně to není v pořádku a zanedbat to nelze. Počítat by se s tímto rizikem mělo a navrhovat alespoň pojistné hydroizolace do vnitřního pláště a použít vlhkostně odolné kotevní prvky. Lepší je ovšem samozřejmě konstrukčně zajistit, aby se podobná kondenzace vůbec neobjevovala.“

Matoušek: „V prvopočátku existence střechy by měla být malá kondenzace přínosem - kolem černých ocelových spojovacích prvků se vytvoří vlhčí místo a to vede k jejich zrezivění a pevnému zakotvení v konstrukci - toto je asi klasický názor na prvky dřevěného krovu v našich zeměpisných šířkách. Ale bez žertování - jelikož se u nás jen vzácně používá tlakově impregnované nebo sušené a kvalitně ponorem do hloubky ošetřené dřevo, mají z výše uvedeného důvodu jakékoli kovové prvky, zejména spojené s povrchem dřevěných dílů vystavených teplotám pod teplotou rosného bodu, schopnost kondenzace, odkapávání kondenzátu nebo jeho namrzání. Často se tak sbírá a zadržuje v konstrukci

Lehké dvouplášťové ploché střechy

velké množství kondenzátu a ledu, což se projevuje dvěma směry - vlhčením okolní dřevěné konstrukce s iniciací hniloby a houbových chorob dřeva v okolí prvků (stačí, když vlhkost překročí 20% hmotnosti dřeva) a sběrem a nežádoucí distribucí vody v konstrukci, vlhčením spárových styků mezi různými materiály, vznikem vodního filmu bránícího difúzi vodních par. Obecně se jedná o hroty kotevních vrutů, hřebů, dále pak o spojovací prvky krovů - plechové příložky, svorníky, čepy a šrouby, spony (kramle) atd. - často použité v tesařských konstrukcích i u diskutovaných střeš s malým sklonem. Co je nepříjemné - potenciální riziko porušení konstrukce se tak vyvolává právě v místech zeslabených spojovacími prvky, se spojí upravenými řezy a záseky na stavbě (a proto málokdy naimpregnovanými), takže zanedbat by toto riziko šlo jen u střeš dobře fungujících. V archivu Rockwoolu je zachyceno několik snímků, kdy pod bedněním šikmé střechy došlo na hrotech hřebů i na velmi dobře provětrávané půdě k masivnímu nárůstu kondenzace za mrazu, vzhledem i velikostí připomínající malá vosí hnízda. Není důvodu se domnívat, že u méně větraných plochých střešch to bude lepší.“

Ledvinka: „Všichni jsme už viděli namrzlé kotvy ve střešch různých nákupních center, takže aniž bych se s tím setkával v naší praxi, problém v tom vidím.“

■ *Je proto lepší tepelně izolovat horní plášť dvouplášťové střechy a použít raději natavené asfaltové pásy než kotvené systémy povlakové izolace (hydroizolační fólie nebo asfaltové pásy) bez tepelné izolace horního pláště?*

Svoboda: „Ano, určitě se tím riziko kondenzace vodní páry na vnějším plášti sníží na prakticky zanedbatelné minimum.“

Matoušek: „Bude-li na střeše použito na horním plášti bednění, pak je vůbec otázkou, čím a jak kotvit do desek 19 mm tlustých. Škoda, že u nás nepředepisuje žádná technická norma (kromě „Pravidel pro navrhování a provádění střešch“ vydaných Čechem klempířů, pokrývačů a tesařů), že by bednění mělo být sušené a hoblované, na polodrážku nebo

pero a drážku (palubky), o tloušťce min. 25 mm při předepsaném rozpětí nosných prvků (jako např. v Německu). Pravděpodobně by prospělo, kdyby se krytina mechanicky kotvená vedla kolmo na nosné prvky a kotevní vruty pro ni se zavrtaly přes bednění do nosných prvků tak, aby byly skryté. Tomu by musely odpovídat rozteče nosné konstrukce v závislosti na šířce použitých pásů povlakové krytiny. Jinak lepení nebo natavení by mohlo zlepšit vlastnosti vrchního pláště, ale předpokládám, že by se přednostně mělo uplatnit na plošné bednicí prvky (např. OSB desky) spíše než na bednění z prken, které má snahu se pohybovat a kroutit.“

