

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

TENDENCE VÝVOJE DOPRAVNÍCH LETADEL

TRANSPORT AIRCRAFT DEVELOPMENT TENDENCIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ VAŠČÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ KUJAL, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Vaščák

který/která studuje v bakalářském studijním programu

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Tendence vývoje dopravních letadel

v anglickém jazyce:

Transport Aircraft Development Tendencies

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem bude seznámit se s problematikou letadlové techniky využívané v civilní letecké dopravě. Student dále zhodnotí provozní charakteristiky těchto letounů a na základě tohoto zhodnocení vytvoří krátkodobý odhad požadavků provozovatelů na letadlovou techniku.

Cíle bakalářské práce:

- Seznámit se s vývojem letadlové techniky
- Zhodnotit výkonové charakteristiky
- Odhadnout tendence vývoje

Seznam odborné literatury:

- [1] SEDLÁČEK, Bohuslav. Provoz a ekonomika letecké dopravy I. 1. vyd. Bratislava: ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., 1983. 330 s.
- [2] NĚMEČEK, V. Civilní letadla 1. 1. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1981. 392 s.
- [3] NĚMEČEK, V. Civilní letadla 2. 1. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1981. 360 s.
- [4] Janes: All the World's Aircraft 2007-2008. Cambridge University Press, 2007. 973 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Kujal, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.

prof. Ing. Antonín Pištěk, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je seznámení se s vývojem letadlové techniky, zhodnotit provozní charakteristiky vybraných typů dopravních letounů a vytvořit krátkodobý odhad vývoje dopravních letadel.

KLÍČOVÁ SLOVA

Letadlo, letoun, vývoj, historie, dopravní letadlo, civilní letadlo, Airbus, Boeing, tendence vývoje, budoucnost letectví, letectví, nadzvuková doprava, proudová doprava, motory, křídla.

ABSTRACT

The aim of thesis is to acquaint with the development of aircraft technology, to evaluate the operating characteristics of selected types of transport aircraft and create a short-term estimate of the development of transport aircraft.

KEYWORDS

Aircraft, airplane, development, history, transport aircraft, civil aircraft, Airbus, Boeing, development tendencies, the future of aviation, aerospace, supersonic transport, jet transport, engines, wings.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VAŠČÁK, T. *Tendence vývoje dopravních letadel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. XY s. Vedoucí bakalářské práce
Ing. Tomáš Kujal, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Tomáši Kujalovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Mé poděkování patří také rodině, která mě v období mého studia plně podporovala a za to jsem jim opravdu hodně vděčný a nesmírně si toho vážím. Rovněž bych chtěl poděkovat Haně Fajkusové za typografickou korekturu.

OBSAH

1. ÚVOD.....	15
2. DOPRAVNÍ LETOUN	16
2.1 ROZDĚLENÍ DOPRAVNÍCH LETOUNŮ	16
3. HISTORIE LETECTVÍ	18
3.1 PRVNÍ POKUSY	18
3.2 VÝVOJ DOPRAVNÍCH LETADEL	19
3.2.1 20. léta 20. století.....	20
3.2.2 30. léta 20. století.....	22
3.2.3 40. léta 20. století.....	24
3.2.4 Proudové letouny	24
3.2.5 Nadzvuková letadla	26
4. KONKURENCE AIRBUSU A BOEINGU	31
4.1 AIRBUS A320 FAMILY VS. BOEING 737	32
4.1.2 Airbus A320 Family	32
4.1.3 Boeing 737 Series	33
4.2 AIRBUS A330 VS. BOEING 767	34
4.2.1 Airbus A330 Family	34
4.2.2 Boeing 767 Series	34
4.3 AIRBUS A340 VS. BOEING 777	34
4.3.1 Airbus A340 Family	34
4.3.2 Boeing 777 Series	35
4.4 AIRBUS A350 XWB VS. BOEING 787	35
4.4.1 Airbus A350 XWB Family	35
4.4.2 Boeing 787 Series	35
4.5 AIRBUS A380 VS. BOEING 747	36
4.5.1 Airbus A380	36
4.5.1 Boeing 747 Series	36
5. ZÁVĚR	38
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	39
SEZNAM PŘÍLOH	41

1. ÚVOD

V této práci na téma tendence vývoje dopravních letadel bych se chtěl zabývat vývojem dopravních letadel, jejich historií, rozvojem během první poloviny dvacátého století a o současném dění na poli letadlové techniky.

V první části své práce se budu zabývat rozdělením dopravních letadel, stručnou historií letectví, jejich překážkami ve snaze po rychlejších, větších a modernějším letadle. Představím některé stroje ze začátku minulého století a uvedu začlenění některých novinek u dopravních letadel. Také se zmíním o nadzvukové dopravě v podobě už neprovozovaných letadel Concorde a Tupolev Tu-144.

Poslední část se věnuje konkurenčnímu boji mezi největšími výrobci dopravních letadel za posledních dvacet let; Airbusu a Boeingu. Jejich soupeření si porovnáme na počtu objednaných a doručených dopravních letounů. Současně uvedu jednotlivé konkurenty a parametry podle toho, na které tratě jsou převážně nasazovány. Zároveň blíže představím jednotlivá letadla.

2. DOPRAVNÍ LETOUN

Definice: Motorem poháněné letadlo těžší než vzduch, u něhož se vztlak potřebný k letu vyvozuje působením aerodynamických sil na nosné plochy, které jsou v dané konfiguraci letadla nepohyblivé. [1]

2.1 Rozdělení dopravních letounů

Podle typu motorů:

- *Letadla s pístovými motory* – pístové motory jsou motory podobné jako v osobním autě. Existují v několika základních skupinách, lišící se uložením válců a klikové hřídele – hvězdicové, rotační, řadové.
- *Turbovrtulová letadla* – turbopropy – se dá považovat za hybrid vrtulového a proudového motoru – většina částí je stejná jako u proudového motoru (vstupní ústrojí, kompresor, spalovací komora, turbína, výstupní ústrojí). V podstatě to je proudový motor, jehož energie se však použije k pohonu vrtule a pouze necelých 10 % výkonu se přímo podílí tahovou silou na pohonu letadla.
- *Proudová letadla* – motor pracuje na principu Newtonova zákona o akci a reakci – spaliny vycházející z motoru působí silou opačným směrem na motor, který tím ženou vpřed. V přední části dochází k nasávání vzduchu, který putuje dále do kompresoru, jež vzduch stlačuje a tím pádem zahřívá. Stlačený vzduch dále putuje do spalovací komory. Zde se do vzduchu vstříkuje palivo a dochází k zažehnutí směsi. Spaliny vycházející ze spalovací komory roztáčí turbínu v zadní části motoru. Rozpálené plyny pak velkou rychlostí proudí ze zadní trysky motoru.

Podle počtu motorů:

- Jedno až šesti-motorové

Podle doletu:

- *Regionální tratě (do 1 000 km)* – Bombardier Dash 8, Embraer 145, 170, 175, 195
- *Střední tratě (1 000–3 000 km)* – Airbus A320, Boeing 737, McDonnell Douglas MD–80, MD–90
- *Dlouhé tratě (nad 3 000 km)* – Boeing 767, B747, Airbus A330, A340, A380, McDonnell Douglas DC–10, DC–11

Podle kapacity:

- *Malá dopravní letadla (VLJ, Bizjets):* 4–20 cestujících
- *Střední dopravní letadla (pro regionální lety):* 20–100 cestujících
- *Velká dopravní letadla (aerobusy):* nad 100 cestujících

Nejčastější kategorie, podle kterých se rozdělují letouny:

- *Very Light Jets* – VLJ – malý letoun s proudovým motorem schválený pro jedno-pilotní provoz, pro přepravu 3–8 cestujících, s maximální vzletová hmotností 2 000 kg; Cessna Mustang, Embraer Phenom 100
- *Business Jetz (Bizjets)* – letadlo pro korporace, VIP členy a přepravu obchodníků; Cessna 525 CitationJet, Raytheon Hawker 800, Bombardier Global 5000
- *Turbopropy (regionální)* – Bombardier Dash 8, Embraer EMB 120 Brasília, ATR 42, ATR 72
- *Proudové letouny (střední a dlouhé tratě)* – McDonnell Douglas MD–80, Boeing 767, Airbus A340
- *Cargo letouny* – letouny pro přepravu nákladu; Tupolev Tu–204, Antonov An–225, Douglas M–2

3. HISTORIE LETECTVÍ

Prvním z aktivně se zajímajících o konstrukci létajících strojů byl Leonardo da Vinci, jehož návrhy předběhly svou dobu. Své objevy a principy aerodynamiky, fyziky a návrhy strojů popsal hned v několika dílech. Jeho spisy ilustrovaly hned několik návrhů a nákresů, ale jeho vliv na další rozvoj letectví by býval ještě větší, kdyby se mnoho jeho děl neztratilo. Psal o základních problémech létání, například o zákonu akce a reakce, o struktuře křídel, přistávacím podvozku, či dokonce o zařízeních sloužících ke změně směru letu. Mnoho jeho následovníků však po staletí učinila pouze pramalý pokrok.

3.1 První pokusy

Jedním z velkých průkopníků se stal na konci osmnáctého století Angličan George Cayley. Začal se zabývat fyzikální podstatou letu a sil, které na něj působí. V polovině devatenáctého století sestavil a následně demonstroval své poznatky o principech letu na kluzácích, které byly schopny letu na krátké vzdálenosti a unesly dospělého člověka. Cayley také experimentoval s různými tvary křídel, na nichž demonstroval důležitost tvaru křídel na letové vlastnosti a schopnost udržení letadla ve vzduchu.

