

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Marek Seidl

**Optimalizace pracovních podmínek v kokpitu dopravních
letadel**

Bakalářská práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621..... **Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Marek Seitl

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Optimalizace pracovních podmínek v kokpitu
dopravních letadel**

Název tématu (anglicky): Working Condition Optimization in Airlines Cockpit

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Air Conditioning systémy stěžejních typů dopravních letadel
- Specifické podmínky vytápění pilotního prostoru letounu A319
- Experimentální část - měření teplotních poměrů a jejich vyhodnocení
- Srovnání letounu A319 s jinými letouny obchodní letecké dopravy



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Airbus A320 FCOM
Jeppesen - Airframes and Systems
Oxford - Aircraft General Knowledge, Book 1, Aircraft Systems
Ergonomie, Chundela Lubor, ČVUT Praha, 2015

Vedoucí bakalářské práce: **Dr. Ing. Milan Kameník**

Datum zadání bakalářské práce: **28. října 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **28. srpna 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA
vedoucí
Ústavu letecké dopravy

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Marek Seidl
jméno a podpis studenta

V Praze dne 28. října 2016

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu Ing. Františku Kubovi za pomoc při praktickém měření a cenné připomínky k tomuto tématu. Dále panu Bc. Michalu Růžičkovi za poskytnutí technických dat k letounu A319 a také vedoucímu bakalářské práce Dr. Ing. Milanu Kameníkovi za odborné vedení.

Nakonec bych rád poděkoval svým rodičům a blízkým za podporu a pochopení v průběhu celého studia, kterého si velice vážím.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě tuto bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze, Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vykonal samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 19. srpna 2017



podpis

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní

Optimalizace pracovních podmínek v kokpitu dopravních letadel

Bakalářská práce

Marek Seitl

2017

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce „Optimalizace pracovních podmínek v kokpitu dopravních letadel“ je analyzovat teplotní poměry uvnitř kabiny letounů rodiny A320. Výzkum je zaměřen především na situaci během delších letů v relativně chladné okolní atmosféře. Na základě provedené analýzy bude popsán problém s vytápěním kabiny s návrhem možností zlepšení pracovních podmínek pro piloty těchto letounů.

Abstract

The aim of this bachelor thesis, "Working Condition Optimalization in Airliners Cockpit", is to analyse temperature values on the flightdeck of the Airbus A320 Family aircraft. The research is focused primarily on longer flights in cold atmosphere. Based on the analysis we will describe the problem of heating the flightdeck and offer a solution to improve the conditions for pilots flying these aircraft.

Klíčová slova

klimatizační soustava, vytápění kokpitu, rodina Airbus A320, optimalizace

Key words

Air Conditioning System, cockpit heating, Airbus A320 Family, Optimalization

Obsah

Seznam použitých zkratké.....	6
1 Úvod.....	7
2 Fyziologické účinky prostředí kokpitu na posádku	8
2.1 Teplota.....	8
2.2 Tlak.....	10
3 Air conditioning systémy stěžejních typů dopravních letadel.....	12
3.1 Základní popis pneumatického systému se zaměřením na klimatizaci	12
3.2 Systémy chlazení.....	13
3.2.1 Turbochladič.....	14
3.3 Systémy pro úpravu vlhkosti vzduchu	15
3.4 Odlučovače vody	15
3.5 Zvlhčovače vzduchu	16
3.6 Deozonizace	17
3.7 Řízení teploty vzduchu.....	17
3.7 Klimatizovaný vzduch a rozvodné potrubí	17
3.7.1 Rozvody vzduchu do kabiny	18
4 Klimatizační systém letounu A320	19
4.1 Ovládací panel klimatizace (teploty a parametrů proudění).....	22
4.2 Indikace klimatisačního systému na obrazovce ECAM.....	24
5 Specifické podmínky vytápění pilotního prostoru A319.....	29
5.1 Řešení teplotních podmínek v kokpitu letounů rodiny A320 společností Airbus	29
5.1.1 Air Inlet Heater	29
6 Dotazník pro piloty ČSA, kteří létají na letounu A319.....	31
6.1 Uzavřené otázky	31
6.2 Otevřené otázky.....	35
6.3 Závěrečná analýza a vyhodnocení výsledků dotazníku pro piloty společnosti ČSA.....	40
7 Experimentální část – měření teplotních poměrů a jejich vyhodnocení	42
7.1 Technické parametry použitého teploměru.....	43
7.2 Vyhodnocení měření.....	43
8 Srovnání letounů rodiny A320 s jinými letouny obchodní letecké dopravy	44
8.1 Boeing B737	44
8.2 Airbus A330	46
9 Shrnutí teplotních poměrů v kabině A320.....	47
10 Možnosti optimalizace teplotních podmínek v kabině letounu A320.....	47
11 Závěr	55

Bibliografie	56
Seznam příloh	57

Seznam použitých zkratk

APU	Auxilliary Power Unit
CDU	Control Display Unit
CRT	Cathode Ray Tube
ECAM	Electronic Centralized Aircraft Monitoring
EICAS	Engine Indicating and Crew Alerting System
FMS	Flight Management System
FW	Foot Warmer (Air Inlet Heater)
ND	Navigation Display
PFD	Primary Flight Display
FL	Flight Level

1 Úvod

Letouny se v průběhu času dostávaly do stále větších výšek a létaly větší rychlostí. Proto bylo nutné zajistit, aby podmínky na palubě byly snesitelné pro cestující a posádku. Bylo potřeba udržet na palubě stálou teplotu, tlak a zajistit výměnu vzduchu. Klimatizační systém se tak stal nedílnou součástí dopravních letadel a podílí se velkou měrou na tvoření komfortního a bezpečného prostředí pro osoby na palubě.

V dnešní době jsou kladeny vysoké nároky na ergonomii kokpitu dopravních letadel, které přispívají ke zkvalitnění pracovních podmínek pro piloty. Velmi důležitý je teplotní komfort přímo v kabině letounů. Piloty by nemělo rozptylovat příliš teplé nebo chladné prostředí kokpitu, aby se mohli plně soustředit na řízení letounu a úkoly s tím spojené.

Letadla rodiny A320 jsou ve velké míře zastoupena v letadlovém parku mnoha leteckých společností po celém světě. Tyto letouny provozuje také česká společnost ČSA a jeden kus je ve výzbroji Vzdušných sil Armády České republiky. Jedná se o moderní a velice kvalitně zpracované letouny, ale piloti si často při delších letech, především v zimních měsících, stěžují na chladné prostředí kokpitu. Tento nedostatek může být limitující pro posádky letounů při výkonu jejich práce.

Předkládanou prací bych chtěl popsat výše zmíněný problém s vytápěním, navrhnout možná zlepšení pracovních podmínek v kokpitu a tím se pokusit přispět ke zkvalitnění pracovních podmínek pilotů těchto letounů.

2 Fyziologické účinky prostředí kokpitu na posádku

Moderní dopravní letouny se dnes běžně pohybují v nadmořských výškách přes 10 000 m. Lidé nejsou uzpůsobeni k životu takto vysoko. Je to dáno vlivem fyzikálních změn v atmosféře s měnící se nadmořskou výškou. Hlavní je pokles obsahu kyslíku v atmosféře, teploty a tlaku. Tato skutečnost klade velmi důležité požadavky na systémy letounu, především klimatizační instalaci, jež zajišťují život neohrožující prostředí a komfort pro cestující a posádku.

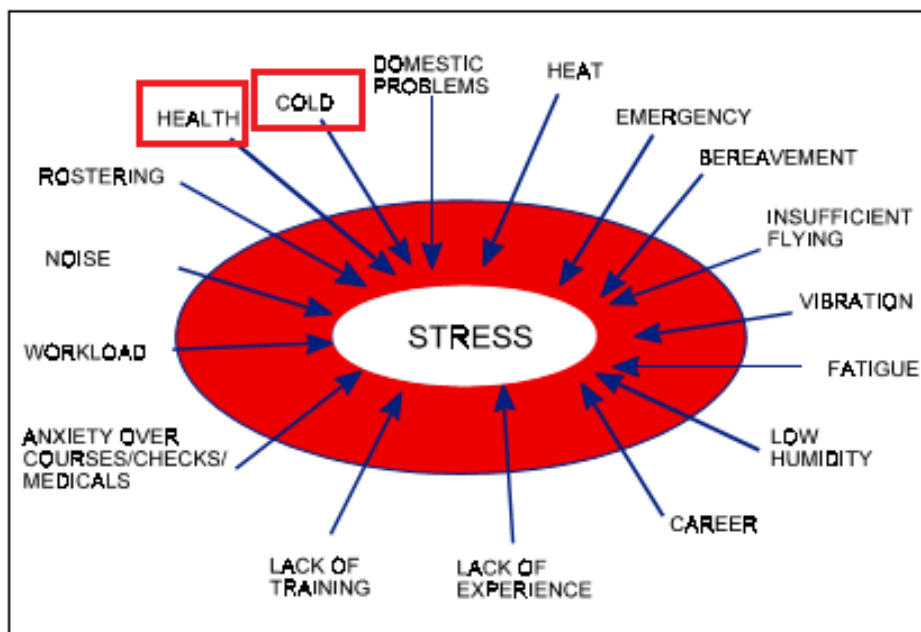
2.1 Teplota

Teplota je charakteristika tepelného stavu hmoty. V obecném významu je to vlastnost předmětů a okolí, kterou je člověk schopen vnímat a přiřadit jí pocity studeného, teplého či horkého. Teplota je základní fyzikální veličinou soustavy SI s jednotkou kelvin (K) a vedlejší jednotkou stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$). Nejnižší možnou teplotou je teplota absolutní nuly (0 K; $-273,15^{\circ}\text{C}$), ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze jí dosáhnout. K měření teploty se používají teploměry. („Temperature”, 2016) Lidské tělo je velmi citlivé na již relativně malé změny teploty a dokáže efektivně pracovat pouze ve velmi malém intervalu tělesných teplot. Ideální teplota lidského těla se pohybuje v rozmezí $36,1^{\circ}\text{C} - 37,2^{\circ}\text{C}$.

Přehřívání organismu se nazývá hypertermie a nastává, pokud se tělo nedokáže nadále ochlazovat pocením. Již při teplotě 38°C začíná být fyzická i duševní výkonnost snížena. Regulační systémy lidského těla přestávají dostačovat při teplotě blízké se 41°C , což vede k nadměrnému pocení a vyčerpání tělesných tekutin. Způsobená dehydratace vyvolává další zvyšování tělesné teploty a s tím spojené symptomy, jako jsou například svalové křeče, závratě, únava nebo zvýšení tepové frekvence, vedoucí k následnému kómatu. Po zvýšení tělesné teploty na 43°C většinou následuje smrt.

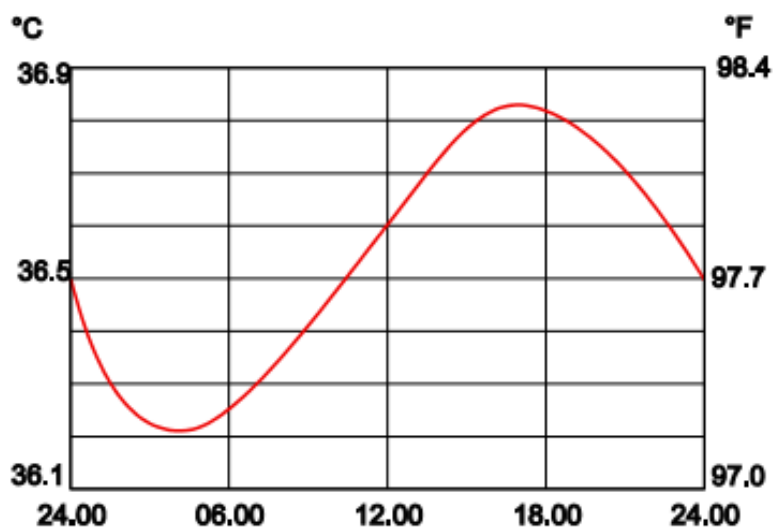
Podchlazení organismu se nazývá hypotermie a nastává při poklesu tělesné teploty na $34,5^{\circ}\text{C}$. Při této teplotě se dostaví nekontrolovatelný třes související s potřebou kyslíku, spavost spojená s pocitem uspokojení a omrzliny vedoucí ke kómatu. Při snížení teploty na $29,5^{\circ}\text{C}$ většinou nastává smrt. (Human performance, 2008, pp. 130-132) Proto je teplota v kokpitu a kabině pro cestující velmi důležitým faktorem. S teplotou také úzce souvisí vlhkost.

Ideální teplota v kokpitu by měla být $15^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ (ideální teplota pro běžně oblečeného člověka je asi 20°C) při vlhkosti dosahující hodnot 40 % – 60 %. Odchyłka od ideální teploty může vést k výrazné stresové zátěži pilotů a s ní spojeným komplikacím. Na níže uvedeném obrázku číslo 1 jsou zvýrazněny odchylky od ideální teploty v kombinaci s dalšími stresovými faktory (Human performance, 2008, p. 124).



Obrázek číslo 1. Vybrané stresové faktory. (Human performance, 2008, p. 130)

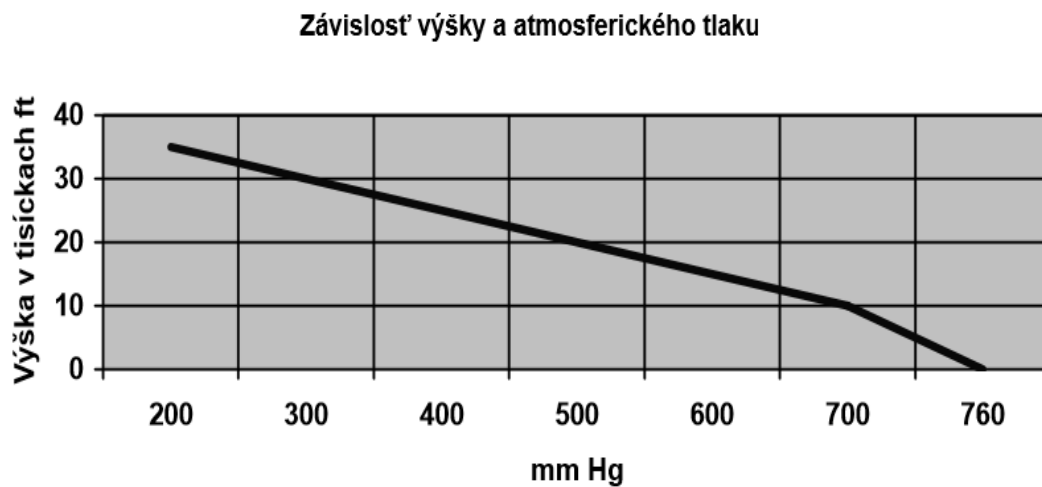
Tělesná teplota, která se během dne mění a pohybuje se v rozmezí 36,1°C – 37,2°C, také úzce souvisí se spánkovou periodou. Je těžší vstát a udržet bdělost, když je teplota nízká nebo klesá. Naopak vstávání a udržení bdělosti je snadnější při vyšší teplotě. Tato skutečnost přispívá k problémům s kvalitním spánkem po překročení více časových pásem. Je to jeden ze symptomů takzvaného „jet lagu“. Jak je vidět z níže uvedeného grafu (obrázek číslo 2), kde je na ose X vynesena čas a na ose Y vynesena teplota těla, tělesná teplota se pohybuje v pravidelném denním cyklu, kdy svého minima dosahuje okolo 5. hodiny ranní a maxima okolo 17. hodiny odpolední. (Human performance, 2008, p. 204)



Obrázek číslo 2. Denní cyklus tělesné teploty. (Human performance, 2008, p. 204)

2.2 Tlak

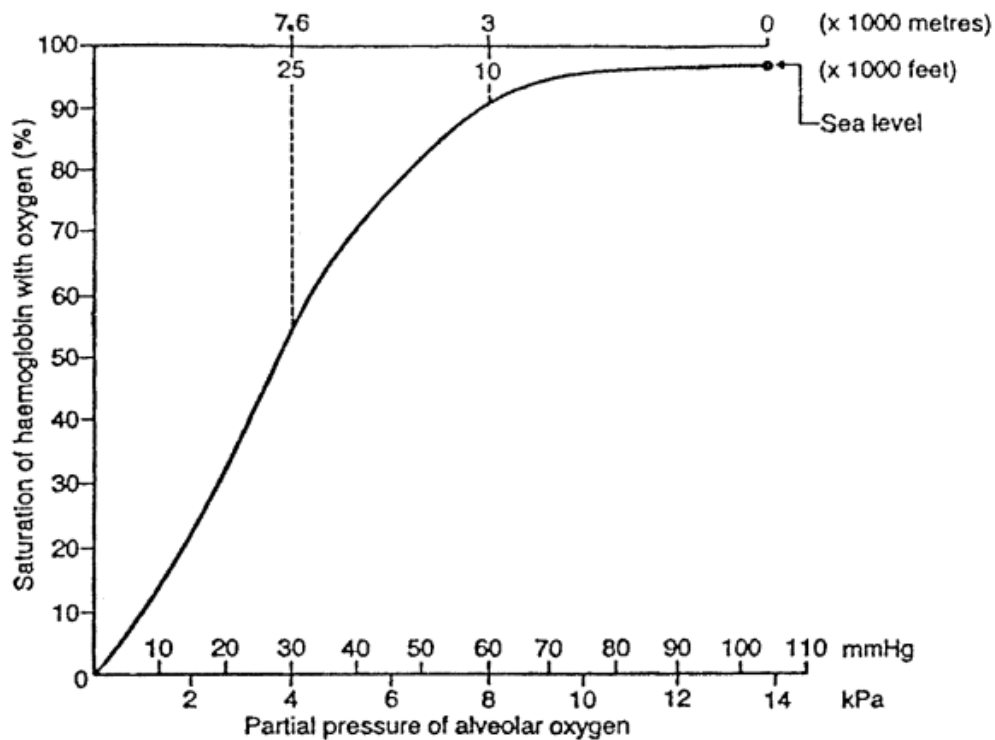
Změna tlaku vzduchu je závislá na nadmořské výšce, jak je možno vyčíst z obrázku číslo 3.



Obrázek číslo 3 (Dzvoník & Blaško, & Kříž, 2001, p. 7)

Pokles tlaku pod určitou hodnotu (obvykle se uvádí 51 kPa) je pro člověka velmi nežádoucí. Pod touto hranicí nastává zvýšené riziko hypoxie. Obrázek číslo 5 je graf, který popisuje průběh nasycení hemoglobinu v závislosti na parciálním tlaku kyslíku. Z grafu je zřejmé, že nad hranicí 4000 m nasycení hemoglobinu prudce klesá. (MEDICAL GUIDELINES FOR AIRLINE TRAVEL, 2003, p. A1)

MEDICAL GUIDELINES FOR AIRLINE TRAVEL



Obrázek číslo 4 (MEDICAL GUIDELINES FOR AIRLINE TRAVEL, 2003, p. 1)

Hypoxii je možné definovat jako nedostatečné zásobení organismu kyslíkem. Hypoxie nastává právě při poklesu tlaku (resp. nárůstu výšky) bez náhradního zdroje kyslíku nebo přetlakované kabiny. Jde o velice vážný problém, protože lidské tělo nedisponuje mechanismem, který by oznámil nedostatek kyslíku v krvi. Mezi příznaky hypoxie patří ztráta barevného vidění, nevolnost a následně bezvědomí. Pro piloty, kteří létají ve vysokých výškách a přetlakovaných kabinách, je velmi důležitá takzvaná doba užitečného vědomí, která udává čas, po který dokáže člověk v určité výšce zůstat při vědomí a provést potřebné úkony. V tomto případě je nejdůležitější zajistit si co nejdříve přísun kyslíku. Doba užitečného vědomí je popsána v tabulce na obrázku číslo 5. (Dzvoník & Blaško, & Kříž, 2001)

DOBA POUŽITELNÉHO VĚDOMÍ		
Výška nad úrovní mora	Náhly výpadok dodávky kyslíka	
	Mierna aktivita	Minimálna aktivita
22 000 ft	5 min	10 min
25 000 ft	2 min	3 min
28 000 ft	1 min	1 min 30 sek
30 000 ft	45 sek	1 min 15 sek
35 000 ft	30 sek	45 sek
40 000 ft	12 sek	15 sek

Obrázek číslo 5 (Dzvoník & Blaško, & Kříž, 2001, p. 9)

Řešení problému poklesu parciálního tlaku kyslíku můžeme rozdělit na dvě varianty.

První je dýchání čistého kyslíku nebo vzduchu se zvýšeným obsahem kyslíku. Tato varianta vyžaduje použití těsně přiléhající kyslíkové masky a bývá doplněna přetlakovanou kombinézou. Proto není tato metoda vhodná pro civilní sektor letectví. V civilním letectví se používá pouze ve formě nouzových prostředků při dekompresi kabiny. Jinak se využívá výhradně ve vojenském sektoru. („Cabin pressurization”, n. d.)

Druhá je snížení ekvivalentní nadmořské výšky tím, že se zvýší tlak vzduchu v kabině. Tato varianta je výhodná pro civilní letectví, protože vytvoří ucelené mikroklima v celé kabině a tím odpadá potřeba doplňkového vybavení pro cestující. („Cabin pressurization”, n. d.)

