

TEPELNÁ STABILITA PODKROVÍ V LETNÍM OBDOBÍ



V souvislosti s trendem zvyšování nákladů na pořízení staveb se zároveň stává aktuální snaha o účelné využití všech prostorů v těchto stavebních objektech. Logickou snahou je tedy i maximálně využít podstřešní prostory, a to jak u novostaveb, tak i u objektů již stojících. Je pravdou, že některá, v současné době budovaná podkroví, jsou na první pohled velmi atraktivní a od toho se odvíjí i cena těchto prostorů, zejména pak bytů. Jsou však opravdu tak ideální k bydlení? K tomu, aby se člověk cítil v daném prostoru příjemně, je nutné zajistit hned několik podmínek. Jednou z prvních je nepochybně poloha bytu a vzhled prostoru, kde trávíme značnou část svého života. Dalšími jsou samozřejmě proslunění, osvětlení, větratelnost, vizuální propojení s exteriérem, dostupnost, vybavení atd. Neméně důležitou podmínkou je zajištění tzv. „tepelné pohody člověka“. Zde je zahrnuto hned několik požadavků a to na teplotu, vlhkost a rychlost proudění vzduchu v interiéru a na teploty okolních povrchů. Jednou z možností, jak zajistit optimální podmínky k životu, je použití vzduchotechniky, která upravuje parametry vzduchu v interiéru na požadované hodnoty. Je ale pravdou, že za takto uměle upravované parametry vzduchu v interiéru zaplatíme nemalé finanční částky. Další možností, jak zajistit vhodné podmínky k bydlení, může být např. vhodný návrh obalových a vnitřních konstrukcí včetně okenních otvorů. Se současným trendem výstavby z lehkých dřevěných konstrukcí obalených tepelnou izolací však není jednoduché v letním období zajistit, aby nedocházelo k přehřívání interiéru. Z tohoto důvodu jsme se zaměřili na optimalizaci stavebních konstrukcí z hlediska přehřívání v letním období tak, aby další náklady do vzduchotechniky byly zanedbatelné nebo v ideálním případě vůbec žádné. Z praxe je všeobecně známo, že u místností s těžkými obalovými konstrukcemi (např. ze železobetonu, cihel, apod.) dochází k menšímu vzestupu a kolísání teploty v interiéru oproti konstrukcím lehkým (dřevo s tepelnou izolací). Položili jsme si tedy několik otázek:

- Jak ovlivňuje orientace okenních otvorů přehřívání místnosti?
- Jak ovlivňuje větrání venkovním neupraveným vzduchem tepelnou pohodu v místnosti?
- Jaký vliv má kvalita a stínění oken na přehřívání?
- Jaký význam má navyšovat tloušťku tepelné izolace pro snížení z požadované na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2?
- Do jaké míry se liší hodnoty vzestupu teploty vzduchu u místností, u nichž jsou navržena šikmá střešní okna, oproti místnostem, kde jsou umístěna okna ve svislé stěně?
- Jaký vliv má hmotnost konstrukce na přehřívání místnosti?

Než si odpovíme na tyto otázky, podíváme se, jak na tento problém nahlíží ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Požadavky a co se v této normě hodnotí*.

Norma zavádí termín „Tepelná stabilita místnosti v letním období“, kde „Kritická místnost“ (definovaná v této normě) musí splňovat:

- a) Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období

$$\Delta\Theta_{ai,max} \leq \Delta\Theta_{ai,max,N} = 5^{\circ}\text{C}$$

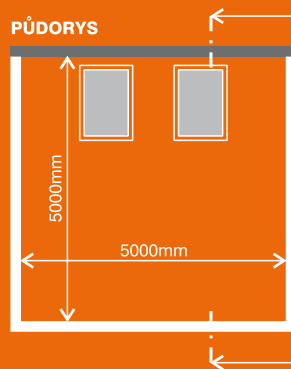
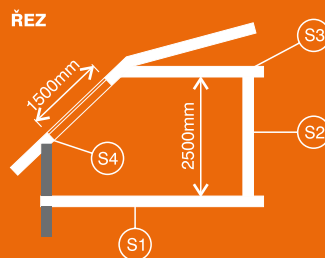
pro nevýrobní objekty

