

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

PŘEHLED KONKURENCE LETOUNU AERO L-159 ALCA

SURVEY OF COMPETITION AIRCRAFT OF AERO L-159 ALCA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAROSLAV BARTONĚK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. IVAN DOFEK

BRNO 2008

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá cvičnými a lehkými víceúčelovými letouny pro pokračovací výcvik srovnatelnými s letounem Aero L-159 ALCA. Je zde vytvořen přehled několika letounů, jejich užití, technických dat, historického vývoje a vzájemné porovnání dle letových výkonů a dalších vlastností.

Aero L-159 ALCA je nejnovější konstrukce cvičného letounu a víceúčelového společnosti Aero Vodochody a následník cvičného letounu L-39 Albatros.

Klíčová slova: cvičný letoun, lehké víceúčelové letadlo, pokračovací výcvik, L-159 ALCA, BAe Hawk, Jak-130, MiG-AT, PC-21, A-29, T-50

This bachelor's thesis deals with military training and lightweight multi-role continuation trainers which are comparable with the Aero L-159 ALCA. Here, a survey of the most important airplanes is created, of their using, technical data, historical development and mutual comparison based on their flight performances and other properties.

Aero L-159 ALCA is the latest construction of training and multi-role aircraft of the company Aero Vodochody and the successor of the training airplane L-39 Albatros.

Keywords: training airplane, lightweight multi-role airplane, continuation training, L-159 ALCA, BAe Hawk, Jak-130, MiG-AT, PC-21, A-29, T-50

Bibliografická citace bakalářské práce

BARTONĚK, J. *Přehled konkurence letounu Aero L-159 Alca*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ivan Dofek.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně za použití uvedených zdrojů.

V Brně 18.5.2008

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat všem, kteří se jakkoliv podíleli na vzniku této práce. Na prvním místě samozřejmě vedoucímu mé práce panu Ing. Ivanu Dofkovi za neutuchající podporu od zadání práce až po její odevzdání. Výrazně mi pomohl doc. Ing. Jan Čížmár, CSc. z Univerzity obrany v Brně poskytnutím mnoha informací o konstrukci moderních letounů a o řešení různých technických problémů. Dále děkuji podplukovníku Ing. Jaroslavu Bilovi z letectva AČR za velmi zasvěcený náhled do situace kolem vývoje, zavádění a provozu letounu L-159 ALCA. Závěrem chci poděkovat své rodině a přátelům za trpělivost a ochotu, kterou prokázali při mé práci na následujícím textu a při mých leteckých zálibách vůbec.

OBSAH

Úvod – Hlavní úkoly cvičných a lehkých víceúčelových letounů.....	3
Letoun L-159 ALCA a jeho konkurence	
Lehký víceúčelový letoun Aero L-159 ALCA.....	5
Kritéria výběru konkurenčních typů.....	8
British Aerospace Hawk.....	9
Jakovlev Jak-130.....	12
Mikojan-Gurjevič MiG-AT.....	15
Embraer EMB.314 Super Tucano.....	17
Pilatus PC-21.....	20
Korean Aerospace Industries T-50 Golden Eagle.....	22
Srovnání letounů podle zvolených kritérií	
Obecné výkony – rychlost, dostup a dolet.....	26
Poměr tahu motoru k hmotnosti letadla.....	28
Únosnost výzbroje a počet závěsných bodů.....	28
Délka dráhy vzletu a přistání.....	29
Jednotkové ceny cvičných letounů.....	29
Závěr.....	30
Seznam použitých zdrojů.....	33
Seznam použitých zkratk.....	36

Úvod – Hlavní úkoly cvičných a lehkých víceúčelových letounů

První letadla, jejichž primárním účelem byl výcvik nových pilotů, se objevila v době první světové války, kdy válčící státy západní Evropy formovaly své první letecké sbory a vznikla potřeba rychle vycvičit stovky nových pilotů. Zpočátku byly k těmto úkolům používány méně výkonné letouny, které by už v boji nepřežily, ale při výcviku byly užitečné. Zhruba od poloviny války pak začaly vznikat typy vyráběné speciálně proto, aby noví piloti získali v ovládání letadel patřičnou zručnost. Šlo především o letadla továrny Avro, Farman, Fokker a Curtiss.

Během meziválečného období vzniklo mnoho zdařilých typů cvičných letounů jako například britský Tiger Moth, Avro 621 Tutor, ruský Polikarpov Po-2 apod. Vzhledem k tomu, že většina států tehdy své ozbrojené síly spíše redukovala, uplatnily se tyto letouny převážně v civilní sféře. Důsledkem pak ovšem byla značná nezkušenost mnohých letových posádek.

V průběhu Bitvy o Británii, kdy Anglie trpěla akutním nedostatkem pilotů, trval obvykle výcvik letců velmi krátce. Zčásti to bylo dáno potřebou rychle získat piloty plnící bojové úkoly. Na druhé straně ale podobný přístup umožňovala relativně jednoduchá letecká technika.

Pouhých několik let po skončení druhé světové války se však spektrum úkolů letectva výrazně rozšířilo. Vznikla možnost provádět letecké operace na velmi dlouhé vzdálenosti, přibyla potřeba elektronického průzkumu, doplňování paliva za letu atd. Cena letecké techniky vzrostla, pronikavě se zvýšila i cena technicky složité výzbroje a nutného přístrojového vybavení letounu. Z přípravy pilota bojového letounu se tak stala dlouhodobá a finančně velmi náročná záležitost, jež si vyžádala konstrukci víceúčelových letounů, které by bylo možné efektivně využít jak k výcviku nových pilotů, tak i k provádění některých typů bojových operací. Tento trend trvá až do dnešních dnů. Letadla, která jsou přímými předchůdci strojů popsaných v této práci, vstoupila do služby v průběhu sedmdesátých a počátkem osmdesátých let. Typickými zástupci této kategorie jsou např. L-39 Albatros, TS-11 Iskra, Alpha Jet, MB.326 a další.



Obr. 1: De Havilland Tiger Moth



Obr. 2: Alpha Jet



Obr. 3: Aermacchi MB.326

Lehký víceúčelový letoun Aero L-159 ALCA



Obr. 4: L-159A ALCA (jednomístná bojová verze)

Historický vývoj

Aero L-159 ALCA (Advanced Light Combat Aircraft) je nejnovějším výrobkem společnosti Aero Vodochody. Vychází z léty prověřené a osvědčené konstrukce letounů řady L-39/59/139, a to proto, že vývoj zcela nového moderního bojového letounu by byl časově i finančně nad možnosti českého leteckého průmyslu.

L-39 Albatros patří k nejrozšířenějším cvičným letadlům světa. Bylo dodáno téměř 3000 kusů do více než třiceti zemí světa, převážně ve východní Evropě, Asii a Africe. Letoun používají či používaly i mnohé akrobatické skupiny.

První návrhové studie letounu L-159 začaly vznikat v r. 1992, roku 1994 byl zahájen vývoj. K realizaci byla doporučena varianta D a letoun, který z tohoto základu vznikl, byl označen L-159A ALCA. Tím byla zároveň umožněna i realizace verze C, která vedla ke vzniku letounu dnes označovaného L-159B. Nejdůležitějšími změnami oproti letounu Albatros měla být zástavba nového, značně výkonnějšího motoru, instalace moderního zbraňového a navigačního počítače a avioniky, zvýšení počtu závěsných bodů pro výstroj a výzbroj a některá další zlepšení, která zvyšují operační schopnosti letounu. K prvnímu letu dvoumístného prototypu došlo 2. srpna 1997. Následujícího roku pak zahájil zkušební lety i jednomístný prototyp. Letoun byl poprvé veřejnosti představen na leteckém dnu CIAF 98 v Hradci Králové. V červenci 1997 byla podepsána smlouva, podle níž mělo letectvo AČR obdržet celkem 72 letounů. 20. října 1999 byl zalétán první sériový kus. Ke konci toho roku byl spuštěn také vývoj dvoumístné verze L-159B. V dubnu roku 2000 byly zahájeny dodávky sériových jednomístných strojů letectvu. Poslední letouny verze A byly dodány r. 2003, tedy s mírným zpožděním oproti plánu. Bylo však rozhodnuto, že v aktivním provozu zůstane pouze 18 strojů, dalších šest bude představovat zálohu. Zbývajících 48 letounů bylo nabídnuto k prodeji do zahraničí.

24. února 2003 havaroval letoun ev. č. 6056. Pilot při havárii zahynul. Dosud jde o jedinou havárii tohoto letounu.

Technický popis

L-159 ALCA je jednomístný (verze A) či dvoumístný (verze B a T1) jednomotorový podzvukový cvičný a lehký bojový dolnoplošný letoun. Jeho hlavním posláním je výcvik pilotů a některé typy bojových operací. Ačkoliv je vnějším vzhledem velmi podobný svému předchůdci L-39, ve skutečnosti jde o nový letoun. Jeho navrhovaná životnost je 25 let. Domovským letištěm všech užívaných strojů je 21. základna taktického letectva v Čáslavi. Uváděná jednotková cena letounu je přibližně 8 milionů USD.

Členové posádky mají k dispozici vystřelovací sedačky typu VS-2 s charakteristikou 0-0. Křídlo je lichoběžníkového tvaru. Na koncích nese palivové nádrže o objemu 230 l. Náběžná hrana není vybavena žádnou mechanizací, na odtokové hraně se nacházejí vztlakové klapky a křídélka. Na spodní straně jsou umístěny aerodynamické brzdy, hlavní podvozkové nohy a celkem sedm závěsníků pro výzbroj a podvěsy. Na náběžné hraně každé poloviny křídla je umístěna jedna Pitot-statická trubice.

Pohonnou jednotku představuje dvouproudový motor Honeywell F124-GA-100 bez přídavného spalování o maximálním tahu 28,2 kN. Jeho konstrukce sestává ze sedmi hlavních částí, které lze v případě poškození rychle demontovat a nahradit funkčními. Motor je za letu kontrolován a řízen počítačovým systémem FADEC. Vnitřní nádrže letounu pojmu přibližně 2000 l paliva. L-159 je vybaven pomocnou energetickou jednotkou typu Safír-5F. Letoun může operovat i z nepevněných ploch.

Letoun je vybaven střeleckým radiolokátorem Grifo L. Je možné používat velmi široké spektrum protiletadlové i protizemní výzbroje, ale pouze západní provenience. Alternativním vybavením jsou přídavné nádrže pro zvětšení doletu. Jinou možností je použití kontejnerů pro noční navigaci či podvěsů pro ozařování cílů laserovým paprskem. Vybavení kabiny je kompatibilní s přístroji pro noční vidění. Pro vlastní ochranu je letoun opatřen varovným radarovým hlásičem RWR a výmetnicemi klamných radarových a infračervených cílů.

Verze L-159B je dvoumístná. Je odvozena z verze A, má však modernizovanou avioniku. Jejím hlavním účelem je pokračovací a operační výcvik pilotů, přičemž schopnost nosit a používat výzbroj zůstala zachována. Narozdíl od verze A může být vybavena systémem pro doplňování paliva za letu. Díky značné podobnosti mezi oběma verzemi bylo možné zkrátit dobu mezi postavením prvního prototypu L-159B a jejím prvním letem na minimum (pouze zhruba rok).

Verze L-159T1 je rovněž dvoumístná a jejím účelem je výcvik. Na rozdíl od L-159B není vybavena radarem ani prostředky pro vlastní ochranu. Důvodem jejího vzniku byla nutnost zavést do výzbroje dvoumístnou verzi L-159, která by však byla levnější a dříve připravená než L-159B. Vybrané letouny L-159A, jichž byl dostatek, tak byly přestavěny na verzi T1.



