

Klimatizace administrativních budov s vysokým podílem prosklení fasád

Air conditioning of administrative buildings with high all over facade glazing

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

Autor se zabývá nejprve všeobecnou problematikou klimatizace administrativních budov. V dalších částech se věnuje jednotlivým druhům fasád s vysokým podílem prosklení a uvádí možná řešení klimatizace.

Klíčová slova: administrativní budovy, celoprosklené fasády, systémy klimatizace AB, klimatizace

Recenzenti
Ing. Marcel Kadlec
Doc. Ing. Karel Brož, CSc.

At first the author deals with general problems of administrative buildings air conditioning. In further parts the author devotes his attention to individual types of façades with high portion of all over glazing and indicates possible solutions of air conditioning.

Key words: administrative buildings, all over glazed façades, AB air conditioning systems, air conditioning

V posledním období se mění charakter práce. Místo těžké či střední fyzické práce převažuje práce charakteru lehkého fyzického zatížení či práce duševní. Tomuto faktu je nutno přizpůsobit i odpovídající pracovní prostředí. V průběhu poslední doby se zvýšily nároky na mikroklimatické podmínky jak pro jednotlivé druhy práce, tak i pro ostatní činnosti. Z hlediska charakteru pracoviště se jedná především o pracovní plochy s převažující administrativní činností vč. potřebného zázemí.

Limity určující mikroklimatické podmínky jsou dány především nově v nařízení vlády č. 178/2001 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zaměstnanců při práci, resp. v nařízení vlády č. 502/2000 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Pro administrativní činnosti je možno zařadit tento druh práce do I. třídy (sezení s mírnou aktivitou, uvolněné stání), s energetickým výdejem (vč. bazálního metabolismu) do 80 W/m² lidského těla.

Dle tabulek v příloze č. 1 část A výše uvedeného nařízení vlády č. 178 lze stanovit příslušné mikroklimatické podmínky pro daný způsob práce takto:

Teplé období

operativní teplota
rychlost proudění vzduchu
relativní vlhkost vzduchu

$t_0 = 20$ až 28 °C
 $v_a = 0,1$ až $0,2$ ms⁻¹
 $\varphi = 30$ až 70 %.

Chladné období

operativní teplota
rychlost proudění vzduchu
relativní vlhkost vzduchu

$t_0 = 18$ až 24 °C
 $v_a = 0,1$ až $0,2$ ms⁻¹
 $\varphi = 30$ až 70 %.

Do pracovní zóny je třeba přivádět při tomto druhu práce min. 50 m³h⁻¹ venkovního vzduchu na osobu, přičemž podíl čerstvého vzduchu v celkovém množství přiváděného vzduchu nesmí klesnout pod 15 %.

Další limitující faktor vychází z požadavků na prostor, protože volná podlahová plocha pro jednoho zaměstnance musí být minimálně 5 m² (mimo zařízení a spojovací cesty) u klimatizovaných pracovišť, pro neklimatizovaná pracoviště je povoleno za stejných předpokladů pouze 2 m² na jedno pracoviště, ale pro jednoho zaměstnance je požadováno 20 m³ vzdušného prostoru.

Tolik velmi zhruba platné nařízení vlády pro dimenzování klimatizačních zařízení administrativních ploch. Z těchto požadavků lze dovodit pro projektování následující závěry.

a) Čerstvý vzduch

Za podmínky, že volná podlahová plocha pro jedno pracoviště bude 5 m² a zařízení kanceláře vč. spojovacích cest bude dalších 5 m², je možno uvažovat při návrhu větracích a klimatizačních zařízení v projektové fázi bez znalosti interiérového vybavení, celkovou plochu na 1 pracovníka 10 m², čemuž odpovídá minimální přívod vzduchu 5 m³h⁻¹ na 1 m² celkové administrativní plochy.

b) Teplota vzduchu

Požadavek na teplotu vzduchu je z hlediska nařízení vlády č. 178 velmi mírný, neboť spodní přípustná hranice operativní teploty pro typického administrativního pracovníka zvláště vyššího věku není únosná pro trvalé pracovní místo (4,5 hodiny na jednom místě).

V praxi doporučuji dodržovat teploty dané původní hygienickou směrnicí č. 46 (resp. 66), kde výsledná teplota by se měla pohybovat v rozmezí od 21,5 °C pro chladné období do 25,5 °C pro teplé období. Odchytky od těchto hodnot by měly být připuštěny pouze pro extrémní hodnoty venkovního prostředí nebo dlouhodobé působení venkovních teplot na hranici extrému.

c) Vlhkost vzduchu

Za předpokladu, že minimální požadovaná vlhkost v prostoru je 30 % je nutno v zimním období za předpokladu přívodu vzduchu 50 m³h⁻¹ na pracovníka přiváděný vzduch zvlhčovat cca o 3 g/kg čerstvého vzduchu, což při návrhu budov představuje navlhčení cca 0,015 kg h⁻¹ na m² celkové podlahové administrativní plochy.

d) Rychlost proudění vzduchu

Z požadavků příslušného nařízení vlády vyplývá, že přívody vzduchu je nutno přívody vzduchu řešit buď proměnným průtokem vzduchu nebo nastavitelnými či přestavitelnými lamelami přívodu vzduchu s nastavením směru proudění do pracovního místa.

