



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

Bc. Jiří Kouklík

**VÝCVIK VYBÍRÁNÍ NEZVYKLÝCH POLOH
LETOUNU LET L-410**

**UPSET RECOVERY AND TRAINING FOR
LET L-410 AIRCRAFT**

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Vedoucí práce: Ing. Roman Matyáš
Ing. Lenka Hanáková

PRAHA 2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jiří Kouklík

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Výcvik vybírání nezvyklých poloh letounu Let L-410**

Název tématu (anglicky): Upset Recovery and Training for Let L-410 Aircraft

Zásady pro vypracování

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

- Úvod do problematiky Upset Recovery and Training (UPRT)
- Analýza předpisových požadavků UPRT
- Analýza stávající dokumentace L-410, porovnání s aktuálními standardy
- Chování letounu L-410 v nezvyklých polohách
- Návrh osnov teoretického a praktického výcviku UPRT pro L-410



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího DP

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Daněk V., Základy letu, učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů ATPL(A)
Principles of Flight 13, CAE Oxford Aviation ATPL - EASA
ICAO Doc 10011, Manual on Aeroplane Upset Prevention and Recovery Training

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Roman Matyáš
Ing. Lenka Hanáková

Datum zadání diplomové práce:

27. července 2018

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce:

28. května 2019

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jiří Kouklík
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....27. července 2018

Poděkování

Poděkování patří panu Ing. Romanu Matyášovi za odborné vedení diplomové práce a cenné poskytnuté rady. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Czech Aviation Training Centre za poskytnutí prostředí pro testování, zejména panu Ing. Petru Koďouskovi BSc, vedoucímu výcvikové dokumentace L 410 za odborné konzultace. V neposlední řadě patří dík mé rodině a blízkým za podporu a motivaci během celého studia.

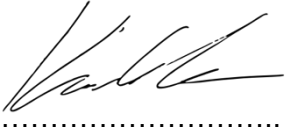
Prohlášení

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

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

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 25. května 2019



.....
Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

VÝCVIK VÝBĚRU NEZVYKLÝCH POLOH LETOUNU LET L-410

Diplomová práce

Květen, 2019

Jiří Kouklík

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem postupů a osnovy UPRT výcviku pro letoun L 410 UVP E-20. Povinná integrace výcviku UPRT do předpisů v nadcházející evropské legislativě je jedním ze způsobů, jakým se legislativní orgány snaží potlačit nejčastější příčinu nehod dopravních letadel v posledním desetiletí. Jedná se o ztrátu kontroly nad letounem za letu. Základ problému leží v nedostatečné znalosti prevence a výběru nezvyklých poloh. V práci je popsáno teoretické pozadí nezvyklých poloh letounu společně s rozбором relevantních legislativních procesů. V praktické části je na základě analýzy stávající dokumentace prezentována případová studie řešení UPRT výcviku a to jmenovitě osnovy a postupů pro výběr nezvyklých poloh letounu. Navrhnuté postupy jsou ověřeny na certifikovaném simulátoru L 410 a navrhnuty k implementaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výcvik prevence a výběru nezvyklých poloh, UPRT, Let L 410, postupy, osnova výcviku, výcvik na simulátoru, legislativa, případová studie

ABSTRACT

Main objective of this thesis is to provide a proposal of procedures and training syllabus of a UPRT training solution for Let L 410 UVP E-20 aircraft. Mandatory integration of UPRT into coming European legislation is one of the means how authorities try to mitigate the most common cause of fatal aircraft accidents in the past decade – loss of control in flight. Core of this problem lays in insufficient knowledge and skill in upset prevention and recovery. This thesis describes the theoretical background of upsets together with an analysis of relevant legislative processes. In the practical part a case study for UPRT procedures and a training syllabus is proposed based on current documentation analysis. Proposed procedures are further tested on a certified flight simulator and suggested for implementation.

KEYWORDS

Upset prevention and recovery training, UPRT, Let L 410, procedures, syllabus, simulator training, legislation, case study

Obsah

ÚVOD	7
1. AERODYNAMIKA NEZVYKLÝCH POLOH	9
1.1 ZTRÁTA VZTLAKU – PÁD	9
1.2 VÝVRTKA	10
2. SPECIFIKA DOPRAVNÍCH LETADEL.....	13
2.1 PROUDOVÝ DOLNOPLOŠNÍK SE ŠÍPOVÝM KŘÍDLEM	13
2.2 TURBOVRTULOVÝ HORNOPLOŠNÍK S ROVNÝM KŘÍDLEM	14
2.2.1 <i>Efekt asymetrického tahu</i>	15
2.2.2 <i>Asymetrická zátěž vrtule</i>	15
2.2.3 <i>Asymetrické rozložení vztlaku</i>	16
2.2.4 <i>Efekt vztlaku generovaného tahem</i>	17
2.2.5 <i>Skluzový efekt</i>	20
2.2.6 <i>Efekt kroutivého momentu motoru</i>	21
3. VNĚJŠÍ VLIVY	22
3.1 HMOTNOST A VYVÁŽENÍ	22
3.2 LET V NÁMRAZE	23
3.3 AUTOMATIZACE	24
3.4 LIDSKÝ FAKTOR	25
3.4.1 <i>Situační povědomí (Situational Awareness)</i>	25
3.4.2 <i>Moment překvapení</i>	26
4. LEGISLATIVNÍ RÁMEC	28
4.1 DEFINICE NEZVYKLÉ POLOHY – UPSET	28
4.2 PŘÍSTUP ICAO	28
4.3 PŘÍSTUP FAA	31
4.4 PŘÍSTUP EASA	32
4.4.1 <i>EASA Rozhodnutí 2015/012/R</i>	33
4.4.2 <i>EASA rozhodnutí 06/2017</i>	42
4.4.3 <i>EASA rozhodnutí 2018/006/R</i>	43
5. NÁVRHU ŘEŠENÍ UPRT VÝCVIKU PRO LET L 410 UVP-E20	44
5.1 AKTUÁLNÍ SCHVÁLENÁ DOKUMENTACE	44
5.2 NÁVRH ŘEŠENÍ VÝCVIKU UPRT	46

5.3	NÁVRH VÝCVIKOVÉ OSNOVY UPRT	47
5.4	NÁVRH UPRT POSTUPŮ PRO LET L 410	50
5.4.1	<i>Postup - pádová situace (Stall Event)</i>	51
5.4.2	<i>Postup - nezvyklá poloha - nos vzhůru (Nose High)</i>	53
5.4.3	<i>Postup - nezvyklá poloha - nos dolů (Nose Low)</i>	55
5.5	TESTOVACÍ PROSTŘEDÍ.....	57
5.5.1	<i>Simulátor</i>	57
5.5.2	<i>Posádka</i>	59
5.6	POSTUP TESTOVÁNÍ	59
5.7	TESTOVÁNÍ NAVRŽENÝCH POSTUPŮ	60
5.7.1	<i>Ověření pádových rychlostí</i>	60
5.7.2	<i>Ověření postupu výběru pádové situace</i>	65
5.7.3	<i>Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High</i>	69
5.7.4	<i>Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose Low</i>	71
5.8	DISKUZE VÝSLEDKŮ	74
6.	ZÁVĚR	76
	POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
	SEZNAM TABULEK	82
	SEZNAM PŘÍLOH	83
	PŘÍLOHA 1	84
	PŘÍLOHA 2	88
	PŘÍLOHA 3	90
	PŘÍLOHA 4	93

Seznam použitých zkratek

AC	Advisory Circular
ADC	Air Data Computer
AFM	Airplane Flight Manual
AMC	Acceptable Means of Compliance
AOA	Angle of Attack
CAST	Commercial Aviation Safety Team
CAT	Clear Air Turbulence
CFIT	Controlled Flight Into Terrain
CFR	Code of Federal Regulation
CPL	Commercial Pilot License
CRM	Crew Resource Management
EASA	European Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FFS	Full Flight Simulator
FSTD	Flight Simulator Training Device
GM	Guidance Material
GPWS	Ground Proximity Warning System
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICATEE	International Committee for Aviation Training in Extended Envelopes
IFR	Instrument Flight Rules
IMC	Instrument Meteorological Condition
IOS	Instructor Operating Station
LAPL	Light Aircraft Pilot License
LOC-I	Loss of Control - Inflight
LOCART	Loss of Control Avoidance and Recovery Training
MPL	Multi-Crew Pilot License
OEM	Original Equipment Manufacturer
PANS-TRG	Procedures for Air Navigation Services - Training
PF	Pilot Flying
PFD	Primary Flight Display
PM	Pilot Monitoring
PPL	Private Pilot License
RAeS	Royal Aeronautical Society
RMT	Rule Making Task
SARPs	Standards and Recommended Practices
TEM	Threat and Error Management
UPRT	Upset Prevention and Recovery Training
V ₂	Rychlost pro jednomotorové stoupání

V _{GA}	Rychlost pro nezdařené přiblížení
V _{MC}	Minimální rychlost pro říditelnost s nepracujícím kritickým motorem
VMC	Visual Meteorological Conditions

Český význam použitých zkratk

AC	Poradní oběžník / letecký oběžník (FAA)
ADC	Počítač aerometrických dat
AFM	Letová příručka letadla
AMC	Přijatelný způsob průkazu (dodržování předpisů)
AOA	Úhel náběhu
CAST	Tým pro bezpečnost v obchodní letecké dopravě
CAT	Turbulence v bezoblačném / čistém ovzduší
CFIT	Řízený let do terénu
CFR	Kodex federálního řazení
CPL	Průkaz způsobilosti obchodního pilota
CRM	Řízení / optimalizace součinnosti posádky
EASA	Evropský úřad pro leteckou bezpečnost
FAA	Federální letecký úřad (USA)
FFS	Letový simulátor s plnou volností / simulací
FSTD	Výcvikové zařízení letového simulátoru
GM	Poradní materiál
GPWS	Systém signalizace blízkosti země
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
ICATEE	Mezinárodní výbor pro letecký výcvik v rozšířených obálkách
IFR	Pravidla pro let podle přístrojů
IMC	Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
IOS	Instruktorská stanice
LAPL	Licence pilota lehkých letadel
LOC-I	Ztráta kontroly během letu
LOCART	Výbor pro ztrátu kontroly a znovuzískání licence
MPL	Licence pilota vícečlenné posádky
OEM	Výrobce původního vybavení
PANS-TRG	Postupy pro letecké navigační služby - výcvik
PF	Pilot letící
PFD	Primární letový displej
PM	Pilot monitorující
PPL	Licence soukromého pilota
RAeS	Královská letecká společnost
RMT	Pravidla tvorby úloh
SARP	Normy a doporučené postupy

TEM	Správa hrozeb a chyb
UPRT	Výcvik prevence výběru nezvyklých poloh
VMC	Meteorologické podmínky pro let za vidu

Úvod

Pohybovat se vzduchem je pro člověka nepřirozené a možné pouze pomocí strojů vyrobených k překonání gravitační síly Země za použití fyzikálních vlastností vzduchu a jeho reakci s okolím. Nevyhnutelně tedy byly od počátků letectví jeho nedílnou součástí nehody. První letci se se ztrátou vzlaku během letu, či uvedení létajícího zařízení do různých nezvyklých poloh vedoucích ke ztrátě kontroly potýkali již od prvních pokusů pohybovat se nad zemí. Nyní o více, než sto let později, kdy letectví prodělalo ohromující vývoj a je možné se letadly pohodlně dopravit téměř na druhou stranu planety Země v počtu několika stovek lidí najednou za různých nepříznivých vlivů okolí stále řadíme ztrátu kontroly nad letounem jako statisticky jednu z nejzásadnějších příčin katastrofálních dopravních nehod. Tento fakt platí pro celé spektrum dopravních letadel od regionálních po nejmodernější letouny vybavené sofistikovanými systémy automatizace a prevence uvedení do nezvyklých poloh. V posledních letech se dokonce stala první příčinou v četnosti nehod díky technickému pokroku, který značně utlumil například dříve nejčastější příčinu – CFIT (Controlled Flight Into Terrain). Toto dění tedy vyzdvihlo otázku nad výcvikem pilotů, který stojí v základu celého řetězce vedoucího k finální události nehody. Výcvikem výběru základních pádů a vývrtek nepochybně musí projít každý pilot již během základního výcviku ať již v bezmotorových kluzácích nebo v malých motorových letadlech. Výběr nezvyklých poloh dopravních letadel je však specifický a mnohdy odlišný díky rozdílné konstrukci, pohonu letadla a prostředí, než na které jsou piloti zvyklí během základního výcviku. Při typovém výcviku na konkrétní typ letadla by tedy měl být pilot vyškolen na specifika daného typu. Tento výcvik však do nedávna nebyl povinnou součástí typového výcviku.

Stejně jako většina nedostatků v komerční letecké dopravě, které ohrožují bezpečnost nebo vedly k nehodě, se stal i výcvik vybírání nezvyklých poloh (Upset Prevention and Recovery Training) předmětem zájmu mezinárodních organizací pro civilní letectví, jehož výsledkem jsou nová nařízení pro výcvik pilotů. V Evropě působící organizace EASA (European Aviation Safety Agency) vydala nařízení o povinnosti UPRT výcviku, který vejde v platnost v dubnu roku 2019. Přední výrobci dopravních letadel, jejichž letadla létají ve velkých počtech po celém světě a pravděpodobně se již s incidentem a následným řešením otázky výcviku setkali, mají podobné zpracování výcviku na velmi dobré úrovni a tak naplnění nových nařízení pro ně nepředstavuje zcela nový problém. Naopak u letounů menších výrobců, jako je právě Let L-410, mohou nové požadavky na výcvik představovat prostor k rozšíření stávajícího výcviku, dokumentace a dalších náležitostí s ním spojených.

Mojí motivací k výběru tohoto tématu diplomové práce byla osobní zkušenost při vlastním typovém výcviku na regionálním dopravním letadle ATR 72, kde mě výcvik části UPRT zaujal nejen z leteckého hlediska velkého přínosu pro pilotáž, ale také myšlenkou celého konceptu opatření prováděných k potlačení ztrátě kontroly v nezvyklých polohách dopravních letadel. Jak již bylo zmíněno dříve, výrobce typu ATR má tento výcvik zpracovaný. Můj zájem se tedy přesunul k odvětví, kde by se dala tato problematika zkoumat od počátku vzniku na konkrétním typu letadla. Kvůli náklonnosti k letadlům české výroby byl vhodným exemplářem letoun Let L 410.

Cílem práce je na základě analýzy právního rámce, stávající dokumentace, budoucích požadavků a následném testování a ověření na simulátoru L 410 v rámci případové studie vytvořit návrh potřebných řešení pro UPRT výcvik.

V době psaní této diplomové práce a relativně blízkému termínu, kdy je třeba mít hotové řešení před uvedením nařízení v platnost, lze předpokládat, že již na podobném tématu pracuje výrobce, nebo výcvikové organizace jako je Czech Aviation Training Centre, s jejichž vedoucím výcvikové dokumentace na tomto tématu spolupracují. Výsledky vycházející z této práce by mohly posloužit k porovnání a případnému doplnění z rozdílného pohledu k oficiálnímu řešení.

1. Aerodynamika nezvyklých poloh

Nehody letadel způsobených ztrátou kontroly letounu za letu měly v období 2008-2017 za následek 1129 fatálních obětí [1]. Nezvyklé polohy jsou nejčastějším společným jmenovatelem těchto nehod. Ač se s nimi piloti setkávají již během základního výcviků, absence opatření v komerční sféře civilního létání měla značný podíl na rozšíření této příčiny nehod. V této kapitole jsou popsány jednotlivé základní nezvyklé situace, jakými je pád, nebo vývrтка. U letadel dopravních se navíc díky aerodynamické komplexnosti manévřů rozlišuje nezvyklá poloha s nosem letadla vzhůru, nebo dolů. Situace předcházející ocitnutí se letadla v nezvyklé poloze má základ ve fundamentální aerodynamice. K pochopení podstaty vybírání těchto poloh je proto důležité tyto základy znát. Niže jsou popsány konkrétní příklady, které platí pro všechna letadla. Specifikům dopravních letadel budou věnovány následující kapitoly podrobněji.