Obr. 5: L-159B ALCA (dvoumístná cvičná verze)



Obr. 6: L-159T1 (dvoumístná cvičná verze)

Možnosti prodeje L-159 do zahraničí

ALCA zatím slouží pouze v letectvu AČR, a to navzdory mnoha snahám o export do zahraničí. V současné době je zakonzervováno celkem 47 letounů, které mohou být prodány. Aero Vodochody pak může vyrábět přibližně 36 kusů ročně.

Výraznou výhodou v konkurenční boji je fakt, že stroje Albatros starších verzí už nestačí dnešním nárokům na výcvik a v mnoha státech je třeba za ně najít náhradu. L-159B by mohl být ideálním řešením umožňujícím hladký přechod na nový typ, protože oba letouny mají velmi podobné nároky na pozemní zabezpečení. Moderní vybavení (elektronika, radar, modulová koncepce motoru) pak zaručí případnému zájemci o koupi kvalitní výcvik pilotů letadel typu L-159A nebo kteréhokoliv jiného lehkého bojového letounu.

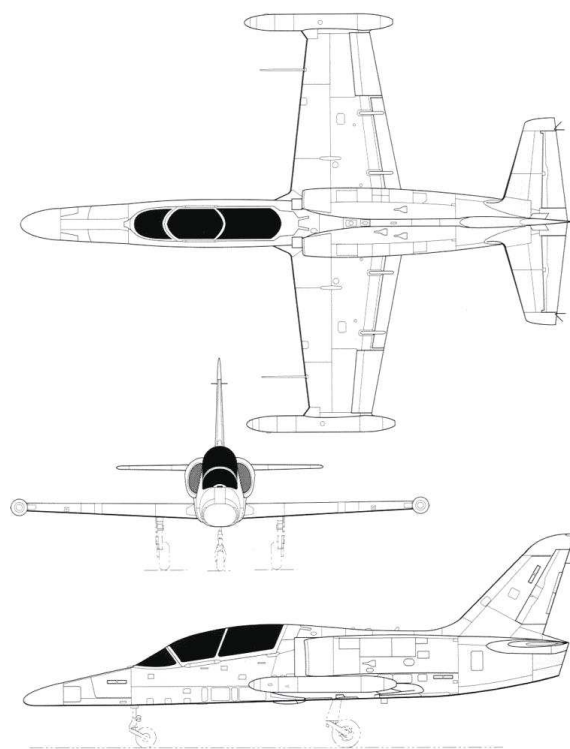
Problémem je absence systému doplňování paliva za letu u verze A. Jasnou nevýhodou je také fakt, že L-159A za sebou dosud nemá žádné skutečné bojové nasazení.

Podstatně větší problémy při exportu letounu však působí politická situace. Existuje mnoho států, které provozovaly L-39, ale dnes nepřichází v úvahu jim L-159 ani nabídnout. Příkladem může být Irák, Libye, Sýrie či Vietnam, s nimiž má NATO (a tedy i Česká republika) v současnosti špatné vztahy. Značná část vybavení letounu je navíc amerického původu, takže USA mají právo ovlivňovat prodej letadla.

Vážný zájem o letadla byl zatím v Indii, Egyptě, Slovensku, Maďarsku a Polsku. O nákupu dále uvažovaly Nigérie, Venezuela, Chile, Indonésie, Thajsko a Izrael. V nejbližší době však nelze očekávat žádná převratná rozhodnutí o nákupu. Pokud by k němu mělo dojít, lze předpokládat, že větší naději bude mít verze L-159B.

Tab. 1: Základní technické údaje (L-159B):

Rozpětí	9,54 m
Délka	12,72 m
Výška	4,87 m
Prázdná hmotnost	4350 kg
Nejvyšší vzletová hmotnost	8000 kg
Nosnost výbroje	2700 kg
Maximální tah motoru	28,2 kN
Rychlost	936 km/h
Dostup	13 200 m
Stoupavost	48 m/s
Dolet (bez vnějších nádrží)	1450 km
Dolet (s vnějšími nádržemi)	2530 km
Dráha vzletu	440 m
Dráha přistání	725 m
Dovolené přetížení	+8g, -4g
Poměr tah/hmotnost	0,68



Obr. 7: Výkres L-159B ALCA

Kritéria výběru konkurenčních typů

Pokud vezmeme za vzor letoun L-159 ALCA, pak obecné vlastnosti této kategorie letadel je možné popsat následovně: musí jít o dvoumístný letoun s dvojím řízením a dobrým výhledem jak z předního sedadla žáka, tak i ze zadního sedadla instruktora. Stroj by měl být snadno ovladatelný v celém rozsahu rychlostí a mít dobrou obratnost. Měl by dosahovat vysokých podzvukových rychlostí a dostupu řádově 12 000 m. Pohon má zabezpečovat buď výkonný turbovrtulový motor nebo proudový motor bez přídavného spalování, přičemž je výhodné, má-li vysoký poměr tahu motoru k hmotnosti letounu, protože u moderních bojových strojů je tendence mít tento poměr co největší. Letoun by měl mít moderní přístrojové vybavení – průhledový displej HUD (Head Up Display), víceúčelové displeje MFD (Multi Functional Display), koncepce sdruženého ovládání HOTAS (Hands On Throttle and Stick), číslicové ovládání pohonné jednotky FADEC (Full Authority Digital Engine Control). Nezbytné je vybavení katapultovacími sedačkami pro záchranu v nulové výšce a při nulové rychlosti (tzv. charakteristika 0-0), dnes již výhradně od výrobce Martin-Baker nebo Zvezda; výjimkou je právě L-159. Cvičné letadlo s těmito vlastnostmi pak bude představovat kompromis mezi jednoduchostí pilotáže, pořizovacími a provozními náklady na jedné straně a věrnou podobností s nadzvukovými bojovými letouny na straně druhé. Vzhledem ke svým schopnostem jsou letouny této kategorie často využívány k letecké skupinové akrobacii. Jsou-li náležitě vybaveny a vyzbrojeny, mohou plnit i některé bojové úkoly ve vojenském letectvu.

Podle těchto kritérií byly jako nejvíce konkurenceschopné typy vybrány následující letouny:

British Aerospace Hawk (Velká Británie)

Jakovlev Jak-130 (Rusko)

Mikojan-Gurjevič MiG-AT (Rusko)

Embraer EMB.314 Super Tucano (Brazílie)

Pilatus PC-21 (Švýcarsko)

KAI T-50 Golden Eagle (Korejská republika)

British Aerospace Hawk



Obr. 8: BAe Hawk Mk.120

Historický vývoj

Letoun British Aerospace Hawk je v dnešní době jeden z nejpoužívanějších cvičných strojů na světě. Historie typu Hawk začíná v roce 1964, kdy britské letectvo RAF vypsal požadavky na nový cvičný letoun, který by nahradil starý Folland Gnat a pro pokročilý výcvik nevyhovující Hawker Hunter. Začátkem sedmdesátých let stejný problém řešila Francie. Z kooperace obou zemí nakonec vzešel útočný Sepecat Jaguar. Všechny vyrobené letouny však nakonec byly přestavěny na bojové, protože k výcviku se nehodily. Výsledek přinesl až požadavek na cvičný letoun z roku 1969. Ten roku 1973 získal letoun jméno Hawk, první let prototypu proběhl 21. srpna 1974 a dodávky prvních sériových letounů v základní verzi T1 byly zahájeny roku 1976. Podobný cvičný letoun Alpha Jet měl ve vývoji a poté i v prodeji mírný náskok díky zakázce v Belgii, Togu a Pobřeží Slonoviny. To vedlo k vývoji dalších, konkurenceschopnějších verzí. K ojedinělé modifikaci došlo v USA, kde byl Hawk verze 60 přestavěn na verzi T-45 Goshawk a uzpůsoben pro provoz z letadlových lodí. V průběhu zkušebních letech roku 1992 však jeden z „navalizovaných“ letounů havaroval při přistání vinou závady na podvozku. Nejznámějším uživatelem verze T.1 je britská akrobatická skupina Red Arrows.

Technický popis

BAe Hawk je britský dvoumístný jednomotorový cvičný a lehký víceúčelový dolnoplošný podzvukový letoun. Díky mnoha modernizačním programům je i přes své stáří stále široce používán přibližně ve dvaceti zemích světa. Jeho cena závisí na verzi, např. u Mk.128 se pohybuje kolem 10 milionů USD. Původně plánovaná životnost draku je 6000 hodin.

Trup má délku 12,43 m. V jeho přední části v ose letounu je upevněna Pitot – statická trubice se snímači letových parametrů. Tandemově uspořádaná kabina obsahuje sedadla pilota a instruktora, přičemž zadní sedadlo je pro zlepšení výhledu umístěno výrazně výše. Vystřelovací sedáčky jsou typu Martin-Baker Mk.10LH s charakteristikou 0-0. Pod trupem se nachází jeden ze zbraňových závěsníků a poněkud více vzadu také rozměrná aerodynamická brzda.

Šípovité křídlo je uchyceno ve spodní části trupu. Náběžná hrana nemá žádnou mechanizaci. Odtoková hrana obsahuje běžné vztlakové klapky a křídélka. V závislosti na verzi letounu může křídlo nést dva až čtyři závěsníky pro zbraně či přídavné nádrže. Poblíž trupu se nachází šachty hlavního podvozku. V horní části svislého stabilizátoru je umístěna výrazná anténa systému varování před radarovým ozářením.

Typ motoru záleží na verzi letounu. První verze měly tah přibližně 23 kN. V pozdější době byly Hawky v rámci modernizačních a exportních programů vybavovány novými motory, které však neměly výraznější vliv na výkony letounu (ačkoli nejnovější verze Hawku už mají podstatně výkonnější motory – to je dáno tím, že se s nimi počítá i pro bojové úkoly). Hawk je standardně vybaven i pomocnou energetickou jednotkou APU. Některé verze (např. Hawk Mk.120 / LIFT) mohou mít vybavení pro doplňování paliva za letu.

Hawk je konstruován tak, aby mohl sloužit i pro výcvik použití letecké výzbroje. Běžně používá pouze západní výzbroj. Možné varianty nákladu jsou poměrně pestré a zahrnují jak protiletadlové rakety, tak i střely protizemní a protilodní. Specialitou je možnost použití torpéd. Pro vlastní obranu je stroj vybaven výmetnicemi klamných radarových a infračervených cílů a varovným přijímačem RWR. Zvláštní je verze Hawk 200, která je konstruována od počátku jako bojová a je tudíž jen jednomístná.



