

Ing. Jiří PETLACH,
Petlach TZB s. r. o.

Návrh a řešení klimatizace kanceláří v administrativním komplexu Luxembourg Plaza

Design and Solution of Air Conditioning at the Offices of the Luxembourg Plaza Administration Complex

Recenzent
Ing. Marcel Kadlec

Luxembourg Plaza je moderní multifunkční objekt nejvyššího standardu z hlediska dosažených mikroklimatických podmínek. Nachází se v Praze 3, Žižkově s čelní fasádou do ulice Jičínská (naproti Obchodnímu centru Palác Flora) na místě bývalých velkoplošných garáží vyhořelých v 70. letech. Komplex obsahuje cca 24 000 m² kancelářských ploch a hotel Marriott se 160 pokoji. V komplexu mají své kanceláře renomované firmy působící na světovém a českém trhu (GTS-Novera, Exxon-Mobile, ORCO Group apod.) Autor v obsáhlém článku uvádí postup koncepčního řešení při projektování klimatizace kancelářských prostor při nadstandardních požadavcích investora na mikroklimatické podmínky, při optimalizaci investičních a provozních nákladů. Velmi podrobně je uveden rozbor vhodnosti použití přírodních elementů při proměnlivém průtoku vzduchu, vč. úpravy vířivého anemostatu. Zároveň je řešeno použití podstropních ventilátorových konvektorů při extrémních požadavcích na chlazení. Závěrem jsou uvedeny velmi zajímavé výsledky modelování proudění v simulovaném prostoru typické kanceláře i zkušenosti z provozu zařízení.

Klíčová slova: administrativní budovy, klimatizace kanceláří, záludnosti použití FCU – záludnosti použití

The Luxembourg Plaza is a modern multi-functional building of the highest standard in terms of the achieved micro-climatic conditions. Situated at Prague 3, Žižkov, it has the front facade facing the Jičínská Street (vis-à-vis the Flora Palace Shopping Centre), replacing the former large-area garage that burn out in 1970s. The complex contains ca. 24 000 m² of office floor space and the Marriott hotel with 160 rooms. At the complex, the offices belong to the reputable firms active on the world and Czech markets (GTS-Novera, Exxon-Mobile, ORCO Group, etc.). In the comprehensive article the author describes the steps of conceptual solutions in designing the office space air conditioning (AC) system investors demands for reading higher than standard micro-climate conditions of optimized investment and operating costs. Presented is a detailed suitability analysis of using inlet elements under variable air flow, including the adjustment of vortex anemostat. At the same time the use of ceiling fan convectors under extreme demands on air conditioning is evaluated. In conclusion, very interesting results of flow simulation in the simulated space of a typical office, and an experience with equipment operations are presented.

Key words: administration buildings, office air conditioning, furtiveness of using the FCU

ÚVODEM

Již v předprojektové a části projektové přípravy se rozhoduje o tom, jaký bude konečný výsledek celého díla. Pokud se zvolí již v této fázi špatné předpoklady a přijme se špatné nebo kompromisní řešení, mohou se tyto nedůslednosti mstít po celou dobu životnosti budovy. To se týká nejen architektury a konstrukčně technického řízení, ale i systému technického zabezpečení budovy, způsob propojení na infrastrukturu apod.

Proto je vhodné, aby se na této fázi řešení příliš nešetřilo, aby každé rozhodnutí bylo podrobeno vnitřnímu auditu.

Projekt administrativně hotelového komplexu Luxembourg Plaza se vyvíjel poměrně dlouhou dobu. Vínou byly nedořešené vlastnické vztahy, komerční nejasnost záměru, financování. Nicméně poměrně dlouhá doba projektové přípravy měla kladný vliv na výše uvedený vnitřní audit investora, který jakékoli rozhodnutí projektanta podroboval analýze jak z hlediska technického řešení a dosažení optimálních a flexibilních vnitřní klimatických podmínek, tak i z hlediska provozních a investičních nákladů. A to s ohledem na uživatele, a tím i možnosti lepšího postavení budovy na trhu s nemovitostmi, i z pohledu investora či provozovatele budovy.

Tento základní filozofický aspekt investora byl pro projektanta hosenou rukavicí, protože tímto přístupem bylo možno v určitých mezích přizpůsobit řešení klimatizace v administrativních plochách daného komplexu uvedeným potřebám uživatelů při optimalizaci investičních nákladů.

ZADÁNÍ

Administrativní část komplexu Luxembourg Plaza má cca 24 000 m² plnohodnotných kancelářských ploch v moderní sedmipodlažní budově s relativně vysokým podílem zasklení, zvláště na východní a jižní fasádě. S ohledem na předpokládané relativně vysoké rozpětí požadovaných teplotních parametrů vnitřního prostředí jednotlivých uživatelů bylo uvažováno, že vnitřní teplota může být celoročně 22 °C ± 1 °C na celé ploše nájemního prostoru kanceláří při výpočtové teplotě -15 °C/+32 °C. Korekce této teploty, která je na místní podmínky v letním období poměrně nízká, je možno provést místním či centrálním přestavením. Dalším striktním požadavkem investora byla maximální flexibilita využívání daného prostoru a vnitřního přičkování, neboť celý prostor kanceláří byl pojat jako velkoprostorová plocha s fasádním členěním po 1,5 m, což byl základní požadavek na vnitřní členění. Dalším faktorem, který určoval zvolený systém klimatizace, byla jednoznačně definovaná výška budovy a konstrukční systém, a tím i minimální světlost a počet podlaží, dispoziční světla výška v podhledu vč. možných průhybů stropní desky. Z hlediska konstrukčního systému byl s ohledem na parkovací plochy v suterénu zvolen konstrukční systém o modulaci 7,5 × 7,5 m.