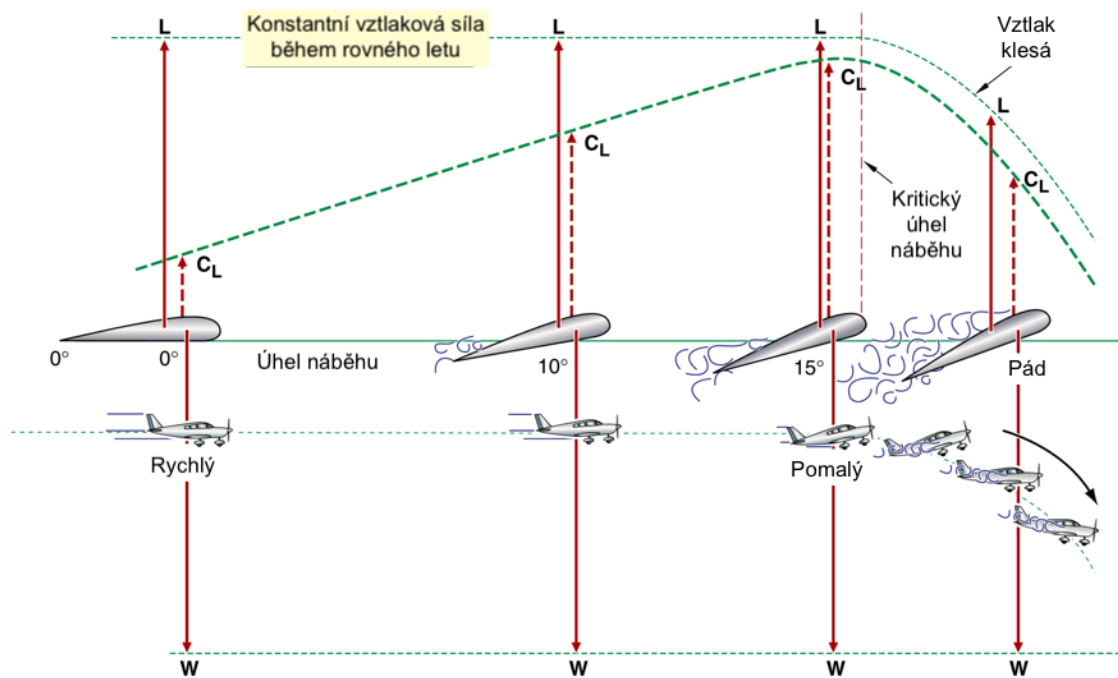
1.1 Ztráta vztlaku – pád

Pád je potenciaálně nebezpečný manévr, při kterém dochází ke ztrátě ovladatelnosti a ztrátě výšky. Aby byl pilot schopen pádu předejít, musí být schopen jeho příchod správně identifikovat. Různé typy letadel mají různé pádové charakteristiky. Úřady proto specifikují minimální pádové parametry, které musí letadla splňovat. Letadla jsou zároveň vybavena systémy detekující ztrátu vztlaku pomocí jednoduchých mechanických snímačů změny směru obtoku křídla, po samotné snímače úhlu náběhu, které u moderních letadel předávají informace do počítače letových dat ADC (Air Data Computer), kde se dále vyhodnocují.

Příčina vzniku pádu

Letadlo může přejít do pádu v jakékoliv rychlosti a výšce. Vznik pádu je přímo závislý pouze na úhlu náběhu. Úhel náběhu je úhel mezi relativním proudem vzduchu a tětvou křídla.

Součinitel vztlaku C_L vzrůstá s úhlem náběhu až do maximální hodnoty – kritického úhlu náběhu. Při vyšším úhlu již není možné aby vzduch proudil podél profilu křídla plynule a jeho proudnice se začnou odtrhávat. Při dalším zvyšování úhlu tedy začne součinitel vztlaku opět klesat. [2]



Obrázek 1: Vztah vztlaku a úhlu náběhu [3, upraveno autorem]

Vybírání pádu

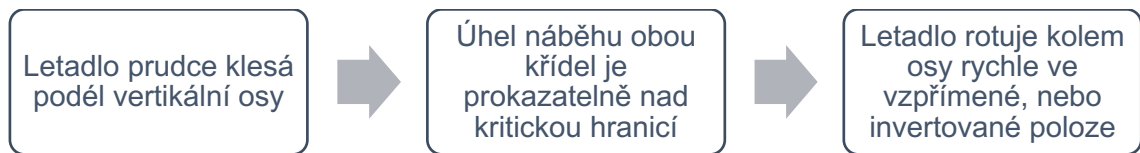
Základem pro výběr pádu je v prvním kroku snížení úhlu náběhu. Toho je nejčastěji dosaženo odlehčením tahu na výškovém kormidle, případně plynulým potlačením, v závislosti na charakteristikách letadla a rozsahu pádu. Přílišné potlačení však může mít za následek negativní zatížení křídla a tím zpožděnou obnovu vztlaku. K předejití úpadku na jednu, či druhou stranu je u letadel s rovným křídlem doporučeno použít směrovku, u letadel s křídlem šípovým křídélka s malými koordinovanými korekcemi směrovky. S následnou ztrátou výšky a nárůstem rychlosti dojde i ke snížení úhlu náběhu, obtok křídla se obnoví a při dostatečném vztlaku je možné opět zpětným tahem na výškové kormidlo obnovit normální režim letu. [2]

Druhotný pád

Druhotný pád může nastat během vybírání prvního pádu. Většinou nastane při ukvapené snaze první pád vybrat, kdy je letadlo přetaženo dříve, než se dostatečně obnoví vztlak. Případně při nedostatečném zmírnění úhlu náběhu při prvním manévru. [2]

1.2 Vývrтка

V případě, že je letadlo uvedeno do pádu, ať již náhodou, nebo záměrně, může se pád v závislosti na pohybech letadla vyvinout ve vývrtku. Znaky vývrvky jsou:



Obrázek 2: Znaky vývrtky

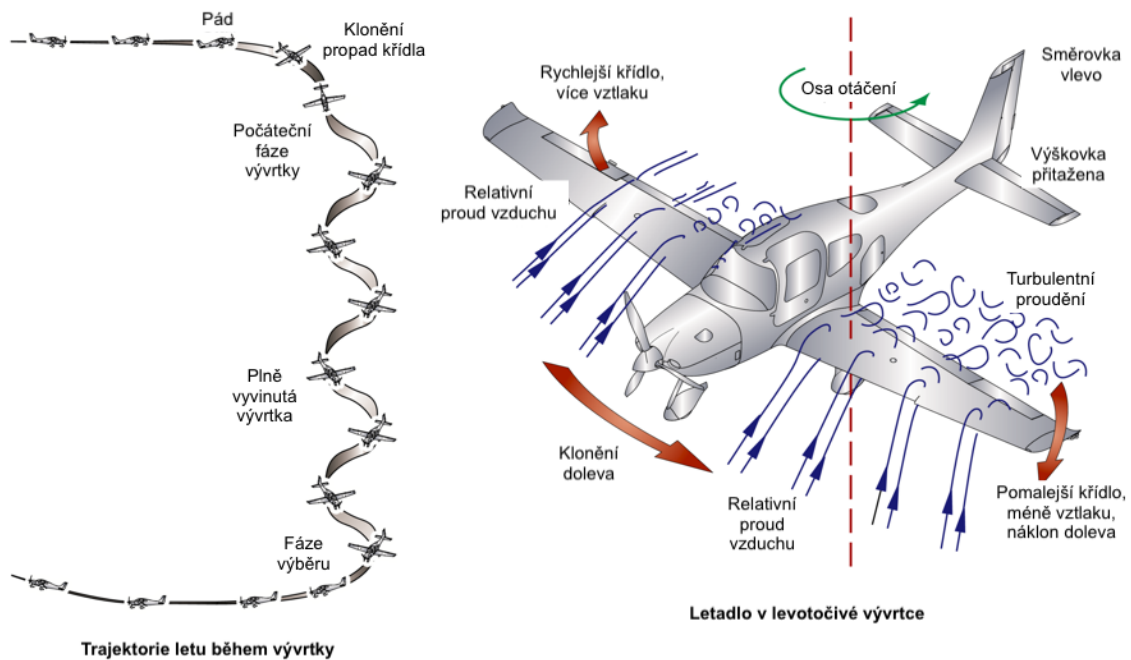
Vývrтка je jeden z nejkompexnějších letových manévřů, lze jej definovat jako zhoršený pád ústící v autorotaci. To znamená, že je rotace stabilní a nezastaví se, dokud do ní nezasáhnou jiné aerodynamické síly. [4]

Příčiny vzniku vývrtky

Aby bylo letadlo uvedeno do vývrtky, musí nejdříve ztratit vztlak. V případě, že jedno křídlo ztratí vztlak rychleji než druhé, letadlo padne do vývrtky ve směru otáčení k propadenému křídlu. Častým případem nezáměrného pádu do vývrtky je nekoordinované použití směrovky během zatáčení, kdy při výkluzovém nebo skluzovém letu může dojít k výše zmíněné situaci. [4]

Nejvíce náchylné jsou fáze letu, kdy se provádí manévry za nižších rychlostí a s vysokým úhlem náběhu. Proto je velice důležité létat koordinované manévry. Pro většinu pilotů toto nepředstavuje problém, rozdíl však nastává, pokud je pilotova pozornost rozdělena na další úkoly v kokpitu. Jeho schopnost pak provést manévř správně může být podstatně zhoršená. [4]

Další rizikové situace nastávají, pokud je letadlo tahově nevyvážené například při vysazení motoru u vícemotorových strojů. Vliv má i váhově špatně vyvážené letadlo, kdy je střed jeho těžiště na hraně, nebo ve špatných případech mimo povolenou obálku. [4]



Obrázek 3: Trajektorie letu a proudění vzduchu při vývrťce [3, upraveno autorem]

Vybírání vývrtky

Vývrťka má tři fáze:

- Počáteční – od pádu po uvedení do rotace
- Vyvinutá – po dobu kdy je úhlová rychlost rotace, vzdušná rychlost a vertikální rychlost stabilizovaná
- Vybírání – od momentu, kdy začnou působit aerodynamické síly proti účinkům vývrťky

V momentě, kdy během pádu jedno křídlo ztratí vztlak rychleji a letadlo padne do vývrťky je pro její úspěšné vybrání důležité s jejím vybíráním začít co nejdříve. Každé letadlo má jiné charakteristiky, které dále ovlivňují faktory jako konfigurace, vyvážení a jiné. Některé typy letadel se z plně vyvinuté vývrťky dostávají velmi obtížně. Aerodynamická komplexnost vývrťky může znamenat značně rozdílné postupy pro její vybrání podle typu letadla. Většinou se ale vyskytuje tento postup [4]:

- Ubrání výkonu – snížení ztráty výšky a rizika vývinu ploché vývrťky
- Křídélka v neutrální poloze – rovněž sníží riziko ploché vývrťky
- Plná výchylka směrovky proti směru rotace – směrovka má na rotaci největší vliv, proto je nutno jí nastavit ve správném směru proti rotaci vývrťky. Ukazatel „kuličky“ v tomto případě není relevantní.
- Setrvat do ustání rotace

- Směrovka do neutrální polohy – v případě stálého držení směrovky může zapříčinit vývrtku v opačném směru
- Výběr strmého letu – pozvolné táhnutí za výškovkou, aby nedošlo k druhotnému pádu

2. Specifika dopravních letadel

Chování dopravních letadel v nezvyklých polohách může být značně odlišné. Pro zjednodušení uvedeme dva nejčastější příklady. Prvním bude proudový dopravní letoun s dolnoplošným šípovým křídlem a motory umístěnými pod ním. Druhým bude pro nás zajímavější turbovrtulový letoun s hornoplošným rovným křídlem a motory umístěnými na křídlech.

2.1 Proudový dolnoplošník se šípovým křídlem

Tyto letouny dnes zastávají nejpočetnější skupinu mezi dopravními letadly a jejich chování je aerodynamicky odlišné od druhé uvedené skupiny, kam patří námi zkoumaný Let L 410. Proto se jimi budeme zabývat pouze okrajově pro lepší referenci k tématu.

Prvním znakem je, že je letadlo dolnoplošné. Tím je hmota letadla soustředěná nad křídlem a letadlo je méně stabilní. Stabilita je zlepšena pomocí zvednutí křídel do tvaru V v příčné ose letadla. Toto řešení přináší lepší efektivitu křídla při vyšších rychlostech, ve kterých se tyto letouny pohybují. [5]

Dalším znakem je tvar křídla, který je v tomto případě šípovitý. U šípového křídla je křivka součinitele vztlaku plošší, čímž změna úhlu náběhu nemá tak velký účinek na vztlak, jako u křídla rovného. Zároveň je nástup kritického úhlu náběhu pomalejší a ztráta vztlaku tedy není tak rychlá a je díky tomu pro pilota hůře rozpoznatelná. [5]

Posledním zásadním znakem je umístění motorů na spodní část křídla. Při výběru nezvyklých poloh je pak třeba počítat s klopivým momentem směrem vzhůru, který motory vyvolají po přidání výkonu. Ve fázi obnovy vztlaku (snižování úhlu náběhu) je tento moment v přílišné síle nežádoucí, proto je často správným postupem přidání výkonu motorů až v pozdější fázi výběru. [5]

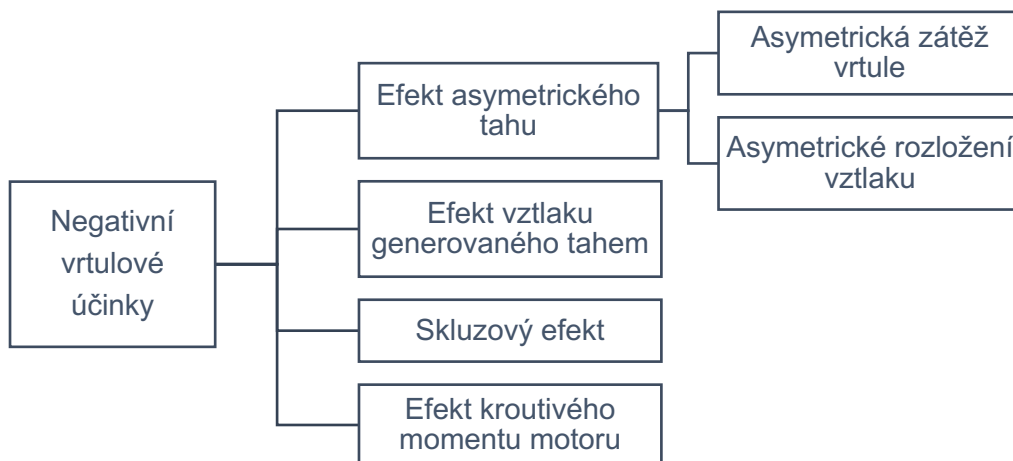
Proudové dopravní letouny mají další velké specifikum, jímž je výška, ve které se běžně pohybují (30 000 - 45 000 stop). Atmosférické vlastnosti se s výškou mění a vybírání nezvyklých poloh v těchto výškách podléhá dalším pravidlům. Tento efekt řeší

turbovrtulové letouny jen částečně, pokud mají přetlakovanou kabinu, jejich provozní letové hladiny se pohybují kolem 25 000 stop, výjimečně až 30 000 stop u výkonnějších strojů. Let L 410 není vybaven přetlakovou kabinou a jeho provozní výška tedy nepřesahuje 13 000 stop.

2.2 Turbovrtulový hornoplošník s rovným křídlem

Do této kategorie se řadí letoun L-410, který je předmětem této práce, proto budou její specifika popsána podrobněji.