3 Air conditioning systémy stěžejních typů dopravních letadel

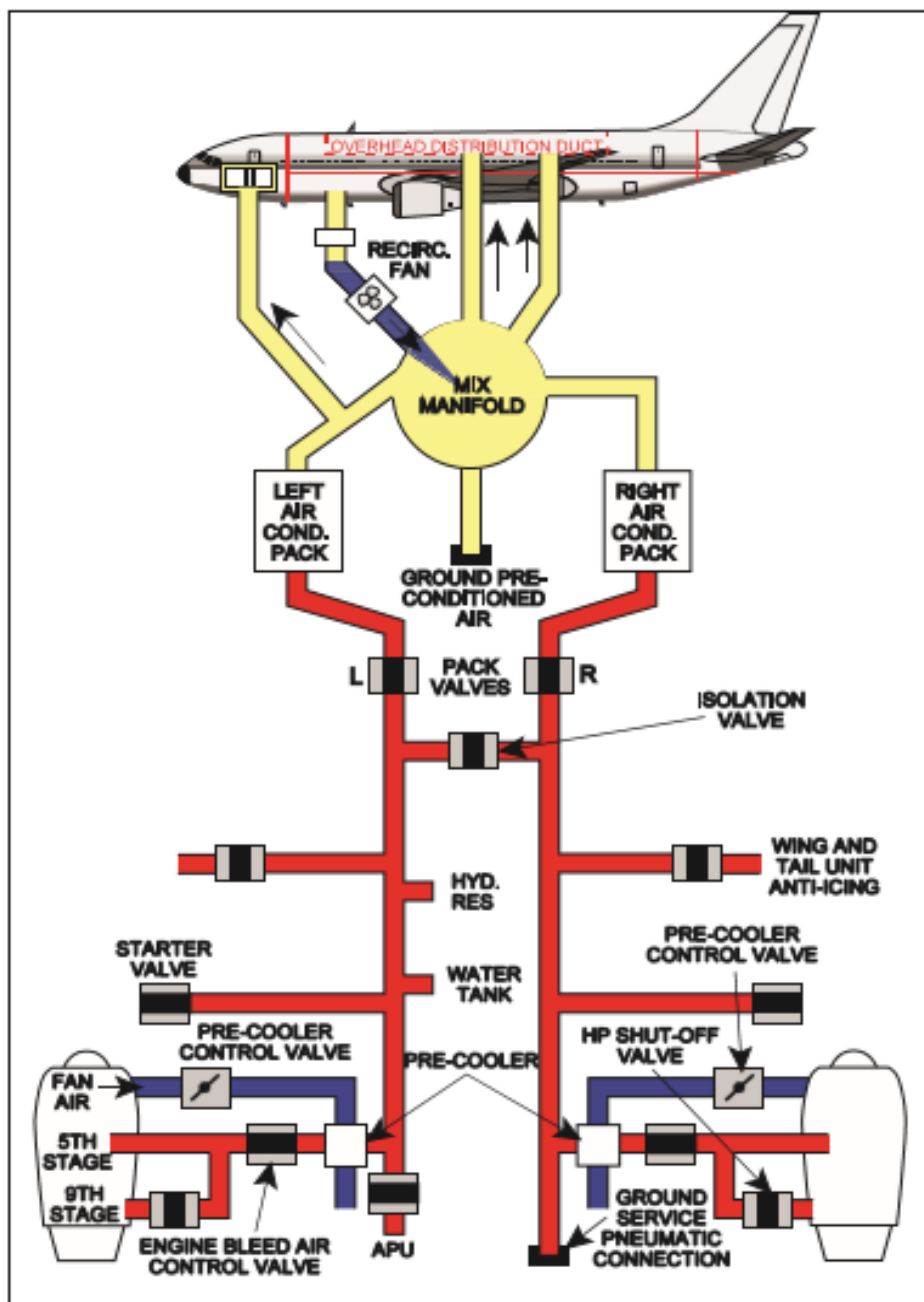
Air conditioning system (klimatizační soustava letounů) je jeden ze stěžejních prvků moderního dopravního letadla. Zajišťuje správný rozsah teplot, složení (podíl kyslíku a dalších složek), vlhkost a obměnu vzduchu v kokpitu, kabině a dalších částech letadla, jako jsou například nákladové prostory. Tyto parametry zajišťuje klimatizační systém po celou dobu letu, poježdění a stání na zemi. Klimatizační soustava je vzájemné uspořádání systémů, které představují technická zařízení pro zajištění chlazení, ohřevu, vlhkosti a regeneraci složení vzduchu. (Aircraft general knowledge, 2011, p. 197)

Základní požadavek na vzduch je vedle jeho teploty a vlhkosti také správné složení, protože dýcháním dochází k jeho postupnému znehodnocování, kdy klesá množství kyslíku a narůstá množství oxidu uhličitého. Proto je nutné neustále zajišťovat potřebné složení vzduchu. V tomto ohledu se klimatizační soustavy dělí na regenerační (uzavřené) a atmosférické (otevřené). V této práci budou řešeny pouze klimatizační soustavy atmosférické, protože se používají u všech standardních letadel pro lety v zemské atmosféře. Regenerační klimatizační soustavy jsou určeny pro lety mimo zemskou atmosféru. (Slavík, 2006, p. 251)

3.1 Základní popis pneumatického systému se zaměřením na klimatizaci

Jak již bylo uvedeno výše, typický model klimatizační soustavy využívá jako zdroj vzduchu okolní vzduch (atmosféru), proto se nazývá atmosférický. Klasická dvoumotorová dopravní letadla (B737, A320, ATR42/72) mají dvě nezávislé klimatizační soustavy, které se ale v případě potřeby mohou doplňovat. Odběr vzduchu od motoru je na dmychadle a kompresoru (pátém a devátém stupni). Odběr z dmychadla pro chladicí účely je řízen klapkou, která reguluje množství tohoto vzduchu na vstupu do chladiče. Nasávaný vzduch je stlačován pátým a devátým stupněm kompresoru. Odběr z pátého stupně kompresoru je realizovaný přes zpětný ventil, za kterým je vzduch rozdělen na část, která se spojuje s odběrem na devátém stupni kompresoru, a na část určenou přímo pro potřeby odmrazování. Odběr z devátého stupně kompresoru je ovládán pomocí vysokotlakého ventilu v závislosti na tlaku. Při nízkých otáčkách jsou oba odběry otevřeny a při vyšších otáčkách se uzavře odběr z devátého stupně a zůstává pouze z pátého stupně kompresoru. (Slavík, 2006, p. 247) V případě, že letadlo nemá nastartovány hlavní motory a je potřeba využívat klimatizační soustavu, je vzduch stlačován pomocnou jednotkou APU (auxiliary power unit). Stlačený vzduch následně putuje do mezichladiče, kde je zchlazený na požadovanou teplotu (200–250°C). Zchlazení na tuto teplotu je důležité pro eliminaci možnosti samovznícení paliva. Takto předchlazený vzduch se může využívat například v systému odmrazování, ale jeho velká část putuje dále do klimatizační jednotky. V klimatizační jednotce je u moderních dopravních letadel vzduch chlazen pomocí turbochladiče. Dalším zdrojem klimatizovaného vzduchu je externí pozemní zdroj. Díky tomuto systému se snižuje produkce emisí na letištích, protože odpadá potřeba startování motorů nebo APU. Vzduch proudí dále do směšovací komory, kde se míchá s recirkulovaným vzduchem z kabiny a kokpitu. Dále je jeho konečná teplota upravena podle potřeb kokpitu a různých částí kabiny a vzduch poté proudí do kabiny v horní části paluby. Použitý vzduch se dělí na dvě části. První část je odváděna otvory v prostoru podlahy a proudí přes soustavu filtrů zpět do směšovací komory pomocí recirkulačního ventilátoru.

Druhá část vzduchu je vypouštěna mimo letoun do atmosféry pomocí hlavního vypouštěcího ventilu. (Aircraft general knowledge, 2011, pp. 194-210)



Obrázek číslo 6. Schéma pneumatické soustavy se zaměřením na klimatizaci (Aircraft general knowledge, 2011, p. 194)

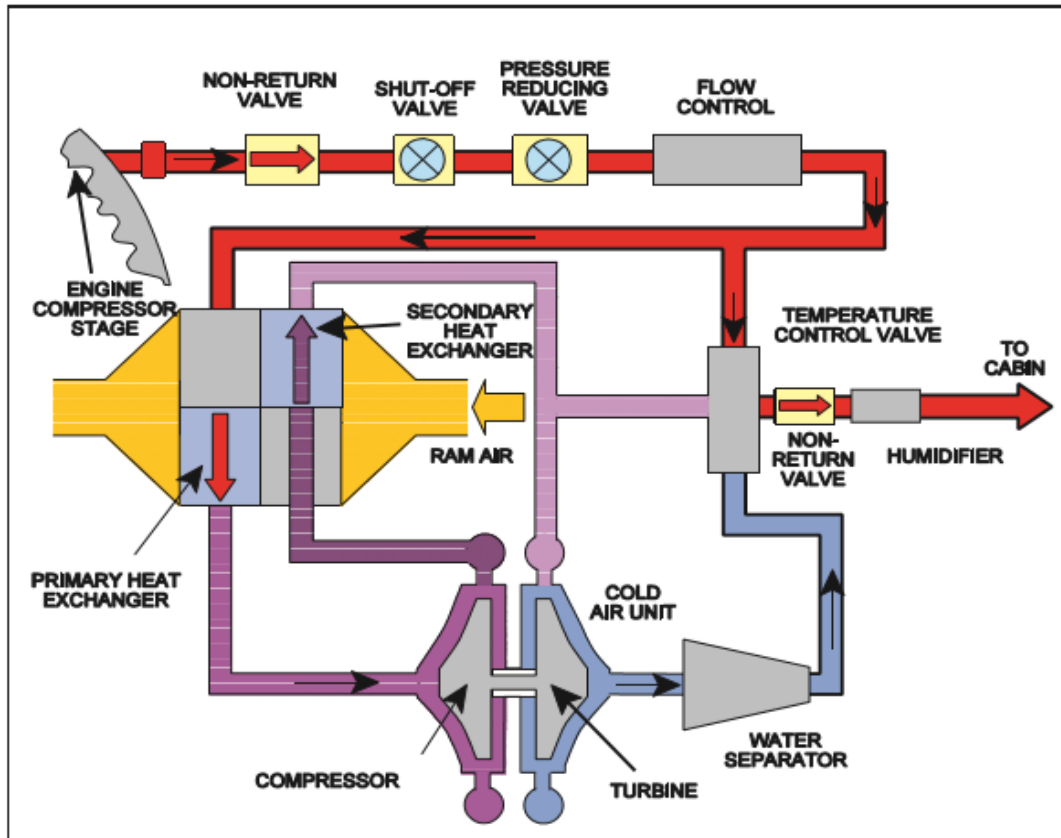
3.2 Systémy chlazení

Chladicí systémy tvoří základní část klimatizační soustavy. Potřebné teploty klimatizovaných prostorů letadla se dosahuje ochlazením horkého stlačeného vzduchu odebíraného od motoru. Podle principu odvodu tepla se chladicí soustavy dělí na oběhové a s chladicí kapalinou. Systémy s chladicí kapalinou využívají odvodu tepla pomocí změn skupenství chladicí kapaliny. U většiny letadel se objevují oběhové chladicí soustavy. Ty fungují na principu odvodu tepla přestupem do chladicího media (většinou vzduchu). Potom se

jedná o jednoduché systémy s tepelným výměníkem (vzduchový chladič). Nebo mohou být založeny na principu poklesu teploty při termodynamických změnách, jako je pokles teploty při expanzi. Ty se používají pro vyšší chladicí výkony a jedná se o chladicí jednotky s turbochladičem, které jsou využívány u většiny dopravních letadel. (Slavík, 2006, p. 252)

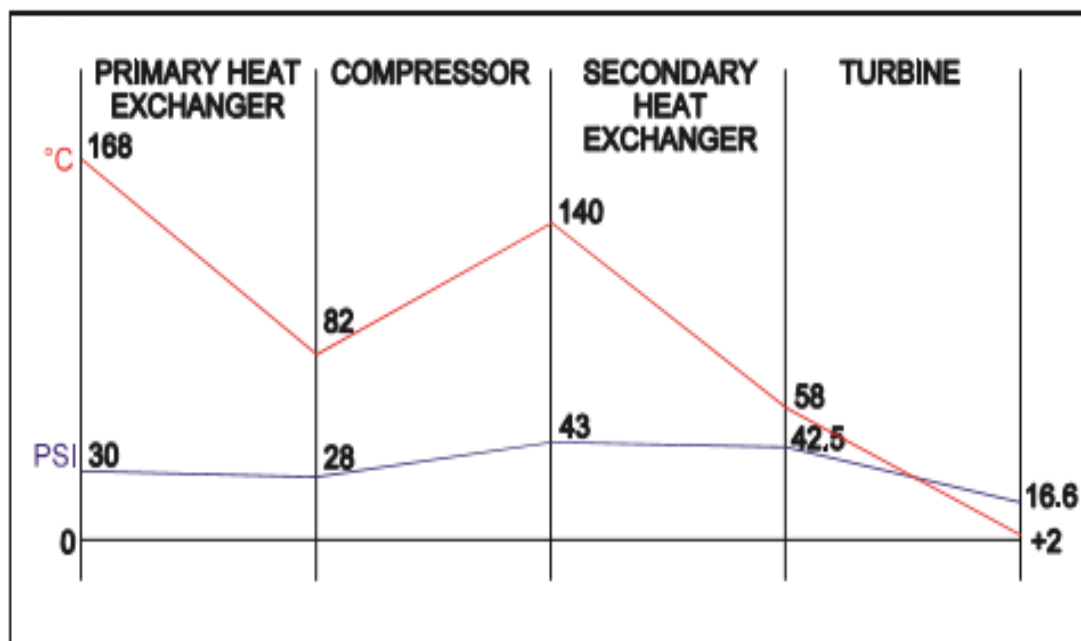
3.2.1 Turbochladič

Funkce turbochladiče spočívá v ochlazování stlačeného vzduchu na turbíně po jeho předchozím průchodu tepelným výměníkem, kde se částečně předchládí. (Slavík, 2006, p. 253)



Obrázek číslo 7. Schéma turbochladiče. (Aircraft general knowledge, 2011, p. 203)

Základní schéma turbochladiče je patrné z obrázku číslo 7. Teplý vzduch nejprve projde tepelným výměníkem, kde se ochladí a putuje do kompresoru. Tam se zvýší jeho tlak pro účinnější expanzi na turbíně. Poté prochází vzduch znovu tepelným výměníkem a pokračuje do turbíny, kde se vzduch rozpíná, což má za následek velmi nízkou výstupní teplotu. Turbína pohání kompresor a ventilátor chlazení. Za turbínou se nachází odlučovač vody, která vzniká v ochlazeném vzduchu při expanzi na turbíně. Za turbínou se ochlazený vzduch propojí s teplou větví pomocí mixážního ventilu. (Aircraft general knowledge, 2011, p. 202,203) Součástí turbochladiče je také obtok turbíny s regulačním ventilem pro zajištění stálé výstupní teploty z chladicí jednotky cca 2°C. Dále může být do výměníku zabudován ventilátor chlazení, který umožňuje výměníkové chlazení při stání a pojezdu. (Slavík, 2006, p. 253)



Obrázek číslo 8 (Aircraft general knowledge, 2011, p. 203)

Obrázek číslo 8 popisuje průběh teploty a tlaku u každé části chladičho procesu v turbochladiči. Vzduch přicházející z motoru je při prvním průchodu tepelným výměníkem ochlazen zhruba na 82°C a mírně poklesne jeho tlak, poté v se stlačením v kompresoru zvýší teplota na přibližně 140°C a tlak se zvýší o více než 10PSI. Po druhém průchodu tepelným výměníkem klesne teplota na asi 58°C, ale tlak zůstane téměř stejný. Až na turbíně dojde k prudkému snížení teploty na cca 2°C a poklesu tlaku na necelých 17PSI.

3.3 Systémy pro úpravu vlhkosti vzduchu

Tyto systémy zajišťují potřebnou vlhkost vzduchu, která by měla být v rozmezí 20–70 % relativní vlhkosti. Zajištění požadované vlhkosti se dosahuje vysoušením vzduchu v klimatizačním systému a následným zvlhčením na požadovanou hodnotu při vstupu do kabiny.

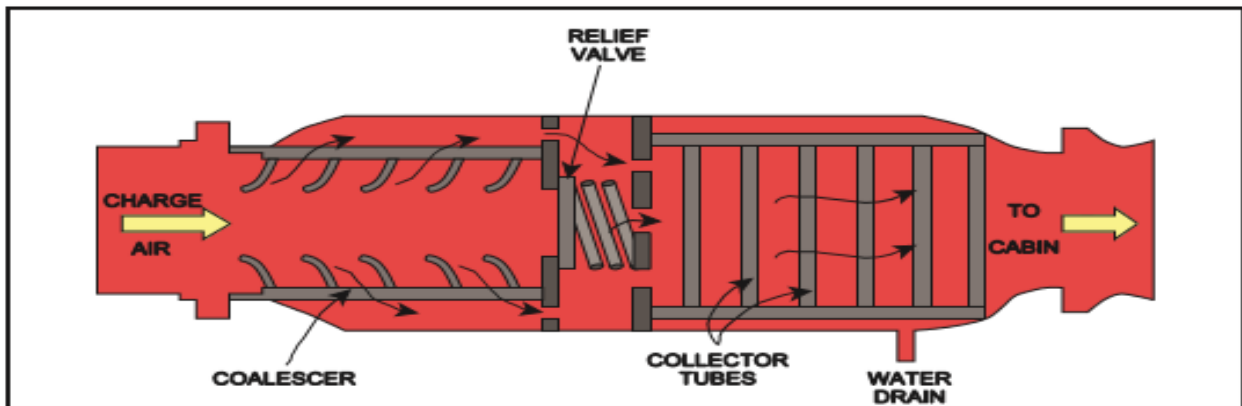
Ve vyšších letových hladinách je vzduch velmi suchý. To je způsobeno poklesem vlhkosti vzduchu s rostoucí výškou. Například ve výšce 12 km je relativní vlhkost vzduchu v rozmezí 1–2 %. Suchý vzduch působí nepříznivě pro lidské tělo. Způsobuje dráždění jícnu, nosu i uší, a proto je nutné zvlhčovat vzduch pomocí zvlhčovačů na relativní vlhkost alespoň 30 %.

Nepříznivě na člověka i letadlo ale působí také příliš vysoká vlhkost. Zvýšená vlhkost působí zvýšenou korozní účinností na konstrukci letadla a může působit zamlžení oken pilotní kabiny. Pro zbavení vzduchu přebytečné vlhkosti se používají odlučovače vody. (Slavík, 2006, p. 156)

3.4 Odlučovače vody

Odlučovače jsou zařízení, která odstraňují vodu z klimatizační soustavy letadla. Dochází u nich k oddělování vody z vlhkého vzduchu pomocí žaluzií nebo jiné mechanické překážky, kde se vytvářejí vodní kapky. Bývají umístěny na výstupu z turbochladiče, kde bývá nízká

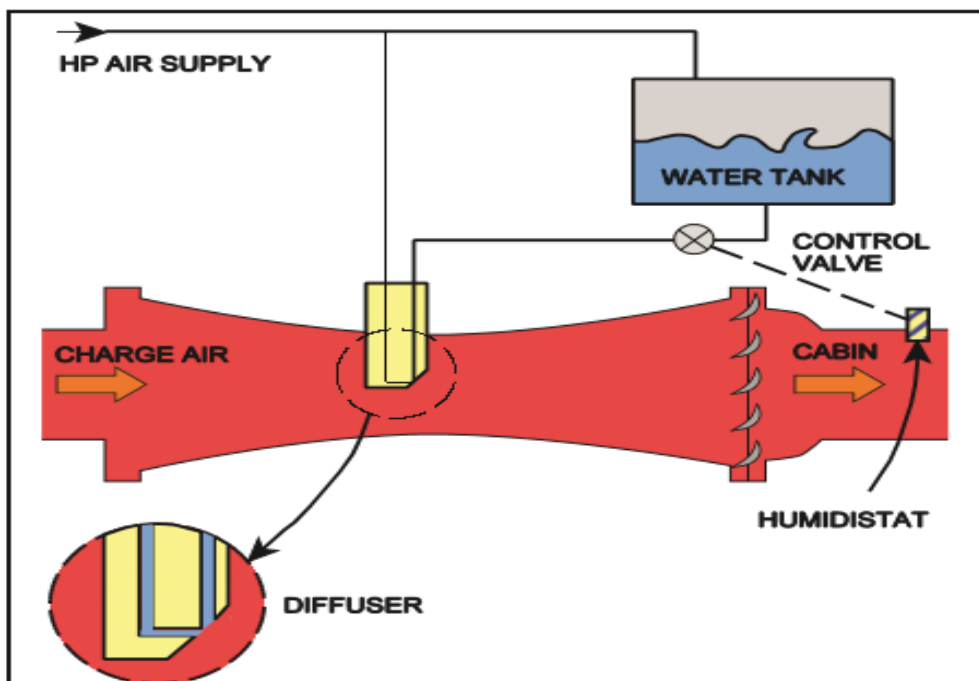
teplota a dochází ke kondenzaci vody, která je vypouštěna mimo letoun. Schéma odlučovače vody je na obrázku číslo 9. Vzduch z kabiny prochází přes srážecí vodu a ventil maximálního tlaku do sběrače vody, z kterého je voda odváděna výpustním potrubím. (Aircraft general knowledge, 2011, p. 205)



Obrázek číslo 9 (Aircraft general knowledge, 2011, p. 205)

3.5 Zvlhčovače vzduchu

Zvlhčovače jsou technická zařízení, která zajišťují potřebné zvlhčení vzduchu před vstupem do kabiny. Jsou konstruovány jako sprejové rozprašovače, vstřikovače vody, parní zvlhčovače nebo zvlhčovače Venturiho typu. (Slavík, 2006, p. 256) Na obrázku číslo 10 je příklad klasického zvlhčovače Venturiho typu. Jde o velmi často využívaný, účinný a lehký zvlhčovač vzduchu. (Aircraft general knowledge, 2011, p. 206)



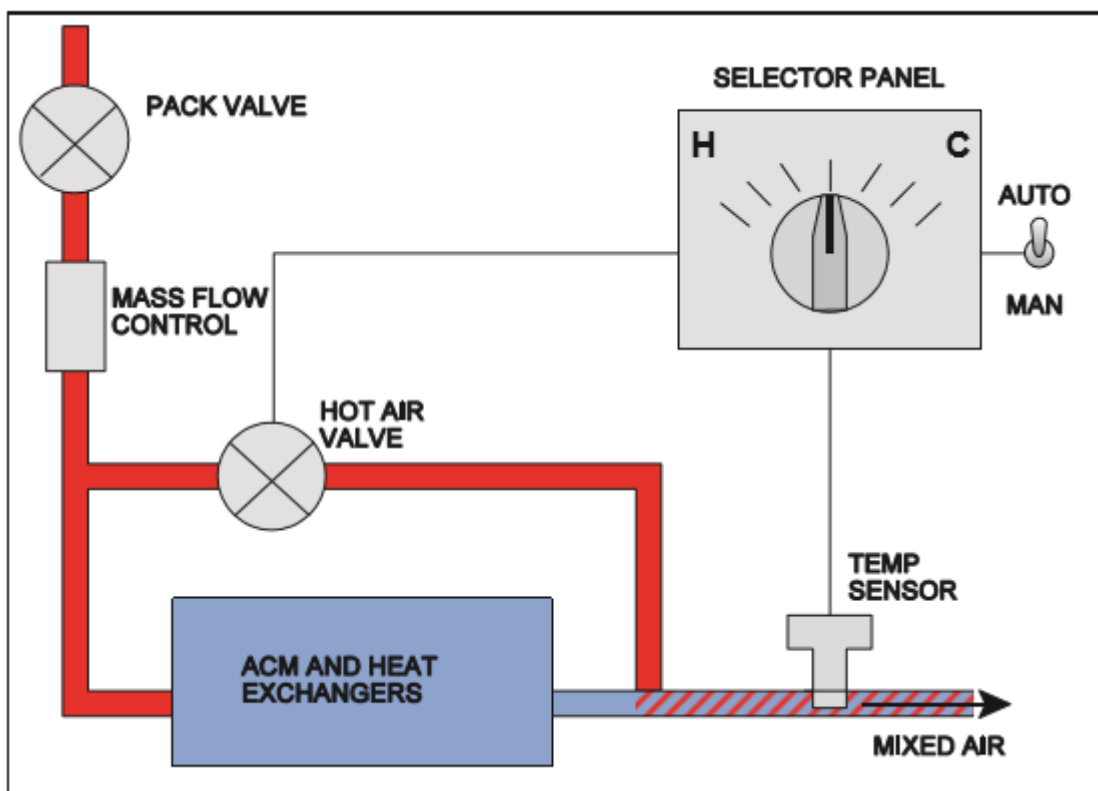
Obrázek číslo 10 (Aircraft general knowledge, 2011, p. 206)

3.6 Deozonizace

Ve vyšších letových hladinách obsahuje vzduch více ozónu. Ten dráždí dýchací cesty a navozuje pocit suchosti. Pro eliminaci těchto problémů se do přívodních potrubí stlačeného vzduchu z motorů umisťují deozonizační jednotky. Jsou to technické prostředky, ve kterých probíhají chemické reakce měnící ozón na kyslík. (Slavík, 2006, p. 257)

3.7 Řízení teploty vzduchu

Teplota vzduchu vstupujícího do kabiny se obvykle řídí směřováním teplého vzduchu z motorů a studeného vzduchu, který vystupuje z klimatizační jednotky. Schéma systému řízení teploty je naznačeno na obrázku číslo 11. (Aircraft general knowledge, 2011, p. 207) Může být automaticky nebo ručně řízeno a nastavuje se na ovládacím panelu v kokpitu letadla. V automatickém modu nastavenou teplotu ovládá regulátor teploty na základě signálů z teplotních čidel v kabině a na výstupu klimatizovaného vzduchu. Při ruční regulaci teploty ovládá pilot směšovací ventily přímo z ovládacího panelu. (Slavík, 2006, p. 269)



Obrázek číslo 11 (Aircraft general knowledge, 2011, p. 207)

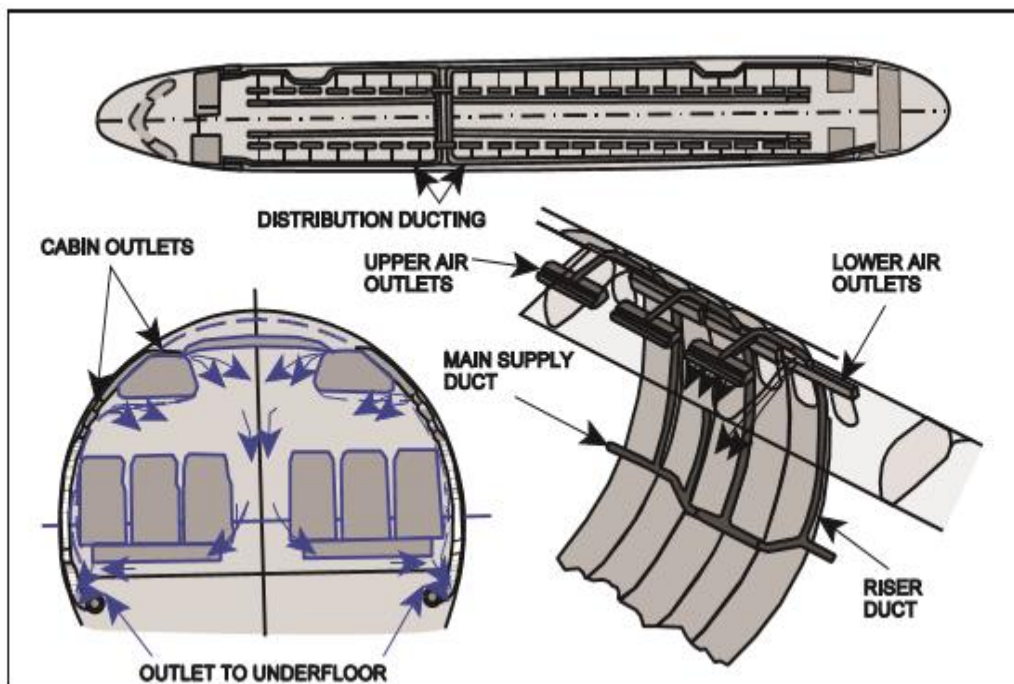
3.7 Klimatizovaný vzduch a rozvodné potrubí

Klimatizovaným vzduchem je myšlen vzduch, který má správnou teplotu a vlhkost. Je však důležité si uvědomit, že teplota vzduchu v kabině je v rozmezí 19–24°C, ale teplota v rozvodném potrubí je obvykle vyšší, protože při výstupu vzduchu do kabiny dojde k mírnému ochlazení díky expanzi. Teplota vzduchu v rozvodném potrubí je v rozmezí 18–27°C.

