

Systémy chlazení ve vzduchotechnice

Úvod

Tepelná zátěž

- dokážeme ji v závislosti na vstupních podkladech docela přesně spočítat,
- dokážeme ji i částečně snížit, např. stínění přímé solární radiace
- ovšem u většiny objektů/provozů ji nelze úplně eliminovat

Potřeba chladu

- s rostoucími požadavky na vlastnosti vnitřního prostředí roste
- roste její zastoupení v celkové bilanci energií v porovnání s potřebou tepla, zejména u administrativních budov
- dalšími je potřeba vzít v úvahu vnější vlivy, např. přehřívání městského prostoru

Chladicí výkon

- pro stanovení chladicího výkonu je nutné znát průběh potřeby v intervalu, nejčastěji denní cyklus provozu objektu – v případě akumulace chladu bude denní cyklus 24 h, podle kapacity systému akumulace i delší.

- vyrovnaná (mírně kolísající) potřeba chladu je ideální

- lze pokrýt zařízením s přibližně stálým výkonem
- obvykle kryjeme dobu rovnou potřebě chladu
- nebo kryjeme kratší dobu → kolísání teplot v chlazeném prostoru – vhodné pro malá zařízení (...), nebo při využití levnějšího tarifu el. energie (výhodné v kombinaci s akumulací chladu)

- proměnlivá potřeba chladu

- lze krýt zařízením s výkonem odpovídajícím nejvyšší okamžité potřebě chladu a regulací zařízení v průběhu doby s nižší potřebou
- využít středního chladicího výkonu mezi maximální a minimální potřebou v kombinaci s akumulací v době malé potřeby chladu

Základní rozdělení přípravy chladu

Lokální

- vhodné pro „malé“ aplikace, místní potřebu chladu, výhodně využitelné pro rekonstrukce
- instalace lokálních zařízení malého chladicího výkonu (obvykle 3 až 35 kW) – ovšem v součtu, při velkém počtu zařízení může znamenat velký příkon energie!
- výhradně kompresní chladicí okruh
- zařízení obvykle přímo upravuje vzduch z místnosti
- využívá se zejména u kanceláří, místností speciálního určení (serverovny, prostory s vysokými tepelnými zisky – výrazně vyššími než ostatní prostory v objektu)

- **Mobilní malé klimatizační jednotky**

- obvykle ochlazovací/odvlhčovací zařízení kompaktních rozměrů a nízké hmotnosti
- kondenzátor ochlazován vnitřním vzduchem – nutnost odvodu z místnosti – obv. přímo přes obvodovou konstrukci
- vyšší hlučnost než u následujících typů (~ 60 dB), nutnost odebírání kondenzátu (nádržka)
- malý chladicí výkon, využitelné jako dočasné řešení

- **Okenní kompaktní klimatizátory**

- statická varianta předchozího typu, kondenzátor je obvykle sousedí, nebo je přímo umístěn v venkovním prostředí
- může umožňovat přívod malého množství čerstvého vzduchu
- pozor na hluk šířený do okolí

- **Klimatizační jednotky typu “SPLIT“**

- dělené jednotky, minimálně dva díly
- vnitřní díl: obsahuje chladič vzduchu (výparník), ventilátor; instalace v místnosti na zdi, pod oknem, nade dveřmi, v pohledu apod.
- vnější díl: obsahuje kompresor, ventilátor a kondenzátor; instalace je podmíněna architektonickým řešením fasády (střechy, apod.) objektu
- pozor na hluk šířený do okolí

- **Split s vodou chlazeným kondenzátorem**

- v případě, že nelze instalovat vzduchem chlazený venkovní díl
- kondenzátorový díl (může být společný pro více lokálních výparníků) napojen na vnitřní rozvod vody (může být s vyšším pracovním spadem 18/25 °C)

Centrální

- nejčastější řešení pro nové objekty, vhodné v případě rovnoměrné potřeby chladu po objektu
- pro návrh je nutné znát podrobně průběh a velikost potřeby chladu v čase a v prostoru budovy
- vyžaduje centrální zdroj, rozvod chladu po budově a systém regulace

- **Nejčastěji používaná media**

- chladicí voda s teplotním spádem 6/12 °C
- chladicí voda s teplotním spádem 18/25 °C
- roztoky nemrznoucích směsí pro pracovní teploty pod 0 °C (omezení teplotou tuhnutí směsi)

- **Nejčastější koncepce zdrojů chladu**

- chladicí okruh s parami chladiva (kompresní okruh)
- pracovní okruh absorpčního chlazení