Turbovrtulový pohon přináší na rozdíl od proudového rychlý nárůst výkonu. Díky tomu mají piloti benefit rychlé možnosti opravy vzdušné rychlosti nebo trajektorie letu s větší přesností a bez nutnosti takové míry předvídativosti jako piloti proudových letadel. Jiné vrtulové účinky však mohou mít při změně nastavení výkonu za následek nechtěné klonivé, či skluzové momenty, které ke kompenzaci vyžadují pilotovu reakci. Tyto účinky jsou:



Obrázek 4: Negativní vrtulové účinky

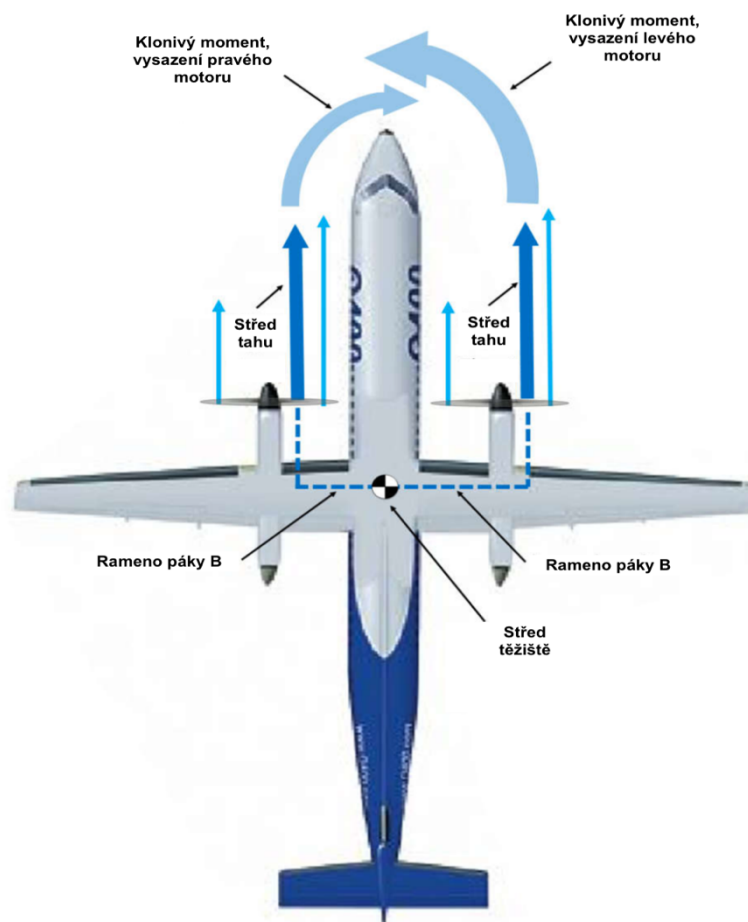
Bezpečná kontrola nad letadlem vyžaduje znalost těchto efektů. Proudové letouny díky absenci těchto efektů nevyžadují tolik kontroly směrovkou v ose zatáčení. Při přechodu pilota z turbovrtulového letounu na letoun proudový je to vítaná změna. Riziko je však v přílišných výchylkách, na který je pilot zvyklý a pro proudový letoun jsou nežádoucí. [6]

2.2.1 Efekt asymetrického tahu

Kdykoliv existuje asymetrie v tahu generovaná vrtulemi, je k zachování požadované trajektorie letu třeba kompenzovat změny koordinovaným pohybem směrovky a křidélek. [6]

2.2.2 Asymetrická zátěž vrtule

Asymetrická zátěž vrtule je výsledkem odlišného tahu vrtulových listů v určitých fázích letu. V případě, že je relativní proud vzduchu v jiném úhlu než osa působení tahu vrtule (nos letadla vzhůru), mají vrtulové listy pohybující se směrem dolů větší úhel náběhu, než listy pohybující se směrem nahoru. U konvenčního vícemotorového letadla s vrtulemi otáčejícími se ve směru hodinových ručiček (jako je tomu tak u L-410) se výslednice tahu vrtule přesouvá napravo od osy vrtule. Pravý motor má v tuto chvíli větší rameno působení síly na letadlo, čímž produkuje větší moment zatáčení doleva. [6]



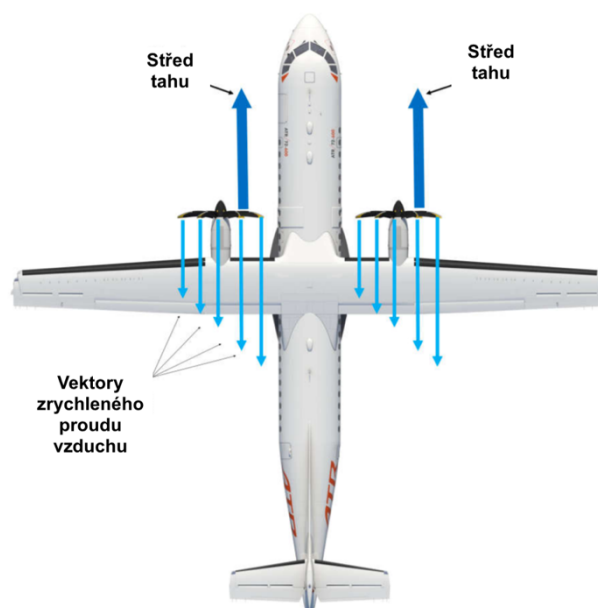
Obrázek 5 - Asymetrická zátěž vrtule [6, upraveno autorem]

Efekt asymetrického tahu vrtule je nejvíce znatelný při velkém nastavení výkonu a velkém úhlu náběhu letadla (malé rychlosti).

V případě vysazení pohonné jednotky působí zatáčivý moment směrem k vysazenému motoru a je potřeba jej korigovat výchylkou řídicích ploch, převážně směrovky. Díky asymetrickému tahu vrtule bude korekce složitější, pokud vysadí levý motor než pravý. Levý motor je tedy „kritický motor“ pro letouny se shodným směrem otáčení vrtulí ve směru hodinových ručiček jako je právě Let L-410. [6]

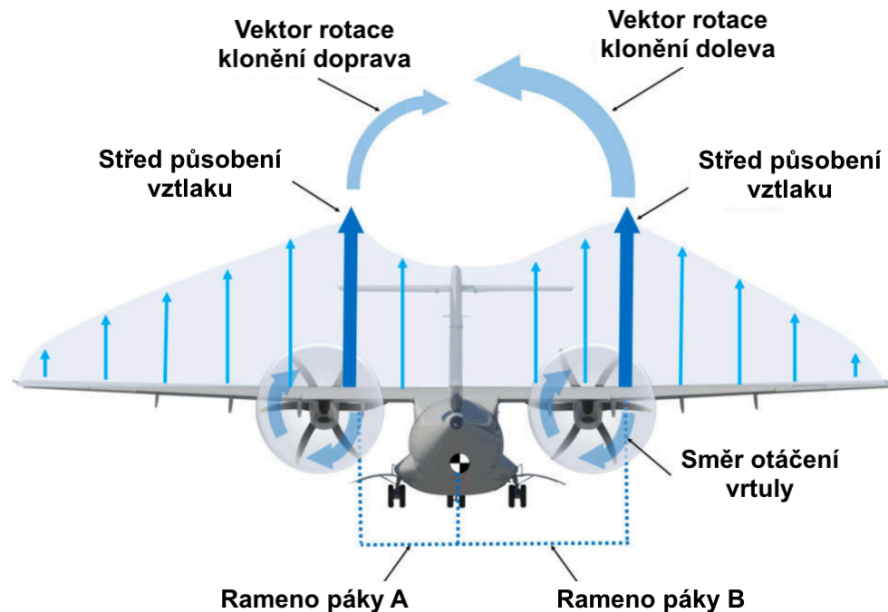
2.2.3 Asymetrické rozložení vztlaku

Proud vzduchu je při průchodu vrtulí akcelerován. U letadel s motory namontovanými na křídlech to znamená změnu obtoku křídla v oblasti za vrtulí. To má za následek jednak zvýšení vztlaku, ale také klonivý jev způsobený výše zmíněnou asymetrickou zátěží vrtule. Vzduch je tedy od dolů se pohybujících listů (pravé části vrtule) akcelerován rychleji. [3]



Obrázek 6: Asymetrické rozložení vztlaku, pohled shora [6, upraveno autorem]

Rychleji akcelerovaný vzduch pravého motoru je dále od podélné osy letadla, než u levého motoru. Tím, podobně jako tomu bylo s tahem v minulé kapitole, má vztlak větší rameno páky na pravé straně.



Obrázek 7 - Asymetrické rozložení vztlaku, pohled ze zadního profilu [6, upraveno autorem]

V případě vysazení motoru kromě asymetrického tahu a rozložení vztlaku dojde ke ztrátě urychleného proudu nad křídlem „mrtvé“ strany. Z toho důvodu je vyžadována okamžitá korekce řídicími plochami. Pokud vysadí kritický motor, v náchylné fázi letu nemusí výchylky řídicích ploch v dané vzdušné rychlosti stačit k ustálení letu. Pro tyto případy je pro každé letadlo definovaná V_{MC} (Minimum Control Speed), pod kterou již není možné udržet letoun v ustáleném letu po vysazení kritického motoru. [6]

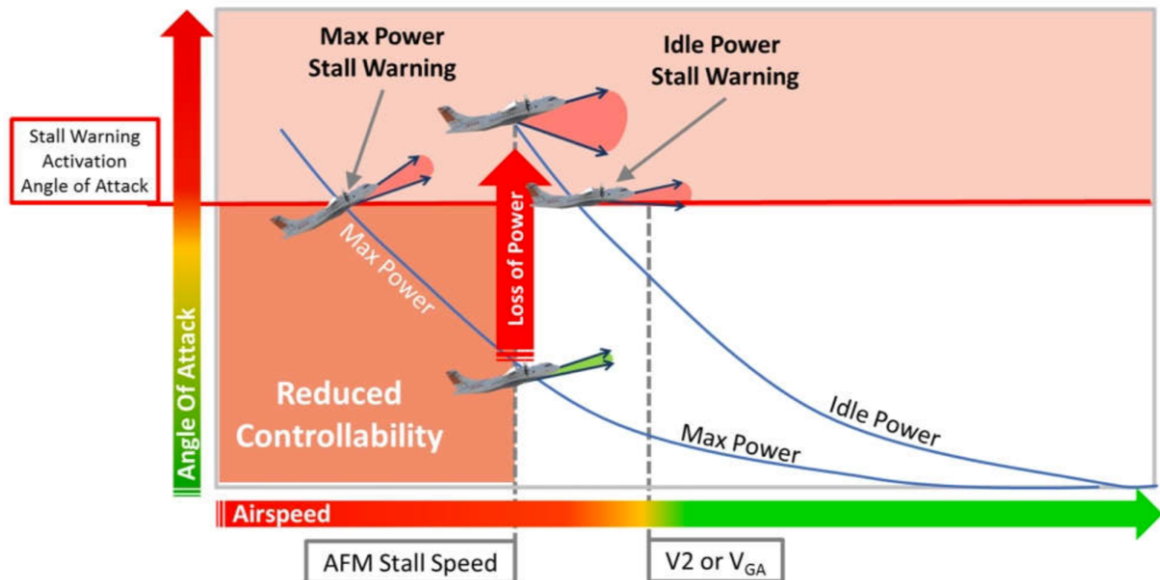
2.2.4 Efekt vztlaku generovaného tahem

Jak již bylo popsáno v předchozí kapitole, u letadel, kde se vrtule nachází před křídlem a přibližně v jeho ose, dochází k lokálnímu urychlení proudu vzduchu za vrtulí v porovnání se zbývajícím oblastí křídla. Ve zmiňovaném místě, v případě, že motory nejsou ve volnoběžném režimu dochází k nárůstu vztlaku.

Tento jev přináší částečnou výhodu oproti proudově poháněným letadlům ve fázích letu s nízkou rychlostí, jako například fáze přiblížení. V turbulentním prostředí, při kterém dochází k prudkému kolísání vzdušné, či vertikální rychlosti je mnohdy k nápravě nutná

rychlá reakce k navýšení tahu a vztlaku. Turbovrtulová letadla dokáží pomocí této vlastnosti reagovat rychleji, proto kontrola rychlosti a tahu nevyžaduje takovou míru předvídavosti, jako u letadel proudových. [6]

Pro piloty turbovrtulových letadel je však nutné znát určité vedlejší účinky, které tento efekt přináší.



Obrázek 8: Vztah rychlosti a úhlu náběhu vůči nastavení výkonu [6]

Angle of Attack – Úhel náběhu; Airspeed – Pravá vzdušná rychlost; Stall Warning Activation – Varování ztráty vztlaku; Reduced Controllability – Snížená ovladatelnost; Max Power – Maximální výkon; Idle Power – Volnoběžný výkon

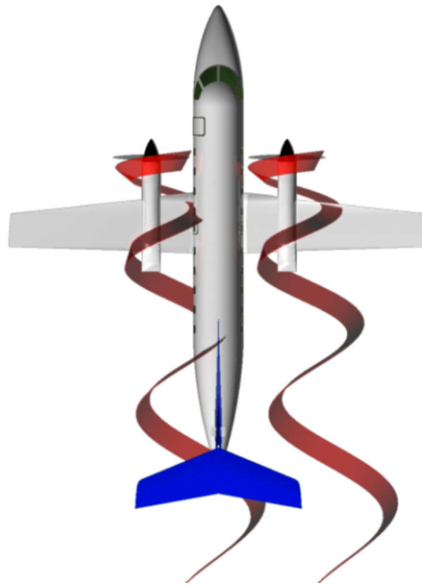
Varování před ztrátou vztlaku fungují na bázi měření úhlu náběhu. U turbovrtulových letadel je mezní úhel náběhu, kdy se varování spouští úhel náběhu při volnoběžném režimu tahu motorů. V režimu vysokého tahu bude díky většímu generovanému vztlaku úhel náběhu nižší při stejné vzdušné rychlosti. Následkem je větší marže mezi pádovým úhlem náběhu. V tom případě dojde k varování před ztrátou vztlaku až při nižší rychlosti, než je minimální rychlost uvedená v manuálu letadla AFM (Airplane Flight Manual). Při letu rychlostí nižší než je daná pádová rychlost letadla za vysokého tahu motorů se projeví značná absence efektivity řídicích ploch. V takové situaci vzniká potenciál k prudkému pádu a ztrátě kontroly nad letadlem. Vysazení motoru v této fázi by rovněž nebylo možné vybrat. [6]

Zjednodušeně lze tedy shrnout, že díky zvýšenému tahu motorů sice získáme větší prostor ke ztrátě indikované rychlosti, než-li dojde ke kritickému úhlu náběhu a pádu, ovšem dostane-li se letoun pod danou minimální rychlost, dojde ke snížené ovladatelnosti s potenciálem pro daleko kritičtější pád, nebo ztrátu kontroly v případě vysazení motoru.

Pro piloty turbovrtulových letadel je tedy zásadní striktní dodržení daných minimálních rychlostí.

Praktickým příkladem letu za nízké indikované rychlosti a vysokém nastavení výkonu je vybírání stříhu větru při finálním přiblížení. V extrémních případech, kdy například poblíž bouřkové činnosti mají stříhy větru dostatečnou sílu ke sražení letadla k zemi, je běžným postupem přidání maximálního možného výkonu a zvýšení příčného sklonu až do momentu, kdy rychlost klesne na danou minimální rychlost (případně rychlost V_2 , nebo V_{GA} podle typu letadla a konfigurace). V tomto režimu má letadlo nejlepší stoupací vlastnosti k překonání negativní vertikální rychlosti způsobené stříhem větru. V důsledku efektu vztlaku generovaného tahem vrtulí však ihned nedojde k aktivaci varování a následné aktivaci zábranných systému (stick pusher a stick shaker). Pilot se tedy může lehce dostat pod minimální rychlost, kde hrozí výše popsaná rizika. Navíc se v takto nízkých rychlostech letadlo pohybuje na „zadní“ straně aerodynamické křivky vztlaku/odporu, kdy se již stoupací výkony opět zhoršují. [6]

2.2.5 Skluzový efekt

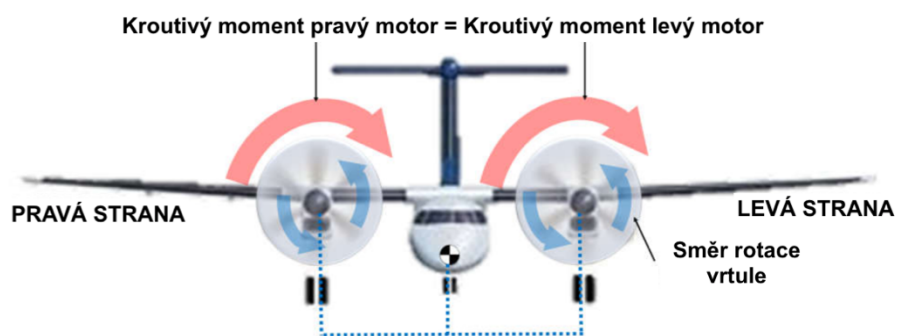


Obrázek 9: Znáornění směru proudu vzduchu od vrtulí [6]

Skluzový efekt odkazuje na směr proudění proudu vzduchu za vrtulí. Vzduch urychlený rotující vrtulí kromě rychlosti nabyde i moment rotace a laterální odchylky směru proudění. U vrtule s rotací ve směru hodinových ručiček (L-410) je proud vzduchu vychýlen na pravou stranu, tedy u levého motoru směrem k trupu. Proud vzduchu od levého motoru tak obtéká zadní část trupu a ocasní plochy, jejichž vlastnosti tím ovlivňuje. Tento efekt může změnit úhel náběhu a dynamický tlak v okolí ocasních ploch, a to především u letadel s nízko položenou výškovkou. Pocitové ovládání u směrovek bez mechanicky posíleného řízení je rovněž ovlivněn. Efekt je závislý na výkonovém nastavení, a tak musí pilot korigovat vzniklé změny správnou změnou vyvážení řídicích ploch. [6]

2.2.6 Efekt kroutivého momentu motoru

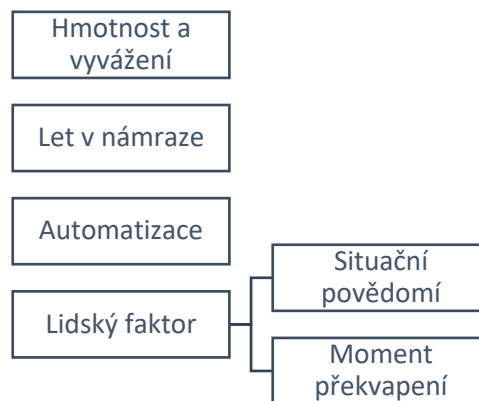
Tento efekt způsobuje reakce kroutivého momentu motoru vznikající roztáčením vrtule na konstrukci letadla. V našem případě při roztáčení vrtule ve směru hodinových ručiček (doprava) působí rotující síla na konstrukci opačně s tendencí naklánět letadlo doleva. [3]



Obrázek 10: Znáornění smyslu otáčení vrtule a působení kroutivého momentu [6, upraveno autorem]

3. Vnější vlivy

Samotná aerodynamika není jediným faktorem, který je třeba znát. Neúmyslná uvedení letounu do nezvyklé polohy mnohdy mají příčinu ve vnějších vlivech, které za letu na letoun působí. V historii nehod můžeme pozorovat uvedení do nezvyklé polohy právě nějakým z popisovaných vnějších vlivů. Níže jsou popsány podrobnosti jednotlivých aspektů. První tři kapitoly popisují aspekty čistě mechanické. Ať již se jedná o špatné vyvážení, které má vliv na chování letounu, nebo tvorba námrazy, jež mění aerodynamické vlastnosti profilu, či nesprávné užití automatizace, které vychýlí letoun mimo zamýšlenou trajektorii. Poslední kapitola popisuje aspekty lidského faktoru. Popsány jsou doporučení, jak se nezvyklým polohám vyhnout a dále jak na ně správně reagovat, pokud se v nich posádka ocitne.



