

Dvouplášťové ploché střechy – 1. část

S větranými dvouplášťovými plochými střechami se setkáváme nejen u stávajících objektů, ale dnes překvapivě stále častěji i u novostaveb. O problematice přeměny větrané dvouplášťové ploché střechy na střechu nevětranou jednal i kongres STŘECHY 2003 – PLOCHÉ STŘECHY v Praze. Někdy je dokonce navrhována rekonstrukce klasické jednoplášťové střechy na větranou dvouplášťovou střechu.

Tento článek je rozdělen do tří samostatných částí. V první části, uvedené v tomto vydání, je popsána funkce větrané dvouplášťové ploché střechy a jsou uvedeny zásady pro návrh této střechy. Ve druhé části budou uvedeny zásady pro opravy nebo rekonstrukci větrané dvouplášťové ploché střechy a zásady pro přeměnu větrané dvouplášťové ploché střechy na nevětranou dvouplášťovou střechu. Ve třetí, závěrečné části bude uvedena rekonstrukce nevětrané dvouplášťové ploché střechy a přeměna jednoplášťové ploché střechy na větranou dvouplášťovou střechu.

V první části jsem se pokusil o shrnutí zásad pro návrh a rekonstrukci tohoto typu střech – s využitím svých původních článků, uveřejněných v jiných odborných časopisech, a dalších podkladů, uvedených v příloze. Chci při této příležitosti znovu poděkovat i kolegům, kteří se mnou na původních článcích spolupracovali a přispěli celou řadou podnětných návrhů a doporučení.

Ploché střechy lze v podstatě rozdělit podle jejich technického provedení do dvou základních skupin (obr. 1), a to na:

- jednoplášťové (s klasickým pořadím vrstev a střechy s opačným pořadím vrstev);
- dvouplášťové (s větranou nebo nevětranou vzduchovou vrstvou).

Dvouplášťové střechy tvoří dva pláště oddělené vzduchovou vrst-

vou. Tato vzduchová vrstva bývá buď větraná, nebo nevětraná – proto dvouplášťové střechy „větrané“, nebo „nevětrané“. V zahraničí se větraným dvouplášťovým střechám někdy říká „střechy studené“.

Dvouplášťové nevětrané střechy jsou v podstatě obdobou jednoplášťových střech, neboť uzavřená vzduchová vrstva má charakter tepelné izolace. Posuzují

se proto z hlediska stavební fyziky jako jednoplášťové střechy. Nevětrané dvouplášťové střechy jsou velmi rizikové, zejména s ohledem na kondenzaci vlhkosti v uzavřené vzduchové vrstvě, a proto **by se neměly vůbec navrhovat**. Norma ČSN 73 0540-2 z roku 2002 dokonce uvádí, že nelze-li zajistit účinné provětrávání dvouplášťové střechy, je zpravidla bezpečnějším řešením střecha jednoplášťová. S nevětranou dvouplášťovou plochou střechou se proto nejčastěji setkáme u starších objektů. U jejich rekonstrukci je však vždy nutno prověřit, zda se opravdu jednalo o zámeř projektanta nebo o hrubou chybu projektanta či (častěji) o hrubou chybu realizační firmy. Snad nejhorší je varianta nevětrané dvouplášťové střechy s difuzně otevřeným a netěsným spodním pláštěm a s horním pláštěm, jehož nosnou konstrukci tvoří dřevěné bednění.

Nejčastější jsou tedy **větrané dvouplášťové střechy**, kde spodní plášť bývá masivní a vzduchotěsný

(obvykle železobetonová nosná konstrukce nebo nosná konstrukce z keramických prvků) a horní plášť často i z lehké dřevěné konstrukce.

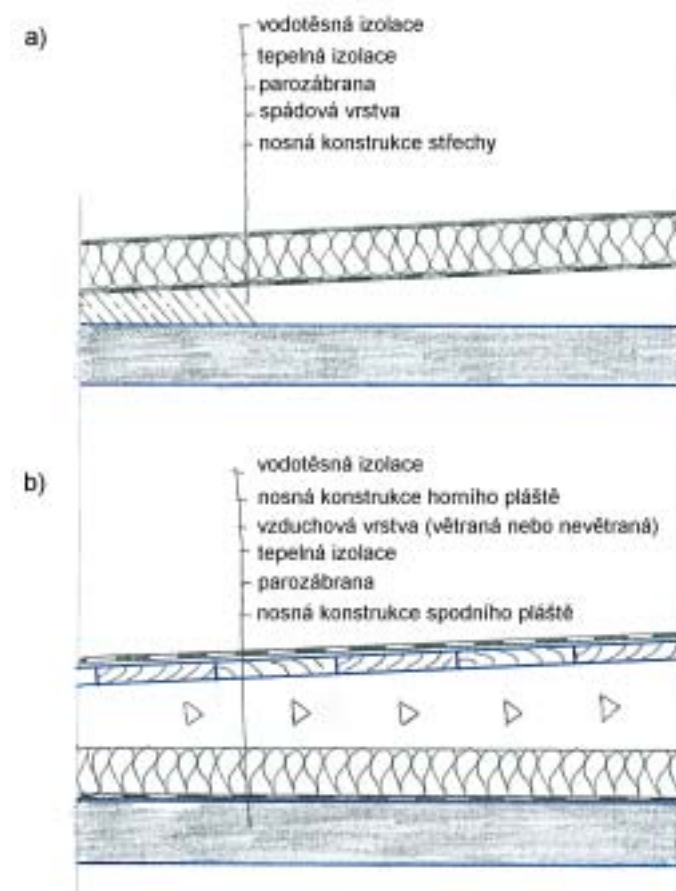
Dvouplášťové střechy se u nás v minulosti používaly pravděpodobně častěji, než tomu bylo v zahraničí. Tam to je dodnes zpravidla záležitost malých střech nad rodinnými domky a chatami, u nás to často byly i velké střechy nad panelovými bytovými domy. Hlavním důvodem, proč se u nás v minulosti navrhovaly a prováděly větrané dvouplášťové střechy, byla především omezená materiálová základna v oblasti tepelných a vodotěsných izolací. Velkou roli sehrála i relativně větší spolehlivost dvouplášťových střech oproti střechám jednoplášťovým.