Poznámka:

S dodržením minimální rychlosti proudění vzduchu v pracovní oblasti v letním období bude pravděpodobně u většiny moderních klimatizačních systémů značný problém, zvláště u systémů s konstantním průtokem vzduchu, (u klimatických – chladicích stropů, stropních indukčních jednotek apod.), neboť tyto systémy jsou většinou navrhovány jako bezprůvanové tj. s prouděním v pracovní oblasti pod $v_a \leq 0,1$ ms⁻¹. Naopak by se v duchu tohoto nařízení měly používat systémy s parapetními nebo stropními jednotkami s více otáčkami nebo s proměnným průtokem vzduchu (VAV), vhodně volenými distribučními prvky s regulací výkonu výměníku zamezující skokovou změnu teploty.

1. DIMENZOVÁNÍ KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Moderní trend klimatizace, na základě poznatků z výzkumu vlivu mikroklimatických podmínek na pracovní výkonnost administrativních pracovníků, doporučuje v prostoru zajistit teplotu 21 °C v zimním období a 24 °C v letním období pokud možno bezprůvanovým efektem (tj. rychlost proudění do 0,1 ms⁻¹ v pracovní oblasti).

To znamená, že většina klimatizačních systémů optimálně funguje do celkové citelné zátěže 85 Wm⁻² s maximem cca 105 Wm⁻² celkové podlahové plochy. V případě hranice rychlosti proudění vzduchu do 0,25 ms⁻¹ je možno i uvažovat s hranicí maximální tepelné zátěže do 160 Wm⁻².

Při specifikaci posuzování jednotlivých druhů tepelných zatížení na standardní pracovní administrativní místo je možno uvažovat s následujícími hodnotami citelné tepelné zátěže:

- osoby* do 10 Wm⁻², obvykle 7 Wm⁻²;
- osvětlení* maximálně 20 Wm⁻² při uvažování radiace se většinou používá 50 % z této hodnoty;
- technologie* závisí na charakteru provozu kanceláře. U větších objektů, kdy kopírovací centra a servery jsou umístěny v samostatných klimatizovaných místnostech, lze uvažovat cca 20 Wm⁻². V případě, že se jedná o nedefinovanou administrativní plochu, je nutno uvažovat min. 30 Wm⁻².

Celkem je tedy nutno uvažovat celkovou vnitřní citelnou zátěž cca 50 Wm⁻². Proto je nutno obvodový plášť navrhnout tak, aby poměrná část venkovní tepelné zátěže nepřevýšila hodnotu 40 až 45 Wm⁻² podlahové plochy daného prostoru.

Za předpokladu, že standardní kancelář bude mít hloubku 5 m, je potom třeba zajistit, aby tepelná zátěž připadající na 1 m délky fasády byla nejvýše 220 až 225 W.

U budov s jednotlivými okny je tato hodnota dosažitelná bez větších problémů s minimálními opatřeními. V případě pásových oken či celoprosklených fasád je nutno přijmout technicky a investičně velmi náročná opatření, aby bylo dosaženo požadovaných hodnot.

Při navrhování klimatizačních zařízení těchto moderních administrativních budov s velkým podílem prosklených ploch je nutno vzít v úvahu následující podmínky pro výpočet:

- a) na oknech jsou většinou používány stínící prostředky, především žaluzie, aby bylo dosaženo minimálního přesvětlení pracovního místa při práci s počítačem. Umístění žaluzií má velký vliv na tepelnou bilanci.
- b) je nutno počítat s ekvivalentními hodnotami jak pro stínící součinitele tak i pro koeficienty prostupu tepla pro stanovení koncových prvků klimatizace;
- c) stavební konstrukce těchto budov společně s interiérem (většinou je osazen minerální kazetový podhled) neumožňuje počítat s akumulací tepla a chladu do stavebních konstrukcí a v praxi je možno pro výpočet klimatizačního zařízení je zanedbat (mají vliv pouze na energetickou náročnost).

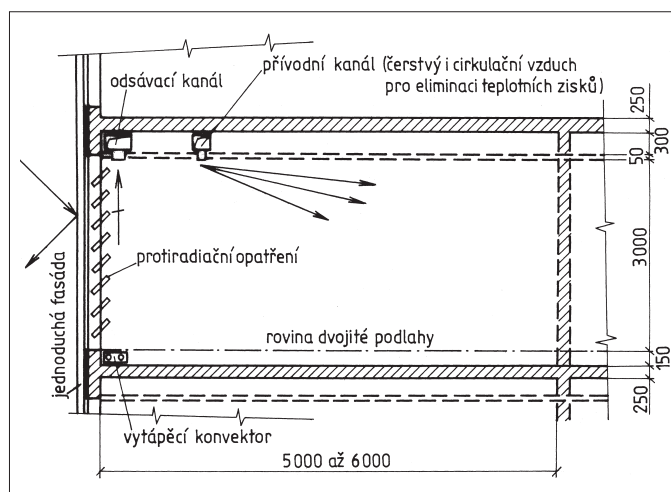
Jako základní druhy fasád, které připadají v úvahu je možno uvažovat s:

- jednoduchou fasádou s dvojitým či trojitým zasklením,
- zdvojenou fasádou s odvětrávanou vnější fasádou,
- zdvojenou fasádou s odvětrávanou vnitřní šterbinou.

