

VĚDECKÉ SPISY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ

Edice PhD Thesis, sv. 435

ISSN 1213-4198

thesis IS

Ing. Marian Pryszcz

**Možnosti využití
bezpilotních prostředků
pro civilní účely**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

Ing. MARIAN PRYSZCZ

Možnosti využití bezpilotních prostředků pro civilní účely

Practical Utilization of Unmanned Aerial Vehicles for civil use

ZKRÁCENÁ VERZE Ph.D. Thesis

Obor: Konstrukční a procesní inženýrství

Školitel: Doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.

Oponenti: Prof. Ing. Karol Fiľakovský, CSc.
Prof. Ing. Jaroslav Salga, CSc.

Datum obhajoby: 6. 12. 2007

Klíčová slova:

civilní, bezpilotní, prostředek, letadlo, využití, účely, UAV, CUAU

Key words:

Unmanned, Aerial, Vehicle, use, civil, UAV, CUAU

Místo uložení:

VUT v Brně - FSI

Obsah:

1 ÚVOD.....	5
2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	6
3 SOUČASNÝ STAV	7
3.1 Bezpilotní prostředek	7
3.2 Lehké bezpilotní letadlo.....	7
3.3 Civilní americké rozdělení bezpilotních letadel.....	7
3.4 Legislativa.....	8
3.5 Platná legislativa ČR.....	8
3.6 Možné využití civilních bezpilotních letadel	9
3.7 Shrnutí současného stavu	10
3.7.1 <i>Ve světě</i>	10
3.7.2 <i>Stav rozvoje v ČR</i>	10
4 STAV V ČESKÉ REPUBLICE	11
4.1 Provoz	11
4.1.1 <i>Provoz ze stacionárního stanoviště</i>	11
4.1.2 <i>Provoz z mobilního stanoviště</i>	12
4.2 Legislativní požadavky	13
4.3 Výběr letadla.....	14
4.4 Potenciální provozovatelé	15
4.5 Ekonomika provozu	16
5 HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE	19
6 ZÁVĚR.....	20

1 ÚVOD

V současné době je již vyvinuto velké množství bezpilotních letadel. Většinou jsou tato letadla konstruována pro vojenské využití. Je to dáno hlavně tím, že armády jednotlivých států investují obrovské finanční prostředky do vývoje. Bohužel intenzivní rozvoj vojenských BP výrazně nepřispívá k rozvoji BP v civilním letectví. Armády mají jiné priority než civilní uživatelé. Sice existují i bezpilotní letadla, která jsou vyvíjena přímo pro civilní použití, těch je ale mnohem méně. V poslední době se v celosvětovém měřítku stále častěji setkáváme s aktivitami, směřujícími k použití bezpilotních letadel v civilním provozu a společnému sdílení a využívání vzdušného prostoru těmito prostředky s klasickými pilotovanými letadly.

Bylo založeno konsorcium UAVNET, které sdružuje všechny subjekty zabývající se problematikou bezpilotních letadel. UAVNET se snaží podpořit výzkum v oblasti využití bezpilotních letadel v civilním letectví. Tento program je mezinárodní a účastní se ho 25 zemí. Českou republiku reprezentuje VUT Brno - FSI - Letecký ústav. Snahy EU jsou pochopitelné. Vznikají totiž oprávněné obavy, že celý trh ovládne USA. Vychází dokument „UAV Roadmap“, který informuje o vývoji a úspěších v oblasti civilních bezpilotních letadel. Nicméně ve světě ani v ČR do rozvoje civilních bezpilotních letadel neplyne dostatek peněz, který by umožnil výrazný posun vpřed. Proto také rozvoj civilních UAV probíhá jen velmi pomalu.

V některých případech je využití bezpilotních letadel výhodnější oproti klasickým pilotovaným letadlům. Je to hlavně v oblasti, kde hrozí nebezpečí pro piloty (riziko smrti, poškození zdraví vlivem škodlivých látek...) nebo v rutinních, stále se opakujících situacích. V některých případech bude ekonomicky výhodnější využívat bezpilotní letadla.

Z výše zmíněného by se mohlo zdát, že v nejbližší době bude ve vzduchu více bezpilotních než klasických letadel. Opak je ale pravdou. V současné době existuje řada faktorů, které omezují využití bezpilotních letadel v civilním letectví. K hlavním překážkám patří:

- Nedůvěra lidí k novým věcem
- Problém začlenit bezpilotní letadla do vzdušného prostoru
- Letecké předpisy

V nejbližší době se budou muset překonat kritické překážky. Trendem je nevytvářet nové předpisy speciálně pro bezpilotní letadla, ale přizpůsobit bezpilotní letadla tak, aby byla rovnocennými elementy v řízeném vzdušném prostoru. Je jasné, že stávající předpisy se musí poněkud upravit, aby byla bezpilotní letadla schopna úspěšně vykonávat své úkoly.

2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Cílem disertační práce je vytvoření podrobné analýzy současného stavu problematiky rozvoje civilních bezpilotních letadel ve světě a zhodnocení kritických překážek pro další rozvoj. Popsat konkrétní bezpilotní letadla a jejich civilní úkoly, které již v současnosti provádí, dále zhodnotit legislativní překážky a posoudit oblasti, kde by bezpilotní letadla mohla nahradit klasická pilotovaná letadla.

Současně provést analýzu v rámci České republiky. Vytvořit přehled současných českých bezpilotních letadel a popsat, jak probíhá návrh a vývoj nových českých civilních bezpilotních letadel.