Cayleyho poznatky a experimenty vedly jeho následovníky k vývoji kluzáků, které byly schopny létat dále a výše, a také získat kontrolu nad směrem letu. Až na konci devatenáctého století se do historie zapsal německý technik Otto Lilienthal, jenž navrhl a sestrojil několik desítek různých kluzáků, se kterými provedl stovky letů. Poslední z nich se mu stal osudným a na následky havárie zemřel. Naštěstí jeho bohatá dokumentace posloužila jako základ jeho následovníkům. Věnovali se také vývoji letadla s vlastním pohonem. Začaly se používat parní motory, ale ty byly velice těžké a obrovské na to, aby se letadlo pouze vzneslo. Avšak tento motor nebyl pouze slepou cestou v dějinách letectví. V roce 1852 Francouz Henri Giffard sestrojil první primitivní vzducholodě, která byla poháněna parním motorem. Ale i Giffard a další průkopníci, kteří se snažili o totéž, nedokázaly udržet své stroje delší dobu ve vzduchu.

Vývojovým předchůdcem vzducholodě byl balón. Po prvních úspěšných letech začala snaha o řízení jeho směru. Leč první návrhy na korigování směru balónů byly dost naivní, Francouz Victor Meusnier přišel s návrhem použití vrtule. Záhy se ovšem ukázalo, že lidská síla na pohon balónu nestačí. Parní stroj by byl býval ideální na svou dobu, jenže byl příliš těžký i na balón plněný vodíkem a také nebezpečný, neboť případné jiskry nebo pára mohli zapálit vodík v balónu.

Prvním úspěšným průkopníkem, jenž spojil balón se spalovacím motorem, byl Brazilec Alberto Santos-Dumont. 19. října 1901 se stal celosvětovým hrdinou, když přeletěl se svojí vzducholodí nad Paříží kolem Eiffelovy věže. Ve stejnou dobu se také zlepšovaly „balóny“ s pevnou kostrou, ale nikdo jim moc nedůvěřoval, jelikož samotná konstrukce byla těžká a bylo za potřebí větší síly k pohonu a samotného vzletu balónu. Proto zůstali prozatím ve stínu klasických balónů bez pevné konstrukce.

Byl to právě pruský důstojník Ferdinand von Zeppelin, jenž proslavil vzducholodě i přes počáteční nedůvěru. Odešel z armády, jen aby se mohl věnovat výzkumu. První vzducholod' s pevnou kostrou postavil v roce 1900 a nadále je vylepšoval. Dřevenou konstrukci nahradil hliníkovou a kvůli zvýšení bezpečnosti rozdělil balón na několik vaků, které byly naplněny plynem, takže kdyby došlo k nechtěnému úniku plynu z některého vaku, stále byla vzducholod' schopná letu.

Za zmínku snad stojí vzducholod' Hindenburg, jež byla 245 metrů dlouhá a luxusní formou přepravovala cestující přes Atlantik. Tragédie v květnu 1937, kdy Hindenburg začal hořet a havaroval nedaleko místa přistání v New Jersey, ukončila zlatou éru vzducholodí.



Obrázek 1 – Hindenburg Graf Zeppelin LZ-129 [2]

Mimo jiných si můžeme připomenout také Američana Octava Chanuta, respektovaný mechanik a stavitel mostů. Byl prvním leteckým historikem, když se pokoušel dokumentovat pokusy jiných, ať již úspěšných či neúspěšných. Sám také sestavil několik kluzáků a byl rádcem a přítelem bratrů Wrightových, které podporoval v jejich pokusech o první let letadlem s vlastním pohonem.

Ke zkonstruování letadla bratři Wilbur a Orville Wrightové dospěli až po dlouhé cestě zkoušení a vylepšování svých prvních studií papírových draků a kluzáků. Tato strastiplná cesta, která trvala přibližně čtyři roky, vyvrcholila stavbou letadla s vlastním pohonem. První řízené lety provedli na konci roku 1903, přesněji 17. prosince poblíž města Kitty Hawk. Ale až o dva roky později na podzim 1905 sestrojili stroj schopný delšího a řízeného letu, plně ovlivnitelného pilotem. Tímto letem se nesmazatelně zapsali do dějin letectví.

3.2 Vývoj dopravních letadel

První cestující byli přepraveni až jedenáct let po prvním letu bratrů Wrightů. Jedním z těchto strojů byl Ilja Muromec z konstrukční kanceláře Igora Sikorskij. Let s pasažéry uskutečnil 25. února 1914. Kapacita tohoto letounu byla 8 až 16 lidí. V počátcích se létalo převážně s dvouplošníky, většinou celodřevěné konstrukce s plátěným potahem. Lety byly možné pouze za příznivých povětrnostních podmínek a viditelnosti. [3]



Obrázek 2 – Ilja Muromec [4]

3.2.1 20. léta 20. století

20. léta 19. století znamenala vývoj osobní letecké dopravy. Vznikaly první stroje, které měly obrovský význam na leteckou přepravu. Jedním z nich byl také Armstrong Whitworth AW 154 Argosy. Argosy bylo třímotorové dvouplošné letadlo s hranatým průřezem trupu. Který byl vyroben z oceli a potažen tkaninou. Rovněž křídla byla potažena tkaninou, ale konstrukce byla dřevěná. V přední části letounu se nacházel jeden motor a zbylé dva byly umístěny po obou stranách letadla mezi křídly. Byly použity pístové motory Armstrong Siddeley Jaguar IIIa s výkonem 283 kW, u pozdějších verzí pak silnější Jaguar IVa s výkonem 306 kW.

Kokpit pilota byl otevřený a umístěn hned za předním motorem a dále už následovala kabina pro 22 cestujících. Jelikož kapacita Argosy byla větší než u ostatních letadel, snížila se cena letenek a všechna místa v letadle byla vyprodána. Pro leteckou společnost Imperial Airways bylo letadlo upraveno pro 12 cestujících a několik letušek, které se staraly o komfort na palubě. Tím se zvýšila poptávka po letecké přepravě a začal konkurenční boj mezi výrobci letadel.

Podobný koncept jako Argosy představil i Boeing (tehdy boeing Air Transport). Jeho Model 80 byl rovněž třímotorový dvouplošník s kapacitou až 18 cestujících. Trup byl vyroben z kovu a potažen tkaninou, křídla byla dřevěná a horní křídlo bylo větší než spodní. Poháněn byl hvězdicovými motory Pratt & Whitney o výkonu 304 kW. K velké nelibosti pilotů byl kokpit uzavřený. Letoun byl nasazován na stále vytíženější linku mezi San Franciscem a Chicagem.



Obrázek 3 – Armstrong Whitworth AW 154 Argosy [5]

Na lince Paříž-Brusel létala civilní verze bombardéru Farman F.60 s označením Goliath. Tato rodina dopravních letadel byla vyrobena v 6 verzích (letoun byl vyráběn v licenci v tehdejší Československu) a konstrukce zůstávala v podstatě stejná. Lišila se pouze použitými typy motorů. Goliath byl dvouplošník se stejně dlouhými křídly. Mezi křídly a nad podvozkem byly umístěny motory, které dodávalo více firem. Za zmínku stojí zejména hvězdicový motor Salmson Z.9 o výkonu 174,8 kW.

S koncem války byl obrovský přebytek vojenských letounů. Výrobci letadel nepřibývaly nové zakázky a armáda se snažila zbavit stávajících letadel. Proto se čím dál častěji přestavovaly vojenské verze na civilní a své uplatnění si našly například při přepravování důležitých osob během mírových konferencí. Tohoto úkolu se zmocnil De Havilland D.H.9B. Tento stroj však pojal pouze 2 cestující v otevřené kabině, což nebylo velice pohodlné, a tak firma De Havilland začala vyvíjet nový stroj označený jako D.H.16. Nová verze byla prodloužena a rozšířena, proto byla schopná přepravit až 4 cestující. Další úpravy doznaly i křídla. Horní křídlo bylo sice stejně dlouhé jako spodní, ale bylo o kousek posunuto vpřed. O pohon se staral pouze jeden motor, ale používány byly dva typy – Rolls Royce o výkonu 257 kW a Napier Lion s 330 kW. Jak již bývalo zvykem, kabina pilota byla otevřená. Pro firmu De Havilland byl tento letoun velký úspěch, ačkoli byla všechna letadla stažena z provozu kvůli vyšším provozním nákladům či leteckým haváriím.

3.2.2 30. léta 20. století

Pro firmu De Havilland to byl skvělý začátek a zakázky se začínaly jenom hrnout. Jednou z nich byl požadavek z Iráku na vytvoření víceúčelového, lehkého letadla, které by provozovala tamní policie. Ve stejnou dobu dostal podnik zakázku od letecké společnosti Hillman Airways na stavbu většího dvoumotorového letounu. Po konzultacích se Hillman rozhodl objednat předělané verze De Havilland D.H.84 Dragon, určeného pro Irák. Jednalo se o dvoumotorový dvouplošník se stejně velkými křídly, a celý vyrobený ze dřeva. Jako pohonná jednotka byly použity dva motory De Havilland Gipsy Major s výkonem 97 kW umístěné blízko trupu. Kabina pilota již byla uzavřená, z větší části prosklená a umožňovala pilotovi skvělý výhled. D.H.84 bylo velice spolehlivé letadlo, jednoduché konstrukce a levné co se týče provozu. Vyznačoval se skvělými letovými vlastnostmi, bylo tak potěšení s ním létat. Po velkém úspěchu na lince Londýn-Paříž, byla letadla objednána leteckými dopravci Španělska, Kanady, Jižní Afriky, Indie, Československa i Egypta. Dragon se stal vzorem pro ostatní výrobce a firma De Havilland získávala renomé.



Obrázek 4 – De Havilland D.H.84 [6]

Taktéž firma Boeing se nenechala zahanbit a díky svému neustálému zdokonalování představila nový model Boeing 247, který je mnohými odborníky považován za zlomový ve vývoji osobní letecké dopravy. B247 byl dolnoplošník a začal udávat moderní trendy v letectví. Už nešlo o polodřevěné konstrukce, ale o celokovové dvoumotorové letadlo poháněné motory Pratt & Whitney. Každý motor měl výkon 404 kW. Podvozek už nebyl statický, ale zatahoval se do gondol motoru. Větším nedostatkem bylo vybavení stroje pevnými, nestavitelnými vrtulemi, což bylo nevýhodné při provozu v náročných podmínkách, vysokých výškách či vysoké

teplotě. Kabina pro pasažéry nebyla rovněž nijak komfortní, protože při pohybu po letadle musel být člověk přikrčený. Velikou výhodou Boeingu byly jeho motory. V letu dokázal pokračovat i s jedním motorem, což vzbudilo vlnu ohlasu u leteckých společností a pocit bezpečí u cestujících. Nakonec se však musel sklonit pod letadly firmy Douglas.