ZÁKLADNÍ ŘEŠENÍ

Po vyhodnocení všech variant klimatizace, které systémově přicházely v úvahu, byl vybrán systém s konstantním přívodem čerstvého venkovního

vzduchu, kterým je zajišťována i minimální relativní vlhkost vzduchu, v kombinaci s cirkulačními ventilátorovými konvektory (fan-coily) se čtyřtrubkovým rozvodem topné a chladicí vody (dále FCU). Ostatní systémy byly postupně vyloučeny vzhledem k nevýhodám požadavku provozního propojení jednotlivých nájemních prostor a architektonického řešení. Rozhodující byly i investiční náklady jak na vlastní klimatizaci, tak i navazující profese, zvláště pak na plochy pro strojovny a vertikální šachty. S ohledem na architektonické řešení budovy, která má dvě hlavní fasády celoprosklené, i pro plnou využitelnost podlahové plochy kanceláří, bylo rozhodnuto o umístění FCU do podhledu s návazným krátkým potrubním rozvodem k distribučním prvkům.

Světlá výška v podhledu byla v kancelářských prostorech u fasády, vlivem vlastní konstrukce podhledu i možného průhybu desky, pouze 220 mm, což je na umístění FCU příliš málo. Proto bylo nutno, i s ohledem na ostatní rozvody, snížit podhled ve střední části budovy o 300 mm a v tomto prostoru rozmístit všechny fan-coily. S tímto řešením však vyvstaly další problémy, především nutné zamezení šíření hluku mezi jednotlivými kanceláři, vzhledem k hloubce kanceláří 7,5 m (což je přesně ve výškovém zlomu podhledu).

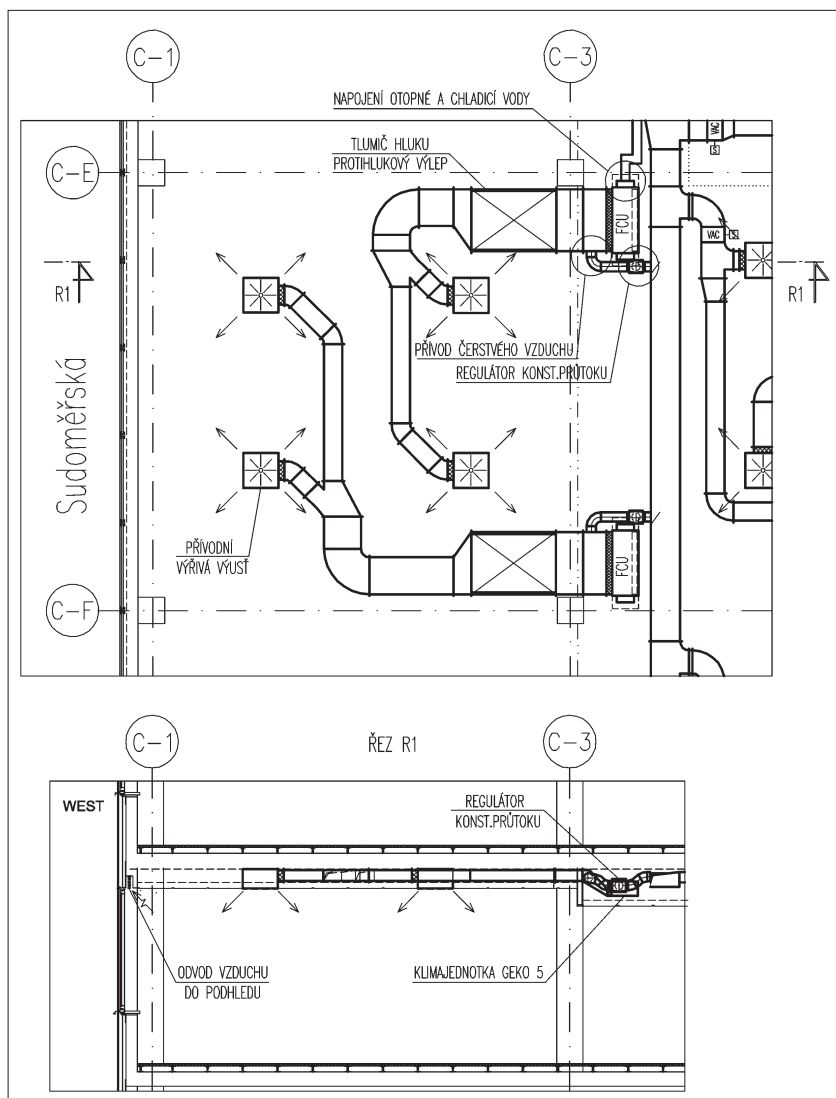
ZÁLUDNOSTI PŘI POUŽITÍ FCU PŘI KLIMATIZACI

Ačkoli klimatizace při použití FCU má nesporně své výhody (vysoká flexibilita provozu, nízké investiční náklady, malé prostorové nároky pro přívod hygienické dávky čerstvého vzduchu apod.), má též značné nevýhody, které mohou být částečně eliminovány projektovým řešením. Pokud se to nepodaří, mohou být tyto nevýhody ještě zvýrazněny.