Rozvodné potrubí v klimatizační soustavě může být vyrobeno z různých materiálů podle teploty a tlaku rozváděného vzduchu. V dopravních letadlech jsou zastoupeny tři druhy materiálů. Nerezová ocel pro vysoký tlak a teplotu, lehké slitiny pro střední tlak a teplotu a plastové materiály pro nízký tlak a teplotu. ([Jeppesen, & Atlantic Flight Training], 2007, pp. 12-17)

3.7.1 Rozvody vzduchu do kabiny

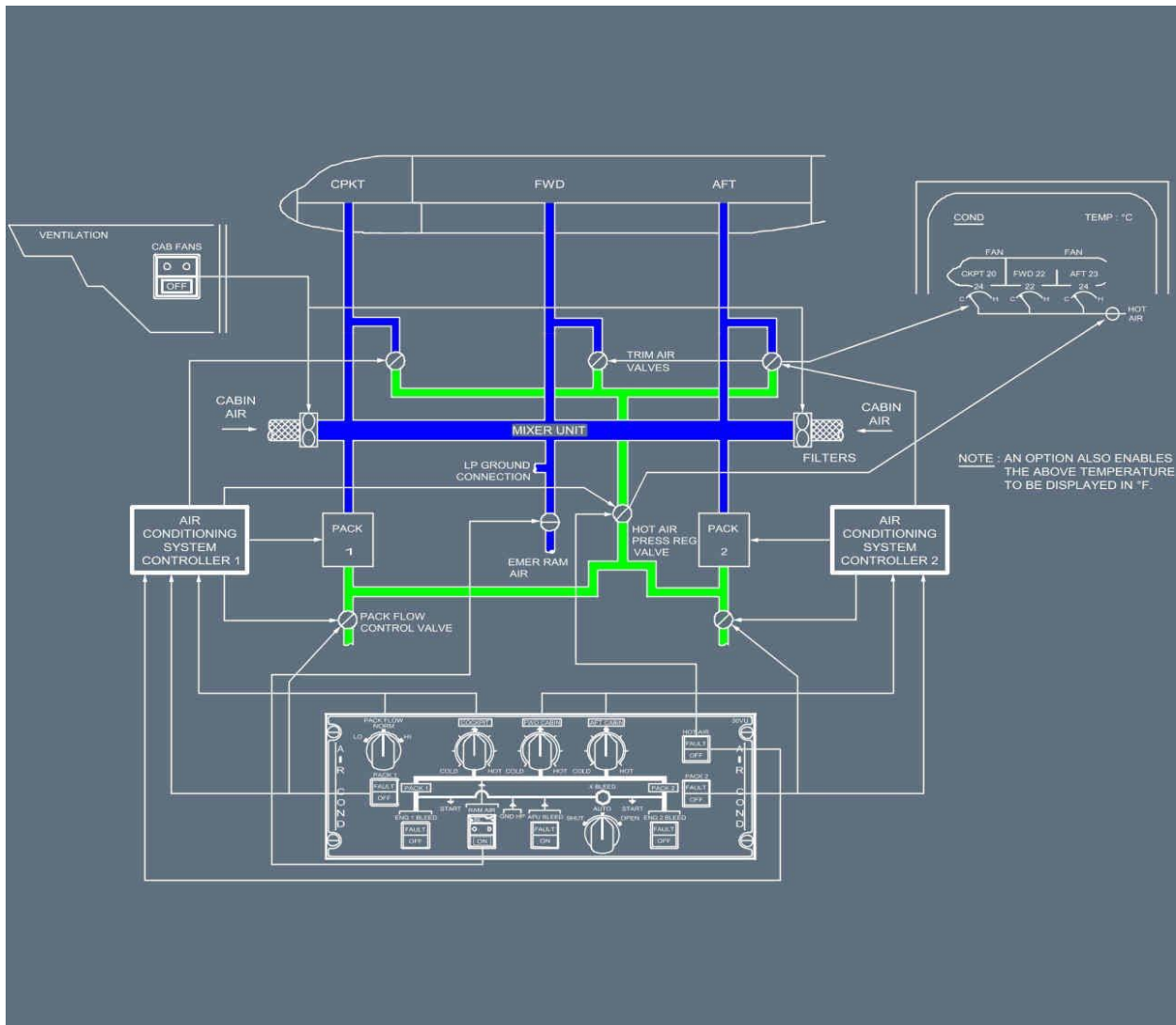
Kabina cestujících bývá připojena na hlavní rozvodné potrubí, ze kterého se větví přívody ke stěnám v každé řadě sedadel. Součástí stropního rozvodu bývají také stropní vývody. Stropní rozvody u středně velkých dopravních letadel jsou vedeny samostatně pro přední a zadní část kabiny. Boční větve ústí do vývodů podél stěn a vytvářejí společně se stropními vývody vhodný cirkulační pohyb vzduchu v kabině. Každý z cestujících má možnost regulovat přímý výstup klimatizovaného vzduchu individuálně z jednotky nad svou hlavou. Tyto jednotky jsou instalovány na bočních klimatizačních větvích. Vzduch je odváděn otvory v blízkosti podlahy a pokračuje dále do nepřímo klimatizovaných prostor letadla. (Slavík, 2006, p. 263) Schéma rozvodu vzduchu je popsáno na obrázku číslo 12.



Obrázek číslo 12 (Aircraft general knowledge, 2011, p. 208)

4 Klimatizační systém letounu A320

V první řadě je třeba říci, že klimatizační systém letounu A320 je plně automatizován. Poskytuje dodávku vzduchu a udržování zvolené teploty v kokpitu, přední kabině a zadní kabině. Tyto tři části jsou nezávisle kontrolovány. Základní princip dodávky vzduchu je odběr horkého vzduchu z motoru, následná úprava rychlosti proudu, ochlazení v turbochladiči, namíchání části recirkulovaného vzduchu z kabiny a dodávky vzduchu do kabiny.

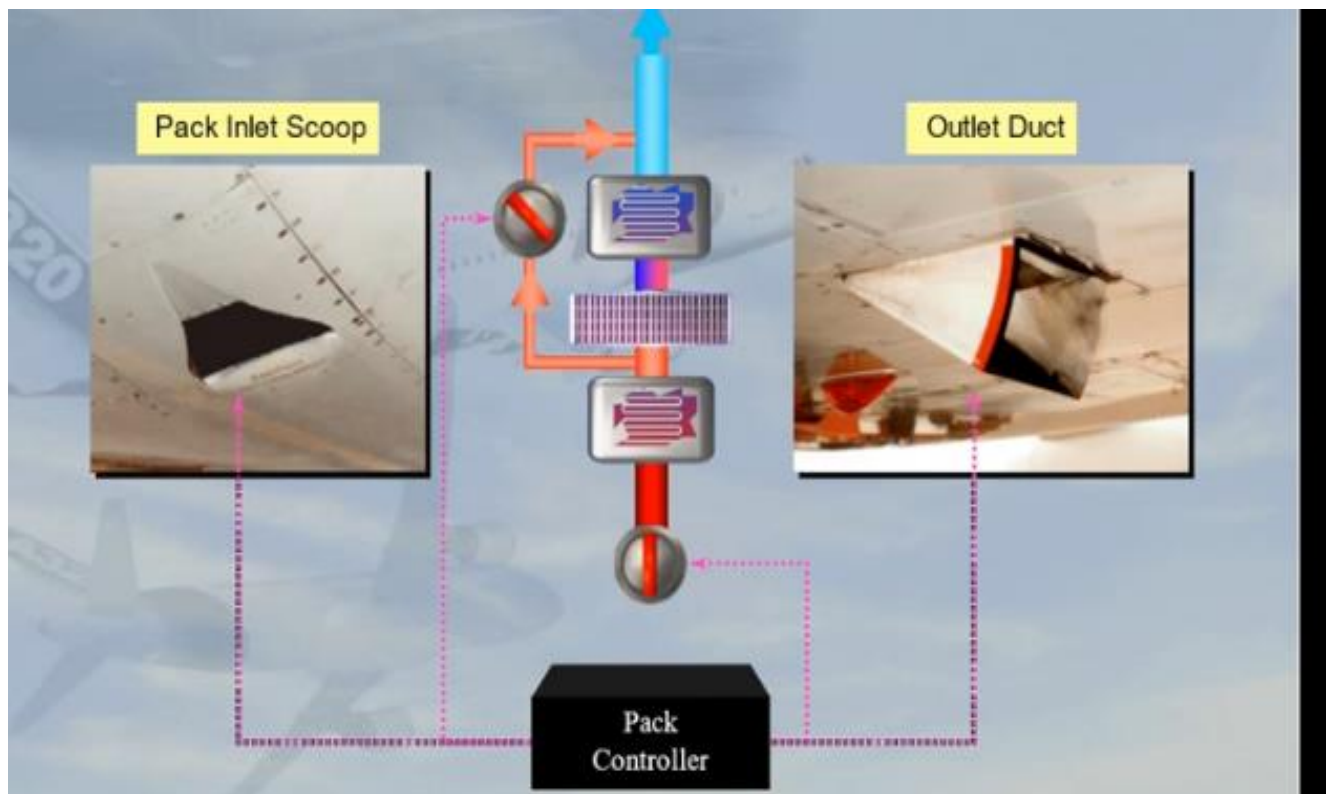


Obrázek číslo 13. Schéma klimatizačního systému letounu A320 („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL”, 2006)

Letoun A320 je vybaven dvěma nezávislými klimatizačními systémy. Celý proces začíná odběrem horkého vzduchu z motoru (z 5. a 9. stupně kompresoru). Rychlost horkého vzduchu je upravena ventilem (Pack Flow Control Valve). Poté vzduch putuje do turbochladiče (Pack 1,2). Zde se část horkého vzduchu ochladí a poskytne teplotně

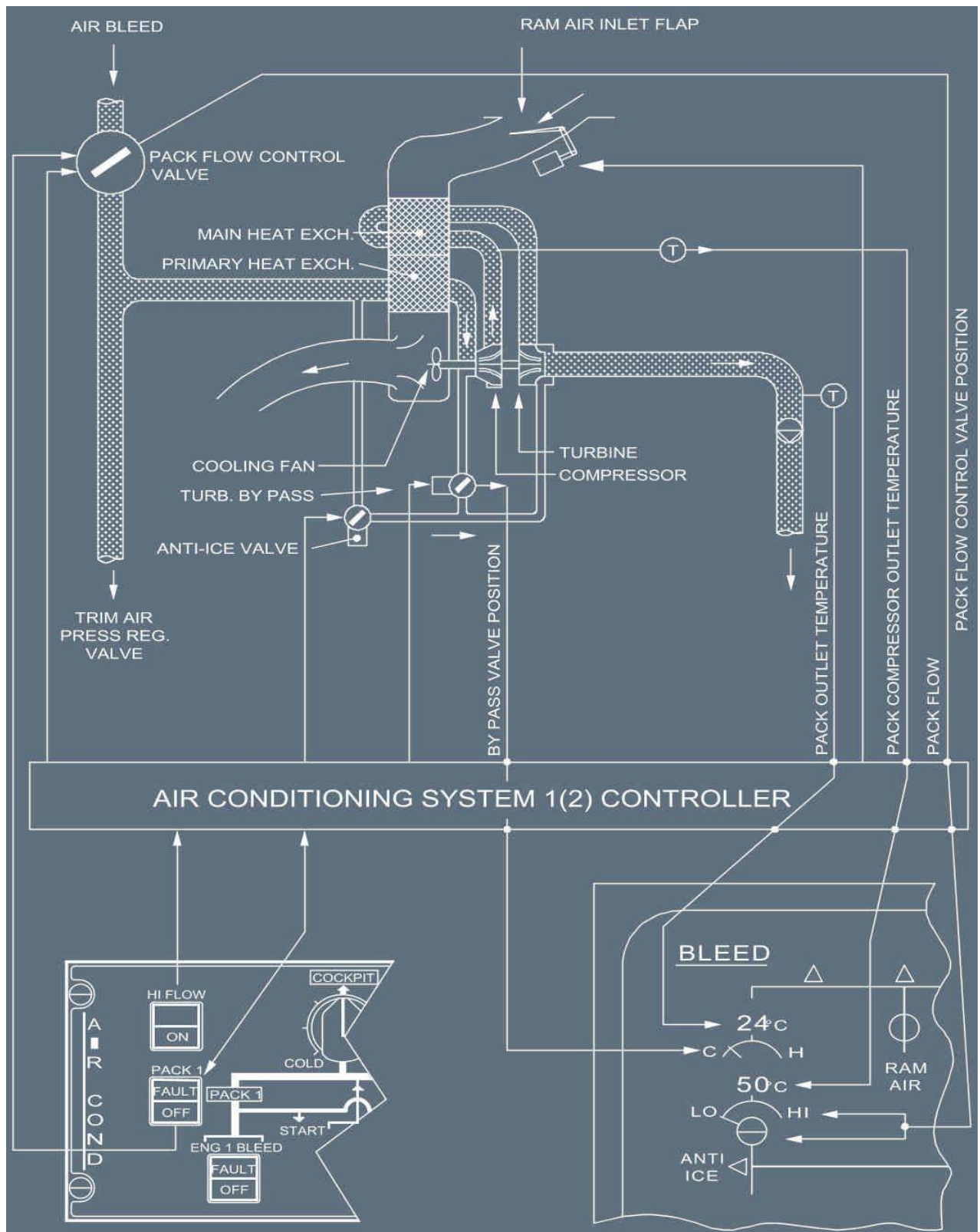
zregulovaný vzduch dále do směšné jednotky (Mixer Unit). Ve směšné jednotce se mísí vzduch poskytnutý turbochladičem s částí recirkulovaného vzduchu z kabiny, který je filtrován a hnán do směšné jednotky ventilátory (Cab. Fans). Část horkého vzduchu z motorů je odváděna do okruhu horkého vzduchu a pomocí trimovacích ventilů (Trim Air Valves) poskytuje dodávku horkého vzduchu pro konečnou regulaci teploty, pokud je to nezbytné. Vzduch z klimatizačního systému je dodáván do kokpitu, přední kabiny a zadní kabiny. („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL”, 2006)

Pro systém klimatizace je důležitý také takzvaný „RAM AIR“, což je náporový vzduch odebíraný z okolí letounu. Vstup pro RAM AIR se nazývá „Pack Inlet Scoop“ a výstup „Outlet Duck“. Oba tyto otvory se dočasně uzavírají při vzletu a přistání, aby nedošlo k nasátí cizích těles. RAM AIR se využívá v nouzových situacích k odstranění kouře v kokpitu a kabině při poruše klimatizačního systému a k ochlazení horkého vzduchu v turbochladičích. („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL”, 2006)



Obrázek číslo 14. Vstup a výstup pro RAM AIR.(A320 CBT)

Velmi důležitým zařízením v klimatizační soustavě letounu A320 je turbochladič.



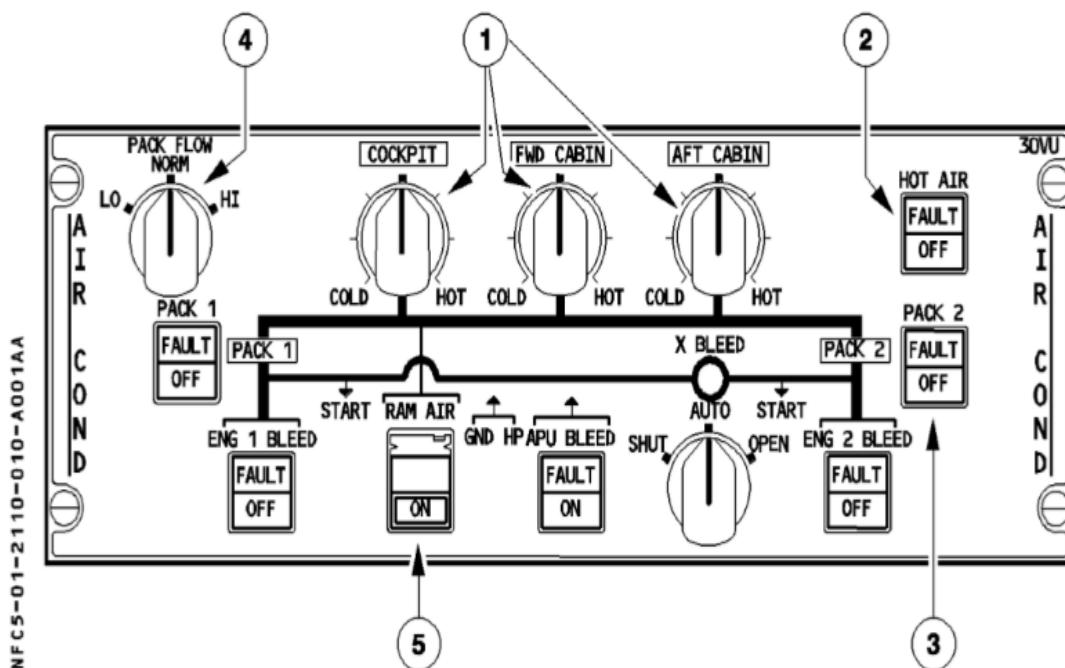
Obrázek číslo 15. Schéma turbochladiče letounu A320.

Vzduch z motoru jde nejdříve do ventilu (Pack Flow Control Valve). Proudění vzduchu je řízeno pomocí elektromotoru, který ovládá ventil. Jestliže by došlo k přehřátí kompresoru

turbochladiče, ventil se uzavře pneumaticky. Ventil je automaticky uzavřen při startování motoru nebo požáru. Proud vzduchu, který projde ventilem, je rozdělen. Část jde do regulačního tlakového ventilu horkého vzduchu (Trim Air Press Reg. Valve) a část může jít přes protinámrazový ventil (Anti-ice Valve), který se otevírá pro zamezení tvorby námrazy v kondenzátoru. Zbytek vzduchu prochází přes primární tepelný výměník (Primary Heat Exp.) do kompresoru. Z kompresoru pokračuje přes hlavní tepelný výměník (Main Heat Exp.), kde se ochladí, poté proudí do systému separace vody (Water Separator System) a jde dále do turbíny (Turbine). V turbíně se vzduch rozpíná a to má za následek velmi nízkou výstupní teplotu vzduchu. Turbína pohání kompresor a ventilátor chlazení (Cooling Fan). Teplota se řídí pomocí klapky pro řízení náporového vzduchu (RAM AIR Inlet Flap) a bypass ventilu. Bypass ventil přidává horký vzduch do vzduchu vystupujícího z turbíny a klapka pro řízení náporového vzduchu řídí množství studeného vzduchu jdoucího přes výměníky. („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL“, 2006)

4.1 Ovládací panel klimatizace (teploty a parametrů proudění)

CONTROLS ON OVERHEAD PANEL



Obrázek číslo 16. Ovládací panel klimatizace letounu A320.

1. Regulace teploty

- pozice 12 hodin: 24°C (76°F)
- pozice COLD: 18°C (64°F)
- pozice HOT: 30°C (86°C)

2. Tlačítko HOT AIR:

Ovládá regulační tlakový ventil horkého vzduchu a trimovací ventily horkého vzduchu.

- ON: Ventil reguluje teplotu vzduchu
- OFF: Oba ventily se uzavřou a obvod pro FAULT status je resetován
- FAULT: Signalizace kontrolky jantarové barvy, spolu s ECAM výstrahou se objeví, pokud je zjištěno přehřátí vedení vzduchu (teplota dosáhne 88°C). Ventily jsou v tomto případě uzavřeny automaticky. Světlo zhasne poté, co teplota klesne pod 70°C a posádka přepne do stavu OFF

3. Tlačítko turbochladiče 1 a 2:

Ovládá ventil řízení proudu vzduchu, který je umístěn před turbochladiči.

- ON: Ventil je řízen automaticky. Je otevřen, pokud nenastane některý z následujících případů:
 - Tlak vstupního vzduchu je pod minimální hodnotou.
 - Kompresor turbochladiče je přehřátý.
 - Probíhá startovací sekvence motoru.
 - Došlo ke spuštění hasicího systému motoru.
- OFF: Ventil se zavře
- FAULT: Signalizace kontrolkou jantarové barvy spolu s ECAM výstrahou. Objeví se, pokud poloha ventilu nesouhlasí s nastavenou polohou nebo pokud dojde k přehřátí kompresoru turbochladiče.

4. Regulace proudu vzduchu:

Umožňuje ovládání rychlosti proudu vzduchu procházejícího turbochladičem.

- LO: 80 %
- NORM: 100 %
- HI: 120 %

5. Tlačítko RAM AIR:

- ON: Objeví se signalizace bílé barvy „ON“. Pokud je tlačítko „DITCHING PUSHBUTTON“ (na panelu řízení tlaku) v normální poloze:

- Vstup náporového vzduchu se otevře.
- Pokud je $\Delta p \geq 1$ psi, vypouštěcí ventil pracuje normálně. Žádný náporový vzduch neproudí dovnitř.
- Pokud $\Delta p < 1$ psi, vypouštěcí ventil je při automatickém režimu otevřen na 50 %, při manuálním režimu se automaticky neotevívá. RAM AIR proudí přímo do směsné jednotky.

-OFF: Vstup RAM AIR se uzavře. („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL”, 2006)

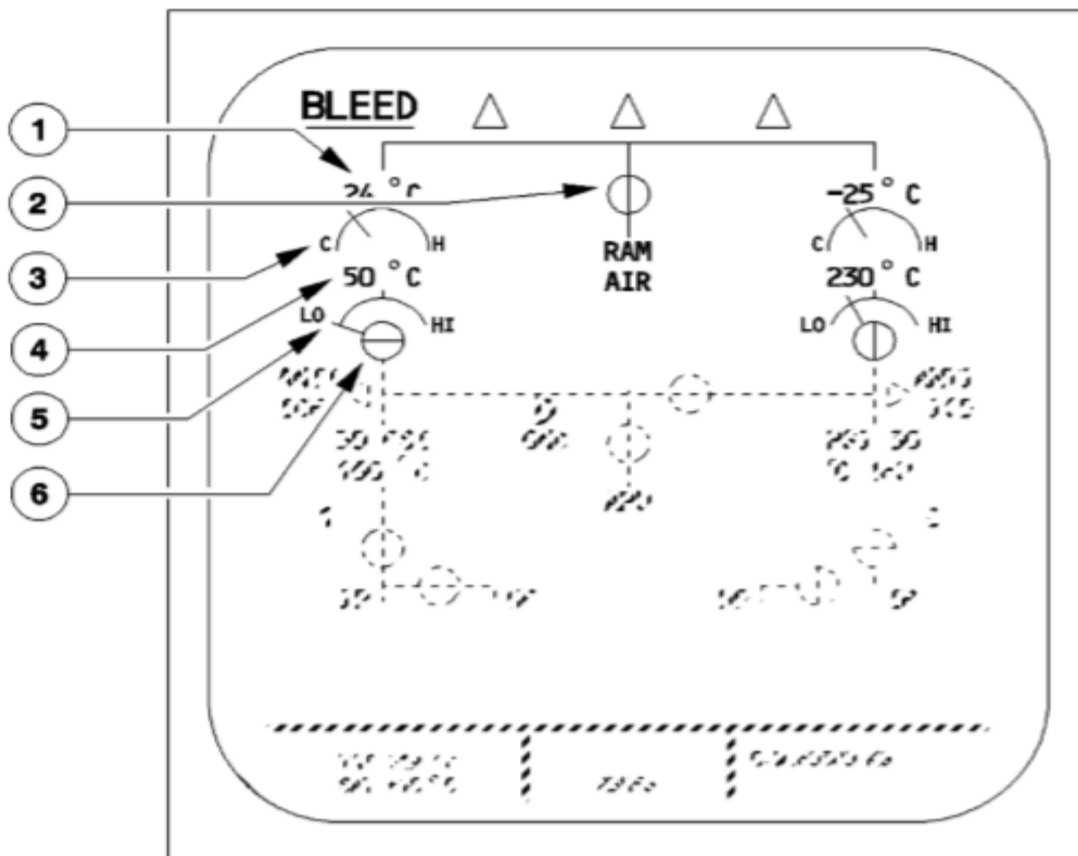
4.2 Indikace klimatizačního systému na obrazovce ECAM

Systém ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitor) je systém vyvinutý společností Airbus, který umožňuje sledování činnosti různých systémů v letadle a tyto informace předává pilotům. Také vydává zprávy popisující aktuální závady a v případě potřeby generuje postup řešení daného problému nebo závady.