Každá z těchto fasád má určitá specifika, která mají výrazný vliv na dimenzování klimatizačního zařízení.

a) Jednoduchá fasáda (obr. 1)

Jednoduchá fasáda v základním výpočtu neskrývá oproti standardnímu výpočtu výjimečné nástrahy. Je však nutno vhodně do výpočtu zakomponovat vliv použitých stínících prvků (ocelové konstrukce sloužící jako slunolamy či mar-



Obr. 1 Schéma klimatizace administrativních budov s jednoduchou fasádou

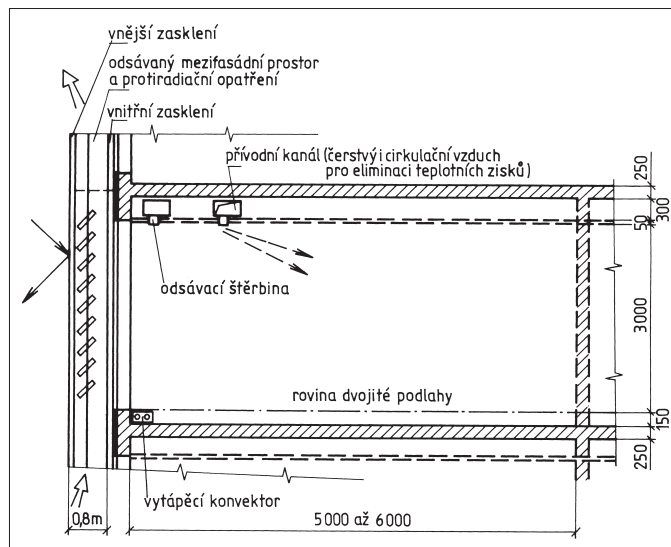
kýzy). Dále je nutno počítat s tím, že skla s vyšší pohltivostí se poměrně značně zahřívají a do určité míry působí jako topný panel. Míru zahřátí prosklených ploch a tím i celkovou energetickou bilanci pro výpočet je nutno prodiskutovat vždy s výrobcem prosklených ploch. Odstranění tohoto jevu (společně s umístěním žaluzií, které se od slunečního svitu zahřívají) mají zajišťovat zdvojené fasády.

b) Odvětrávaná zdvojená fasáda (obr. 2)

Tato fasáda má pozitivní vliv na odhlučnění objektu. Vnější fasáda je většinou z jednoduchého skla, vzdálenost mezi vnější a vnitřní fasádou je cca 0,8 až 1 m (i z důvodu čištění). Mezifasádní prostor je odvětráván a na jeho konstrukci mají vliv následující podmínky v případě, že:

- rychlost proudění vzduchu je příliš vysoká (nad 0,4 ms⁻¹), některé druhy stínících žaluzií začínají kmitat a vytvářejí kmitající stíny;
- u budov vyšší než 10 m může být teplota v horních částech meziprostoru fasády velmi vysoká a může negativně působit jak na vlastní konstrukci stěny, tak i na vnitřní prostředí v kancelářích, což vyžaduje větší chlazení příslušných kancelářů.

Proto v některých případech se u těchto fasád navrhuje samostatně odvětrávané přepážky. Aby tato fasáda byla funkční je nutné, aby byl mezifasádní prostor uzavíratelný (jak z hlediska hluku, tak i z hlediska zimního provozu). Nasávací otvory dole a výstupní na střeše jsou opatřeny klapkami, které jsou ovládány



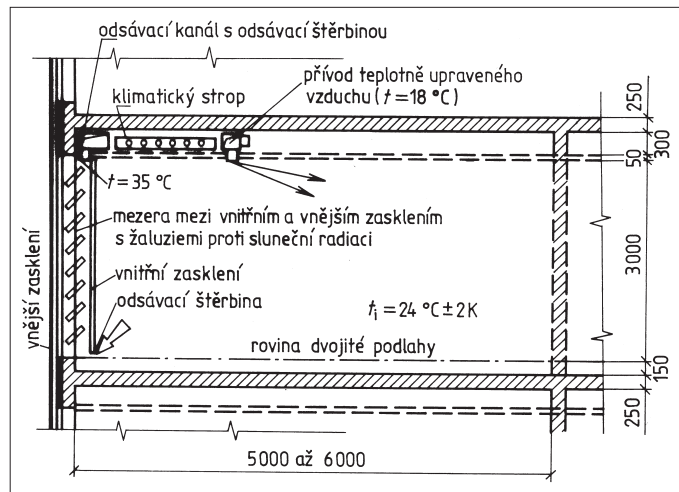
Obr. 2 Schéma klimatizace administrativních budov s odvětrávanou vnější fasádou

teplotními čidly podle teploty vzduchu ve fasádním meziprostoru. Pohon klapek je většinou zajištěn servomotory.