Analyzovat konkurenční prostředí České republiky a zamyslet se nad oblastmi, ve kterých by v budoucnosti mohla být civilní bezpilotní letadla úspěšně použita. Dále navrhnout na základě veškerých získaných informací, jak nejkonkrétněji to bude možné, jednotlivé úkoly pro civilní využití UAV. Při návrhu popsat úkoly BP, oblasti legislativy, výběru letadla a jeho provozu.

Na závěr zhodnotit nejvhodnějšího provozovatele a provést stručnou ekonomickou analýzu.

3 SOUČASNÝ STAV

3.1 BEZPILOTNÍ PROSTŘEDEK

Bezpilotní prostředek (UAV, BP)¹ je poháněné letadlo, které na palubě nese pilota. Letí samostatně, nebo je dálkově řízeno. Může být určeno k jednorázovému nebo k opakovanému použití. Nese různorodý náklad, kterým mohou být například senzory pro pozorování. Řízené střely, jako například střela TOMAHAWK, dělostřelecké střely a projektily z různých zbraní se za bezpilotní prostředky nepovažují.

3.2 LEHKÉ BEZPILOTNÍ LETADLO

Podle JAA/EUROCONTROL je lehké bezpilotní letadlo³ (Light UAV system) definováno takto:

- a) je používáno nebo se plánuje používat ve vzduchu
- b) nemá národní nebo mezinárodní certifikaci
- c) maximální vzletová hmotnost nepřekračuje 150 kg
- d) rychlost letu nepřekračuje 130 km/h (70 knots)
- e) nárazová kinetická energie nepřekračuje 95 kJ

3.3 CIVILNÍ AMERICKÉ ROZDĚLENÍ BEZPILOTNÍCH LETADEL

FAA v současné době rozděluje klasická pilotovaná letadla podle různých charakteristik do jednotlivých kategorií (ultralight, balóny ...). Podle DoD¹ se bezpilotní letadla dělí do tří kategorií. Toto rozdělení přirovnává bezpilotní letadla ke stávajícím klasickým letadlům, která splňují požadavky pro provoz v vzdušném prostoru.

Kategorie 1 (Cat I):

Jsou to bezpilotní letadla, která jsou podobná RC modelům. Jedná se o malá letadla, která jsou řízena operátorem na přímou viditelnost. Podobně jak RC modely, které nevytvářejí riziko pro letecký provoz, se tato letadla nebudou muset certifikovat a mít vyškolenou obsluhu.

Kategorie 2 (Cat II):

Do této skupiny patří bezpilotní letadla, která jsou srovnatelná s ultralighty. Jsou to letadla o malé hmotnosti a středních rozměrů. Předpokládá se certifikace, provoz a vyškolení obsluhy za stejných podmínek, jaké mají letadla druhu ultralight.

Kategorie 3 (Cat III):

Do této skupiny patří velká letadla, která se nejvíc podobají klasickým letadlům. Musí splňovat stejné podmínky jako klasická pilotovaná letadla.

3.4 LEGISLATIVA

Cílem leteckých předpisů je zajištění ochrany posádky, cestujících, osob a majetku na zemi. V případě bezpilotních letadel odpadá problém s ochranou posádky a cestujících.

S žádným letadlem není možné létat bez toho, aniž by bylo příslušnou institucí pro provoz schváleno, a proto je potřeba, aby existovaly postupy pro schvalování letové způsobilosti pro všechny kategorie letadel – tzv. certifikaci. Zároveň je nutné, aby byla daná kategorie přesně a jednoznačně vymezena. Takové požadavky je rovněž nutné přenést i na bezpilotní letadla. Tyto postupy, spolu s požadavky leteckých předpisů, by měly vždy zajistit maximální možnou bezpečnost dané letadlové konstrukce a následného provozu letadla.

JAA/EUROCONTROL v současné době pracuje na vytvoření konceptu předpisů pro bezpilotní letadla. Provozní požadavky kladené na bezpilotní letadla musí být stejné jako pro klasická pilotovaná letadla, aby se mohla při svém provozu bez problémů zařadit do vzdušného prostoru a riziko nehody bylo stejné nebo menší, než jaké je u pilotovaných letadel. Trendem je nevytvářet nové předpisy speciálně pro bezpilotní letadla, ale přizpůsobit bezpilotní letadla tak, aby byla rovnocennými elementy v řízeném vzdušném prostoru. Nicméně v některých případech, kde je podstatná odlišnost, se budou muset stávající předpisy upravit nebo vytvořit nové.³

Z pohledu certifikace je vhodné BP rozdělit na dvě skupiny - do 150kg a nad 150kg. Letadla nepřesahující hmotnost 150kg, která nejsou regulována EASA, se mají certifikovat na státní úrovni. Letadla o hmotnosti vyšší než 150kg mají být certifikována na mezinárodní úrovni.

3.5 PLATNÁ LEGISLATIVA ČR

Zákon o civilním letectví 49/1997 sb. § 52 Létání letadel bez pilota

Letadlo způsobilé létat bez pilota může létat nad územím České republiky jen na základě povolení vydaného Úřadem pro civilní letectví se sídlem v Praze (dále jen "Úřad") a za podmínek v tomto povolení stanovených. Úřad povolení vydá, nebude-li ohrožena bezpečnost létání ve vzdušném prostoru.

Úmluva o mezinárodním civilním letectví (Chicagská úmluva), článek 9

Žádné letadlo, které je způsobilé být řízeno bez pilota, nesmí létat bez pilota nad územím smluvního státu, leč se zvláštním zmocněním tohoto státu a v souhlase s podmínkami takového zmocnění. Každý smluvní stát se zavazuje zajistit, aby let takových letadel bez pilota byl v oblastech, přístupných civilním letadlům, řízen tak, aby bylo vyloučeno nebezpečí pro civilní letadla.