Zatímco návrh, realizace nebo rekonstrukce jednoplášťové ploché střechy není obvykle složitou technickou záležitostí, u dvouplášťové ploché střechy to již tak jednoduché nebývá. Ne každý projektant, a zejména ne každá realizační firma totiž znají funkci větrané dvouplášťové ploché střechy a z toho vyplývající zásady jejího stavebního provedení. U dvouplášťových plochých střech se proto setkáváme jak v projektech, tak u realizací s celou řadou koncepčních chyb i funkčních nedostatků, které se projeví někdy již po prvním zimním období závadami v interiéru objektu. Odstranění těchto chyb bývá spojeno s velkými finančními náklady. Rekonstrukce je náročná jak technicky, tak investičně. Některé realizační firmy dokonce někdy řeší rekonstrukci původní jednoplášťové střechy její náročnou přeměnou na větranou dvouplášťovou střechu – často bohužel také s celou řadou koncepčních chyb a realizačních závad.

Výhody a nevýhody větrané dvouplášťové střechy

Výhody:

- relativně bezpečná a spolehlivá střešní konstrukce i pro budovy s vnitřním prostředím s vysokou relativní vlhkostí;
- rychlá a suchá montáž obvykle ve všech ročních obdobích;
- v nezbytném případě možnost zabudování i zavlhklých tepelně-



Obr. 1: a) Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev
b) Dvouplášťová plochá střecha

izolačních materiálů, neboť mohou velmi rychle vyschnout;

- možnost použití i stlačitelných tepelněizolačních materiálů;
- vnější plášť a zejména vzduchová vrstva dvouplášťové střechy účinně přispívají k tlumení kolísání teplot v interiéru v létě;
- stárnutí vodotěsné izolace je pomalejší.

Nevýhody:

- koncepční i realizační chyby lze odstranit jen za cenu vysokých investičních nákladů;
- u stávající dvouplášťové ploché střechy lze zpravidla doplnit tepelnou izolaci jen za cenu rozebrání horního pláště střechy; někdy to může být i technicky obtížné – například, když je horní plášť vytvořen z masivních železobetonových panelů;
- dvouplášťová střecha je vždy technicky i investičně náročnější;
- dvouplášťová střecha má vždy větší konstrukční výšku než střecha jednoplášťová – má tedy viditelný vliv na vzhled budovy;
- je nutná větší technologická kázeň při realizaci, takže je nutná i pečlivější kontrola jednotlivých prací na stavbě;
- je-li horní plášť stávající větrané dvouplášťové střechy z dřevěného bednění, nelze ji při rekonstrukci a zateplení převést na nevětranou dvouplášťovou střechu (viz dále).

Při návrhu nebo posuzování dvouplášťových střech je možné využívat zásad uvedených v našich platných technických normách, a to:

- ČSN 73 1901 *Navrhování střech z roku 1999*,
- ČSN 73 0540 *Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky z roku 2002*¹⁾.

¹⁾ Soubor tepelně-technických norem je neustále aktualizován, další revize těchto norem je před dokončením (leden 2005).

Například dle normy ČSN 73 0540-2 (viz Příloha A) by u průmyslových budov s vlhkým a mokřým vnitřním prostředím měla být střešní konstrukce dvouplášťová s větranou vzducho-

vou vrstvou. U ostatních objektů je samozřejmě také možné využívat výhod větraných dvouplášťových střech, a proto se s nimi často setkáváme i u bytových objektů. Ostatně, s použitím dnes dostupných kvalitních tepelných i vodotěsných izolací lze navrhnout i jednoplášťovou střechu v podstatě nad jakýkoli provoz.

Konstrukce větrané dvouplášťové ploché střechy

Větraná dvouplášťová střecha má tři části:

- horní (vnější) plášť,
- větranou vzduchovou vrstvu,
- spodní (vnitřní) plášť.