Vnitřní fasáda má obvykle stejné tepelné technické vlastnosti jako běžné jednoduché fasády.

c) *Zdvojená fasáda s odvětrávanou vnitřní štěrbínou (obr. 3)*

Tento druh fasády, který doposud v České republice nebyl realizován, je velmi výhodný z hlediska mikroklimatu, neboť povrchová teplota vnitřních prosklených ploch se velmi blíží vnitřní teplotě v kanceláři. Pro tento druh fasády se používá též výraz aktivní.



Obr. 3 Schéma klimatizace administrativních budov ploch s odvětrávanou vnitřní fasádou

Vnější fasáda má stejné tepelné technické vlastnosti jako jednoduché fasády, vnitřní fasádu tvoří pouze jednoduché zasklení.

Ve štěrbíně mezi vnitřní a vnější fasádou (kde bývá také umístěna stínící žaluzie) je veden odpadní vzduch z administrativní plochy, přičemž odsávací štěrbina s hrubým filtrem je umístěna u podlahy místnosti. Teplota vzduchu ve štěrbíně (tj. i povrchová teplota vnitřního skla) je u podlahy a ve výšce sedícího člověka velmi blízká teplotě v kanceláři a tím i velmi příjemná pro sedící osoby v blízkosti fasády.

Je však nutné si uvědomit i tyto následky:

v zimním období teplota odsávaného vzduchu ve štěrbíně klesá směrem ke stropu, kde je umístěn odsávací kanál. Z toho důvodu se mění i tepelná ztráta místnosti vertikálně v závislosti na množství vzduchu, které je fasádní štěrbínou dopravováno, a na tepelné technických vlastnostech venkovního pláště.

- celková tepelná ztráta v zimním období se skládá z:
 - tepelné ztráty příslušné kancelářské plochy,
 - odpovídajícího poklesu teploty odsávaného vzduchu ve štěrbíně mezi vnitřním a vnějším pláštěm. fasádou.

Vzhledem k ustálenému proudění vzduchu ve štěrbíně se výrazně zvýší součinitel přestupu tepla na vnitřní straně a_e , takže výsledný koeficient prostupu tepla je vyšší než koeficient prostupu tepla vnější prosklené plochy udávaný výrobcem. Proto je vhodné u těchto typů fasád počítat s ekvivalentní hodnotou celkového prostupu tepla fasádou pro výpočet celkové tepelné ztráty objektu $k_{ekv} = 1,12 k$ vnějšího fasádního pláště. Doporučuje se cca trojnásobná výměna vzduchu v kancelářském prostoru do světlé výšky 3 m o hloubce 5 m.

Z toho plyne, že na 1 běžný m fasády je odsáváno $45 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, což představuje ve štěrbíně 5 cm široké, rychlost proudění $0,25 \text{ ms}^{-1}$. Dále je nutno počítat s problémy v případě namrzání výměnkových ploch na odpadním vzduchu při centrální úpravě dopravovaného vzduchu, při použití vlhčení v zimním období, ne-

boť odpadní vzduch má nižší teplotu než při standardním řešení. Jako optimální klimatizační systém se jeví použití klimatických stropů, neboť teplo od standardně umístěných otopných těles či konvektorů by bylo odsáváno štěrbínou s odpadním vzduchem.

Obdobná situace nastává i v letním období, kdy je konstrukce této fasády vytvořena tak, aby v maximální míře byly veškeré vnější tepelné zisky zachyceny ve fasádní štěrbíně, takže teplota ve štěrbíně v ústí odsávacího kanálu je cca o 10 až 15 K vyšší než ve vlastní místnosti. Ačkoli by se mohlo na první pohled zdát, že tato fasáda v zimním období není příliš ekonomicky výhodná z hlediska vyššího koeficientu prostupu tepla, je nutno zimní provoz dát do souladu s výpočtem vnitřní tepelné zátěže.

Z předcházejícího textu je zřejmé, že celková vnitřní tepelná zátěž v době bez slunečního svitu činí min. 47 Wm^{-2} u velkých administrativních budov. Centrálně umístěné hlavní prvky výpočetní a kancelářské techniky (servery, výpočetní střediska, kopírovací centra) tvoří min. 40 % celkové zátěže od administrativního provozu. Za předpokladu standardní kancelářské plochy o hloubce 5 m a světlé výšce 3 m budeme zvažovat součinitel prostupu tepla vnější fasády $k = 1,8 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, je možno u tohoto typu fasády stanovit celkovou základní tepelnou ztrátu 1 bm fasády na

$$Q_z = k_{ekv} \cdot S \cdot \Delta t = 1,8 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 3 \cdot (21 - (-15)) = 218 \text{ W.}$$

Za předpokladu, že okolní plochy mají stejnou teplotu jako vnitřní prostor, je možno tuto hodnotu brát jako celkovou tepelnou ztrátu tohoto kancelářského modulu.

Na stejný kancelářský modul o šířce fasády 1 bm a velikosti podlahové plochy 5 m^2 je vnitřní tepelný zisk

$$Q_z = s \cdot q_m = 5 \cdot 47 = 235 \text{ W,}$$

což je nepatrně více než maximální výpočtová ztráta. Z tohoto je zřejmé, že je vhodné i při nízkých venkovních teplotách kancelářské plochy přichlazovat.