- Především při použití chladicí vody pod hodnotu rosného bodu je nutno zajistit odvod kondenzátu. S ohledem na požadované teploty vnitřního prostředí a celkové tepelné zátěže, nebylo možné volit teplotu chladicí vody na vstupu do chladicího registru nad rosným bodem. Zvolený teplotní spád chladicí vody byl tedy 6/12 °C.
- S ohledem na zvolený teplotní spád bylo bezpodmínečně nutné používat filtr před vstupem cirkulačního vzduchu do FCU, což vyžaduje pravidelný servis – výměnu filtru cca 2x za rok.
- Ventilátor jednotky má větší možnost provozní poruchy (tím i nutnost častějších servisních zásahů) a dále i větší hlučnost celého systému.

S těmito nevýhodami bylo nutno počítat zvláště při návrhu umístění FCU v podhledu, a to s ohledem na ostatní rozvody a inspekční otvory. Zásadním problémem je vlastní návrh FCU, neboť požadavek vnitřní teploty vzduchu 22 °C a nutnost připojení FCU na potrubní rozvod s tlumiči hluku na sání i výtlačku jednotek podstatně snižuje dispoziční chladicí výkon FCU. Dalším problémem je přívod čerstvého venkovního vzduchu, aniž by se zvyšoval počet distribučních prvků v interiéru, a zároveň, aby se nesnižoval chladicí výkon FCU. Toto bylo řešeno přívodem čerstvého teplotně upraveného vzduchu z centrální jednotky do potrubí za FCU.

Nezanedbatelným problémem, který vzniká obecně při klimatizaci přívodem tepla a chladu jedním distribučním prvkem z podhledu, je různá potřeba tepla a chladu v jednotlivých plochách kanceláří. Při vytápění je nutno přivádět teplo především k fasádní části kanceláří, neboť zde je nejnižší teplota povrchu oken a stavebních konstrukcí a tím i největší pocit chladu v celé administrativní ploše. Naopak uprostřed dispozice při konstantních



Obr. 1 Púdorys a příčný řez kancelářským prostorem vč. umístění klimajednotky FCU a přívodních anemostatů

tepelných zátěží je požadavek na celoroční chlazení. V letním období je pak nutno chladit na celé ploše, přičemž je nutno především chladit v zóně u prosklených a osluněných fasád. Dalším problémem byl požadavek flexibility podhledu v závislosti na osvětlení, sprinklerech a požárních hlásičích. To vše mělo vliv na výběr koncového distribučního prvku v kanceláři.

VÝBĚR DISTRIBUČNÍHO PRVKU

Základními kritérii pro výběr distribučního prvku se staly následující požadavky:

- optimální funkčnost při všech variantách provozu klimatizace kanceláří,
- maximální flexibilita dispozičního uspořádání,
- odpovídající design,
- nízká cena.

Obecně se pro přívod chlazeného vzduchu z podhledu používají tři základní prvky, které svou konstrukcí jsou schopny „udržet“ chladný vzduch pod stropem, dokud se indukcí teplota proudu přiváděného vzduchu nepřiblíží k teplotě v pracovní oblasti. Jedná se o difuzorový anemostat, vířivý kruhový anemostat a štěrbinu. Každý z těchto prvků má své výhody a nevýhody. Štěrbina má velice „lahodivý“ design a je lákavá pro architekty. Z hlediska proudění vzduchu má jasně definovaný charakter a proudění ze štěrbiny lze velmi dobře matematicky modelovat. Určitou nevýhodou je její poměrně vysoká cena, omezená flexibilita při zkracování kancelářských ploch a poměrně vysoká tlaková ztráta mající vliv na dimenzování

FCU. Difuzorový anemostat, jehož používání se v poslední době velmi omezilo, má obdobně jako štěrbina poměrně jasně definované proudění vzduchu v místnosti, avšak oproti štěrbině není možno nastavit různé proudění vzduchu do jednotlivých stran. Tlaková ztráta prvku je obdobná jako u štěrbiny. Z hlediska návrhu a následné montáže do rastrového minerálního podhledu 600 × 600 mm jsou určité problémy, neboť tomuto rástru většinou náleží pouze jeden typ difuzorového anemostatu o poměrně vysokém jmenovitém průtoku vzduchu. Při nižším průtoku vzduchu se tento anemostat v režimu chlazení chová jako vyústka. V poslední době se vývoj difuzorových anemostatů s ohledem na umístění do minerálních podhledů zastavil a jejich použití se v rastrových podhledech omezilo. Dalším nedostatkem tohoto prvku je oproti vířivým anemostátům vyšší cena.