Obrázek 5 – Boeing 247 [7]

Po úspěchu Boeingu 247, Douglas vyvinul nový celokovový, dvumotorový letoun DC–1. Prototyp však neměl dlouhého trvání a do provozu se vůbec nedostal, a tak se stal předlohou pro novější DC–2, vzniklý prodloužením trupu. Samozřejmostí byla celokovová konstrukce s vylepšeným aerodynamickým tvarem trupu. O pohon se staraly dva motory Wright Cyclone o výkonu 522 kW. Podvozek byl obdobně zasouvateľný jako u Boeingu 247. Letoun byl dimenzován na přepravu 14 cestujících, byl velice oblíbený mezi obchodníky a byl vyráběn i v Evropě.

Kapacita DC–2 nebyla nijak vysoká a letecké společnosti požadovaly ještě vyšší. Ta byla nakonec navýšena z původních 14 na 32 a vzniklo tak jedno z nejznámějších a nejúspěšnějších letadel – Douglas DC–3 známé též jako Dakota. Prvotní určení Dakoty bylo pro noční transkontinentální lety a tehdy se ještě označoval Douglas DST (Douglas Sleeper Transport), úpravou vznikla „denní“ verze označená DC–3. Na konci 30. let tento letoun tvořil 80 % letového parku USA a získal dominantní postavení v letecké dopravě. Se vstupem USA do války armáda objednala upravenou variantu DC–3. Po zesílení podlahy, zjednodušení interiéru a instalování nových motorů Pratt & Whitney R–1830–92 Twin Wasp o výkonu 882 kW, americké vojenské letectvo označilo tento předělaný letoun jako C–47 (Skytrain) a vžila se pro něj přezdívka Dakota. Těchto modelů bylo pro USAF vyrobeno neuvěřitelné množství, přes 10 000 kusů, a dalších více než 2 000 v licenci SSSR jako Lisunov Li–2. Na konci války bylo Dakot velké množství, ale nešly na odbyt, neboť armáda prodávala C–47 mnohem levněji a přeorientování vojenské verze na civilní bylo mnohem levnější než zakoupení nového DC–3.



Obrázek 6 – Douglas DC-3 [8]

3.2.3 40. léta 20. století

Toto, pro Douglas nepříjemné zahlcení trhu letouny pro střední a krátké tratě, nahrávalo ostatním výrobcům letadel, aby mohli přijít s něčím novým a konkurovat velmi úspěšnému Douglasu. Jedním z nich byl Lockheed se svým strojem L-49, později L-049 a obchodním názvem Constellation. Avšak během války armáda tyto stroje zabavila, a tak první civilní verze byla označená L-649. Celokovový dopravní letoun se 4 motory Wright Cyclone o výkonu 1 837 kW s přímým vstřikováním a charakteristickými třemi svislými plochami v ocasní části. Kabina pilota byla lépe odhlučněna a pro pohodlí cestujících se starala vylepšená ventilace. Křídla společně s podvozkem byly zesíleny. To vedlo ke zvýšení hmotnosti, a tak konstruktéři zapracovali na zvýšení rychlosti na konečných 526 km/h. Dolet nebyl nijak úchvatný, pouze 3 800 km, naproti tomu verze L-749 doznala menších změn a dolet se zvětšil až na 8 000 km.

3.2.4 Proudové letouny

Letectví zaznamenalo prudký rozvoj od svých prvních pokusů, přes nástup jedno a vícemotorové letouny ve 20.–40. letech až po začátek proudové dopravy v padesátých letech. Pro tak velké zvýšení cestovní rychlosti musel být vyvinut nový motor. O to se postaral, o několik let dříve, kadet RAF Frank Whittle a navrhl motor s turbínou poháněnou plynem (první letoun s proudovým motorem byl německý Messerschmitt Me 262). Bohužel použití těchto motorů bylo značně ztíženo slabou konstrukcí letadel. Leteckým společností se tato myšlenka také nelíbila a argumentovali vyššími provozními teplotami motorů, což by vyžadovalo dražší

konstrukční části ze speciálních slitin, které nepříznivě ovlivní spolehlivost a bezpečnost letadla, nehledě o mnohem větší spotřebě paliva ve srovnání s pístovými motory. Také rychlost rozjezdu byla nižší a stroje by potřebovaly delší rozjezdovou dráhu a dopravci by museli přebudovat většinu letišť.

Další rozvoj lopatkových motorů přišel později. Na základě tzv. Brabazonova výboru vznikl návrh prototypu s označením IV., určený pro přepravu pošty přes Atlantik. Podle této specifikace vznikla v továrnách De Havilland první varianta proudového dopravního letounu DH-106 Comet. Výrobce přišel s celokovovou konstrukcí vybavenou přetlakovou komorou a kabinou pro 44 cestujících. Letadlo bylo poháněno čtyřmi firemními motory De Havilland Ghost 50-1, každý s tahem 19,85 kN. Jejich umístění v blízkosti trupu znemožňovalo výrazné narušení aerodynamiky křídla. Nevýhodou bylo zabudování motorů do křídel, takže byly hůře přístupné a znesnadňovala se jejich údržba, popřípadě oprava. Zajímavostí byl lepený trup. De Havilland nepoužil klasické nýtování plechů, ale speciální metodu Redux, čímž docílil odlehčení letounu.



Obrázek 7 – DH-106 Comet [9]

První sériově vyráběný letoun nesl označení DH Comet 1 a po namontování motorů Ghost 50-2 nesla verze značku 1A. Ale základním modelem se nakonec stal DH Comet 2, prodloužená verze „jedničky“ s novými motory Rolls Royce Avon 117. Po pár dalších úpravách, opětovnému prodloužení trupu, zvětšení doletu a kapacity pro 58–78 cestujících, přišel na svět třetí model Cometu, který se stal velice oblíbený i za oceánem. Poté přišla na řadu série nešťastných nehod a letoun byl stažen z provozu. Vyšetřovací komise přišla na příčinu havárií, jež tkvěla v konstrukci, konkrétně únavou materiálu v rámu oken, způsobenou častými tlakovými změnami při letu ve vysokých nadmořských výškách. Následovalo ukončení výroby a Cometa létala pouze jako vojenský transportní letoun. Nejednalo se zdaleka o první ani poslední letadlo, které se díky nešťastné shodě okolností zasloužilo o vývoj civilního

letectví. Použití proudového motoru u dopravních letadel měl za následek obrovský boom v příštích letech.

Dnes již zaniklá letecká společnost PanAm přišla s požadavkem na zkonstruování proudového letadla pro transatlantickou dopravu. Boeing přišel se svým B707 a Douglas s DC-8, oba stroje byly čtyřmotorové. Díky skvělým vlastnostem a výkonům se 707 začala rychle rozšiřovat. Významnou měrou k tomu přispěla i čistě dálková verze B707-320 pro přepravu až 189 cestujících do vzdálenosti 7 400 km. Větším handicapem se zdála jenom hladina hluku, která se odstranila nainstalováním speciálních tlumičů hluku.

Jako zdařilý konkurent Boeingu a Douglasu se jevila firma Convair. Na trh přišla s dopravním letounem CV-880 pro 85–115 cestujících. Hlavní konkurenční zbraní byla cestovní rychlost. Po zavedení do běžného provozu se Convair neprojevil jako povedené letadlo. Muselo být několikrát předěláváno a konstrukčně upravováno. Nakonec bylo staženo nahrazeno další typovou řadou, ale ani ona nepřinesla velký úspěch. Convair se stále potýkal s technickými problémy, hlavně aerodynamického charakteru, což v důsledku znamenalo zastavení výroby.

Začátkem padesátých let zasahuje do vzestupu proudové dopravy sovětský Tupolev TU-104 vzniklý modifikací bombardéru Tu-16. Civilní dvoumotorová verze byla dimenzována pro 50 cestujících a využívala pohonnou jednotku Mikulin AM-3. Záhy následovala výkonnější verze Tu-104A a prodloužená verze Tu-104B pro 100 pasažérů.

3.2.5 Nadzvuková letadla

Koncem 60. let si výrobci letadel pohrávali s myšlenkou nadzvukové přepravy cestujících. Boeing pracoval na svém návrhu 733 (později označovaném jako Boeing 2707) s měnitelnou geometrií křídel, která se zdála slibnější než plánovaný Concorde. Boeingův prototyp měl mít větší kapacitu a rychlost a vystačil by si s délkou přistávací dráhy jako B707. V průběhu stavby se ukázal problém s hmotností a konstruktéři začali „očesávat“ kabinu pro cestující. To se nelíbilo leteckým společnostem. Zdálo se, že z této situace není východisko, a Boeing od této koncepce upustil.



Obrázek 7 – Concorde [10]

Na rozdíl od státem dotovaného vývoje Concorde. Po dohodě mezi Velkou Británií a Francií z roku 1962, začaly vznikat první návrhy nadzvukového dopravního letounu. Finální verze byla na tehdejší poměry neobvyklá. Zvláštní deltovitý tvar křídel, štíhlý trup a špičatá přední část. Poprvé vzlétl před 40 lety v roce 1969 a vypadalo to na velice slibný začátek. Byly vyrobeny 2 prototypy, 2 předseriové modely a celkem 16 sériových s kapacitou pro 152 osob. Maximální dosažená rychlost byla 2 352 km/h.

Avšak provoz těchto letounů nebyl levnou záležitostí. Pro dosažení nadzvukové rychlosti, byly motory Rolls Royce opatřeny tzv. forsází – přidavným spalováním – která se spouštěla ve výšce přibližně 8 000–9 000 m. Concorde létal ve výškách okolo 16 000 m při rychlosti Mach 2.

Zajímavostí se stala hydraulicky sklápěná kabina pilota. Při vyšších rychlostech byla kvůli aerodynamickému odporu úplně vytažena a při nižších byla skloněna o 5–12° a poskytovala pilotovi dobrý přední výhled, čehož se využívalo hlavně při přistávání.