Ledvinka: „Pokud výše uvedeným jevům účinně zabrání, potom ano. Otázkou je pak konečná kalkulace a prodejnost takové střešchy.“

■ *Jak hodnotíte použití difúzně otevřené kontaktní fólie na tepelné izolaci mezi krokvy? Je zde riziko poškození této kontaktní fólie UV zářením, které na ni může pronikat relativně velkými přiváděcími a odváděcími větracími otvory?*

Matoušek: „Jednoznačně takové riziko existuje, proto musí být fólie zakryta (kryt větrací šterbiny, kartáče, žaluziový plech), zastíněna (schovaná za ohybem větracího výstupu nebo vstupu, překryta úzkým pásem jiné fólie odolné UV záření) nebo musí být znemožněn vstup slunečního záření uspořádáním otvorů a výškou komínků a aerátorů. Pokud výrobci fólií pracují na fólii odolné slunečnímu záření, pak řešení můžeme očekávat i od nich.“

Ledvinka: „Přiváděcí otvory nejsou takovým problémem - fólie se zakončuje na okapnici, která může být řešena tak, aby na fólii nedopadalo žádné světlo ani nepůsobilo UV záření. Odvětrávací otvory mohou činit problém, pokud na fólii bude dopadat světlo. Pojistné hydroizolace jsou chráněny proti UV záření po omezenou dobu - 3 až 6 měsíců.“

■ *Máte nějaká vlastní doporučení nebo připomínky?*

Matoušek: „Kvalitní střecha může vzniknout jen tehdy, má-li projektant seriózní zadání od investora (nebo dovede-li je sám

formulovat), má-li dostatek času a ochoty daný střešní systém zpracovat a nenechává to na další stupně realizace (dodavatel si poradí a sám si vše zkoordinuje). A nejde jen o vzdělání nebo zkušenosti, jen samotný propočet větrání striktně podle ČSN 73 1901 by si měl čas od času každý střešchař (ať už projektant nebo pokrývačský mistr) spočítat a určitě tím najde spoustu námětů k přemýšlení. A jestli se kdokoli z vás, čtenářů, dostane k odkryté střeše popsaných typů, jen se pořádně podívejte do sondy a na jednotlivé vrstvy a zkuste na zrcátku nebo holou rukou, jaká je kde vlhkost a teplota, kudy proudí vzduch a jak se střecha chová. I malé zaznamenané svědectví společně s fotodokumentací určitě propříště mnoho napoví.“

Ledvinka: „Již zmíněné vnitřní opláštění - parozábrana pod krokvy s další vrstvou tepelné izolace nebo parozábrana na spodním líci tepelné izolace + montážní spára vytvořená dalším roštem - pro vedení EL kabelů, umístění bodových světel apod. Tím celá vrstva bude 100% vzduchotěsná. Ještě jedna připomínka k difúzním vlastnostem pojistné hydroizolace - hranice difúzní otevřenosti je až do hodnoty $r_d = 0,3$ m. Výrobky s $r_d = 0,02$ m jsou často materiálově na bázi polypropylenu, přičemž vyspělé výrobky - např. na bázi PUR jsou kvalitou výrazně výše (mají ovšem $r_d = 0,15$ až $0,2$ m). Nepředpokládám ovšem, že by v uvedených skladbách činily nějaké problémy.“

■ *Jak hodnotíte snahy některých „odborných“ realizačních firem provádět tyto lehké střechy jako jednoplášťové, bez větrané vzduchové vrstvy, s tepelnou izolací dotlačenou až k bednění horního pláště?*