ECAM je podobný systému známému jako EICAS (Engine Indication and Crew Alerting System), který využívají společnosti Boeing a Embraer. Airbus vyvinul systém ECAM, aby kromě běžných funkcí, kterými disponuje EICAS, dokázal zobrazit správné postupy pro řešení závad na letadle. ECAM je navržený k snížení stresu a zátěže pilotů během nestandardních a nouzových situací. Tento systém nevyužívá žádné fyzické pomůcky, ale pouze displeje umístěné na středovém panelu v kokpitu. Tím jsou všechny postupy okamžitě k dispozici. („Electronic centralised aircraft monitor”, 2016)

Strana „BLEED“

Tato strana zobrazuje funkci turbochladičů a využívané zdroje vzduchu.



Obrázek číslo 17. Strana „BLEED“.

1 – Výstupní teplota turbochladiče. Normálně je zbarvena zeleně, ale pokud se teplota zvýší nad 90°C, zbarví se jantarově.

2 – Klapka náporového vzduchu. Může být ve třech polohách. Klapka je uzavřena, částečně otevřena nebo otevřena. Indikátor je zbarven zeleně pouze v případě zavřené klapky, jinak je jantarové barvy.

3 – Pozice „bypass“ ventilu. Pozice C (studená, ventil je uzavřen) a H (teplá, ventil je otevřen),

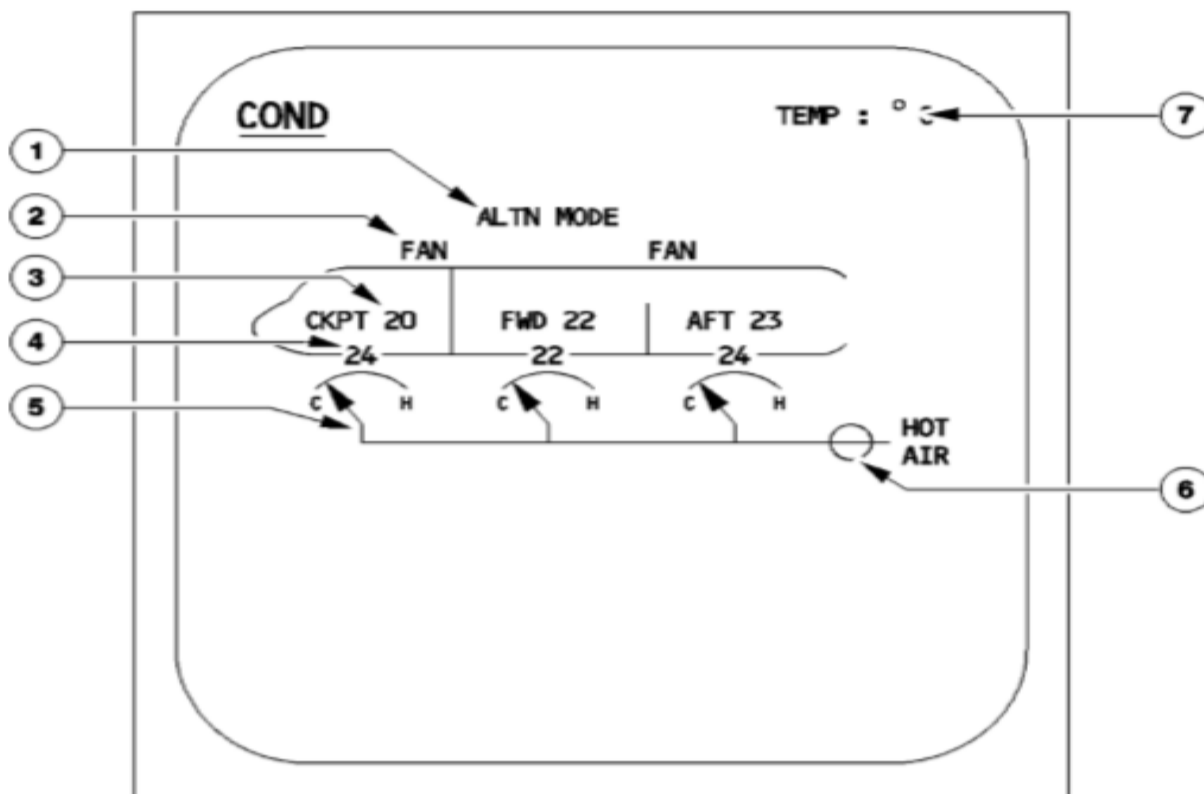
4 – Teplota vzduchu na výstupu z kompresoru. Pokud teplota nepřekročí 230°C, je zbarven zeleně, jinak se zbarví jantarovou barvou.

5 – Rychlost proudění vzduchu. Normálně je indikace zbarvena zeleně. Pokud je průtokový ventil (flow control valve) uzavřen, zbarví se jantarově.

6 – Hlavní průtokový ventil (pack flow control valve). Zeleně zbarvená indikace, pokud je ventil úplně uzavřen nebo úplně otevřen. V ostatních případech se zbarví jantarově. („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL“, 2006)

Strana „COND“

Tato strana zobrazuje teplotu v kokpitu, přední části kabiny a zadní části kabiny. Zobrazuje také nastavení trimovacích ventilů a funkci tlakového ventilu horkého vzduchu.



Obrázek číslo 18. Strana „COND“.

1 – Indikace poruchy ovladače teploty vzduchu jednotlivých částí letadla.

ALTN MODE: Porucha primárního ovladače. Zelená barva.

PACK REG: Porucha ovladačů.

Regulace teploty pouze pomocí PACKů (turbochladičů). Zelená barva

Žádná indikace: Ovladače fungují normálně.

2 – Indikace poruchy kabinových ventilátorů. Objeví se pouze v případě poruchy.

3 – Indikace prostoru (bílá) a teploty (zelená).

4 – Indikace teploty na výstupu do kabiny. Normálně zelená. Zbarví se jantarově po překročení 80°C (176°F).

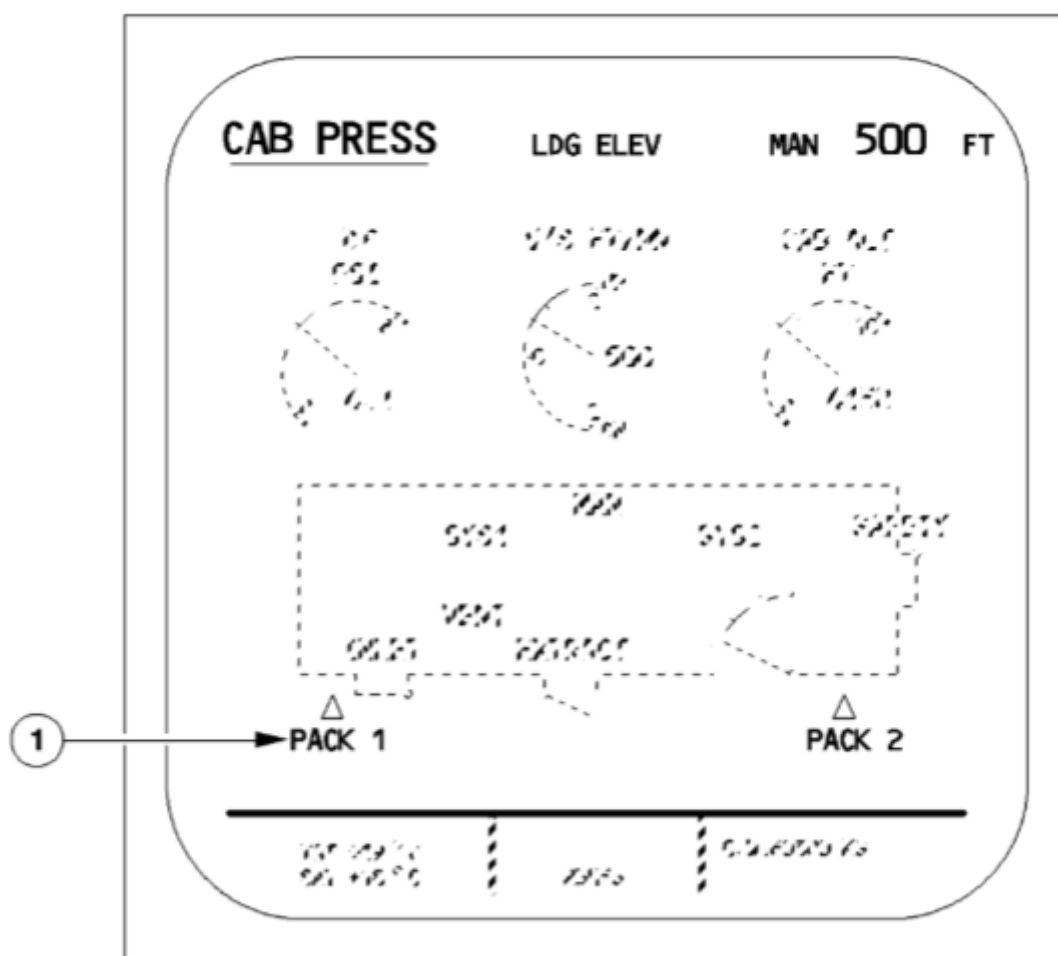
5 – Pozice trimovacího ventilu. Pozice C (studená, ventil je uzavřený) a H (teplá, ventil je plně otevřený). Normálně zelený a v případě poruchy ventilu se zbarví jantarově.

6 – Pozice tlakového ventilu horkého vzduchu. Může být otevřený, nebo zavřený. Pokud pozice ventilu odpovídá nastavené (požadované) pozici, potom je zbarven zeleně. V ostatních případech se zbarví jantarově.

7 – Teplota. Může být zobrazena v jednotkách °C nebo °F. Je tyrkysové barvy. („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL”, 2006)

Strana „CAB PRESS“

Tato strana zobrazuje údaje o přetlakování.

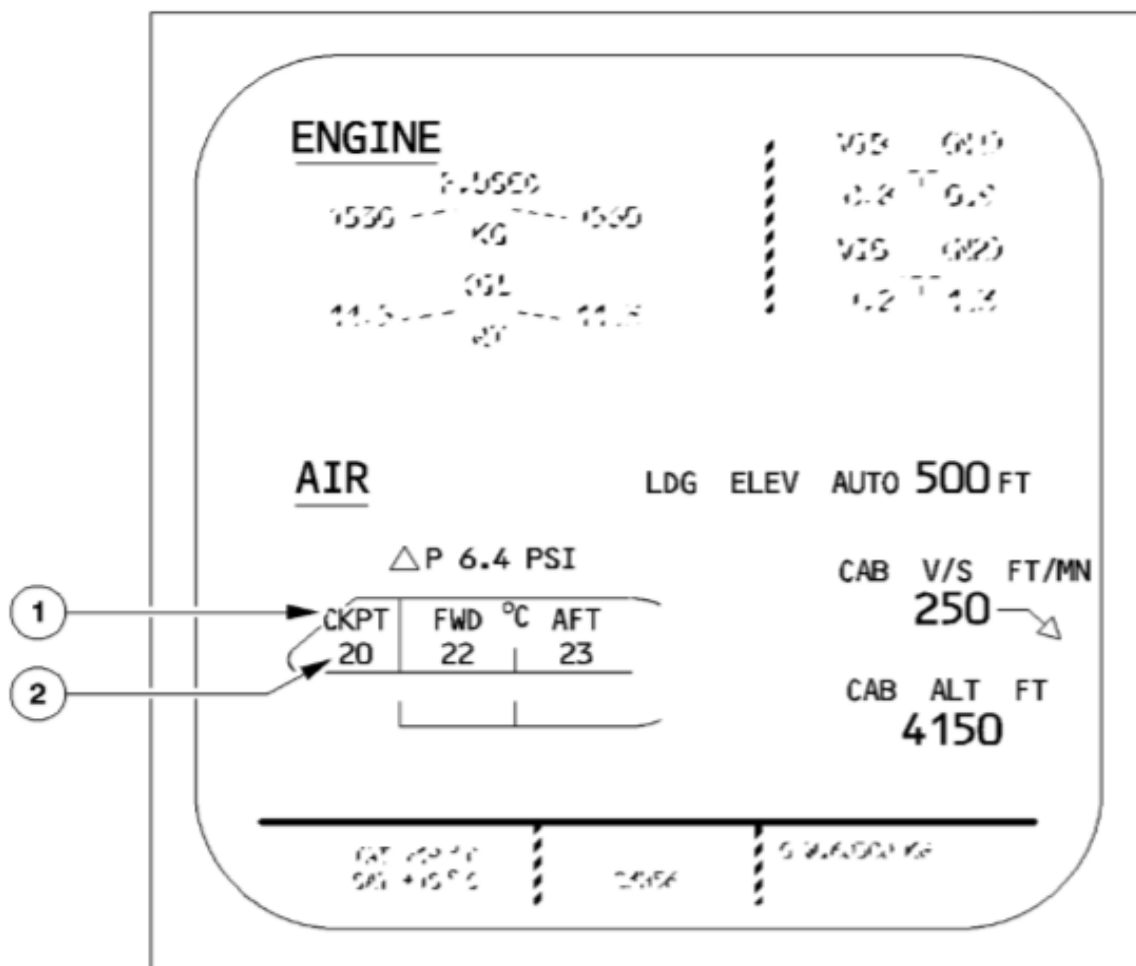


Obrázek číslo 19. Strana „CAB PRESS“.

Popisek číslo 1 značí indikaci PACK 1(2). V běžných případech, kdy systém funguje správně, je trojúhelník zelené barvy a nápis barvy bílé. Pokud nastane případ, že průtokový ventil (flow control valve) je uzavřený a běží alespoň jeden motor, trojúhelník i nápis se zbarví jantarovou barvou. („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL”, 2006)

Strana „CRUISE“

Tato strana je zobrazena za běžných okolností během letu. Jsou zde zobrazeny základní informace z různých systémů letadla. Pro účely klimatizace jsou zde zobrazeny základní údaje o teplotě.



Obrázek číslo 20. Strana „CRUISE“.

Popisky 1 a 2 znázorňují část klimatizovaného prostoru a její teplotu. A320 odděluje tři klimatizované části. Jsou to kokpit, přední kabina a zadní kabina. Každá část je znázorněna na displeji ECAM a je možné v každé části nastavit jinou teplotu. Teplotu je možné nastavovat ve °C nebo °F. („A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL“, 2006)

5 Specifické podmínky vytápění pilotního prostoru A319

Letoun A319 vyráběný společností Airbus je součástí rodiny Airbus A320, která se skládá z letounů A318, A319, A320 a A321. Tyto letouny se staly nejúspěšnějším produktem firmy Airbus a byly první, u kterých byl použit systém řízení „fly-by-wire“. Tento systém modernizuje starší mechanickou vazbu mezi řídicími členy umístěnými v kabině a výkonnými členy (systém nahrazuje mechanické vazby vazbami elektrickými, tzn. propojení mezi řídicími a výkonnými členy jsou realizována pomocí elektrických vodičů). Tyto letouny jsou určeny pro provoz na krátkých a středně dlouhých tratích. Letoun A319 je téměř shodný s A320, ale má menší kapacitu cestujících a delší dolet. („A320 Family“, 2017)

Přestože je A319 velice moderní letoun se špičkovými systémy a výbavou, piloti si stěžují na nekomfortní teplotní podmínky v kokpitu za letu, a to hlavně při delších letech v chladnějších ročních obdobích. Dále se pokusím nastínit problém s vytápěním letounu A319 a jeho možná řešení.

5.1 Řešení teplotních podmínek v kokpitu letounů rodiny A320 společnosti Airbus

Airbus si je vědom problémů s teplotou v kokpitu svých letounů, a proto nabízí doplňkovou výbavu, která by měla tyto problémy eliminovat.

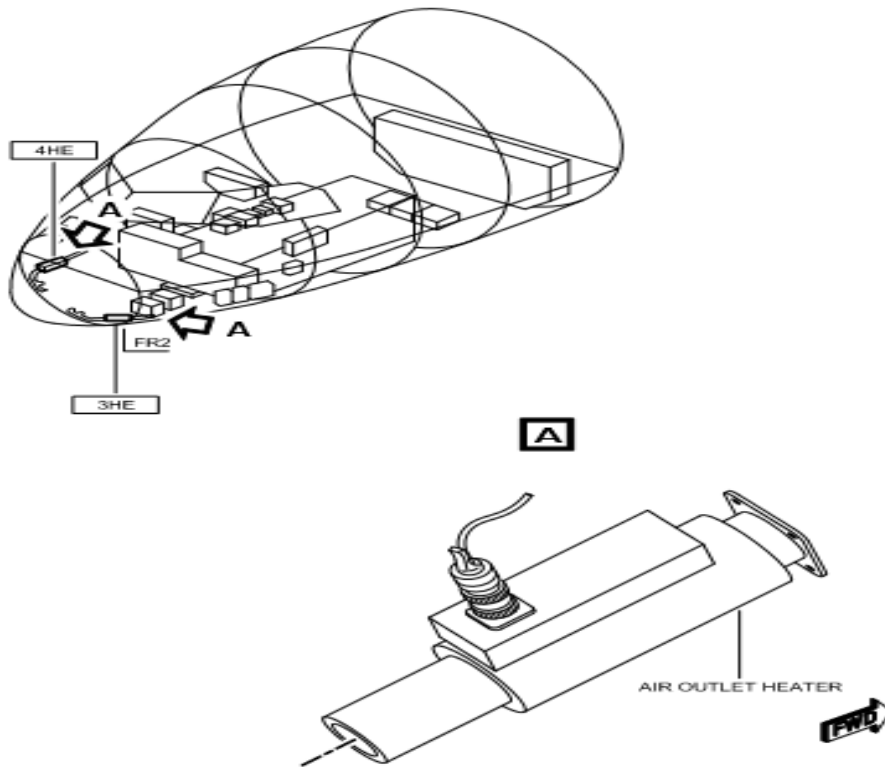
V doplňkové (příplatkové) výbavě nabízí společnost Airbus momentálně pouze jeden systém, který by měl pomoci zlepšit teplotní podmínky v kokpitu, a sice Air Inlet Heater (používá se také „Foot Heater“).

5.1.1 Air Inlet Heater

Tento systém se skládá z dvou topných tělísek, která jsou umístěna v potrubí, jež vede vzduch z klimatizačního systému do spodní části kokpitu za pedály nožního řízení. Každý vývod má jedno topné tělísko. Výstup vzduchu v oblasti pedálu nožního řízení je na obrázku číslo 21. Schéma tohoto systému je znázorněno na obrázku číslo 22. (AIRBUS S.A.S., 2016)

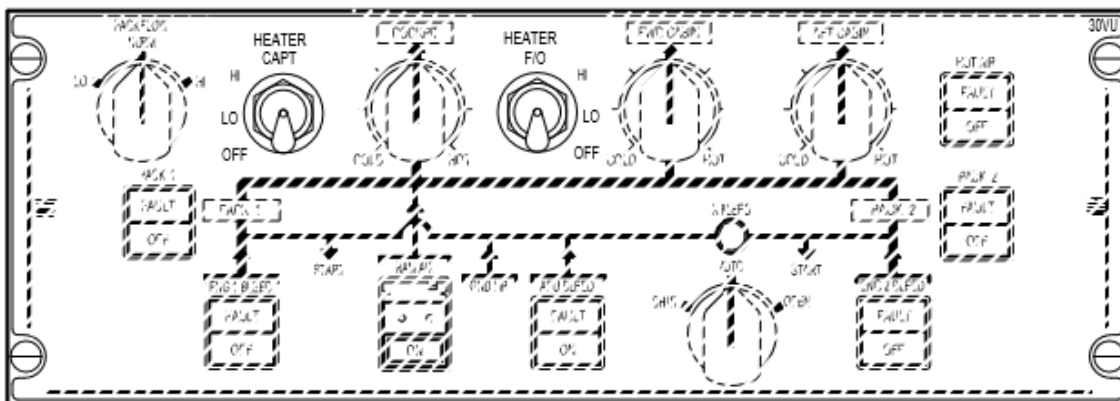


Obrázek číslo 21. Výstup vzduchu v oblasti pedálů nožního řízení. (AIRBUS S.A.S., 2016)



Obrázek číslo 22. Schéma systému Air Inlet Heater. (AIRBUS S.A.S., 2016)

Toto tělísko se může vyhřát na teplotu od 12,5 °C do 25 °C a jeho ovládání se nachází na panelu ovládání klimatizačního systému. Každý pilot může zvlášť ovládat teplotu tohoto „přídavného“ vytápění. Ovládání systému Air Inlet Heater je zobrazeno na obrázku číslo 23. (AIRBUS S.A.S., 2016)



Obrázek číslo 23. Ovládání systému Inlet Air Heater. (AIRBUS S.A.S., 2016)

6 Dotazník pro piloty ČSA, kteří létají na letounu A319

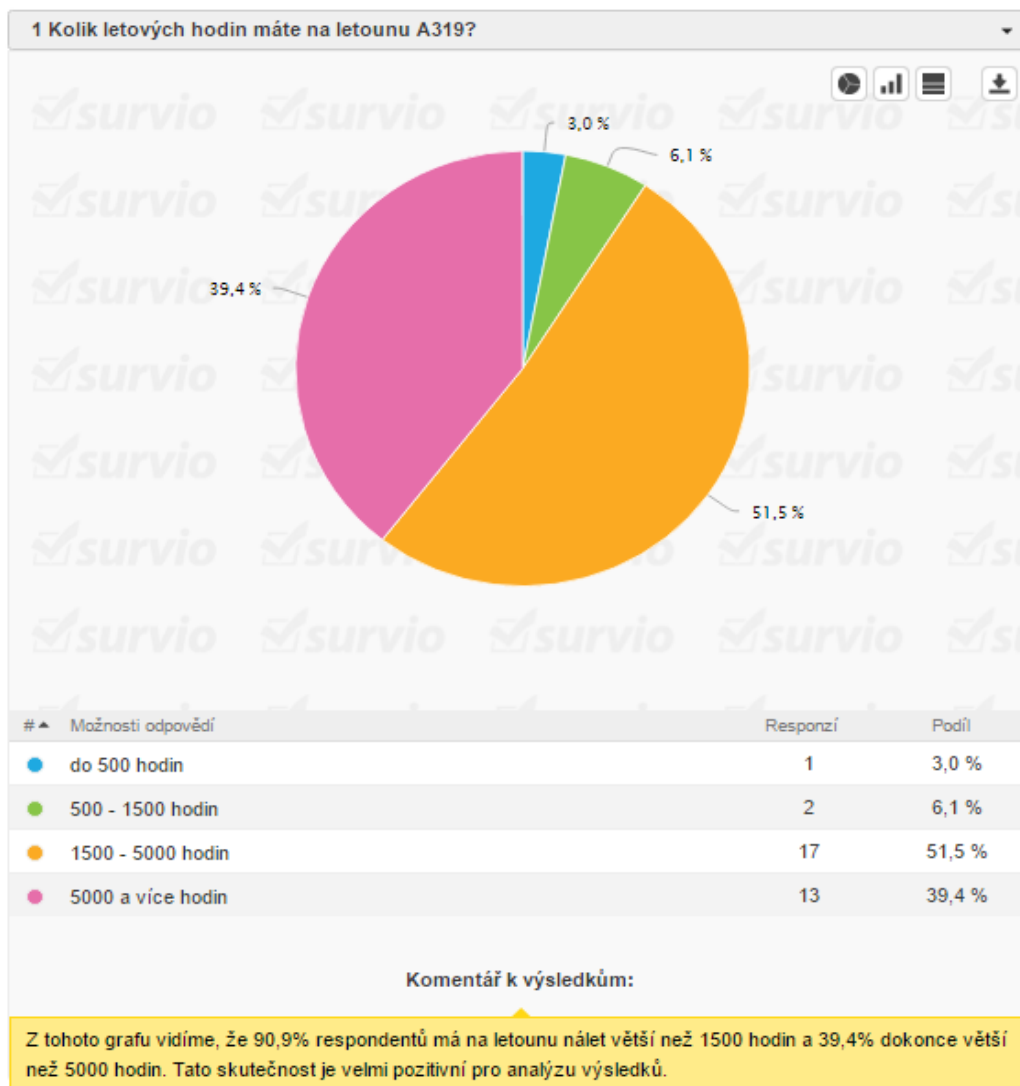
V rámci této práce jsem vytvořil dotazník pro piloty společnosti ČSA, který byl zaměřen na oblast teplotních podmínek letounů A319, jimiž tito piloti létají.