Vířivé stropní anemostaty v posledních letech při umístění do minerálního rastrového podhledu dosáhly velké obliby, zvláště pak s pevně nastavenými lopatkami, a to s ohledem na příznivý vzhled, flexibilitu rozmístění, nabídku velikostí do jednotného rástru podhledu a nízkou cenu. Z hlediska technického návrhu je příznivý rychlý pokles teplotního rozdílu mezi přívodem vzduchu z anemostatu a vnitřním prostředím. Určitou neznámou u těchto prvků vlivem vysoké indukce je obraz proudění, který nelze matematicky na modelu stanovit.

Po zvážení všech výše uvedených variant bylo zvoleno použití vířivých anemostatů s tím, že dodavatel provede v rámci dodávky a tzv. „full service“ i laboratorní proměření navrženého prvku projektantem za všech provozních stavů v laboratorním prostředí, a v návaznosti pak budou provedena měření ve zkušební místnosti. Před projektantem tak stál základní problém v maximální míře navrhnout takovou úpravu vířivého anemostatu jako koncového prvku, aby se příliš nezvýšila cena výrobku, ale zároveň, aby se ve spojení s přívodním čtyřtrubkovým fan-coilem zvýšila jeho celková technická úroveň.

ANALÝZA

Před zahájením návrhů na úpravu vířivého anemostatu předcházely rozbor vhodnosti stávajícího výrobku pro použití v kombinaci s FCU. Proto bylo zvoleno několik základních kritérií, dle kterých bude analýza prováděna:

- a) proudění vzduchu v místnosti pro režim vytápění a chlazení,
- b) obrazy v proudění v celé místnosti,
- c) snižování tlakové ztráty prvku.

Uvedené požadavky nebylo možno posuzovat odděleně, neboť jeden požadavek navazuje na druhý a vzájemně jsou provázány.

V současné době jsou vířivé anemostaty, jako koncový prvek některých způsobů klimatizace, uzpůsobeny pro centrální přívod vzduchu, je možno je použít i pro přívod vzduchu z FCU. Většina výrobců vířivých anemostatů limituje použitelnost tohoto prvku provozním rozdílem teplot ± 10 K, což u FCU v napojení na chlazenou vodu s teplotním spádem 6/12 °C bývá problém, zvláště v případech, kdy je centrálně přiváděný, teplotně upravený a odvlhčený vzduch přiváděn až za FCU. V tomto případě se zvýší dispoziční citelný chladicí výkon a sníží se teplota přiváděného vzduchu pod 11,5 °C. Totéž může platit i pro vytápění při vstupních teplotách topné vody nad 50 °C. Rizikový z hlediska proudění je však případ chlazení, kdy příliš nízká teplota vzduchu může vlivem hustoty chladného vzduchu způsobit odtržení proudu přiváděného vzduchu od stropu a vznik nekontrolovaného proudění v místnosti a pocit průvanu v některých místech. Tento jev je u FCU problematičtější s ohledem na proměnlivý průtok vzduchu přes FCU a i vlivem zanášení filtrů. Je nutné si uvědomit, že čím nižší je průtok vzduchu FCU, tím je teplota přiváděného vzduchu v režimu chlazení nižší, a tím i „dynamika“ proudu vzduchu vystupující z anemostatu. Proto tento proud vzduchu má tendenci se odtrhnout od stropu a „padat“ do obyvatelné zóny. Z toho důvodu při návrhu FCU je nutno v úvahu brát charakteristiky ventilátorů FCU a dispoziční tlak při daném chladicím výkonu

a průtoku vzduchu. V případě Luxemburg Plaza byly použity jednotky GEKO s radiálními ventilátory od fy GEA-LVZ. Jak bylo již v úvodu tohoto odstavce uvedeno, vířivé anemostaty byly původně určeny pro centrální přívod vzduchu, kdy určitý odpor koncového prvku je vhodný, neboť při relativně malé tlakové ztrátě páteřního rozvodu působí tento odpor samoregulačně. V případě FCU však tento odpor má kontraproduktivní charakter, neboť zvětšuje buď velikost FCU ve prospěch externí ztráty, nebo je nutné zvýšit otáčky FCU a tím i hlučnost FCU. Proto v tomto případě je vhodné tlakovou ztrátu koncového prvku snížit. Tlaková ztráta vznikající v pevném vířivém anemostatu má i své opodstatnění ve vlastní funkci anemostatu.

Anemostat je konstrukčně proveden pro možnost:

- a) flexibilního umístění v rástru podhledu 600 × 600 mm,
- b) snadné montáže tohoto prvku,
- c) určité flexibility při montáži,
- d) jednoznačné proudění vzduchu z vířivého anemostatu.

Konstrukčně je tento prvek navržen tak, aby z hlediska interiéru, obdobně jako difuzorový anemostat, mohl být umístěn přesně dle návrhu podhledu a napojení provedeno ohebnou hadicí. Jmenovitý průtok vzduchu koncovým prvkem a návazný rozměr kruhového napojení ohebnou hadicí jsou určujícím prvkem pro výšku distribučního boxu, a tím i nutnou světlou výšku v podhledu pro jeho umístění. Součástí zaústění bývá i jednolístová klapka z děrovaného plechu, kterou je možno po sejmutí čelní desky anemostatu zaregulovat průtok vzduchu anemostatem. Kruhové zaústění je vůči ploše boxu vířivého anemostatu relativně malé, přičemž je nutno změnit směr proudění vzduchu o 90°.