Svoboda: „Skladba lehké střešchy s dřevěnými nosnými prvky s vnější povlakovou a difúzně nepropustnou hydroizolací je bez větrané vzduchové vrstvy extrémně riziková. Je sice možné, že při uvažování dokonalé těsnosti parozábrany by i taková střecha výpočtově splnila požadavky ČSN 73 0540-2, ale to je čistě teorie. Ve skutečnosti nelze mechanicky upevněnou parozábranu nikdy zrealizovat jako dokonale těsnou a je třeba vždy počítat s redukcí jejího difúzního odporu. V různých

s krokviemi a s povlakovou izolací

publikacích se doporučuje uvažovat odhadem redukci difúzního odporu na 1/10 až 1/100 laboratorní hodnoty, je-li parozábrana mechanicky upevněná. Při takto uvažovaných reálnějších parametrech parozábrany pak nemůže nevětraná lehká plochá střecha splnit požadavky ČSN 73 0540-2 na difúzi vodní páry. Skutečně jde o velmi nevhodnou konstrukci, kterou lze připustit snad jen nad zcela suché proozy, bez trvalé přítomnosti osob a zdrojů vlhkosti.“

Matoušek: „V případech, kdy investor nedovolí zasahovat do krytiny (není možná výměna nebo její přeložení a řádné provedení práce shora v plném rozsahu potřebných vrstev), se pak jedná o cestu postupného navržení různých kompromisů. K nim patří nedostatečné odvětrání (bednění je brzy obětováno), instalace pojistné fólie (bočním přibitím mezi krokve jsou pak zhlaví krokví vystaveny působením kondenzátu a vodě shora), nedostatečná vrstva izolace (nízké krokve), instalace pohledových obkladů zesponu přímo na parozábranu a její četné porušení, další zásahy zesponu (změny užívání, výměny a nové průchody elektroinstalací - vždy přes parozábranu a bez utěsnění). Přiznám se, že často se ani zhruba nedá odhadnout, kolik a které z těchto chybějících bezpečnostních prvků se pak mohou podílet na rychlé devastaci celé střechy vlhkostí. Pokud jen připomenou nedávný případ zbudování rekonstruované ploché střechy o rozsahu cca 3 000 m² na dřevěné bednění pro menzu VUT Brno, bylo překvapením pro hlavního zhotovitele, jak rychle zdegradovala tato střecha bez řádného provětrávání - reklamace zvlněného asfaltového pásu vyústila po odkrytí střechy v kompletní sanaci dřevěné konstrukce napadené dřevomorkou a shnilého bednění. Jinak jsem se setkal s několika případy, kdy při zbudování podkrovní (u šikmé střechy) anebo zařazení stropu (garáže, hospodářské budovy, předsíně - ploché střechy) nastal postup takový, že realizační firma zabývající se zpravidla interiéry ponechala sice mezeru mezi bedněním a tepelnou izolací, ale ani náhodou nezajistila vstup a výstup větracího vzduchu. Zdůvodnění bylo jedno-



oproti jiným konstrukcím střech proto výrazně větší vliv také tepelně technické parametry vnitřního prostředí.

Tepelně technické parametry vnitřního prostředí (teplotu a vlhkost vzduchu) však u nových i rekonstruovaných objektů s dnes relativně těsnými okny významně ovlivňuje



značné: museli by zasahovat do střešní krytiny, k čemuž nestačila jejich profesní zdatnost.“