- b) Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období

$$\Theta_{ai,max} \leq \Theta_{ai,max,N} = 27^{\circ}\text{C}$$

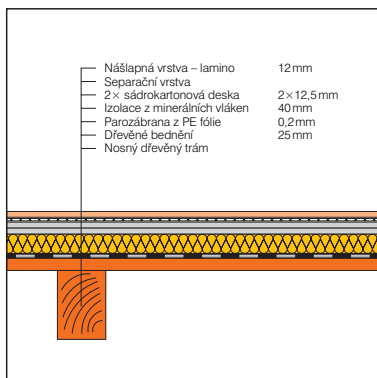
pro nevýrobní objekty

Pro analýzu problému jsme použili program Stabilita 2005, který přebírá všem dostupnou výpočtovou metodiku podle ČSN 73 0540-4 *Tepelná ochrana budov – Výpočtové metody*. Uvedená výpočtová metodika je zjednodušená a nedokáže zohlednit některé důležité fyzikální jevy. Zjednodušení posupně v jednotlivých bodech popíšeme. Vyhodnocení jsme pro názornost provedli na modelové místnosti (viz obr. 1) o půdorysných rozměrech 5 x 5 m se dvěma střešními okny o rozměrech 0,8 x 1,5 m s vnitřní žaluzií, přičemž jsme postupně měnili hmotnost konstrukcí tvořících místnost.



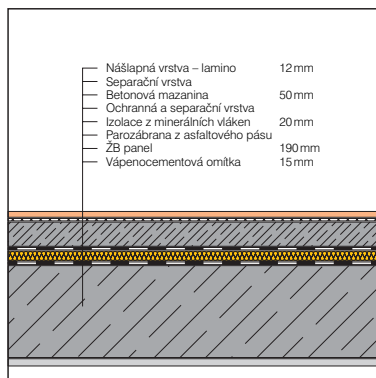
LEHKÁ KONSTRUKCE (DŘEVO)
TĚŽKÁ KONSTRUKCE (ŽB)

02 LEHKÁ

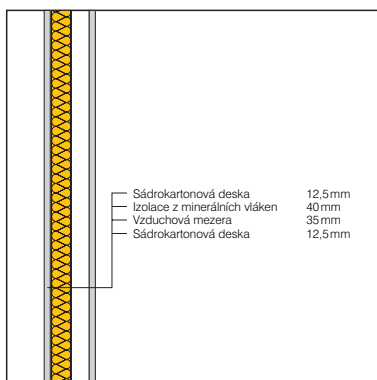


A

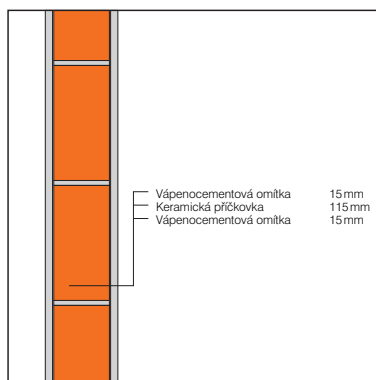
HMOTN (TĚŽK)