Obr. 9: Hawk Mk.127 LIFT



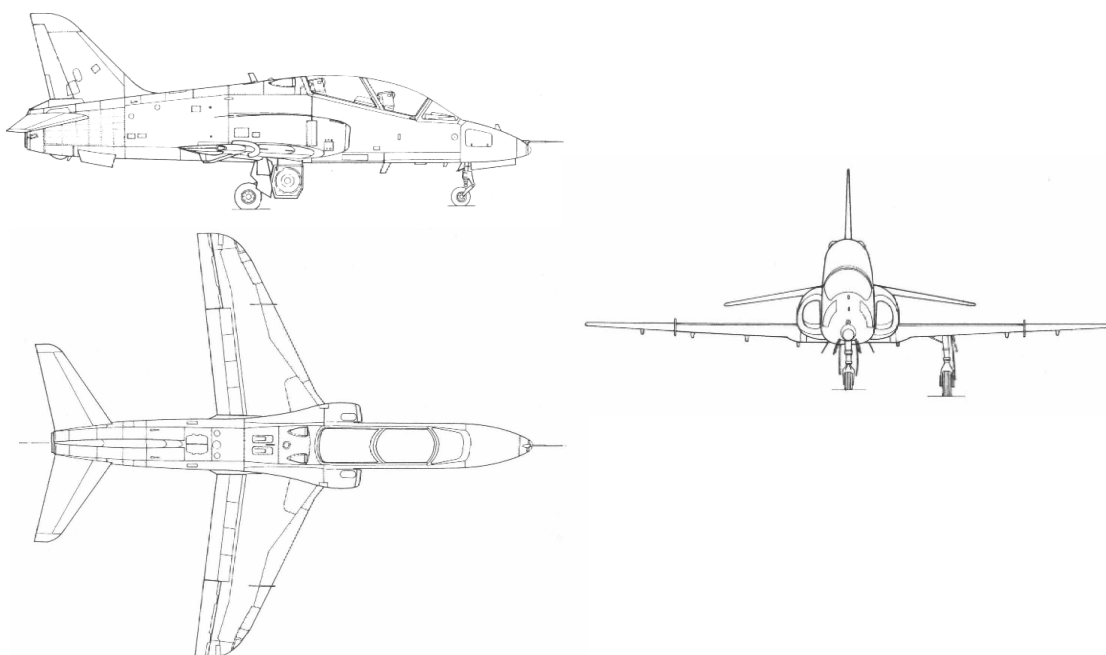
Obr. 10: Americká námořní verze T-45 Goshawk

Zahraniční prodej letounu BAe Hawk

Jak už bylo řečeno, Hawk je jedním z nejúspěšnějších cvičných letadel na světě. Nejvíce letounů používá Velká Británie, Finsko a Indie. Ta v roce 2004 objednala 66 kusů verze Hawk Mk.132, aby nahradila zastaralá polská letadla TS-11 Iskra. V průběhu roku 2008 se očekává nákup dalších 40 letadel pro indické letectvo a 17 pro námořnictvo. Přitom Indie ještě vyrábí vlastní cvičný letoun HJT-16 Kiran a intenzivně pracuje na vývoji nového, rovněž cvičného stroje HJT-36 Sitara.

Finsko v první dávce objednalo 57 letounů Hawk Mk. 51. V pozdější době bylo sedm kusů ztraceno při nehodách. Pro jejich náhradu bylo zakoupeno 18 strojů ze Švýcarska. Předpokládá se, že budou dodány v roce 2009. Finské Hawky jsou specifické tím, že mají možnost používat i výzbroj ruského původu.

V budoucnu lze zájem o letouny Hawk očekávat především od států, které již vlastní a provozují jeho starší varianty a budou potřebovat obnovit svou leteckou techniku. Týká se to především Británie, Indie, Indonésie a Saúdské Arábie. Nově o letoun projevilo předběžný zájem Řecko, jehož letectvo požaduje přibližně 40 nových cvičných letadel, dále Singapur, který by měl roku 2008 zahájit výběrové řízení na 20 cvičných letounů, a také Izrael, u něž se předpokládá odběr zhruba 40 letadel.



Obr. 11: Výkres BAe Hawk

Tab.2: Základní technické údaje (BAe Hawk Mk.128)

Rozpětí	9,94 m
Délka	12,43 m
Výška	3,98 m
Prázdná hmotnost	4480 kg
Maximální vzletová hmotnost	9100 kg
Nosnost výzbroje	3000 kg
Tah motoru	29 kN
Maximální rychlost	1028 km/h
Dostup	13 565 m
Dolet bez vnějších nádrží	1300 km
Dolet s vnějšími nádržemi	2520 km
Stoupavost	47 m/s
Dráha vzletu	640 m
Dráha přistání	605 m
Dovolené přetížení	+8g/-4g
Poměr tah/hmotnost	0,65

Jakovlev Jak/AEM-130



Obr. 12: Jakovlev Jak-130

Historický vývoj

Po zavedení stíhacích letounů MiG-29 a Su-27 bylo zřejmé, že tehdy používané cvičné L-39 nedokážou zajistit výcvik na požadované úrovni. Z mnoha důvodů ruské letectvo vypsal požadavky na nový cvičný letoun až roku 1991 s tím, že tento bude zkonstruován některým z ruských leteckých výrobců. Do soutěže se přihlásily společnosti Jakovlev, Mikojan-Gurjevič, Mjasiščev a Suchoj. V květnu 1992 bylo rozhodnuto, že do užšího výběru postoupí letouny společností Jakovlev (tehdy označovaný Jak-UTK) a Mikojan-Gurjevič MiG-AT. Roku 1993 byl zahájen vlastní vývoj letounu sériové podoby v součinnosti s italskou firmou Aermacchi. Projekt pak obdržel označení MB-346. Stroj byl představen na pařížském aerosalonu roku 1995, 25. dubna 1996 proběhl první let. Později však (r. 1999) byla spolupráce ukončena a projekty Jak-130 a MB-346 nadále probíhaly odděleně. V dubnu 2002 pak bylo oficiálně oznámeno, že Jak-130 byl vybrán jako budoucí cvičný letoun ruského letectva. K jeho dosud jediné havárii typu došlo 26. července 2006, údajně pro závadu na řídicím systému FBW. Zavádění typu do ruského letectva se předpokládá v roce 2008.

Technický popis

Jakovlev Jak-130 je ruský dvoumístný cvičný a lehký bojový středoplošník se dvěma proudovými motory. Jeho hlavním posláním je výcvik pilotů nové generace bojových letounů. Za tímto účelem je navržena aerodynamika stroje, která je velmi podobná stíhacím a bitevním letounům. Instruktor může za letu měnit ovladatelnost a stabilitu letadla tak, aby co nejvíce odpovídala simulovanému typu. Cena letounu se pohybuje v rozmezí 12-15 milionů dolarů (v roce 2002).

Trup má navrženou životnost 10 000 hodin s možností rozšíření na 15 000. Dvoumístná pilotní kabina je umístěna velmi vysoko, což s vhodně tvarovaným krytem kabiny zajišťuje skvělý výhled z obou sedadel. Záchranný systém představují vystřelovací sedadla Zvezda K-36LT3.5. Na hřbetu je výklopná jednodílná aerodynamická brzda.

Křídlo má lichoběžníkový půdorys. Je navrženo tak, aby byl letoun ovladatelný i při velkých úhlech náběhu (až 35°). V jejich přední části se nachází další aerodynamické plochy. Náběžná hrana je sklopná. Na odtokové hraně jsou umístěna křídélka a třípolohové klapky. Prototyp Jak-130D byl v některých fázích letových zkoušek vybaven winglety na koncích

křidel, avšak létal i bez nich. Vodorovná ocasní plocha je plovoucí. Svislá ocasní plocha nese jednoduché směrové kormidlo.

Pohonnou jednotku představují dva proudové motory uložené po stranách trupu v zadní části. Technologický demonstrátor používal slovenské motory typu DV-2S. U sériových strojů se počítá ruskými motory Al-222-25, každý o tahu 24,5 kN. Hlavní vstupní otvory vzduchu se nachází pod přechody křídlo-trup. Při pohybu po zemi (zejména na nepevných plochách) jsou tyto nízko položené otvory uzavřeny, aby nedošlo k nasátí cizích předmětů a vzduch



Obr. 13: Jak-130 s otevřenými otvory na horní straně přechodu křídlo-trup

k motoru proudí přes otvor na horní straně přechodu křídlo-trup. Stejné uspořádání má MiG-29, tedy typ, na nějž bude mnoho pilotů Jaku-130 přecházet. Pomocnou energetickou jednotku APU představuje Allied Signal GTCP 36-150 nebo Safir 5. Samozřejmostí je systém FADEC. Vnitřní nádrže pojmu 1750 kg paliva. Je možné provádět i doplňování paliva za letu.

V případě použití Jaku-130 jako bojového letounu je možné využít pro výzbroj osm závěsných bodů na křídlech a jeden pod trupem. Celková hmotnost nákladu je přibližně 3000 kg. Lze použít výzbroj západního i ruského původu. Další možností podvěsů jsou přídatné nádrže (560 l) a různé speciální průzkumné, kanonové a naváděcí kontejnery. Letoun je vybaven kanonem GŠ-301 ráže 30 mm pevně zabudovaným v trupu. Pro případ vlastního ohrožení má pilot k dispozici radarový hlásič RWR, výmetnice klamných cílů, může nést zařízení pro rušení radarů apod.

Odlíšnosti letounu MB-346

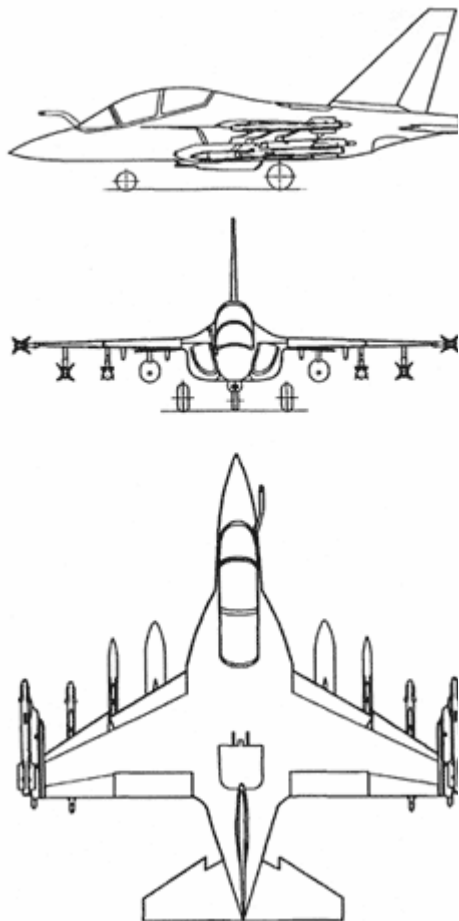
Jak už bylo uvedeno, roku 1999 skončila spolupráce mezi firmami Jakovlev a Aermacchi a obě společnosti dále pracovaly svých projektech odděleně. Letoun MB-346 převzal především velmi zdařilou aerodynamickou koncepci a některé méně významné systémy. K nejdůležitějším změnám došlo ve vybavení letadla. MB-346 má motory typu Honeywell F124-GA-200, tedy typově stejné jako používá L-159 ALCA. Rovněž použitá jednotka APU je stejná. Avionika je také pochází ze západních dílen, převážně od společností Alenia a Honeywell. Katapultovací sedačky jsou typu Martin Baker Mk.16. Celkově vzato je MB-346 poněkud menší a má nižší hmotnost. První let prototypu MB-346 se konal 15. července 2004. Cena sériového letounu se pohybuje kolem 14,5 milionu eur, cena jedné letové hodiny asi 1600 eur.

Zahraniční prodej typu Jak-130/MB-346

V červnu 2006 bylo oznámeno, že ruské letectvo by mělo zařadit do výzbroje až 250 letounů Jak-130. Není však jisté, zda se podaří nákup takového množství letounů provést.

Prvním zahraničním zákazníkem se stalo Alžírsko. V červenci 2006 bylo objednáno 16 letadel Jak-130, aby bylo možné zajistit přípravu pilotů na nové stroje (Alžírsko tou dobou objednalo také 36 letounů MiG-29MT a 20 Su-30MKI, které patří k nejmodernějším bojovým strojům v současné době). Je však pravděpodobné, že si Jak-130 najde cestu i do dalších armád, protože letouny MiG-29 a Su-30 různých verzí slouží v mnoha státech, přičemž nejdůležitějšími uživateli jsou Indie a Čína, které provozují desítky strojů Su-30MKK a Su-30MKI.