Dotazník jsem vytvořil na webu Survio a skládá se ze třinácti otázek. Šest otázek je uzavřených s výběrem odpovědí (jedné nebo více) a sedm otázek je otevřených, kde piloti mohli napsat svůj názor na daný problém. Tohoto průzkumu se účastnilo 33 pilotů společnosti ČSA, kteří létají na letounech A320 Family (konkrétně A319).

6.1 Uzavřené otázky

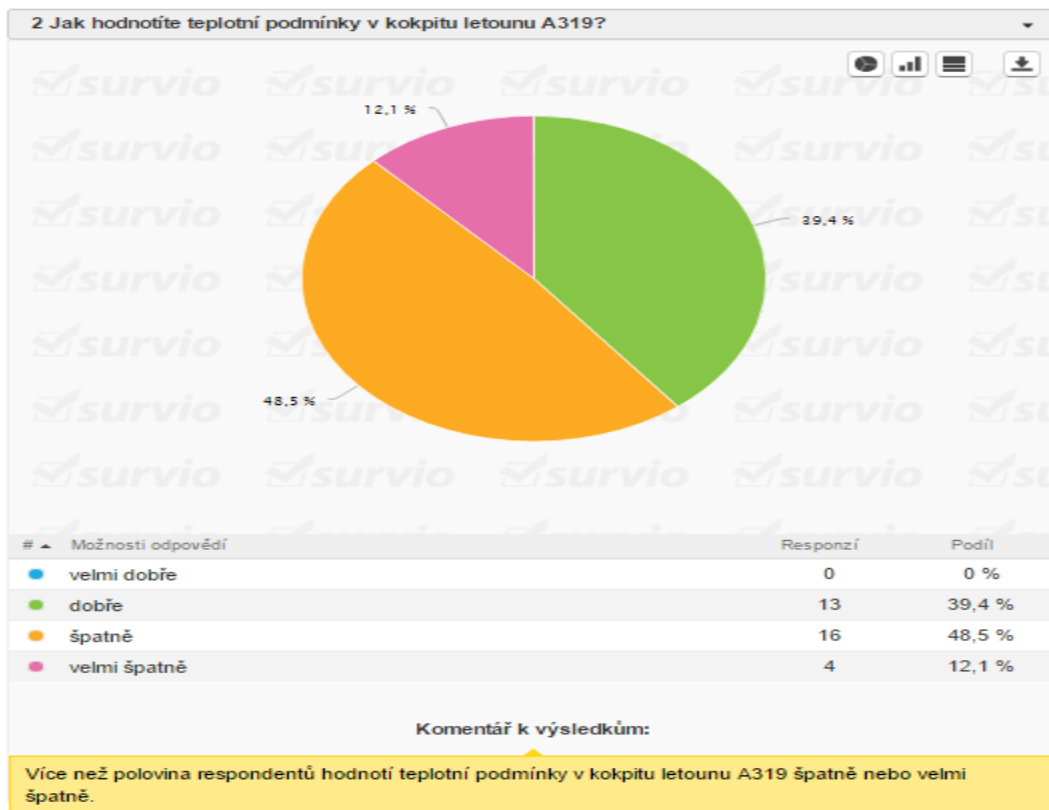
První část analýzy obsahuje uzavřené otázky, u kterých je ve spodní části vnesen můj komentář a krátké zhodnocení každé otázky. Jedná se o prvních šest otázek z dotazníku. U otázek číslo 4 a 5 mohli respondenti zvolit více odpovědí a u zbylých otázek byla možná pouze jedna odpověď.

Otázka číslo 1:



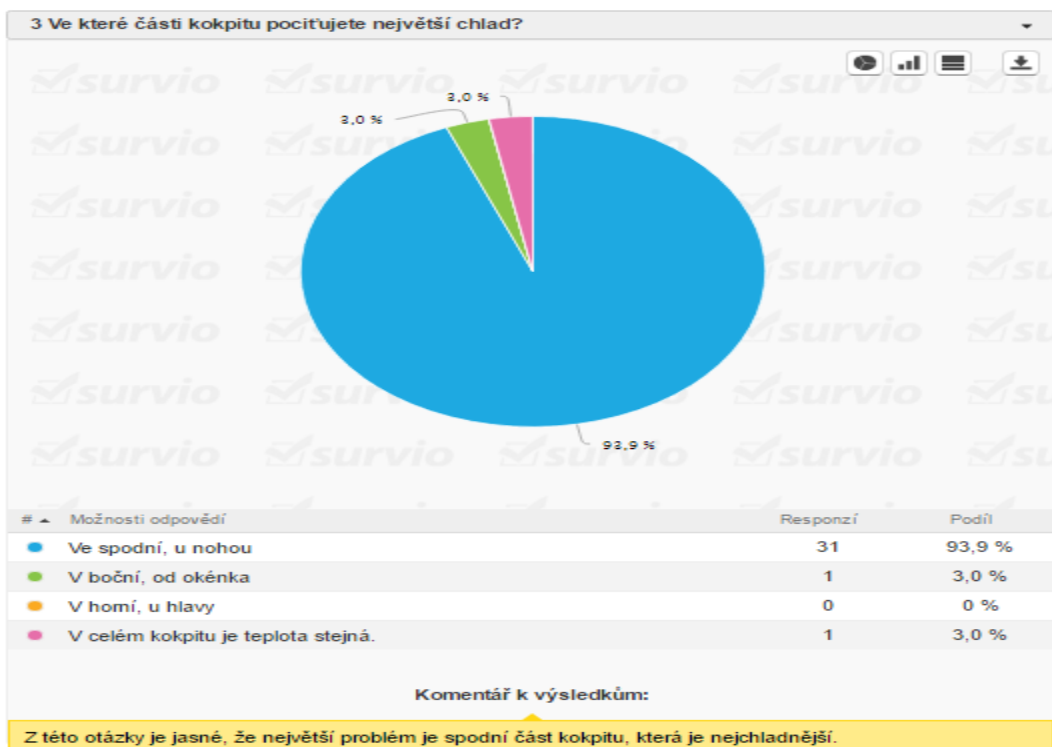
Obrázek číslo 24

Otázka číslo 2:



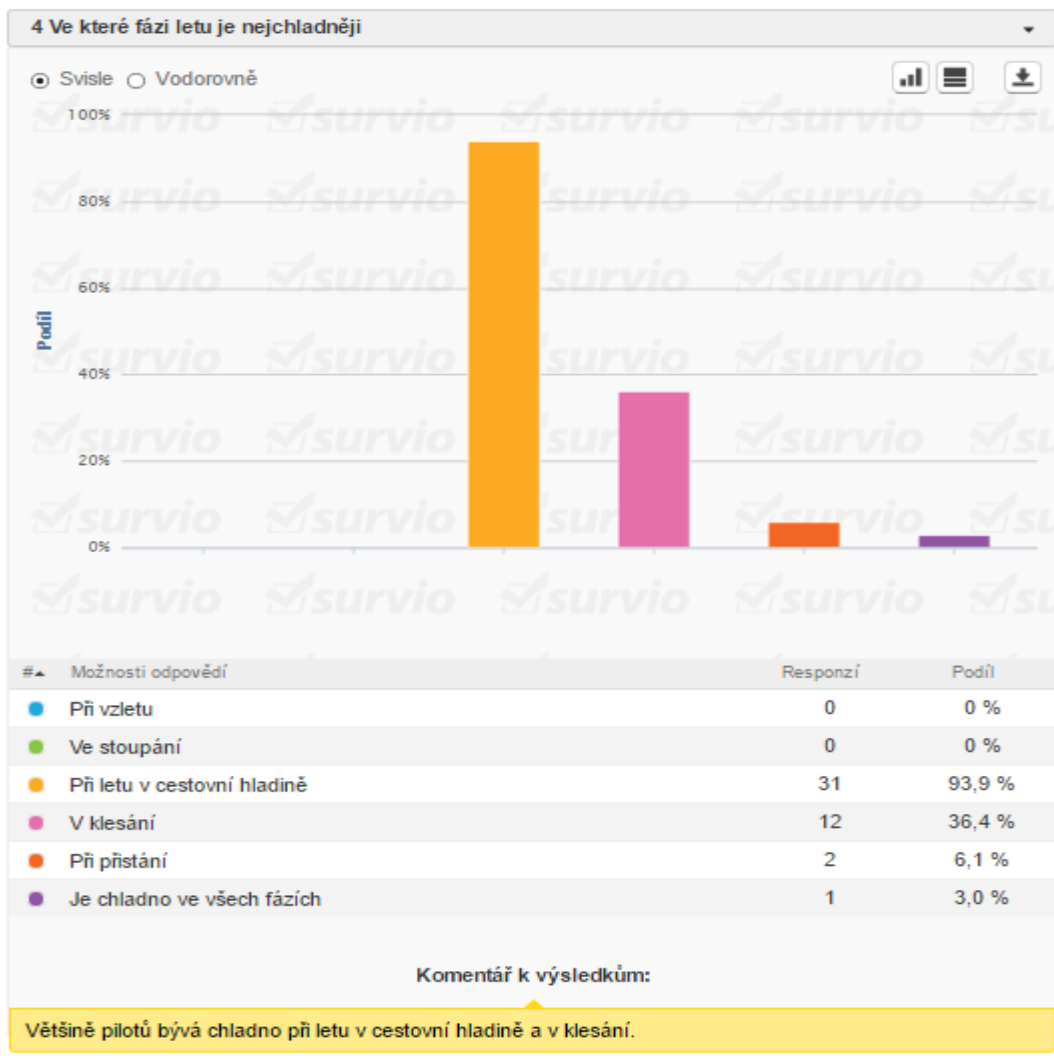
Obrázek číslo 25

Otázka číslo 3:



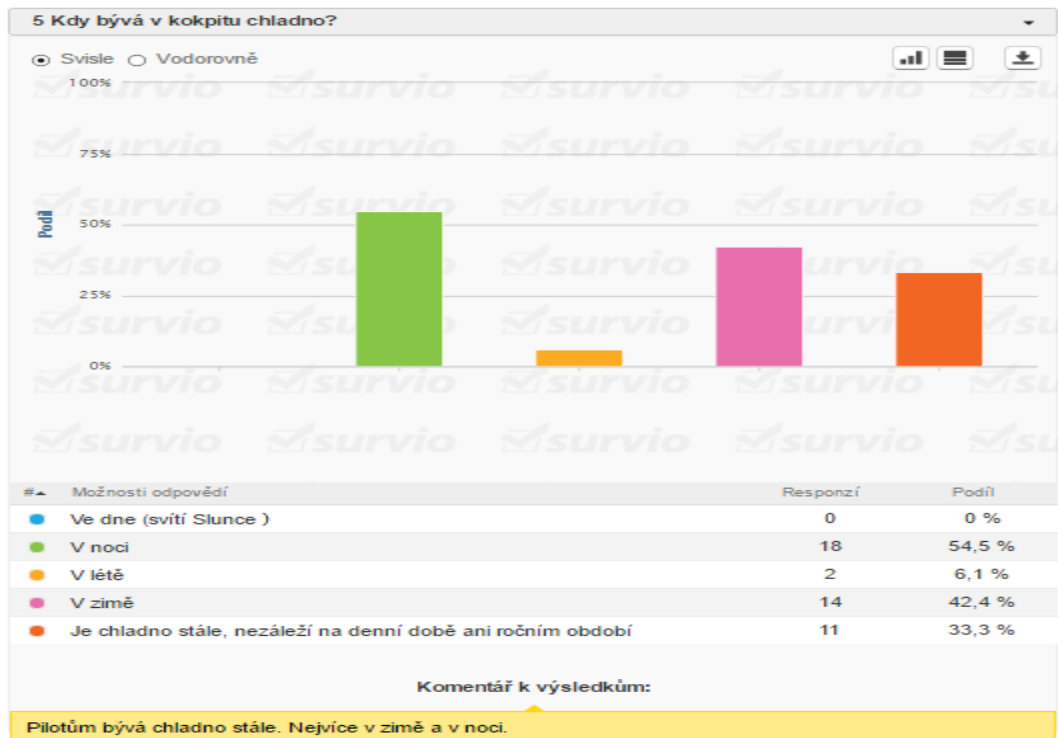
Obrázek číslo 26

Otázka číslo 4:



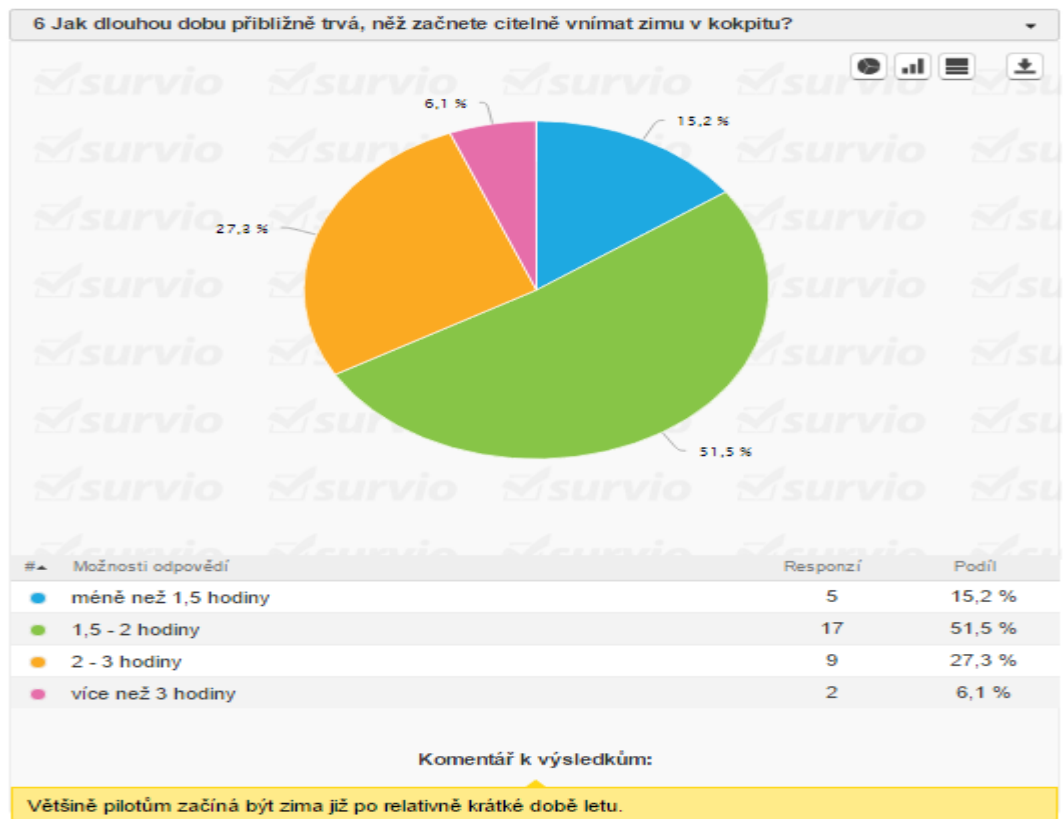
Obrázek číslo 27

Otázka číslo 5:



Obrázek číslo 28

Otázka číslo 6:



Obrázek číslo 29

6.2 Otevřené otázky

Otázky 7 – 13 jsou otevřené. Piloti zde mohli rozepsat svůj názor. Proto je složitější jejich zpracování. Níže jsou uvedeny všechny odpovědi pilotů a krátká rekapitulace odpovědí.

Otázka číslo 7:

7 Máte podezření, co je příčinou nízké teploty v kokpitu?			
- není přepážka mezi předním přístrojovým prostorem a kokpitem - způsob chlazení původních CRT obrazovek zůstalo zachované, i když současně LED displeje už "nehřejí" - není adekvátní přívod teplého vzduchu na nohy, jen nepatrné množství dvěma tenkými trubkami - velmi chladný je kovový pedestál pod bočními okny Špatný rozvod vzduchu x nutnost chladit elektroniku ve spodním a předním prostoru kabiny.	Nedostatečné vyřešení systému topení Lcd displaye Nedostatečně prostorově vyřešena cirkulace teplého vzduchu. Průduchy přívodu vzduchu od klimatizace jsou jen v horní polovině pilotní kabiny. Špatná konstrukce vytápění, topení seshora namísto odspodu Nevím	Nastavení chlazení avioniky. Chlazení avioniky Intenzivní chlazení centr pedestolu Francouzští inženýři. Nedostatek tepla JJ Není dodatečný průduch s teplým vzduchem do kokpitu. Je totiž za příplatek. Nedostatečná klimatizace. Průvan v oblasti pedálů nožního řízení.	nedostatečná klimatizace kokpitu ve spodní části - chybí i otvory, kudy by tam ten teplejší vzduch proudil (na každé straně je jen jeden a z nich jde navíc jen skoro studený vzduch) Ventilace z Electronic Bay Špatné topení, proto že to koliduje s chlazením pilotních přístrojů.... Celkově špatná cirkulace vzduchu přední části... ztelné zhoršení při vyšší deviaci od isá atmosféry větší jak 15C a letu delším jak 2.5h (cca -65C OAT) jev horsí u novější NSM kvůli lcd obrazovkám(oproti crt) výrobce si je jevu vedom možnost přidavného topení které ale jen efekt zmiňuje... letoun zřejmě má nevhodně umístěné průduchy a teplotní cidla... ale pochybuji že je ochoten toto menit. Navrh správné cirkulace není jednoduchá uloha a to asi ani nebylo primárním problémem Špatná výbava, neúplná výbava, která je za příplatek.
Příčinou je nedostatečné vytápění v "tunelu" u nožního řízení. Zbytek kabiny je vyhřátý více než dostatečně. Spolupříčinou je náhrada CRT za LCD, které nehřejí. Chybi prepazka která by oddělila chlazený prostor avioniky od kokpitu. - Patrně špatná konstrukce a nastavení systému. extrémní chlazení veškerých palubních počítačů + způsob vedení teplého vzduchu do kokpitu	Nepřítomnost výdechů klimatizace v oblasti nožního řízení Nešťastná cirkulace vzduchu v prostoru nohou. Ne Nedostatečné vytápění při delších nočních letech, zejména do oblasti Ruska. Kde se venkovní teplota v atmosféře OAT často blíží -70°C. Za letu v hladině pravděpodobně špatný návrh nebo dimenzování systému. Po přechodu do klesání se projevuje asi malá cirkulace vzduchu v kabině pro cestující, tj. výrazná stratifikace, chladno u nohou, teplo nahore. Jakmile se trup skloní dolů v kokpitu se ochladí, přiteče vzduch zezadu, to se projeví pouze při části letu, snad podle toho jak se lidem vzadu topilo. Druhou možností je, že na ochlazení v kokpitu stáčil studený vzduch z přední galley - kuchynky, která je bezprostředně ze kokpitem a je absolutně nevytopitelná tj. je tam zima vždycky. Další otázka - nejchladnější jsou dlouhé noční lety - nevím zda proto že jsou dlouhé, nebo proto, že je to v noci.	Vyměna starých CRT obrazovek a elektroniky která topila za novou, uspornou - ventilace a chlazení zůstalo dimenzováno na původní teplotní zátěž. Nedostatečná cirkulace teplého vzduchu z klimatizace a nevhodně navržené výdechy teplého vzduchu. Nevyvážené vertikální rozvrstvení teploty v kabině. Ve výšce hlavy stojící osoby může být cítelně teplo, ale v oblasti nohou je teplota nízká.	Není jiné nezávislé ohřívání v oblasti pedálu, ani optional FOOT HEATER příliš nemejí teplotu.

Obrázek číslo 30

Piloti jsou převážně názoru, že nízká teplota v kokpitu je zapříčiněna špatnou cirkulací vzduchu a chladný vzduch přichází z části, kde jsou umístěny počítače k avionice (Avionic Bay) a od obrazovek PDF, ND a ECAM.

Otázka číslo 8:

8 Máte nějaký vlastní postup pro nastavení klimatizačního systému letounu, který zajistí komfortnější teplotu v kokpitu?			
- začít topit už ve stoupání, i když se to zdá přehnané, později po cca 1 hodině už se to nevytopí - na průletu na zemi např. SVX nechat topení v nestandardní poloze + 26 stupňů aby byly prohřáté trubky klimatizace	Otevření větrání pro vstup teplého vzduchu do kokpitu	Ne.	teplota na maximum během stoupání do letové hladiny
Po nastoupení do hladiny ihned zvyšovat nastavení teploty - na delším letu až do maxima. Než kokpit vychladne....	Nemam, de facto neexistuje. Jedina možnost je prehrati cockpitu v zacatku letu, který potom pomaleji chladne a chlad se projevi pozdeji. Toto je ovsem značne nekomfortni na zacatku letu. Vedro a zima v cockpitu jsou dva velmi neprijemne jevy vse ovlivnujici.	Max ambient temp at Initial climb	Max. Využití všech výdechů klimatizace
Teplota na Max i za cenu vysoké pocitové teploty v horní části.- nedopustit pokles teploty-pak již nejde zvýšit	Nastavení dle možností.	Je třeba zvýšit teplotu v cocp. Ihned po vzletu s prohřát interier co možná nejvíce	Vohulit to naplno uz na zemi.
Zasunout stolek.	Ne (3x)	Zavření štolku a otevření průduchů pro sedadla pozorovatelů pro promíchávání vzduchu v nižších partiích prostoru.	Nastavit teplotu v cockpitu na max a deku na nohy
Otevření všech průduchů klimatizace, tím se zajistí větší cirkulace vzduchu. Toto řešení, ale vede ke zvětšení hluku v kabině.	Moc to nejde,, když se přidá teplota celkové,, je moc teplo v horní části cockpitu a dole je stejně zima((Zvýšení cirkulace a zvýšení nastavení teploty... dale pak zvýšení teploty i v cargo prostoru...	Topit hned po štartu.
- Již ve stoupání do hladiny nastavit topení v cockpitu skoro na maximum.	Takovy postup neexistuje bo teplo stoupa vzhuru a možnosti vyhřívání prostoru u nohou jsou velmi omezené...	Na dlouhem letu preventivne přitopit v kokpitu včas, tak do 2 hodin od vzletu, například nastavit +2 nebo +4 stupne, zase ne moc pak je tam ze zacatku príliš horko.	ne
	Vyhřát co nejvíce ve stoupání na začátku. Pak to chvilku vydrží.	Zdá se nevhodné uzavírat průduchy klimatizace s vidinou udržení dostatečné teploty a zamezení jejího poklesu. Naopak se tímto omezí proudění a výměna vzduchu v kabině. Technika postupného přidávání teploty kokpitu s tím, že nejvyšší potřeba je obvykle v oblasti top Of descent a během klesání na malém výkonu, je vhodná.	Otevřít horní průduchy a zajistit cirkulaci vzduchu v kabině.
	Před výstup z boční výdechů klimatizace umístí papíry tak aby vzduch šel do boků a nesměřoval přímo na mě záda. Horní výdechy mám zavřené. leč poskytují teplo tak jsou velice hluché a pro mě nesnesitelné.		Vytápět od samotného začátku, nejlépe ve stoupání i za cenu toho, že je nám zpočátku tepleji.
			Při prvním náznaku otočit ovladač ovládání teploty v kokpitu zcela doprava na HOT. Dá se i použít PACK FLOW ovladač na HI. Rozdíl je i tak jen trochu znatelný.
			Uzavírám souputa vetrani, jsou na leve strane celkem čtyri. Nekdy to snad muze byt kontraproduktivni, pripravit se o proud temperovaného vzduchu, ale vetsinou tahne chladny vzduch, blize jsem to nezkoumal Muj postoj lze popsat jako rezignaci.