Jak je vidět, oblast legislativy v České republice není nijak rozsáhlá. Podle mého názoru je to dáno tím, že požadavky se budou stanovovat až na konkrétní letadlo, které se bude využívat pro civilní provoz. Tento stav se rychle blíží, v ČR se již za pomoci grantů uskutečňuje vývoj civilních bezpilotních letadel.

3.6 MOŽNÉ VYUŽITÍ CIVILNÍCH BEZPILOTNÍCH LETADEL

Předpokládané využití civilních bezpilotních letadel můžeme rozdělit do pěti základních skupin³. Některé úkoly by se teoreticky daly plnit již v současnosti, ale existuje řada těch, které jsou v současnosti nereálné a na jejich splnění si budeme muset ještě počkat.

Pozorování

Jsou to bezpilotní prostředky, určené pro optické pozorování nebo sledování objektů a událostí.

Shazování materiálů

Tyto bezpilotní prostředky jsou navrženy tak, aby bylo možno shazovat materiál nebo rozprašovat tekutiny.

Náhrada družic a vysílačů

Bezpilotní prostředky, které dokáží setrvat v pevném bodě a po určitý čas zabezpečovat nad rozsáhlým územím pokrytí telefonním a televizním signálem.

Nákladní doprava

Speciální bezpilotní prostředky určené pro rozvoz nákladu a poštovních zásilek. V daleké budoucnosti se předpokládá i přeprava osob.

Jiné použití

Do této kategorie patří bezpilotní prostředky, které se nedají zařadit do předchozích čtyř kategorií.

3.7 SHRNU TÍ SOUČASNÉHO STAVU

3.7.1 Ve světě

V současnosti se v celosvětovém měřítku problematika civilních bezpilotních letadel zastavila, jsou sice vytvořené speciální komise v rámci ICAO, EUROCONTROL ... ale vývoj v oblasti civilních bezpilotních letadel postupuje jen pomalu. Opačná situace je na národní úrovni, kde je vidět postupný rozvoj. V několika státech jsou již civilní úkoly pomocí BP plněny, v řadě dalších států se na vytvoření podmínek pro civilní provoz intenzivně pracuje. Pomocí těchto aktivit se postupně zasahuje do různých částí problematiky civilních BP (certifikace, vyhýbání se srážkám, integrace ...) Získané zkušenosti se předávají vytvořeným komisím pro rozvoj civilních bezpilotních letadel, ty všechny informace shromažďují a analyzují. Postupně se tak zaplňují neprozkoumané oblasti, ale až když bude většina problémů vyřešena a ověřena, dojde k vydání jednotných celosvětových požadavků a doporučení. Tyto předpisy způsobí velmi intenzivní zrychlení rozvoje civilních BP. Proto již v dnešní době řada výrobců provádí vývoj a výrobu civilních bezpilotních letadel. Právě jejich výrobky budou pak mít na trhu velký náskok.

3.7.2 Stav rozvoje v ČR

V současnosti se rozvoj civilních bezpilotních prostředků v České republice zastavil a nedochází k žádným změnám. Důvodem je, že jsme se dostali do uzavřeného kruhu mezi výrobcí, provozovateli a leteckými úřady.

Výrobci nemají odvahu investovat do nákladného vývoje nového civilního bezpilotního letadla ze dvou důvodů. Nejsou jasně určeny legislativní podmínky a tak i když bude úspěšně dokončen vývoj, nejsou žádné záruky, že BP bude umožněn provoz ve vzdušném prostoru ČR. Neexistuje poptávka potenciálních uživatelů, která by přinášela vizi zisků a motivoval výrobce k vývoji a následné výrobě.

Provozovatelé nemají zájem o využití bezpilotních letadel protože jim nikdo nenabízí hotové BP. A když je někdo nabízí, tak není schopen zaručit, že budou opravdu provozuschopné ne z technického hlediska, ale z důvodu neexistence legislativy. Jen těžko se bude provozovatel finančně podílet na vývoji nebo si zakoupí hotový civilní BP, když nebude mít jistotu, že mu bude umožněn provoz.

ÚCL se snaží zabezpečit optimální legislativní podmínky pro provoz civilních bezpilotních prostředků, ale chybí konkrétní požadavky ze strany uživatelů a výrobců. Je potřeba konkrétní bezpilotní letadlo s úkolem, který má plnit. Pak bude možno stávající legislativu upravit nebo doplnit.

Tím se dostáváme do uzavřeného kruhu. Aby byl uzavřený kruh prolomen bude muset jeden ze tří subjektů podstoupit finanční riziko a iniciovat další rozvoj v podmínkách ČR. Jenom v České republice probíhají tři granty na vývoj civilního

bezpilotního letadla. Finanční riziko tak na sebe z velké části vzala ČR. Při optimistickém pohledu budou do roku 2010 hotové tři varianty ryze českých civilních bezpilotních letadel. Z pohledu certifikace v podstatě pokrývající všechny kategorie (do 20kg, do 150kg, nad 150kg). Při velmi pesimistickém pohledu bude dokončen vývoj alespoň jednoho BP. Navíc vývoj civilních bezpilotních letadel ve světě pokračuje velmi rychle. V každém případě podle mého názoru bude uzavřený kruh prolomen ze stany výrobců a nastane zásadní změna, rozvoj problematiky civilních bezpilotních letadel se rapidně zrychlí a postupem času se bude velmi intenzivně rozvíjet.