Jak-130 je navržen tak, aby mohl sloužit k výcviku pilotů všech současných typů stíhacích letounů (MiG-29, F/A-18, Mirage 2000, F-35 apod). Vzhledem k tomu, že některé z těchto letounů slouží téměř ve všech státech, má letoun dosti značnou naději na úspěch. Totéž lze říci o MB-346, neboť mnohá letectva v západní Evropě používají letité stroje Alpha Jet a s příchodem nových bojových letounů potřebují i nový výcvikový stroj. Předběžný zájem projevilo Řecko, které se roku 2005 připojilo k programu vývoje MB-346. Další předběžný zájem mají některé státy v oblasti Perského zálivu (např. Saúdská Arábie, která nakoupila bojové letouny Eurofighter Typhoon).



Obr. 14: Výkres Jak-130

Tab. 3: Základní technické údaje:

	Jak-130	MB-346
Rozpětí	9,72 m	9,72 m
Délka	11,49 m	11,49 m
Výška	4,76 m	4,98 m
Prázdná hmotnost	4500 kg	4610 kg
Max. vzletová hmotnost	9000 kg	9500 kg
Nosnost výzbroje	3000 kg	3000 kg
Tah motoru	2x24,5 kN (Al-222-25)	2x28,4 kN
Nejvyšší rychlost	1060 km/h	1093 km/h
Dostup	13 000 m	13 700 m
Dolet (bez vnějších nádrží)	2000 km	1852 km
Dolet (s vnějšími nádržemi)	3330 km	2778 km
Stoupavost	56 m/s	102 m/s
Dráha vzletu	330 m	300 m
Dráha přistání	550 m	550 m
Povolené přetížení	+8g/-4g	+8g/-3g
Poměr tah/hmotnost	0,85	0,8



Obr. 15: Prototyp Jak-130 s winglety

Mikojan-Gurjevič MiG-AT



Obr. 16: Mikojan-Gurjevič MiG-AT

Historický vývoj

Letoun dnes známý jako MiG-AT vzešel ze stejné soutěže na nové cvičné a lehké víceúčelové letadlo pro ruské letectvo, v níž nakonec uspěl již zmiňovaný Jakovlev Jak-130. Situace kolem vzniku MiGu-AT však byla poněkud odlišná. Zatímco Jakovlev se soutěže účastnil pouze s jedním návrhem (Jak UTK), Mikojan předložil návrhy dva. Byl přijat projekt MiG-821, později označen jako MiG-AT. V roce 1992 byla navázána spolupráce mezi společností MiG a francouzskou firmou Snecma-Turboméca. V roce 1995 byla dokončena výroba prototypu, letoun se téhož roku zúčastnil pařížského aerosalonu. K prvnímu krátkému letu došlo 16. března 1996, oficiální zálet proběhl o pět dnů později. Vývoj pokračoval i poté, co bylo roku 2002 vyhlášeno, že vítězem soutěže je Jak-130, a to pro případné exportní příležitosti.

Technický popis

Mikojan-Gurjevič MiG-AT je dvoumístný dvoumotorový proudový cvičný a lehký bojový letoun. Je navržen tak, aby trvání výcviku pilota i jeho cena byly co nejnižší. Cena jednoho stroje se v závislosti na provedení pohybuje v rozmezí 10-12 milionů dolarů. Předpokládaná životnost je 15 000 letových hodin nebo 30 let.

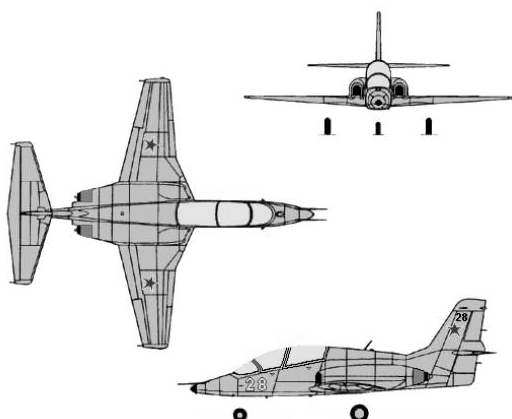
Trup letounu má délku 12,01 m. Na horní straně přídě vpravo od osy letounu se nachází Pitot-statická trubice a snímače letových parametrů. Následuje hermetizovaná kabina posádky. Zadní sedadlo je umístěno výše než přední, aby byl zajištěn dobrý výhled instruktora. Katapultovací sedačky jsou typu Zvezda K-93-LT. Pod trupem se nachází aerodynamické brzdy.

Křídlo o rozpětí 10,16 m má lomenou náběžnou hranu. Na své odtokové hraně nese klasické klapky a křídélka a na koncích vyzařovače statické elektřiny. Svislá ocasní plocha nese dvoudílné směrové kormidlo.



Obr. 17: MiG-AT

Prototypy letounu MiG-AT jsou vybaveny dvěma francouzskými motory Larzac 04-R20. Každý z nich má tah 14,12 kN. Pro exportní verze jsou připraveny výkonnější motory Larzac.



Obr. 18: Výkres MiG-AT

Pokud by však MiG-AT v soutěži ruského letectva zvítězil, sériové stroje by získaly ruské motory Sojuz RD-1700 o výkonu 16,7 kN. Všechny zmíněné typy motorů mají počítačové ovládání FADEC. Celkové množství neseného paliva je 2390 l.

Výzbroj mohou nést všechny verze letounu. Zvláštní verze MiG-AS je však navrhována od počátku jako lehké bojové letadlo. Je proto jednomístná, standardně vybavená radarem pro použití za každého počasí a rovněž nese vestavěný kanon. Zbraňový systém MiGu-AT byl projektován pro použití ruské výzbroje a pouze těch nejběžnějších zbraní západní výroby.

Zahraniční prodej letounu MiG-AT

Vzhledem k tomu, že výběrové řízení v Rusku vyhrál Jak-130, musí společnost MiG hledat odbyt pro svůj letoun v zahraničí. Přestože o letoun se zajímal Egypt, Venezuela a Chile, do konce roku 2007 žádná země neoznámila, že hodlá stroje MiG-AT nakoupit a zařadit do služby. Neplánuje to ani Francie, která se na vývoji podílela technicky i finančně. Pravděpodobný závěr, i když ne jistý, je tedy takový, že letoun se nebude sériově vyrábět a stadium prototypu je pro něj konečné.

Tab. 4: Základní technické údaje (MiG-AT)

Rozpětí	10,16 m
Délka	12,01 m
Výška	4,42 m
Prázdná hmotnost	3300 kg
Maximální vzletová hmotnost	5690 kg
Nosnost výzbroje	2000 kg
Tah motoru (Sojuz RD-1700)	2x16,7 kN
Maximální rychlost	850 km/h
Dostup	15 500 m
Dolet bez vnějších nádrží	1200 km
Dolet s vnějšími nádržemi	2600 km
Stoupavost	28 m/s
Dráha vzletu	540 m
Dráha přistání	600 m
Dovolené přetížení	+8g/-3g
Poměr tah/hmotnost	0,61

Embraer EMB.314 Super Tucano



Obr. 19: EMB-314 Super Tucano

Historický vývoj

Letoun Super Tucano pochází z Brazílie a v současnosti se jedná o jedno z mála bojových vrtulových letadel. Vychází ze staršího stroje EMB.312 Tucano, který slouží celkem v sedmnácti zemích světa a u něhož roku 1986 vznikla potřeba modernizace. Zatímco předchozí letoun byl stavěn jen pro účely výcviku, Super Tucano mělo jednak zachovat tuto možnost (zejména pokračovací výcvik pilotů před přechodem na proudové letouny) a dále byla požadována schopnost provádět bojové akce. Vývoj byl zahájen roku 1988, o tři roky později byla spuštěna stavba prvního prototypu a 9. září 1991 následoval první let. Roku 1994 vydalo ministerstvo letectví požadavky na upravenou verzi, jejímž účelem by byl nejenom výcvik, ale i průzkum, útoky na pozemní cíle, vrtulníky a lehká letadla. Firma Embraer připravila dva prototypy. Jednomístný vzletl poprvé v květnu 1996 a dvomístný v lednu 1997. Po absolvování vojenských zkoušek r. 2001 objednalo brazilské letectvo 25 kusů jednomístné verze dnes označované A-29A a dalších 51 letounů dvomístné verze A-29B. Sériová výroba letadel byla zahájena roku 2003. Byl též spuštěn vývoj další verze, A-29C, určené k hlídkovým letům nad oceánem. Předpokládá se, že dodávky pro letectvo by měly skončit roku 2008.

Super Tucano je charakteristické podmínkami, pro které je navrženo. V Brazílii bude často provozováno za dosti vysokých teplot a relativní vlhkosti vzduchu až 100%, nebo naopak za nízké teploty z letišť v odlehlých oblastech. Hlavním úkolem kromě výcviku bude kontrola hraničních oblastí Brazílie, což jsou většinou nepřístupné deštné pralesy, a operace proti pěstitelům a výrobcům drog, kteří své zboží často převáží malými lehkými letouny. Embraer EMB.314 Super Tucano je jednomotorový jedno- či dvomístný turbopropový dolnoplošník pro podporu pozemních jednotek, hlídkování, průzkum a výcvik. Je konstruováno pro lety za všech podmínek, může operovat z polních letišť a ve vysokohorském prostředí při teplotách -20°C až 50°C . Cena jednoho letounu je přibližně 5,5 milionů USD, cena letové hodiny zhruba 120 USD.



Obr. 20: Jednomístná verze A-29A

Technický popis

Trup letounu má délku 11,28 m. Pilotní kabina je hermetizovaná a pancéřovaná. Zadní část trupu přechází do svislé ocasní plochy se směrovým kormidlem. Po stranách nese vodorovnou ocasní plochu s výškovým kormidlem.

Křídlo je přímé, obdélníkového tvaru o rozpětí 11,14 m. Má mírné pozitivní vzepětí. V náběžné hraně se nachází pevně zabudované kulomety. Odtoková hrana křídla je vybavena klapkami ovládanými elektricky a klasickými křídélky. Pod každou polovinou křídla jsou umístěny dva závěsníky pro výzbroj či přídatné nádrže. Řízení letounu je řešeno pomocí táhel s posilovači.

Pohon letounu zajišťuje jeden turbovrtulový motor Pratt&Whitney uložený v přídi. V případě jednomístné verze A-29A jde o verzi PT6A-68-3(C) o výkonu 1193 kW. Dvoumístný A-29B má slabší motor verze PT6A-68-1 o výkonu 969 kW. Motor pohání pětistou vrtulí Hartzell o průměru 2,39 m s možností obrácení tahu. Motorový prostor je chráněn kevlarovým pancéřováním. Jako pohonné hmoty lze použít několik běžných druhů leteckého paliva, v nouzi i benzín a petrolej. V hlavních nádržích se nachází 690 l paliva, přičemž jednomístné A-29A mají místo zadního sedadla další nádrž o objemu 90 l.



