

Ing. Miroslav VAVRÍK
Ingersoll Rand Equipment
Manufacturing
Czech Republic s.r.o., Kolín

Návrh HVAC pro autobusovou dopravu

Bus Transport HVAC Design

Recenzent
Ing. Václav Šimánek

Autor pojednává o obecných požadavcích tepelného komfortu pasažérů a řidiče v autobusové dopravě. Zabývá se rozhodujícími faktory pro správný návrh výkonnosti klimatizačních zařízení a uvádí typické řešení na příkladu zájezdového autobusu. Závěrem autor nastiňuje trendy v budoucím řešení tepelného komfortu pasažérů a řidiče v autobusové dopravě.

Klíčová slova: autobus, střešní klimatizační jednotka, výpočtová teplota, intenzita větrání

The article deals with thermal comfort general requirements of passengers and driver at bus transport. It deals with factors decisive for the appropriate air conditioning equipment size design and illustrates a typical solution on an example of a tourist-bus case. In conclusion, the author outlines the future trends in bus transport thermal comfort of passengers and drivers.

Key words: bus, rooftop air conditioning unit, computational temperature, air exchange

ÚVOD

Pojem HVAC (Heating, Ventilation, Air-Conditioning) je odborné veřejnosti znám již řadu let. Je chápán jako komplexní úprava vzduchu pro zvýšení komfortu v uzavřeném prostoru. Používá se většinou v souvislosti s vytápěním, ventilací a klimatizací budov. Ani oblast autobusové dopravy však nezůstává pozadu. Časy, kdy vozidla dokázala jenom vytápět v zimních měsících jsou dávno ty tam. Dnešní trendy směřují k maximálnímu tepelnému komfortu pasažérů i řidičů.

Obecné požadavky na tepelný komfort v autobusové dopravě jsou obdobné jako u budov. Zde je výčet těch nejdůležitějších vlastností a činností, které současné autobusové klimatizační systémy musí splňovat:

- Klimatizovat** – chladit, vytápět a větrat dle potřeb řidiče a cestujících autobusu.
- Odvhlčovat vzduch** – hlavní klimatizační jednotka současně chladí i vytápí. Nasávaný vlhký vzduch se nejdříve ochladí pod teplotu rosného bodu, kdy dochází ke kondenzaci vodní páry na výparníku a pak se následně ohřeje na požadovanou teplotu. Vzniklý kondenzát se odvádí drenážním systémem mimo hlavní jednotku.
- Přisávat čerstvý vzduch** – důležitá funkce hlavně pro zájezdové autobusy, kdy přirozená výměna vzduchu mezi vnitřním prostorem a okolním prostředím není zabezpečena častým otevíráním dveří.
- Komfortní ovládání** – jde zejména o ovládací rozhraní celého systému – ovládací panel řidiče.
- Jednoduchá instalace, diagnostika a servis**
- Minimální pořizovací a provozní náklady**

TECHNICKÁ POSOUZENÍ A KALKULACE

Velikost klimatizačních zařízení, jejich výkon a způsob použití, závisí na mnoha faktorech, které je nutno při návrhu zohlednit. Mezi rozhodující faktory patří:

A) Typ autobusu

Rozlišujeme tyto základní typy, lišící se nejenom konstrukcí, ale i způsobem provozu:

- Městský (City Bus)
- Meziměstský (Combi Bus)
- Zájezdový (Coach)
- Kloubový (Articulated Bus)
- Dvoupodlažní nebo poschoďový (Double decker)
- Letištní (Airport Bus)

Pro srovnání, například provoz městských autobusů se vyznačuje častými zastávkami a otevíráním dveří, což znamená nejenom neustálou výměnu vzduchu mezi vnitřním prostorem a okolním prostředím, ale také změnu počtu cestujících osob ve voze. To je podstatný rozdíl od zájezdového autobusu na dálnici, který jede desítky až stovky kilometrů téměř konstantní rychlostí bez jediné zastávky se stále stejným počtem cestujících.

B) Velikost autobusu a počet cestujících

Tento faktor má zásadní vliv na správné dimenzování chladicího a topného výkonu a na velikost průtoku vzduchu. Tab. 1 uvádí tepelnou produkci cestujících osob a Tab. 2 informativní hodnoty intenzity výměny vzduchu pro jednotlivé typy autobusů.