Právě tímto napojením vzniká dosti značná tlaková ztráta, která ještě vzrůstá dalším prvkem, který je do připojovacího boxu vložen pro zrovnoměnění proudu vzduchu – děrovaným plechem, plnicím funkcí difusoru. Účelem tohoto difusoru je „absolutní“ zrovnoměnění rychlostního pole v boxu tak, aby za ním byla v celé ploše boxu stejná rychlost proudění. Toto konstrukční řešení umožňuje:

- sjednocení boxů a možnost použití různých typů desek pro stejnou velikost připojovacího boxu, a tím i jednodušší definice vznikajícího proudění;
- zamezení zpětného přísávání středem boxu vlivem indukce a vzniku sekundárního proudění uvnitř boxu.

Další tlaková ztráta vzniká pak vlastním výstupem vzduchu v anemostatu, kdy je nutno výstupní rychlost zvýšit tak, aby nedošlo k pádu chladného vzduchu o nízké teplotě přímo do pracovní oblasti. Např. při velikosti vířivého anemostatu 600 a průtoku vzduchu 720 m³·h⁻¹, rychlost proudění vzduchu v připojovací hadici je cca 4 ms⁻¹, při průtoku boxem klesá rychlost vzduchu na cca 0,6 ms⁻¹ a výstupní rychlost v nejmenším profilu 20 × 60 mm je opět 3,0 až 3,5 ms⁻¹.

Dalším okruhem problémů je vlastní nastavení výstupního úhlu vzduchu z anemostatu (což platí pro všechny přívodní prvky z podhledu – anemostaty i štěrbiny) tak, aby nedošlo k předčasnému odtržení proudu chladného vzduchu od stropu a zároveň při režimu vytápění, aby se teplý vzduch dostal do pracovní zóny. Je empiricky i výpočtově stanoveno, že pokud je úhel výstupu z anemostatu vůči rovině podhledu menší než 20°, proud vzduchu se spolehlivě udrží pod stropem, zvýšením této hodnoty úhel nad 30° se stává proud velmi nestabilní a hrozí odtržení proudu vzduchu. Záleží však na provozním rozdílu teploty na výstupu z anemostatu a v okolí anemostatu. Při hodnotě nad 35° se již chová anemostat v režimu chlazení jako vyústka, a vzduch je vyfukován k podlaze. Na počátku používání vířivých anemostatů si toto výrobci uvědomovali a především byly vyráběny anemostaty s nastavitelným směrem výtoku vzduchu z přívodního boxu.

S ohledem na:

- neoblíbenost u architektů z hlediska vzhledu,
- relativně vysoké výrobní náklady,

- nemožnost přesného nastavení válečku a možnost neodborného manipulování s nastavením se anemostaty s možností nastavení směru výtoku vzduchu přestaly používat.

Proto se v poslední době čím dál tím více prosazují vířivé anemostaty s pevným nastavením výstupního proudu vzduchu, jak z hlediska úhlu výstupního vzduchu z anemostatu, tak i směru otáčení proudu vzduchu.

PŘEDPOKLADY NÁVRHU

Při návrhu úprav vířivého anemostatu pro připojení na mezistropní FCU je nutné dokonale analyzovat veškeré předpoklady, které stály při zrodu vířivého anemostatu, který sloužil pro přívod vzduchu z centrálního rozvodu čerstvého venkovního vzduchu, nikoli však jako koncový prvek pro distribuci tepla a chladu z FCU. Proto před návrhem koncového prvku pro vytápění a chlazení s FCU v administrativní části Luxembourg Plaza byly položeny následující otázky, které opět nelze řešit jednotlivě, ale jako jeden, navzájem se prolínající celek:

- Je opravdu kruhový vířivý anemostat tím nejlepším prvkem pro zvolený systém?
- Jsme schopni zajistit po celé ploše požadované mikroklimatické podmínky, aniž by pracovníci v pobytové zóně byli obtěžováni velkou rychlostí proudění a nepříjemným ochlazováním?
- Jsme schopni navrhnout takové úpravy anemostatu, které by snížily jeho tlakovou ztrátu, a tím se mohla zmenšit velikost FCU i hlučnost celého systému?
- Jsme schopni snížit připojovací box tak, aby se vešel do podhledu, aniž by se omezila funkčnost jednotlivých prostorů?