Poznámka:

U standardních administrativních ploch s jednoduchou nebo zdvojenou fasádou s vnějším odvětráváním je celková tepelná bilance na jednotkový kancelářský modul obdobná. Je však problém s rozlišením teplotních vlivů a ztrát po celé ploše. Zatímco v blízkosti oken (do 2 m od prosklené plochy) je zjevný teplotní deficit vyvolávající nutnost dotápění pro zvýšení povrchové teploty prosklených ploch, v zadní části kanceláře je tepleji s nutností lokálního dochlazování. Právě tyto problémy s rozložením tepelných zisků a ztrát na podlahové ploše kancelářské fasády s odvětrávanou vnitřní štěrbínou odstraňuje.

2. VHODNOST JEDNOTLIVÝCH KLIMATIZAČNÍCH SYSTÉMŮ

Jak vyplývá z předchozích odstavců je nutno příslušnému typu fasády přizpůsobit i vhodný klimatizační systém, který je odvislý i od ostatních vlivů vlastní budovy. Jedná se především o prostorové možnosti umístění centrálních vzduchotechnických zařízení, limitující možnosti vertikálních šachet apod. Přímou v administrativní ploše mají vliv na volbu klimatizačního systému další požadavky:

- a) *Variabilitnost uspořádání administrativní plochy konečným nájemcem*
 - Většina administrativních ploch je řešena jako volná velkoprostorová plocha s možností dodatečného rozdělení nájemcem příčkami v předem definovaných místech.
 - V praxi se zavádí pojem kancelářský modul, což je nejmenší kancelářská jednotka, kterou lze v praxi využít a technicky provést. Minimální plocha tohoto modulu je 10 m^2 , horní limit není určen, ale většinou se pohybuje do 25 až 30 m^2 . Základním požadavkem na tento modul je, aby byl funkčně

nezávislý na ostatních plochách ať osvětlením, kancelářským vybavením a dosažitelnými mikroklimatickými podmínkami. To znamená, že každý modul musí být vybaven vlastním koncovým prvkem klimatizace, s vlastní regulací teploty, se samostatným přívodem a odvodem vzduchu. Předpokládá se, že přiváděný vzduch bude i vlhkostně upraven a vyčištěn na požadovanou třídu čistoty. Většinou u kancelářských modulů s neotvíratelnými okny je přívod i odvod v rovnováze, s otvíratelnými okny bývá přívod cca o 5 až 10 % vyšší.

b) *Víceúčelovost prostorů*

- Předpokládá se, že kromě kanceláří bude nutno pro konečného uživatele vytvořit dostatečné rezervy ve výkonech chlazení pro umístění výpočetní techniky (popř. dostatečné rezervy pro dodatečné instalování chladicích zařízení vlastním nájemcem) a ve vzduchových bilancích pro zasedací místnosti (v praxi se uvažuje navýšení cca 15 % celkového vzduchového výkonu).
- Dále je vhodné do centrálních šachet umístit i volná potrubí pro dodatečné umístění odsávacích ventilátorů pro odvětrání kopírovacích center, čajových kuchyněk a obdobného zázemí administrativních ploch.

c) *Akustická intimita konečného dispozičního řešení*

- Většina kancelářských ploch by měla být řešena tak, aby byl zamezen přeslech mezi jednotlivými kancelářskými moduly. Proto je nutné omezit tento přeslech nejen u vlastní příčky v prostoru kanceláře, ale i prostoru příčky nad podhledem (event. instalovat akustický podhled) a zajistit tuto neprůzvučnost i při vedení a vyústění instalací mezi těmito jednotlivými kancelářskými moduly.

d) *Respektování stavebně – technických a investičních možností*

- V rámci nově budovaných staveb je vhodné najít kompromis mezi stavebně technickým řešením a veškerou instalací. S ohledem na stávající legislativu by se světlá výška kancelářských prostor neměla pohybovat pod 3 m. Každé navýšení konstrukční výšky podlaží pro potřeby rozvodů o 10 cm znamená zvýšení investičních nákladů o cca 2,5 %. (Pro informaci uvádím, že investiční náklady na techniku prostředí tvoří cca 15 % celkových investičních nákladů na danou stavbu). Proto je snaha všechny prostorové nároky na vedení rozvodů minimalizovat.

e) *Respektování celkového exteriéru stavby*

- Moderní administrativní budovy s celoprosklenou fasádou tvoří jakousi výkladní skříň. Je proto velmi nevhodné, aby prvky klimatizace tvořily jakousi dominantu daného objektu, neboť jsou většinou umístovány těsně k fasádě. Z mého pohledu není tedy například vhodné používat pro tyto typy fasád standardních deskových otopných těles či parapetních klimajednotek.