V podstatě došlo k zásadnímu oddělení některých funkcí obou plášťů dvouplášťové střechy, kde horní plášť přebírá dominantně funkci hydroizolační, zatímco spodní plášť funkci

tepelněizolační. Kromě těchto tří základních částí má na funkci dvouplášťové střechy velký vliv svislá obvodová stěna, která obaluje vzduchovou vrstvu, tedy atika dvouplášťové střechy.

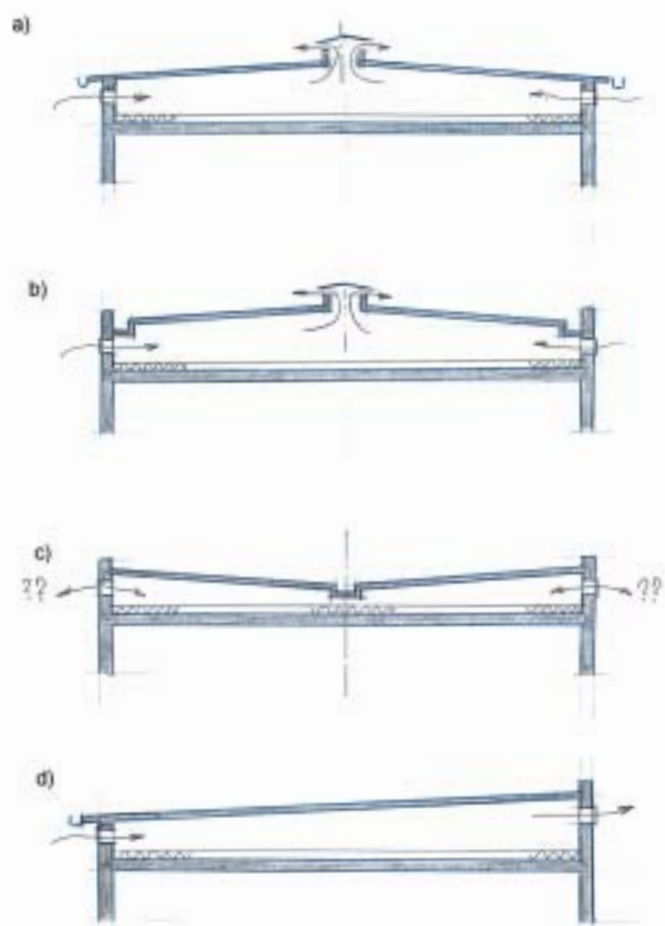
Horní (vnější) plášť musí být vždy realizován ve sklonu. Nejen proto, že jeho sklon zajišťuje odvodnění střechy, ale i proto, že skloněný spodní povrch horního pláště výrazně podporuje větrání vzduchové vrstvy. Z hlediska řádné funkce větrané vzduchové vrstvy by tedy bylo chybou provedení vodorovné nosné konstrukce horního pláště se spádovou vrstvou na jejím horním povrchu. Geometrický tvar horního pláště dvouplášťové střechy proto dominantně ovlivňuje nejen způsob jejího odvodnění, ale i řádné provětrávání její vzduchové vrstvy. Z tohoto pohledu jsou geometricky

výhodné pultové střechy nebo střechy sedlové se zaatikovými nebo podokapními žlaby. Větrané dvouplášťové střechy s mezistřešním žlabem (tzv. motýlkové střechy) nebo s vnitřními vtoky mohou být zdrojem poruch, protože nosná konstrukce horního pláště v těchto místech výrazně snižuje výšku vzduchové vrstvy, a proto znemožňuje nebo omezuje její provětrávání. Pohyb vzduchu ve vzduchové vrstvě pak závisí jen na tlaku větru a při bezvětrí vzduch ve vrstvě neproudí. Vhodnými stavebními úpravami však lze i v tomto případě zajistit provětrávání vzduchové vrstvy.

Poznámka k motýlkové střeše s mezistřešním žlabem nebo úžlabím: Přiváděcí i odváděcí větrací otvory jsou obvykle umístěny ve stejné výšce a horní plášť má z hlediska proudění vzduchu negativní sklon. Proto nedochází ve vzduchové vrstvě k proudění vzduchu vyvolanému rozdílnou hustotou vstupujícího chladného a postupně ve vzduchové vrstvě se ohřívajícího vzduchu (k ohřívání vzduchu ve vzduchové vrstvě dochází teplem pronikajícím z interiéru). Při bezvětrí tedy může dojít k nasycení vzduchové vrstvy difundující vlhkostí a následně ke kondenzaci této vlhkosti. U tohoto typu střech bývá také často znemožněno proudění vzduchu pod mezistřešním žlabem.

Nosnou konstrukci horního pláště tvoří obvykle dřevěné bednění, pórobetonové, keramické nebo železobetonové panely, případně i dřevěné kompletizované dílce, ukládané na systém podpěr, který tvoří nejčastěji zděné nebo betonové spádové klíny, případně samostatná dřevěná, ocelová či jiná nosná konstrukce. Na spodním povrchu horního pláště může docházet k povrchové kondenzaci vodní páry (viz oddíl tohoto článku věnovaný funkci větrané dvouplášťové střechy).