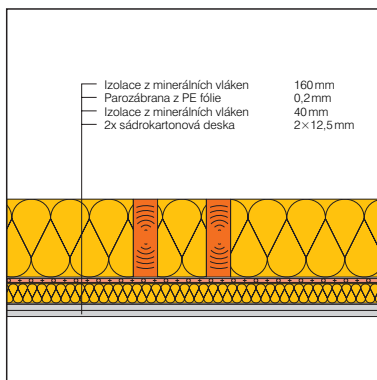
S1



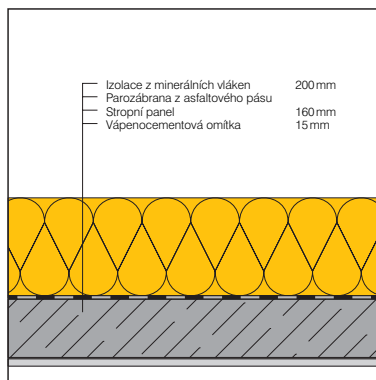
C



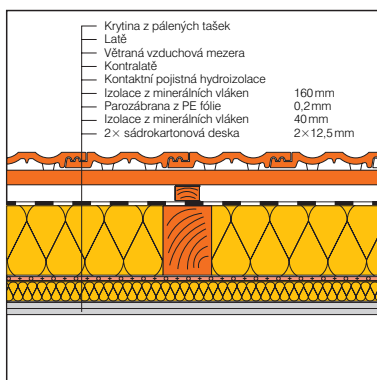
S2



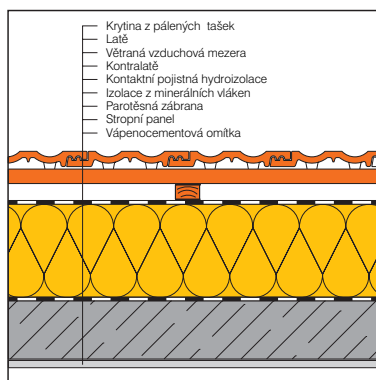
E



S3



G



S4

SKLADBY KONSTRUKCÍ

V grafech 1 až 5 jsou vždy v prvním sloupci zaznamenány hodnoty vzestupu teploty v interiéru pro všechny konstrukce lehké (až na čelní nadezdívku, která je hmotná vždy). Postupně se měnily konstrukce z lehkých na hmotné a byly zaznamenávány v grafech do sloupců 1-5 (1. vše lehké, 2. hmotné stropy spodního podlaží, 3. hmotné stropy spodního podlaží a hmotné příčky, 4. hmotné stropy spodního podlaží, hmotné příčky a hmotné stropy, 5. hmotné stropy spodního podlaží, hmotné příčky, hmotné stropy, a hmotný krov - střecha).

Nyní rozeberme jednotlivé otázky.

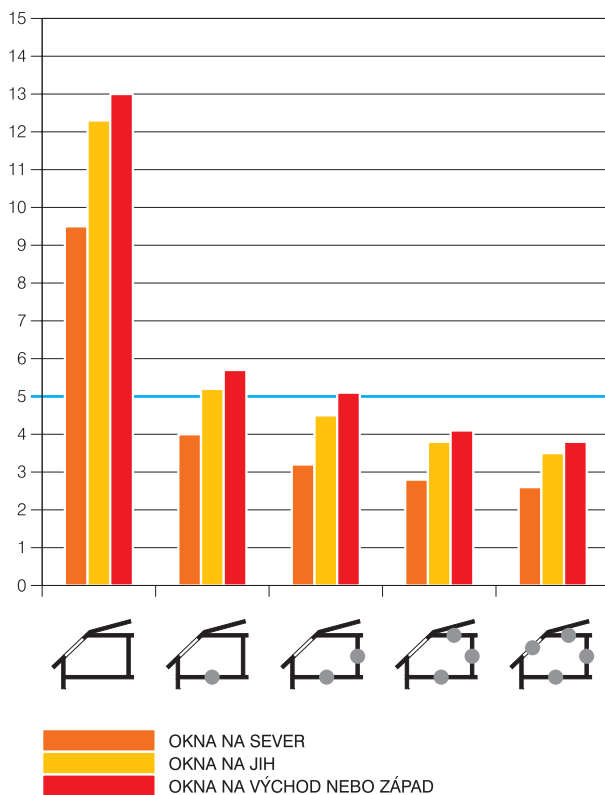
JAK OVLIVŇUJE ORIENTACE OKENNÍCH OTVORŮ PŘEHŘÍVÁNÍ MÍSTNOSTI?

Zde jsme modelovou místnost natáčeli tak, aby okenní otvory byly natočeny postupně na sever, jih, východ a západ a přitom jsme kombinovali lehké a těžké konstrukce. Výsledky výpočtu jsou znázorněny v grafu 1.