4 STAV V ČESKÉ REPUBLICE

Podle mého názoru se budou civilní bezpilotní prostředky v podmínkách České republiky nejdříve využívat pro účely státní správy. Nasvědčuje tomu i fakt, že kromě Japonska, kde se BP využívají hlavně v zemědělství, se BP využívají pro státní účely. Nemá smysl se zabývat takovými úkoly jako je třeba přeprava osob, které bude možné plnit nejdříve za 20, 30 nebo dokonce až 50 let. V ekonomických podmínkách ČR nemá smysl se zabývat vysoce nákladnými projekty využití civilních bezpilotních prostředků, jakými jsou například náhrada družic a vysílačů. V této kapitole vypracovaný přehled možného civilního využití nemusí být kompletní, věřím že postupně s vývojem BP se objeví řada dalších možností, kde se BP v budoucnu uplatní. Je to pouze seznam úkolů, které by se s největší pravděpodobností daly v dohledné době pomocí BP plnit.

4.1 PROVOZ

Civilní bezpilotní letadla by mohla být provozována dvěma způsoby. Buď z pevného stanoviště, kterým by mohlo být například malé letiště aeroklubu, malý vyhrazený prostor na letišti, nebo jiná plocha vhodně upravená pro provoz UAV. Alternativou by byl provoz mobilní, kde by základna byla v nějakém komplexu budov. Bepilotní letadlo by se přivezlo poblíž místa, kde bude plnit stanovený úkol a pak by se zahájil provoz. Obě řešení mají své silné a slabé stránky. Dalším řešením by byla vhodná kombinace pevného a mobilního stanoviště.

4.1.1 Provoz ze stacionárního stanoviště

První možností by byl provoz z několika pevných stanovišť. Podle doletu bezpilotních letadel a velikosti sledované plochy by byl stanoven potřebný počet stanovišť. Toto řešení je lepší v případě, kdy musí být bezpilotní prostředek nasazen okamžitě a zpoždění znamená podstatnou ztrátu na majetku nebo ztrátu lidského života. Hlavní výhodou je RYCHLOST při uplatnění civilního bezpilotního

prostředku. Nevýhodou budou ale legislativní požadavky, které jsou podle mého názoru v současné době hlavní překážkou v rozvoji civilních UAV. Letadlo provozované z pevného stanoviště bude muset doletět na své místo určení. Je jasné, že když bude provozováno bezpilotní letadlo pouze nad zemědělským polem, budou na něj kladeny mnohem menší požadavky na bezpečnost a spolehlivost než na letadlo provozované nad hustě zastavěnou oblastí. V případě havárie nad polem nedojde k žádným závažným ztrátám, jestliže neuvažujeme případ, kdy je prováděno chemické ošetření polí a v důsledku havárie by mohlo dojít k ekologické katastrofě. Nad městem je ale situace odlišná. Je pravděpodobné, že havárie způsobí materiální škody, ne-li ztráty na lidských životech. Jistým řešením by bylo zvolení takové trasy letu, která by se vyhýbala zastavěným plochám, to ale zase způsobí zpoždění. Navíc bezpilotní letadla budou muset mít větší dolet a tím i větší rozměry a hmotnost – čím větší hmotnost, tím problematičtější certifikace. Dalším problémem je separace ostatních uživatelů vzdušného prostoru. Při nouzovém nasazení by se musel vzdušný prostor dočasně uzavřít pro ostatní uživatele. Poslední, ale možná nejpodstatnější nevýhodou jsou vysoké náklady. A to jak v pořizovací ceně, kdy je velmi pravděpodobné, že čím větší letadlo, tím větší cena, tak i v provozních nákladech při delším letu, zabezpečení spojení atd.

4.1.2 Provoz z mobilního stanoviště

Druhá možnost je provoz z mobilního stanoviště. Jestliže civilní bezpilotní letadlo dovezeme automobilem až k místu, kde bude vykonávat svůj úkol, bude ve většině případů stačit menší letadlo. V případě středně dlouho trvajících úkolů (několik hodin až 1 den) není problém, aby co nějaký čas letadlo přistálo a byly doplněny pohonné hmoty, přenastaveno vybavení... Tím se ušetří značná část nákladů a silnou stránkou tohoto řešení budou **NÍZKÉ NÁKLADY** a **JEDNODUŠŠÍ CERTIFIKACE**. Plnění civilních úkolů z mobilního stanoviště bude vhodnější tam, kde se o potřebě nasazení civilních UAV bude vědět s předstihem. S předstihem se taky bude muset požádat o uzavření prostoru vydáním NOTAMů. Dále existují dvě možnosti provozu. První je provoz na přímou viditelnost, kde operátor bude v podstatě ovládat dražší RC model. Nebude tak muset být zajištěn přenos dat v reálném čase a bude potřebné pouze zajištění spojení s řídicími mechanismy letadla. Přenos dat bude postačující pouze v jednom směru, a to od operátora k letadlu. V případě snímání se potřebná data získají až po přistání. Druhá varianta je provoz mimo přímou viditelnost, kde bude muset být zajištěno oboustranné spojení s nutností přenosu dat v reálném čase. Když pilot operátor neuvidí na letadlo musí v každém případě mít údaje o letadle (výška, poloha, rychlost, pohled z přehledové kamery...) jinak by nemohl bezpilotní letadlo řídit.

4.2 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY

Obecně můžeme uvažovat, že požadavky na bezpečnost a spolehlivost se zásadně budou lišit podle hmotnosti (velikosti) letadel a podle území, kde bude letadlo provozováno. Nejnižší požadavky budou kladeny na provoz letadel srovnatelných s modely. Využití této kategorie letadel je možné již dnes. Naopak při použití letadel s hmotností srovnatelnou s velkými dopravními letadly budou požadavky mnohokrát vyšší. Když dojde k havárii lehkého letadla vážícího 15 kg a třeba letounu Global Hawk, jehož hmotnost je přibližně 11500 kg, budou následky havárie nesrovnatelné. Proto si myslím, že z pohledu leteckých předpisů je pravděpodobnější využití civilních bezpilotních letadel o nízkých hmotnostech před většími letadly.