Omezení této kondenzace lze zajistit zvýšením tepelného odporu jinak tepelně neizolovaného horního pláště dvouplášťové střechy na hodnotu 0,2 až 0,5 m²K/W (viz ČSN 73 0540-2:02). Tímto opatřením se zvýší povrchová teplota spodního



Obr. 2: Charakteristické typy větraných dvouplášťových střech

- a) sedlová střecha s podokapními žlaby
- b) sedlová střecha se zaatikovými žlaby
- c) motýlková střecha s mezistřešním žlabem (viz poznámka)
- d) pultová střecha

povrchu horního pláště, která tak získá větší rezervu nad teplotou rosného bodu vzduchu ve větrané vzduchové vrstvě. Trapézový plech, který má zanedbatelný tepelný odpor, je na vytvoření horního pláště dvouplášťové střechy naprosto nevhodný – často dochází ke kondenzaci vody na spodním povrchu tohoto trapézového plechu a někdy i tenkých žebírkových panelů nebo dřevěného bednění a následně k závadám dvouplášťové střechy.

Větraná vzduchová vrstva bývá obvykle neprůlezná, může však být i průlezná. Její tloušťka se volí co největší. Minimální tloušťka vzduchové vrstvy nad tepelnou izolací by však měla být dle ČSN 73 1901:99 alespoň 100 mm, je-li však uvažováno i s odvodem (odvětráním) technologické vody a vody srážkové, zabudované do konstrukce při realizaci střechy, potom by měla být tloušťka vzduchové vrstvy minimálně 250 mm. Přesahuje-li délka vzduchové vrstvy 10 m, uvedené hodnoty se zvyšují na každý další metr délky o 10 % (tyto minimální hodnoty platí při sklonu vzduchové vrstvy do 5° – blíže viz tabulka D.1 v normě ČSN 73 1901:99). Důležitou roli zde hrají i správně nadimenzované

a dobře provedené přívaděcí a odváděcí větrací otvory, jejichž profil však může významně ovlivnit i minimální tloušťku vzduchové vrstvy. Větraná vzduchová vrstva by měla být vždy průběžná, bez zbytečných překážek a zábran, aby umožňovala bezproblémové proudění vzduchu mezi větracími otvory. Správně navržený tvar větrané vzduchové vrstvy spolu se správně nadimenzovanými a umístěnými větracími otvory významně ovlivňují funkci dvouplášťové střechy. Tyto parametry by proto měly být vždy ověřeny tepelně-technickým výpočtem.

Spodní (vnitřní) plášť dvouplášťové střechy bývá zpravidla vodorovný. Tvoří jej nosná stropní konstrukce, na které je uložena tepelná izolace. Někdy bývá pod tepelnou izolací i parozábrana. Podstatnou podmínkou správné funkce větrané dvouplášťové střechy je vzduchotěsnost jejího spodního pláště (viz ČSN 73 0540-2:02). Tuto podmínku spolehlivě splní klasické stropní nosné konstrukce ze železobetonu nebo z keramických prvků. Naproti tomu velmi choulostivé jsou dřevěné konstrukce a zcela nevhodné potom zavěšené podhledy s problematicky provedenou parozábr-

nou a tepelnou izolací.

Svislá obvodová stěna (ve které jsou vytvořeny větrací otvory) vlastně „obaluje“ větranou vzduchovou vrstvu, a pokud je vyvedena nad úroveň povlakové izolace horního pláště, vytváří atiku. Tepelný odpor této obvodové stěny by však měl být s ohledem na návaznost na obvodový plášť budovy a možný vznik tepelných mostů mezi obvodovým pláštěm a spodním pláštěm dvouplášťové střechy vždy výrazně větší než tepelný odpor horního pláště – tedy větší než 0,5 m²K/W.

Funkce větrané dvouplášťové střechy

(obr. 3)