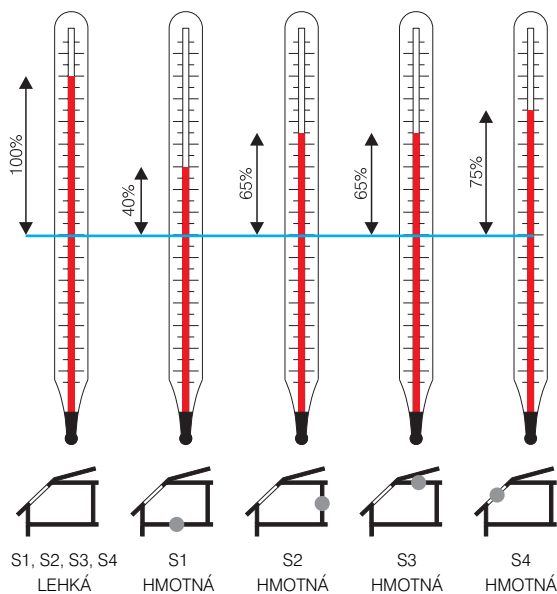
V grafu 1 je zvýrazněn požadavek normy pro maximální přípustný vzestup teploty $\Delta\Theta_{ai, max} = 5^\circ\text{C}$. Levé sloupce znázorňují hodnoty vzestupu teploty v interiéru s okny směřujícími na sever. Zde je patrné, že by pro splnění normy stačily pouze těžké stropy spodního podlaží. U oken směřujících na jih (prostřední sloupec) by musely být těžké i příčky. U oken směřujících na východ a západ (pravé sloupce) by musely být těžké všechny konstrukce mimo krovu.

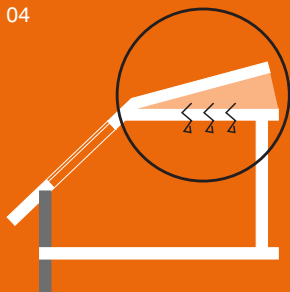
Na obr. 3 je zaznamenán vzestup teploty v interiéru pro všechny konstrukce lehké, těžké stropy spodního podlaží, těžké stropy a krov (střecha). Je patrné, že nejvyšší význam (nejnižší vzestup teploty) mají těžké stropy spodního podlaží, u kterých vzestup teploty dosáhne cca 40% vzestupu teploty pro všechny konstrukce lehké. Je třeba si uvědomit, že tyto hodnoty jsou pouze orientační a mohly by se při jinak zvolené geometrii místnosti mírně lišit. Dále je pro úplnost nutné konstatovat, že výpočty dle ČSN nezohledňují všechny jevy, jako například přehřívání prostoru nad stropem

Graf 01 | Zvýšení teploty v interiéru [°C]



03





LEHKÁ KONSTRUKCE (DŘEVO)
TĚŽKÁ KONSTRUKCE (ŽB)

(viz obr. 4), což opět značným způsobem přispívá ke zvýšení vypočítané teploty vzduchu v interiéru.

JAK OVLIVŇUJE VĚTRÁNÍ VENKOVNÍM NEUPRAVENÝM VZDUCHEM TEPELNOU POHODU V MÍSTNOSTI?

U modelové místnosti jsme zvýšili výměnu vzduchu v interiéru větráním venkovním neupraveným vzduchem z $n = 0,5$ (hygienický požadavek) na $n = 3,0$, přičemž jsme opět postupně zvyšovali hmotnost konstrukcí tvořících místnost. Výsledky výpočtu jsou znázorněny v grafu 2.

Pokud se podíváme na hodnoty, zjistíme, že větrání venkovním neupraveným vzduchem nemá teoreticky význam. Tento závěr by byl však unáhlený, protože výpočet dle

normy nezohledňuje fakt, že během dne teplota vzduchu v exteriéru kolísá. Norma do výpočtu zavádí průměrnou denní teplotu v exteriéru $20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Skutečné kolísání teploty vzduchu v exteriéru je naznačeno v grafu 6, ze kterého vyplývá, že větrání má význam pouze v nočních a ranních hodinách, protože teplota v exteriéru je nižší než teplota v interiéru. Naopak v denních hodinách (kritické období z hlediska přehřívání) by naopak docházelo ještě k většímu zvyšování teploty. Zde je nutné si uvědomit, že za slunečných dnů dojde k výraznému zvýšení teploty krytiny (cca $50 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$) a v případě větrání okny k následnému ohřívání vzduchu v interiéru. Nelze tedy využívat větrání okny ani ráno ani v noci.

Uvedený stav není schopna použítá výpočtová metodika zohlednit. Problém je výrazný u těžkých betonových nebo keramických krytin, kde přes den krytina naakumuluje velké množství tepla, které pak sáláním ohřívá okolní vzduch. Pokud je střešní okno nad touto krytinou, může teplý vzduch ohřátý od krytiny proudit do interiéru, proto se při větrání střešními okny teplota v interiéru může zvýšit nad teplotu vzduchu v interiéru.