- **Méně obvyklé**

- **chlazení vodou z zemních zdrojů**

- obvyklá teplota spodní vody se pohybuje kolem 12 °C,
- zachycení a jímání z studní, vrtů
- dříve hodně používáno
- podzemní voda je jedním ze zdrojů pitné vody tudíž jímání v větším rozsahu pro potřeby chlazení není vhodné – navíc komplikace z hlediska povolení dotčenými orgány
- výhodnější než jímání je vložit do vrtu výměník tepla s uzavřeným okruhem, ovšem jednotlivé vrty musí být dostatečně vzdáleny – vzájemné ovlivňování,

- **chlazení vzduchem proudícím přes zemní registr**

- vzduch je nasáván přes potrubí (plast, beton, zděné aj.) uložené v zemním masivu v oblasti s celoročně malými změnami teploty (min. 1,8 m).
- výhodou je předehřev v zimním období, předchlazení, případně odvlhčení v letním období
- trasa může být přímá i tvarovaná (čištění !), délka min. 25 m, uložení potrubí pod volným terénem i pod budovou.
- výhodné jsou zeminy s vysokým obsahem vody (jíly), naprosto nevýhodné jsou písky, spraše apod.
- problém je s návrhem – dostatek relevantních vstupních údajů, proměnnost prostředí v čase → měnící se parametry sdílení tepla

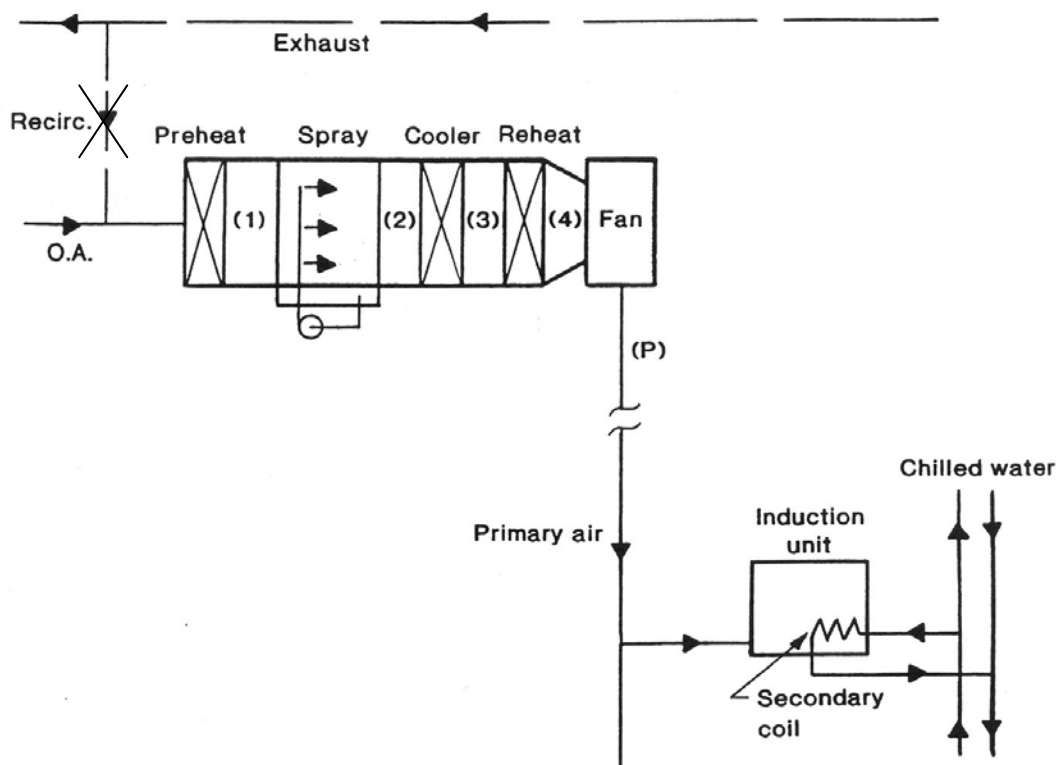
Vzduchové klimatizační systémy

- **Systém s fan-coily / indukčními jednotkami** – kombinovaný systém s základní centrální přípravou vzduchu a lokálními jednotkami
- **Dvoukanálový systém (Dual duct)** – s dopravou vzduchu ve dvou potrubí z centrální jednotky do lokálních směšovacích komor

další – např. velkoplošné chladicí stropy

System s fancoily/indukčními jednotkami

- zřejmě nejběžnější systém v novostavbách i rekonstrukcích
- v centrální vzduchotechnické jednotce je ochlazeno pouze minimální hygienické množství vzduchu, které je dopraveno do jednotlivých zón.
- v každé zóně je lokální jednotka:
 - indukční jednotka nebo
 - fancoil
 - chlazení vzduchu výhradně bez kondenzace