Pro vlastní technické řešení jsme si položili další dílčí otázky a zároveň jsme se pokusili na ně odpovědět:

- Je možné snížit světlou výšku připojeného boxu tím, že bude napojovací potrubí čtyřhranné nebo bude místo jednoho kruhového napojení použito dvou menších kruhových průměrů, což by mohlo přinést úsporu až 100 mm v podhledu?
- Je možné snížit váhu a materiálovou náročnost připojovaného boxu tím, že bude připojovací box válcový?
- Nebylo by vhodné při použití válcového boxu jej vyrobit z plastu?
- Nebylo by možné snížit tlakovou ztrátu připojovaného boxu, a tím i celého prvku, asymetrickým připojením potrubí k boxu a zároveň v prostoru připojovaného boxu vyvolat „vířivé“ proudění? V případě vířivého proudění je však nutno počítat s přisáváním vzduchu středem desky a tím i proudění vzduchu uvnitř boxu. Je to vhodné pro danou aplikaci?

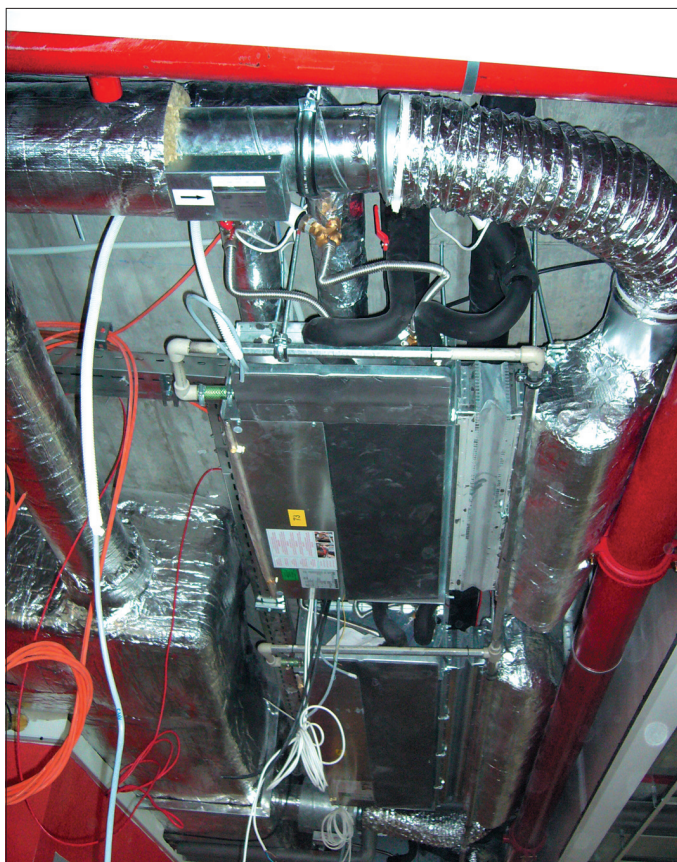
Opět jako u předchozích řešení tohoto problému, není možno řešit jednotlivé otázky odděleně od ostatních. Jak bylo uvedeno, není možno se při získání odpovědí opírat o výpočtové či modelové metody. Na část otázek je možno nalézt odpověď odborným odhadem či intuicí a následně pak odhad ve zkušebně experimentálně ověřit. Při návrhu vířivých anemostatů, po dohodě s dodavatelem stavby, padla volba na slovenského výrobce IMOS-ASEK, který v rámci dodávky distribučních prvků před zahájením výroby provede ověřovací zkoušky. Zadáním bylo simulovat požadavky vnitřního prostředí jak při vnitřních tak i vnějších tepelných zátěžích a ztrátách při různých provozních stavech.

Při společném hledání odpovědí na výše uvedené otázky jsme dospěli po několika technických konzultacích a vyrobení několika vzorků jak vlastních desek, tak i připojovacích boxů, a několika desítek pokusů (možná i stovek měření při simulaci různých klimatických podmínek), k následujícím odpovědím.



Obr. 2 Tangenciální napojení připojovacího boxu čtyřhranným potrubím

- Vířivý anemostat je pro klimatizaci administrativních ploch při použití FCU po určitých úpravách velmi vhodný, neboť nejlépe reaguje i na snížení průtoku vzduchu tímto distribučním prvkem.
- Optimální nastavení lopatek pevného vířivého anemostatu při požadovaných mikroklimatických podmínkách a zvoleném systému klimatizace se pohybuje od 26 do 28°. Při vyšším nastavení úhlu lopatek se proud vzduchu odtrhuje při režimu chlazení od stropu a v trychtýřovitém obrazu proudění se dostává do pracovní zóny. Vlivem intenzivního proudění vzduchu v tomto trychtýři dochází velmi rychle k vyrovnání teplot, avšak není možno dodržet nejvyšší dovolené rychlosti proudění v pobytové zóně.
- Použitím válcového připojovacího boxu s tangenciálním připojením vyvolávající kruhové vířivé proudění ve válcovém boxu při použití desky s pevnými lamelami působí na systém velmi příznivě:
 - Dochází k předpokládanému přisávání vzduchu středem desky (cca 10 až 25 % jmenovitého průtoku vzduchu). Přiváděný vzduch z FCU se smísí již v boxu se vzduchem z místnosti a teplota v boxu se tím částečně vyrovnává (zvláště v letním provozu).
 - Přiváděný vzduch do místnosti má pak menší pracovní rozdíl teplot, který již odpovídá požadovanému pracovnímu rozdílu teplot 10 K mezi přiváděným vzduchem a teplotou v místnosti. Tento jev se též pozitivně projevuje i při nastavení úhlu lamel v desce pro vystupující vzduch.
 - Tangenciální napojení a vířivý proud vzduchu snižuje celkové tlakové ztráty vířivého anemostatu jako celku. Při proměření tlakové ztráty byla tato hodnota bez vnitřní izolace (viz dále) cca o 50 až 60 % nižší než u standardního připojovacího boxu.
 - Snížení výšky boxu je možné buď čtyřhranným připojením nebo použitím dvou menších kruhových hrdel. V praxi se spíše uplatní napojení ohebného potrubí na dvě kruhová hrdla, protože čtyřhranné pružné připojení se při realizaci neosvědčilo (malá výrobní základna čtyřhranných pružných připojení a malá variabilita tras čtyřhranného potrubí při montáži).
 - Box není vhodné vybavit regulačními klapkami na vstupu ani vnitřním děrovaným plechem (difusor). Šroubové připojení desky je nutno řešit pomocnou konstrukcí uvnitř boxu.
 - Pro zlepšení útlumu hluku a zvýšení užité hodnoty boxu byl box na vnitřním povrchu vylepen izolací na bázi polyuretanové pěny o tl. 12 mm. Tímto vylepením se dosáhne:
 - snížení tepelných ztrát boxu při odvodu hygienického i cirkulačního vzduchu přes odsávaný podhled;
 - snížení hlučnosti systému (od FCU) cca o 3 dB (A).