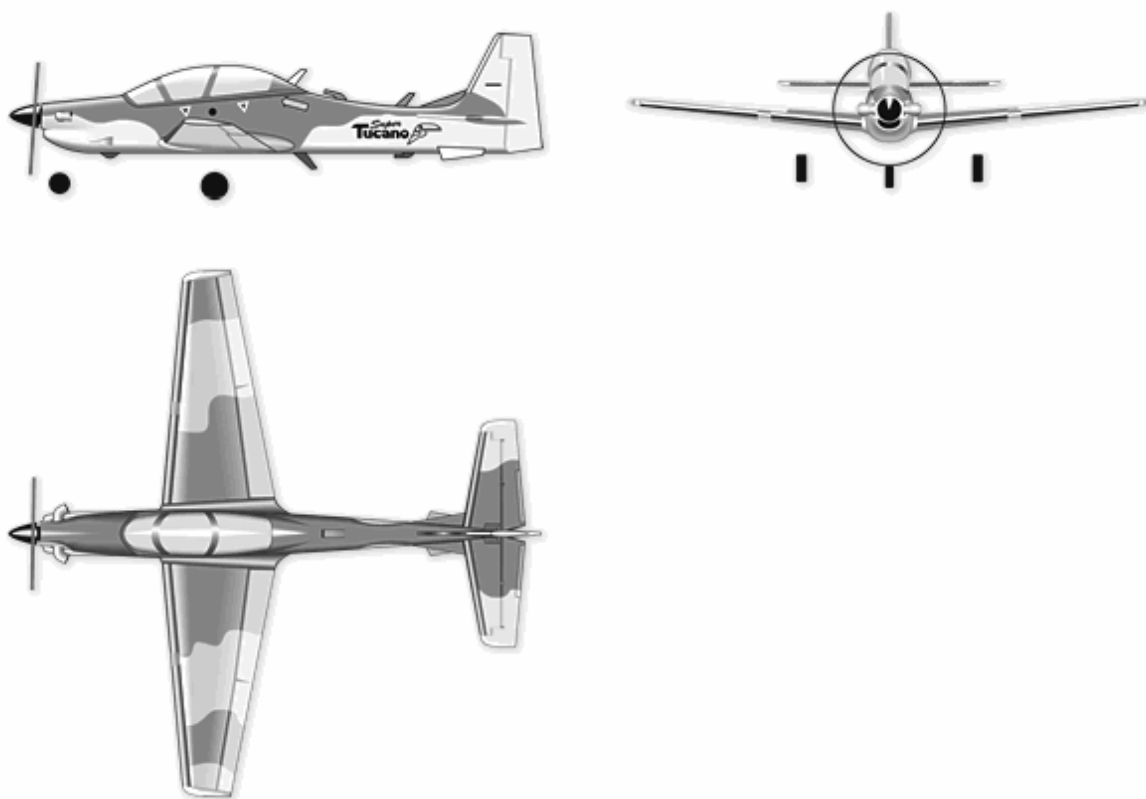
Obr. 21: Dvoumístná verze A-29B

Výzbroj letounu tvoří dva kulomety ráže 12,7 mm v křídlech a dalších 1550 kg výzbroje na čtyřech podkřídlových a jednom podtrupovém závěsníku. Podtrupový a vnitřní podkřídlové závěsníky jsou předurčeny k nesení palivových nádrží nebo bomb. Využití vnějších závěsníků pak bude spočívat v zavěšení řízených protiletadlových raket. Závěsníky jsou uzpůsobeny pro použití výzbroje běžné v západním světě.

Zahraniční prodej letounu EMB.314 Super Tucano

Předchozí typ EMB.312 Tucano zaznamenal dosti značný úspěch i mimo Brazílii. Celkem bylo postaveno přes 650 letadel Tucano. Hlavním uživatelem typu Super Tucano se zřejmě stane Brazílie, která bude používat kolem stovky strojů. Prvním zahraničním uživatelem se stala Dominikánská republika, která zakoupila 10 letounů dvoumístné verze. Další prodej se podařilo provést v Kolumbii. Podle objednávky z roku 2005 má být do konce roku 2008 dodáno celkem 25 kusů, opět ve dvoumístné verzi.

Začátkem roku 2006 projevila Venezuela zájem o 36 letounů. Nákup se ale neuskutečnil, protože jejablokovaly USA z politických důvodů. Stejně jako L-159 i EMB.314 používá mnoho dílů amerického původu. Další zájem přišel z Mexika, Singapuru, Turecka, Srí Lanky, Filipín, Spojených arabských emirátů a Irska (zde však zvítězil Pilatus PC-9).



Obr. 22: Výkres A-29B Super Tucano

Tab. 5: Základní technické údaje:

	A-29A	A-29B
Rozpětí	11,14 m	11,14 m
Délka	11,28 m	11,28 m
Výška	3,97 m	3,97 m
Prázdná hmotnost	2390 kg	2420 kg
Max. vzletová hmotnost	4919 kg	5200 kg
Nosnost výzbroje	1550 kg	1550 kg
Výkon motoru	1193 kW	969 kW
Nejvyšší rychlost	611 km/h	557 km/h
Dostup	10 670 m	10 670 m
Dolet bez vnějších nádrží	1767 km	1568 km
Dolet s vnějšími nádržemi	4820 km	4820 km
Stoupavost	24 m/s	24 m/s
Dráha vzletu	350 m	350 m
Dráha přistání	550 m	550 m
Dovolené přetížení	+7g/-3,5g	+7g/-3,5g

Pilatus PC-21



Obr. 23: Pilatus PC-21

Historický vývoj

Švýcarská firma Pilatus byla založena těsně před druhou světovou válkou a cvičné letouny vyrábí po celou dobu své existence. Aby se zachovala konkurenceschopnost firmy Pilatus i počátkem nového století, bylo rozhodnuto vyvinout nový cvičný stroj, který by vycházel ze zkušeností se staršími typy. Tímto novým letadlem se stal PC-21. Projekt byl oficiálně schválen v listopadu 1998 a vývoj pokračoval velmi rychle. První let prototypu proběhl úspěšně 1. července 2002. V roce 2004 byl dokončen druhý prototyp, který byl opět používán k letovým zkouškám. 13. ledna 2005 však tento prototyp havaroval, když vinou pilotní chyby zavadil křídlem o zem. Pilot zahynul. Navzdory této havarii vývoj pokračoval a v lednu 2007 švýcarské letectvo objednalo prvních šest letounů.

Technický popis

Pilatus PC-21 je jednomotorový dvoumístný turbopropový dolnoplošník navržený pro provoz v náročných klimatických podmínkách. Je konstruován pro výcvik pilotů moderních bojových letounů. V cenách roku 2002 stál jeden letoun přibližně 2,7 milionu dolarů. Předpokládaná životnost letadla je 20 000 letových hodin.

Trup letounu má délku 11,19 m. V přední části je uložen motor a vrtule, následuje přetlaková dvoumístná kabina posádky. Piloti mají k dispozici vystřelovací sedačky typu Martin-Baker Mk-16L. Ocasní plochy jsou klasické, svislá ocasní plocha má protažený kořen.



Obr. 24: Pilatus PC-21

Podvozek je běžný příďový s říditelným předním kolem.

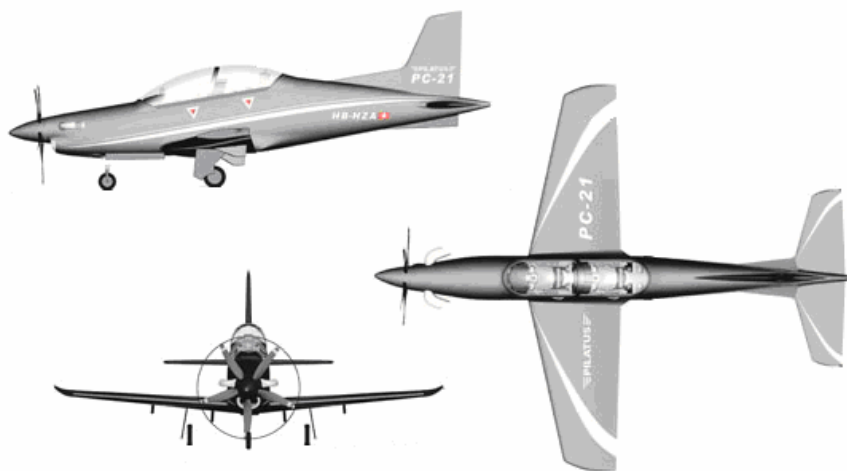
Křídlo má rozpětí 9,1 m. Náběžná hrana je mírně šípovitá, odtoková hrana je přímá a obsahuje obvyklé vztlakové klapky a křídélka. Na spodní straně křídla jsou umístěny čtyři závěsné body pro podvěsy a jsou zde i podvozkové šachty. Na konci pravého křídla je umístěna Pitot-statická hubice se snímači letových parametrů. Ovládání všech řídicích ploch je realizováno pomocí táhel s posilovači.

Pohonnou jednotkou je jeden turbovrtulový motor Pratt & Whitney PT-6A-68B o výkonu 1195 kW, tedy stejný typ, který pohání konkurenční typ A-29. Pětistá vrtule Hartzell E8991 má průměr 2,388 m. Motor dokáže napodobit chování proudového motoru v závislosti na pohybu páky ovládání přípusti.

Letoun nemá žádnou pevně instalovanou výzbroj. Má-li být za letu použita, může být zavěšena na čtyři podkřídlové a jeden podtrupový závěsník.

Zahraniční prodej letounu PC-21

Letoun zatím objednalo švýcarské letectvo v počtu šesti kusů. Už v listopadu 2006 projevilo zájem letectvo Singapuru, které nakonec zakoupilo 19 kusů. První by měly být dodány v červnu 2008. Další zájemci se prozatím nenašli.



Obr. 25: Výkres Pilatus PC-21

Tab. 6: Základní technické údaje

Rozpětí	9,11 m
Délka	11,19 m
Výška	3,91 m
Prázdná hmotnost	2270 kg
Maximální vzletová hmotnost	4250 kg
Nosnost výzbroje	1150 kg
Výkon motoru	1195 kW
Maximální rychlost	630 km/h
Dostup	11 580 m
Dolet bez vnějších nádrží	1854 km
Dolet s vnějšími nádržemi	2590 km
Stoupavost	22 m/s
Dráha vzletu	725 m
Dráha přistání	900 m
Dovolené přetížení	+8g/-4g

Korean Aerospace Industries T-50 Golden Eagle



Obr. 26: KAI T-50 Golden Eagle

Historický vývoj

Zemí původu letounu T-50 Golden Eagle je Korejská republika (Jižní Korea), jeho vývoj ze začátku vedla společnost Samsung Aerospace. Počátky jeho vývoje spadají do roku 1992, kdy byl spuštěn program vývoje cvičného letounu označovaného jako KTX-2. Roku 1997 se k vývoji přidala americká společnost Lockheed Martin a o dva roky později projekt převzala nová společnost Korean Aircraft Industries. V roce 2000 byl projekt přeznačen na T-50 (cvičná verze někdy uváděná pod zkratkou AJT) a A-50 (bojová verze), označovaná také LIFT (Lead In Fighter Trainer). K prvnímu letu verze T-50 došlo 20. srpna 2002. O rok později proběhly úvodní zkušební lety verze A-50. Koncem roku 2003 objednalo jihokorejské letectvo prvních 25 sériových letounů a v roce 2006 dalších 47 kusů.

Technický popis

T-50 Golden Eagle je jednomotorový dvoumístný nadzvukový cvičný a lehký bojový středoplošník. Jeho účelem je náhrada jiných dosluhujících letounů této kategorie a výcvik pilotů přicházející generace bojových letadel. Jednotková cena letounu činí přibližně 22 milionů USD. Předpokládaná životnost má přesahovat 10 000 letových hodin.

Trup letounu má délku 12,98 m. Na špičce nese Pitot-statickou hubici a snímače letových parametrů. Před je upravena pro volitelnou instalaci radiolokátoru. Pilotní kabina je svým uspořádáním velice podobná kabině stroje F-16. Posádka může použít vystřelovací sedačky typu KR16K-1/2 (odvozené z typu Martin Baker Mk.10). Po stranách trupu se nachází vstupy vzduchu k motoru. V trupu se také nachází hlavní a předový podvozek.



Obr. 27: T-50 Golden Eagle (cvičná verze)

Křídlo má rozpětí 9,3 metrů a spolu s ocasními plochami opět vychází z typu F-16. Náběžná hrana je sklopná, na odtokové se nachází vztlakové klapky. Chybí křídélka, jejichž funkci přebírá diferencované ovládání vodorovné ocasní plochy. Řízení všech ovládacích ploch je řešeno pomocí systému FBW.