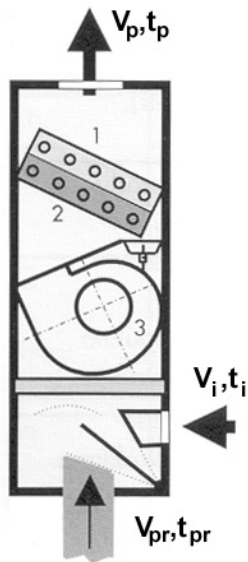


Obr.1 Schéma systému

Fancoil

- jednotka s ventilátorem a výměníky – český název – ventilátorová jednotka
- jeden nebo dva pro chlazení a/nebo ohřev vzduchu
- varianty provedení/provozu:
 - centralizovaný – (viz obr.1) přívod primárního vzduchu do jednotky
 - decentralizovaný – přímý přívod čerstvého venkovního vzduchu
 - cirkulační – jednotka pracuje pouze s cirkulačním (sekundárním) vzduchem
- varianty umístění: nástěnné, podstropní, parapetní, kazetové v podhledu, potrubní zabudované do vzd. potrubí, okenní

- výměník – zpravidla vodní, může být i přímý výparník chladivového okruhu
- autonomní regulace – je-li současně k dispozici zdroj tepla i chladu mohou jednotky v některých místnostech současně chladit a v jiných topit podle požadavků daného prostoru
- obvyklý chladicí výkon 2 – 12 kW
- další možné součásti – filtr prachu (tabákového kouře, pachů, pylu apod.), ionizátor vzduchu

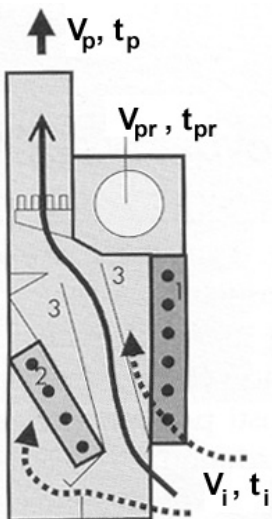


Obr.2 Schéma fancoil

- 1 – ohřívač
- 2 – chladič
- 3 – ventilátor
- V – objemový průtok vzduchu
- t – teplota vzduchu
- i – vnitřní (sekundární)
- pr – primární (z centrálního rozvodu, venkovní)
- p – přívodní