Obrázek 11: Vnější vlivy na vznik nezvyklé polohy

3.1 Hmotnost a vyvážení

Je nutné, aby piloti znali dopady vyvážení letadla na jeho chování. Letadlo více naložené v přední části s centrem vyvážení blíže k nosu letadla bude více stabilní. Naopak letadlo naložené více v zadní části bude méně stabilní.

S větší stabilitou při předním naložení se letadlo stává méně ovladatelným a naopak s nižší stabilitou se ovladatelnost zlepšuje. Tento faktor je nejvíce znatelný v krajních limitních polohách středu těžiště.

Se středem těžiště vzadu není potřeba takové síly od ocasních ploch ke kompenzaci klopivých sil hlavních křidel, tím nevzniká tolik indukovaného odporu a zvyšuje se efektivita letu. Z tohoto důvodu je při plánování více upřednostňováno zadní naložení letadla k větší úspoře paliva. Takto naložené letadlo bude lépe ovladatelné a více citlivé na výchyly výškovky.

Střed těžiště více vpředu sníží účinnost výškovky a bude vyžadovat více síly v řízení ke změně náklonu letadla. Zejména při vzletu a přistání bude tento faktor pro piloty nejvíce znatelný.

Letadlo naložené mimo limit vyvážení se bude projevovat nepředvídatelným ovládním. Tento problém bude ještě větší ve velkých výškách. [6]

3.2 Let v námraze

Výskyt námrazy na letadle za letu představuje vážné ohrožení bezpečnosti, pokud na ni není letadlo ani posádka připravena. Usazení námrazy na plochách letadla zvyšuje odpor, snižuje schopnost obtékajícího vzduchu kolem křídel vytvářet vztlak a snižuje účinnost řídicích ploch. [6]

Rozložení vztlaku může být ovlivněno už jen malou vrstvou ledového povlaku. Rozdílné obtékání vzduchu kolem namrzlých křídel značně mění charakteristiky separace vzduchových proudnic a tím celou pádovou charakteristiku letadla. [6]

Dopravní letadla jsou certifikována k provozu ve velkém rozsahu námrazových podmínek. Piloti si však musí být vědomi negativního vlivu námrazy na charakteristiky letadla. Během letu musí správně používat odmrazovací systémy podle postupů daných manuálem jejich typu letadla. Správné dodržování minimálních rychlostí je také zásadní, obzvláště pokud jsou minimální rychlosti v námrazových podmínkách jiné, než minimální rychlosti v podmínkách normálních.

Systémy ochrany před námrazou většinou fungují na dvou principech a to tzv. anti-ice (možno přeložit jako předcházení námraze) a de-ice (odstraňování již vzniklé námrazy).

Anti-ice systémy slouží k předejití tvorby námrazy na daných plochách a to většinou formou elektrického, či horkovzdušného zahřívání. Vlhkost se tak z těchto ploch vypařuje, případně po něm stéká.

De-ice systémy slouží k odbourání ledu po jeho vytvoření na konstrukci. U turbovtulových letadel (taktéž L-410) se většinou jedná o pneumaticky nafukovací náběžné hrany křídel, které led rozbijí mechanickým nafouknutím gumových komor. Nevýhodou tohoto systému z pohledu aerodynamiky je nutnost použití nafukování v cyklech a to ve fázích, kdy je led dostatečně tlustý pro správnou účinnost vaků. To znamená, že i když je systém schopen odbourávat i relativně silnou námrazu, je nutno počítat se zhoršenou aerodynamickou charakteristikou křídel. Navíc systém není schopen odbourat led i těsně mimo nafukovací komory a led který se nachytá mezi cykly v prostorech mezi komorami. Zhoršené charakteristiky snižují kritický úhel náběhu.

Z toho důvodu výrobci často používají jiné minimální rychlosti pro let v námraze, aby vznikla větší bezpečnostní rezerva před pádem. Poslední certifikační požadavky rovněž přidávají požadavek na úpravu varování před ztrátou vztlaku v námrazových podmínkách, tak aby se spustilo při vyšší rychlosti a nebylo možné, že k pádu dojde před spuštěním varovného signálu. [5]

3.3 Automatizace

I když velký počet letounů L-410 není vybaven téměř žádnou automatizací řízení letu, v nejčastější verzi L-410 UVP-E existuje volitelná možnost montáže autopilota a v nejnovější verzi L-410 NG je již standardní součástí. Bude proto na místě zmínit negativní vliv automatizace na uvedení do nezvyklých poloh. Význam automatizace v tomto kontextu se dá dobře odvodit ze známého rčení: „Je to dobrý sluha, ale zlý pán.“ I když je dnes automatizace často užívána po většinu letu, zdaleka není pravdou, že by nahrazovala piloty. Konkrétně u turbovrtulových letadel je mnohdy autopilot schopen následovat pouze jednoduché povely, či módy držení vertikální, nebo horizontální trajektorie letu. Samotnou strategii provedení letu a jeho bezpečnost tak má stále na starosti pilot a pomocí automatizace si může svoji roli ulehčit, respektive uvolnit kapacitu pro jiné úkoly, či zlepšit situační uvědomění o situaci.

Prvním potencionálně nebezpečným prvkem automatizovaného systému je skrytá odchylka od normálního chování řízení, kterou autopilot dokáže do určité míry kompenzovat. Při překročení limitu se systém odpojí a pilot může být s nestandardním stavem letadla seznámen příliš pozdě pro správnou reakci.

Přílišná důvěra a nedostatečné sledování letu je dalším rizikem při používání automatizace. Typickým příkladem je nastavení režimu stoupání. Autopiloti jsou většinou schopni stoupat v několika režimech, základní tři jsou: Pitch (držení nastaveného úhlu), V/S-Vertical Speed (držení rychlosti stoupání ve stopách za vteřinu, IAS (držení nastavené indikované rychlosti). Právě při stoupání v režimu V/S bude autopilot přesně následovat danou vertikální rychlost bez ohledu na ostatní údaje. Vzhledem ke zhoršujícím se výkonům letadla s nastoupanou výškou již nebude možné držet nastavenou vertikální rychlost při stále indikované rychlosti, která, pokud nedojde k úpravě, bude nadále klesat až k nebezpečné hranici a potenciálnímu pádu. Celý tento scénář se může udát během několika vteřin nepozornosti pilotů. K pádu se pak přidává ještě moment překvapení pilotů, kterému se budeme věnovat v následující kapitole. [6]

U letadel bez automatického plynu (L-410) může v kombinaci s automatickým řízením letu dojít k opomenutí úpravy výkonu motorů při automatické změně vertikálního režimu. Jmenovitě při přechodu z klesání do horizontálního režimu. Nepřidání výkonu v tomto případě může rovněž vést k pádu letadla.

Z výše zmíněných důvodů vyplývá, že je pro piloty zásadně důležitá znalost dostupných systémů letadla, jeho výkonnosti a vhodnost použití pro danou situaci.

3.4 Lidský faktor

V momentě, kdy se letadlo dostane do nezvyklé polohy závisí její vybrání čistě na správné reakci pilota. Ten má jen málo času na to, aby aplikoval vhodné pohyby řídicích prvků. Jeho reakce bude značně záviset na situačním povědomí a momentu překvapení, do kterého ho daná situace uvede. Lidský faktor tak má v tématu výběru nezvyklých poloh rovněž významný podíl.

3.4.1 Situační povědomí (Situational Awareness)

Je velice důležité, aby byli piloti aktivně angažováni v průběhu letu a pomocí dostupných prostředků stále monitorovali situaci. Angažovaný pilot je připravený včas zasáhnout, pokud se trajektorie letu neúmyslně odchýlí od požadovaného směru. V závěru je právě to hlavní priorita celého výcviku – předejít nezvyklé situaci hned v počátku jejího vývoje. První nápravné reakce musí být správné a včasné. Posádka si musí být dobře vědoma v jakém prostředí se letoun právě nachází, například zda se nachází ve větší výšce s řídkým vzduchem, či v námrazových podmínkách, nebo v jaké konfiguraci aktuálně letadlo je. [6]

Důležité je také správné zvládnutí momentu překvapení, použití jemných pohybů řízení a vyhnutí se přehnaným reakcím, které by mohl přirozený reflex v momentu překvapení vyvolat. Přehnaná reakce může závažnost nezvyklé polohy dále prohloubit, nebo uvést letadlo do další nezvyklé polohy, přispívajíc k dalšímu překvapení posádky. [6]

Komunikace mezi posádkou pozitivně přispívá ke správnému vyřešení situace, proto je nutné aby jeden, či druhý pilot vícečlenné posádky ihned jasně oznámil jakoukoliv odchylku od plánované trajektorie jakmile ji zaznamená. [6]

Při letu za přístrojových podmínek IFR (Instrument Flight Rules) slouží k analýze polohy primární letové, případně výkonové přístroje a to zejména v podmínkách IMC

(Instrument Meteorological Condition). V podmínkách VMC (Visual Meteorological Condition) může být při výběru nápomocná reference polohy letadla vůči zemi. [6]

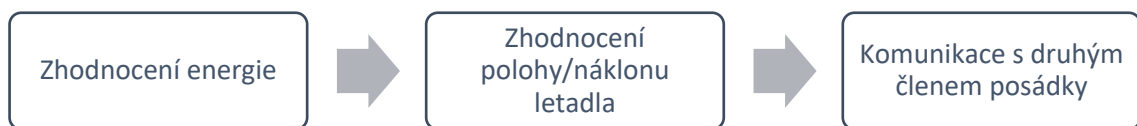
Hlavní přístroje používané jako reference při výběru nezvyklé polohy je umělý horizont, který je u modernějších letadel zobrazen na displeji PFD (Primary Flight Display). Základní informací vyčtenou je příčný náklon, zdali je letoun v poloze s nosem nahoru, či dolů a podélný náklon. Tyto informace jsou důležité pro zvolení metody a pořadí manévru k výběru nezvyklé polohy.

Pro polohu s nosem vzhůru je typická klesající vzdušná rychlost, narůstající výška a indikace stoupání na variometru.

Pro polohu s nosem dolů je typická narůstající rychlost, klesající výška a indikace klesání na variometru.

Pro správnou identifikaci je rovněž vhodné porovnání indikace se záložním horizontem, případně s přístroji druhého pilota. [6]

Proces analýzy probíhá obecně v tomto postupu:



Obrázek 12: Postup analýzy nezvyklé situace

Následný proces výběru je pak specifický jednotlivému typu letadla podle jeho aerodynamických vlastností. Konkrétní aplikací pro Let L-410 budou věnovány následující kapitoly.

3.4.2 Moment překvapení

Zásadním lidským faktorem v probíraném tématu, které patří čistě mezi lidské faktory je moment překvapení. Pro piloty je důležité si být tohoto faktoru vědom a umět s ním pracovat. V kariéře pilota je pilot vystaven nezvyklým situacím a polohám během výcviku, kde jsou podobné situace smyslem celého cvičení. V pozdějších stádiích, kdy se pilot pohybuje pouze v komerční dopravě se již běžně setká s nezvyklými polohami pouze při pravidelných přezkoušeních na simulátoru. Při přezkoušení tak stejně jako během výcviku je ocitnutí se v nezvyklé poloze do jisté míry očekávatelné. V běžném provozu se pilot nemusí s nezvyklou polohou setkat nikdy a když ano, může to být dlouho po výcviku, kdy se s podobně nezvyklou situací setkal naživo.

Situační povědomí hraje zásadní roli v míře překvapení pilota. Neočekávané události jako nízká rychlost, pádové varování, nebo změny náklonu letadla zaskočí i pilota, který si je plně vědom situace a aktivně let monitoruje. Oproti neangažovanému pilotovi však potřebuje zdaleka méně času k překonání momentu překvapení a analýze situace, nežli dojde ke korektivním akcím.

Důležité je si uvědomit, že je třeba překonat vlastní překvapení a urychleně překročit ke zjišťování, co se s letadlem děje a podniknout korektní akce. Je však třeba se vyvarovat fixaci na jedinou indikaci a uspěchané reakci před správnou analýzou situace.

Nejlepším opatřením, jak moment překvapení minimalizovat je efektivní výcvik zabírající se výše zmíněnými faktory a aktivní přístup posádky k monitorování letu. [6]

4. Legislativní rámec

Do doby přelomu tisíciletí byla nejčastější příčinou nehod dopravních letadel CFIT – řízený let do terénu. Díky implementaci systému GPWS (Ground Proximity Warning Systém) a příslušným opatřením zabývajících se výcvikem posádek se podařilo nehody s touto příčinou výrazně potlačit. Mezi lety 2001 a 2011 byla nejpočetnější příčinou fatálních leteckých nehod ztráta kontroly nad letounem za letu, neboli LOC-I (Loss of control in-flight). Většina nehod způsobených LOC-I měla katastrofické následky s žádnými, nebo jen malým počtem přeživších. Stejně jako s příčinou CFIT, tak s LOC-I bylo nutné začít podnikat kroky k minimalizaci těchto událostí. Níže je popsán postup, jakým organizace počínaje ICAO (International Civil Aviation Organisation), dále ve spolupráci s agenturami FAA (Federal Aviation Association) a EASA postupovali v řešení problému. Společný výsledek v podobě doporučení nadřazené organizace ICAO dále jednotlivé organizace implementují individuálně. [1]

4.1 Definice nezvyklé polohy – Upset

Nezvyklá poloha, v originálním anglickém znění – upset je definována jako stav za letu, kdy jsou neúmyslně překročeny letové parametry, které jsou jinak běžné v normálním letu, nebo výcviku. Obecně se za nezvyklou polohu považuje situace, kdy je letoun v příčné ose vychýlen více než 25° nosem vzhůru, nebo více jak 10° nosem dolů. Dále pokud je v podélné ose nakloněn více jak 45°, případně ocitnutí se ve výše zmíněných parametrech za nevhodné rychlosti. [5]

U pojmu nezvyklé polohy je důležité si uvědomit, že se jedná o neúmyslný stav, respektive, že letoun se nechová, tak jak by posádka zamýšlela. Za druhé, řešení nezvyklé polohy je předmětem okamžité reakce, kdy piloti nesmí čekat, než se situace vyvine do pokročilé nezvyklé polohy.