Letadlo	Concorde
Výroba	1968
Rozpětí [m]	25,6
Délka [m]	61,66
Celk. plocha křídla [m²]	358,28
Hmotnost prázdná [t]	78,7
Hmotnost max. vzletová [t]	185,07
Hmotnost paliva [t]	96
Kapacita osob max.	152
Rychlost max. [km/h]	2 352
Dolet [km]	7 250
Motory	4× Rolls-Royce/SNECMA Olympus 593
Tah motorů [kN]	4× 169
Spotřeba paliva [kg/km]	13

Tabulka 1 – Technické údaje letounu Concorde [11]

Concorde ale nebyl jediným dopravním letounem se schopností pokořit rychlost zvuku. Ve stejnou dobu vznikal v tehdejším SSSR velice podobný projekt. Rovněž v roce 1968 vyrobil Tupolev svůj prototyp nadzvukového dopravního letadla, označeného Tu–144. Jako první civilní letoun překonal rychlost zvuku ještě o něco dříve než britsko-francouzský Concorde. Podobně bylo vyrobeno jenom 16 kusů a ekonomika provozu nebyla o mnoho lepší. V té době propukla ropná krize a provoz těchto letadel utrpěl ránu. V provozu nakonec zůstal pouze elegantní Concorde, neboť sovětské „tůčko“ postihla hrozivá katastrofa během francouzského aerosalonu.



Obrázek 8 – Tu–144LL [12]

Nadzvuková doprava se díky drahému provozu, a tomu odpovídající ceně letenek, stala přepravou pro horních deset tisíc. Vzhledem k vysoké hlučnosti dostal zákaz přistávat na většině amerických letišť, a tak létal převážně na trase Londýn-New York a Paříž-New York.

Ale ani Concorde nečekala zářivá budoucnost. Osudná havárie, způsobená odpadnuvší lamelou na pařížské ranveji, znamenala konec těchto letadel a také konec nadzvukové dopravy.

Letadlo	Prototyp Tu-144	Tu-144S	Tu-144D
Výroba	1968	1971–77	1974–84
Rozpětí [m]	27	28	28,8
Délka [m]	58,5	65,7	67,5
Celk. plocha křídla [m²]	470	503	507
Hmotnost prázdná [t]	79	85	97
Hmotnost max. vzletová [t]	150	195	207
Hmotnost paliva [t]	70	95	102
Kapacita osob max.	126+4	140+3	155+3
Rychlost max. [km/h]	2 430	2 350	2 124
Dolet [km]	3 000	3 500	6 500
Motory	4× NK-144	4× NK-144A	4× RD-36-51A
Tah motorů [kN]	4× 172	4× 196	4× 216
Spotřeba paliva [kg/km]	26	26	11

Tabulka 2 – Technické údaje letounu Tupolev [12]

Konstruktéři z anglické firmy Reaction Engines Ltd. pracují na ambiciózním projektu LAPCAT L2 (Long-Term Advanced Propulsion Concepts Technologies) a snaží se poučit z nedostatků letounu Concorde. Jako palivo bude použit vodík, kapacita by měla narůst až na 300 cestujících (porovnání velikosti vůči Airbusu A380 je v PŘÍLOZE 1) a cena letenek by měla být srovnatelná s dnešní Business class.



Obrázek 10 – LAPCAT A2 za letu [13]

Letadlo	LAPCAT A2
Délka [m]	139
Rozpětí [m]	41
Maximální průměr trupu [m]	7,5
Celk. plocha křídla [m²]	900
Celková hmotnost [t]	400
Palivo	Kapalný vodík
Hmotnost paliva [t]	198
Počet cestujících	300
Rychlost max. [km/h]	2 430
Dolet [km]	18 700

Tabulka 3 – Technické údaje letadla A2 [14]

Klíčovým prvkem celého projektu jsou motory, jelikož se firma zabývá pokročilými kosmickými pohony (především náporové motory s nadzvukovým spalováním). Motory A2 budou schopny pracovat v nadzvukovém i podzvukovém režimu, a to bez výrazného ekonomického zatížení. Další výhodou vodíkových motorů by měla být jejich tichost a šetrnost vůči životnímu prostředí.

Na obzoru je ještě jeden projekt nadzvukového dopravního letadla. Jedná se o přímého nástupce Concorde, který bude vyvíjet japonská kosmická agentura JAXA ve spolupráci s Francií. Podle zástupců firmy JAXA bude největším problémem potlačení sonického třesku, proto se vývojáři soustředí na navržení optimálního tvaru trupu a křídel. První pokusný start se nevydařil a další je zatím v nedohlednu. Pro dosažení nadzvukové rychlosti bude letoun vybaven turbínovými motory, jež by mely být teoreticky schopné dosáhnout rychlosti Mach 5,5.

4. KONKURENCE AIRBUSU A BOEINGU

Proč pouze Airbus a Boeing? Začátkem 20. století působilo po celém světě mnoho proslulých výrobců dopravních letadel. Zmiňme například De Havilland a jeho velkolepý Comet, Dakota a celá řada dalších velice úspěšných letounů společnosti Douglas, Lockheed se svými transatlantickými velikány v podobě Super Constellation. Malá, ale přesto konkurenční firma Convair udělala rozruch letounem CV-880. Ještě můžeme na okraj zmínit originální konstrukce holandského výrobce Fokker. Nejen tyto slavné firmy, ale i jiné, přicházely se skvělými koncepty a zajímavými řešeními a přispěly k vývoji osobní letecké dopravy. Bohužel většinu z nich v konečné fázi provázely nezdary, havárie a ekonomické důvody. To vedlo k zániku těchto podniků a na světovém trhu s výrobcí zůstala jen dvě jména – velice zkušený Boeing s dlouholetou historií a tradicí, a Airbus, který se díky státní finanční podpoře rychle vypracoval v plnohodnotného konkurenta.

Na konci 70. let přišel Airbus na trh s dopravními letadly se svým prvním modelem A300. Nebyl nikterak revoluční, co se designu týče, ale jejich nízká pořizovací cena, nové technické prvky, systém fly-by-wire, nižší hmotnost a vyšší výkon mluvil v jeho prospěch. Zanedlouho následovaly modely A310 a A320 a Airbus začal konkurovat osobní dopravě na krátkých a středních tratích. Ale dlouhé a velmi dlouhé tratě stále ovládal Boeing a jeho letadla v čele s B747.

To byl také důvod, proč se Airbus rozhodl zkonstruovat obří dvoupatrový A380. Jeho konkurent zatím sázel na letadlo střední velikosti, B787 Dreamliner, pro 200–250 cestujících. Uvědomoval si, že letecké společnosti nepotřebují najednou převážet více jak 500 pasažérů, nebo aspoň ne často, takže by se jim jejich investice do superobřího letadla nemusela vyplatit. Boeing šel tedy jinou cestou než Airbus, ale teprve čas ukáže, která cesta byla správná.

Prozatímní konkurenční souboj těchto výrobců můžeme dokumentovat na počtu vyrobených a dodaných letadel (viz Tabulka 4, 5 a grafy viz PŘÍLOHA 2). I z této statistiky je patrná vyrovnanost obou podniků. Pokud bychom se zblízka podívali na porovnání jednotlivých letadel, které si konkurují v nasazování na příslušné tratě, zjistíme, že se od sebe až tolik neliší. Jejich provozní parametry a charakteristiky jsou si velice podobné (viz PŘÍLOHA 3–9) a záleží na individuálních požadavcích leteckých společností. Jejich hlavní nároky jsou kladeny na spolehlivost, ekonomiku provozu, malá hlučnost, nízká spotřeba paliva atd.

Počet objednaných letadel		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Airbus		421	404	101	136	38	125	106	326	460	556	476	520	375	300	284	370	1111	824	1341	777
Boeing		716	533	273	266	236	125	441	708	543	606	355	588	314	251	239	272	1002	1044	1431	662

Počet doručených letadel		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Airbus		105	95	163	157	138	123	124	126	182	229	294	311	325	303	305	320	378	434	453	483
Boeing		402	527	606	572	409	312	256	271	375	563	620	491	527	381	281	285	290	398	441	375

Tabulka 4 – Počet objednaných a doručených letadel v rozmezí let 1989–2008 [15, 16, 17]

Přehled objednávek a dodávek letadel k 31. 3. 2009									
Typ	A320	A330/340/350	A380	B737	B747	B757	B767	B777	B787
Objednávky celkem	6321	1886	200	8184	1524	1049	1039	1102	878
Dodávky celkem	3824	963	13	5981	1414	1049	972	771	0
Letadel v provozu	3778	629	13	5194	1326	953	919	769	0

Tabulka 5 – Přehled objednávek a dodávek letadel Airbus a Boeing k 31. 3. 2009 [18]

4.1 Airbus A320 Family vs. Boeing 737

4.1.2 Airbus A320 Family

A320 Family je označení pro flotilu letadel Airbus A318, A319, A320 a A321. Airbus A318 je zkrácená verze A319 určená pro přepravu 107–117 cestujících a nasazována převážně jako regionální dopravní letadlo. Zkrácením oproti modelu A319 se snížila kapacita letounu. Další novinkou byla možnost volby ze dvou motorů – Pratt & Whitney nebo CFM.

Model A319 je v podstatě pouze zkrácená verze Airbusu A320. Téměř většina částí je totožná s 320kou. Oproti A320 bylo přidáno pouze několik inovací. Letoun A319 se vyráběl rovněž ve verzi A319CJ (Corporate Jet). Jedná se o business letadlo, které je přímým konkurentem Boeingu Business Jet. A319CJ je totožný s A319, ale je vybaven přídatnými nádržemi pro výrazně delší dolet.