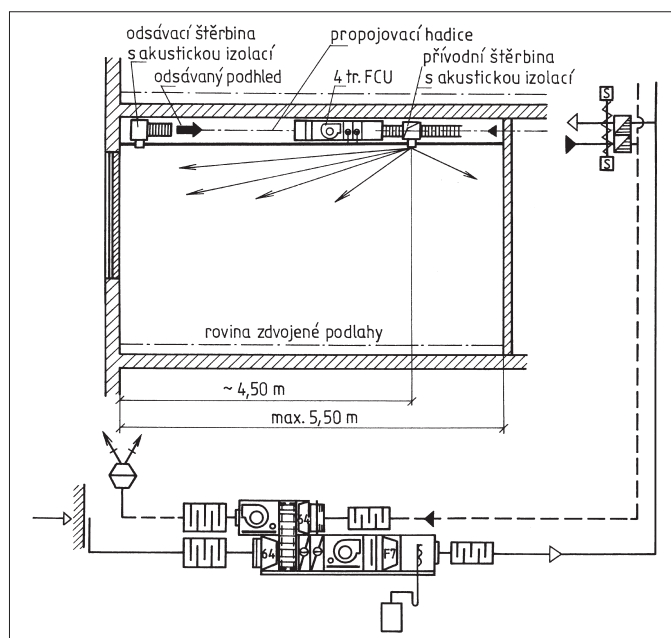
f) *Snižování provozních nákladů*

- Pro klimatizaci víceúčelových administrativních budov se v současné době používají především níže uvedené systémy.

A. Jednotkové klimatizační jednotky (obchodní název FAN COIL UNIT – FCU)

Toto řešení je oblíbené především z důvodů relativní pružnosti reagovat na okamžité mikroklimatické podmínky a zároveň na relativně mírnou nízkou pořizovací cenu bez nutnosti vazby na centrální vzduchotechniku. Obecně je lze používat jak v parapetech, tak pod stropy (mezi stropy).

S ohledem na charakter moderních administrativních budov, kdy je nutno zajistit chlazení i při venkovních teplotách pod 10 °C (zvláště u objektů s neotvíratelnými okny), se většinou používají čtyřtrubkové klimajednotky (obr. 4), nebo v případě komfortnějšího řešení kombinace mezistropní dvoutrubkové klimajednotky s krátkým vzduchovým potrubním rozvodem pro potřebu chlazení v kombinaci s otopným prvkem u fasády. V případě zdvojených podlah a celoprosklené fasády s podlahovým konvektorem (buď s ventilátorem nebo bez



Obr. 4 Příklad klimatizace mezistropní klimajednotkou ve čtyřtrubkovém provedení

něho). Konvektor (nebo v případě parapetů u pásových oken otopné těleso) musí být však vybaven termostatickou hlavicí s pohonem, který při spuštění chlazení tento topný prvek vyřadí z provozu. Způsob je z hlediska distribuce tepla a chladu nepoměrně příznivější, protože je možno prvek pro distribuci chladu přizpůsobit požadavku chlazení bez ohledu na distribuci tepla, což při použití čtyřtrubkových klimajednotek není možné.

Poznámka:

Při používání jednotkových klimajednotek je vhodné:

- zajistit přívod čerstvého vzduchu upraveného na neutrální teplotu samostatně mimo klimajednotku. K tomuto závěru mě vedou následující body:*
 - přívod čerstvého vzduchu do prostoru nekolísá v závislosti na zanesení filtru klimajednotky;
 - klimajednotky není nutno provozovat v době, kdy není se nemusí ani chladit ani vytáčet;
 - pokud přívodní zařízení není v provozu, nemůže se stát, že by vzduch z jednoho kancelářského modulu byl přisáván do druhého modulu.
- v případě volného prostoru nad podhledem v celé kancelářské ploše, který je využíván jako odvodní vzduchotechnická komora, je nutno zajistit, aby se odpadní vzduch z jednoho kancelářského modulu nedostával do druhého.*
- zajistit obsluhovatelost a údržbu klimajednotky. V případě parapetních jednotek zabírají servisní plochy část využitelnosti podlahové plochy. U jednotek v podhledu je nutno zajistit dostatečně velké servisní otvory. (Zde je nutno počítat i s čištěním servisního otvoru).*
- minimalizovat určitou nevýhodu parapetních systémů spočívající v tom, že zabírají pronajimatelnou plochu, kterou většina nájemců požaduje odečíst z nájmu.*
- klimajednotky je nutno navrhnout s ohledem na minimální hluchost při požadovaném (většinou chladicím) výkonu. Chladicí výkon je závislý na:*
 - teplotě chladicí vody. Většinou se celkový chladicí výkon udává při parametrech chladicí vody 6/12 °C. Při jiných parametrech je nutno použít korekčního součinitele.
 - vstupních parametrech cirkulačního vzduchu. Opět je většinou uváděn takový stav vzduchu, který odpovídá větrání oknem; tzn. že je uváděna větší relativní vlhkost než bývá u nuceně větraných budov. Upravený přiváděný vzduch je ve většině případů oproti stavu venkovního vzduchu odvlhčen.
 - tlakové ztrátě příslušné vzduchové cesty. V případě mezistropních klimajednotek jsou chladicí i tepelný výkon závislé na tlakové ztrátě připojených vzduchovodů, neboť veškeré výkonové údaje klimajednotek jsou uváděny za předpokladu nulové externí ztráty.
- důsledně řešit odvod kondenzátu, neboť se většinou používají kondenzační typy.*

B. Systémy pracující na bázi principu indukce vzduchu

Tyto systémy se uplatňují zvláště u výškových budov jako koncový systém vysokotlaké klimatizace. Indukční jednotky pracují na základě indukce přiváděného čerstvého vzduchu, kterou je přísávan cirkulační vzduch.