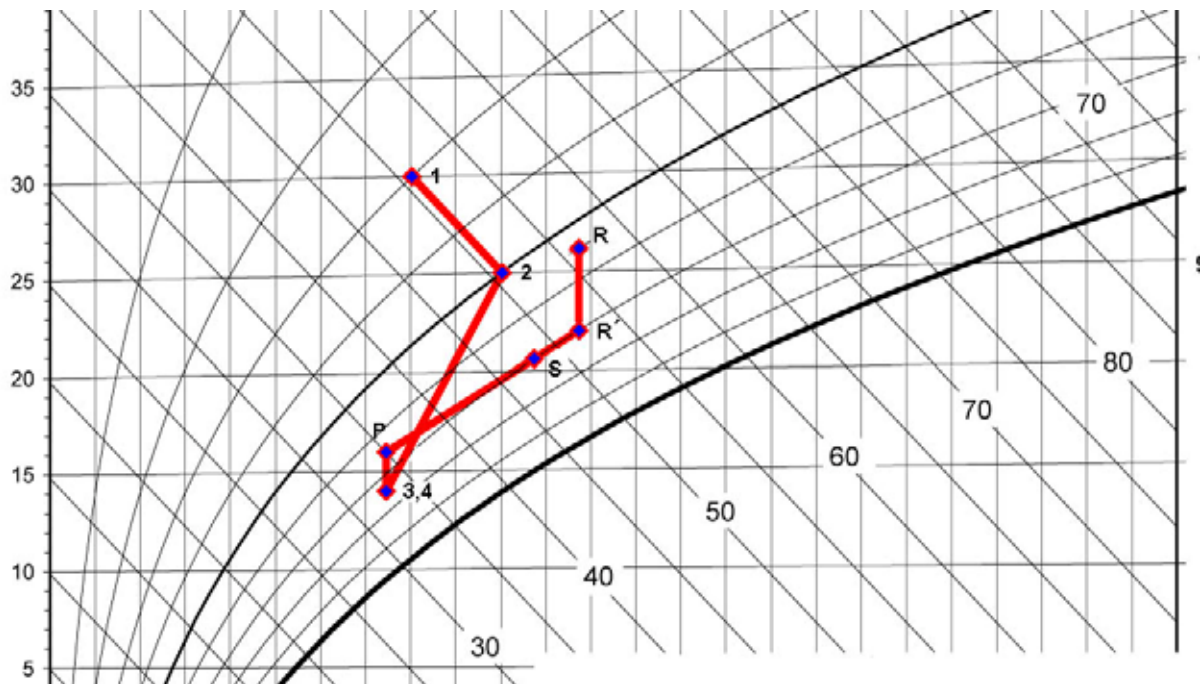
Indukční jednotka

- koncový prvek vysokotlaké klimatizace
- obsahuje jeden nebo dva výměníky, neobsahuje ventilátor
- primární vzduch – upravený venkovní vzduch je přiváděn tryskou do jednotky vysokou rychlostí („hybná síla“ jednotky) → vysoká indukce s sekundárním vzduchem z místnosti
- umístění jednotky – podstropní, parapetní
- regulace chladicího výkonu jednotky – průtok vody, klapka na straně vzduchu, obtok výměníku
- nebezpečí aerodynamického hluku v důsledku vysoké rychlosti primárního vzduchu

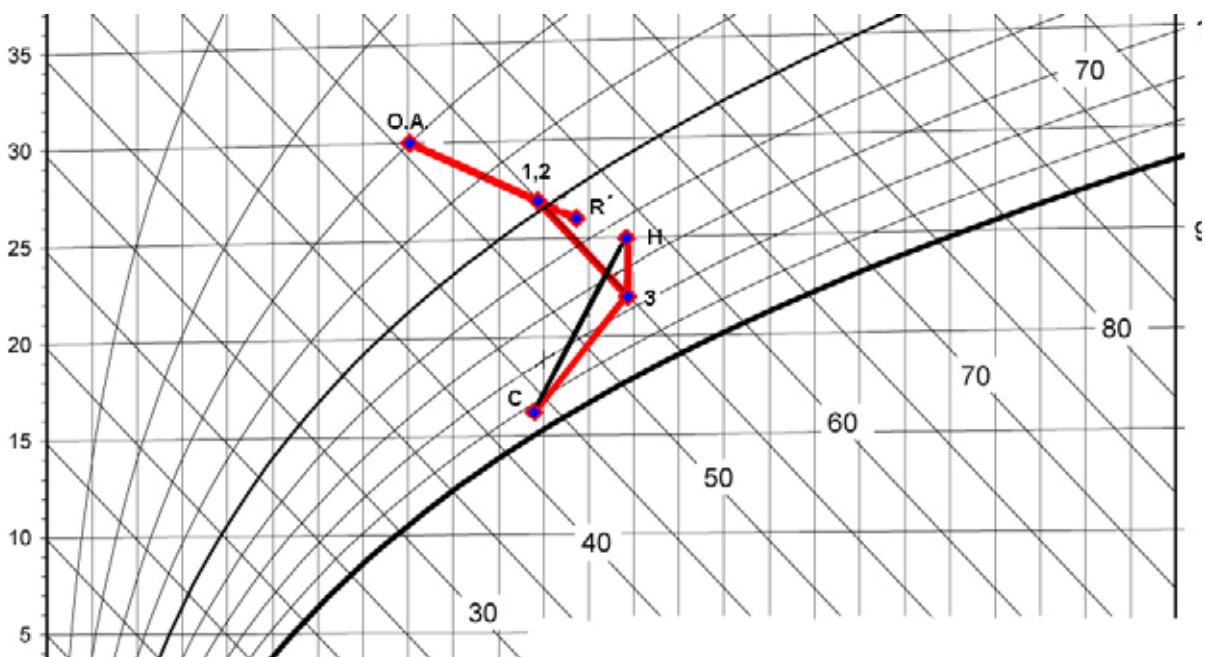


Obr.3 Schéma indukční jednotky

- 1 – ohřívač
- 2 – chladič
- 3 – klapky
- V – objemový průtok vzduchu
- t – teplota vzduchu
- i – vnitřní (sekundární)
- pr – primární
- p – přívodní