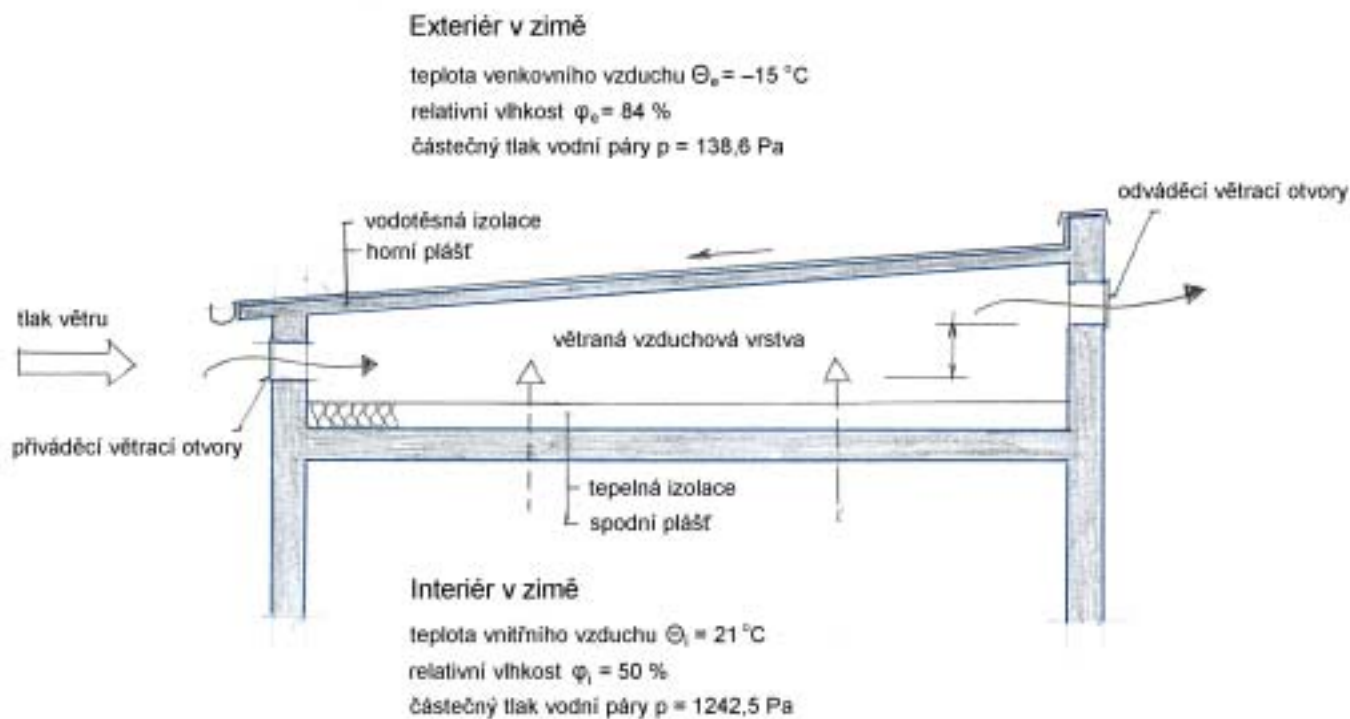
Motorem, který zajišťuje správnou funkci dvouplášťové větrané střechy, je **pohyb vzduchu ve větrané vzduchové vrstvě**, který je dán:

- tlakem větru na návětrné straně střechy a sáním větru na závětrné straně střechy;
- rozdílem teplot vzduchu ve vzduchové vrstvě (u přívaděcích a odváděcích větracích otvorů).

Parametry vzduchu v místě u přívaděcího větracího otvoru jsou v zimě téměř shodné s parametry venkov-

ního vzduchu. V zimě při teplotě venkovního vzduchu –15 °C a při běžné relativní vlhkosti 84 % je v 1 kg vzduchu 1 g vody a tzv. částečný tlak vodní páry dosahuje hodnoty 138,6 Pa. Uvnitř objektu uvažujeme v zimě například v bytových objektech návrhovou teplotu vnitřního vzduchu +21 °C a relativní vlhkost 50 %. Zde je v 1 kg vzduchu cca 7,8 g vody a částečný tlak vodní páry dosahuje hodnoty 1242,5 Pa. Rozdíl částečných tlaků vodní páry uvnitř a vně budovy (1242,5 – 138,6 = **1103,9 Pa**) způsobuje pronikání vlhkosti difuzí z interiéru objektu do vzduchové vrstvy větrané dvouplášťové střechy. Uvnitř budovy je přitom téměř 8krát větší množství vody ve vzduchu než venku a rozdíl teplot vzduchu je 36 °C! Vzduch ve vzduchové vrstvě dvouplášťové střechy se proto obohacuje o vodní páru z interiéru a současně se díky prostupu tepla z interiéru postupně zvyšuje jeho teplota (do vzduchové vrstvy se však dostává i odpařená technologická nebo zateklá voda ze střešního pláště).

Správně navržená a dobře provedená větraná dvouplášťová střecha funguje tak, že vlhkost, která se do vzduchové vrstvy dostává difuzí z interiéru (stejně jako vlhkost,



Obr. 3: Schéma funkce větrané dvouplášťové ploché střechy

kerá se do vzduchové vrstvy dostává se vzduchem přiváděcím větracím otvorem zvenku), se odvádí do vnějšího prostředí vzduchem proudícím ve vzduchové vrstvě směrem od přiváděcích k odváděcím větracím otvorům. Toto proudění vzduchu ve vzduchové vrstvě je zajišťováno (jak již bylo uvedeno) jednak tlakem větru na návětrné straně a sáním větru na závětrné straně střechy a jednak uvedeným rozdílem teplot vzduchu mezi přiváděcími a odváděcími větracími otvory ve vzduchové vrstvě – a tedy rozdílem mezi hustotou postupně se ohřívajícího vzduchu ve vzduchové vrstvě a hustotou chladného venkovního vzduchu. Takto vyvolané proudění vzduchu je tím větší, čím větší je sklon horního pláště střechy – a čím je větší výškový rozdíl mezi přiváděcími a odváděcími otvory. Z tohoto pohledu je mimořádně citlivá dvouplášťová střecha s nulovým výškovým rozdílem mezi přiváděcími a odváděcími větracími otvory. Je však třeba upozornit, že nelze spoléhat jen na tlak větru, protože bezvětrí či stav jemu blízký může panovat v našich klimatických podmínkách (podle některých podkladů) až několik měsíců v roce.

