

Využití CFD výpočtů pro stanovení součinitele prostupu tepla dvojitého okna

Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, Stavební fakulta ČVUT Praha

Klíčová slova:

◆ ?

Lektoroval:

?

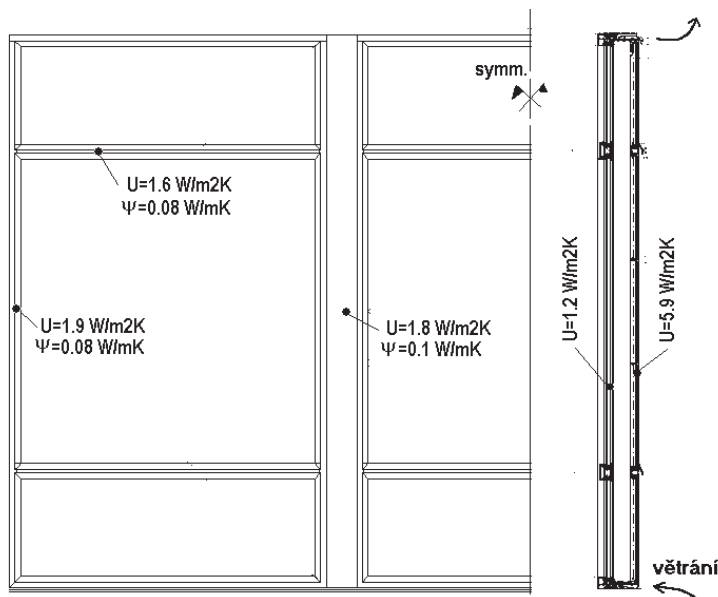
Výpočtové CFD modely (CFD – computational fluid dynamics) se stávají novým fenoménem v oborech techniky prostředí a technických zařízení budov. Využití je však lze i pro stavebně fyzikální a tepelně technické analýzy.

Úvodem

Výpočty komplexního transportu tepla v prostoru vedením, prouděním a sáláním založené na pokročilých modelech dynamiky proudící tekutiny se v posledních několika letech staly velkým tématem hlavně v oborech techniky prostředí a technických zařízení budov. Není divu. Sofistikované CFD programy, jako je například FLOVENT [1], umožňují totiž stanovit pole tlaků vzduchu, pole rychlostí proudění a teplotní pole v prakticky libovolném trojrozměrném prostoru ohraničeném stavebními konstrukcemi, a to s uvažováním laminárního i turbulentního proudění. Do výpočtu je možné zavádět nejen vnitřní zdroje tepla (kancelářské vybavení, otopná tělesa, osoby, osvětlení atd.), ale také prakticky libovolná vzduchotechnická zařízení – rozmanitými výústkami přivádějícími či odvádějícími vzduch počínaje a ventilátory konče. Modelovat lze i šíření téměř libovolně nadefinované škodliviny od zdroje do okolního prostoru. Do

výpočtu je možné zavést i vliv slunečního záření či větru.

Velmi pokročilé jsou u CFD programů hlavně samotné výpočtové procedury, u kterých lze obvykle volit z několika metodik modelování turbulentního proudění, přičemž je většinou ještě možné pro zvolenou metodiku volit dílčí nastavení parametrů, které ovlivňují proces konvergence výpočtu. Zadávat vstupních dat mívá na druhou stranu u těchto programů z hlediska uživatele bohužel ještě rezervy. I když odhlédneme od dosti dlouhého období, ve kterém je třeba prostudovat samotné základy práce s těmito programy, stále zůstává před uživatelem chvílemi práce, která má ke standardům MS-Windows poněkud větší vzdálenost. Provést výpočet s více variantami je tak často práce i na řadu dní – a to nejen kvůli práci se zadáváním vstupních dat, ale i vzhledem k tomu, že samotný výpočet jedné varianty může snadno trvat i desítky minut. Přes tyto nevýhody jsou výsledky CFD výpočtů fascinující a poskytují velmi cenný pohled do komplexních tepelných dějů v prostorech vyplněných vzduchem či jiným plynem. I proto se intenzita jejich používání v posledních letech značně zvyšuje, a to přes jejich vysokou cenu, kterou zvláště v našich podmínkách můžeme bez obav označit jako astronomickou.