Dalším faktorem, který bude pravděpodobně ovlivňovat požadavky na spolehlivost, bude to, nad jakou oblastí bude letadlo provozováno. Jestliže mají letecké předpisy ochraňovat lidské životy a majetek, tak logicky v případě, kdy bude letadlo létat pouze nad prázdnou loukou, by měly být kladeny nižší požadavky na spolehlivost než na letadlo, které bude pořizovat televizní záznam na fotbalovém stadionu, kde se v blízkém okolí pod letadlem nachází 40 000 lidí. Je velmi pravděpodobné, že v počáteční fázi rozvoje bude mít letadlo povolení létat jen za určitých omezení. Jako příklad uvedu sledování polí pro zemědělce, kde by mohla platit následující omezení: Letadlo musí být provozováno na přímou viditelnost, pouze nad plochou pole, v žádném případě nemůže letoun vletět nad zastavěnou oblast, nebude možno létat nad lidmi provádějícími jakoukoliv činnost, pro každý vzlet bude nutné ohlášení/povolení, dále výškové a rychlostní omezení provozu. Takto omezený provoz dočasně znehodnocuje řadu výhod, které civilní UAV nabízejí. Ale získají se tím zkušenosti s civilním provozem, které jsou nutné pro další rozvoj.

V České republice jsou 4 třídy vzdušného prostoru. Jsou to třídy C, D, E, G, kde třída C je třídou nejvyšší. Čím vyšší třída vzdušného prostoru, tím jsou větší požadavky na palubní vybavení letadel. Bude nutností vhodně zvážit, ve které třídě vzdušného prostoru bude civilní bezpilotní letadlo provozováno. Většina malých bezpilotních prostředků má malé užitečné zatížení a požadované palubní vybavení by ho často svou hmotností přesahovalo. Při nasazení větších UAV by bylo možno vyhovět požadavkům kladeným na klasická pilotovaná letadla, ale vzhledem k hmotnosti bude problematičtější certifikace a navíc větší letadlo rovná se větší pořizovací náklady. Navíc když si uvědomíme, že malá bezpilotní letadla s hmotností nepřesahující 20 kg mají užitečné zatížení cca 2-4 kg, tak není možné, aby s požadovaným palubním vybavením vůbec vzlétla. Budou muset být vytvořena alternativní řešení, která budou muset být schválena ÚCL (např. navigace pouze pomocí GPS nebo inerciálního systému).

Přímou souvislost s třídami vzdušného prostoru má to, jestli letadlo bude létat podle pravidel VFR (pravidla letu za viditelnosti) nebo IFR (pravidla letu dle přístrojů). Při létání podle pravidel VFR je nejjednodušším řešením provoz na přímou viditelnost, kdy pilot – operátor může uplatňovat princip „see and avoid“.

V ostatních případech to už není tak jednoduché. Ostatní letadla létající podle pravidel VFR a sdílející společný vzdušný prostor nemusí být vybavena standardním protisrážkovým zařízením. Tato letadla jsou pak pro bezpilotní letadlo neviditelná. Bepilotní letadla budou v budoucnu muset být schopná detekovat ostatní uživatele vzdušného prostoru. Řešením je dočasné uzavření části vzdušného prostoru, kde budou bezpilotní letadla plnit úkol, ostatním uživatelům. Další možností, která je ale technologicky a ekonomicky náročnější, je vybavení bezpilotního letadla optickou kamerou, která bude snímat celý prostor kolem letadla. Získaná data se pak přenesou do pozemní řídicí stanice a pilot operátor bude sledovat okolí kolem letadla, podobně jako u pilotovaných letadel. Pro zvýšení bezpečnosti budou tyto systémy vybaveny software, který bude automaticky detekovat a upozorňovat na pohyblivé cíle ve vzduchu. Alternativou je možnost vybavení letadla senzory, které budou detekovat ostatní letadla. Vyhýbání se srážkám bude prováděno buď automaticky nebo manuálně operátorem, podle toho, jestli BP bude v automatickém nebo manuálním režimu. Tento přístup je mnohem složitější a nákladnější. Bepilotní letadla budou muset být viděna ostatními uživateli vzdušného prostoru. Při malých lehkých letadlech to by mohl být problém a proto by se musel nějakým způsobem omezit provoz.

Při provozu podle pravidel IFR budou muset být BP vybaveny stejnými zařízeními jako klasická pilotovaná letadla, z důvodu zajištění komptability mezi všemi uživateli vzdušného prostoru. Provoz podle pravidel IFR se dá předpokládat pouze v případě velkých bezpilotních letadel. Myslím si, že v nejbližší budoucnosti bude provoz podle VFR, a to většinou pouze v dočasně uzavřených částech vzdušného prostoru (dočasně omezený prostor – Time selected Area) .

4.3 VÝBĚR LETADLA

Při výběru letadla se bude rozhodovat podle dvou kritérií. Prvním bude kategorie letadel (podle vzletové hmotnosti) druhým bude typ letadla (letoun, vrtulník případně vzducholod'). Při výběru letadla podle vzletové hmotnosti se zákonitě musí zohlednit plánované nasazení letadla. Jen těžko se bude hasit požár letounem, který má užitečné zatížení 2 kg. Výběr bezpilotního letadla „Kategorie I“ (velikost RC model) bude pravděpodobně přinášet snadnější certifikaci, snadnější schválení provozu a mnohem menší náklady. Slabou stránku těchto letadel je jejich malé užitečné zatížení. Právě malé užitečné zatížení bude znemožňovat nasazení těchto letadel pro plnění široké škály úkolů. Pomocí letadel této kategorie budou pravděpodobně získávána pouze vizuální data a ta navíc nebudou ve většině případů přenášena v reálném čase. Provoz bude na přímou viditelnost.