Pohon obstarává jeden proudový motor General Electric F404-GE-102, který i s přidavným spalováním vyvine maximální tah 78,7 kN. Tento motor byl původně vyvinut pro F/A-18 Hornet a byl zvolen z důvodu nízké ceny a dobré spolehlivosti. V celkem sedmi interních nádržích může mít letoun 2655 l paliva.

Výzbroj mohou nést obě verze letounu. Protože A-50 je zamýšlena primárně jako bojová, je standardně vybavena kanonem ráže 20 mm. Obě verze mají dále sedm závěsných bodů pro výzbroj (čtyři pod křídlem, dva na koncích křídla a jeden pod trupem). Nejvyšší celková hmotnost externího nákladu je 3090 kg.

Zahraniční prodej letounu T/A-50 Golden Eagle

Letoun zatím do výzbroje zařadilo pouze letectvo Korejské republiky (ROKAF). Dalším uživatelem se stala korejská akrobatická skupina Black Eagles. Potenciální odbytiště v zahraničí jsou značná, protože stroje F-5 a T-38 jsou hojně užívané. Přesto zatím žádná kupní smlouva uzavřena nebyla. Mezi nejnadějnější zákazníky patří Singapur a Spojené arabské emiráty. Uvažuje se i o nabídce americkému letectvu, které bude brzy zařazovat do výzbroje nové letouny F/A-22A a F-35, u nichž se nepočítá s dvoumístnými přeškolenými verzemi.

Tab. 7: Základní technické údaje (T-50)

Rozpětí	9,3 m
Délka	12,98 m
Výška	4,86 m
Prázdná hmotnost	6390 kg
Maximální vzletová hmotnost	13 370 kg
Nosnost výzbroje	3090 kg
Tah motoru (s přidavným spalováním)	78,7 kN
Maximální rychlost	1840 km/h (Mach 1,5)
Dostup	16 500 m
Dolet s vnějšími nádržemi	2592 km
Stoupavost	201 m/s
Dráha vzletu	345 m
Dráha přistání	707 m
Dovolené přetížení	+8g/-3g
Poměr tah/hmotnost	0,96



Obr. 28: Výkres T-50 Golden Eagle

Přehled vlastností popsaných cvičných letounů

Vybrané typy cvičných letounů budou dále srovnány s typem L-159 ALCA podle následujících parametrů:

- Nejvyšší rychlost
- Dostup
- Dolet
- Poměr tahu motoru k hmotnosti letadla
- Počet závěsných bodů a únosnost nákladu na podvěsech
- Vzletová a přistávací dráha
- Cena letounu

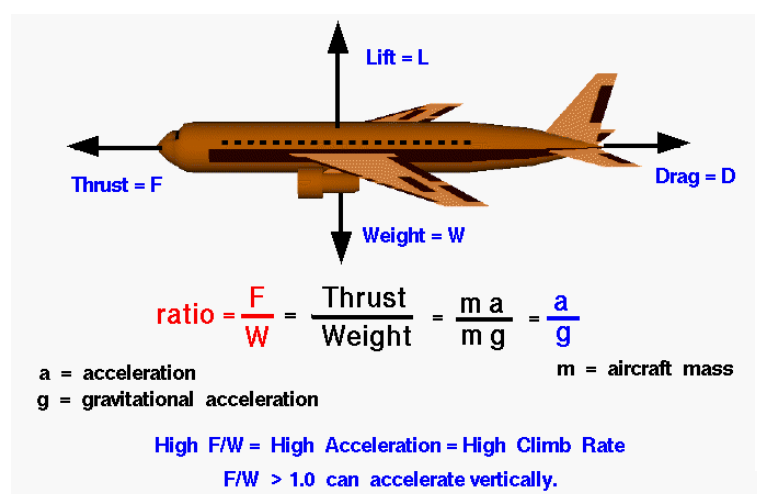
První tři položky byly vybrány, protože poskytují základní informace o operačních schopnostech letounů. Musí představovat kompromis mezi bezpečností a snadnou pilotáží na jedné straně a výkony moderních bojových letounů na straně druhé.

Poměr tahu motoru k hmotnosti letadla je důležitý parametr, který má velký vliv na obratnost stroje za letu a na schopnost dosahovat velkých zrychlení. Snahou je zvýšit tento poměr co nejvíce.

Únosnost nákladu na podvěsech má význam především tehdy, má-li letoun podnikat přelety na dlouhé vzdálenosti, kdy se závěsníky používají k zavěšení přídatných nádrží. V případě, že je prováděn výcvik v používání zbraní nebo je letoun přímo nasazen v boji, je důležitý i celkový počet závěsných bodů.

Vzletová a přistávací dráha ukazuje, jak náročný bude letoun při provozu. Hlavním požadavkem je samozřejmě minimalizace jak startovací, tak i přistávací dráhy. Existuje rovněž tendence je nejen snížit, ale také zabezpečit, že letoun bude schopen operovat z nepevných ploch mimo dobře připravená letiště.

Cena letounu je jeden z hlavních parametrů, které mají vliv na prodejnost letounů. Snahou je pochopitelně udržet pořizovací náklady co možná nejnižší. Níže uvedené srovnání cen je pouze orientační. Pokud některé letectvo už nakupuje nové letouny, pak celková cena kontraktu závisí nejen na jejich počtu, ale i na jejich verzi a dalších okolnostech nákupu. Vzhledem k tomu, že jde o vojenské letouny, hrají značnou roli politické vztahy mezi prodávajícím a kupujícím, existence tzv. offsetových programů apod.



Popis obrázku

ratio – poměr tahu a hmotnosti

thrust (F) – tah motoru

lift (L) – vztlak letounu

drag (D) – odpor

weight (m,W) - hmotnost

g – gravitační zrychlení

a – zrychlení, vliv tahu motoru

Vysoké F/W = vysoké zrychlení

F/W > 1 je možné akcelarovat

vertikálně

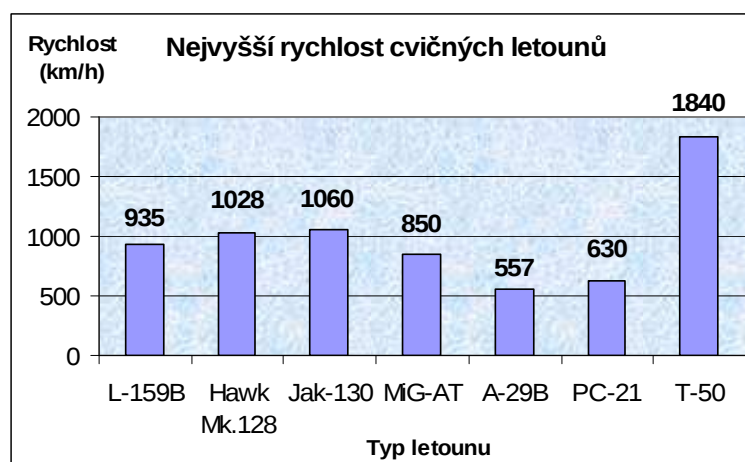
Obr. 29: Přímocharý ustálený horizontální let

Tab. 8: Přehled technických parametrů popisovaných typů

Parametry	L-159B	Hawk Mk.128	Jak-130	MiG-AT	A-29B	PC-21	T-50
<i>Rozměry</i>							
Rozpětí (m)	9,54	9,94	9,72	10,16	11,14	9,11	9,3
Délka (m)	12,72	12,43	11,49	12,01	11,28	11,19	12,98
Výška (m)	4,87	3,98	4,76	4,42	3,97	3,91	4,86
<i>Hmotnosti</i>							
Prázdná (kg)	4350	4480	4500	3300	2420	2270	6390
Maximální vzletová (kg)	8000	9100	9000	5690	5200	4250	13 370
Únosnost nákladu (kg)	2700	3000	3000	2000	1550	1150	3090
<i>Výkony</i>							
Rychlost (km/h)	936	1028	1060	850	557	630	1840
Dostup (m)	13 200	13 565	13 000	15 500	10 670	11 580	16 500
Stoupavost (m/s)	48	47	56	28	24	22	201
Dolet bez vnějších nádrží (km)	1450	1300	2000	1200	1568	927	-
Dolet s vnějšími nádržemi (km)	2530	2520	3330	2600	4820	1612	2592
<i>Ostatní</i>							
Dráha vzletu (m)	440	640	330	540	350	725	345
Dráha přistání (m)	725	605	550	600	550	900	707
Dovolené přetížení (g)	+8g/ -4g	+8g / -4g	+8g/ -4g	+8g / -3g	+7g/-3,5g	+8g/-4g	+8g/-3g
Poměr tah/hmotnost	0,68	0,65	0,85	0,61	-	-	0,96
Cena letounu (miliony USD)	8	10	12	10	5,5	2,7	18

Srovnání letounů podle zvolených kritérií

Obecné výkony – rychlost, dostup a dolet



Graf 1: Srovnání letounů podle rychlosti

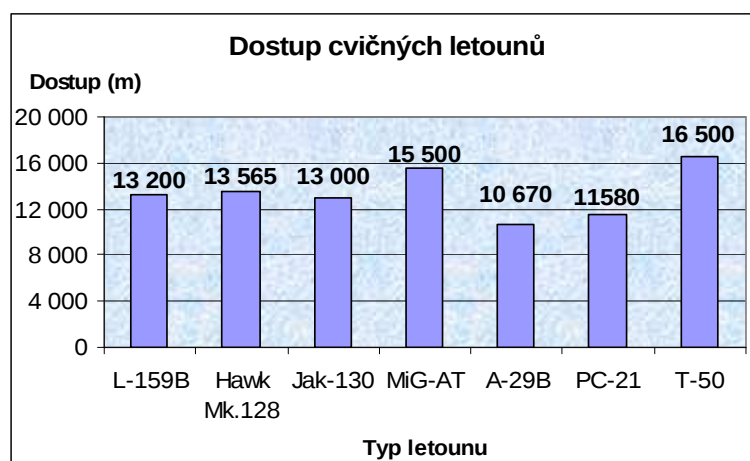
Nejvyšší rychlostí disponuje korejsko – americký stroj T-50 Golden Eagle (Mach 1,5). Ostatní srovnávané typy jsou podzvukové. Z nich nejrychlejší je Jak-130, který však další proudové stroje BAe Hawk Mk.128 a L-159 převyšuje pouze málo. Letouny A-29B a PC-21 se jím vzhledem ke svému pohonu nemohou rovnat.

Příčiny těchto rychlostních vlastností jsou dány určením jednotlivých strojů. L-159A ALCA je navrhován jako plnohodnotný lehký bitevní letoun. Musí tudíž dosahovat patřičných výkonů. Verze B a T1 dosahují stejných výkonů, neboť jsou od verze A odvozeny.

Letouny Hawk a Jak-130 mohou létat nepatrně vyšší rychlostí. Důvodem je prostý fakt, že stejně jako v případě verze L-159B se předpokládá, že na těchto strojích budou trénovat budoucí piloti nadzvukových bojových letounů. Podobná úvaha platí i pro MiG-AT. Ten dosahuje v porovnání se zbývajícími typy poněkud nižší rychlosti, což je dáno jeho jednodušší konstrukcí, aerodynamikou a použitím mnohem slabších motorů.

A-29 Super Tucano je navržen pro provádění hlídkových letů, napadání vrtulníků, malých letadel přepravujících drogy a málo chráněných pozemních cílů. Pro tyto účely je jeho nejvyšší rychlost 557 km/h dostačující (rychlosti vrtulníků a lehkých letadel jen výjimečně přesáhnou 350 km/h).