Obrázek číslo 31

U této otázky se piloti shodují na tom, že je nejdůležitější co nejdříve vytopit kokpit a nechat otevřené průduchy pro zajištění cirkulace vzduchu v kokpitu.

Otázka číslo 9:

9 Jakým způsobem se vypořádáváte s chladným prostředím kokpitu?

- kotníčkové boty, teplé ponožky - deka na kolena - stolek v zasunuté poloze, aby cirkuloval vzduch k nohám - zapnout elektrický Foot warmer - sako na ramínku pověsit nabok na okno - sportovní čepici na hlavu Dam si svetr.	Použití deky, v zimě vlastní spacák na nohy Nepoužívání stolečku v kokpitu=lepší cirkulace vzduchu viz předchozí otázka Špatně. Při delších letech v noci - dobře a teplé se obléci. Košile s dlouhým rukávem, svetr.....na nohy deku....	Regulátor včas na max plus deka na nohy. V zimě nosím teplejší obuv. Deka přes nohy, silnější ponožky. Někdy si беру podvličky. Nezapomenout zapnout heater na nohy. Grog se bohužel nepodává. Teplé oblečení. Bateriovými tepelnými vložkami do bot Teplé prádlo. Teplé oblečení. Na dlouhé zimní lety pomůže deka přes nohy. Zapnutý foot warmer. Dobrá obuv a ponožky. nosím návleky na ruce + kolena, lyžařské ponožky v zimě, deka při delším letu	beru si deku Viz vyse Teplé oblečení a teplé nápoje Přidávám teplotu na ovladači, případně zapnu placebo efekt ve formě vyhřívání nohtův tepla obuv Deka na nohy nebo dvě... Teplé oblečení a deka na nohy. Jégrovky Deka, ponožky, teple boty.. Dobré oblečení a obutí. Svetr, někdy deka přes nohy
Lepší termoregulační prádlo případně obuv...	Deka přes nohy. Teplé se obléknout - svetr, deka. Nebo si nechat přinést horký čaj nebo kávu. Při hladinovém letu odsunutí sedačky více vzdal co nejdál od prostoru pedálů, dosah na ovládací řízení (sidestick) není omezen. Dá se použít i deka na spodní část těla.		
Pomůže jedině deka na kolena, což lze aplikovat pouze v horizontálním hladinovém letu, nebo zdravotní návleky na kolena popř. lokty z angorské vlny. - zavřít stolek - odtáhnout sedačku dále od p.desky - nohy zakrýt, ev. obalit dekou postupně přidávání teploty v závislosti na délce letu a vnější teplotě			

Obrázek číslo 32

Piloti se s chladným prostředím kokpitu A319 vypořádávají především zvýšením počtu vrstev oblečení, ale také dekami. Zřejmě je výhodné si v hladinovém letu odsunout sedačku a tím eliminovat dobu, kterou působí na nohy chladný vzduch v okolí pedálů nožního řízení, a odizolovat chlad, který přichází z boční části kokpitu (okna a kovový pedestal).

Otázka číslo 10:

10 V čem Vás chladné prostředí kokpitu nejvíce omezuje?

- celková větší únava po letu	Diskomfort	Všeobecné nepohodlí.	v ničem (2x)
Chlad ve spojení s únavou často přináší nachlazení	V ničem	Dlouhodobý pobyt v chladném prostředí bez možnosti pohybu není pocitově příjemný a může zatezovat ostatní smysly, což může ovlivnit sníženou koncentraci a tak i průběh letu.	No limitation
Nepohoda na výkon práce.	Neomezuje.	Zdraví. (2x)	Rymicka a špatně se spinka :)
Případná zhoršená hybnost prochladnutí nohou a možnost křeče... na nocní a delší linky lépe správně obléknout a potížit aktivně předjet...	Studené ovladače, nepříjemné. Pilot je schoulený, neuvolněný, zima, kosá, brrrrr	Ve výkonu funkce neomezuje, ale v dlouhodobém horizontu způsobuje problémy s hybností kloubů dolních i horních končetin.	v práci (:
Vydržet v kokpitu po celou dobu letu.	Soustředění, klid na práci	V ničem neomezuje, není to tak tragické.	Působí zdravotní potíže. Obecný diskomfort
Výrazně neomezuje.	Za letu samotný chlad omezující není. Špatně je, když z toho člověk nastydne.	Jedna se hlavně o dlouhé noční lety - chybí pohoda a uvolnění.	Diskomfort z chladu je po pár hodinách velmi nepříjemný a zvláště při nočních letech to urychluje nástup únavy.
Časté nachlazení, nemocnost.	Komfort při dlouhých letech.		Nemuzu psát nohama...mam je zkrehle...
	- velmi zhoršuje prac. podmínky, hlavně při delších a nočních letech.		zdravotně Komfort, jiné omezení nepocítuji

Obrázek číslo 33

V této otázce se rozdělili respondenti na dvě části. První část nepocituje žádné omezení vlivem chladného prostředí kokpitu. Druhá naopak pocituje větší nebo menší omezení a diskomfort vzhledem k nízké teplotě v kokpitu za letu.

Otázka číslo 11:

11 Je rozdíl teploty v kokpitu mezi letouny OK-MEK, OK-MEL, OK-NEM, OK-NEN, OK-NEO, OK-NEP, OK-OER, OK-PET a OK-REQ?

- určitě ano	Neni	Bez rozdílu.	ne (3x)
Žádný	De facto neni. OK-REQ je nejteplejší ze studených	Ne (4x)	No difference
Myslím, že žádný.	Ani ne.	Nemám vypořazováno. Nevidím rozdíl.	Vsechno celkem stejny az na NEM (mozna NEN) pac tam tahne zpod bocniho okynka.
nevím	Nejsem schopen odpoved rozdily jsou/ nepamatuji si	Asi neni.	Nemohu posoudit.
Ne.nepatrný	Nevsimnul jsem si.	Myslím, že REQ má oproti všem ostatním jinak designované vyhřívání kovové pásy na podlaze a vyhřívá nejhůře	Jediný rozdíl je u REQ, které má přídavné topení na nohy, ale jeho účinnost zcela neřeší problém, pouze jej oddaluje. Ve své práci se zaměřujete na A319. Kdybych mohl přidat i své zkušenosti z ostatních letounů A320 family, tak by byly následující. První A320/321 byly vybaveny CRT obrazovkami. Po příchodu nových A320/319 s LCD obrazovkami se situace zhoršila. Od OK-MEH dále(což jsou i všechny A319) jsou LCD i ostatní displeje(např MCDU) a situace se ještě zhoršila. Dle mého názoru je "avionics cooling" pořád stejně účinné, ale po náhradě CRT za LCD už nic v kokpitu "netopí". Krásně to je vidět na pedestalu, kdy na starých letadlech na některých místech nešla delší dobu udržet ruka, jak byl teplý. Na nových letadlech je ledově studený.
Poslední myslím čtyři imatrikulace mají dodatečný elektrický ohřev vzduchu v oblasti nohou,... je to trochu lepší, ale problém to úplně neřeší((Ne.	Nezdá se mi, nemohu posoudit.	
u starších verzí je projev horší	Rozdíl není znatelný.	Nevím.	
	Nevím		
	nespozorováno		

Obrázek číslo 34

Většina pilotů nepocituje rozdíl mezi letouny provozovanými společnostmi ČSA. Jeden pilot opět zdůraznil rozdíl ve staré avionice, která byla vybavena CRT displeji. Piloti jsou si vědomi, že letoun s imatrikulací OK-REQ je vybaven přídavným topením (Air Inlet Heater), které je popsáno v textu výše. Bohužel toto topení zřejmě není příliš účinné.

Otázka číslo 12:

12 Máte zkušenost s jinými typy dopravních letadel? Pokud ano, mohl/mohla byste prosím níže napsat krátké srovnání s letounem A319 (pro oblast vytápění kokpitu)?

- B-737 byl tepelně - ale kokpit A320 je výrazně ergonomicky komfortnější (lépe se snáší delší a noční lety)	ATR 42,72, ohledne dlouhých nočních letu nemám zkušenosti	A330 ma komfortní klima v kokpitu.	10 let na B737-400/500 - teplota v kokpitu byla vyšší, i když v noci na delších linkách tam byla zima také
Letam i A330, kde je teplotni pohoda vyznamne vyssi a ani na dalkovem dlouhem letu (cca 12 hodin) se chlad neprojevuje.	V kokpitu A320F vybavené CRT nebyl s teplotou problem, A310 také bez problémů s nízkou teplotou	Winter atr operations are worse	A 330 - nikdy jsem nezaznamenal chlad
ATR, funkční a komfortní topení	V A-310 lze nastavit teplotu v pilotní kabině v ručním režimu s vypnutou automatickou regulací, čímž lze dosáhnout požadované teploty. Limitní teplota z technických důvodů je omezena na 74 stupňů Celsia.	Aerka topi dobre, ale tezko hodnotit, lita nizko a kratke lety.	v B737 taková zima nebyla
Ne (3x)	Před A32F jsem létal B737CL. Zde nebyl problém s nohami, ale výrazný problém s průvanem kolem vnější části sedadla. Značně nepříjemné.	B 737 - celkově o trochu lepší. Zase chlad od bočního okna.	Boeing topil lepe.
B 737 má stejné problémy a při delších letech je v jeho kabině ještě větší zima v oblasti ramen... od oken a dochází k ofukování krční páteře... což se běžně řešilo uzavřením daného průduchu, nebo usměrněním proudu vzduchu z něho... A 330 podobné problémy nemá	B737 bez problémů, ATR-dostup max FL250 a krátké lety - bez problémů.	B 737 ,chladný vzduch z boční stěny	Atr42/72 nemela tento problem ale letala v nizsich hladinach kratsi lety... nelze porovnavat ma- B738 timto nedostatek take nema... zase ne jine neduhy
U B737 ..táhlo jenom od okna, u A319-320 pak od okna i od nohou - super chladírna... :-))	A320/321 starší verze s CRT monitory topily lépe A330 nemá vůbec problém s teplotou	V A319 je zima na nohy, v B737 ne ...	Každý typ má "své". Boeing 737 - sálavý chlad od namrzlých rámu oken.
		Pouze A319.	Ano...ATR...neda se porovnat...leta niz a kratsi lety.
		V A330 není chladno ani po 11 hodinách letu.	Nemám
		Ano. U jiných typů bylo možné nastavit teplotu v kokpitu dle individuálních požadavků.	ne
		A 330 - lepsi, presto pomerne casto davame ovladac teploty v kokpitu hodne doprava, tj k maximum, ale tady to system vetsinou vytopi.	A330 je mnohem lepsi, i díky robustnější přední části letounu

Obrázek číslo 35

Piloti se shodují na skutečnosti, že letouny ATR 42/72, A310 a A330, které jsou nebo byly provozovány společností ČSA, nemají problém s nízkou teplotou v kokpitu. Pouze u Boeingu B737 podle pilotů proudil chladný vzduch na oblast páteře, ale stále to nebyl takový problém jako u letounu A319.

Otázka číslo 13:

13 Pociťujete na svém těle zdravotní následky z častého létání v chladném prostředí kokpitu A319?			
- zatažené čelní dutiny, tím horší vyrovnávání změn tlaku - "studené" nohy častější močení	Nepocituji	Ne.	zatím ne (47)
Asi ne.	Ne (3x)	Zatím ne.	No
zatím ne, létám krátce, pouze občas nachlazení	Nepocituji. Víc mi vadi hluk z ventilace. V zásadě je problém citelný hlavně v zime v noci při nízké ISA při dlouhých letech, protože kokpit je vymrzlý už na zemi a rychleji vychladne. Ve dne pomůže sluníčko. V lete není tento problém tak citelný a nijak to předem ani v průběhu letu neresim.	ne	Viz předchozí odpověď
Ano, klouby- kolena, kořníky, loket, rameno směrem k oknu.	Bohužel ano.	Ano . Stuhla pater a zada.	Zatím ne.
Na 737 jsem začal cítit problémy s loktem a předloktím z výše uvedených důvodů. Na A32F se jedná o snížení průtoku krve v dolních končetinách. Dlouhodobě určitě neprospívající zdravotnímu stavu.	Nastydlá záda a nohy.	Ne clovek se na zimu od nohou je schopen vhodne vybavit...	Záněty lokte, ramene a kloubů.
Pravdepodobne se scítají s ucinem unavy, ale ta je zavaznejsi. To znamena malý podruzny vliv tu bude.	Pocituju, jsem o něco víc nasrany.	Ano	Nemohu posoudit. V tuto chvíli létám příležitostně v rámci funkce.
	Po dlouhých linkách následujících těsně po sobě, hlavně nočních do Ruska jsem na odpis, většinou podlehnu viroze a trvá mi tak týden, než se dostnu zpět do normálu. O kloubech, očích, močovém ústrojí a dalších věcech ani nemluvim Pán Bůh s námi.....	Jistě, reumatická ramena, lokty a klouby nohou:;) problémy s bederní páteří, ale to všechno souvisí i s věkem:-((Litam zatím 2 roky, takže ne a doufám že ani nebudou. :-)
		Zatím nepocituji.	Dost výrazně, hlavně v oblasti ramene na straně u okna kokpitu, a nohy na straně u středního pultu.
		Nepocituji	Delší dobu bojuji se zánětem šlach v zápěstí. Výdech klimatizace je umístěn přímo na ruku a i když se dá nastavit směrově tak vždy jde na zápěstí. Pokud je vypnuto tak chlad z venkovního prostředí proniká i tak do oblasti sedesticku a není jak se chránit krom nošení návléků na zápěstí. Také je nutné si přikrývat záda neb boční výdechy klimatizace jsou nasměřovány přímo na záda a způsobují nastydnutí ledvín, bolesti beder.

Obrázek číslo 36

Téměř polovina pilotů pociťuje zdravotní následky na svém těle vlivem chladného prostředí kokpitu letounu A319. Převážně se jedná o časté nachlazení a problémy se svaly a klouby. Zbytek pilotů zdravotní následky vlivem chladného prostředí kokpitu nepocituje.

6.3 Závěrečná analýza a vyhodnocení výsledků dotazníku pro piloty společnosti ČSA

Na tomto dotazníku se podílelo 34 pilotů společnosti ČSA, kteří létají na Airbusu A319. Většina z nich má také zkušenosti s jinými dopravními letadly (většinou A310, A330, ATR 42/72 a B737) a většina pilotů má vysoký nálet.

Téměř všichni respondenti hodnotí podmínky v kokpitu letounu A319 jako špatné nebo velmi špatné. Přestože je letoun A319 stavěn na krátké nebo středně dlouhé tratě, je znepokojující, že v jeho kokpitu (jinak velmi dobře ergonomicky stavěném) nemají piloti dostatečný teplotní komfort a pociťují chladné prostředí mnohdy již po 1,5 hodině letu. Piloti jsou nuceni tento problém řešit nestandardními postupy, jako je využívání bateriově napájených vložek do bot nebo použití deky jako přikrývky nohou.

V zásadě se piloti shodují na tom, že nejvíce chladno je při dlouhých letech (zejména do Ruské federace, která je jednou z destinací společnosti ČSA) v cestovní hladině a v klesání, a to zejména v noci, kdy slunce nepomáhá vytápět kokpit letounu. Podle pilotů jde chlad nejvíce ze spodní části kokpitu (od nohou), od LCD obrazovek přístrojů a z boční strany (od okna a pedestalu). Naopak při nastavení vytápění na vysokou teplotu zůstává vlivem nedostatečné cirkulace vzduchu studený (těžší) vzduch ve spodní části kokpitu a teplý vzduch v horní části kokpitu. Tím se stane teplotní rozdíl ještě více markantním.

V souvislosti s chladným vzduchem z prostoru displejů PFD, ND a ECAM také zdůrazňují, že u starších verzí letounu, kde byly CRT displeje palubních přístrojů, byl teplotní komfort lepší. CRT displeje produkovaly více tepla a tím vyhřívaly kokpit. Po nahrazení CRT displejů LCD displeji se produkce tepla výrazně zmenšila, ale chlazení zůstalo stejné. Na druhou stranu je pochopitelné, že není rozumné příliš redukovat chlazení přístrojů a tím riskovat jejich přehřátí.

Chladný vzduch od nohou dávají piloti za vinu chladnému vzduchu proudícímu z vývodů klimatizačního systému v oblasti pedálů nožního řízení a také tomu, že není dostatečně oddělen prostor kokpitu od části, kde jsou počítače k avionice, tzv. Avionic Bay. Tento problém je zčásti řešen přidáním systému Air Inlet Heater, který bohužel nedokáže dostatečně ohřát vzduch proudící do kokpitu, protože topné tělísko se dokáže vyhřát pouze na teplotu 25°C a vzduch tím ohřeje asi na teplotu 20°C, což většinou nestačí a potvrzují to také odpovědi pilotů v dotazníku. Pravdou je, že kokpit od části Avionic Bay není zcela oddělen, ale v této části by neměla být nižší teplota než v kokpitu, proto by se kokpit neměl od této části ochlazovat.

Velmi znepokojující je skutečnost, že chladné prostředí kokpitu může mít vliv na pracovní výkonnost pilotů během letu a dokonce na jejich zdraví, protože může být příčinou nemoci (nemoc je takové poškození zdraví, ke kterému došlo nezávisle na vůli člověka většinou dlouhodobějším působením vnějšího vlivu (Chundela, 2007)). Zdravotní potíže pociťují zejména starší piloti, kteří jsou již náchylnější na problémy s klouby a svaly a celkové prochladnutí těla. Takové působení na posádku letadla je velmi negativní. Piloti se snaží sami vyřešit tento problém využitím různých prostředků, jako jsou deky, teplé oblečení nebo izolováním zdrojů chladu, ale ani jeden z těchto způsobů nedokáže nastavit takový teplotní komfort jako správně fungující systém vytápění s rovnoměrným rozložením teplot v celém kokpitu.

Piloti také zdůrazňují, že pro oddálení teplotního diskomfortu je velmi důležité začít vytápět letoun co nejdříve (nejlépe hned na zemi nebo po startu) a na co nejvyšší teplotu. Tímto postupem se oddálí prochladnutí kokpitu a lze udržet teplotní komfort delší dobu. K lepší teplotě v kokpitu také výrazně pomáhá omezení využívání palubního stolku v kokpitu, který narušuje možnost cirkulace teplého vzduchu do oblasti pedálů nožního řízení.

7 Experimentální část – měření teplotních poměrů a jejich vyhodnocení

Měření byla provedena při letech společnosti ČSA do Ruské federace, konkrétně na linkách z Prahy (PRG) do měst Ufa (UFA), Samara (KUF), Rostov (ROV), Yekaterinburg (SVX) a zpět. Naměřené hodnoty jsou z měsíců březen, duben, květen, červen a červenec 2017. Podrobně rozepsané hodnoty jsou zpracovány v přílohách 1–12. Měření byla provedena přímo posádkou, proto je k dispozici pouze omezený počet naměřených hodnot. Posádka prováděla měření za letu, ale přesto jsou získané hodnoty velmi kvalitně naměřeny. Celkem bylo provedeno dvanáct měření.

Hodnoty byly naměřeny v letounech OK-MEK, OK-NEO, OK-NEN, OK-NEP společnosti ČSA. Měření proběhlo na osmi různých místech, která jsou znázorněna na obrázku číslo 37.



Obrázek číslo 37 (<https://i.ytimg.com/vi/9blpFTH3bXU/maxresdefault.jpg>)

t₁... prostor nožního řízení

t₃... pedestal (zadní část)

t₅... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t₇... teplota zadního okna (nevyhřívané)

t₂... pedestal (přední část)

t₄... horní rám bočního okna

t₆... teplota bočního okna (vyhřívané)

t₈... teplota v úrovni hlavy

7.1 Technické parametry použitého teploměru

Typ: Dostmann P410

Sonda: Výměnná sonda typu K

Termočlánek: NiCr – Ni

Rozsah měřených teplot: -99,9 °C až +1370 °C

Rozlišení: 0,1 °C v rozsahu teplot od -99,9 °C do +399,9 °C

Přesnost: $\pm 0,5$ °C v rozsahu 0 °C až +100 °C

Pracovní teplota: 0 °C až 50 °C

Rozměry: 130mm x 65mm x 25mm

Hmotnost: 240g

7.2 Vyhodnocení měření

V první řadě je třeba říci, že každý letoun A319 má specifické vlastnosti klimatizační soustavy. Nelze tvrdit, že každý Airbus A319 má v kokpitu úplně stejné teplotní poměry. Bohužel jsou naměřené hodnoty pouze z jarních a letních měsíců, takže teplotní rozdíly nejsou tak markantní, jako kdyby byly hodnoty naměřeny v zimních měsících. I přes tento nedostatek lze říci, že měření splnilo svůj účel, a sice zformovat reálnou představu o teplotních podmínkách v kabině A319 při delších letech a relativně chladné okolní atmosféře.

Měření teplotních poměrů v kabině A319 z velké části potvrzuje odpovědi pilotů v dotazníku, který je zpracován v předcházející kapitole. Naměřené teploty byly ovlivněny teplotou okolní atmosféry, hladinou letu, denní a roční dobou (většina letů byla letěna v noci) a specifickými vlastnostmi konkrétních letounů. Podrobně lze tyto údaje nalézt v přílohách 1–12.

Nejteplejší částí kokpitu byla vyhřívána okna a prostor v úrovni hlavy. Ten je velmi dobře zásobován teplým vzduchem díky vývodům klimatizační soustavy a teplý vzduch v tomto prostoru přirozeně setrvává, ale stále byla teplota v tomto prostoru nižší, než indikovala obrazovka ECAM, a během letu se naměřená teplota postupně snižovala.

Nejchladnějšími částmi kokpitu byly oblast pedestalu, nevyhřívané boční okénko a prostor nožního řízení. Prostor nožního řízení je zřejmě nejkritičtějším místem, protože se v něm po celou dobu letu nacházejí pilotovy nohy. Z měření vyplývá, že se teplota v tomto prostoru za letu snižovala až o 5°C během 2 hodin letu a dosahovala rozdílu i 10°C ve srovnání s indikovanou teplotou na obrazovce ECAM. Dokonce pod rozloženým stolkem byla po 3 hodinách letu naměřena teplota 10,2°C. K mírnému zlepšení pomáhalo zařízení Air Inlet Heater (Foot Warmer), ale i po jeho zapnutí došlo ke zvýšení teploty asi o 3°C. Velmi nízká teplota (8,7°C) byla naměřena také v okolí CDU – FMS po 2 hodinách letu. Vychladlé kryty přístrojů, okénka a pedestal také snižují celkovou teplotu v kabině. Výrazné pocitové zlepšení podle posádek nastává po východu slunce, kdy sluneční záření pomalu vyhřívá kokpit. Naměřené hodnoty tato tvrzení potvrzují, jde sice o oteplení v řádu jednotek °C, ale z pocitového hlediska po dlouhém studeném nočním letu jde o výrazné zlepšení komfortu pilotů.

Podle očekávání byly nejnižší teploty naměřeny u prvního letu na konci března, kdy byla teplota okolní atmosféry ještě relativně nízká. U posledních měřených letů na začátku července byly již naměřené teploty vyšší, ale stále je patrný problém teplotního uspořádání v kabině A319 při delších letech. Jde především o nízké teploty a velké teplotní rozdíly mezi

různými částmi kokpitu, jako je například rozdíl mezi teplotou v prostoru nožního řízení a v okolí hlavy pilota. Měření potvrdilo výpovědi pilotů v dotazníku z předchozí kapitoly.