Ledvinka: „Mám to komentovat? Slušně to nejspíš nepůjde ...“

Závěr

Jak lze posoudit z výše uvedených informací o těchto lehkých větraných dvouplášťových plochých střechách s krokviemi, s difúzně otevřenou konstrukcí spodního pláště a s povlakovými izolacemi - je možno je bez nadsázky označit oproti klasickým plochým i šikmým střechám za střechy funkčně i technicky problematické. Již při zpracování projektové dokumentace nových i rekonstruovaných objektů je proto nutné velmi důkladně zvážit použití těchto lehkých střech a prověřit i jiné možnosti vhodnějšího řešení zastřešení objektu. U větraných dvouplášťových střech s krokviemi totiž ovlivňuje významně jejich stavební provedení a funkci vlastní sklon střechy - který má vliv jak na volbu vhodné krytiny, tak zejména na účinné provětrávání jejich větrané vzduchové vrstvy. Na spolehlivost těchto střech mají

uživatel podstřešních místností jak vlastním provozem, tak jejich větráním. Skutečná hodnota relativní vlhkosti vzduchu v interiéru může být dokonce v počátečním provozu novostavby výrazně vyšší, než návrhová hodnota relativní vlhkosti uvažovaná v tepelně technických výpočtech. Nevhodným provozem nebo špatným větráním podstřešních místností mohou být zimy nebo v přechodných obdobích roku vyvolány stavební a hygienické závady z titulu kondenzace vlhkosti ve střešním plášti.

V létě - na rozdíl od klasických hmotnějších plochých střech - způsobují lehké ploché střechy také výraznější prohřívání podstřešních prostor. Oproti relativně spolehlivějším klasickým plochým i šikmým střechám je u těchto lehkých plochých střech proto i výrazně větší požadavek na jejich správné technické řešení, výběr vhodných výrobků a zejména na jejich profesionální provedení. Je nutno si také uvědomit, že u všech lehkých střech s nosnou dřevěnou konstrukcí je po jejich zhotovení obvykle velmi malá možnost kontroly stavu zabudovaných dřevěných

konstrukcí. Zatékání do střešního pláště s nosnou dřevěnou konstrukcí a s lehkým spodním pláštěm může proto vyvolat u tohoto typu střechy daleko větší problémy, než například u klasické dvouplášťové ploché střechy s masivním spodním pláštěm. Oprava takové střechy je velmi náročná a někdy může vyústit do její totální rekonstrukce. Pokud se projektant nebo investor rozhodnou přes všechny uvedené výhrady pro lehkou větranou dvouplášťovou plochou střechu s krokviemi a s povlakovými izolacemi, doporučuji zvážit návrh níže uvedených možných doporučení. Je možné, že v reakcích a připomínkách čtenářů na tento článek budou uvedena doporučení upravena nebo doplněna.

Návrh možných doporučení pro navrhování a provádění lehkých větraných dvouplášťových plochých střech s krokviemi, s tepelnou izolací mezi krokviemi a pod krokviemi a s povlakovou vodotěsnou izolací:

- Tento typ střech nikdy nenavrhovat do vlhkých prostor. Může způsobit problémy i v běžně vlhkých prozdech, jako jsou obytné a kancelářské místnosti.
- Střechy orientovat ve směru převládajících větrů, aby bylo zajištěno přirozené provětrávání větrané vzduchové vrstvy tlakem větru na návětrné straně střechy.
- S ohledem na zajištění lepšího přirozeného provětrávání větrané vzduchové vrstvy je nutné zvolit co největší sklon větrané vzduchové vrstvy (a tedy sklon střešního pláště).
- Tvarově by se mělo jednat o jednoduché střechy (nejlépe pultové), u kterých je větší předpoklad přirozeného provětrávání jejich vzduchové vrstvy.
- Kvalitní fóliová parozábrana s ekvivalentní difúzní tloušťkou $s_d > 100$ m s těsnícím programem (doplňky výrobce) zajišťující její dlouhodobou spolehlivou funkci. Podmínkou je zároveň velmi kvalitní odborná montáž, zajišťující i spolehlivou vzduchotěsnost spodního pláště.
- Žádné proražení parozábrany jakýmkoli kotevními prvky, kabely EL nebo osvětlovacími tělesy.
- Tepelná izolace by měla být provedena na celou výšku krokví z důvodu spolehlivého položení a odvodnění kontaktní difúzně otevřené pojistné hydroi-