Pojem ztráty kontroly za letu (LOC-I) patří do kategorie nehod a incidentů, při kterých dojde k odchylce od zamýšlené trajektorie letu. [1]

4.2 Přístup ICAO

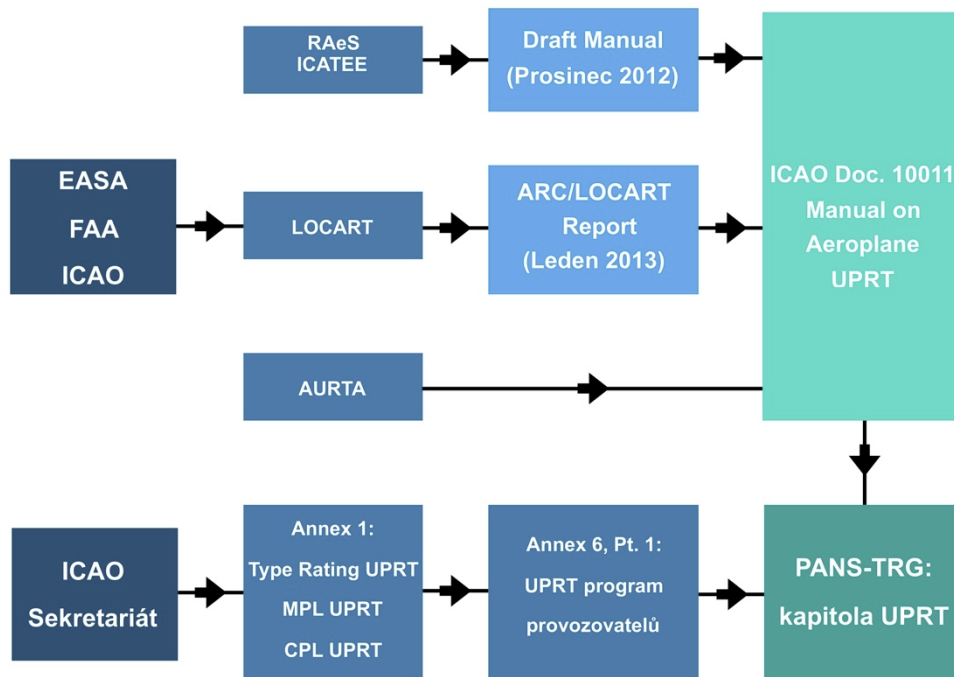
Ohledně nezvyklých poloh a ztráty kontroly nad letounem za letu byla organizací RAeS (Royal Aeronautical Society) v roce 2009 uspořádána konference zaměřená k vyvinutí efektivních metodik zábrany a výběru nezvyklých poloh. [7] RAeS v témže roce zakládá

pracovní skupinu ICATEE (International Committee for Aviation Training in Extended Envelopes), zaměřenou na vyvinutí dlouhodobé strategie redukce událostí LOC-I. V roce 2012 se agentury EASA a FAA rozhodly spojit síly ve společném přístupu k vývoji opatření. Na toto konto ICAO uspořádalo rovněž během roku 2012 sedm setkání expertů z oboru, zástupců CAA a FAA ARC [5]. Vzniklé diskuze iniciovaly více paralelně běžících projektů, které následně ICAO soustředilo do jediné iniciativy pracovní skupiny LOCART (Loss of Control Avoidance and Recovery Training). Obě skupiny společně kooperují a jejich výsledky jsou sdíleny s leteckou komunitou, především s ICAO, FAA a EASA [5]. Obecným závěrem prací obou skupin je doporučený integrovaný přístup k vývoji UPRT požadavků pro teoretický výcvik, výcvik na simulátoru a v letadle. [5]

Snížení počtu LOC-I nehod je pro ICAO prioritou a tak byly vyvinuté požadavky zapracovány jako návody a vylepšení ke stávajícím standardům a doporučeným postupům – SARPs (Standards and Recommended Practices). Vylepšení se týkají jak výcviku na úrovni komerčních pilotů, tak simulátorových výcviků na úrovni dopravních pilotů, typových kvalifikací a opakovacích výcviků. Úpravy navržené pracovními skupinami jsou zaneseny do:

- *Annexu 1* – Způsobilost leteckého personálu
- *Annexu 6* – Provoz letadel
- *PANS-TRG, Doc 9868* – Výcvik letových navigačních postupů

ICAO dále vydalo manuál – *ICAO doc. 10011 Manual on Aeroplane Upset Prevention And Recovery Training*. [5] Tento manuál byl vyvíjen po dobu tří let za pomoci několika skupin expertů v oboru, výrobců letadel, výrobců letových simulátorů, organizace pilotů, výcvikových organizací, vyšetřovacích organizací a dalších. Jeho obsah je rovněž založen na poznatcích pracovních skupin LOCART, ICATEE a obsahu staršího manuálu AURTA. Hlavním účelem je poskytnout objasnění a podporu k porozumění nových implementací. Na obsah doc. 10011 odkazují oba Annexy 1, 6 a PANS-TRG (Procedures for Air Navigation Services - Training).



Obrázek 13: Diagram znázorňující proces zavádění UPRT

Annex 1 nově upravuje požadavky na výcvik UPRT pro výcviky MPL (Multi-Crew Pilot License), typové výcviky a doporučení pro výcvik CPL (Commercial Pilot License). [8]

Annex 6 nově upravuje požadavky na výcvikové programy UPRT pro provozovatele komerční letecké dopravy. [9]

PANS-TRG nově přidává kapitolu UPRT v dokumentu 9868 – Postupy leteckých navigačních služeb – Výcvik. Dále změny v dokumentu 9625 - Manuál pro kritéria schválených letových simulátorů. [10]

Implementace nařízení ICAO jsou konkrétně vykonány podle nařízení FAA, nebo EASA v závislosti na regionu, pod který provozovatel, či výrobce spadá. Nařízení ICAO byla publikována v roce 2014. Praktická podoba postupů a datum implementace je u jednotlivých agentur odlišná, avšak díky spolupráci od začátku projektu je rámcově podobná. Níže budou popsány jednotlivé přístupy agentur, především pak postup agentury EASA, která se týká námi zkoumaného letounu L-410.

4.3 Přístup FAA

Přístup agentury FAA zde uvedeme stručně, a to spíše jako referenci pro porovnání s postupem agentury EASA, která je pro náš případ více relevantní, protože většina provozovatelů L-410 spadá právě pod evropskou agenturu.

FAA se na základě výše popsané spolupráce s ICAO a EASA rozhodla vydat nařízení ve spolupráci s vlastním bezpečnostním týmem pro komerční dopravu CAST (Commercial Aviation Safety Team), který zkoumal 18 nehod spojených se ztrátou kontroly nad letadlem. Nařízení Part 121 bylo implementováno komisí pro tvorbu leteckých pravidel ARC v rámci zákona – Public Law 111-216, Section 208. [14]

Provozovatelé komerční dopravy pod FAA musí nyní splňovat nové požadavky v dokumentech číslo: 121.419, 121.423, 121.424 a 121.427. Instruktoři a simulátory pak musí splňovat požadavky číslo: 121.412 a 121.414.

Pro lepší porozumění při implementaci požadavků vydala FAA poradní oběžníky – Advisory Circular AC 120-109 (Stall and Stick Pusher Training), 120-109A (Stall Prevention and Recovery Training), 120-111 (Upset Prevention and Recovery). [14]

Principy vysvětlené oběžníkem 120-109 a 120-109A [11][12]:

- Redukce úhlu náběhu je nejzásadnější akce k výběru pádu
- Výcvik by měl prosazovat stejnou metodu výběru blížícího se, i vyvinutého pádu
- Kritéria pro zhodnocení blížícího se pádu by neměla být založena pouze na ztrátě výšky, ale na více externích a interních veličinách
- Po správném zvládnutí a naučení výběrného manévru pomocí manévrovacího výcviku by se měl výcvik zaměřit na reálné scénáře, které mohou naskytnout během běžného provozu včetně pádu při zapnutém autopilotu ve vysokých výškách
- Správně vedený výcvik výběru plně vyvinutého pádu poskytuje pilotovi praktické zkušenosti s letovými vlastnostmi pádu daného typu
- Zahrnutí výcviku pro systémy Stick-pusher do scénářů výcviků u letadel jím vybavených

Principy vysvětlené oběžníkem 120-111 [13]:

- Prohloubení výcviku instruktorů o limity simulace
- Výcvik teorie pokročilé aerodynamiky pro piloty
- Prvotní rozeznání odchyly od zamýšlené trajektorie letu

- Zábřana nezvyklých poloh pomocí zlepšení dovedností ručního řízení
- Výcvik CRM v nezvyklých polohách se zlepšením integrace pilota monitorujícího

Nařízení v Part 121 byla vydána 30.3.2016. Veškerí provozovatelé komerční dopravy, jejichž se Part 121 týká musí počínaje 12. 3. 2019 poskytovat UPRT výcvik pilotům během [14]:

- Počátečního výcviku
- Přestupního výcviku (přechod na jiný typ letadla)
- Diferenčního výcviku (přechodu na jinou verzi stejného typu letadla)
- Výcviku při povýšení pozice (př. z FO na CPT)
- Rekvalifikačního výcviku
- Obnovovacího výcviku

4.4 Přístup EASA

Pojetí implementace UPRT evropskou agenturou pro bezpečnost letectví je pro náš případ letounu L-410 nejvíce relevantní, jelikož pod EASA spadá většina provozovatelů, výcvikových organizací a výrobce sám. Na první pohled je proces implementace pravidel poněkud komplikovaný a subjektivně složitější, než v případě FAA. Níže bude celá problematika rozepsána pro objasnění a zároveň určení, jaké nařízení je třeba splnit v případě letounu L-410.

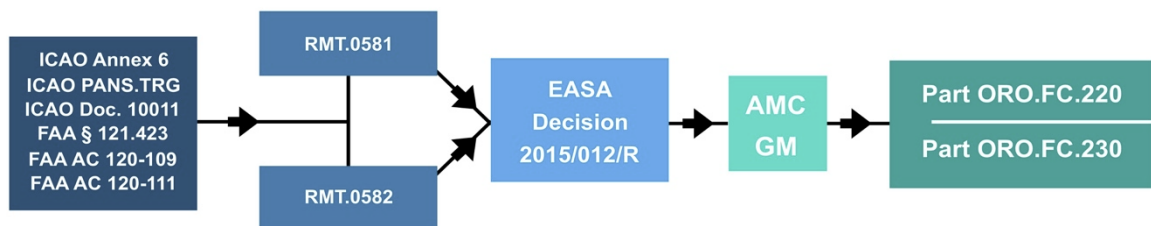
V prvé řadě je třeba popsat jednotlivé pojmy a názvy zahrnuté v procesu vytváření pravidel:

- *Part.ORO.FC.220 a 230* - ve struktuře nařízení EASA patří Part.ORO do podkategorie Air Operations v souboru základních nařízení EASA (Basic Regulations). Part nařízení představují finální podobu nařízení, která jsou třeba splnit.
- *AMC* – představují přijatelné způsoby, jakými lze splňovat daná nařízení. AMC není zavazující a tak může žadatel o certifikaci zvolit i alternativní přístup splnění požadavků. Alternativní řešení musí být doprovázeno důkazem, že je schopné požadavky splnit. Užití existujících AMC poskytuje výhodu jistého splnění požadavků a ve většinu případů snadnější implementaci.

- GM – představuje nezavazující poradenský materiál ve formě vysvětlení, interpretací a příkladů pro uživatele jak dosáhnout požadavků uvedených v základních nařízeních, AMC a dalších.
- RMT.0581 a RMT.0582 - jsou zadání pro vytváření pravidel vedená skupinou pro vytváření pravidel. RMT byla vydána generálním ředitelem EASA z důvodu urychlení procesu zavedení pravidel.

Proces zavedení změn do předpisů Part.ORO

Snížení počtu událostí LOC-I se stala hlavní prioritou EASA a tak generální ředitel pro urychlení celého procesu vydal RMT.0581 a RMT.0582. Experti ze skupin pracujících na těchto zadání brali v potaz informace již obsažené v ICAO Annex 6, PANS-TRG a dokumentech FAA – 121.423, AC 120-109, AC 120-111. Výsledky jejich práce byly formou rozhodnutí EASA č. 2015/012/R implementována jako AMC a GM do stávajících předpisů Part.ORO.FC.220, 230 a ORO.FC.105.



Obrázek 14: Proces zavedení změn do předpisů Part.ORO [15]

4.4.1 EASA Rozhodnutí 2015/012/R

Rozhodnutí obsahuje 2 annexy. Annex I obsahuje definice. Annex II obsahuje samotné AMC 1, 2, GM 1-5 a GM 1 pro ORO.FC.105.

Prvky výběru nezvyklých poloh by v obou AMC měly obsahovat kombinaci teoretického výcviku a výcviku na simulátoru, případně výcviku na letadle. Maximální délka výcviku je stanovena na 3 roky. Experti z pracovních skupin zprvu zvažovali, zda by měli být prvky UPRT začleněné až na úroveň AMC. Tímto krokem by provozovatelé měli větší tendenci k pokrytí jednotlivých postupů, tak jak AMC stanovuje a navíc by kompetentní úřady měly lepší způsoby, jak prvky prosazovat. V rámci snahy o konzistentní implementaci provozovateli agentura tento postup v závěru schválila. [15]

AMC 1

Je platný pro komplexní motorová letadla užívaná v komerční letecké dopravě s maximální sedadlovou kapacitou pro pasažéry větší, než 19.

Požadavky jsou shodné s AMC 2, který je platný pro L 410, proto budou dále rozepsány v kapitole AMC 2.

AMC 2

Je platný pro komplexní motorová letadla užívaná v komerční letecké dopravě s maximální sedadlovou kapacitou pro pasažéry 19 a méně.

Letoun L 410 má ve verzi UVP-E20 v konfiguraci pro nejvíce cestujících právě 19 sedadel, proto spadá pod AMC 2.

- UPRT výcvik by měl:
 - Sestávat z teoretického výcviku a výcviku v FSTD, nebo v letadle.
 - Obsahovat prvky obsažené v tabulce 1 z AMC 1 ORO.FC.220&230 pro přeškolovací výcviky.
 - Obsahovat prvky obsažené v tabulce 1 z AMC 1 ORO.FC.220&230 pro opakovací výcviky s periodou opakování minimálně jednou za 12 měsíců. Zároveň musí být všechny prvky výcviku pokryty v době nepřesahující 3 roky.
 - Obsahovat teoretický a praktický výcvik ve FFS kvalifikovaného pro danou činnost.
 - Vykonány na té straně řízení, na které konkrétní pilot aktuálně létá ve své funkci.
 - Obsahovat prvky pro výběr nezvyklých poloh obsažené v tabulce 2 z AMC 1 ORO.FC.220&230 pro opakovací výcviky tak, aby byly veškeré prvky výcviku pokryty v době nepřesahující 3 roky.
- Provozovatel by měl zajistit, aby personál poskytující UPRT výcvik byl kompetentní a znal limity používaného simulátoru.
- Kvalifikační požadavky pro FFS jsou dále rozvedeny v poradenském materiálu (GM).

Tabulky 1 a 2 AMC 1 ORO.FC.220&230 jsou obsaženy v příloze 1 této práce. Tabulky jsou přepsány v originálním, anglickém znění pro korektnost a absenci oficiálního překladu některých výrazů. [15]

GM 1

Výcvik zábrany a výběru nezvyklých poloh pro komplexní motorem poháněná letadla

Záměrem UPRT je pomoci posádkám získat dovednosti k prevenci nebo výběru nezvyklých poloh, a to jak ve fázi vývoje, tak ve fázi plně vyvinutých nezvyklých poloh. Výcvik zábrany je zamýšlen k předejití incidentů, kdežto výcvik výběru připravuje posádky na předejití nehody v již vyvinuté fázi.

Lidský faktor

UPRT výcvik by rovněž měl zahrnovat dva principy z okruhu lidských faktorů a to:

- Threat and error management (TEM)
- Crew resource management (CRM)

Důraz by měl být převážně kladen na moment překvapení a vývoj odolnosti vůči těmto negativním faktorům. Dále by měly být posádky uvědoměny, že budou v situacích nezvyklých poloh vystaveny fyzickým a psychickým výzvám jako jsou vizuální iluze, prostorová dezorientace a nestandardní přetížení.