V případě použití letadel „Kategorie II“ (velikost ultralight) bude obtížnější vyhovět požadavkům na certifikaci a schválení provozu. Navíc pořizovací a provozní náklady budou vyšší. Civilní bezpilotní letadla s užitečným zatížením až

35 kg budou moci být vybavena kvalitnějším palubním vybavením umožňujícím plnit mnohem větší škálu úkolů, přenášet data v reálném čase, být provozována mimo přímou viditelnost a také být vybavena systémy pro automatický vzlet a přistání. K nasazení největších letadel „Kategorie III“ dojde podle mého názoru bude až v budoucnosti, kdy již bude ověřen provoz menších UAV. Tato největší a samozřejmě i nejdražší letadla budou muset být vybavena speciálním protisrážkovým systémem. Tím jim také bude pravděpodobně umožněn provoz ve vzdušném prostoru bez jakýchkoliv omezení za pravidel VFR a IFR. Až nasazení těchto letadel ukáže naplno všechny výhody a bezpilotních letadel a jejich přínos pro společnost.

Podle specifických úkolů, které budou civilní bezpilotní letadla plnit, se bude volit typ letadla. Nejrozšířenější jsou bezpilotní letouny. I přes to, že provoz je nákladnější a obtížnější, bude v některých situacích využití bezpilotních vrtulníků výhodnější. Nabízí se i možnost využití bezpilotních vzducholodí, ty jsou energeticky nenáročné. Navíc jsou lehké - tím by měla být snadnější certifikace. Na svou hmotnost jsou poměrně rozměrné a ostatní uživatelé vzdušného prostoru by neměli mít problém je spatřit.

4.4 POTENCIÁLNÍ PROVOZOVATELÉ

První možností je řešení, kdy bezpilotní prostředky bude provozovat stát. Provozovatelem by mohla být Policie ČR, Hasičský záchranný sbor, Armáda ČR, případně nějaká jiná organizace podléhající kontrole státu. Jestliže bude provozovatelem stát, bude pro něj mnohem jednodušší prosadit výjimky v legislativních požadavcích. Pro účely státních složek nejsou ekonomické aspekty na prvním místě, pro zajištění bezpečnosti obyvatelstva je mnohem důležitější užitečná hodnota, kterou použití civilních bezpilotních letadel přinese. S největší pravděpodobností nebude stát provozovat bezpilotní prostředky pro komerční využití (práškování, kontrola elektrického vedení ...), ale pouze pro potřeby státu (policie, hasiči, kontrola dotací...). Státní složky mohou používat buď speciální UAV určené pouze pro plnění konkrétního úkolu, nebo univerzální UAV, které budou plnit širokou škálu úkolů. To bude závislé na zvoleném přístupu.

Druhou možností je, že provoz bude zabezpečovat komerční firma, ale pouze pro své potřeby. V takovém případě by provozovatelem mohla být přímo zemědělská družstva, GEODIS, firmy, které se zaměřují na kontroly inženýrských sítí atd. Ty by v podstatě neprováděly komerční činnost na základě objednávek na letecké práce, ale pomocí flotily vlastních bezpilotních prostředků by pokrývaly pouze své vnitřní potřeby. S největší pravděpodobností bude letadlový park tvořen jedním nebo více UAV, které bude přizpůsobeno pouze pro konkrétní úkol. Nevýhodou je, že provoz

bezpilotních letadel si budou moci dovolit pouze ekonomicky silné firmy, ostatní si budou muset požadovanou službu zaplatit u externích firem.

Třetí možností je, že provozovatelem bude firma, jejímž posláním bude přímo uspokojovat potřeby zákazníků na trhu pomocí civilních bezpilotních letadel. Mohla by to být nově založená firma nebo výrobce bezpilotních letadel, např. VTÚL. V případě, že provozovatelem by byl přímo výrobce, odpadají problémy s zajišťováním oprav a údržby. Další výhodou je, že výrobci již mají velké zkušenosti s provozem. Komerční firma bude oslovovat zákazníky a nabízet jim své služby. V případě vzniku komerční firmy v nejbližší budoucnosti bude tato firma nejspíše vlastnit pouze univerzální civilní bezpilotní komplety, aby byla schopna zabezpečit co největší škálu leteckých prací. Optimální by bylo, kdyby firma vlastnila více druhů bezpilotních letadel, a každý typ by byl určen pro jiné účely. Povož z mobilního a stacionárního stanoviště s vhodnou kombinací kategorií letadel by přinesl úsporu na provozních nákladech. Takovéto řešení je ale velmi náročné na pořizovací náklady.

4.5 EKONOMIKA PROVOZU

Jak již bylo dříve zmíněno, většina bezpilotních kompletů se používá pro vojenské účely. Pro armády nejsou ekonomické aspekty až tak důležité, mnohem víc se zajímají o letové vlastnosti BP. Navíc vojáci neposkytují podrobné informace o pořizovacích a provozních nákladech, proto také ekonomická část práce je pouze obecná a měla by sloužit pouze jako příklad, jak situace v budoucnosti mohla vypadat.

Policie ČR v roce 2006 provedla⁹ 12944 letů s celkovou dobou 3981 letových hodin. Jestliže cena letové hodiny vrtulníku se pohybuje kolem 80 000 Kč dostaneme se na částku 318480000 Kč (3981*80000). Policie ČR ve svých publikovaných informacích neuvádí podrobnosti o provedených letech. Bohužel tak nelze objektivně posoudit, kolik procent z prováděných letů by se dalo nahradit pomocí civilních bezpilotních letadel. Ale při částce kolem 320 milionů korun, kterou ročně vydává Česká republika, si myslím, že v ČR je prostor pro využití civilních BP pro úkoly státních složek.