Znamená to, že v žádném případě by neměla na spodním povrchu horního (vnějšího) pláště střechy nebo na vnitřním povrchu obvodové stěny vzduchové vrstvy kondenzovat vodní pára, která do vzduchové vrstvy proniká difuzí nebo ze zabudované vlhkosti. To se týká zejména oblasti kolem odváděcích větracích otvorů, kde ohřátý vzduch bývá již často maximálně nasycen vlhkostí. Protože je nutné zabránit této kondenzaci vlhkosti zejména na spodním povrchu horního pláště větrané dvouplášťové střechy, je někdy nutné zvýšit jeho povrchovou teplotu nad hodnotu rosného bodu tím, že se zvýší tepelný odpor horního pláště (čili horní plášť střechy bude také nutné tepelně izolovat), případně se zvětší profil větracích otvorů.

Při špatně nadimenzovaných nebo nevhodně umístěných větracích otvorech, malé výšce vzduchové vrstvy, nebo je-li znemožněno (kon-

strukcí vnějšího pláště, nástavbami na střeše nebo umístěním objektu v terénu) řádné příčné provětrávání vzduchové vrstvy, dochází v zimě k výraznému zvyšování vlhkosti a k postupnému ohřívání vzduchu ve vzduchové vrstvě. Přitom je nutno si uvědomit, že i velmi chladný venkovní vzduch (s vysokou relativní vlhkostí) vstupující do vzduchové vrstvy může být vlhkostí, která prostupuje do vzduchové vrstvy difuzí z interiéru, velmi rychle zcela nasycen. Přebytková vlhkost potom vzápětí kondenzuje na spodním povrchu horního pláště. Na styku vzduchu s horním pláštěm dvouplášťové střechy totiž dochází ke známému jevu: povrchová teplota tepelně často téměř neizolovaného horního pláště je hluboko pod hodnotou rosného bodu, takže na spodním (tj. vnitřním) povrchu vnějšího pláště dvouplášťové střechy začne v zimě kondenzovat voda ve formě jinovatky. Po ohřátí střechy sluncem tato zkondenzovaná vlhkost promáčí tepelnou izolaci a následně se projeví formou „zatékání“ do interiéru objektu. Podobné problémy dvouplášťových střech, vyvolané kondenzací vlhkosti v mezistřešním prostoru, se často vyskytují i v přechodných obdobích roku – na jaře a na podzim. Při jasných nocích totiž dochází k významné výměně tepla sáláním mezi horním pláštěm a atmosférou a povrchová teplota téměř neizolovaného horního pláště se může vůči teplotě okolního vzduchu snížit o 3 až 5 °C (viz ATLAS STŘECH, str. 73), tedy pod teplotu rosného bodu. Při vyšší vlhkosti venkovního vzduchu pak dojde k jejímu vysrážení ve formě rosy nebo jinovatky – podobně jako tomu bývá na plechové karoserii automobilů.

Zásady pro návrh větrané dvouplášťové ploché střechy

- Nezbytnou podmínkou pro řádnou funkci větrané dvouplášťové střechy je nejen její správný návrh a kvalitní provedení, ale i umístění objektu ve vztahu k okolí. Vlivem okolní zástavby nebo konfigurací terénu může být totiž

významně omezeno proudění vzduchu kolem objektu, a proto i snížena účinnost větrané vzduchové vrstvy i u dobře navržené a perfektně provedené větrané dvouplášťové střechy. Proudění vzduchu kolem objektu může významně ovlivnit i dodatečná výstavba vyšších budov nebo vzrostlá zeleň. Odvětrávací otvory (a tím i sklon horního pláště střechy) by měly být – pokud je to možné – situovány ve směru převládajících větrů. V našich geografických podmínkách jde zpravidla o směr větru od západu k východu. Vhodnost použití větrané dvouplášťové střechy z hlediska umístění objektu musí posoudit projektant. To se netýká jen novostaveb, ale je nutno to brát v úvahu i při rekonstrukci – při zvažování přeměny jednoplášťové střechy na větranou dvouplášťovou střechu.

- Spodní plášť musí být vzduchotěsný. Naprosto nevhodné je použití zavěšeného podhledu, který by tvořil nosnou konstrukci spodního pláště větrané dvouplášťové střechy.
- Na nosnou konstrukci spodního pláště je možné položit hydroizolační pás, který má v tom případě charakter (podle provedení) částečné nebo úplné parozábrany. Aby tento hydroizolační pás mohl plnit funkci parozábrany, musí být opravdu spolehlivě utěsněn nejen v ploše, ale i v místech, kde navazuje na konstrukci nesoucí horní plášť a na ostatní prostupující konstrukce a prvky. Parozábrana musí být vyvedena na všechny svislé konstrukce uvnitř dvouplášťové střechy včetně prostupů alespoň na výšku tepelné izolace. Může zároveň sloužit jako pojistná hydroizolační vrstva, případně jako provizorní krytina při realizaci objektu. V tom případě však musí být tento hydroizolační pás napojen pomocí vtoku na odpadní potrubí a měl by být ve spádu alespoň 1° k tomuto vtoku. V této souvislosti je nutno upozornit, že pokud bude do mezi-

střešního prostoru trvale zaústěno pomocí vtoku kanalizačního potrubí, bude zákonitě docházet k velkému pronikání vlhkosti z tohoto potrubí do větrané vzduchové vrstvy. Toto řešení je technicky špatné a způsobí i u dobře navržené dvouplášťové střechy velké závady. Snad jediným možným řešením se zdá být v tomto případě napojit odvodnění parozábrany na „odpadní suchovod“, který by signalizoval přítomnost vody ve střešním plášti a tím i poruchu vodotěsné izolace střechy. Je však nutné také upozornit na to, že parozábrana vždy brání vysychání střešního pláště do interiéru. Proto se doporučuje parozábranu realizovat jen tehdy, když je to nezbytně nutné, a její použití je proto třeba prověřit tepelně-technickým výpočtem.