Obr. 3 Když je málo místa – umístění FCU v podhledu včetně přívodu čerstvého vzduchu a rozvodů topné a chladicí vody

g) Plastový box je možné vyrobit, ale vzhledem k napojení vzduchotechnického potrubí, křehkosti prvku a možnosti poškození při montáži, bylo od tohoto řešení upuštěno.

LABORATORNÍ PRŮBĚH ZKOUŠEK

Vlastní příprava zkoušek v laboratořích a přesné definování zadávacích podmínek začalo v dubnu 2004. Jako typový administrativní modul bylo rozhodnuto použít plochu o šířce 3,8 m a délce 7,5 m s tím, že budou uvažována dvě samostatně regulovaná teplotní pásma:

- vnitřní pásmo,
- vnější pásmo u oken.

Z hlediska umístění zkušební modulu vůči vlastní stavbě byla uvažována západní fasáda s 80 cm parapetem. Tato fasáda byla zvolena z důvodu zimního provozu, protože pod parapetem na rozdíl od celoprosklených fasád není vybavena podlahovým statickým konvektorem na eliminaci negativního sálání ve spodní části prosklení. Simulace byla prováděna v prostoru, který byl vestavěn do stávající výrobní haly v sídle výrobce IMOS-ASEK v Kalinkovu u Bratislavy. Vestavba byla provedena ze sádkartonových a skleněných příček. Pro simulaci vnější tepelné zátěže od sluneční radiace byla „okenní fasáda“ umístěna u stávající fasády s oknem orientované na západ. Vlastní nastavení tepelné zátěže od slunečního záření bylo simulováno nastavením okenních žaluzií, které nahrazovaly kvalitní solární faktor skutečně použitých skel na fasádě Luxembourg Plaza.

Venkovní klimatické teplotní podmínky simulovalo klimatizačního zařízení, které udržovalo v dutině mezi „kancelářskou fasádou“ a skutečnou fasádou haly požadované teplotní podmínky tak, aby na povrchu skla byly dodrženy odpovídající teploty letního a zimního maxima.



Obr. 4 a, b, c Kouřová zkouška – chlazení, přívod jedním anemostatem

Vnitřní tepelné zátěže byly simulovány především žárovkami příslušného příkonu v krytech pro omezení sálání a svítidly, která byla umístěna v podhledu simulované kancelářské plochy a přibližně odpovídala typem a světelným výkonem druhu osvětlení, který měl být při realizaci použit.

Vnitřní tepelné zátěže byly nastaveny na následující hodnoty vnitřních tepelných zisků od:

- osob 8 Wm⁻²
- technologií 25 Wm⁻²
- osvětlení 20 Wm⁻².

Klimatizace ve zkušebně byla provedeno tak, jak bylo následně realizováno na stavbě:

1. Pro každou kancelářskou zónu byl instalován samostatný čtyřtrubkový FCU, který byl umístěn za zdí vedlejší místnosti pod stropem.
2. Propojení mezi FCU a danou „kancelářskou plochou“ bylo provedeno tepelně izolovaným potrubím s vnitřním akustickým výlepem profilované tepelné izolace Armaflex.
3. Za výstupem vzduchu z FCU bylo napojení čerstvého vzduchu v množství cca $5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}/\text{m}^2$ podlahové plochy kanceláře tak, aby byl možný nasimulovat skutečný průtok vzduchu distribučním prvkem.
4. Pro danou kancelářskou plochu byly zvoleny dva vířivé anemostaty, pro každý FCU samostatně umístěné v podhledu dle předpokládaného umístění. Napojení anemostatů čtyřhranným ohebným potrubím.
5. Odvod vzduchu byl řešen mřížkami v podhledu.