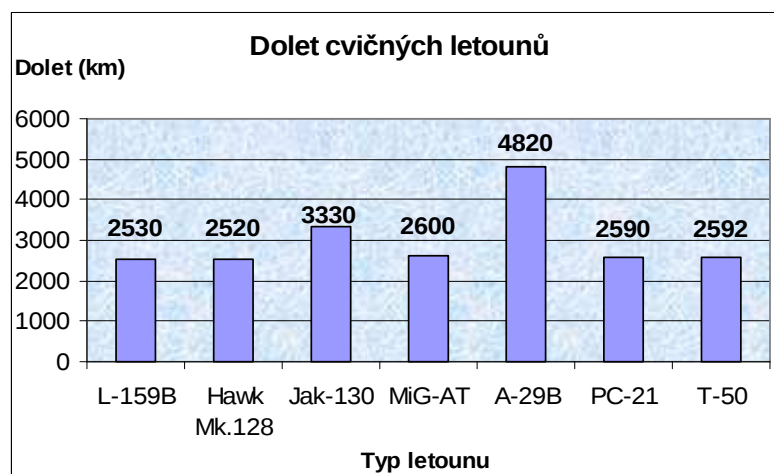
Hlavním úkolem PC-21 je pokračovací výcvik pilotů. Bojové akce se u něj příliš nepředpokládají. Dosahovaná rychlost je proto kompromisem mezi možnostmi vrtulového pohonu, potřebou napodobit bojový letoun a ekonomickým aspektem provozu.



Graf 2: Srovnání letounů podle dostupu

Situace je vzácně vyrovnaná, pokud jde o srovnávání dostupu cvičných letounů. Je nutné upozornit, že v tabulce i v grafu jsou uvedeny hodnoty tzv. praktického dostupu, tedy podle definice výška, v níž letoun může stoupat rychlostí 0,5 m/s. Tato výška činí v případě L-159, Hawku a Jak-130 řádově 13 000 m. Důvodem je opět snaha přiblížit se při výcviku podmínkám provozu bojových letounů. Ty dosahují dostupu kolem 15 000 metrů. I v případě boje s cíly, pro něž jsou zmiňovaná letadla navržena, je jejich dostup dostatečný. Totéž platí pro MiG-AT, který díky své nižší vzletové hmotnosti disponuje větším dostupem. Rozdíl oproti ostatním strojům ale není nijak markantní. Nadzvukový T-50 má samozřejmě nejvyšší dostup díky své vysoké maximální rychlosti.

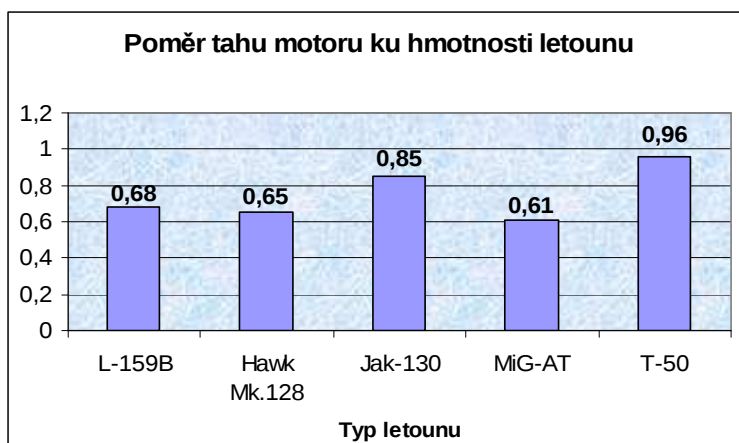
Oba turbovrtulové typy dosahují nižšího dostupu. Důvodem u A-29 je to, že je navržen pro hlídkové lety nad Amazonskými pralesy (A-29A) nebo nad mořem (vyvíjený A-29C) a k těmto účelům je vhodný jeho praktický dostup 10 670 metrů. Pilatus PC-21 má dostup zhruba o 1000 metrů vyšší díky nižší hmotnosti.



Graf 3: Srovnání letounů podle doletu

Při srovnávání letounů podle doletu (v grafu je uváděn dolet s přídatnými nádržemi) dominuje brazilský A-29. Jak už bylo vícekrát zmíněno, jeho posláním je hlídkovat nad rozlehlým územím Brazílie a jejími vodami. Velký dolet a velká vytrvalost jsou pro tento úkol nezbytnými předpoklady. Oproti ostatním letadlům má výraznější dolet Jak-130. Zbývající stroje mají dolet v rozmezí od 2 500 km do 2 600 km a nijak zásadně se neliší. Pokud mají být využity jako cvičné a jako lehké bojové letouny, lze říci, že je to optimální hodnota. Většina ze zmiňovaných typů je navíc schopna provádět doplňování paliva za letu.

Poměr tahu motoru k hmotnosti letadla



Graf 4: Srovnání podle poměru tahu k hmotnosti

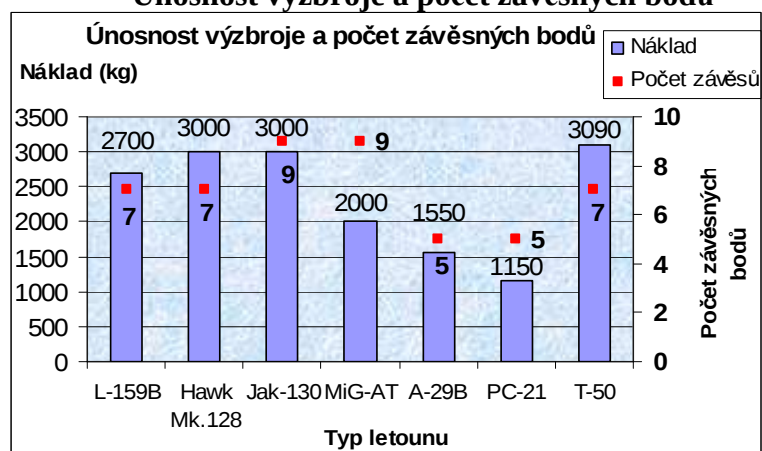
silnější pohonnou jednotku. Je k tomu také zapotřebí přídavné spalování, tedy režim s enormní spotřebou paliva.

Druhý nejvyšší poměr lze najít u Jakovlevu Jak-130. Ten se sice poměru 1 tolik nepřibližuje, ale díky dvěma výkonným motorům má nad ostatními stroji své kategorie jasnou převahu. U zbývajících letounů L-159, Hawk a MiG-AT je tento poměr téměř shodný. Hodnotu 0,6 až 0,8 lze tudíž považovat za průměrnou dosažitelnou pro kategorii lehkých víceúčelových proudových letounů.

Předložený graf ukazuje střední hodnoty poměru tahu motoru k hmotnosti letadla. Tento poměr se za letu (při konstantním tahu) zvyšuje úměrně tomu, jak klesá hmotnost letounu se spotřebovaným palivem, odhozenými přídavnými nádržemi a případně s použitou municí. V současnosti existuje u stíhacích letadel snaha o to, aby tento poměr překročil hodnotu 1.

Také v tomto ohledu nejvyšší hodnoty dosahuje T-50, protože oproti ostatním letounům má nesrovnatelně

Únosnost výzbroje a počet závěsných bodů

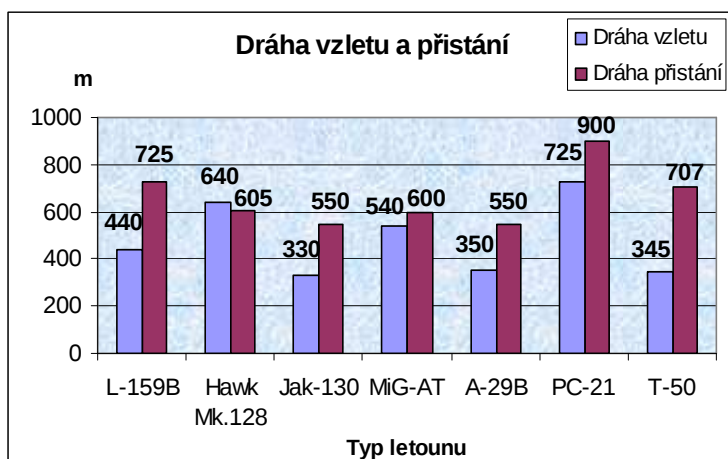


Graf 5: Srovnání podle únosnosti a počtu závěsných bodů

Také v tomto ohledu má převahu T-50 Golden Eagle, ale zcela zanedbatelným rozdílem. Jako nejlepší se jeví ruský Jak-130 s únosností 3000 kg nákladu, který je možno rozložit na devět závěsných bodů. Je tedy zřejmé, že s bojovým použitím letounu se velmi vážně počítá.

Stejnou únosnost má i britský Hawk a velmi podobně je na tom L-159, oba mají sedm závěsníků. Zbývajících stroje už disponují znatelně nižší únosností. V případě MiGu-AT je opět způsobena slabšími motory. U letounu A-29 se nepočítá s útoky na dobře bráněné cíle, takže jeho nosnost 1550 kg nákladu vyhovuje. Relativně nízká únosnost nákladu na letounu PC-21 pak jasně ukazuje, že jeho účelem budou především výcvikové lety a závěsníky budou využívány především pro přídavné nádrže. Kapacita 1150 kg je pro rozsáhlejší výzbroj nedostatečná.

Délka dráhy vzletu a přistání



Graf 6: Srovnání podle délky dráhy vzletu a přistání

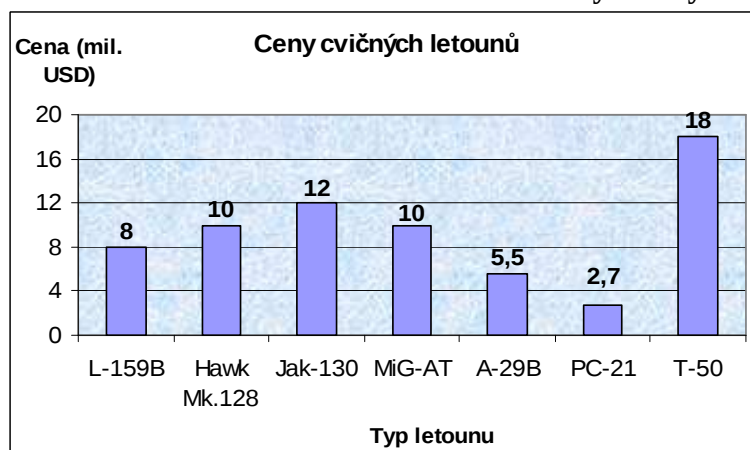
stejně schopnosti má A-29B. U typu A-29B je takto krátká dráha dána předpokladem používání letounu z minimálně zabezpečených základen. Srovnatelné dráhy při startu dosáhne i T-50 díky použití přídavného spalování, ale jeho doběh po dosednutí je více než dvojnásobný.

Typ L-159B má poněkud vyšší délku rozjezdu i přistání. Přesto se při letových zkouškách prokázalo, že letoun může být provozován i na letištích, která nemají pevnou dráhu. Britský Hawk Mk.128 potřebuje poměrně dlouhou vzletovou dráhu. Ve srovnání s L-159 má vyšší vzletovou hmotnost, ale přitom téměř stejně silný motor.

U všech typů je markantní rozdíl mezi délkou rozjezdu při vzletu a délkou dojezdu při přistání. Obrabeče tahu motoru zmiňované letouny nemají. Vrtulové typy A-29 a PC-21 však mohou změnou nastavení listů vrtule reverzovat tah.