Literatura

- [1] Chaloupka K.: Dvouplášťové ploché střechy - část 1 až 3, Materiály pro stavbu č. 1 až 3/2005
- [2] ČSN 73 1901 „Navrhování střeš - Základní ustanovení“, ČNI 1999
- [3] ČSN 73 0540-2 „Teplná ochrana budov-Část 2: Požadavky“, ČNI 2002, včetně Změny Z1, ČNI 2005
- [4] Pravidla pro navrhování a provádění střeš, Cech klempířů, pokrývačů a tesařů, Praha 2001

zolační fólie. Pod krokviemi vždy realizovat tepelnou izolaci, jejíž tloušťka by měla být min. 40 mm, při větší tloušťce je nutno vždy kontrolovat kondenzaci vlhkosti. Poměr tlouštěk tepelné izolace pod krokviemi a mezi krokviemi by neměl překročit v běžných podmínkách interiéru (byty, kanceláře) hodnotu 1:4. V tepelně technickém výpočtu je nutno zohlednit významný vliv dřevěných krokví, které vytváří ve střešním plášti tepelné mosty.

- Kondenzaci vlhkosti na spodním povrchu horního pláště lehké větrané dvouplášťové střechy vytvořeného z relativně tenkého dřevěného bednění, OSB desek nebo vodovzdorné překližky lze omezit zvýšením tepelného odporu horního pláště. Tepelně technická norma ČSN 73 0540-2 proto doporučuje zvýšit tepelný odpor horního pláště na hodnotu 0,2 až 0,5 m²K/W. Lze proto zvážit dotepení i horního pláště těchto lehkých střeš tepelnou izolací například z EPS tl. 20 až 40 mm s vodotěsnou izolací z asfaltových pásů. Nedoporučuje se však v tom případě používat mechanicky kotvenou povlakovou nebo tepelnou izolaci z důvodů významného rizika kondenzace vlhkosti na hrotech kotevních prvků, zasahujících do prostoru větrané vzduchové vrstvy.
- Větranou vzduchovou vrstvu vytvořit na výšku dřevěných hranolků vysokých min. 100 mm při sklonu vzduchové vrstvy do 5°. Při sklonu vzduchové vrstvy 5° až 25° je pak výška větrané vzduchové vrstvy min 60 mm (viz tabulka D.1 normy ČSN 73 1901:1999).
- Doporučuje se použít kvalitní kontaktní difúzně otevřenou pojistnou hydroizolační fólii (s ekvivalentní difúzní tloušťkou $s_d = \max. 0,02 \text{ m}$) položenou na povrchu tepelné izolace provedené na celou výšku krokví uložených ve sklonu střešy. Tato difúzně otevřená fólie zajistí případný odvod kondenzátu a atmosférických srážek vniklých do větrané vzduchové vrstvy relativně velkými větracími otvory a sníží také ochlazení tepelné izolace větrem a její zanášení prachem. S ohledem na hydroizolační spolehlivost této difúzně otevřené fólie položené na relativně malém sklonu

(oproti jejímu běžnému použití na šikmých střešách) se doporučuje zvětšení jejího přesahu (nejlépe splepeného odpovídajícími systémovými spojovacími pásky), nebo raději používání kontaktních fólií s integrovanými samolepicími přesahy. Použití difúzně otevřených fólií s větší ekvivalentní difúzní tloušťkou (s_d až 0,3 m) je nutno v konkrétních případech ověřit tepelně technickým výpočtem. V místě odvodnění musí být tato pojistná hydroizolační fólie ukončena okapničkou, zajišťující odtok zkondenzované vlhkosti a případných atmosférických srážek vniklých do větrané vzduchové vrstvy.