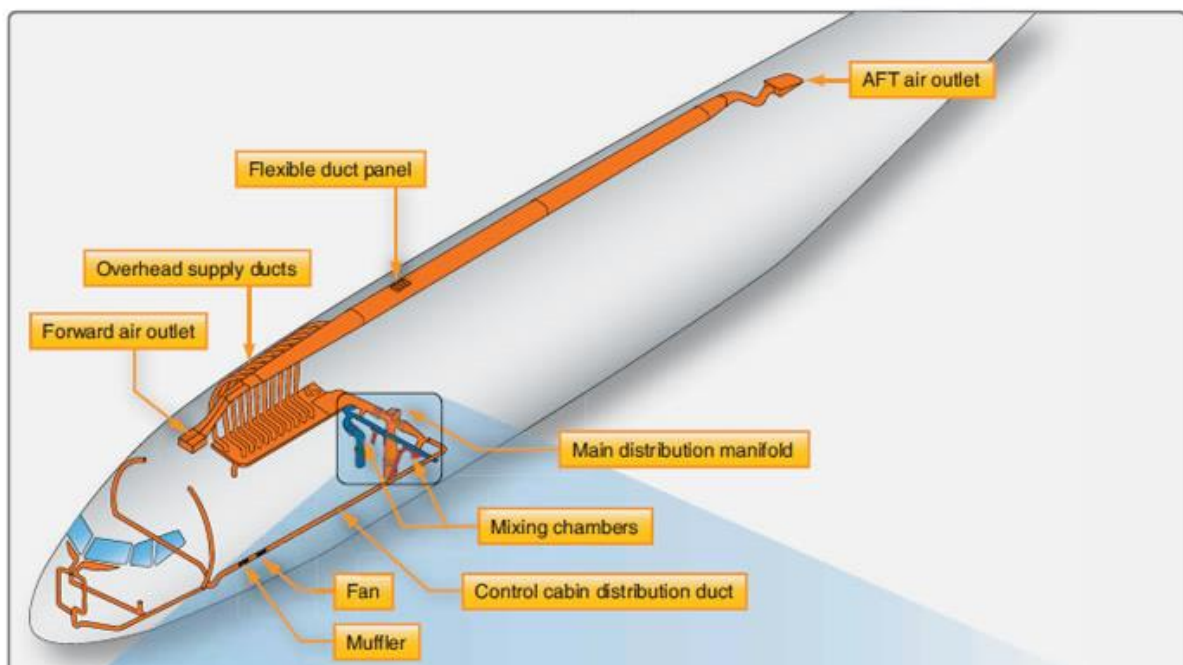
8 Srovnání letounů rodiny A320 s jinými letouny obchodní letecké dopravy

Tato kapitola slouží ke srovnání letounů rodiny Airbus A320 s dalšími vybranými letouny obchodní letecké dopravy, a to Boeingem B737 a Airbusem A330. Jedná se o srovnání se zaměřením na tepelný komfort posádek v kokpitu. V této kapitole je čerpáno s názorů pilotů, kteří mají zkušenosti s těmito letouny.

8.1 Boeing B737

Boeing B737 je úzkotrupé dvumotorové letadlo určené pro krátké a střední vzdálenosti. Jde o nejrozšířenější dopravní letoun na světě (více než 9400 vyrobených kusů). („Boeing 737“, 2017)

Piloti hodnotí teplotní podmínky v B737 jako lepší v oblasti tepelného komfortu ve srovnání s A320. Stěžují si pouze na chlad přicházející od oken v úrovni ramen, ale ten je srovnatelný s letounem A320. Na obrázku číslo 38 je vyobrazena distribuce vzduchu klimatizačním systémem letounu B737. Jelikož je tento letoun určený ke stejnému využití jako letouny rodiny A320, je i jeho klimatizační systém podobný. Nicméně zvládá udržet přijatelnou teplotu v kokpitu při delších letech lépe.



Obrázek číslo 38. Distribuce vzduchu v kabině B737. (<http://content.aviation-safety-bureau.com/allmembers/faa-h-8083-31-amt-airframe-vol-2/images/Figure%2016-60.jpg>)

Lepší teplotní podmínky v oblasti nožního řízení mohou být také důsledkem menší izolace tohoto prostoru u letounu B737 ve srovnání s A320. Letoun A320 má nohy více zapuštěné pod přístrojový panel a tím je omezena možnost cirkulace. Obzvláště při využití palubního stolku se cirkulace vzduchu do oblasti nožního řízení velice omezí. To přispívá ke skutečnosti, že B737 má při podobném množství výdechů klimatizačního systému v kokpitu lepší teplotní poměry v oblasti nožního řízení. Boeing B737 má také menší rozměry kokpitu a to může hrát rovněž roli při zajišťování komfortní teploty během letu. Rozdíl v parametrech prostoru nožního řízení a kokpitu letounů A320 a B737 je patrný na obrázku číslo 39. Nahoře je kokpit A320 a dole kokpit B737.



Obrázek číslo 39. Srovnání kokpitů A320 a B737.

<http://www.freewebs.com/shamrock075/a320%202.jpg>,
<http://www.creativesimulations.com/737%20Cockpit.jpg>

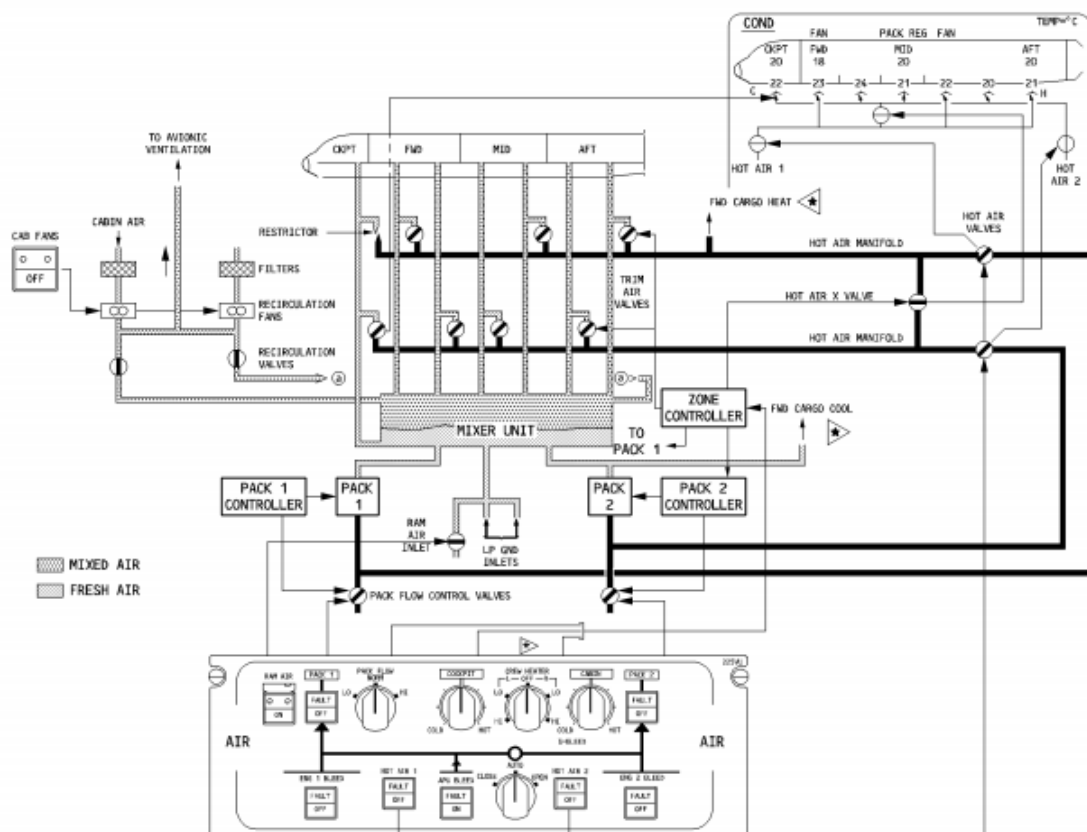
Piloti ovšem zdůrazňují, že v jiných ergonomických stránkách mají často raději A320. Je možné, že celkově menší komfort v kabině B737 zapříčiňuje menší náchylnost na tepelný diskomfort a u letounu A320 dochází k vychladnutí kokpitu v podstatně kratší době.

8.2 Airbus A330

Airbus A330 je širokotrupý dopravní letoun pro středně dlouhé a dlouhé tratě vyráběný společností Airbus. Verze A330-200 a A330-300 mají dolet mezi 5 600 až 13 430 kilometry a dokážou pojmout až 335 cestujících ve dvou třídách. („Airbus A330”, 2017)

Letoun Airbus A330 hodnotí piloti celkově velmi kladně a není tomu jinak v oblasti vytápění kabiny a celkového teplotního komfortu. Ve srovnání s A320 je výrazně příjemnější a piloti nepocítují tepelný diskomfort ani po 12 hodinách letu. V letounu A320 si naopak někteří piloti stěžují na nízkou teplotu již po méně než 1,5 hodinách letu.

Celý klimatizační systém je odlišný od letounu A320. Letoun A330 je větší, a proto jsou klimatizované úseky rozděleny do čtyř částí na CKPT, FWD, MID a AFT (zatímco A320 má pouze tři úseky). Také distribuce vzduchu v kokpitu je odlišná a klade důraz na teplotní komfort posádek při dlouhých letech, ale jinak je kokpit uspořádán velmi podobně u obou letounů. Schéma klimatizačního systému letounu A330 je zobrazeno na obrázku číslo 40.



Obrázek číslo 40. Schéma klimatizačního systému letounu A330. („A330 Aircond”, 2009)

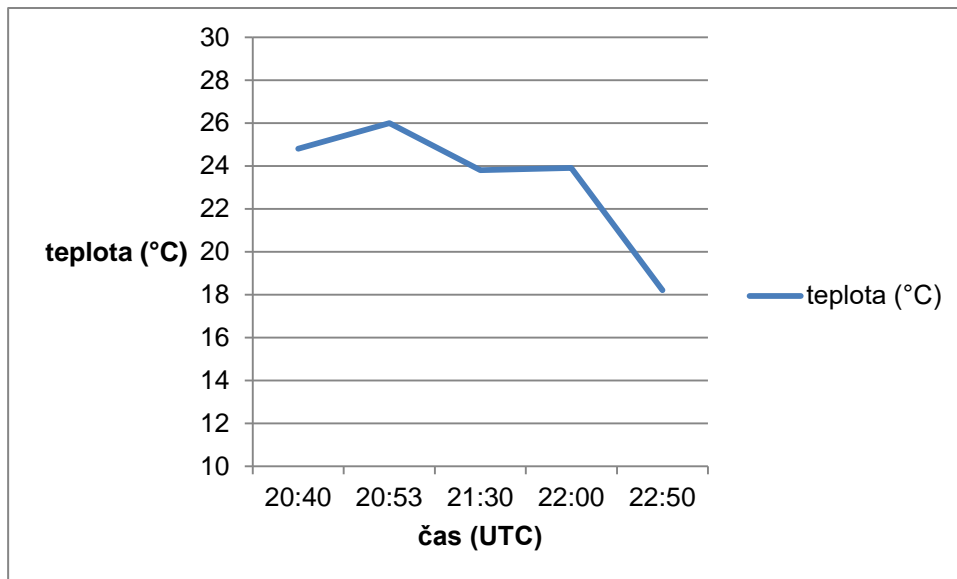
Ovšem tyto letouny byly navrženy pro úplně jiné využití. Airbus A330 je navržen pro dlouhé lety, a proto je jeho klimatizační soustava velmi odlišná od letounu A320. Rozvětvení vývodů klimatizační soustavy je převzato z letounu A310, který byl také určen pro dlouhé trasy a byl provozován společností ČSA v minulosti.

9 Shrnutí teplotních poměrů v kabině A320

Na základě provedených měření, zpracováním dotazníku pro piloty společnosti ČSA a rozhovory s dalšími piloty různých leteckých společností bylo zjištěno, že teplotní poměry v kabině letounu A320 nejsou ideální pro komfortní výkon práce pilotů. Piloti pocítují chlad a s ním spojený diskomfort již po 1,5 hodině letu, a to nejvíce v zimních měsících při nočních letech. Nejchladnějšími částmi kokpitu bývají oblasti v okolí pedálů nožního řízení, displejů přístrojů a bočních oken. Také je rozdíl mezi jednotlivými letouny ve flotile a důležitým faktorem je stáří letounu. Starší letouny, které jsou vybaveny CRT obrazovkami, disponují výrazně lepšími teplotními podmínkami v kokpitu. Pravděpodobně mají tyto obrazovky větší tepelné emise a dokáží přispět k vytápění kokpitu letounu.

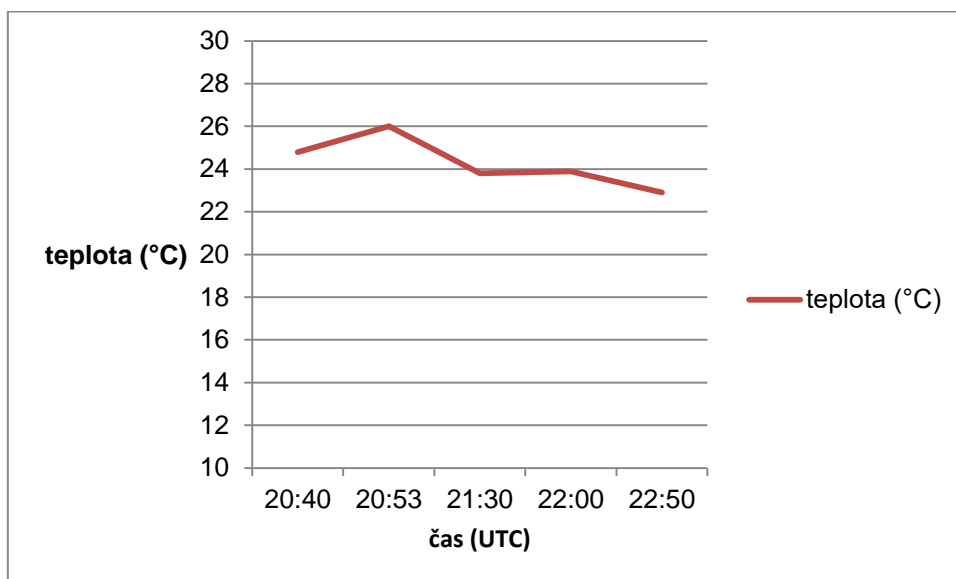
Nízká teplota v kokpitu A320 je způsobena různými faktory.

- Nejdůležitější je celá konstrukce letounu, zejména klimatizačního systému. Letoun A320 je primárně určen na krátké a středně dlouhé tratě a zřejmě z toho důvodu nebyly při konstrukci kladeny vysoké nároky na klimatizační systém, který je pro lety trvající déle než 2–3 hodiny pravděpodobně poddimenzovaný. V kokpitu chybí adekvátní přívod teplého vzduchu v oblasti nožního řízení a také nedisponuje dostatečným počtem výstupů klimatizačního systému. Tím pádem je spodní část kokpitu (oblast nožního řízení) velmi chladná a horní část (okolí hlavy) naopak nepříjemně teplá, protože teplý vzduch má menší hustotu (nižší hmotnost) než studený vzduch a stoupá vzhůru. Z tohoto důvodu není možné dosáhnout potřebné cirkulace teplého vzduchu.
- Celkový problém s cirkulací vzduchu v kabině dále umocňuje použití stolku, který ještě více izoluje oblast nožního řízení. Pod rozloženým stolkem klesá teplota vzduchu při delších letech až k 10°C. Na obrázku číslo 41 je graf, jenž popisuje teplotu vzduchu v okolí nožního řízení při letu CSA250 z Prahy do města Ufa, který proběhl 5. června 2017. Podrobná data z toho letu jsou k dispozici v přílohách. Vodorovná osa zobrazuje čas, ve kterém bylo měření provedeno, a svislá osa zobrazuje naměřenou teplotu. Na grafu je názorně vidět postupné chladnutí kokpitu během delších nočních letů, ke kterému nedochází pouze v zimních měsících (naměřená data jsou z června).



Obrázek číslo 41. Průběh teploty v oblasti nožního řízení.

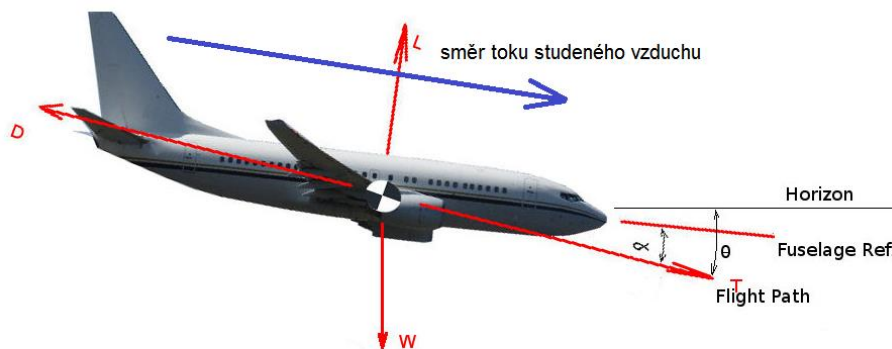
Na obrázku číslo 42 je na druhou stranu graf, který popisuje teplotu v úrovni hlavy u stejného letu. Na grafu je možné vidět, že dochází k poklesu teploty, ale ta více kolísá a její pokles není tak markantní jako v oblasti nožního řízení. Vodorovná osa opět zobrazuje čas, ve kterém bylo měření provedeno (nelíší se od měření v oblasti nožního řízení), a svislá osa zobrazuje hodnotu naměřené teploty.



Obrázek číslo 42. Průběh teploty v oblasti hlavy.

- Dalším faktorem je konstrukce oken, kde nekryté kovové části mají teplotu 4°C a zadní nevyhřívaná okna mají teplotu asi 7°C. Zatímco zadní vyhřívaná okna dosahují teploty přes 30°C.
- K nízké teplotě přispívá také skutečnost, že kvůli podélnému sklonu letounu při zahájení klesání a po určitou dobu klesání dochází k hromadění studeného vzduchu v přední části letounu, protože je níže než zadní část. To se projevuje zejména

v předních řadách kabiny pro cestující a v kuchyňce/galley přímo za dveřmi kokpitu, která není oddělena od kabiny pro cestující. Může to mít také vliv na teplotu vzduchu v kokpitu. Směr toku studeného vzduchu je znázorněn modrým vektorem na obrázku číslo 43, který vyobrazuje dopravní letoun při klesání s vyznačenými silami, které na něj působí. Tato skutečnost samozřejmě nepostihuje pouze letouny rodiny A320, ale všechny dopravní letouny, které mají otevřenou kabinu pro cestující (jednotřídní uspořádání).



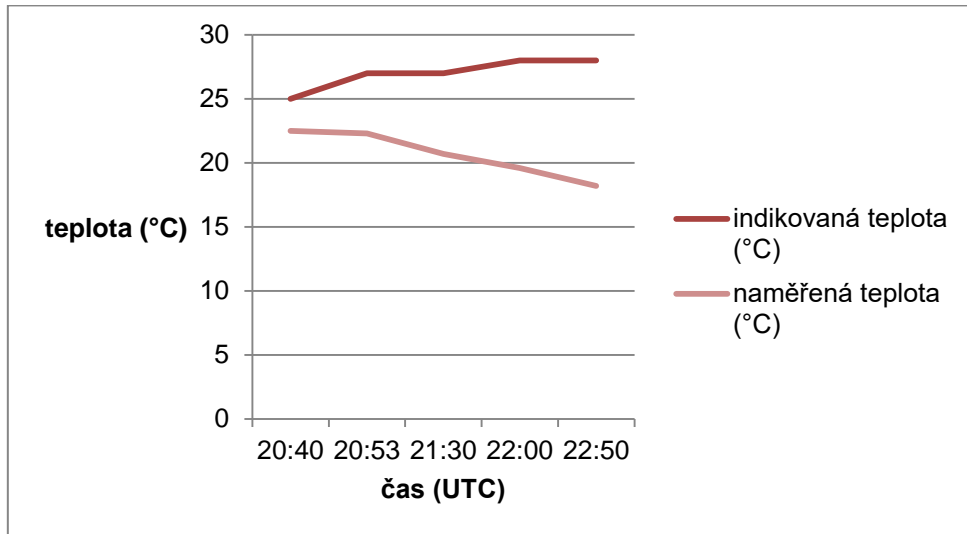
Obrázek číslo 43 (http://s6.aeromech.usyd.edu.au/aerodynamics/wp-content/uploads/2015/11/performance7a_html_113bdf4a.jpg)

10 Možnosti optimalizace teplotních podmínek v kabině letounu A320

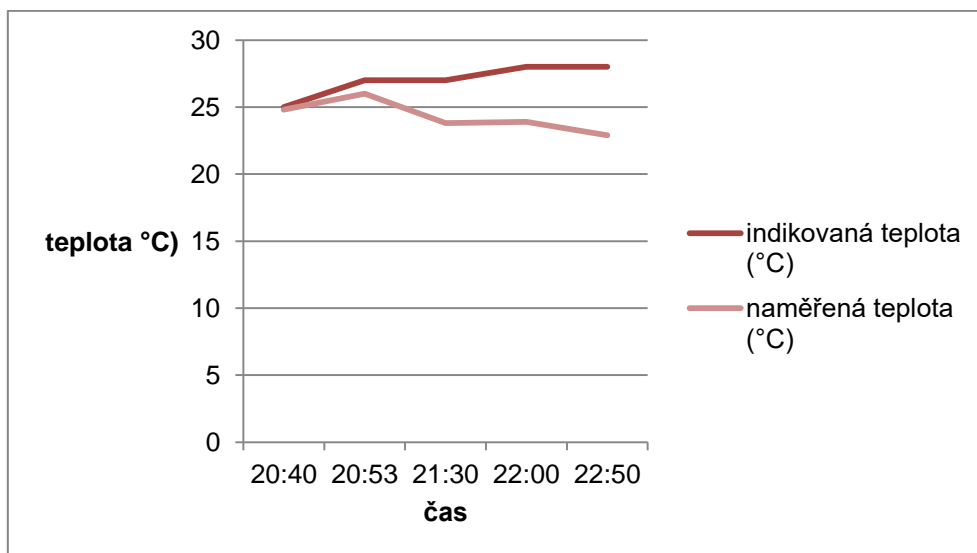
Klimatizační systém letounu A320 neposkytuje pilotům během dlouhých letů dostatečné vytápění kabiny, proto je potřeba najít jiné možnosti, jak zlepšit teplotní poměry v kokpitu.

- a) První možností je plné využití technických kapacit pro vytápění letounu, volba optimálního oblečení a izolace zdrojů chladu.
 - Při pojíždění a vzletu do vzdálené destinace (zejména v zimních měsících a v noci) je velmi důležité otevřít výduchy klimatizačního systému a začít vytápět kokpit co nejdříve na relativně vysokou teplotu i přesto, že to není zpočátku velmi pohodlné (zvláště během stoupání do letové hladiny).
 - Po dostoupání do hladiny zvyšovat teplotu a nedopustit její pokles. Je potřeba dodržovat tento postup i přesto, že obrazovka ECAM (systém Air Condition na System Display pro část Cockpit) indikuje relativně vysokou teplotu, protože reálně je teplota výrazně nižší. Tato skutečnost je podložena provedeným měřením a zřejmě je zapříčiněna nevhodným umístěním čidel teploty v kokpitu. Na obrázcích 44 a 45 jsou zobrazeny grafy, které zachycují rozdíl mezi teplotou indikovanou na obrazovce ECAM a teplotou, která byla naměřena teploměrem. Data jsou opět z letu na lince z Prahy do města Ufa z 5. června 2017. Graf na obrázku číslo 44 je vztažen k teplotě

v oblasti nožního řízení a obrázek číslo 45 obsahuje graf s teplotami z oblasti hlavy. Na vodorovné ose je vynesena čas a na svislé ose je vynesena teplota.



Obrázek číslo 44. Rozdíl indikované a naměřené teploty pro oblast nožního řízení.