Tab.1 Tepelná produkce cestujících osob

Osoba	Tepelná produkce na osobu [W]
Cestující v sedě	115
Cestující ve stoje	150
Řidič	150

Tab.2 Intenzita výměny vzduchu

Typ autobusu	Počet výměn vnitřního objemu vzduchu [1/h]
Zájezdový	45 až 60
Městský	60 až 90
Letištní	90 až 120

Typická minimální dodávka čerstvého vzduchu na každé místo k sezení ve vozidle osazené klimatizačním zařízením je 15 m³/h.

C) Technický stav a kvalita konstrukce autobusu

Autobusy, jelikož jde o mobilní prostředky, nedisponují tak kvalitní tepelnou izolací jako moderní obytné budovy. Tepelné ztráty a zisky prostupem jsou značné, proto je potřeba se zabývat celkovou tepelnou bilancí všech rozhodujících prvků konstrukce. V úvahu se bere:

- kvalita použité izolace, její tloušťka v bočních stěnách, ve střeše a v podlaze
- celková plocha a kvalita prosklení
- počet dveří
- počet únikových nebo ventilačních poklopů
- teplo generované osvětlením a elektrickými spotřebiči
- použité přídatné vytápění

Zvláštní péči si zaslouží rozvodné vzduchovody, které jsou v naprosté většině montované podélně nad bočními okny. Dost často se setkáváme s případy, kdy kanály jsou téměř ucpané elektrickou instalací nebo mechanizmy na otevírání dveří. Správně volený průřez kanálu a jeho dobrá průchodnost zaručuje rovnoměrnou distribuci vzduchu ke každému sedadlu v autobusu. Rozdělení proudu vzduchu se pak dělí v poměru 6 : 4, tj. 60 % vzduchu musí foukat na okna a 40 % do uličky. Opětovné sání zpětného vzduchu do střešní HVAC jednotky je zajištěno jedním nebo dvěma otvory ve střeše autobusu umístěnými pod klimatizační jednotkou. Téměř ve všech případech jsou opatřeny odnímatelnou mřížkou se vzduchovým filtrem s třídou filtrace EU-2 nebo EU-3 pro zachycení hrubšího prachu.

D) Lokality provozování autobusu

Stejně jako bod B a C i lokality provozu má podstatný vliv na navrhovaný výkon klimatizační jednotky. Zde hraje hlavní roli okolní teplota a vlhkost vzduchu. Tyto hodnoty se výrazně liší pro různé lokality a je potřeba je brát v úvahu hlavně v případech zájezdových autobusů, které se provozují na velkém územním rozsahu. Výpočtové hodnoty teplot v několika vybraných lokalitách jsou uvedené v Tab. 3.

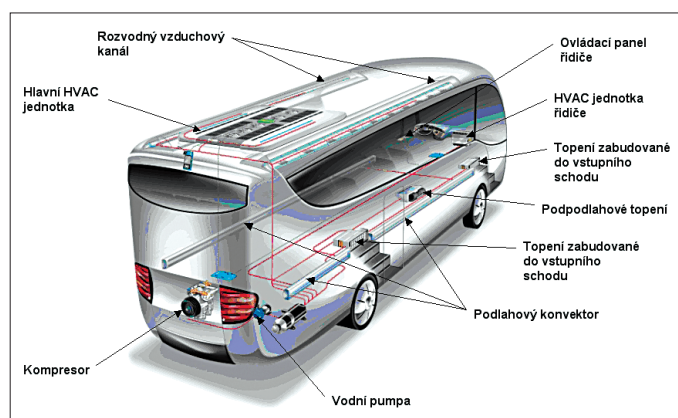
Tab. 3 Výpočtové maximální a minimální hodnoty ve vybraných lokalitách odvozené z normy ASHRAE

	Amsterdam		Praha		Madrid		Kuvajt	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Teplota okolí (suchý teploměr) [°C]	27	-8	29	-16	36	-4	47	3
Teplota okolí (vlhký teploměr) [°C]	21		19		22		28	
Vnitřní teplota (suchý teploměr) [°C]	21	20	21	20	21	20	21	20
Teplotní rozdíl [K]	6	28	8	36	15	24	26	17