- Pokud tvoří „nosnou konstrukci“ spodního pláště dvouplášťové střechy difuzně netěsná soustava, vytvořená např. z dřevěného bednění se spárami, kterými může snadno pronikat do mezistřešního prostoru vlhkost z interiéru, je vždy nutné kvalitní parozábranu realizovat. Nezbytnou podmínkou tohoto stavebního řešení je však praktická realizovatelnost spolehlivé utěsněné parozábrany. Jakékoliv proražení parozábrany, např. stropními osvětlovacími tělesy nebo elektrickými rozvody umístěnými v takto provedeném spodním plášti, by totiž způsobilo extrémní pronikání vlhkosti do střešního pláště a tím i vznik stavebních závad. V této souvislosti je třeba upozornit na praktickou nerealizovatelnost spolehlivé fóliové parozábrany proražené nosnou konstrukcí podhledu.
- Jako tepelná izolace se hodí lépe měkké tepelněizolační materiály s malou hodnotou faktoru difuzního odporu μ , tj. např. rohože z minerálních nebo skelných vláken ($\mu = 2,0$). Tyto tepelněizolační materiály jsou propustnější pro difundující vodní páru, a proto z hlediska kondenzace vlhkosti výhodnější oproti materiálům s velkou hodnotou μ . Tepelná izolace musí

být dobře navržena a velmi pečlivě provedena. Je nutno si uvědomit, že případné doplnění tepelné izolace nebo opravu jejích závad nelze později realizovat bez rozebrání horního střešního pláště. Proto je lepší vždy navrhnout a realizovat tloušťku tepelné izolace větší, než je nezbytně nutné – čili z hlediska tepelně-technické normy raději nadimenzovat střešní plášť na **doporučenou** hodnotu součinitele prostupu tepla U_N než na hodnotu požadovanou dle ČSN 73 0540-2. Zároveň je lepší realizovat tepelnou izolaci jako dvouvrstvou s druhou vrstvou položenou na vazbu nad spodní vrstvou tepelné izolace. Tím je minimalizován vznik případných tepelných mostů. Závady zpravidla spočívají buď v poddimenzované tepelné izolaci, nebo v jejím nekvalitním položení s mezerami, případně s tepelnými mosty, které tvoří např. konstrukce spádových klínů nesoucích vnější plášť (neboť přerušují tepelnou izolaci). Protože vlivem provzdušňování vrchních vrstev tepelné izolace proudícím chladným vzduchem dochází ke snížení jejího tepelněizolačního účinku, doporučuje se zvýšit tepelný odpor tepelné izolace spodního pláště o 10 až 20 % nad hodnoty požadované výpočtem.

- Tepelná izolace nesmí být v žádném případě zakryta vodotěsnou izolací s vysokým difuzním odporem (asfaltovým pásem, asfaltovou lepenkou nebo fólií), jinak dochází na spodním líci této „sekundární parozábrany“ ke kondenzaci difundující vodní páry. Závada se projevuje zejména v obdobích s náhlými změnami teploty zatékáním kondenzátu do interiéru.
- Vlivem proudění chladného vzduchu ve větrané vzduchové vrstvě dochází zároveň k zanášení povrchové vrstvy tepelné izolace prachem. Někdy se proto doporučuje minimalizovat tyto nepříznivé vlivy položením tenké vrstvy materiálu s ekvivalentní difuzní tloušťkou $r_d < 0,02$ m. V takovém případě je však téměř vždy nutná realizace kvalitní parozábrany. Vhodnost

této úpravy je proto třeba prověřit tepelně-technickým výpočtem, jinak může být položení jakékoli paropropustné vrstvy na tepelnou izolaci dvouplášťové střechy příčinou jejich poruch.