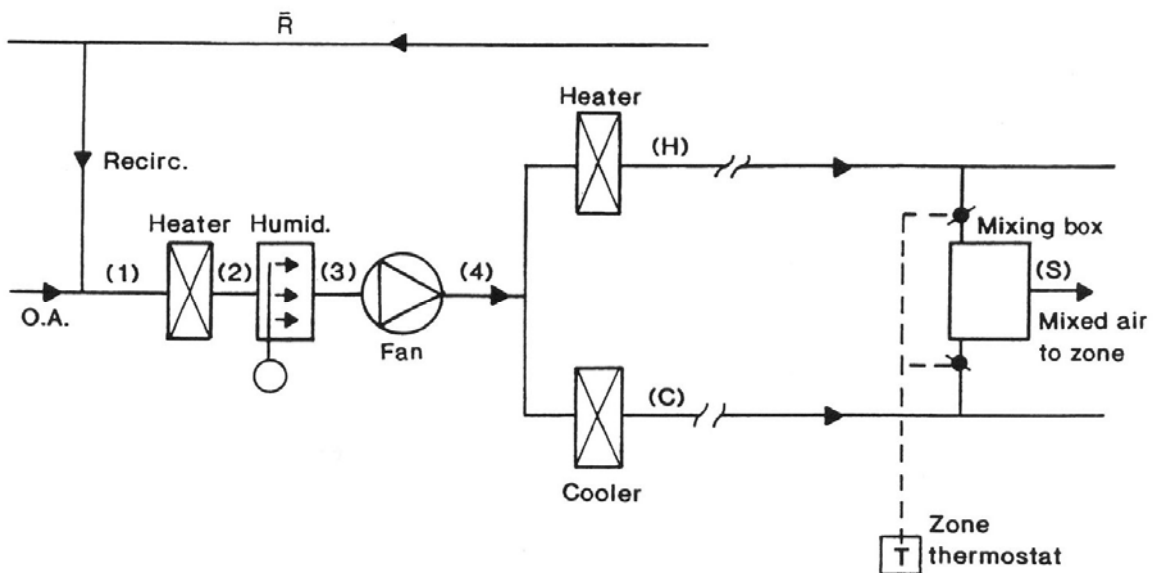
Obr.4 Změny stavů vzduchu při centrálním systému s jednotkami fancoil / indukčními jednotkami



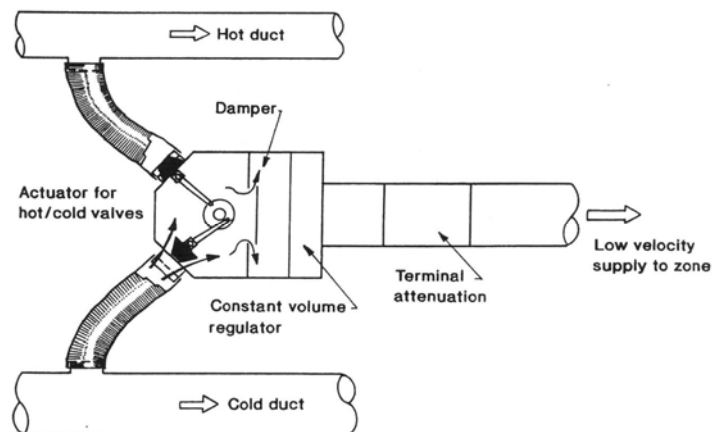
Obr.7 Změny stavů vzduchu při centrálním dvoukanálovém systému

Dvoukanálový systém (Dual duct)

- v centrální jednotce probíhá základní příprava vzduchu na „střední stav“ podle provozních podmínek
- na rozdíl od předchozího systému se předpřipravuje celé množství větracího vzduchu
- rozvod vzduchu je realizován v odděleném potrubí pro teplý a studený vzduch
- v zónách opět osazeny jednotky:
 - pouze směšující vzduch na požadované parametry většinou o konstantním průtoku
 - směšování řízeno zónovým regulátorem
 - regulátor ovládá klapky v směšovací komoře
 - v chladícím provozu je využíváno hlavně studené potrubí (cold duct), z teplého potrubí (hot duct) se přimíchává minimální množství vzduchu
- výhodný systém pro přechodné a zimní období, nikoliv pro letní u provozů s vysokou tepelnou zátěží