Airbus se také rozhodl začít s výrobou letounu A320, určeného na kratší vzdálenosti, které by bylo konkurence schopné s Boeingem 737. Avšak vývoj tohoto letounu se poněkud zdržel, o to větší měl úspěch po jeho uvedení do provozu. Letoun dostal značné inovace. Asi nejvýznamnější technologickou novinkou bylo zavedení systému fly-by-wire. Tento systém umožňoval ovládání letadla pomocí elektronických signálů a ne pouze za pomoci mechaniky. Zavedením tohoto systému se výrazně zvýšila bezpečnost, neboť systém nedovoľoval překročení některých letových parametrů.

Poslední z řady A320 Family je letoun s označením A321. Jedná se o prodlouženou verzi letadla A320. Tato změna navýšila kapacitu cestujících téměř o 25 % a rovněž zvětšila kapacitu nákladu. Změny doznaly i další části. A321 má výkonnější motory, vyztužená křídla a trup, vylepšený palivový systém a také větší pneumatiky. Pro větší bezpečnost je vybaven třemi nezávislými hydraulickými systémy. I v případě selhání dvou systémů, je letoun schopný bezpečně přistát. A321 je navíc vybaven malým generátorem, který v případě selhání motorů a elektroniky vyrobí dostatek energie pro přistání, pomocí proudícího vzduchu. Kdyby náhodou selhaly veškeré systémy, stále se dá letoun ovládat mechanicky a může bezpečně přistát.

4.1.3 Boeing 737 Series

Tuto řadu od Boeingu můžeme rozdělit na 3 skupiny:

- Original (First Generation) – Boeing 737–100, –200
- Classic (Second Generation) – Boeing 737–300, –400, –500
- Next–Generation – Boeing 737–600, –700, –800, –900, BBJ

Boeing 737 je letadlo určené na krátké až střední tratě. Snahou Boeingu bylo doplnit 707 a 727 o menší letadlo. Původně plánovaná kapacita byla 60–85 cestujících, ale na žádost zákazníka byla kapacita zvětšena na 100 cestujících. Z důvodu úspory času se Boeing rozhodl stavět na základech 727. Hlavním rozdílem mezi těmito modely je, kromě velikosti, počet motorů. 737 má dva motory zavěšené pod křídly, což vedlo ke snížení hluku a vibrací a zvýšilo ovladatelnost. Také posádka doznala změny. Z důvodu zavedení nových technologií nebylo potřeba palubního mechanika, a tak se posádka redukovala na dva členy.

Prvním letadlem z této řady je Boeing 737–100, který byl jen pár měsíců po svém uvedení nahrazen úspěšnějším modelem –200. Verze –300 z řady Classic je pouze prodloužený letoun –200, který dostal nové motory s nižší spotřebou a hlučností. Vzhledem k velikosti motorů museli konstruktéři udělat další úpravy, jež vedly k vylepšeným křídům, zlepšení aerodynamiky a interních systémů.

Jako náhrada modelu 727 byl vyvíjen letoun 737–400. Od svého předchůdce (–300) se nijak nelišil. Samozřejmostí byla změna velikosti a silnější motory. Podobný stroj jako je –200 se stal nový letoun –500. Byl srovnatelný, co se týče kapacity, ale vylepšení doznaly letové i ekonomické parametry.

Poslední skupinou je tzv. Next-Generation. Jde o technicky nejmodernější z flotily Boeingů 737. Tato řada se dočkala notných technologických vylepšení. Za zmínku stojí HUD (head–up display) a VSD (vertical situation display). Jako první byla vyvinuta verze –700. Tak jako všechny modely Next–Generation, byly vybaveny novými motory a lepšími křídly. Dalším v pořadí byl typ –800, který se stal náhradou –400. Jasně bylo prodloužení a výrazně prodloužený dolet. Stejných změn se dočkal i letoun –900. Volitelnou možností –800 jsou tzv. blended winglets. Šlo o rozšíření koncových ploch křídel. Toto rozšíření vedlo ke snížení provozních nákladů, zvýšilo dolet a snížilo hluk. Nejmenším letadlem řady Next-Generation je Boeing 737–600. Naopak největším a nejmodernějším je –900.

Pro korporace a business klientelu připravili Boeing Business Jet. Jde o kombinaci verzí –700 a –800 doplněnou o několik přídatných nádrží umožňující delší dolet. O něco kratší dolet, ale za to větší komfort, nabízí Boeing Business Jet 2 postaven na základě verze –800.

4.2 Airbus A330 vs. Boeing 767

4.2.1 Airbus A330 Family

Model A330 byl současně vyvíjen s letounem A340 z důvodu úspory nákladů. Velkou podobnost vykazoval také se stroji A319, A320 a A321. Tato analogie byla velice příznivá pro letecké společnosti. A330 vznikl jako dvoumotorový letoun na dlouhé tratě. Větší dolet byl samozřejmostí. Jediným podstatným rozdílem A330 a A340 byl počet motorů.

Základní verze nesla označení A330–300. Změny doznaly křídla, interní systémy a zlepšení ekonomických parametrů. Varianta –200 vycházela z –300. Největším rozdílem byl kratší trup a přídatná nádrž. Od začátku byl typ A330 hlavním konkurentem Boeingu 767–300ER.

4.2.2 Boeing 767 Series

Podobně jako u Airbusu, tak i u Boeingu se rozhodli o současném vývoji 767 společně se 757. I zde se obě verze nedočkaly zásadního technologického rozdílu. Viditelným rozdílem mezi oběma typy byl widebody design (širší trup) u 767 a nové zakřivení křídel vhodné pro let ve vyšších nadmořských výškách.

Obě verze dostaly nové systémy s označením EFIS (Electronic Flight Instrument System) a EICAS (Engine Indications and Crew Alerting System). Zavedením těchto nových technologických trendů v kokpitu se vžil název „glass cockpit“.

O prvotní verzi –100 nebyl mezi leteckými společnostmi velký zájem z důvodu malé kapacity, a tak Boeing přišel s prodlouženou verzí s označením –200. Další modifikací byl model –200ER s přídatnými nádržemi. Se strojem –300 přišlo další prodloužení trupu a u –300ER prodloužení doletu. S přídatnými nádržemi byl Boeing 737–300ER velice oblíbený, používal se pro dálkové lety na méně vytížených linkách. Posledním prodloužením byla verze –400ER, která dostala vylepšená křídla a winglety.

4.3 Airbus A340 vs. Boeing 777

4.3.1 Airbus A340 Family

Prvotním záměrem Airbusu, bylo vytvořit letadlo na velmi dlouhé tratě a v rámci šetření výdajů se rozhodl pro společný vývoj s modelem A330. Jediným větším rozdílem mezi těmito stroji byl v počtu motorů. A330 byl koncipován jako dvoumotorový a A340 jako čtyřmotorový.

Základní verzí se stala –300, o rok později ji následovala –200, která byla kratší, měla menší kapacitu cestujících, ale větší dolet. Hned za nimi následovaly další dvě verze. –500 je prodlouženou variantou –300 s delším doletem a typ –600 je opět protáhlou podobou –500.

4.3.2 Boeing 777 Series

Boeing 777 byl prvotně koncipován jako třímotorové dopravní letadlo. Nakonec muselo dojít k zastavení vývoje v důsledku konstrukční složitosti třímotorového designu a vhodnosti motorů. Jakmile se na trhu objevil konkurenční Airbus A340, Boeing se rozhodl pro opětovné spuštění vývoje. Následovala úprava v počtu motorů a ze 777 se rázem stal dvoumotorový letoun na velmi dlouhé tratě. Zajímavostí je, že na vývoji se podílely letecké společnosti.

Nový prototyp dostal vylepšené LCD display, největší motory, moderní systém fly-by-wire. Rázem se stal nejvýkonnějším a nejmodernějším strojem. Výrobce nabízel dvě varianty, –200 a –300, které se dále dělily podle doletu do tří skupin a ještě je doplňovaly typy s prodlouženým doletem označované koncovkou ER. Boeing také spustil výrobu nového typu –200LR s nejdelším doletem bez mezipřistání.

4.4 Airbus A350 XWB vs. Boeing 787

4.4.1 Airbus A350 XWB Family

A350 XWB je kompletní skupina letadel, nabízející tři základní verze, –800, –900 a –1000, schopných přepravit od 270 až do 350 pasažérů. A350 XWB je nástupcem A350, jehož vývoj byl zastaven na základě doporučení dalších úprav ze strany leteckých společností. Označení XWB je zkratka pro Extra Wide Body, tedy velmi široký trup, který poskytuje cestujícím nadprůměrné pohodlí.

Jak je tomu u Airbusu zvykem, tak i XWB Family bude velice ekonomická a to díky novým motorům, které vyvíjí společnost Rolls Royce. Všechny tři modely budou schopny doletět do destinací vzdálených před 15 000 km.

Model –800 pojme 270 cestujících. Další verze Airbusu XWB je pouze prodlouženou verzí typu –800. Jedná se o –900 a –1000, které dopraví více pasažérů. Další dvě varianty by měly být založeny na střední verzi –900. Jde o –900R s velice dlouhým doletem a nákladní –900F.

Celá rodina XWB by měla časem nahradit A330 a A340 Family. Měl by poskytovat více prostoru a komfortu, větší dolet, snížení nákladů na údržbu a měl by být šetrnější k životnímu prostředí.

4.4.2 Boeing 787 Series

787 Series je náhradou za projekt Boeing Sonic Cruiser, který musel být ukončen po 11. září 2001, jelikož ekonomická krize donutila letecké společnosti šetřit a o Sonic Cruiser neprojevoval nikdo zájem, protože spaloval o 15–20 % více paliva než ostatní letadla.

Boeing tedy začal vyvíjet nový dopravní letoun na základě technologií ze Sonic Cruiseru, ale dostal nové widebody, dokonalejší motory a interní systémy, zlepšila se aerodynamika a výsledkem byla úspora paliva o 20 % oproti

srovnatelným modelům. To zapůsobilo na dopravce, kteří projevíli zájem o tento stroj, jenž dostal označení Dreamliner.

Aerolinky měly na výběr ze dvou typů motorů, které mohly být vzájemně zaměnitelné. Také komfort cestujících doznal výrazného zlepšení. Jako základní verze se představila 787–8, zamýšlena jako náhrada 767–300ER. Na krátké a hustě obsazené lety byl připraven Boeing 787–3. Prodloužením základního modelu vznikly 787–9 a následně 787–10, jakožto přímí konkurenti Airbusu A350–800 a A350–900.