Obr. 1 Schéma dvojitého okna s větráním (pohled z interiéru)

Využití CFD výpočtů pro stavební fyziku

Ačkoliv hlavní pole pro využití CFD výpočtů bude asi vždy v oblasti navrhování větrání, klimatizace a vzduchotechnických zařízení, objevují se i aplikace ve stavební fyzice. Velmi efektivně lze CFD modely aplikovat např. při analýzách chování dvojitých prosklených fasád u výškových budov, což je téma, které na území bývalého Československa již několik let intenzivně a se značným odborným ohlasem zkoumá Ing. M. Janák, CSc. z STU v Bratislavě [2]. Zajímavé možnosti nabízejí CFD výpočty i v oblasti problematiky šíření radonu v interiérech budov (mezi jednotlivými místnostmi) či v oblasti hodnocení vlivů slunečního záření na interní mikroklima. Velmi vhodným objektem pro CFD výpočty jsou také všechny dvouplášťové stavební konstrukce, které je možné s pomocí těchto výpočtových modelů hodnotit da-

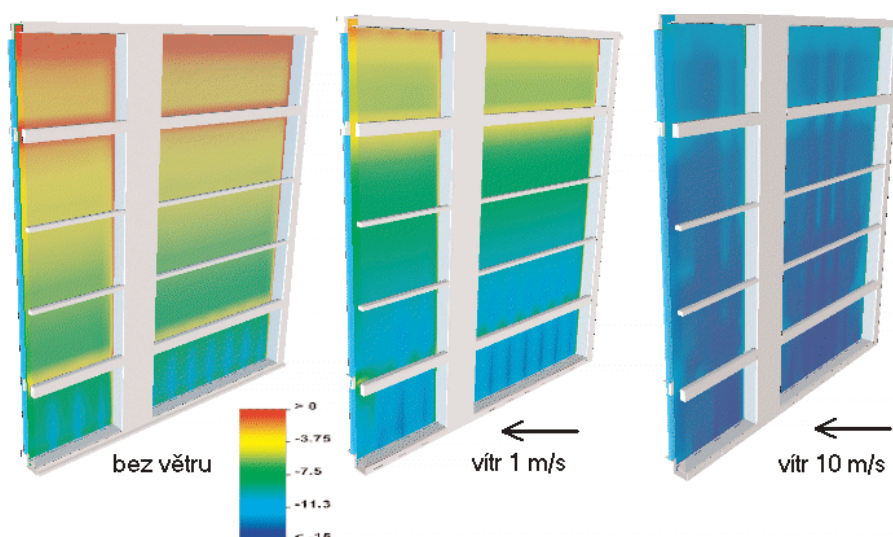
leko přesněji, než stávajícími jednoduchými normovými metodikami. Při použití normového postupu se lze totiž bohužel dosti často setkat se situací, kdy je nutné dvouplášťovou konstrukci posuzovat zjednodušeně na základě odhadu (např. u ploché dvouplášťové střešy s větracími otvory po celém obvodu střešy a s větracími komínky v ploše). Vyhodnotit takové střešy s pomocí CFD programů není problém. Přitom je možné dosti přesně analyzovat i vliv umístění větracích otvorů, vliv typu krycích mřížek či vliv tvaru komínek nebo konstrukcí hřebenových větracích otvorů.

Příklad využití CFD výpočtů

Pro ilustraci možností CFD výpočtů můžeme uvést výpočet součinitele prostupu tepla dvojitého okna, které bylo navrženo pro památkově chráněnou funkcionalistickou stavbu jako konstrukce pohledově shodná s původním oknem (obr. 1). Z těchto důvodů bylo vnitřní křídlo osazeno tepelně izolačním dvojsklem do kovového rámu s přerušeným tepelným mostem a vnější křídlo jednoduchým sklem do rámu bez přerušení tepelných mostů. Prostor mezi oběma křídly byl kvůli riziku kondenzace vodní páry na vnějším zasklení navržen jako mírně provětrávaný vnějším vzduchem drobnými otvory ve spodním a horním rámu okna.