Použití letových simulátorů

Použitím letových simulátorů pro výcvik dosáhneme důležitých benefitů výcviku aniž by byly posádky vystaveny rizikům výcviku UPRT v letadle. Ve výcvikovém programu je při jeho vývoji a implementaci důležité brát v potaz schopnosti konkrétního simulátoru tak, aby nedocházelo k negativnímu, nebo k negativně přenesenému výcviku. Negativního výcviku (negative training) může být dosaženo neúmyslným zadáním nevhodných informací, nebo situací do simulace, které by v závěru měly na piloty ještě horší vliv, než kdyby výcvik nepodstoupili. K negativně přenesenému výcviku (negative transfer of training) dochází při nevhodném zobecňování důležitých principů, dovedností, nebo užití nevhodných postupů pro dané situace.

Některé FSTD (Flight Simulator Training Device) mohou obsahovat vlastnosti, které vylepšují UPRT, jako například instruktorská řídicí stanice (IOS). Provozovatelé mohou využít takovýchto vlastností k podpoře svých výcvikových záměrů.

Dodatečné poradenství

Konkrétní poradenství pro prvky a cvičení UPRT uvedených v AMC je dostupné v aktuální verzi dokumentu ICAO Doc. 10011 (Manual on UPRT).

Další poradní materiál je dostupný v dokumentech: Aeroplane Upset Recovery Training Aid (AURTA), UK CAA Paper 2013/02 ('Monitoring Matters'), a Flight Safety Foundation Publication ('A Practical Guide for Improving Flight Path Monitoring'), listopad 2014. [12]

GM 2

Výcvik výběru nezvyklých poloh pro komplexní motorem poháněná letadla

Výcvikové prvky UPRT by měly během obnovovacích výcviků být upřednostněny podle provozovatele a jím zhodnoceným, individuálním rizikům.

Konkrétně by měl výcvik být založen na bázi skutečného scénáře a na základě manévrovacího výcviku (scenario and manoeuvre – based training). V prvním případě to znamená simulovat reálnou situaci navedení do nezvyklé polohy, kdy při absenci prevence, nebo špatné reakci dojde k uvedení do nezvyklé polohy. V druhém případě se jedná o výcvik již vyvinuté nezvyklé polohy v různých podobách a její výběr. Ve výcviku založeném na scénáři by znovu měly být zdůrazněny principy TEM a CRM spolu s limity letových simulátorů v simulaci fyzických a psychologických aspektů nezvyklých poloh.

K předejití negativního, nebo negativně přeneseného výcviku je důležité, aby výcvikové scénáře a cvičení braly limity FSTD v potaz a pohybovaly se v míře, která odpovídá simulaci reálných vlastností letadla. Pokud k tomu není FSTD vhodný, musí provozovatel zajistit jiný způsob dosažení záměru výcviku.

Výcvik nezdařených přiblížení z různých fází přiblížení

Výcvik by měl zahrnovat cvičení nezdařených přiblížení z různých výšek během přiblížení s oběma běžícími motory s ohledem na následující faktory:

- Neplánované nezdařené přiblížení vystaví posádku momentu překvapení a leknutí
- Nezdařené přiblížení v různých konfiguracích letadla a rozdílné hmotnosti
- Přerušené přistání (ve fázi mezi výškou rozhodnutí a dosednutím, nebo po dosednutí, před aktivací zpětného tahu)

V případě nezdařených přiblížení s oběma běžícími motory by měla být zvážena metoda se sníženým tahem, pokud je aplikovatelná pro daný typ letadla. Tato metoda kromě snížení možnosti překročení konstrukčních limitů letadla snižuje riziko vystavení posádky efektu somatogravické iluze a efektu dezorientace a tím snížení rizika následného uvedení do nezvyklé polohy. Postupy nezdařeného přiblížení musí být prováděny podle postupů doporučených výrobcem. [15]

GM 3

Výcvik výběru nezvyklých poloh pro komplexní motorem poháněná letadla

Výcvik samotného výběru nezvyklé polohy by měl být založen na manévrovacím principu (manoeuvre-based). Tímto je posádce umožněno aplikovat jejich dovednosti a postup výběru spolu s užitím principů CRM k úspěšnému navrácení letadla ke stabilizovanému letu. Opět je nutné znát limity simulace konkrétního simulátoru a vyvarovat se negativnímu a negativně přenesenému výcviku.

Výcvik zábrany a výběru přetažení – pádu

Je nezbytně nutné, aby výcvik zábrany a výběru pádu bral v potaz limity konkrétního FFS. Určité modely starších i aktuálních simulátorů nedostatečně reprezentují chování letounu při aerodynamické ztrátě vzlaku. Rozdílné chování simulátoru oproti skutečnému letadlu ve fázi plného přetažení vede k negativnímu a negativně přenesenému výcviku. Pro označování schopností FFS a budoucích vylepšení je zaveden pojem „stall event“ (událost přetažení – pádu). Pojem je definován jako situace, kdy se letadlo ocitne minimálně v jednom stavu souvisejícího s blížícím se, nebo plným pádem.

Při použití simulátoru, které nejsou certifikované k provádění simulace plného pádu by se cvičení „stall event“ měly provádět pouze jako cvičení zábrany pádu.

Při výcviku by měla být zdůrazněna nutnost snížení úhlu náběhu a přijetí následné ztráty výšky. Pády ve vysokých výškách by měly být zahrnuty ve výcviku, aby se posádka setkala s rozdíly v chování letadla a zvýšenou ztrátou výšky spolu s prodloužením času trvání manévru nutného k vybrání pádu. Dále by měl být kladen důraz na riziko druhotného pádu během výběru.

Vybírání pádů je nutné provádět dle schválených doporučení výrobce letadla. V případě, že schválený postup výrobce neexistuje, provozovatel by měl vyvinout postupy výběru pádu pro konkrétní typ. [15]

K vývoji postupu výběru je možné následovat šablonu publikovanou v GM 3 rozhodnutí 2015/012/R. Šablona je blíže popsána v dokumentu AURTA.

Tabulka 1: Šablona postupu výběru pádu [15]

Stall Event Recovery Template		
<p><i>Pilot Flying</i> - Immediately do the following at first indication of a stall (aerodynamic buffeting, reduced roll stability and aileron effectiveness, visual or aural cues and warnings, reduced elevator (pitch) authority, inability to maintain altitude or arrest rate of descent – during any flight phases <i>except at lift-off</i>).</p>		
Pilot Flying (PF)		Pilot Monitoring (PM)
1.	<p>AUTOPILOT - DISCONNECT</p> <p>(a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)</p>	<p>MONITOR</p> <p>airspeed and attitude throughout the recovery and</p> <p>ANNOUNCE</p> <p>any continued divergence</p>
2.	<p>AUTOTHRUST/AUTOTHROTTLE - OFF</p>	
3.	<p>a) NOSE DOWN PITCH CONTROL</p> <p>apply until stall warning eliminated</p> <p>b) NOSE DOWN PITCH TRIM (as needed)</p> <p>(reduce the angle of attack whilst accepting the resulting altitude loss)</p>	
4.	<p>BANK - WINGS LEVEL</p>	
5.	<p>THRUST – ADJUST (as needed)</p> <p>(thrust reduction for aeroplanes with underwing mounted engines may be needed)</p>	
6.	<p>SPEEDBRAKES/SPOILERS - RETRACT</p>	
7.	<p>When airspeed is sufficiently increasing - RECOVER to level flight - (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)</p>	

Experti dále rozebírají problematiku výcviku samotného pádu a zábrany pádu. Dle GM 3 je nutné, aby byl výcvik upraven dle možností simulátoru. Plně vyvinutý pád není možné cvičit na simulátoru, který k tomu není certifikovaný. Podrobnějšímu zkoumání byl podroben postup FAA, který ukládá výcvik plně vyvinutého pádu jako povinný. Tímto

jsou zároveň zvýšeny nároky na letové simulátory. V tomto ohledu je přístup EASA expertů prozatím konzervativnější a s ohledem na komplikace spojené s vylepšením, nebo náhradou simulátorů ukládá jako povinný pouze výcvik zábrany pádu. Tato problematika je stále ve vývoji a jejím předmětem se zabývají další rozhodnutí EASA 06/2017 a 2018/006/R, která budou popsána níže.

Výběr nezvyklých poloh s nosem dolů, nebo vzhůru

Na základě dokumentu AURTA jsou v GM 3 rovněž uvedeny doporučené šablony pro výcvik nezvyklých poloh v situaci s nosem letadla dolů, nebo vzhůru. Schválené doporučené postupy letadla mají opět přednost před použitím těchto šablon. Uvedený postup je blíže rozepsán v dokumentu AURTA. [15]

Tabulka 2: Šablona postupu výběru nezvyklé polohy - letadlo nosem dolů [15]

Nose Low Recovery Strategy Template		
<i>Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose Low“</i>		
<i>(If the autopilot or autothrust/autothrottle is responding correctly, it may not be appropriate to decrease the level of automation while assessing if the divergence is being stopped.)</i>		
	(PF)	(PM)
1.	AUTOPILOT (if installed) - DISCONNECT (a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)	MONITOR airspeed and attitude throughout the recovery and ANNOUNCE any continued divergence
2.	AUTOTHRUST/AUTOTHROTTLE - OFF	
3.	RECOVERY from stall if required	
4.	ROLL in the shortest direction to wings level. (it may be necessary to reduce the g-loading by applying forward control pressure to improve roll effectiveness)	
5.	THRUST - ADJUST (if required)	
6.	RECOVER to level flight (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	

Note:

1. Recovery to level flight may require use of pitch trim.
2. **WARNING:** Excessive use of pitch trim or rudder may aggravate the upset situation or may result on high structural loads.

Tabulka 3: Šablona postupu výběru nezvyklé polohy - letadlo nosem vzhůru [15]

Nose High Recovery Strategy Template		
<i>Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose High“</i>		
(PF)		(PM)
1.	AUTOPILOT (if installed)..... DISCONNECT (a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)	MONITOR airspeed and attitude throughout the recovery and ANNOUNCE any continued divergence
2.	AUTOTHRUST/AUTOTHROTTLE - OFF	
3.	APPLY as much nose-down control input as required to obtain a nose down pitch rate	
4.	THRUST - ADJUST (if required)	
5.	ROLL - ADJUST (if required) (Avoid exceeding 60 degrees bank)	
6.	When airspeed is sufficiently increasing - RECOVER to level flight - (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	
<p>Note:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recovery to level flight may require use of pitch trim. 2. If necessary, consider reducing thrust in aeroplanes with underwing-mounted engines to aid in achieving nose-down pitch rate. 3. WARNING: Excessive use of pitch trim or rudder may aggravate the upset situation or may result on high structural loads. 		

GM 4

Letové simulátory kvalifikované pro UPRT výcvik - FSTD/FFS

Simulátor užitý pro UPRT by měl splňovat všechny požadavky dané plánovanými výcvikovými prvky, tak aby nedošlo k negativně přenesenému výcviku.

FFS úrovně C a D jsou kvalifikovány pro úkony UPRT. Cvičení mimo schválenou výcvikovou obálku jako plně vyvinutý pád by neměly být vykonávány.

FFS úrovně B mohou být kvalifikovány pro UPRT pouze pokud byly demonstrovány vlastnosti ekvivalentní úrovně C podle CS-FSTD(A) Appendix 8 k AMC1 FSTD(A).300 Základní technické požadavky ke kvalifikaci úrovní FSTD a souvisejících validačních testů. Provozovatelé simulátorů mají tedy možnost kvalifikovat svůj simulátor pro UPRT výcvik, pokud příslušným úřadům demonstrují požadované shody s úrovní C. Kompetentní úřad potom dodá UPRT oprávnění do certifikace simulátoru. [15]

GM 5

Personál poskytující UPRT výcvik

Personál provádějící UPRT výcvik v letových simulátorech by měl mít určité kompetence, které nejsou přímo nutné u jiných výcviků. Z toho vyplývá, že by provozovatelé měli mít adekvátně vypracovaný, standardizovaný výcvikový program, jehož splnění může znamenat dodatečný výcvik instruktorů, tak aby měli požadované znalosti a dovednosti v oblasti UPRT.

Správný výcvikový program by měl zajistit, že je výcvikový personál:

- Schopen demonstrovat správné metody výběru nezvyklých poloh pro konkrétní letadlo.
- Rozumět důležitosti aplikování postupů doporučených výrobcem (OEM).
- Schopen rozeznat rozdíly mezi standardními postupy a postupy výrobce.
- Mít povědomí o potenciálu negativně přeneseného výcviku při výcviku mimo možnosti simulátoru.
- Rozumět a umět používat simulátorové zařízení ke správné interpretaci v UPRT kontextu.
- Rozumět a umět používat instruktorské nástroje simulátoru pro správnou zpětnou vazbu výkonu posádky.
- Rozumět důležitosti dodržení výcvikového scénáře UPRT, tak jak byl navrhnut.
- Rozumět nedostatku simulace v napodobení situací kritických na lidský faktor a umět s těmito aspekty seznámit posádku

GM 1 pro ORO.FC.105

Znalost environmentálního prostředí v souvislosti s nezvyklými polohami

Posádky by měly rozumět:

- Rizikům environmentálního prostředí jako:
 - Clear Air Turbulence (CAT) – Turbulence v čistém ovzduší
 - Intertropické zóně konvergence (ITCZ)
 - Bouřky
 - Microburst
 - Wind shear – stříh větru
 - Námraza
 - Horská vlna
 - Turbulence v úplavu
 - Změny teploty ve velkých výškách
- Zhodnocení a management výše zmíněných rizik
- Dostupným postupům k potlačení rizik pro daný specifický způsob operování, jeho tratí, letišť a oblastí.

4.4.2 EASA rozhodnutí 06/2017

Toto rozhodnutí popisuje problémy související s LOC-I. S jeho obsahem jsou spojeny následující iniciativy: Bezpečnostní doporučení (SR) v relaci k nehodám, EASp bezpečnostní opatření a změna ICAO SARPs.

Rozhodnutí navrhuje zařazení UPRT požadavků do výcvikové legislativy evropských pilotů. Výcvikové požadavky mají za cíl poskytnout pilotům dovednosti k řešení vyvinutých nezvyklých poloh. Hlavní pozornost je věnována na piloty, kteří mají vstup do komerční letecké přepravy teprve před sebou. Nový výcvik integruje dodatečný teoretický a praktický výcvik do osnov programů MPL a ATPL. Pilot bude po absolvování dodatečných aspektů výcviku zároveň lépe připraven na psychickou a fyzickou stránku nezvyklých poloh před prvním typovým výcvikem na více pilotní letadlo. K podpoře tohoto výcviku se rozhodnutí zaměřuje i na výcvik instruktorů, kteří budou výcvik UPRT provádět. Dále bude v závislosti na aktuální osnově lehce změněna výcviková osnova pro licence LAPL a PPL.

Navržené změny se týkají Annexu 1 (Part-FCL) pro požadavek (EU) 1178/2011 (Aircrew Regulation).

Od nových návrhů se očekává zvýšení bezpečnosti a harmonizace se standarty ICAO. Datum implementace je stanoveno na duben roku 2018 s roční přechodnou fází do dubna 2019. [16]

4.4.3 EASA rozhodnutí 2018/006/R

Cílem rozhodnutí je zvýšit přesnost ustanovení a podpořit požadavky UPRT a zábrany pádu navržených v rozhodnutí EASA 06/2017 a RMT.0581. Dále jsou obsaženy návrhy na zvýšení přesnosti simulace námrazy motorů a konstrukce letadla. U letových simulátorů také přibyl návrh pro užití instruktorských stanic se zpětnou vazbou.

Toto rozhodnutí upravuje certifikační požadavky pro FSTD (CS-FSTD(A)) s jedním z hlavních cílů sjednocení s požadavky FAA CFR 14 Part 60 Change 2. Tento krok je vstřícný pro provozovatele FSTD s dvojitou certifikací jak pro FAA, tak EASA. Sjednocení se rovněž týká dokumentu ICAO Doc 9625 (Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation Training Devices', 4th Edition).

Uvedené změny mají za cíl zvýšit bezpečnost díky zaměření na nízkou úroveň FSTD a jejich neschopnost simulovat situace určitých výcvikových úkonů, které by v minulosti mohly zamezit nehodám.