- Vzduchová vrstva musí být navržena a provedena tak, aby bylo umožněno její řádné příčné provětrávání pomocí správně umístěných přívaděcích a odváděcích větracích otvorů v obvodových stěnách objektu nebo ve hřebeni sedlové střechy. Nahrazení větracích otvorů, případně nahrazení průběžné větrací šterbiny ve vrcholu sedlové střechy větracími komínky, může být problematické nejen z hlediska jejich počtu, profilu a rozmístění. V této souvislosti je nutno připomenout, že i při stejném profilu jsou větrací komínky méně výhodné než větrací otvory, protože mají větší vřazené odpory.
- Přívaděcí větrací otvory by měly být ve vzduchové vrstvě umístěny co nejnižší a odváděcí větrací otvory co nejvyšší. Jejich vzájemným výškovým rozdílem se docílí lepšího tlakového spádu a tím větší rychlosti proudícího vzduchu. V tomto případě totiž funguje proudění vzduchu ve vzduchové mezeře i za naprostého bezvětří – vytváří se zde jakýsi „komínový efekt“. Je proto doporučován výškový rozdíl přívaděcích a odváděcích větracích otvorů alespoň 5 cm na 1 m spádu horního pláště – tj. sklon horního pláště alespoň 5 %. Přívaděcí větrací otvory by měly být vždy umístěny na návětrné straně objektu. Vzdálenost přívaděcích a odváděcích větracích otvorů by neměla přesahovat 18 m (viz ČSN 73 1901:99).
- Velikost a tvar těchto větracích otvorů jsou velmi důležité. Norma ČSN 73 1901:99 *Navrhování střech – Základní ustanovení* říká, že přívaděcí otvory vzduchové vrstvy se sklonem do 5 ° by měly mít plochu alespoň 1/100 odvětrávané plochy střechy (dále viz tabulka D1. citované normy), odváděcí otvory by měly mít plochu větší nejméně o 10 % oproti otvorům přívaděcím. Odváděcí otvory by měly by

umístěny těsně pod horním pláštěm střechy. Lepší než soustava samostatných větracích otvorů je vytvoření průběžných větracích šterbin, které mají větší plochu a menší vřazené odpory. Správnou velikost těchto otvorů je však také nutné ověřit tepelně-technickým výpočtem vzduchové vrstvy.

- Větrací otvory musí být vhodným způsobem zajištěny proti ptákům a hmyzu (např. sítkou nebo mřížkou). Jakékoliv zajištění větracích otvorů však omezuje proudění vzduchu – tento fakt však většinou zohledňují výpočetní programy při výpočtu vzduchové vrstvy.
- Větracími otvory nesmí vnikat déšť nebo sníh do vzduchové vrstvy dvouplášťové střechy. Proto se doporučuje spodní plochy těchto otvorů navrhovat ve sklonu nejméně 5 ° do vnějšího prostředí (viz ČSN 73 1901:99). Nelze-li přesto zabránit vnikání atmosférických srážek do střechy, nesmí ohrozit funkci ani trvanlivost konstrukce (zejména tepelné izolace).
- Kondenzaci vodní páry v prostoru větrané vzduchové vrstvy a na obalových konstrukcích (tj. horním pláště a svislé obvodové stěně) lze zabránit nejen správně nadimenzovanými větracími otvory a tvarem větrané vzduchové vrstvy, ale také zvýšením tepelného odporu obalových konstrukcí na $R = 0,2$ až $0,5$ m²K/W (viz výše). U svislé obvodové stěny dvouplášťové střechy by měl být tepelný odpor ještě větší.
- Sklon horního pláště by měl být min. 5 %.
- Odpadní dešťové potrubí (obdobně i jiné trubní prostupy) má být v prostoru větrané vzduchové vrstvy tepelně izolováno.
- Součástí návrhu větrané dvouplášťové střechy by měl být její tepelně-technický výpočet.

KAREL CHALOUPKA

*Ing. Karel Chaloupka (*1945) je absolventem SvF ČVUT. Přes 20 let se zabýval projektováním průmyslových a občanských staveb, je autorem řady stavebních projektů složitých*

staveb z oblasti automobilového a leteckého průmyslu.

V současnosti je technickým poradcem ve firmě STAV-INVEST střešní systémy, s. r. o., kde se zabývá problematikou plochých střech.

Literatura a podklady:

- 1) Chaloupka, K.: Větrané dvouplášťové střechy (část 1 až 3), Stavitel, 4, 5 a 7, 1999.
 - 2) Chaloupka, K.: Přeměna větrané dvouplášťové střechy na střechu jednoplášťovou, Střechy-fasády-izolace 1/2004.
 - 3) Chaloupka, K.: Přeměna větrané dvouplášťové střechy na střechu jednoplášťovou, Sborník přednášek kongresu Střechy 2003 – Ploché střechy.
 - 4) Svoboda, Z.: Tepelně technické hodnocení dvouplášťových střech se zatepleným horním pláštěm, Sborník přednášek kongresu Střechy 2003 – Ploché střechy.
 - 5) Šála, J.: Zateplování budov, Grada 2000.
 - 6) Šála, J. – Chaloupka, K.: Ploché střechy a pěnový polystyren, Izolační praxe 3.
 - 7) Fajkoš, A. – Novotný, M. – Straka, B.: Střechy I, Grada 2000.
 - 8) Kolektiv autorů: Atlas střech – Jaga 2003.
 - 9) Kongres Střechy 2003 – Ploché střechy, konaný 4. prosince 2003 v Praze.
 - 10) ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení, ČNI 1999.
 - 11) ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky, ČNI 2002.
 - 12) ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda, ČNI 1998.
 - 13) ČSN EN ISO 13788 Tepelně vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce – Výpočtové metody, ČNI 2002.
- Seiřál najdete též na:
www.strechaspecial.cz.