- Dřevěné hranolky (vymezuující výšku větrané vzduchové vrstvy) osazované na difúzně otevřené fólii by měly být podtěsněny těsnícími pásky.
- Přívaděcí a odváděcí větrací otvory by měly být provedeny jako průběžné štěrbinové na celou šířku větrané vzduchové vrstvy. Plocha přívaděcích otvorů by měla být v závislosti na sklonu vzduchové vrstvy nejméně 1/100 (sklon do 5°) až 1/200 (sklon 5° až 25°) plochy střešy; dále viz Příloha D (včetně tabulky D.1) v normě ČSN 73 1901:1999. Odváděcí větrací otvory by měly mít plochu o 10 % větší než přívaděcí otvory. Větrací otvory musí být vhodným způsobem zajištěny proti ptákům a hmyzu (například sítkou nebo mřížkou).
- Vhodným technickým řešením je nutno zajistit, aby nemohlo docházet ke znehodnocení této difúzně otevřené fólie UV zářením pronikajícím zejména relativně velkými přívaděcími nebo odváděcími větracími otvory do větrané vzduchové vrstvy.
- Doporučuje se zvážit používání hmotnější tepelné izolace mezi krokviemi než u běžných zateplených šikmých střeš - izolace, která zajistí větší akustický útlum této lehké střešní konstrukce. Proto se doporučuje při použití tepelné izolace z minerální vlny použít výrobky o hmotnosti cca 50 kg/m³ (například Rockwool Airrock ND nebo Orsil Fassil).
- Všechny prostupy střešním pláštěm je nutno pečlivě utěsnit v místě parozábrany i difúzní fólie a je nutné je v prostoru vzduchové vrstvy i tepelně izolovat.

■ Je nutno znovu upozornit, že podstatnou podmínkou správné funkce větrané dvouplášťové střešy je vzduchotěsnost jejího spodního pláště (viz ČSN 73 0540-2, příloha A, bod A.3.3.12). Tuto vzduchotěsnost lze u difúzně otevřené konstrukce spodního pláště provedené například ze sádkartonového podhledu nebo z dřevěných palubek zajistit pečlivým provedením kvalitní parozábrany. Na vzduchotěsnost spodního pláště má pozitivní vliv i pojistná hydroizolační fólie s těsněnými přesahy a prostupy.

■ Je nutno dořešit vstup krokví a větrané vzduchové vrstvy obvodovým pláštěm objektu. Parozábrana musí být spolehlivě vzduchotěsně ukončena na omítnutém zděvu obvodového pláště v interiéru. Pokud je tento lehký střešní plášť vysunut přes vnější líc obvodového pláště objektu, měl by být v prostoru mezi krokviemi tepelně izolován.

■ Je nutno vhodným způsobem minimalizovat zabudování vlhkých dřevěných konstrukcí do tohoto typu střeš. Obnažené dřevěné krokve nebo před deštěm neochráněné dřevěné bednění mohou být zdrojem závažných poruch vyvolaných zabudovanou vlhkostí.

■ Dřevěné konstrukce (krokve, dřevěné hranolky a bednění) by měly být impregnovány proti biotickým škůdcům. Pozor na kompatibilitu těchto chemických impregnačních prostředků zejména s kontaktními difúzními fóliemi a parozábranami.

■ Návrh řešení vždy ověřit pro konkrétní případy tepelně technickým výpočtem.

Vzhledem k možným problémům s kondenzací vlhkosti ve větrané vzduchové vrstvě těchto lehkých větraných dvouplášťových plochých střeš s krokviemi a s povlakovou izolací (vyplývající z jejich malého sklonu) a s ohledem na ostatní rizika související s vlastní realizací těchto střeš (často problematické zajištění spolehlivosti parozábrany a vzduchotěsnosti spodního pláště) je nejlepším řešením v případě požadavku na lehkou plochou střeš s krokviemi její provedení jako jednoplášťové střeš s tepelnou izolací nad krokviemi. Tak, jak to bylo uvedeno v první části tohoto článku.

Ing. Karel Chaloupka

Uvítáme diskuzní fórum k této problematice na stránkách časopisu SFI.