Datum implementace je stanoveno na duben roku 2018 s následnou přechodnou fází, aby existoval prostor k uplatnění rozhodnutí EASA 06/2017. [17]

5. Návrhu řešení UPRT výcviku pro Let L 410 UVP-E20

Pro případ této diplomové práce se veškeré informace budou týkat konkrétně modelu L 410 UVP E-20. Jedná se o předposlední model v modelové řadě Let s největším počtem letadel tohoto typu v provozu. Tato verze je rovněž stále v produkci. Díky podobným parametrům s ostatními variantami (nejčastěji se jedná o jiné pohonné jednotky) lze po předchozím ověření očekávat možnost rozšíření navržených řešení i pro další modely L 410. Nejnovější model L 410 NG dosud není v době vzniku práce v komerčním provozu.

V předchozí kapitole byl popsán legislativní rámec se zaměřením na konkrétní okruhy týkající se letounu L 410. Nyní se znalostí požadavků daných EASA můžeme přistoupit k řešení této problematiky přímo pro dané letadlo. V první řadě je nutné zjistit rozdíly mezi stávající dokumentací a platnými požadavky. Následně se budeme zabývat případnými nesrovnalostmi a návrhy na jejich řešení.

Při analýze aktuální schválené dokumentace se zaměříme, zda obsahuje řešení pro výcvik UPRT dle předpisu. V případě, že ano, porovnáme jej s aktuálními požadavky, a pokud budou nalezeny nesrovnalosti, navrhneme úpravu stávající dokumentace. V případě, že řešení na UPRT výcvik v dokumentaci nebude zmíněno, pokusíme se v souladu s předpisem řešení navrhnout a ověřit jeho aplikovatelnost.

Pro samotné výcvikové řešení je důležité, aby výcvik obsahoval vyhovující osnovu spolu s ověřenými postupy pro zábranu a výběr nezvyklých poloh. Dalším stupněm vývoje řešení pro UPRT výcvik je poskytnutí materiálu a postupů pro instruktory výcviku. Tento bod by však již přesahoval rozsah této práce.

5.1 Aktuální schválená dokumentace

K analýze aktuální výcvikové dokumentace jsem využil možnosti konzultace s vedoucím výcvikové dokumentace pro L410 v Czech Aviation Training Centre panem Ing. Petrem Kodouskem BSc. V kombinaci s vlastním nastudováním dokumentace jsem konstatoval, že se řešení pro UPRT výcvik pro letoun L410 UVP E-20 v dokumentaci neobjevuje.

Po ověření postupů výrobce pro zábranu, či výběr nezvyklých poloh byl v letovém manuálu letadla AFM nalezen jediný relevantní přístup a to v tabulce postupů pro signalizace letadla. V obrázku níže je znázorněn postup po signalizaci ztráty vztlaku. [15]

L 410 UVP-E20

SECTION VII
SYSTEMS OF AIRPLANE

FLIGHT MANUAL



Light signal	Indicated state	Procedure
AUT. BANK CONTROL (green light)	Automatic bank control system is armed. PROP FEATHERING/ AUT BANK CONTROL circuit breakers on the overhead panel are on, and AUT. BANK CONTROL switch on the central control panel is on.	When airspeed exceeds 111 kt (205km/hr) IAS the light goes off and the system is disarmed.
AUT. BANK CONTROL (amber light)	Automatic extension of a ABC tab has taken place.	See Section 4, Controls.
SPOILERS	Spoilers are extended.	When button is released the spoilers retract and the light goes off.
FUEL TRANSFER	Fuel transfer pump in indicated wing tip tank delivers fuel.	See Section 3A, Fuel system
STALLING (and intermittently sounded horn)	Airspeed is only about 8 kt (15 km/hr) higher than the stalling speed.	Increase airspeed.
DOOR	Entry door, or door in the front part of the passenger cabin, or front baggage compartment door are not secured in closed position.	The signal goes off when door is closed properly.
ACTUATE TRANSFER	Fuel reserve in one group of tanks (one wing) is down to 220 kg (485 lb) but fuel transfer pump in wing-tip tank on that side is not running, or there is a failure of automatic switch of fuel transfer.	See Section 4, Fuel system.
SEARCHLIGHTS	Search lights switched on.	
EXTENDLAND GEAR (continuously sounding horn)	Wing flaps extended while landing gear is retracted, both engines to idling and airspeed below 111 kt (205 km/hr) IAS with the landing gear retracted.	Lights goes off when landing gear is extended or other conditions (necessary for coming on) are cancelled.
ENGINE STARTING	Starter-generator is working in starter mode. If more than 20 seconds has elapsed since ENGINE STARTING push-button (LH or RH) was depressed, this is a fault indication: the starting circuit has failed to disconnect automatically.	See Section 4, Engine starting.
WATER INJECTION	Operating pressure has built up in the water injection piping system.	See Section 4, Water injection.
BAG. COMP. FIRE	Presence of smoke at the smoke detector in front baggage compartment.	See Section 3, Front baggage compartment fire.
CABIN CALL	CREWCALL push-button in passenger cabin is activated.	Signal goes off when button is released.
MANUAL STEERING	Nose wheel steering is in MANUAL mode.	See Section 4, Controls.
PEDAL STEERING	Nose wheel steering is in PEDAL mode. The light will only come on to confirm the switching over when pedals are in neutral position.	See Section 4, Controls.

Obrázek 15: Postup po signalizaci ztráty vztlaku z AFM L 410 UVP E-20 [18]

Postup po signalizaci ztráty vztlaku je popsán pouze jako increase speed – zvýšte rychlost. Tento postup je dle nových předpisů EASA nedostatečný. Postup rovněž není publikovaný zvláště v sekci pro výběr nezvyklých poloh, ale pouze jako řešení po výskytu signalizace. Rovněž v AFM není zmíněn postup na výběr nezvyklých poloh s nosem dolů, nebo vzhůru.

Po analýze stávající dokumentace lze konstatovat následující oblasti k řešení:

1. *Absence výcvikového programu a osnovy UPRT výcviku*
2. *Absence správného postupu pro zábranu a výběr pádu v AFM*
3. *Absence postupu pro výběr nezvyklých poloh s nosem dolů v AFM*
4. *Absence postupu pro výběr nezvyklých poloh s nosem vzhůru v AFM*

Tato práce se bude dále zabývat návrhem postupů pro výběr pádové situace a obou případů nezvyklých poloh. Dále bude navržena osnova výcviku. Návrh řešení představený v následující kapitole odráží výše zmíněné faktory pro turbovrtulová letadla a splňuje všechny požadavky platné a známé nadcházející evropské legislativy a je tak možné ho navrhnout k implementaci do výcvikového řešení UPRT pro typový a obnovovací výcvik letounu L410 UVP E-20.

5.2 Návrh řešení výcviku UPRT

V předešlé kapitole jsme po analýze stávající dokumentace uvedli seznam čtyř oblastí potřebných k dalšímu ověření. U každé ze zmíněné oblasti se jedná o nedostupnost požadovaného materiálu a tak vzniká prostor pro navržení nového řešení.

V legislativní části byla v rámci AMC publikována doporučená osnova výcviku společně s generickými postupy pro výběr nezvyklých poloh. AMC se v tomto případě odkazuje na dokumenty ICAO Doc. 10011 a AUPRTA, odkud doporučená osnova a postupy pochází a kde jsou podrobně rozvedeny. Na vývoji těchto dokumentů se podílelo několik expertních skupin zástupců FAA, EASA a ICAO. Dále se na jejich vývoji podíleli významní výrobci letadel jako je Boeing, Airbus, ATR, Bombardier a Embreer.

EASA v rámci rozhodnutí 2015/006/R navrhuje při absenci řešení od výrobce použití právě generické osnovy a postupů jako vodící materiál při návrhu řešení UPRT výcviku.

Problematika vývoje UPRT výcvikového řešení je široká a její základ leží ve velkém množství odborných výzkumů předešlých nehod, aerodynamiky a lidského faktoru. Všechny tyto aspekty jsou zohledněny v generických postupech k jejichž vývoji vedl vývoj přibližně posledního desetiletí. Generická osnova a postupy jsou cíleny na širší

škálu letadel, včetně těch s aktuálními moderními systémy, jako např. automatický plyn a jiné.

Pro řešení naší problematiky vývoje UPRT řešení je tedy příhodné využít těchto generických materiálů. V první řadě budou generické postupy upraveny o jednoznačné aspekty konkrétně pro L 410 jako jsou například prvky výcviku v machových rychlostech, nebo o postupy zahrnující systémy, kterými L 410 nedisponuje. Upravená osnova a postupy budou dále ověřeny na certifikovaném simulátoru s posádkou kvalifikovanou na L 410. Naším cílem bude ověřit, zda-li při použití připravených postupů dojde k úspěšnému vybrání nezvyklé polohy na základě analýzy letových dat.

5.3 Návrh výcvikové osnovy UPRT

Níže uvedená testovací osnova vychází z generické osnovy publikované v AMC 1 rozhodnutí EASA 2015/006/R. Její obsah byl upraven především formou odebrání elementů výcviku, které jednoznačně nejsou pro L 410 relevantní, ať již se jedná o elementy spojené s vybavením, kterým L 410 nedisponuje, nebo prostředím, ve kterém se L 410 nevyskytuje.

U jednotlivých elementů osnovy je stanoveno, zdali má probíhat ve formě teoretického výcviku (ground training), praktického výcviku (FSTD training), nebo obojí. V případě praktického výcviku se pak provádí konkrétní cvičení na simulátoru, která spočívají ve správném výběru nezvyklých poloh pomocí doporučených postupů.

Jednotlivá cvičení mohou pokrývat i více elementů uvedených v osnově výcviku. Základní cvičení se týkají samotné zábrany a vybírání nezvyklých poloh a jsou aplikovatelná na všechny situace, v případě, že se letoun do nezvyklé polohy dostane. Elementy, které jsou rovnou pokryty základními cvičeními jsou v tabulce zbarveny zeleně.

Elementy, které nejsou pokryty základními cvičeními by bylo dobré dále zařadit do výcvikového scénáře UPRT. Hlavním smyslem těchto dodatečných elementů je ukázat posádce další možnosti, jakými se mohou do nezvyklých poloh dostat. Následný výběr již dále probíhá pomocí stejných postupů, jako v základních cvičeních. Jmenovitě se bude jednat o elementy spojené s environmentálním prostředím, poruchou letadlových systémů a specifické fáze letu. Tyto elementy jsou v tabulce zbarveny oranžově. Výcvikový scénář UPRT patří do instruktorské části výcviku, který není obsažen v této práci.

V průběhu testování na simulátoru tedy bude dostačující ověřit použitelnost postupů k vybrání základních cvičení.

Tabulka 4: Upravená osnova výcviku UPRT

Elements and components		Ground training	FSTD/ Aeroplane training
A.	Aerodynamics		
1.	General aerodynamic characteristics	•	
2.	Aeroplane certification and limitations	•	
3.	Aerodynamics (high and low altitudes)	•	•
4.	Aeroplane performance (high and low altitudes)	•	•
5.	Angle of attack (AOA) and stall awareness	•	•
6.	Aeroplane stability	•	•
7.	Control surface fundamentals	•	•
8.	Use of trims	•	•
9.	Icing and contamination effects	•	•
10.	Propeller slipstream	•	•
B.	Causes of and contributing factors to upsets		
1.	Environmental	•	•
2.	Pilot-induced	•	•
3.	Mechanical (aeroplane systems)	•	•
D.	G-load awareness and management		
1.	Positive/negative/increasing/decreasing g-loads	•	•
2.	Lateral g awareness (sideslip)	•	•
3.	g-load management	•	•
E.	Energy management		

1.	Kinetic energy vs potential energy vs chemical energy (power)	•	•
F.	Flight path management		
1.	Relationship between pitch, power and performance	•	•
2.	Performance and effects of differing power plants	•	•
3.	Manual and automation inputs for guidance and control	•	•
4.	Type-specific characteristics	•	•
5.	Management of go-arounds from various stages during approach	•	•
6.	Automation management	•	•
7.	Proper use of rudder	•	•
G.	Recognition		
1.	Type-specific examples of physiological, visual and instrument clues during developing and developed upsets	•	•
2.	Pitch/power/roll/yaw	•	•
3.	Effective scanning	•	•
4.	Type specific stall protection systems and cues	•	•
H.	System malfunction (including immediate handling and subsequent operational considerations, as applicable)		
1.	Flight control defects	•	•
2.	Engine failure (partial and full)	•	•
3.	Instrument failures	•	•
4.	Loss of reliable airspeed	•	•
5.	Automation failures	•	•

6.	Stall protection system failures including icing alerting systems	•	•
1.	Manual handling skills (no autopilot, and where possible, without flight directors)		
1.	Flight at different speeds, including slow flight, and low altitudes within the full normal flight envelope		•
2.	Procedural instrument flying and maneuvering including instrument departure and arrival		•
3.	Visual approach		•
4.	Go-arounds from various stages during the approach		•
5.	Steep turns		•

5.4 Návrh UPRT postupů pro Let L 410

V případě základních cvičení výběru nezvyklých poloh se postupuje dle postupů výrobce. Jak již bylo předem uvedeno, v našem případě postup výrobce není v současnosti dostupný a tak opět využijeme generických postupů uvedených v GM 3 rozhodnutí EASA 2015/012/R. Níže jsou uvedené upravené tabulky postupů pro jednotlivé nezvyklé polohy. V tabulkách byly odebrány prvky automatického tahu motorů a spoilerů, které nejsou pro L 410 relevantní. Pod postupy se nachází popis jednotlivých úkonů a jejich význam.

Dle postupu testování uvedeného v pozdější kapitole bude posádka řešit zábranu nebo výběr nezvyklých poloh pomocí těchto postupů. Relevantním výstupem testování bude čas nutný k výběru nezvyklé polohy, případná ztráta výšky během manévru a kontrola, zda nebyla překročena obálka letových parametrů letadla.

5.4.1 Postup - pádová situace (Stall Event)

Tabulka 5: Navrhovaný postup pro výběr pádové situace

Stall Event Recovery		
<i>Pilot Flying</i> - Immediately do the following at first indication of a stall (aerodynamic buffeting, reduced roll stability and aileron effectiveness, visual or aural cues and warnings, reduced elevator (pitch) authority, inability to maintain altitude or arrest rate of descent – during any flight phases except at lift-off.		
Pilot Flying (PF)		Pilot Monitoring (PM)
1.	AUTOPILOT (if installed)..... DISCONNECT (a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)	MONITOR airspeed and attitude throughout the recovery and ANNOUNCE any continued divergence
2.	a) NOSE DOWN PITCH CONTROL apply until stall warning eliminated b) NOSE DOWN PITCH TRIM (as needed) (reduce the angle of attack whilst accepting the resulting altitude loss)	
3.	BANK WINGS LEVEL	
4.	THRUST ADJUST	
5.	When airspeed is sufficiently increasing..... RECOVER to level flight - (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	

AUTOPILOT – DISCONNECT (Odpojení autopilota)

- Autopilot musí být odpojen, pokud nereaguje správně na nechtěnou odchylku.
- Při odpojení se může nastavení vyvážení letadla pohybovat silně mimo vyváženou polohu.

PITCH (Sklon)

- K dosažení sklonu letadla nosem dolů může být zapotřebí až plné dopředné výchylky řízení. Efektivitu řídicích ploch může zlepšit použití trimu vyvážení. Přílišné použití trimu však může později zkomplikovat fázi výběru.

BANK (Náklon)

- Pro udržení symetrického zatížení a vztlaku křídel je nutné držet náklon blízko horizontální polohy. Pilotáž bude nejsnazší v těchto polohách. Nadbytečný náklon zvyšuje zátěž na posádku již v náročné fázi letu při výběru nezvyklé polohy.

THRUST (Nastavení výkonu)

- Snížení tahu bude nutné pro kontrolu a zamezení překročení maximální rychlosti

RECOVER (Obnovení do stabilizovaného letu)

- Při obnově do normálního letového režimu je nutné nedělat manévr předběžně a vyvarovat se tím druhotnému pádu, stejně tak ne příliš pozdě a vyvarovat se překročení letové obálky při velkých rychlostech. Použití trimu vyvážení může být nutné k obnovení běžné síly v řízení.