Jen málo výrobců bezpilotních letadel poskytuje informace o nákladech, proto také pro srovnání použiji bezpilotní vrtulníky R-max a CAMCOPTER S-100. Ty budu srovnávat s vrtulníkem Schweizer MODEL 333.

Pořizovací náklady

Schweizer 333	10 000 000 Kč
Camcopter (celý systém)	28 000 000 Kč
R-max (celý systém)	21 000 000 Kč
R-max (pouze vrtulník)	1 800 000 Kč

Když srovnáme cenu menšího klasického vrtulníku a bezpilotního vrtulníku, vidíme, že celý bezpilotní komplet je finančně mnohem náročnější. Je to způsobeno hlavně tím, že většina bezpilotních letadel je vyráběna pouze ve velmi malém množství. Není tak využita úspora z rozsahu výroby. V budoucnosti, až bude civilní využití bezpilotních letadel běžné, bude i jejich cena pochopitelně mnohem nižší. Dalším faktem, který si musíme uvědomit, je to, že letadlo (drak, motor) tvoří pouze poměrně malou část z celkové ceny. Většina finančních prostředků je investována do palubního vybavení a pozemní řídicí stanice. V případě bezpilotního systému R-max tvoří letadlo pouze kolem 10% z celkové ceny. Při provozu dochází hlavně k fyzickému opotřebením letadla, morální opotřebením pozemní řídicí stanice a palubního vybavení probíhá mnohem pomaleji. V případě havárie hlavně nedojde k usmrcení posádky, dále bude poškozeno pouze letadlo a část jeho palubního vybavení.

Provozní náklady

Schweizer 333	15 000 Kč/h
Camcopter	4 500 Kč/h

Cena letové hodiny vrtulníku je přibližná cena, kterou si účtují provozovatelé v ČR a obsahuje již v sobě marži. Cena letové hodiny UAV je cena, kterou udává výrobce, a musí být ještě navýšena o zisk.

Výcvik pilota/operátora

Vrtulník	1 500 000 Kč
UAV (přímá viditelnost)	25 000 až 75 000 Kč
UAV	350 000 až 500 000 Kč

Výcvik pilota vrtulníků provádí v ČR například firma DELTA SYSTEM-AIR a.s.. Pro získání kvalifikace Obchodní pilot vrtulníku musí mít nalétáno minimálně 150 hodin. Při ceně cca. 10000 Kč/h se pohybuje celková cena výcviku kolem 1500000 Kč.

Požadavky na výcvik operátora ještě nejsou stanoveny pomocí předpisů. Podle druhu provozu civilních bezpilotních letadel se musí výcvik rozdělit na dvě skupiny. Pro provoz pouze na přímou viditelnost a pro provoz mimo přímou viditelnost. Při

provozu na přímou viditelnost nebudou náklady na výcvik vysoké. Bude se v podstatě jednat o řízení složitějšího RC modelu. Předpokládám náklady na výcvik 25000 až 75000 Kč. V případě provozu mimo přímou viditelnost bude muset mít operátor alespoň výcvik soukromého pilota (případně jiný kurz, vytvořený speciálně pro UAV) plus výcvik pro zvládnutí ovládání civilního bezpilotního letadla. Celkové náklady odhaduji 350000 až 500000 Kč. Z této ceny bude tvořit cca. 250000 Kč výcvik soukromého pilota.

Mzda pro operátora bude samozřejmě nižší. Jednak z důvodu nabídky a poptávky, kde v první fázi rozvoje nebude pravděpodobně problém najít zaměstnance z řad vášnivých modelářů, kteří by tuto práci vykonávali za přiměřenou mzdu. Výše mzdy se bude odvozovat od platu pilotů klasických letadel pomocí poměru mezi náklady na výcvik pilota letadla a operátora UAV.

5 HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE

Teoretické přínosy disertační práce

Tato disertační práce se komplexně zabývá problematikou rozvoje civilních bezpilotních letadel v podmínkách České republiky. Poskytuje ucelený přehled o současném stavu tohoto odvětví jak ve světě, tak i v naší republice. Při využití všech poznatků, které jsou v současnosti dostupné, vytváří vizi dalšího rozvoje, použití a rozšíření civilních bezpilotních letadel do řady oblastí, ve kterých se v dnešní době používají klasická pilotovaná letadla.

Praktické přínosy disertační práce

Na základě získaných informací lze stanovit konkrétní oblasti, ve kterých civilní bezpilotní prostředky naleznou s největší pravděpodobností uplatnění. Analýza podmínek pro možný rozvoj civilních bezpilotních prostředků v podmínkách České republiky by mohla potenciálním provozovatelům posloužit jako zdroj cenných informací a poskytnout jim podněty k zamyšlení nad kritickými překážkami při provozu civilních BP. Podobně by zpracované informace mohly poskytnout výrobcům bezpilotních letadel inspiraci k návrhu ryze civilního bezpilotního letadla.

Dále získané poznatky a výsledky lze využít pro zadání dalších již mnohem konkrétnějších témat prací na půdě VUT v Brně.

6 ZÁVĚR

V současné době se bezpilotní prostředky používají hlavně pro vojenské účely. Většina armád již BP vlastní a jejich nasazení v různých operacích prokázalo, že jejich využití je velmi efektivní a v současnosti již nenahraditelné.