4.5 Airbus A380 vs. Boeing 747

4.5.1 Airbus A380

Vývojem tohoto dopravního letadla si Airbus sliboval zkompletování své výrobní řady o velké dopravní letadlo pro 500 cestujících a zároveň ukončení dominance Boeingu 747. Přišel proto s návrhem dvoupodlažního čtyřmotorového letounu, který umí pojmout až 850 cestujících, při určité konfiguraci. Do karet mu hraje také 15–20 % úspora provozních nákladů proti 747–400.

Na nejtěžší stroj byly použity zcela nové technologie. Pro odlehčení bylo použito plastových hmot, které byly vyztuženy uhlíkovými vlákny. Ale i přesto se runway musí vypořádat s váhou přes 550 tun při zcela naplněných nádržích.

Jako základní verze je Airbus vyráběn v označení A380–800 a přepraví až 550 cestujících. Připravuje se také nákladní verze A380–800F, která bude schopna transportovat až 150 tun nákladu. Do budoucna se počítá s kratší verzí –700 pro 480 cestujících a prodlouženou verzí –900 pro 656 cestujících.

4.5.1 Boeing 747 Series

Boeing přišel s myšlenkou extra velkého letadla na dlouhé vzdálenosti. Po několika technických změnách začaly vyvíjet čtyřmotorové dopravní letadlo pro dlouhé a velmi dlouhé vzdálenosti. Pro svoji velikost dostalo přezdívku Jumbo Jet. Konstrukteři se nakonec rozhodli pro widebody design a pro krátké horní podlaží, díky kterému získal Boeing 747 charakteristický a nezaměnitelný vzhled.

747 dostala nové motory Pratt & Whitney, později byla osazována také motory od společnosti General Electric a Rolls Royce. Základní verze –100 byla nahrazena –100B s vyztuženým trupem a doplněna modelem –100SR, která je využívána na vnitrostátních japonských linkách.

V krátkém čase následoval model –200B se silnějšími motory a větším doletem, který ještě doplnila nákladní verze –200F a konvertibilní verze –200C, jež mohla být přestavěna z osobního letounu na nákladní.

Prodloužením krátkého horního patra vznikl Boeing 747–300, se kterým přišlo logické navýšení kapacity. Nedlouho poté přišli vývojáři s nejnovější a nejprodávanejší verzí –400, jako vylepšená verze –300. Inovací se dočkala palubní deska, která nesla 6 nových CRT displayů, zvětšilo se rozpětí křídel, přibýly winglety

a úpravy doznaly i motory. Jako u typu –200, tak i –400 dostala podobu nákladní verze –400F a verze s prodlouženým doletem –400ER.

Ve vývoji je zatím nejnovější a největší model dopravního letounu Boeing, který se označuje 747–8I (Intercontinental) a jeho nákladní verze 747–8F (Freighter). 747–8I by měl podle předpokladů přepravit 467 cestujících ve třech třídách. Díky novým technologiím ze 787 budou motory tišší, budou produkovat méně spalin a zlepší se i spotřeba paliva. Také se sníží náklady na sedadlo a to až o 13 % proti verzi 747–400 a unese o 26 % více nákladu. V porovnání s Airbusem A380 bude lehčí.

5. ZÁVĚR

Letecká doprava se neustále vyvíjí. Během století prošla obrovskými změnami – od prvních pokusů s kluzáky, balóny či vzducholoděmi, přes dřevěné konstrukce s pístovými motory, až po celokovové modely s lopatkovými motory. Konstrukteři nedali vznik pouze novým typům letadel, ale zavedli i nové technologie – nové přístroje (analogové a později i digitální), systémy (fly-by-wire), výpočty a testování aerodynamiky letounů a jejich chování v určitých podmínkách, nejnovější typy pohonných jednotek (pístové, lopatkové motory), instalování CRT a LCD monitorů, autopilotů a dalších podpůrných technologií. To je jenom malý výčet věcí, které se zasloužili o rozvoj letectví a samozřejmě její bezpečnost.

Cesta to byla nelehká a mnohdy zpomalená politickým děním. Během první a druhé světové války museli výrobci odevzdat svá letadla do služeb armády a tím omezili civilní dopravu. Vzpomeňme například na události z 11. září 2001 a s tím spojený pokles zájmu o leteckou dopravu. Těchto důvodů bylo mnoho, ale někteří výrobci museli ukončit svoji činnost i z jiných důvodů. Mnoho známých firem (Convair, Lockheed, De Havilland, Fokker...) se z důvodu špatného konstrukčního řešení, sérií nešťastných havárií, či ekonomických důvodů, musely rozloučit s působením na trhu s dopravními letadly. Mezi výrobci vyčnívají dva giganti – Airbus a Boeing – zbylí výrobci se vydali jinou cestou. Jejich konkurenční boj dává vzniknout novým nezapomenutelným letadlům.

Od určitého období se na vývoji nových letounů podílí také zákazníci (letecké společnosti). V dnešní době jsou tyto požadavky prvotní. Dopravci samozřejmě požadují, aby jejich letadla byla spolehlivá, méně hlučná, spotřebovala méně paliva a celá ekonomika provozu byla co možná nejnižší. Rozhodujícím faktorem je také letový park společnosti, protože se zakoupením nového modelu letadla od jiné firmy je spojené přeškolení pilotů a personálu, což stojí další peníze. Proto se domnívám, že další rozvoj nebude směřovat k nadzvukové dopravě jako tomu bylo v případě Concorde a Tupolevu Tu-144, protože jejich provoz byl velice nákladný a cena letenek taktéž. Pokud bychom se podívali na grafické znázornění počtu přepravených osob v závislosti na vzdálenosti (viz PŘÍLOHA 10), tak vidíme, že nejvíce vytížená je doprava na střední vzdálenost (1 000–3 000 km). Spíše se tedy očekává vývoj nových letounů na tyto tratě s ohledem na jejich kapacitu, takže půjde o obří letadla (widebody) pro 400 až 500 cestujících. Dopravci se budou snažit odlehčit tyto tratě, proto je posílí o větší letoun, čímž sníží počet letů a odlehčí tak provozu ve vzduchu.

Konstrukteři však musí přijít s něčím opravdu zajímavým, ne jenom s obrovským letadlem. V brzké budoucnosti nás čeká nový Airbus A350, jehož zrod provází řada problémů, a také nový Boeing 747-8I. Obě firmy přichází s novými vylepšeními – slibují větší spolehlivost, menší hluk, nárůst cestovní rychlosti, snížení provozních nákladů a celkové zlepšení ekonomiky provozu spolu s nejnovějšími technologiemi v kabině pilota. Ale kam bude vývoj dopravních letadel směřovat, to ukáže až čas, protože na trhu se chce více prosadit také Čína a Rusko. Možná se také časem dočkáme většího konkurenčního boje mezi více výrobci. To může být další impulz pro konstruktéry a vývojáře jednotlivých firem a v budoucnu se můžeme dočkat zajímavých strojů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Aeroweb* [online]. c2005-2009 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.aeroweb.cz/download.asp>>.
- [2] *Wikipedia : The Free Encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dopravn%C3%AD_letoun>.
- [3] *Ginklai.net* [online]. 2003-2005 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW: <http://www.ginklai.net/galerija/3544/bombone%C5%A1is_ilja_mur.html>.
- [4] *Wikipedia : The Free Encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-05-07]. Dostupný z WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv_Bild_102-00921A,_Armstrong_Whitworth_A.W._154_Argosy.jpg>.
- [5] *Dic.academic.ru* [online]. [2006] [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/422234>>.
- [6] *Wikipedia : The Free Encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-05-04]. Dostupný z WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boeing_247_1933.jpg>.
- [7] *Ww2aircraft.net* [online]. 2000-2009 [cit. 2009-03-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.ww2aircraft.net/forum/ww2-general/technology-science-1901-1945-a-15832-10.html>>.
- [8] *UTMB : Computational Biology* [online]. c2007 [cit. 2009-05-09]. Dostupný z WWW: <http://bose.utmb.edu/tdpower/BOAC_Comet/index.html>.
- [9] *Mail Online* [online]. c2009 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-457881/Bransons-1m-Concorde-fly-again.html>>.
- [10] *Wikipedia : The Free Encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Concorde>>.
- [11] *Wikipedia : The Free Encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tupolev_Tu-144>.
- [12] *Reaction Engines Ltd. : Space Propulsion Systems* [online]. c2006 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW: <http://www.reactionengines.co.uk/images_lapcat.html>.
- [13] *Reaction Engines Ltd. : Space Propulsion Systems* [online]. c2006 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW: <http://www.reactionengines.co.uk/lapcat_facts.html>.
- [14] *Histories Art Prints* [online]. [2003] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <http://www.historiesart.com/hindenburg_page.htm>.

- [15] *Airbus* [online]. c2009 [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW:
<http://www.airbus.com/en/corporate/orders_and_deliveries/>.
- [16] *Boeing* [online]. 1995-2009 [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW:
<<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm>>.
- [17] *Boeing* [online]. 1995-2009 [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW:
<<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm?content=displaystandardreport.cfm&optReportType=CurYrDelv>>.
- [18] CVRKAL, Milan. Ve znamení titánů : Soudobá letecká technika. *Letectví a kosmonautika*. 2009, č. Květen 2009, s. 26-30.
- [19] *Wikipedia : The Free Encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2009-04-26]. Dostupný z WWW:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Competition_between_Airbus_and_Boeing#Competition_by_outsourcing>.
- [20] *Airbus* [online]. c2009 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW:
<<http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies/>>.
- [21] *Boeing* [online]. 1995-2009 [cit. 2009-04-21]. Dostupný z WWW:
<http://boeing.com/product_list.html>.
- [22] Worldwide Market Forecast for Commercial Air Transport 2008-2027. *Japan Aircraft Development Corporation* [online]. 2008, is. August [cit. 2009-05-21].