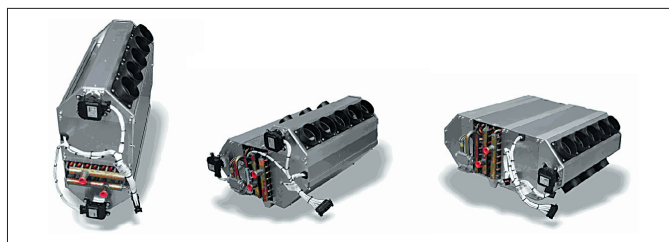
TECHNICKÁ ŘEŠENÍ

Trh autobusových klimatizačních zařízení nabízí mnoho variant. Nicméně dominantním zařízením je vždy hlavní klimatizační jednotka, která pak funguje společně s dalšími zařízeními, jako jsou klimatizace pracoviště řidiče, podlahové vytápění, popřípadě další doplňující otopná tělesa. Obr. 1 znázorňuje umístění hlavní HVAC jednotky na střeše autobusu a další prvky systému.

Bezpečnost všech cestujících v autobuse závisí na řidiči. Proto je nejdůležitější, aby právě řidič měl ty nejlepší mikroklimatické podmínky. Pro tyto účely se do autobusů instaluje klimatizační jednotka sloužící jenom pro řidiče – v odborném žargonu nazývaná „Front box“. Ta zajišťuje speciální požadavky řidiče autobusu jako je odmrzování a odmíždování předního



Obr. 1 Typický příklad řešení HVAC u zájezdového autobusu



Obr. 2 „Front box“ vyráběné pod značkou Thermo King

skla a odlišné požadavky na teplotu, vlhkost a složení vzduchu vzhledem k prostoru cestujících.

Současný evropský trend střešních klimatizačních jednotek patří jednoznačně kompaktním konstrukcím pro jejich hlavní přednosti, jako jsou malé rozměry a hmotnost, rychlá a jednoduchá instalace, vysoký výkon a líbivý vzhled. Jediným výrobcem autobusových klimatizačních zařízení v České republice je americká firma Ingersoll Rand, která pod obchodní značkou Thermo King vyvíjí a vyrábí širokou škálu střešních jednotek, front boxů, konvektorů, podlahových vytápění, integrovaných výparníků do vzduchových kanálů autobusu, atd. Výrobní sortiment svým technickým řešením a chladicími výkony od 2,5 až do 45 kW pokrývá všechny typy a velikosti autobusů s možností provozu ve všech částech světa. Charakteristickým rysem moderních autobusových klimatizačních jednotek je jejich kompaktnost s možností automatického přizpůsobení se různým charakteristickým poloměrům zakřivení střech autobusů např. v rozsahu od 5 m do 18 m. Funkce přísávání až 100 % čerstvého vzduchu šetří provozovatelům autobusů palivo a energii, čímž výrazně přispívá k ochraně životního prostředí.



Obr. 3 Střešní klimatizační jednotka Athena S 800



Obr. 4 Jednotka Athena S 800 zastavěná do střechy autobusu Jonckheere

TRENDY DO BUDUCNOSTI

Světoví výrobci autobusových klimatizačních zařízení nabízejí komplexní řešení v mnoha případech přímo „šité na míru“ pro daný typ autobusu nebo konkrétního dopravce. Tato snaha bude i nadále převládat v odvětví mobilních klimatizací. Výrobci se budou muset vypořádat se stále vyšší cenou vstupních surovin a snažit se nabízet levnější řešení na nejvyšší možné technické úrovni. Aktivita směřující k úspoře paliv a energií a k ochraně životního prostředí budou i nadále nabývat na důležitosti. Legislativa Evropské unie směřuje k zákazu používání chladiv, o nichž se předpokládá, že by mohly přispívat ke globálnímu oteplování klimatu. V případě, že se chemickým koncernům v krátké době nepodaří najít jiné alternativy chladiv, lze očekávat, že chladivem nejbližší budoucnosti se stane CO₂, jakožto reprezentant skupiny přírodních chladiv. ■