JAKÝ VLIV MÁ KVALITA A STÍNĚNÍ OKEN NA PŘEHŘÍVÁNÍ MÍSTNOSTI?

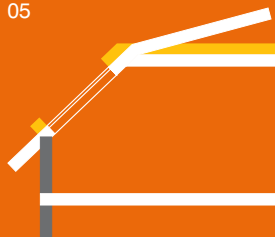
Opět jsme posuzovali modelovou místnost, přičemž jsme v jednom případě měli osazeny vnitřní žaluzie

a ve druhém případě nikoli. A stejně jako i v předchozích případech jsme postupně zvyšovali hmotnost jednotlivých konstrukcí. Výsledky výpočtu jsou znázorněny v grafu 4.

Výsledky jen potvrdily předpoklady, že kvalita a stínění oken mají velký význam na teplotu vzduchu v interiéru, protože vhodné provedené stínění (žaluzie, pergoly, atd.) výrazným způsobem snižuje tepelné zisky od slunce. Výpočty ukázaly, že rozdíl teplot u místnosti s žaluzií a bez ní činí cca $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

JAKÝ VÝZNAM MÁ NAVYŠOVAT TLOUŠŤKU TEPELNÉ IZOLACE PRO SNÍŽENÍ Z POŽADOVANÉ NA DOPORUČENOU HODNOTU SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA PODLE ČSN 73 0540-2?

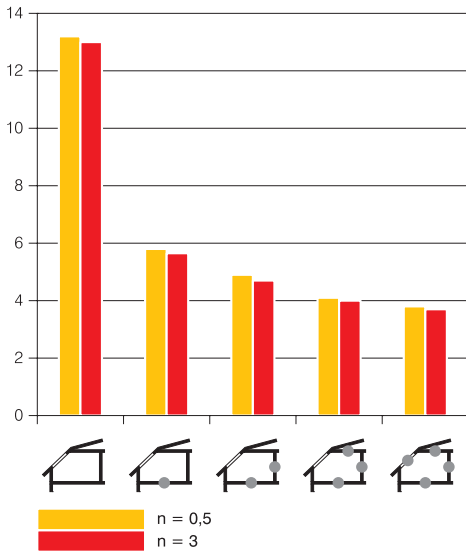
V ČSN 73 0540-2 se doporučuje, s ohledem na ceny energie na vytápění v otopném období,



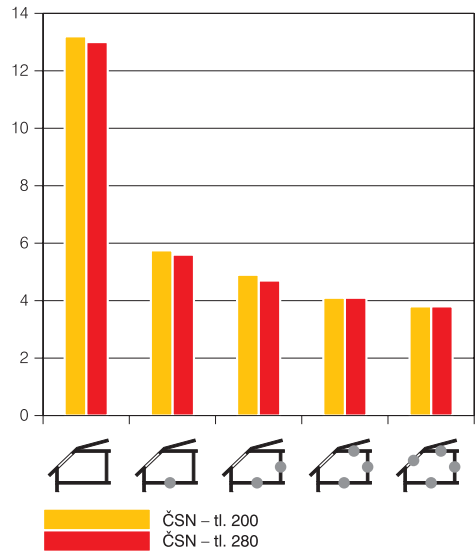
LEHKÁ KONSTRUKCE (DŘEVO)
TĚŽKÁ KONSTRUKCE (ŽB)



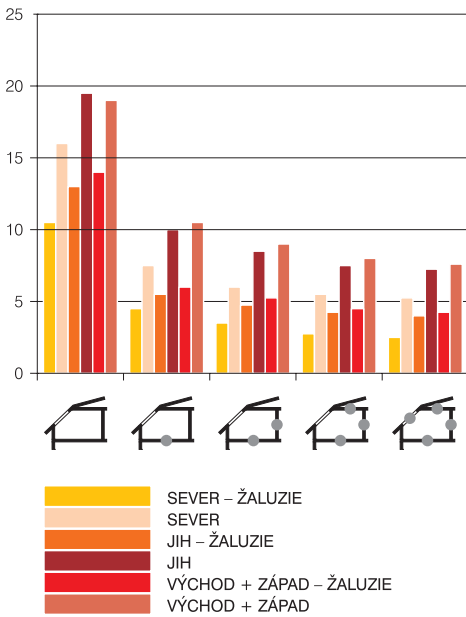
Graf 02 | Zvýšení teploty v interiéru $\Delta\theta_{ai, max}$ [°C]