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 – Srovnání Airbusu A380 a LAPCAT A2

PŘÍLOHA 2 – Porovnání počtu objednaných a dodaných letadel Airbus a Boeing

PŘÍLOHA 3 – Porovnání počtu cestujících/vzdálenost v km

PŘÍLOHA 4 – Airbus A320 Family vs. Boeing 737

PŘÍLOHA 5 – Airbus A330 vs. Boeing 767

PŘÍLOHA 6 – Airbus A340 vs. Boeing 777

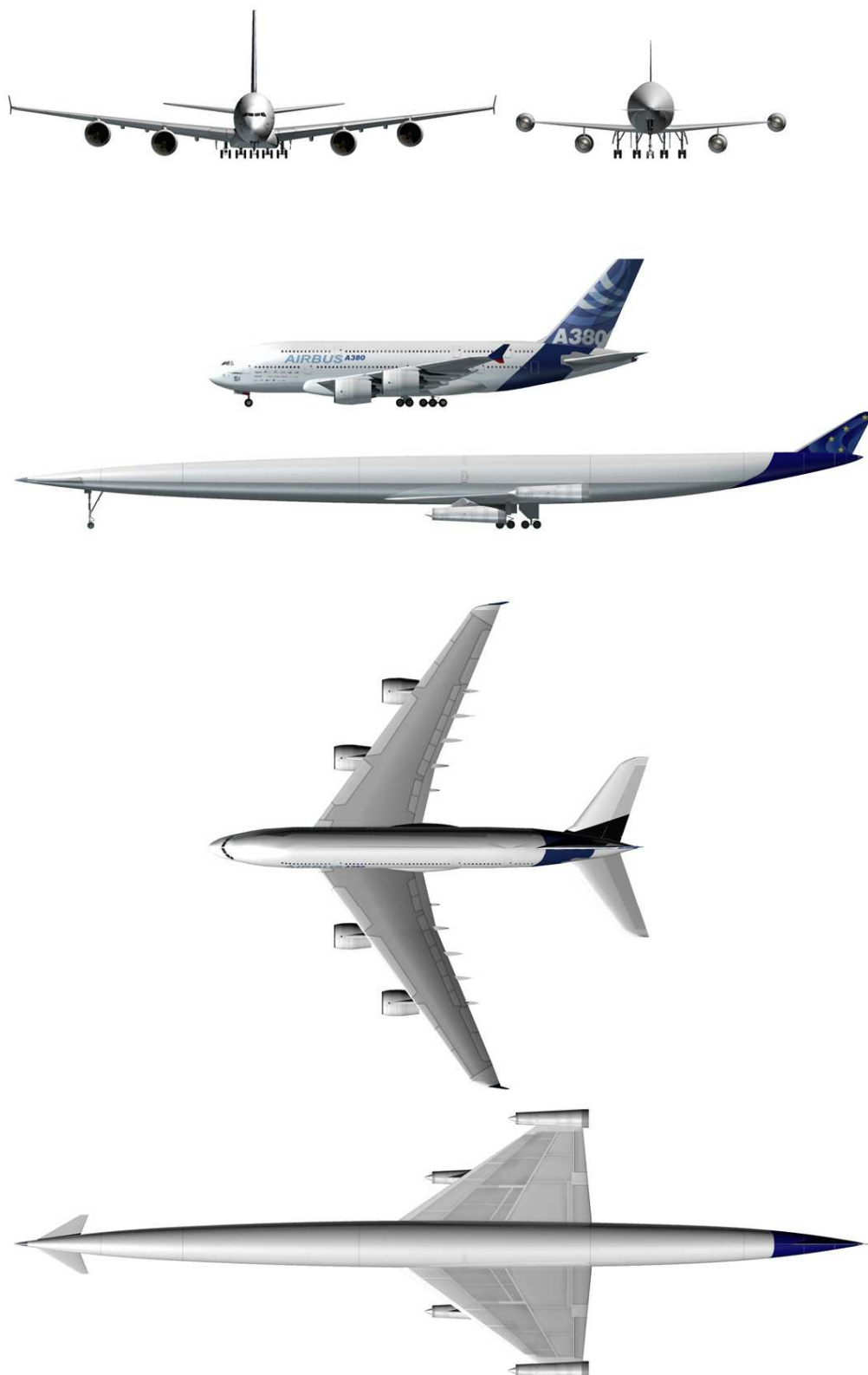
PŘÍLOHA 7 – Airbus A350 XWB vs. Boeing 787

PŘÍLOHA 8 – Airbus A380 vs. Boeing 747

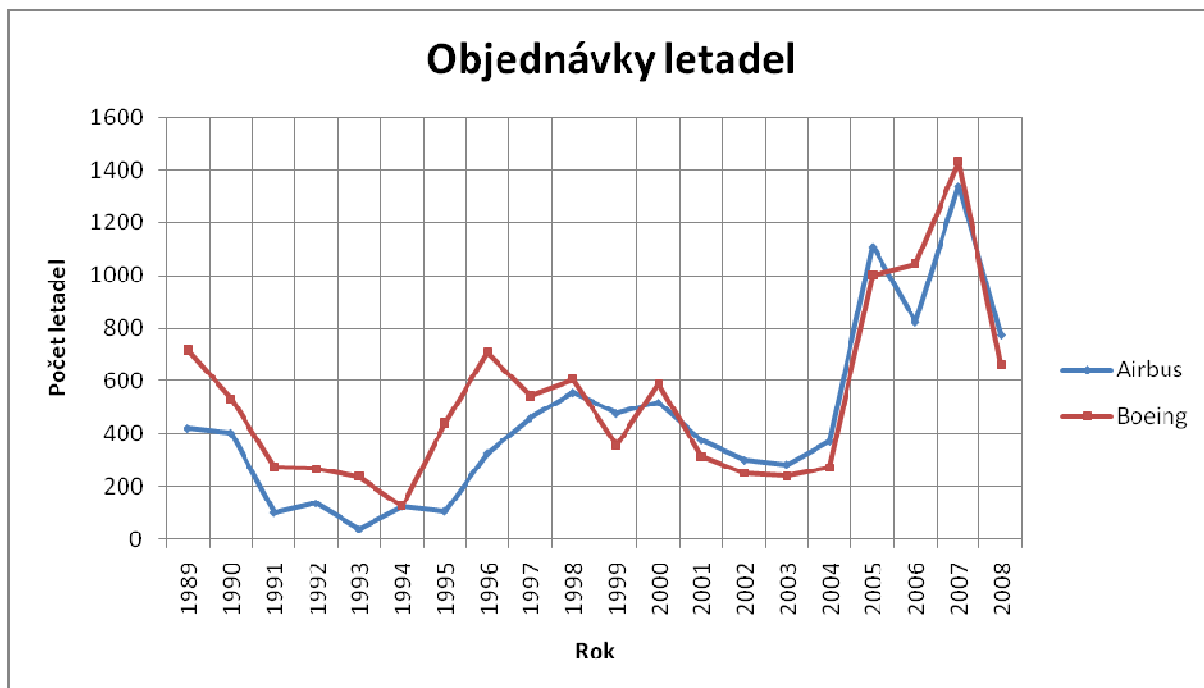
PŘÍLOHA 9 – Ceny letadel v mil. USD

PŘÍLOHA 10 – Počet přepravených osob v závislosti na vzdálenosti

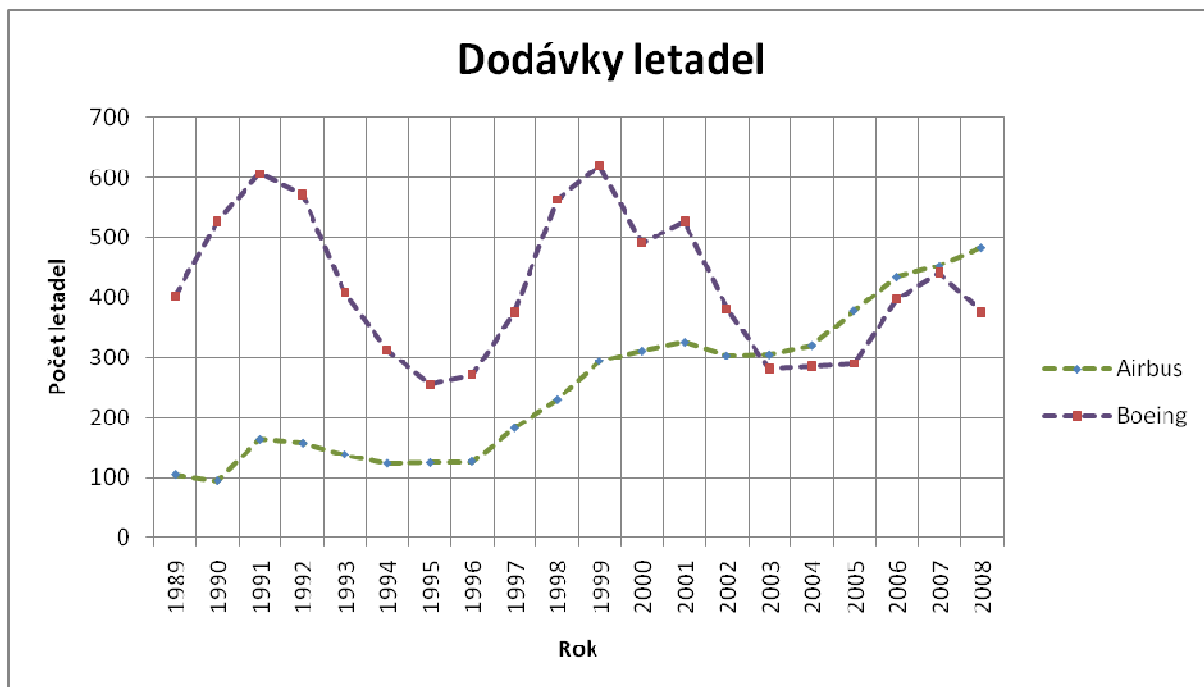
PŘÍLOHA 1 – Srovnání Airbusu A380 a LAPCAT A2 [12]