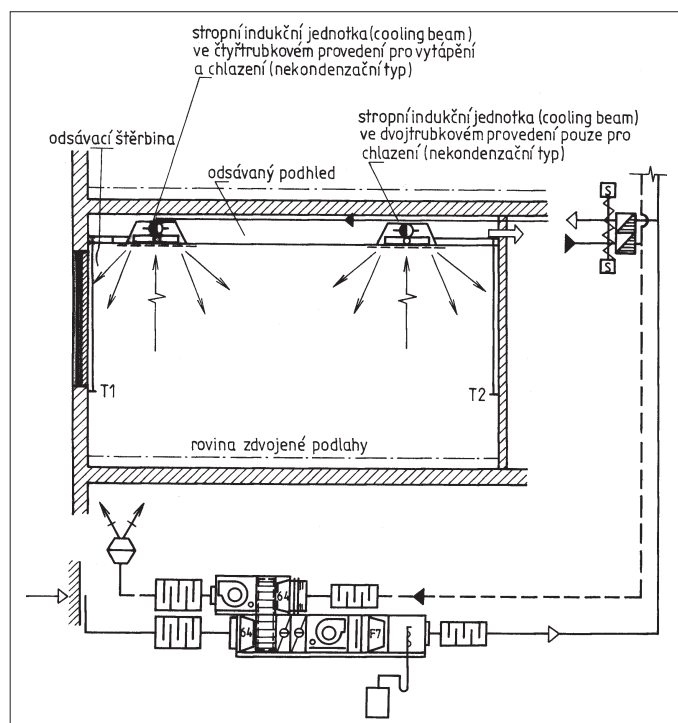
Mohou být parapetní i stropní, čtyřtrubkové i dvoutrubkové (pro stropní jednotky se ve Skandinávii používá název „cooling beams“).

Parapetní jednotky zabírají značné podlahové kancelářské plochy, a proto se v poslední době od nich upouští a přednostně se používá dvoutrubkové stropní chlazení v kombinaci s vytápěcími otopnými tělesy či konvektory. Obdobně jako při kombinaci chladicí klimatizace a otopného tělesa, je nutno zajistit funkční provázanost mezi těmito prvky, aby nenastalo souběžné chlazení a vytápění.

V praxi se používají převážně bezkondenzační typy s ležatým chladicím lamelovým výměníkem. Proto je nutno výměník vybavit rosným čidlem, které v případě kondenzace buď chlazení úplně odstaví nebo zajistí zvýšení teploty chladicí vody (obr. 5).

Z tohoto důvodu není vhodné tento systém umísťovat do kancelářských prostor s otevřenými okny, kde může vniknout nekontrolovatelné množství vlhkosti z venkovního prostoru a chlazení je často z důvodu kondenzace na výměníkových plochách odstaveno. Proto někteří výrobci chladicí trubkové „hady“ vyrábějí ve vertikální s kondenzační vanou a s nasáváním sekundárního vzduchu z podhledu, což však může způsobit částečné zanášení výměníkových ploch. Další určitou nevýhodou tohoto systému je nutnost zvýšení volného prostoru nad podhledem.

V praxi se tento způsob klimatizace používá v případech, kdy je celková citelná tepelná zátěž prostoru do 90 Wm^{-2} , neboť chladicí výkon je přímo úměrný množství přiváděného čerstvého vzduchu (v poměru k cirkulačnímu cca 1 : 2). Uvedený chladicí výkon odpovídá přívodu čerstvého vzduchu při 3,5násobné výměně vzduchu ve vztahu k přiváděnému čerstvému vzduchu ve standardní kancelářské ploše za předpokladu jeho teplotní úpravy na $16 \text{ }^\circ\text{C}$. Z tohoto faktu



Obr. 5 Příklad klimatizace administrativních ploch stropních indukčních jednotek

vyplývá, že je nutno pracovat s cca dvojnásobným množstvím čerstvého vzduchu než stanoví příslušná zákonná úprava jako hygienické minimum.

C. Systémy na principu předávání tepla a chladu sáláním

Typickým představitelem tohoto způsobu klimatizace jsou *klimatické stropy*, které v zásadě mohou být dvoutrubkové nebo čtyřtrubkové.

Podle průměru trubek mohou být stropy kapilárové (sít plastových tenkých trubček stejné délky vyústěných v silnějších plastových sběrných trubkách připevněných ke stropu a omytých speciální teplo- vodící omítkou) nebo lamelové (lamelové výměníky osazené do kovového podhledu).

Dvoutrubkové mohou být použité jak pro chlazení tak i pro vytápění, avšak pouze dle pevného provozního režimu (buď režim chlazení nebo vytápění), což pro celoprosklené fasády není výhodné. Dvoutrubkovou soustavu pouze pro potřeby chlazení je nutno doplnit systémem s otopnými tělesy za předpokladu, že opět bude vzájemně blokován režim vytápění a chlazení.