Obr.5 Schéma dvoukanálového systému



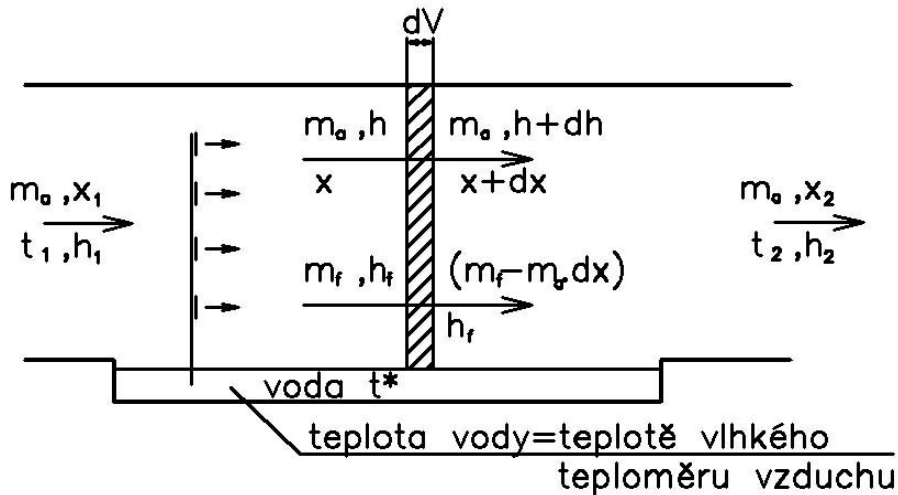
Obr.6 Schéma koncové jednotky

Nízkoenergetické metody chlazení vzduchu

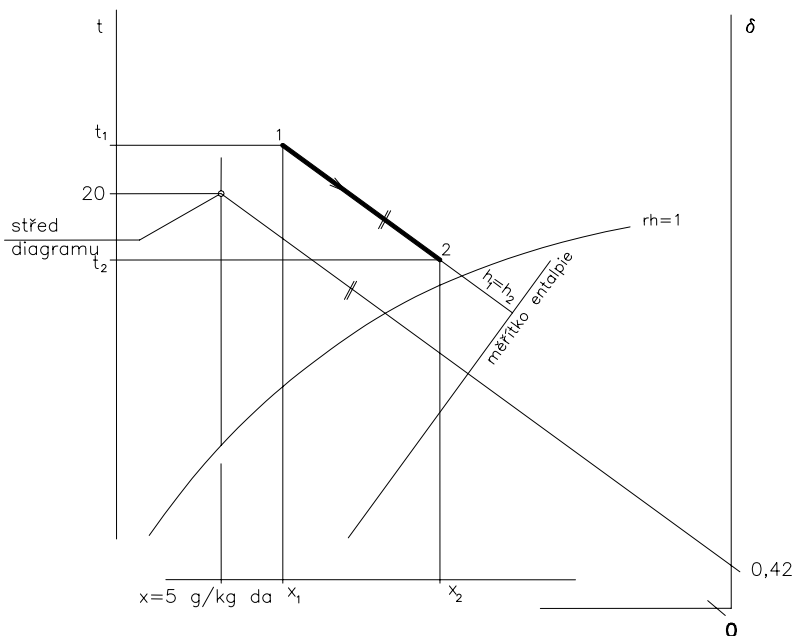
Přímé adiabatické chlazení

- princip

odpařováním rozstříkované vody do proudu vzduchu dochází k ochlazení a vlhčení vzduchu



Obr.8 Schéma vlhčící komory



Množství vody odpařené do proudu vzduchu:

$$m_w = m_a \cdot (x_2 - x_1) \text{ [kg/s]}$$

„Chladicí výkon“
- citelné teplo

$$Q = m_a \cdot c_a \cdot (t_1 - t_2) \text{ [W]}$$

Obr.9 Změna stavu během přímého adiabatického chlazení

- výhody

- jednoduchý princip
- celý proces lze realizovat v jednom zařízení
- nízká energetická náročnost – pouze příkon čerpadla rozstříkovací soustavy

- nevýhody

- zatížení ochlazovaného vzduchu vlhkostí
- možné ohrožení kvality vzduchu bakteriemi (nutná nízká teplota rozprašované vody)

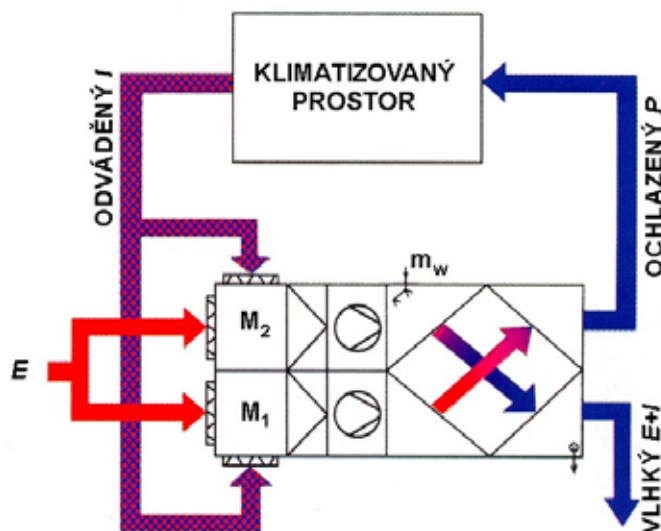
Nepřímé adiabatické chlazení**- princip**

metoda tzv. nízkoenergetického chlazení při kterém je přírodní vzduch ve výměníku chlazen adiabaticky ochlazeným odváděným vzduchem

- popis

Odváděný vzduch z chlazeného prostoru I je rozdělen na dva proudy. První se míchá v komoře M_1 s venkovním vzduchem E pouze v hygienicky nutném minimu. Druhý proud vzduchu tvořený zbytkem z I se míchá v komoře M_2 s venkovním vzduchem E nejčastěji do množství rovného s proudem v M_1 . První proud bude ochlazovaný, druhý bude ochlazovat.