PŘÍLOHA 2 – Porovnání počtu objednaných a dodaných letadel Airbus a Boeing



Graf 1 – Porovnání počtu objednávek letadel v rozmezí let 1989–2008



Graf 2 – Porovnání počtu doručených letadel v rozmezí let 1989–2008

PŘÍLOHA 3 – Porovnání počtu cestujících/vzdálenost v km [19, 20, 21]

[illegible]

PŘÍLOHA 4 – Airbus A320 Family vs. Boeing 737 [19, 20, 21]

Airbus A320 Family					Boeing 737						
A318	A319	A320	A321		737-100	737-400	737-500	737-600	737-700	737-900	737-900ER
2				Posádka	2						
117	142	180	220	Počet cestujících	118	168	132	132	149	189	204
31,45	33,84	37,57	44,51	Délka [m]	28,6	36,5	31,1	31,2	33,6	39,5	42,1
12,56	11,76	11,76	11,76	Výška [m]	11,3	11,1	11,1	12,6	12,5	12,5	12,5
34,1	34,1	34,1	34,1	Rozpětí křidel [m]	28,3	28,9	28,9	34,3	34,3	34,3	34,3
3,95				Průměr trupu [m]	3,76						
39 300	40 600	42 400	48 200	Hmotnost [kg]	28 120	33 200	31 300	36 378	38 147	41 413	44 676
68 000	75 500	77 000	93 500	Max. vzletová hmotnost [kg]	49 190	68 050	60 550	66 000	70 080	79 010	85 130
57 500	62 500	66 000	77 800	Max. přistávací hmotnost [kg]	44 906	56 246	49 895	55 112	58 604	66 361	66 361
1 355	1 950	2 090	2 180	Startovací vzdálenost při MTOW [m]	1 990	2 540	2 470	2 400	2 480	2 450	2 450
0,79	0,79	0,79	0,79	Cestovní rychlost [Mach]	0,77	0,78	0,78	0,785	0,785	0,785	0,78
0,82				Max. rychlost [Mach]	0,82						
5 950	6 800	5 700	5 600	Dolet při max. hmotnosti [km]	3 440	4 005	4 444	5 648	6 230	5 665	4 996
23 860	29 840	29 680	29 680	Max. hmotnost paliva [l]	17 860	23 170	23 800	26 020	26 020	26 020	29 660
PW6022A, CFM56-5	IAE V2500, CFM56-5	IAE V2500, CFM56-5	IAE V2500, CFM56-5	Motory (2×)	PWJT8D-7	CFM56-3B-2	CFM56-3B-1	CFM56-7B20	CFM56-7B26	CFM56-7B27	CFM56-7

PŘÍLOHA 5 – Airbus A330 vs. Boeing 767 [19, 20, 21]

Airbus A330 Family				Boeing 767 Series			
A330-200	A330-300	A330-F		767-200ER	767-300ER	767-300-F	767-400ER
2			Posádka	2			
253–380	295–440	-	Počet cestujících	181–255	218–351	-	245–375
58,8	63,6	58,8	Délka [m]	48,5	54,9	54,9	61,4
17,40	16,9	16,9	Výška [m]	15,8	15,8	15,9	16,8
60,3	60,3	60,3	Rozpětí křídel [m]	47,6	47,6	47,6	51,9
5,64			Průměr trupu [m]	5,03			
120 150	121 900	121 600	Hmotnost [kg]	76 600	81 400	86 183	103 100
233 000	233 000	233 000	Max. vzletová hmotnost [kg]	179 170	186 880	186 880	204 110
182 000	187 000	187 000	Max. přistávací hmotnost [kg]	136 078	145 150	147 871	158 757
2 200	2 500	2 200	Startovací vzdálenost při MTOW [m]	-	-	-	-
0,82			Cestovní rychlost [Mach]	0,785			
0,86			Max. rychlost [Mach]	0,81			
12 500	10 500	7 400	Dolet při max. hmotnosti [km]	12 250	11 300	6 100	10 500
139 100	97 170	139 100	Max. hmotnost paliva [l]	90 770	90 770	90 770	90 770
PW PW4000 GE CF6-80E1 RR Trent 700	PW PW4000 GE CF6-80E1 RR Trent 700	PW PW4000 GE CF6-80E1 RR Trent 700	Motory (2×)	PW PW4062 GE CF6-80C2B7F	PW PW4062 GE CF6-80C2B8F	PW PW4062 GE CF6-80C2B7F RR RB211-524H	PW PW4062 GE CF6-80C2B7F RR RB211-524H

PŘÍLOHA 6 – Airbus A340 vs. Boeing 777 [19, 20, 21]

Airbus A340 Family					Boeing 777 Series
A340-200	A340-300	A340-500/-500HW	A340-600/-600HW		777-200LR
2				Posádka	2
261	295	313	380	Počet cestujících	301-440
59,39	63,60	67,90	75,30	Délka [m]	63,7
16,70	16,85	17,10	17,30	Výška [m]	18,8
60,30	60,30	63,45	63,45	Rozpětí křídel [m]	64,8
5,64				Průměr trupu [m]	5,28
129 000	129 275	170 400	177 000	Hmotnost [kg]	14 5150
275 000	276 500	372 000/380 000	368 000/380 000	Max. vzletová hmotnost [kg]	347 450
185 000	192 000	243 000/246 000	259 000/265 000	Max. přistávací hmotnost [kg]	223 168
2 990	3 000	3 050	3 100	Startovací vzdálenost při MTOW [m]	-
0,82		0,83		Cestovní rychlost [Mach]	0,84
14 800	13 700	16 020/16 700	14 360/14 630	Dolet při max. hmotnosti [km]	17 450
155 040	140 640	214 810/222 000	195 881/204 500	Max. hmotnost paliva [l]	181 280
CFM56-5C2 CFM56-5C3 CFM56-5C4	CFM56-5C2 CFM56-5C3 CFM56-5C4 CFM56-5C4P	Rolls-Royce Trent 553/556	Trent 556/560	Motory 4× (Airbus), 2× (Boeing)	GE 90-110B1

PŘÍLOHA 7 – Airbus A350 XWB vs. Boeing 787 [19, 20, 21]

Airbus A350 XWB						Boeing 787 Series	
A350–800	A350–900	A350–1000	A350–900R	A350–900F		787–9	787–10
2					Posádka	2	
270	314	350	310	-	Počet cestujících	263	310
60,7	67,0	74,0	67,0	67,0	Délka [m]	63,0	68,9
17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	Výška [m]	16,5	17,0
64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	Rozpětí křídel [m]	60,0	60,1
5,96					Průměr trupu [m]	5,75	
-	-	-	-	-	Hmotnost [kg]	115 300	125 000
248 000	268 000	298 000	-	-	Max. vzletová hmotnost [kg]	244 940	272 150
185 000	205 000	228 500	-	-	Max. přistávací hmotnost [kg]	183 700	197 300
0,85					Cestovní rychlost [Mach]	0,85	
0,89					Max. rychlost [Mach]	0,89	
129 000	138 000	156 000	-	-	Max. hmotnost paliva [l]	138 700	145 000
RR Trent XWB					Motory (2×)	RR Trent 1000 nebo GE GENx	

PŘÍLOHA 8 – Airbus A380 vs. Boeing 747 [19, 20, 21]

Airbus A380		Boeing 747		
A380–800		747–400	747–400ER	747–8I
2	<i>Posádka</i>	2		
525–853	<i>Počet cestujících</i>	416–524	416–524	467
73	<i>Délka [m]</i>	70,6	70,6	76,4
24,1	<i>Výška [m]</i>	19,4	19,4	19,5
79,8	<i>Rozpětí křídel [m]</i>	64,4	64,4	68,5
6,58	<i>Průměr trupu [m]</i>	6,10	6,10	6,10
276 800	<i>Hmotnost [kg]</i>	178 756	164 382	211 700
560 000	<i>Max. vzletová hmotnost [kg]</i>	396 890	412 775	439 985
386 000	<i>Max. přistávací hmotnost [kg]</i>	285 764	285 764	343 370
2 750	<i>Startovací vzdálenost při MTOW [m]</i>	3 018	3 018	-
0,89	<i>Cestovní rychlost [Mach]</i>	0,85	0,855	0,855
0,96	<i>Max. rychlost [Mach]</i>	0,92		
15 200	<i>Dolet při max. hmotnosti [km]</i>	13 450	14 205	14 815
310 000	<i>Max. hmotnost paliva [l]</i>	216 840	241 140	241 619
GP7270, Trent 970	<i>Motory (4×)</i>	PW 4062 GE CF6-80C2B5F RR RB211-524H	PW 4062 GE CF6-80C2B5F	GEnx-2B67

PŘÍLOHA 9 – Ceny letadel v mil. USD [18]

Ceny letadel v mil. USD	
Airbus	
A318	56,0 – 62,1
A319	63,3 – 77,3
A320	73,2 – 80,6
A321	87,7 – 92,8
A330–200	176,3 – 185,5
A330–200F	180,6 – 187,7
A330–300	195,9 – 205,7
A340–300	211,8 – 219,2
A340–500	233,0 – 241,1
A340–600	245,0 – 253,7
A350–800XWB	205,9 – 211,5
A350–900XWB	238,2 – 242,9
A350–1000XWB	267,0 – 272,2
A380	317,2 – 337,5
Boeing	
B737–600	51,5 – 58,5
B737–700	58,5 – 69,5
B737–800	72,5 – 81,0
B737–900ER	76,0 – 87,0
B747–400/400ER	234,0 – 266,5
B747–400F/400ERF	238,0 – 268,0
B747–8	293,0 – 308,0
B747–8F	301,5 – 304,5
B767–400ER	158,0 – 173,0
B777–200ER	205,5 – 231,0
B777–200LR	237,5 – 263,5
B777–300ER	257,0 – 286,5
B777F	252,5 – 260,5
B787–3	150,0 – 155,5
B787–8	161,0 – 171,5
B787–9	194,0 – 205,5

PŘÍLOHA 10 – počet přepravených osob v závislosti na vzdálenosti [22]

Long-range	:	over 4,500km
Middle-range	:	2,001 to 4,500km
Short-range	:	1,001 to 2,000km
Regional	:	under 1,000km