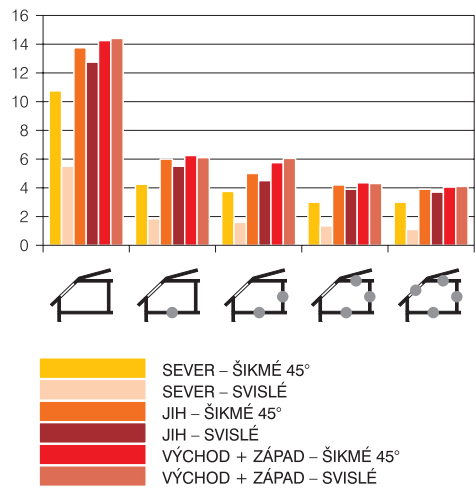
Graf 03 | Zvýšení teploty v interiéru [°C]



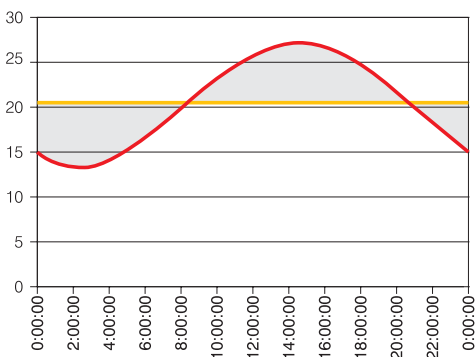
Graf 04 | Zvýšení teploty v interiéru $\Delta\theta_{ai, max}$ [°C]



Graf 05 | Zvýšení teploty v interiéru [°C]



Graf 06 | Teplota v exteriéru [°C]



— DENNÍ PRŮBĚH
— PRŮMĚRNÁ TEPLOTA



dimenzovat konstrukce z hlediska tepelně-technického na hodnoty touto normou doporučené. Proto jsme posuzovali, zda má navýšení tloušťky tepelné izolace (snížení součinitele prostupu tepla z hodnoty požadované $U_N = 0,24 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ na hodnotu doporučenou $U_N = 0,16 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$) výraznější vliv na teplotu vzduchu v interiéru. Navýšení tloušťky tepelné izolace jsme opět kombinovali s různým typem konstrukcí.

Výpočty naznačily /graf 3/, že ubírat se směrem navýšování tloušťky tepelné izolace také nemá z hlediska teplot v interiéru v letním období velký význam.

DO JAKÉ MÍRY SE LIŠÍ HODNOTY VZESTUPU TEPLA U MÍSTNOSTÍ, U NICHŽ JSOU NAVRŽENA ŠIKMÁ STŘEŠNÍ OKNA, OPROTI MÍSTNOSTEM, KDE JSOU UMÍSTĚNA OKNA VE SVISLÉ STĚNĚ?

I v tomto případě jsme použili parametry modelové místnosti. V jedné však byla okna v šikmé střeše a v případě druhém ve svislé stěně. Pozorovali jsme opět vzestup teploty vzduchu v interiéru. Předpokládali jsme, že okna umístěná ve svislé stěně jsou namáhána radiací slunce méně a proto bude docházet k menšímu vzestupu teploty oproti oknům umístěným v šikmé střeše. Výsledky výpočtu jsou znázorněny v grafu 5.

Z grafu vyplývá, že pokud je okno ve svislé stěně nebo v šikmé střeše, má větší význam z hlediska vzestupu teploty pouze v případě, kdy jsou okna směřována na sever. Je ale velmi odvážné udělat takový závěr pouze na základě teoretických výpočtů, kdy víme, že v tomto případě výpočtová metodika opět nezohledňuje významné vlivy (např. tepelné zisky od sálání krytiny, tepelné zisky okny, stínění okna přesahem).

JAKÝ VLV MÁ HMOTNOST KONSTRUKCE NA PŘEHŘÍVÁNÍ MÍSTNOSTÍ?

Všechny provedené výpočty shrnutí v grafech 1 až 5 jednoznačně potvrdily, že hmotnost konstrukcí tvořících místnost má zásadní vliv

na výslednou teplotu vzduchu v interiéru. To ve výsledku znamená, že bychom se při návrhu měli snažit provádět co nejvíce konstrukcí hmotných. Při návrhu je však nutné posoudit mnoho hledisek, viz předchozí grafy (orientace oken, poloha oken, způsob větrání, atd.).