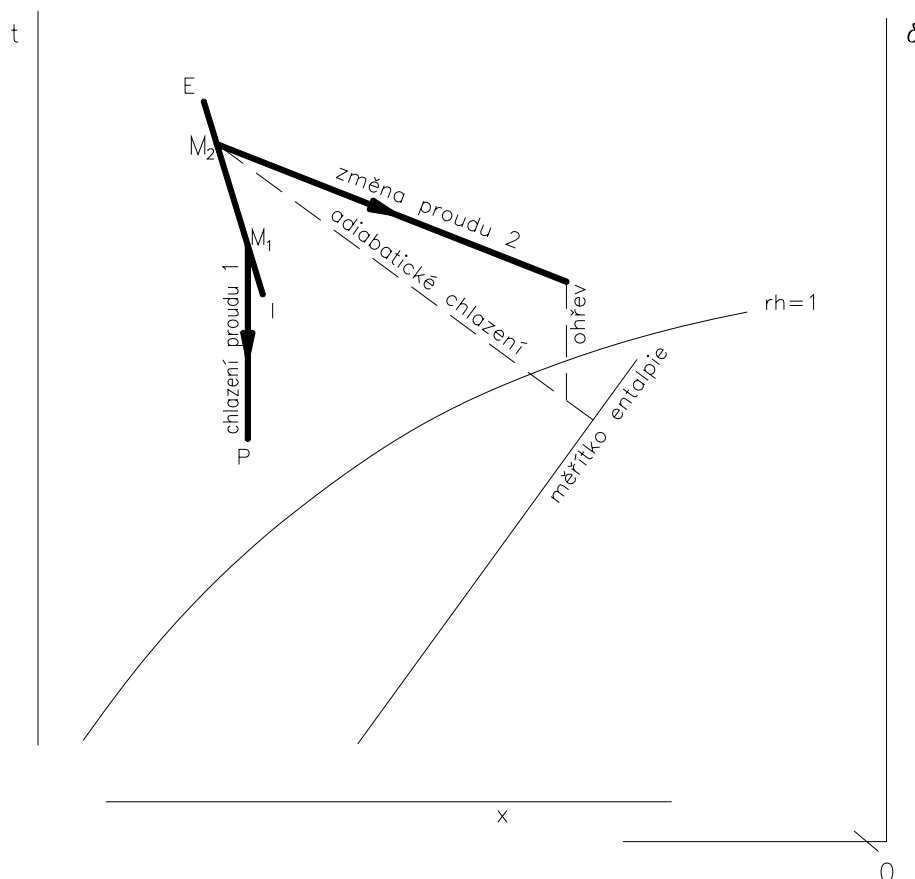
Po smíšení je druhý proud z M_2 adiabaticky ochlazen vstříkáním vody (viz přímé adiab. chlazení) a přes stěny výměníku ochlazuje první proud vzduchu na stav P , který může být distribuován přímo do prostoru nebo je dále dochlazován. Chladicí proud vzduchu 2 posléze není většinou využíván a je odveden do okolního prostoru.



Obr.10 Schéma nepřímého adiabatického chlazení

Základní prvky nepřímého adiabatického chlazení:

- Výměník: klasický křížoproudý nebo protiproudý výměník jako pro ZZT umělé hmoty – odolnost korozi, těsnost hliník, měď – lepší přenos tepla
 - Směšovací komory s regulovatelnými klapkami, filtry na vstupech do výměníku
 - Adiabatický zvlhčovač
- vše naprosto obvyklá zařízení obsažená v každé větší vzduchotechnické jednotce



Obr.10 Průběh změn stavů vzduchu během nepřímého adiabatického chlazení

Změna I – E

- míšení cirkulačního I a čerstvého E vzduchu podle požadavků větrání prostoru,
- možné provozovat i bez cirkulace,
- výhodnější pokud se mísí pouze nezbytné množství teplejšího čerstvého vzduchu

Změna proudu 2

- polytropická změna složená z:
- adiabatického procesu - chlazení + vlhčení a ohřevu přes stěny výměníku
- stav na konci adiabatického procesu může ležet pod křivkou sytosti – oblast mlhy