Nejmenší délku dráhy vzletu i přistání lze najít u Jaku-130. Téměř

Jednotkové ceny cvičných letounů



Graf 7: Srovnání letounů podle ceny

Nejlevnější z nich je L-159B ALCA. Poněkud dražší jsou stroje Hawk a MiG-AT, nejdražší je Jak-130. Na jeho ceně se podepisuje větší technická náročnost ve srovnání s MiGem-AT, ale také mnohem lepší letové výkony a možnosti. Letoun Hawk má mnoho verzí, některé jsou ve srovnání s provedením Mk. 128 jednodušší a levnější, jiné naopak dražší. Níže se pohybuje cena vrtulových letounů. Vyšší cena letounu A-29B ve srovnání s PC-21 je důsledkem jeho plánovaného využití pro bojové úkoly a tedy nezbytných úprav. Brazílský stroj navíc dosahuje v některých ohledech lepších letových výkonů.

Převážnou část celkové ceny letounu tvoří cena jeho pohonné jednotky a dále cena jeho elektronického vybavení. Pro srovnání – ceny moderních stíhacích letounů se pohybují v řádech desítek milionů USD.

Ve srovnání cenových relací mezi letouny jednoznačně dominuje typ T-50 Golden Eagle.

Ceny podzvukových cvičných letounů se pohybují kolem 10 milionů dolarů za kus.

Závěr

V bakalářské práci Přehled konkurence letounu Aero L-159 ALCA byl vytvořen přehled cvičných a lehkých víceúčelových letounů srovnatelných podle zvolených kritérií s typem L-159 ALCA. U každého letounu je uveden stručný historický vývoj, technický popis, užití daného letounu, technické parametry a jiné informace o možnostech nebo již uskutečněném zahraničním prodeji. Vybrané letouny byly vzájemně porovnány s využitím dostupných technických a jiných parametrů. Lze předpokládat, že popsané typy budou rozšířeny nejvíce.

Z dostupných číselných údajů vychází jako nejlepší letoun Jak-130. Jedná se o novou moderní konstrukci, která svými výkony předčí jiná významná letadla této kategorie, a navíc ji ruské letectvo hodlá zakoupit ve značném počtu. Ale teprve po získání zkušeností z provozu tohoto a dalších strojů bude možné provést jejich hlubší a zasvěcenější srovnání jak po stránce výkonové, tak po stránce provozní. Je tedy možné, že v budoucnu jiní autoři dojdou k jinému a přesnějšímu názoru.

Závěrem této práce je třeba konstatovat, že letoun L-159B ALCA je s uvážením zvolených kritérií strojem naprosto srovnatelným s jinými

Seznam použitých zdrojů

Knižní zdroje

- [1] NICCOLI, Ricardo. *Historie letectví : Od létajícího stroje Leonarda da Vinci po dobytí vesmíru*. Markéta Jílková. 1. vyd.: Rebo Productions, 2003. 319 s. ISBN 80-7234-307-6.
- [2] *All the world's aircraft 2004-2005*. Paul Jackson. United Kingdom: Jane's, 2004. 860 s. ISBN 0 7106 2614 2.

Časopisy

- [3] STOLÁR, Michal, STOLÁR, Martin. Embraer EMB.314 Super Tucano. *Letectví+kosmonautika*. 2006, roč. 82, č. 4, s. 30-39.
- [4] PAVLÁK, René. Amazonský bojovník. *Letectví+kosmonautika*. 2002, roč. 78, č. 13, s. 18-21.
- [5] ODEHNAL, Zdeněk. Pilatus PC-21. *Letectví+kosmonautika*. 2005, roč. 81, č. 5, s. 36-41.
- [6] KOLMANN, Petr. JAK-130. *Letectví+kosmonautika*. 2000, roč. 76, č. 25-26, s. 59-67.
- [7] PALODA, Martin. Jak se rodila ALCA. *Letectví+kosmonautika*. 1997, roč. 73, č. 25-26, s. 22-30.
- [8] KEIJSER, Gerard. Korejská naděje T-50 Golden Eagle. *Letectví+kosmonautika*. 2008, roč. 84, č. 4, s. 44-48.

Internetové stránky

- [9] JUREČKA, Martin. *L-159 Alca* [online]. c2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.military.cz/czech/air/L-159/1159.htm>>.
- [10] *L-159A Pokročilý lehký bojový letoun : Rodina letounů Albatros* [online]. c2004 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.aero.cz/main.php?pageid=92>>.
- [11] *L-159B/T1 Pokročilý cvičný a lehký bojový letoun : Rodina letounů Albatros* [online]. c2004 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WW: <<http://www.aero.cz/main.php?pageid=91>>.
- [12] SOUKUP, Pavel. *L 159 ALCA/Albatros II* [online]. 16.9.2003 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.letectvi.wz.cz/ceskoslo/1159/>>. ISSN 1801-4070.
- [13] *Hawk* [online]. c2006-2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <http://www.baesystems.com/ProductsServices/bae_prod_air_hawk.html>.
- [14] *BAE Hawk* [online]. Wikipedia, 2008, 5.4.2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/BAE_Hawk>.

- [15] GOEBEL, Greg. *The BAE Hawk* [online]. 2000, 1.2.2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.vectorsite.net/avhawk.html>>.
- [16] KUSSIOR, Zdeněk. *Jak/AEM-130* [online]. c2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.military.cz/international/air/Jak-130/jak-130.htm>>.
- [17] *YAK-130 Combat trainer, Russia* [online]. c2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <http://www.airforce-technology.com/projects/yak_130/>.
- [18] *Yak-130* [online]. c2000-2008 , 13.9.2006 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.globalsecurity.org/military/world/russia/yak-130.htm>>.
- [19] RUT, Jan. *Jakovlev Jak-130* [online]. 2006 , 9.10.2006 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.vojsko.net/index.php?clanek=letecka/bitevni/jak130>>.
- [20] GAJZLER, Michal. *Aermacchi M-346* [online]. 2008 , 16.2.2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.militarium.net/viewart.php?aid=284>>.
- [21] *MiG-AT - Advanced Flight and Combat Trainer Aircraft, Russia* [online]. c2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.airforce-technology.com/projects/mig-at/>>.
- [22] *Mikoyan MiG-AT* [online]. Wikipedia, c2008 , 2.4.2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Mikoyan_MiG-AT>.
- [23] *MiG-AT* [online]. c2000-2008 , 22.4.2006 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.globalsecurity.org/military/world/russia/mig-at.htm>>.
- [24] *EMB-314 Super Tucano / ALX Trainer / Light Attack Aircraft, Brazil* [online]. c2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <http://www.airforce-technology.com/projects/super_tucano/>.
- [25] *Embraer EMB-314 Super Tucano* [online]. Wikipedia, c2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Embraer_EMB_314_Super_Tucano>.
- [26] HAYLES, John. *Pilatus PC-21* [online]. c2002 , 20.7.2004 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.aeroflight.co.uk/types/switz/pilatus/pc-21/PC-21.htm>>.
- [27] *PC-21 Twenty-first century training* [online]. Pilatus, [2007] [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.pilatus-aircraft.com/media/Pilatus-PC-21.pdf>>.
- [28] *Korean Aerospace T-50 Golden Eagle* [online]. c2004 , 8.7.2004 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.flug-revue.rotor.com/FRTypen/FRKTX-2.htm>>.
- [29] *T-50 Golden Eagle Jet Trainer and Light Attack* [online]. c2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.airforce-technology.com/projects/t-50/>>.
- [30] *T-50 Golden Eagle* [online]. c2008 , 29.2.2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/KAI_T-50_Golden_Eagle>.

Zdroje obrázků

- [31] Obr. 1: <http://www.tigermoth.co.za/>
- [32] Obr. 2: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/row/alpha-jet.htm>
- [33] Obr. 3: <http://www.airliners.net/photo/Brazil---Air/Aermacchi-MB-326M/1301339>
- [34] Obr. 4: <http://www.airplane-pictures.net/image5698.html>
- [35] Obr. 5: [http://www.airliners.net/open.file?id=1341586&size=L&width=1024& height=695&sok=&photo_nr=](http://www.airliners.net/open.file?id=1341586&size=L&width=1024&height=695&sok=&photo_nr=)
- [36] Obr. 6: http://www.milavia.net/aircraft/l-159/gallery/l-159t1_2.htm
- [37] Obr. 7: http://www.letectvi.wz.cz/ceskoslo/1159/1159_9.jpg
- [38] Obr. 8: <http://www.airliners.net/photo/South-Africa--/BAE-Systems-Hawk/1346472/M/>
- [39] Obr. 9: <http://www.airliners.net/photo/Australia---Air/BAE-Systems-Hawk/1341531/M/>
- [40] Obr. 10: <http://www.airliners.net/photo/USA---Navy/McDonnell-Douglas-T-45A/1025088/M/>
- [41] Obr. 11: http://www.airwar.ru/other/draw/hawk1_sam.zip
- [42] Obr. 12: <http://www.airliners.net/photo/Russia---Air/Yakovlev-Yak-130D/1193318/M/>
- [43] Obr. 13: <http://www.airliners.net/photo/Yakovlev-Design-Bureau/Yakovlev-Yak-130D/0241736/M/>
- [44] Obr. 14: <http://www.yak.ru/PIC/VIEWS/130.gif>
- [45] Obr. 15: <http://www.military.cz/international/air/Jak-130/jak-130.htm>
- [46] Obr. 16: <http://www.airforce-technology.com/projects/mig-at/mig-at3.html>
- [47] Obr. 17: <http://www.airliners.net/photo/Russia---Air/Mikoyan-Gurevich-MiG-AT/0506573/M/>
- [48] Obr. 18: <http://www.patrickaviation.com/forums/?t=1177>
- [49] Obr. 19: <http://www.airliners.net/photo/Brazil---Air/Embraer-A-29B-Super/1350691/M>
- [50] Obr. 20: <http://www.airliners.net/photo/Brazil---Air/Embraer-A-29A-Super/1350692/M/>
- [51] Obr. 21: <http://www.airliners.net/photo/Brazil---Air/Embraer-A-29B-Super/1108226/M/>
- [52] Obr. 22: http://www.embraerdefensesystems.com.br/english/content/combata/tucano_three_view.asp
- [53] Obr. 23: <http://www.aeroflight.co.uk/types/switz/pilatus/pc-21/hb-hza.jpg>
- [54] Obr. 24: <http://www.airliners.net/photo/Pilatus-Aircraft-Ltd/Pilatus-PC-21/1040242/M/>
- [55] Obr. 25: viz zdroj [27]
- [56] Obr. 26: http://www.deagel.com/Trainers-and-Light-Attack-Aircraft/T-50-Golden-Eagle_a000528001.aspx
- [57] Obr. 27: <http://www.airliners.net/photo/Korea-Aerospace-Industries/Korea-Aerospace-T-50/0973227/M/>
- [58] Obr. 28: <http://www.koreaaero.com/>
- [59] Obr. 29: <http://www.grc.nasa.gov>

Lidským zdrojům je věnováno poděkování

Seznam použitých zkratk

AČR	–	Armáda České republiky
ALCA	–	Advanced Light Combat Aircraft
APU	–	Auxiliary Power Unit
CIAF	–	Czech International Air Fest
FADEC	–	Full Authority Digital Engine Control
FBW	–	Fly By Wire
HOTAS	–	Hands On Throttle And Stick
HUD	–	Head-Up Display
IFF	–	Identification Friendly-or-Foe
LIFT	–	Lead In Fighter Training
MFD	–	Multi-Functional Display
MiG	–	Mikojan-Gurjevič
NATO	–	North Atlantic Treaty Organisation
RWR	–	Radar Warning Receiver
SOP	–	Svislá ocasní plocha
USD	–	United States Dollar
VOP	–	Vodorovná ocasní plocha