Vzhledem k tomu, že chladicí stropy pracují s teplotami chladicí vody, které nesmí způsobovat kondenzaci na teplostěnných plochách, lze reálně uvažovat, že chladicí výkon odpovídá max. 70 Wm^{-2} kancelářské plochy. Další rezerva určitého chladicího výkonu je v předchlazení přiváděného čerstvého vzduchu. Využití těchto klimatických stropů jako otopných sálavých ploch nebývá problémem, neboť s ohledem na značnou sálavou plochu jsou povrchové teploty podhledů či stropů cca $33 \text{ }^\circ\text{C}$ a zdaleka nedosahují limitní hodnoty osálení osob 200 Wm^{-2} dané zákonnými předpisy.

Obdobně jako u indukčních jednotek bez kondenzačního typu je vhodné zajistit neotevratelnost oken, aby se do prostoru nedostával venkovní vlhký vzduch, rosná čidla by vyřadila chladicí stropy z provozu.

K většímu rozšíření klimatických stropů v ČR nedošlo, protože systém je sice vysoce komfortní, ale i investičně značně náročný.

D. Systémy s proměnným průtokem vzduchu

Systémy využívají na rozdíl od předchozích kvantitativní regulaci přívodu vzduchu podle potřeby tepla či chladu v pracovní oblasti.

Používané systémy lze rozdělit do následujících skupin:

a) VAV systém s dohříváčem vzduchu

Teplota vzduchu přiváděného z centrálních jednotek je konstantní mezi $16 \text{ až } 18 \text{ }^\circ\text{C}$. Průtok vzduchu do kancelářských modulů se pohybuje od minima, které odpovídá minimálnímu požadavku stanovenému hygienickými předpisy, do maxima, které odpovídá odstranění maximální tepelné zátěže daného kancelářského modulu vzduchem.

Případné zvýšení teploty přiváděného vzduchu zajistí příslušný dohříváč. V praxi, při odpovídajících tepelně technických vlastnostech obvodového pláště, teplota přiváděného vzduchu zpravidla nepřevyšuje teplotu $28 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vzhledem k tomu, že teplota i množství přiváděného vzduchu se v průběhu roku liší (zpravidla 1 : 2 až 1 : 4 dle orientace budovy a kvality zastínění), je nutno zvolit vhodné výústky, aby nedocházelo k místnímu podchlazení pracovníků nebo ke kmitání vnitřních žaluzií.

b) Systém pracující s proměnným průtokem přiváděného vzduchu jak v zimním, tak v letním období (např. systém VARI – TRAC fy TRANE)

V tomto případě centrální jednotka pracuje v zimním a letním provozu. V letním či zimním období přivádí centrálně upravený vzduch ve dvou teplotních úrovních, odpovídajících krytí tepelných bilancí v příslušném ročním období.

System má nevýhodu v daleko menší pružnosti v případě různých zátěží jednotlivých kancelářských modulů, neboť z centrální jednotky je přiváděn vzduch buď teplý nebo chladný. Další určitou nevýhodou je přívod většího množství vzduchu v zimním období a tím i překročení limitů proudění vzduchu v pobytové oblasti pro zimní provoz. Výhodou tohoto systému je nižší investiční náročnost.

c) Kombinace proměnného průtoku vzduchu pro potřeby chlazení s otopnými stacionárními plochami

Soustava je podobná s VAV systémem s dohřívací vzduchu. V tomto případě je topný prvek oddělen od proudu vzduchu. Jeho výhoda spočívá v tom, že centrální vzduchotechnický systém není nutno provozovat v otopném období ne-

přetržitě. Je však nutno zabránit zvýšenému průtoku vzduchu v případě otevření ventilu otopného tělesa (plochy).

Obecně lze říci, že tyto systémy jsou celkově investičně náročnější, neboť vyžadují větší vzduchotechnické jednotky centrální úpravy vzduchu. Z toho vyplývají i větší požadavky na prostory pro rozvody vzduchu. Odpadají však veškeré rozvody chladicí vody po objektu a rozvody pro odvod kondenzátu. Další nezanedbatelnou výhodou jsou i nižší provozní náklady, neboť chladicí centrály jsou zprovozněny až od venkovní teploty 15 °C.

Příspěvek byl přednesen na konferenci Klimatizace a větrání 2002.

Kontakt na autora: firma@petlach.cz.

■

* Interclima 2004

Nejbližší mezinárodní odborný veletrh klimatizační a chladicí techniky *Interclima* se bude konat od 3. do 6. února 2004 na výstavišti Paris Expo u Porte de Versailles. Ideovými nositeli jsou dva francouzské svazy: GFCC a Uniclimate. Zvláštní postavení bude mít v hale 4 oblast obnovitelných energií. V hale 1 bude s malým předstihem od 4. do 9. února speciální výstava „Ideo Bain“ zaměřená na lázně (koupelny) a sanitární techniku.

CCI 10/2002

* Nebezpečí je ve vzduchu

Nečistota ve vzduchotechnických zařízeních je živnou půdou pro bakterie a plísně. Německá firma *AirTec* nabízí systém k čištění vzduchovodů, který se od roku 1986 osvědčuje ve Švédsku. Jde o dálkově řízený robot s rotujícím kartáčem WINTCLEAN. Přístroj, který podle výrobce představuje nejmodernější techniku, pracuje za sucha a bez chemikálií a splňuje nejpřísnější švédské předpisy.

(Ku) CCI 10/2002

(Ku)