Součinitel prostupu tepla nového okna byl nejprve stanoven postupem podle ČSN EN ISO 10077. S pomocí programu AREA [3] byla vypočtena teplotní pole v detailech všech dílčích rámu a následně i hustoty tepelných toků. Z nich pak bylo možné určit součinitele prostupu tepla dílčích rámu a lineární činitele prostupu tepla v uložení zasklení do rámu (obr. 1). Všechny výpočty byly prováděny pro konzervativní předpoklad, že teplota vzduchu v prostoru mezi dílčími zaskleními odpovídá teplotě venkovního vzduchu. Tepelný odpor při přestupu tepla v prostoru mezi zaskleními byl ovšem zvětšen na hodnotu $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ vzhledem k předpokládané nízké rychlosti proudění vzduchu. Výsledný součinitel prostupu tepla celého okna byl tímto postupem stanoven ve výši $1,6 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Pokud se stejná okenní konstrukce namodeluje v CFD programu FLOVENT [1], bude možné podstatně přesněji hodnotit vliv větrání prostoru mezi zaskleními na výsledný součinitel prostupu tepla okna. Geometrii okna je v tomto případě samo-

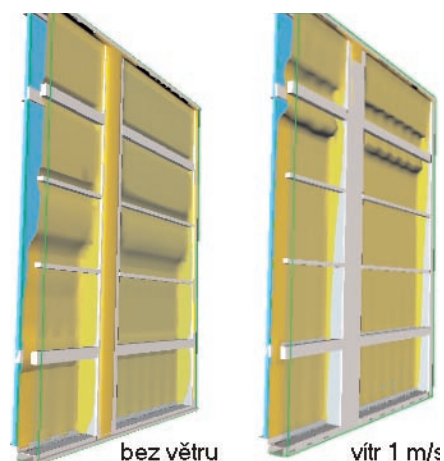


Obr. 2 Teplotní pole ve středu prostoru mezi zaskleními

zřejmě nutné zadávat ve 3D, přičemž tepelné vodivosti dílčích rámu a zasklení musí odpovídat výsledkům řešení podrobných dvourozměrných teplotních polí v detailech rámu. Výpočet byl proveden pro vnitřní teplotu 20 °C , venkovní teplotu -15 °C a pro různé rychlosti proudění větru kolmo na okno. Podívejme se na obr. 2, kde je pro ilustraci vidět rozložení teplot ve středu prostoru mezi zaskleními při různých rychlostech větru. Velmi zřetelně je vidět pronikání chladného vnějšího vzduchu do okenního meziprostoru malými větracími otvory. Za upozornění stojí skutečnost, že při bezvětrí dosahují teploty vzduchu v prostoru mezi zaskleními v horní části okna hodnot i mírně nad 0 °C . Jsou tedy o více než 15 °C vyšší než v exteriéru. Při mírném větru o rychlosti 1 m/s jsou takto vysoké teploty v okenním meziprostoru již jen při horním rámu okna. Při vyšších rychlostech větru (kolem 10 m/s) pak teplota v meziprostoru rychle klesá a pohybuje se od -15 °C do -10 °C . Názorně je na obr. 2 vidět i vliv rámu vnitřního okna – teplota vzduchu v meziprostoru je v jejích blízkosti pozorovatelně vyšší, a to zvláště při nižších rychlostech větru.

Na obr. 3 je pro ilustraci uveden ještě grafický výstup izoploch reprezentujících teplotu -6 °C v prostoru mezi zaskleními pro bezvětrí a pro mírný vítr o rychlosti 1 m/s . Velmi dobře je na tomto výstupu vidět efekt pronikání vnějšího vzduchu do meziprostoru a vliv procházování vzduchové vrstvy přes rámy vnějšího zasklení.

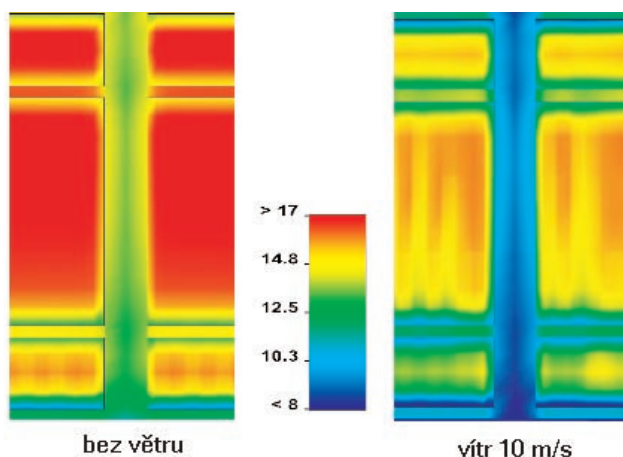
Dosti zajímavě ovlivňuje intenzita provětrávání okenního meziprostoru i vnitřní povrchové teploty na okně. Na obr. 4 je