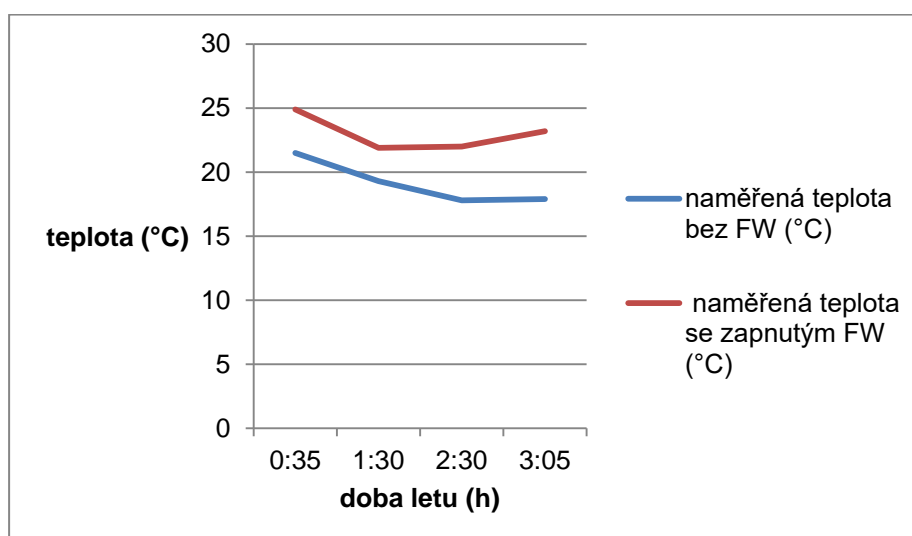
Obrázek číslo 45. Rozdíl indikované a naměřené teploty pro oblast hlavy.

- Dobré je věnovat pozornost výstupu klimatizační soustavy v levé zadní části kokpitu, pod spodním rámem bočního okna. Tento výdech má regulovatelný průtok vzduchu. Na zemi a v počátečních fázích letu produkuje nepříjemně chladný vzduch. Po určité době (většinou po dostoupení do letové hladiny) ovšem dojde k dostatečnému prohřátí tohoto výdechu a začne vyfukovat vzduch, který je znatelně teplejší než u ostatních výdechů. Proto je dobré ponechat tento výdech během počátečních fází letu zavřený a plně ho otevřít až po dostoupení do cestovní hladiny. Na obrázku číslo 46 je vyfoceny zmiňovaný výdech.



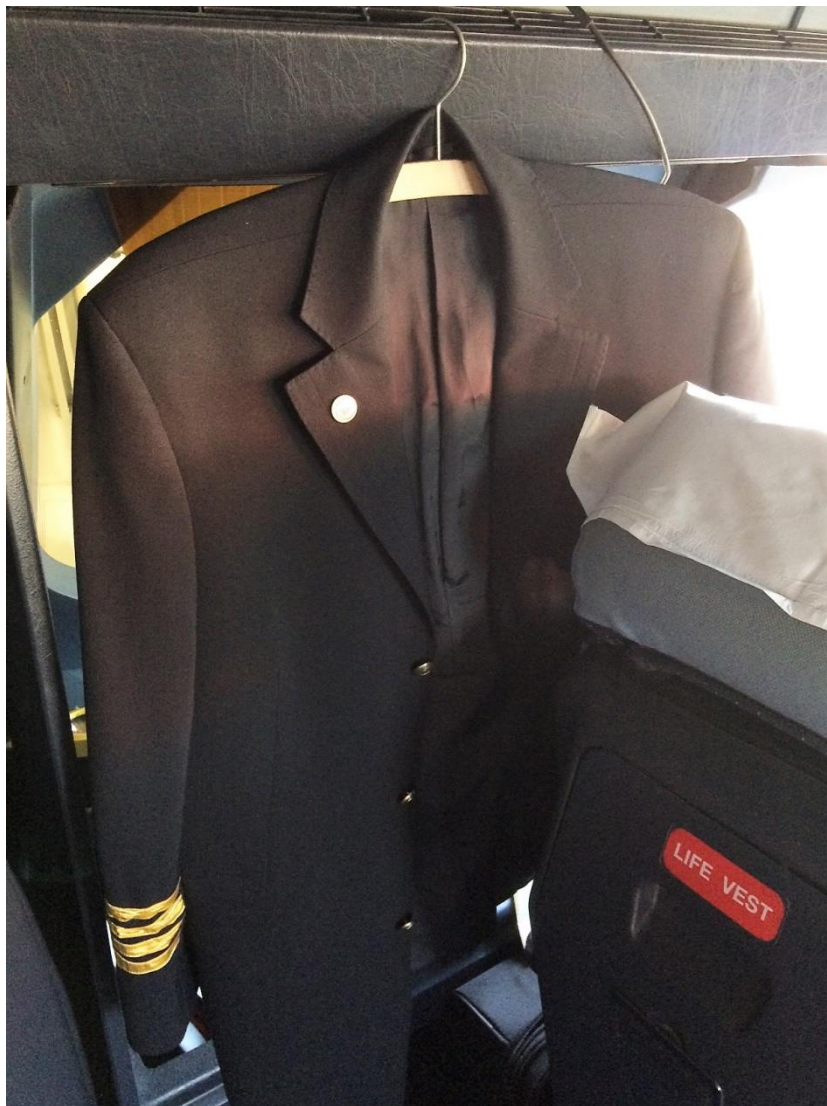
Obrázek číslo 46. Výduch umístěný pod rámem bočního okna.

- Je výhodné během letu omezit používání stolku, aby nebyla oblast nožního řízení ještě více izolována od okolního prostředí, a nechat plně otevřené některé výduchy klimatizační soustavy pro zlepšení cirkulace vzduchu v kokpitu.
- Dále je dobré využívat Air Inlet Heater (Foot Warmer), a pokud je to možné, odsunout sedačku dozadu. Díky tomu se nohy dostanou do méně izolovaného prostředí s vyšší teplotou vzduchu. Na obrázku číslo 47 je zobrazen graf, který zachycuje rozdíl teplot v oblasti nožního řízení s vypnutým a zapnutým FW (Foot Warmer) při letu z Prahy do města Yekaterinburg (letišťe Koltsovo), jenž proběhl 2. dubna 2017. Podrobná data z tohoto letu jsou k dispozici v přílohách. Vodorovná osa zobrazuje dobu letu, kdy bylo měření provedeno, a svislá osa naměřenou teplotu. Na grafu je názorně vidět, že i přes nedostatečný výkon FW dokáže zvýšit teplotu v oblasti nožního řízení.



Obrázek číslo 47. Rozdíl naměřených teplot s vypnutým a zapnutým FW.

- Důležité je zvolit adekvátní oděv a obuv na dlouhé lety. Není výjimkou, že si piloti oblékají několik vrstev oblečení, čepici, teplé ponožky a půjčují si z kabiny cestujících deku, kterou si v hladině přikrývají nohy. Celkově by měl být kladen velký důraz na obuv, protože v oblasti nožního řízení je velmi chladný vzduch. Především v chladnějších měsících je výhodné volit zateplenou obuv, nejlépe s krytými kotníky. Vhodné může být také využití vyhřívaných vložek do bot. Měl by být ovšem zvolen takový oděv, který pilotům nebrání v pohybu a neomezuje jejich pracovní schopnosti.
- Piloti mohou zlepšit teplotní podmínky v kokpitu také izolací zdrojů chladu v kokpitu. Pomocí deky, novin nebo podobného dostupného izolačního materiálu je možné zatěsnit zdroje studeného vzduchu a odizolovat studené konstrukční prvky. Tento způsob optimalizace teploty v kokpitu je často využíván posádkami letounů rodiny A320. Dále je tu možnost částečného odizolování zadního okna, které není vyhřívané, pomocí záclonek nebo zavěšením kusu oblečení před okno (například saka). Na obrázku číslo 48 je zobrazeno řešení izolace zadního okna pilotem letounu A319 pomocí saka jeho uniformy.



Obrázek číslo 48. Možnost izolace zadního okna.

- b) Druhou možností je optimalizace technického vybavení kokpitu. Ideální by bylo přepracovat konstrukci klimatizačního systému letounu, ale mohlo by se jednat také pouze o volitelné doplňky výbavy, které by zlepšily tepelný komfort v kokpitu a tím by mohly alespoň částečně řešit problém s nízkou teplotou. Jedná se především o zlepšení teplotních poměrů v oblasti nožního řízení, protože tento prostor je nejvíce problematický.

Mohlo by se jednat například o toto vybavení:

- Vylepšený Air Inlet Heater, který by měl topné těleso dosahující dostatečně vysoké teploty, aby dokázal adekvátně ohřát vzduch v oblasti nožního řízení. Optimálně by mělo být schopné zajistit teplotu vzduchu v oblasti nožního řízení alespoň 26 °C i při delších nočních letech v chladné okolní atmosféře.
- Zvětšení průměru výstupů klimatizační soustavy v oblasti nožního řízení. Tento prostor zásobují teplým vzduchem pouze dva výduchy, každý o průměru asi 5 cm. Prostor nožního řízení je vyfocený na obrázku číslo 21 v kapitole 5.1, který je pro přehlednost přiložen níže. Z něj je patrné, že v prostoru nožního řízení není adekvátní přísun teplého vzduchu. Tato skutečnost se projeví již po necelých 2 hodinách letu.



Obrázek číslo 21. Výstup vzduchu v oblasti pedálů nožního řízení.

- Podlahové topení, které se využívá mimo jiné i u letounů rodiny A320 v kuchyňce/galley, což je pracovní místo palubních průvodčích. Podle jejich mínění je velký rozdíl v tepelném komfortu mezi zapnutým a vypnutým podlahovým topením. To by řešilo problém s nízkou teplotou v okolí pedálů nožního řízení, ale také by pomohlo zlepšit teplotní komfort v celém kokpitu. Bohužel je toto topení poruchové a jeho výměna nákladná. V současné době se v kuchyňce/galley standardně využívá.

- Topná folie instalovaná na podlahu v kokpitu. Folie není tak nákladná a poruchová jako podlahové topení instalované v kuchyňce/galley, ale zatím není využívána. To znamená, že reálná instalace do kokpitu letounů by byla i přesto velice nákladná a zdlouhavá.
- Vyhřívané sedačky pilotů, které by zlepšily tepelný komfort. Podobné, jaké se dnes běžně využívají v moderních automobilech. Takové sedačky by výrazně nezvýšily teplotu v kokpitu, ale výrazně by mohly zvýšit tepelný komfort pro piloty.

Jedná se pouze o možnosti vylepšení stávající situace. Použití některého z těchto technických doplňků by pravděpodobně předcházely dlouhé zkoušky a licencování produktu. Nicméně by se jednalo zlepšení pracovního komfortu pilotů v pilotní kabině.

11 Závěr

Vzhledem k současnému prudkému rozvoji v oblasti civilního letectví a stále vyšším požadavkům na letové a hlavně navigační přístroje, optimalizaci letových parametrů a s tím spojený ekonomický zisk je také kladen velký důraz na ergonomii kokpitu a komfort pro piloty. Na piloty jsou také kladeny stále vyšší požadavky, proto by měli mít pokud možno vhodné pracovní prostředí. Je to jeden z velmi důležitých faktorů pro bezpečný průběh letu, aby se piloti mohli plně soustředit na výkon svého povolání, které je spojeno s obrovskou zodpovědností za životy velkého množství osob. Z tohoto důvodu je optimální teplota v průběhu celého letu velmi žádaná.

I přesto, že nové letouny A320 NEO již problémy s teplotou v kokpitu při delších letech nemají, zůstává v provozu stále velké množství starších letounů rodiny A320. To znamená, že velké množství pilotů létá při dlouhých letech v kokpitu s nízkou teplotou vzduchu a nedostává se jim adekvátního komfortu, který by vzhledem k jejich povolání měl být samozřejmostí. Pochopitelně se nejedná o všechny letouny rodiny A320, ale pouze o ty, které jsou provozovány na delší lety v podmínkách chladné atmosféry. Lety v teplých oblastech nebo na krátkých trasách problémy s chladným kokpitem mít nebudou nebo se jich budou týkat pouze okrajově.

Cílem této bakalářské práce bylo popsat problém s teplotou v kokpitu letounů rodiny A320 a pokusit se o optimalizaci pracovních podmínek pro piloty. Informace z této práce je možno také využít pro optimální nastavení klimatizačního systému letounu nebo pouze jako shrnutí teplotních poměrů v kokpitu letounů rodiny A320. Může sloužit také pilotům těchto letounů jako inspirace, jakým způsobem lze docílit lepšího teplotního komfortu při delších letech.

Textová část byla zpracována v programu MS Word a grafy v textu byly vytvořeny v programu MS Excel. Věřím, že veškeré poznatky získané při tvorbě bakalářské práce a navržená řešení využiji i v budoucnu.

Bibliografie

[Jeppesen., & Atlantic Flight Training]. (2007). *Airframes and systems: JAA ATPL training*. (Ed. 2.). Neu-Isenburg, Germany: Jeppesen.

A318/A319/A320/A321 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL. (2006). *Avsimrus*. Retrieved from: <http://www.avsimrus.com/f/aviation-documents-15/full-a320-fcom-vol-1234-7364.html>

A320 Family. (2017). *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320_family

A330 Aircond. In: *Smartcockpit*. (2009). Retrieved from: <http://www.smartcockpit.com/docs/A330-Aircond-Press-Vent.pdf>

Airbus A330. (2017). *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_A330

AIRBUS S.A.S.. (2016). *21-41-00 PB 001 CONF 00 - COCKPIT AIR HEATING - DESCRIPTION AND OPERATION*.

Aircraft general knowledge. (2011). (6th ed.). Oxford: Oxford Aviation Academy.

Boeing 737. (2017). *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_737

Cabin pressurization. (n. d.). *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Cabin_pressurization

Dzvoník, O., Blaško, P., & Kříž, J. (2001). *Ludský faktor v letectve: ľudská výkonnosť a jej obmedzenia*. (Vyd. 1.). Žilina: EDIS.

Electronic centralised aircraft monitor. (2016). *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_centralised_aircraft_monitor

Human performance. (2008). (4th ed.). Oxford: Oxford Aviation Academy.

Chundela, L. (2007). *Ergonomie*. (2. vyd.). Praha: České vysoké učení technické v Praze.

MEDICAL GUIDELINES FOR AIRLINE TRAVEL. (2003). Aerospace Medical Association Medical Guidelines Task Force Members, 2nd edition, VOLUME 74 NUMBER 5, Section II.

Slavík, S. (2006). *Drak a systémy, nouzové vybavení letounů (021 01 a 021 04)*. (Vyd. 1.). Brno: Akademické nakladatelství CERM.

Temperature. (2016). *Wikipedie*. Retrieved from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature>

Seznam příloh

Příloha číslo 1	strana 58
Příloha číslo 2	strana 59
Příloha číslo 3	strana 60
Příloha číslo 4	strana 61
Příloha číslo 5	strana 62
Příloha číslo 6	strana 63
Příloha číslo 7	strana 64
Příloha číslo 8	strana 65
Příloha číslo 9	strana 66
Příloha číslo 10	strana 67
Příloha číslo 11	strana 68

Příloha číslo 1, PRG → ROV, 31. 3. 2017

doba letu t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
00:20 26/30	22,0	21,8	16,0	23,2	26,2	35,6	35,2	24,7
00:50 27/42	19,0	16,3	16,1	23,2	26,0	33,2	32,4	23,0
02:00 27/44	18,4	11,0	8,9	22,1	25,2	32,3	32,2	21,6
02:30 28/44	17,9	10,8	8,6	22,0	25,1	33,1	32,4	22,3

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA -6°C až -2°C .

Datum: 31.3.2017

Imat.: OK-NEO (vyhřívané zadní okno)

FL: 350

Vzlet: PRG

Přistání: ROV

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (vyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Pozn.: Teplota plechu u výstupu Foot Warmeru byla během letu 27°C – 31,4°C.

Teplota vzduchu pod rozloženým stolkem byla po 2 h letu 14°C.

Teplota vzduchu v okolí CDU – FMS byla po 1 h letu 18,3°C.

Příloha číslo 2, PRG → ROV, 31. 3. 2017

doba letu t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
00:20 26/30	22,0	21,8	16,0	23,2	26,2	35,6	35,2	24,7
00:50 27/42	19,0	16,3	16,1	23,2	26,0	33,2	32,4	23,0
02:00 27/44	18,4	11,0	8,9	22,1	25,2	32,3	32,2	21,6
02:30 28/44	17,9	10,8	8,6	22,0	25,1	33,1	32,4	22,3

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA -6°C až -2°C .

Datum: 31.3.2017

Imat.: OK-NEO (vyhřívané zadní okno)

FL: 350

Vzlet: PRG

Přistání: ROV

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (vyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Pozn.: Teplota plechu u výstupu Foot Warmeru byla během letu 27°C – 31,4°C.

Teplota vzduchu pod rozloženým stolkem byla po 2 h letu 14°C.

Teplota vzduchu v okolí CDU – FMS byla po 1 h letu 18,3°C.

Příloha číslo 3, SVX → PRG, 3.4.2017

doba letu t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
1:10 26/33	22,3	15,6	16,9	15,5	14,3	34,4	17,7	24,9
2:15 28/44	20,7	13,2	15,1	13,8	11,8	34,0	15,9	25,4
2:50 28/44	20,2	13,0	14,8	12,4	11,1	33,4	14,8	25,2
3:30 28/44	23,3	14,5	17,0	15,7	14,7	33,6	22,8	25,0

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA -9°C až -4°C .

Datum: 3.4.2017

Imat.: OK-NEP

FL: 380

Vzlet: SVX

Přistání: PRG

t_1 ... prostor nožního řízení (se zapnutým FW)

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (nevyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Pozn.:

Teplota podlahy v okolí nožního řízení bez FW měla teplotu po 1 h letu 20,2°C a po 2h letu 15,6°C.

Teplota vzduchu pod rozloženým stolkem byla po 3 h letu 10,2°C.

Teplota vzduchu v okolí CDU – FMS byla po 2 h letu 8,4°C.

Poslední měření bylo provedeno po východu slunce.

Příloha číslo 4, PRG → UFA, 5.6.2017

čas t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
20:40 25/26	22,5	19,8	20,9	23,1	23,8	34,2	22,8	24,8
20:53 27/44	22,3	20,3	18,5	26,3	25,9	34,6	8,6	26,0
21:30 27/42	20,7	18,0	12,6	21,5	22,1	33,8	6,2	23,8
22:00 28/44	19,6	15,7	12,8	21,8	22,5	34,5	6,7	23,9
22:50 28/44	18,2	18,5	11,7	22,6	21,7	36,5	5,2	22,9

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA -1°C až -4°C .

Datum: 5.6.2017

Let/imat.: CSA250/OK-NEN

FL: 350 – 370

Vzlet: PRG, 20:16

Přistání: UFA, 23:32

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (nevyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Příloha číslo 5, UFA → PRG, 6.6.2017

čas t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
01:20 27/30	22,5	19,2	19,8	24,2	22,0	34,7	14,3	24,1
01:50 29/40	22,3	20,5	11,7	25,3	22,5	34,0	11,3	24,5
02:30 28/44	19,2	19,6	10,8	22,1	21,8	33,2	7,1	24,4
03:00 28/44	20,0	17,8	6,7	22,0	20,1	33,4	7,2	22,9
03:30 28/44	19,4	16,5	7,3	23,2	21,1	34,4	6,7	23,4
04:00(svíтанí) 27/46	18,4	16,9	11,4	22,9	21,1	33,2	4,5	23,3
04:30 28/44	20,1	15,4	8,6	22,8	22,7	34,0	6,0	23,1

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA -3°C až +3°C.

Datum: 6.6.2017

Let/imat.: CSA251/OK-NEN

FL: 380

Vzlet: UFA, 00:58

Přistání: PRG, 05:05

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (nevyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Příloha číslo 6, PRG → UFA, 21.6.2017

čas t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
20:47 25/26	21,5	20,5	13,1	22,3	15,3	40,7	32,4	26,2
21:30 27/44	19,4	17,3	13,6	19,2	15,1	40,9	33,1	25,9
22:00 28/44	21,1	23,1	13,4	21,0	14,0	41,0	34,1	25,6
22:30 28/44	21,4	22,5	13,4	21,0	14,0	40,6	34,0	25,5

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA -5°C až +11°C.

Datum: 21.6.2017 Let/imat.: CSA910/OK-NEO (vyhřívané zadní okno) FL: 370

Vzlet: PRG, 20:20 Přistání: KUF, 23:45

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (vyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Příloha číslo 7, KUF → PRG, 22.6.2017

čas t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
01:05 27/32	21,9	24,0	17,4	23,3	12,9	38,0	34,0	24,7
01:35 28/42	24,0	23,1	16,8	24,8	11,7	37,8	34,8	28,4
02:10 28/34	23,0	24,8	17,1	21,9	10,9	40,8	34,6	26,3
02:44 28/38	23,1	22,6	16,0	23,0	11,2	44,1	33,2	26,5
03:25 28/40	22,1	25,2	17,4	17,3	8,7	44,3	33,9	25,6

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA +6°C až +11°C.

Datum: 22.6.2017 Let/imat.: CSA911/OK-NEO (vyhřívané zadní okno) FL: 380

Vzlet: KUF, 00:57 Přistání: PRG, 03:48

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (vyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Příloha číslo 8, PRG → UFA, 22. 6. 2017

/čas t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
01:00 26/36	23,0	20,0	19,2	22,1	14,2	41,7	22,0	26,1
01:30 26/38	23,0	18,7	19,6	20,7	14,9	42,0	20,5	25,8
02:00 28/42	22,4	18,2	14,4	21,8	13,1	40,1	18,4	26,5
02:40 29/42	22,0	17,3	18,8	20,0	13,2	40,3	17,9	24,4

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA +2°C až +6°C.

Datum: 22.6.2017 Let/imat.: CSA250/OK-MEK FL: 370

Vzlet: PRG, 00:25 Přistání: UFA, 03:27

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (nevyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Příloha číslo 9, UFA → PRG, 22.6.2017

čas t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
02:00 28/38	22,5	19,8	20,8	21,6	13,6	37,8	19,7	24,6
03:00 27/36	20,9	17,3	21,8	21,4	14,3	40,3	21,9	25,7
03:30 27/34	20,2	15,5	21,4	20,4	13,1	37,9	18,2	22,9
04:00 27/36	21,2	13,2	20,5	16,6	12,9	37,9	13,2	23,2
04:39 28/44	20,5	12,6	20,7	17,0	12,4	38,1	13,0	23,4

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA +11°C až +13°C.

Datum: 23.6.2017 Let/imat.: CSA251/OK-MEK FL: 380

Vzlet: UFA, 01:43 Přistání: PRG, 04:52

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (nevyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Příloha číslo 10, PRG → UFA, 3.7.2017

čas t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
21:00 27/36	22,8	20,5	15,7	20,3	13,5	35,0	15,1	25,0
21:30 27/38	23,1	21,1	16,0	21,1	13,7	33,1	13,4	25,7
21:50 27/40	20,5	18,8	16,1	19,9	10,2	35,4	13,9	24,7
22:50 28/40	22,1	22,0	17,0	19,3	11,8	34,7	14,3	25,8

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA +10°C až +12°C .

Datum: 3.7.2017 Let/imat.: CSA250/OK-NEN FL: 370

Vzlet: PRG, 20:22 Přistání: UFA, 23:43

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (nevyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Příloha číslo 11, UFA → PRG, 4.7.2017

čas t_c (°C)*	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_8 (°C)
01:30 26/32	23,7	21,5	19,4	20,1	18,1	33,6	16,4	25,7
2:10 27/34	24,0	20,3	20,9	20,0	14,0	33,2	13,1	24,8
02:40 28/36	25,0	19,7	21,2	19,5	15,7	32,9	11,7	25,3
03:15 28/36	23,3	19,3	21,4	20,5	13,8	34,5	17,1	25,8

Toto měření bylo provedeno při teplotě okolní atmosféry v rozmezí ISA +10°C až +12°C .

Datum: 04.07.2017 Let/imat.: CSA250/OK-NEN FL: 360–380

Vzlet: UFA, 00:36 Přistání: PRG, 05:00

t_1 ... prostor nožního řízení

t_2 ... pedestal (přední část)

t_3 ... pedestal (zadní část)

t_4 ... horní rám bočního okna

t_5 ... dolní rám bočního okna (u pedestalu)

t_6 ... teplota bočního okna (vyhřívané)

t_7 ... teplota zadního okna (nevyhřívané)

t_8 ... teplota v úrovni hlavy

* t_c je teplota, kterou indikoval systém Air Condition na System Display pro část Cockpit ve formátu cockpit/duct (teplota v kokpitu/teplota vzduchu na výstupu z klimatizační soustavy).

Pozn.: Ve 02:12 vychází slunce vpravo. Pocitové zvýšení teploty (pozitivní zlepšení).