SHRNUTÍ POZNATKŮ PRO NAVRHOVÁNÍ STŘEŠNÍCH KONSTRUKCÍ

Ukažme si nyní, jak bychom tedy mohli postupovat při navrhování konstrukcí podstřešních místností, abychom se co nejvíce přiblížili požadovaným parametřům vnitřního prostředí. Rozdělme si návrh na rekonstrukce, kde jsme většinou limitováni statikou a rozmístěním stávající konstrukcí budovy, a na novostavby. Jako první příklad vezměme místnost, kde jsou okna situována na sever. Plochy orientované na sever nejsou tolik zatěžovány radiací slunce, a proto není tepelný zisk od slunce a sálání krytiny tak významný. V tomto případě bychom doporučovali při návrhu uvažovat minimálně s těžkými stropy spodního podlaží a těžkými příčkami. Bylo by výhodné umístit z důvodů přehřívání prostoru nad stropem (kleštinami) i těžkou stropní konstrukci (s větší akumulací schopností). To je však většinou při rekonstrukcích ze statických důvodů problematické. Pokud bychom měli navrhnout podkrovní místnost, kde jsou okna situovaná na jih, východ nebo západ, byla by situace nepříznivější, což klade i větší nároky na konstrukce. Zde je již vliv sálání slunce a krytiny nezanedbatelný, a proto není účinné provádět výměnu vzduchu střešními okny (u vikýřů záleží na poloze), ale je vhodné přivádět do interiéru chladnější vzduch jiným způsobem, např. ze severní strany objektu. Samozřejmostí jsou účinné žaluzie, příp. vnější markýzy, rolety a kvalitní zasklení. Pro tento případ je vhodné navrhovat těžké stropy spodního podlaží v kombinaci s těžkými příčkami a těžkou stropní konstrukcí.

U novostaveb je situace trochu jednodušší, protože zde již nejsme limitováni statikou domu ani podmínkou zachovat stávající

nosnou konstrukci. Můžeme tedy již v začátcích zvolit vhodný tvar konstrukce. Již víme, že velmi významné jsou tepelné zisky ze sálání slunce, větrání šikmými okny směřujícími na jih, východ a západ je z důvodu sálání krytiny taktéž velmi problematické a samozřejmě nezanedbatelné nejsou ani tepelné zisky z přehřátého půdního prostoru. Zkusme tedy tato úskalí šikmých střech eliminovat. Inspirujme se u plochých střech, kde lze vhodným přesazením stínících markýz nebo vložení střechy /obr. 6/ zamezit tepelným ziskům od slunce. Dále tím, že střecha je až nad okenním otvorem, nebude proudit teplý vzduch od rozehráté krytiny do interiéru. Nakonec jsou také eliminovány tepelné zisky od přehřátých půdních prostorů.

Na základě analogie lze pak uvažovat s tím, že pokud provedeme obdobná konstrukční opatření u šikmé střechy /obr. 7/, docílíme obdobných parametrů vnitřního prostředí, při velmi jednoduchém provedení konstrukcí.

V případě, že by nešlo provést střešní konstrukci jako těžkou, tzn. v případě rekonstrukce, se naskýtá řešení v použití lehké, ale účinně větrané střechy dvouplášťové /obr. 8/, kde by horní plášť tvořil zábranu proti záření slunce a navržené větrání by pak sloužilo k odvedení tepla do exteriéru. Účinné větrání by zamezilo přehřívání vzduchové mezery. Při návrhu obdobné konstrukce je však nutné mít na paměti, že je nezbytné splnit i ostatní požadavky související se stavební fyzikou, zejména vzduchotěsnost dolního střešního pláště, součinitel prostupu tepla atd.

Ukázali jsme si, že k tomu, abychom v podkrovních zajistili vhodné parametry k bydlení, je nutné realizovat celý soubor konstrukčních opatření s ohledem na použité stavební konstrukce a jejich umístění. Pokud uvedená opatření nezohledníme, nezajistíme tak pravděpodobně ani standardní podmínky prostředí k bydlení obvyklé v ostatních bytech, natož pak podmínky nadstandardní.

<ANTONÍN ŽÁK>