Změna proudu 1

- většinou suché chlazení – teplota vzduchu 2 většinou neklesne pod teplotu rosného bodu vzduchu 1

- výhody

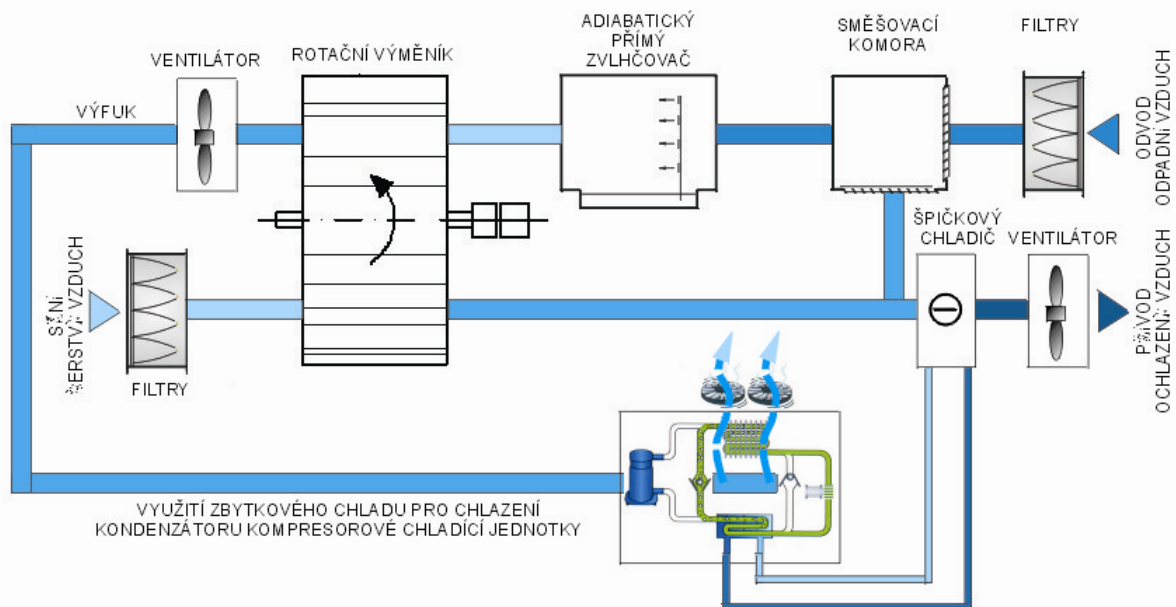
- nedochází k nárůstu měrné vlhkosti ochlazovaného vzduchu,
- nedochází k degradaci přiváděného vzduchu bakteriemi z vody,
- možnost využití téhož výměníku pro zpětné získání tepla z odpadního vzduchu v zimě a chlazení přiváděného vzduchu v létě.
- nízká spotřeba energie – příkon do ventilátorů a čerpadla rozstřikujícího vodu,

- spotřeba energie není závislá na počáteční teplotě ochlazovaného vzduchu, spíše na množství vzduchu (příkon do ventilátorů) – nevýhoda strojního chlazení,
- možnost chlazení i větrání prostorů současně,
- nízká cena chladu,
- žádné chladiivo = žádné potíže s předpisy o kontrole chladiv,
- výhodné pro kombinaci s klasickým chlazením jako špičkovým zdrojem.

- nevýhody

- výměník pracuje vždy s účinností nižší než 1 – část chladu zůstává nevyužita,
- nižší chladicí výkony než u strojního chlazení,
- chladicí efekt je závislý na vlhkosti venkovního vzduchu – při vysoké relativní vlhkosti jej nelze účinně adiabaticky ochladit,
- dosud neexistují dostatečně jednoduché a ověřené výpočetní metody.

Kombinace nepřímého adiabatického a strojního chlazení



Obr.11 Schéma kombinace strojního a nepřímého adiabatického chlazení

- účel

- po větší část chladicího období pokrývá potřebu chladu nepřímé adiabatické chlazení,
- špičkový zdroj (standardní jednotka) je v provozu pouze při extrémní potřebě,
- při extrémní potřebě chladu pracují oba zdroje současně
 - nepřímé adiabatické – předchlazení
 - špičkový chladič – dochlazení
- chladicí jednotka není navržena na celý chladicí výkon, ale pouze na stavy jaké nepokryje první stupeň,
- využití vyfukovaného vzduchu z výměníku pro chlazení kondenzátoru chladicí jednotky (výrazně nižší teplota než venkovní vzduch) – lepší provozní účinnost chladicí jednotky,
- nižší provozní i investiční náklady na výrobu chladu.