V civilní sféře se ještě nepodařilo přesvědčit potenciální uživatele o řadě výhod, které by nasazení bezpilotních prostředků přineslo. K masivnímu rozvoji nedochází z důvodu, že do výzkumu civilních bezpilotních letadel neplyne dostatečný objem finančních prostředků. V současné době ve světě vývoj postupuje jen pomalu vpřed, ale dá se předpokládat, že po dosažení určité úrovně poznatků dojde k velmi rychlému rozvoji v této oblasti.

Je důležité, aby i v České republice bylo vynakládáno úsilí o rozvoj civilních bezpilotních letadel. Pokud by nedocházelo k žádnému postupu ve výzkumu této oblasti, Česká republika by zůstala daleko za ostatními státy a tento rozdíl by se jen těžko podařilo eliminovat. Proto si také myslím, že jakýkoliv nový poznatek z problematiky civilních UAV je přínosem a příslibem následného rozvoje.

V práci se sice nepodařilo navrhnout jeden konkrétní úkol, a to z důvodu nedostatku informací, ale byl vypracován seznam možných oblastí, kde by se v České republice v budoucnosti mohly bezpilotní letadla použít. Co nejkonkrétněji byla vypracována vize jak by v budoucnosti mohlo vypadat začlenění bezpilotních letadel do civilního sektoru.

Použitá literatura

- 1] <http://www.military.com>
- 2] <http://www.euro-uvs.org>
- 3] *UAV TASK-FORCE Final Report* [document pdf], EU: JAA/EUROCONTROL, 2004. 320s
- 4] *European Civil Unmanned Air Vehicle Roadmap VOLUME 3* [document pdf], EU: UAVNET/CAPECON/USICO, 2005. 192s
- 5] www.yamaha-motor.co.jp
- 6] <http://www.uavnet.com/>
- 7] <http://www.mvcr.cz/casopisy/policista/2006/09/camcopt.pdf>
- 8] <http://www.schiebel.net>
- 9] Odborné časopisy vydávané Ministerstvem vnitra, <http://www.mvcr.cz/casopisy/>
- 10] *Technický Týdeník*, Praha: Springer Media CZ, www.techtydenik.cz
- 11] <http://www.eurocontrol.int/>
- 12] <http://www.pbs.org/wgbh/nova/spiesfly/uavs.html>
- 13] <http://www.israeli-weapons.com>
- 14] http://www.global-defence.com/2003/schiebel_03.htm
- 15] *Air Traffic Management Uspořádání letového provozu*, Kulčák L. a spol, 2002, CERM, s.315, ISBN 80-7204-229-7
- 16] *USICO - Airworthiness Certification Survey*, Dit Chareton V. B. a spol, 2003, USICO, s.127,
- 17] *USICO - Certification Proces Guidelines*, Brants J. J. a spol, 2004, USICO, s.54,
- 18] *UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR)*, BRIGAUD Régis a spol, 2005, CEV Istres, s.163,
- 20] <http://www.airshipclub.com/>
- 21] <http://www.vrtulnik.cz/>
- 22] http://www.sacusa.com/products/pdfs/333_DOC.pdf

ŽIVOTOPIS

OSOBNÍ INFORMACE:

Jméno: Marian Pryszcz

Titul: Ing.

Datum a místo narození: 18.9.1978, Karviná

Národnost: Polská

Rodinný stav: Svobodný

Bydliště: Doubrava č.p. 507, 735 33 Doubrava

E-mail: pryszczmarian@gmail.com

Tel.: 776147651

VZDĚLÁNÍ:

2004	VUT Brno	Brno
	<ul style="list-style-type: none">▪ Postgraduální studium▪ Fakulta strojního inženýrství▪ Provoz letadel▪ Téma disertační práce „Bezpilotní prostředky“	
2004 – 2007	VUT Brno	Brno
	<ul style="list-style-type: none">▪ Magisterské studium▪ Fakulta podnikatelská▪ Řízení a ekonomika podniku▪ Téma diplomové práce „Analýza firmy pro návrh komunikačního mixu s důrazem na oblast reklamy vybrané SBU“	
1999 – 2004	VUT Brno	Brno
	<ul style="list-style-type: none">▪ Magisterské studium▪ Fakulta strojního inženýrství▪ Provoz letadel▪ Téma diplomové práce „Bezpilotní prostředky“	
1993 – 1997	Střední průmyslová škola Technikum przemyslowe	Karviná
	<ul style="list-style-type: none">▪ Strojírenství	
1985 - 1993	Základní škola s polským jazykem vyučovacím	Karviná

Abstrakt:

V úvodní části je uveden historický vývoj, definice a rozdělení UAV do jednotlivých kategorií. Popis legislativních opatření v jednotlivých státech včetně oficiálního vyjádření UCL k problematice UAV je popsán v samostatné kapitole. Podrobně jsou popsány jednotlivé oblasti, kde by se civilní BP daly úspěšně použít. Je vytvořen stručný přehled, jak a ve kterých zemích se již BP používají. Práce obsahuje analýzu rozvoje BP v České republice. Jsou navrženy konkrétní úkoly, které by BP mohly v budoucnosti v podmínkách ČR plnit. Práce obsahuje teoretickou úvahu o výběru nejvhodnějšího provozovatele UAV a stručné srovnání nákladů s pilotovanými letadly.

Abstract:

The introductory part of the thesis deals with historical development, definitions and categorization of UAVs. Description of legislation proceeding in certain countries including official statement of the UCL about the problems of UAVs is described in a separated chapter. The practical areas of utilization of UAVs are being described as well as their successful utilization in other countries. The thesis also consists a chapter dealing with analysis of development of UAVs in Czech Republic where specifically tasks are being suggested in order to be fulfilled in the future. A theoretical reasoning about selection of the most advantageous operator of UAVs including comparison of costs between UAVs and Manned Vehicles are also being considered in the thesis.