Obr. 3 Průběh izoplochy -6 °C ve větracích vrstvách mezi zaskleními

pro ilustraci ukázáno rozložení teplot na části vnitřního povrchu okna kolem masivního středového sloupku. Vnitřní povrchové teploty převážně části zasklení jsou při bezvětrí vyšší než 16 °C , zatímco při větru o rychlosti 10 m/s se pohybují maximálně kolem 15 °C a většinou klesají pod hranici 14 °C . Stejně nepříznivě působí větší provětrávání okenního meziprostoru i na vnitřní povrchové teploty rámu (pokles až o 4 °C proti stavu za bezvětrí).

Ve světle těchto výsledků pak již nepřekvapí, že se intenzita provětrávání vzduchového prostoru mezi dílčími zaskleními výrazně projeví v hodnotě výsledného součinitele prostupu tepla okna. V tab. 1 jsou přehledně shrnuty výsledky výpočtu pro různé intenzity provětrávání okenního meziprostoru, které ukazují míru tohoto vlivu. Z výsledků je



Obr. 4 Vnitřní povrchové teploty na výseku okna kolem středního sloupku

zřejmé, že postup výpočtu podle ČSN EN ISO 10077 je v tomto případě spolehlivě na straně bezpečnosti výpočtu. Hodnota součinitele prostupu tepla stanovená tímto postupem – 1,6 W/(m².K) – je o téměř 44% vyšší, než hodnota stanovená CFD výpočtem pro předpoklad bezvětrí. I pro rychlost větru 10 m/s se součinitel prostupu tepla stanovený CFD modelem pohybuje pod hodnotou podle metodiky ČSN EN ISO 10077.

Závěr

Uvedený příklad výpočtu představuje samozřejmě jen velmi letmý pohled do světa CFD modelování. Pro základní seznámení s jeho možnostmi však snad postačí. Je navíc velmi pravděpodobné, že se tato tematika na stránkách odborného tisku bude objevovat stále častěji a další aplikace CFD modelů na sebe ani u nás nenechají dlouho čekat. Zájemce o CFD výpo-

čty lze zatím odkázat například na rozsáhlé webové stránky firmy Flomerics, kde jsou uvedeny i další konkrétní příklady rozmanitých CFD analýz.

Tento příspěvek byl podpořen výzkumným záměrem č. 5 MSM 211100005.

Literatura

- [1] Flomerics Ltd.: Program FLOVENT 4.1, Hampton Court, UK, 1997-2003, www.flomerics.com.
- [2] JANÁK, M.: Simulácia transparentnej dvojsplášťovej vetranej fasády, In: Sborník 2. národní konference IBP-SA-CZ „Simulace budov a techniky prostředí“, Praha 2002, str. 59-64.
- [3] SVOBODA, Z.: Program AREA 2002, Kladno 1991-2002, www.kcad.cz.

Tab. 1 Výsledky výpočtu součinitele prostupu tepla okna

Model	Střední teplota ve vzduchovém meziprostoru °C	Součinitel prostupu tepla okna W/(m ² .K)
ČSN EN ISO 10077	-15 °C	1,6
CFD (rychlost větru 10 m/s)	-13 °C	1,4
CFD (rychlost větru 1 m/s)	-7 °C	1,1
CFD (bezvětrí)	-4 °C	0,9

Informace Sdružení EPS

Členská schůze Sdružení EPS ČR

Ve dnech 26. – 28.6.2003 se v Pieňnském národním parku na chatě Pieňniny konala 28. členská schůze Sdružení EPS ČR.

Hlavními body jednání byly připravované požární zkoušky, úpravy všech vydaných materiálů v souvislosti s novou normou ČSN EN 13 163, nová norma Sdružení EPS 002/03 a příprava loga kvality.

Součástí výjezdního zasedání byla také pěší túra z Lesnice do Červeného Kláštera podél břehu řeky Dunajec. Po prohlídce kláštera následoval sjezd Dunajce na plitích (vorech). Večer byli přítomní členové Sdružení pasování za „Goralov“.