Výsledky zkoušek byly výrobcem prezentovány na jednání počátkem května 2004, kdy byly též prováděny kouřové zkoušky, umožňující zviditelnění proudění vzduchu v místnosti. V jejich rámci byla senzory snímána teplota vzduchu v různých místech laboratorní plochy. Dále byla snímána v některých místech rychlost proudění vzduchu. Po skončení kouřové zkoušky si účastníci prezentace (investor Orco-Group, manažer projektu G&T, generální dodavatel Skanska CZ a.s., generální projektant CMA s.r.o.) mohli v daném prostoru individuálními přístroji porovnat výsledky měření, které odpovídaly zadání.

V pobytové zóně při různých nadstandardních provozních zátěžích a simulaci různých venkovních klimatických parametrů bylo po určité době (do 5 minut po přestavení parametrů) dosaženo požadovaných parametrů:

- teploty $22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$,
- rychlosti proudění vzduchu v pobytové zóně do $0,2 \text{ ms}^{-1}$.

ZÁVĚR – POZNATKY Z REALIZACE A PROVOZU

Komplex Luxembourg Plaza byl zkolaudován a postupně uváděn do provozu v 1. polovině roku 2006. Administrativní plochy byly zprovozněny postupně dle pronájmu různými společnostmi na základě upravených rozvodů instalací dle nových dispozic uživatele.

Nicméně dle prvních zkušeností lze konstatovat, že:

1. Provoz prokázal plnou funkčnost tohoto systému při správném provozování.
Problémy mohou nastat při:
 - a) zanesení filtrů, kdy průtok vzduchu FCU a tím i přes distribuční prvek klesnul pod kritickou mez (tj. cca 60 % jmenovitého průtoku vzduchu);
 - b) dodatečných úpravách interiéru, kdy vysoké skříně či jakékoli dodatečně umístěné prvky tvořící přičku nebo zástěny v místnosti usměrní proud vzduchu k podlaze. V tomto případě se podstatně zvyšuje i rychlost proudění vzduchu při podlaze nebo na ploše stolu, který je přiražen ke stěně.
2. Při montáži se jednoznačně prokázalo jako vhodnější připojení k páteřnímu rozvodu použití dvou kruhových ohebných potrubí menšího průřezu než čtyřhranným průřezem.

Poznámka na závěr,

kteřá platí pro všechny druhy klimatizací s přívodem vzduchu z podhledu:

- Prvek v podhledu, jehož povrchová teplota je nižší než $15 \text{ }^\circ\text{C}$, působí i radiální složkou chlazení.
- V některých případech, kdy pod tímto prvkem byla umístěna pracovní plocha s černou či tmavou barvou, byla tato plocha touto radiální složkou chlazení velmi ovlivněna, čímž povrchová teplota pracovní desky byla nižší než teplota okolí. Zvláště pak, když na tuto plochu nedopadalo sluneční záření ani světlo. Proto si část zaměstnanců stěžovala na negativní pocity při práci na této pracovní ploše. ■

SOUTĚŽ MLADÝCH AUTORŮ

V časopisu VVI čísle 1/2006 vyhlásila redakční rada pro rok 2006 čtvrtý ročník soutěže o

**„Cenu prof. Pulkrábka
za nejlepší článek mladého autora v časopisu STP“**

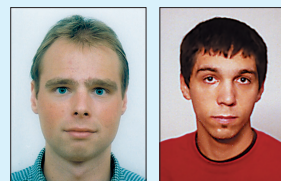
Do soutěže bylo zařazeno celkem 15 článků autorů mladších 36 let, kteří vyhověli pravidlům soutěže a zároveň byli i hlavními autory článků (jejich podíl na článku při dalších spoluautorech musel být větší než 50%). Články hodnotila tříčlenná soutěžní komise, recenzent a vedoucí redaktor. Redakční rada časopisu rozhodla na svém zasedání dne 18. ledna 2006 udělit:



I. cenu Ing. Tomáši **MATUŠKOVI, Ph.D.** za článek „*Vliv návrhu trubkového registru absorberu na účinnost solárního kolektoru*“ uveřejněný v čísle 3/2006 s finanční odměnou 5 000 Kč.



II. cenu Ing. Vítu **Koverdynskému** za článek „*Tepelná izolace s kapilárně aktivní tkaninou pro rozvody chladu*“ uveřejněný v čísle 1/2006 s finanční odměnou 3 000 Kč.



III. cenu autorům Ing. Jakubu **Kolaříkovi** a Ing. Jánů **Babiakovi** za soubor článků

„*Použití tepelně aktivních prvků stavebních konstrukcí k vytápění a chlazení kancelářských budov – díl I a II*“ uveřejněných v číslech 1 a 5/2006 s finanční odměnou 2 000 Kč.

Oceněné články měly nejvyšší hodnocení podle zveřejněných kritérií soutěže a přispěly k rozšíření technických informací a znalostí v oboru.

Ceny budou předány na konferenci „Vytápění Třeboň 2007“ dne 15. května 2007.

Redakční rada gratuluje oceněným autorům a děkuje všem ostatním autorům za zveřejněné články.

Ing. Marcel Kadlec
předseda komise