5.4.2 Postup - nezvyklá poloha - nos vzhůru (Nose High)

Tabulka 6: Navrhovaný postup pro výběr nezvyklé situace - Nose High

Nose High Recovery		
<i>Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose High“</i>		
Pilot Flying (PF)		Pilot Monitoring (PM)
1.	AUTOPILOT (if installed)..... DISCONNECT (a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)	MONITOR airspeed and attitude throughout the recovery and ANNOUNCE any continued divergence
2.	PITCH APPLY NOSE-DOWN control input as required to obtain a nose down pitch rate	
3.	THRUST ADJUST (if required)	
4.	ROLL ADJUST (if required) (Avoid exceeding 60 degrees bank)	
5.	When airspeed is sufficiently increasing..... RECOVER to level flight - (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	
Note:		
<p>4. Recovery to level flight may require use of pitch trim.</p> <p>5. WARNING: Excessive use of pitch trim or rudder may aggravate the upset situation or may result on high structural loads.</p>		

Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose High“

- Základním aspektem rozpoznání a potvrzení situace je jasná znalost stavu energie letadla a její tendence. Tento aspekt bude mít vliv na způsob výběru nezvyklé polohy. K rozpoznání slouží reference náklonu letadla, rychlosti, tendence rychlosti, výšky a vertikální rychlosti.

AUTOPILOT – DISCONNECT (Odpojení autopilota)

- Autopilot musí být odpojen, pokud správně nereaguje na nechtěnou odchylku.
- Při odpojení se může nastavení vyvážení letadla pohybovat silně mimo vyváženou polohu.

PITCH (Sklon)

- K dosažení sklonu letadla nosem dolů může být zapotřebí až plné dopředné výchylky řízení. Efektivitu řídicích ploch může zlepšit použití trimu vyvážení. Přílišné použití trimu však může později zkomplikovat fázi výběru.

THRUST (Nastavení výkonu)

- Je možné užití až maximálního výkonu za předpokladu, že bude zachována adekvátní kontrola sklonu letadla.

ROLL (Náklon)

- Pokud byly předchozí postupy neúčinné ke změně sklonu do polohy nosem dolů, může být řešením použití náklonu. Ten však nesmí přesáhnout úhel 60°. Pokud je již úhel větší než 60°, měl by být úhel zredukován. Pilotáž bude nejsnazší v polohách s křídly blízko vodorovnému úhlu. Náklon zvyšuje zátěž na posádku již v náročné fázi letu při výběru nezvyklé polohy. Pokud není efektivní řízení sklonu a náklonu, lze použít směrovku, tu však pouze pomocí malých výchylek.

RECOVER (Obnovení do stabilizovaného letu)

- Při obnově do normálního letového režimu je nutné nedělat manévr předběžně a vyvarovat se tím druhotnému pádu, stejně tak ne příliš pozdě a vyvarovat se překročení letové obálky při velkých rychlostech. Použití trimu vyvážení může být nutné k obnovení běžné síly v řízení.

5.4.3 Postup - nezvyklá poloha - nos dolů (Nose Low)

Tabulka 7: Navrhovaný postup pro výběr nezvyklé situace - Nose Low

Nose Low Recovery		
<i>Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose Low“</i>		
Pilot Flying (PF)		Pilot Monitoring (PM)
1.	AUTOPILOT (if installed)..... DISCONNECT (a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)	MONITOR airspeed and attitude throughout the recovery and ANNOUNCE any continued divergence
2.	RECOVERY from stall if required	
3.	ROLL in the shortest direction to wings level. (it may be necessary to reduce the g-loading by applying forward control pressure to improve roll effectiveness)	
4.	THRUST ADJUST (if required)	
5.	RECOVER to level flight (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	
Note: 3. Recovery to level flight may require use of pitch trim. 4. WARNING: Excessive use of pitch trim or rudder may aggravate the upset situation or may result on high structural loads.		

Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose Low“

- Základním aspektem rozpoznání a potvrzení situace je jasná znalost stavu energie letadla a její tendence. Tento aspekt bude mít vliv na způsob výběru nezvyklé polohy. K rozpoznání slouží reference náklonu letadla, rychlosti, tendence rychlosti, výšky a vertikální rychlosti.

AUTOPILOT – DISCONNECT (Odpojení autopilota)

- Autopilot musí být odpojen, pokud správně nereaguje na nechtěnou odchylku.
- Při odpojení se může nastavení vyvážení letadla pohybovat silně mimo vyváženou polohu.

RECOVER from stall if required (Výběr pádu, pokud je to nutné)

- K přetažení letadla a pádu může dojít i v situacích, kdy je letadlo v poloze s nosem dolů. Pokud se tento stav naskytne během výběru nezvyklé polohy, je nutné upřednostnit postup výběru pádu.

ROLL (Náklon)

- V polohách, kdy je letadlo nosem dolů a s velkým úhlem náklonu, je nutné situaci řešit rychle, protože dochází k rychlému nárůstu rychlosti. To může dále ústít k překročení násobku přetížení.
- Při tomto manévru je důležité snížit násobek přetížení, tím je dosaženo vyšší efektivity řízení a snížení asymetrické zátěže konstrukce. Snížení násobku je dosaženo potlačením řízení. Potlačení se však nemusí zdát intuitivní v aktuální poloze nosem dolů, je to ale kritické pro výběr.

THRUST (Nastavení výkonu)

- Snížení tahu bude nutné pro kontrolu a zamezení překročení maximální rychlosti

RECOVER (Obnovení do stabilizovaného letu)

- Při obnově do normálního letového režimu je nutné nedělat manévr předběžně a vyvarovat se tím druhotnému pádu, stejně tak ne příliš pozdě a vyvarovat se překročení letové obálky při velkých rychlostech. Použití trimu vyvážení může být nutné k obnovení běžné síly v řízení.

5.5 Testovací prostředí

5.5.1 Simulátor

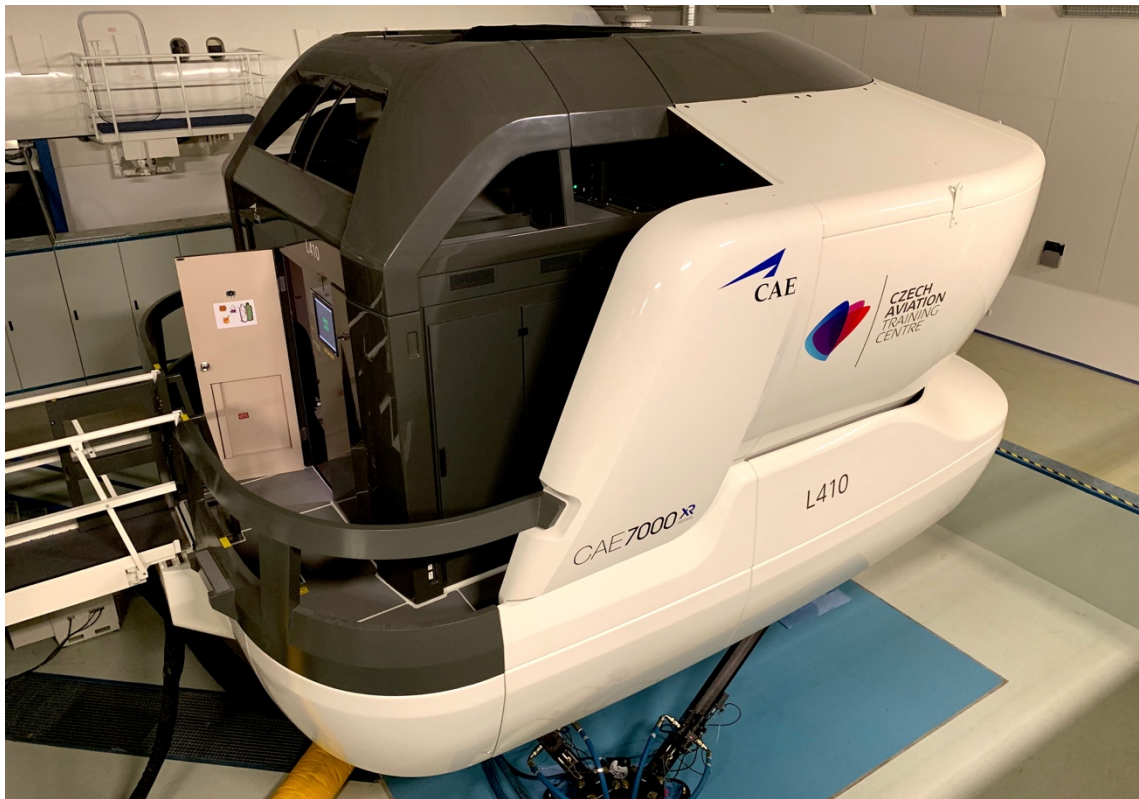
Podle předpisů EASA stanovených v legislativní části je nutné UPRT výcvik provádět na simulátoru certifikovaném minimálně na kategorii C, případně B s dodatečnou certifikací požadovaných prvků.

Jediný moderní simulátor L 410 UVP E-20 se nachází v Czech Aviation Training Centre na letišti Václava Havla v Praze. Certifikace tohoto simulátoru dosahuje nejvyšší kategorie D, je tedy plně vyhovující pro testování postupů výcviku nezvyklých poloh.

V příloze 2 této práce je uveden certifikát, včetně kompletní specifikace simulátoru potvrzující vhodnost simulátoru pro UPRT výcvik.

Součástí vybavení simulátoru je instruktorská stanice nabízející rozhraní přímo pro UPRT výcvik. Součástí rozhraní je výnos záznamu letových parametrů do přehledných grafů. První z grafů poskytuje zobrazení hodnot úhlu náběhu ve svislé ose a úhel bočního náběhu ve vodorovné ose. V grafu je zobrazena mezní hodnota, kdy je spuštěna signalizace pádu, kritická hodnota úhlu náběhu a hodnota akutního přetažení. Druhý z grafů zobrazuje hodnoty ve vztahu násobků zatížení na svislé ose a indikované rychlosti na vodorovné ose. V grafu je dále zobrazena obálka limitních násobků letadla.

Graf z instruktorského rozhraní má funkci výstupu hodnot, výstup je však v nízkém rozlišení a černobílý, proto byla pro interpretaci v práci zvolena metoda ofocení obrazovky instruktorského panelu.



Obrázek 16: Simulátor L 410 v CATC



Obrázek 17: Simulátor L 410 - vnitřní prostor včetně instruktorské stanice

5.5.2 Posádka

K testování postupů je nutné využít kompletní posádku (kapitán a první důstojník) s platnou typovou kvalifikací, znalou specifik konkrétního letadla. Posádka bude před testováním obeznámena s UPRT problematikou na úrovni navrhované osnovy a postupů. V simulátoru pak budou podrobeni základním cvičením. Kombinací obeznámené, kvalifikované posádky s UPRT výcvikem by mělo být dosaženo dostatečného prostředí k prokázání vhodnosti testovacích postupů k návrhu pro použití pro skutečný výcvik. Níže bude popsáno složení posádky včetně zkušeností. Jména pilotů nejsou zveřejněna z důvodu ochrany osobních informací.

Složení posádky :

- Kapitán (29 let):
 - Celkový nálet: 3500h
 - Nálet na L410: 2000h
- První důstojník (25 let):
 - Celkový nálet: 1200h
 - Nálet na L410: 100h

5.6 Postup testování

K testování postupů bude pro naše účely vyhrazena jedna hodina simulátoru L 410. Vyhrazená doba je dostatečná pro ověření základních postupů UPRT. K ověření letového modelu v první řadě porovnáme hodnoty pádových rychlostí ve třech náhodných konfiguracích s grafy pádových rychlostí stanovených v AFM letounu.

Další cvičení jsou stanovena na základě cvičení v tabulce 2 AMC1 ORO.FC.220&230 (příloha 2 této práce).

Konečný seznam situací pro ověření UPRT postupů:

1. Ověření pádových rychlostí s AFM tabulkou, min. 2 situace
 - A. Čistá konfigurace, 0° Náklon, 5000kg
 - B. Plná konfigurace, 0° Náklon, 5000kg
 - C. Plná konfigurace, 45° Náklon, 6000kg
2. Zábrana/výběr pádových situací
 - A. Vzletová konfigurace
 - B. Čistá konfigurace, nízká výška (4000ft)
 - C. Čistá konfigurace, max. provozní výška (14000ft)
 - D. Přistávací konfigurace, během přiblížení

3. Nezvyklá poloha – Nose High
 - A. 0° Náklon, 40° Nose up
 - B. 60° Náklon, 30° Nose up
4. Nezvyklá poloha – Nose Low
 - A. 65° Náklon, 20° Nose down

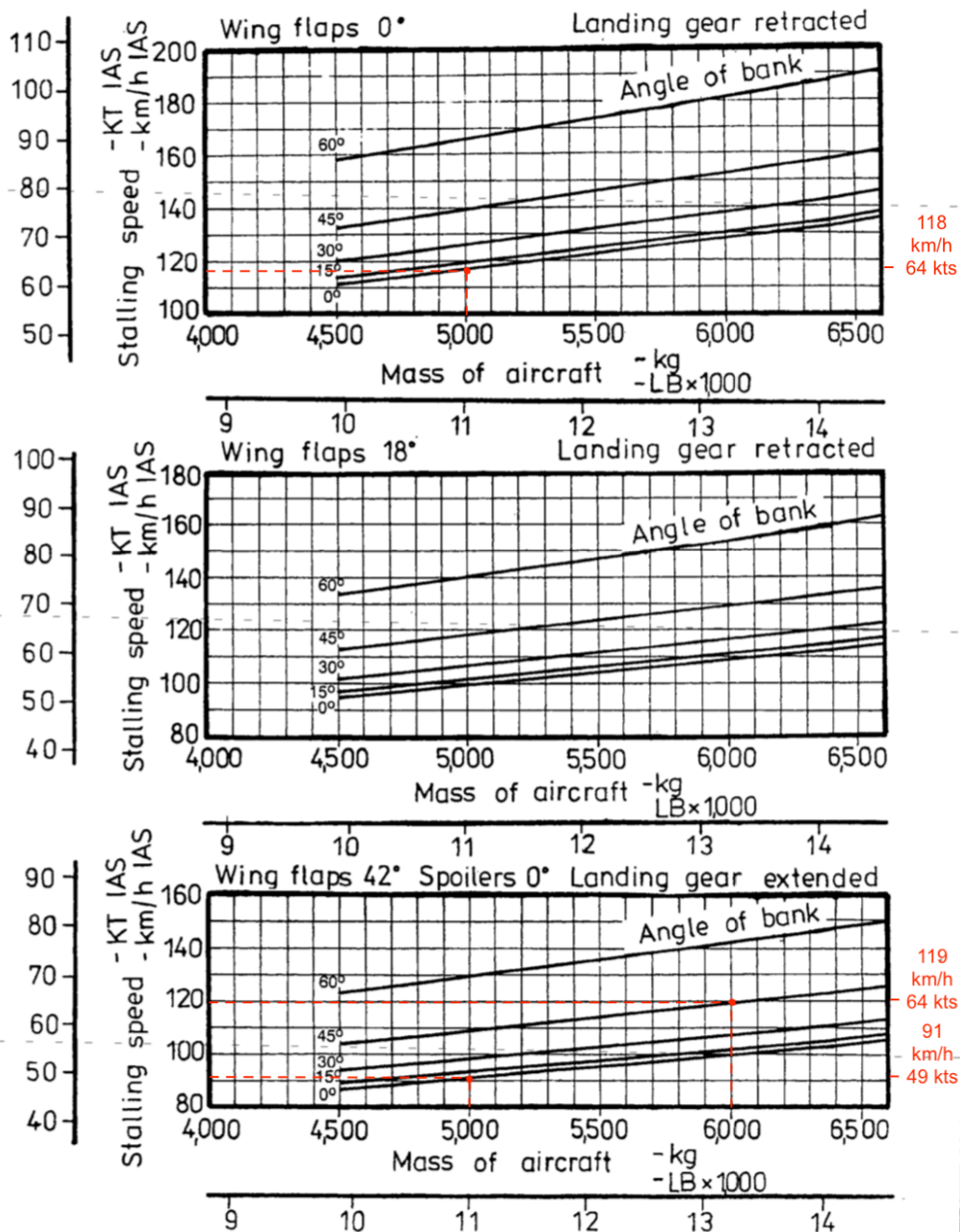
5.7 Testování navržených postupů

5.7.1 Ověření pádových rychlostí

Pro ověření pádových rychlostí a věrohodnosti simulace úhlu náběhu byly vybrány tři různé konfigurace letadla. V grafech AFM letadla v obrázku níže jsou uvedeny pádové rychlosti pro konkrétní konfigurace. Posádka v každé ze situací stáhla výkon motorů na minimální úroveň a držela stanovenou výšku až do dosažení kritického úhlu náběhu. Vývoj úhlu náběhu je zachycen na grafech společně s aktuální hodnotou rychlosti při překročení kritického AOA.

POWER-OFF STALLING AIRSPEEDS – IAS

Stall airspeed for forward c.g. position.



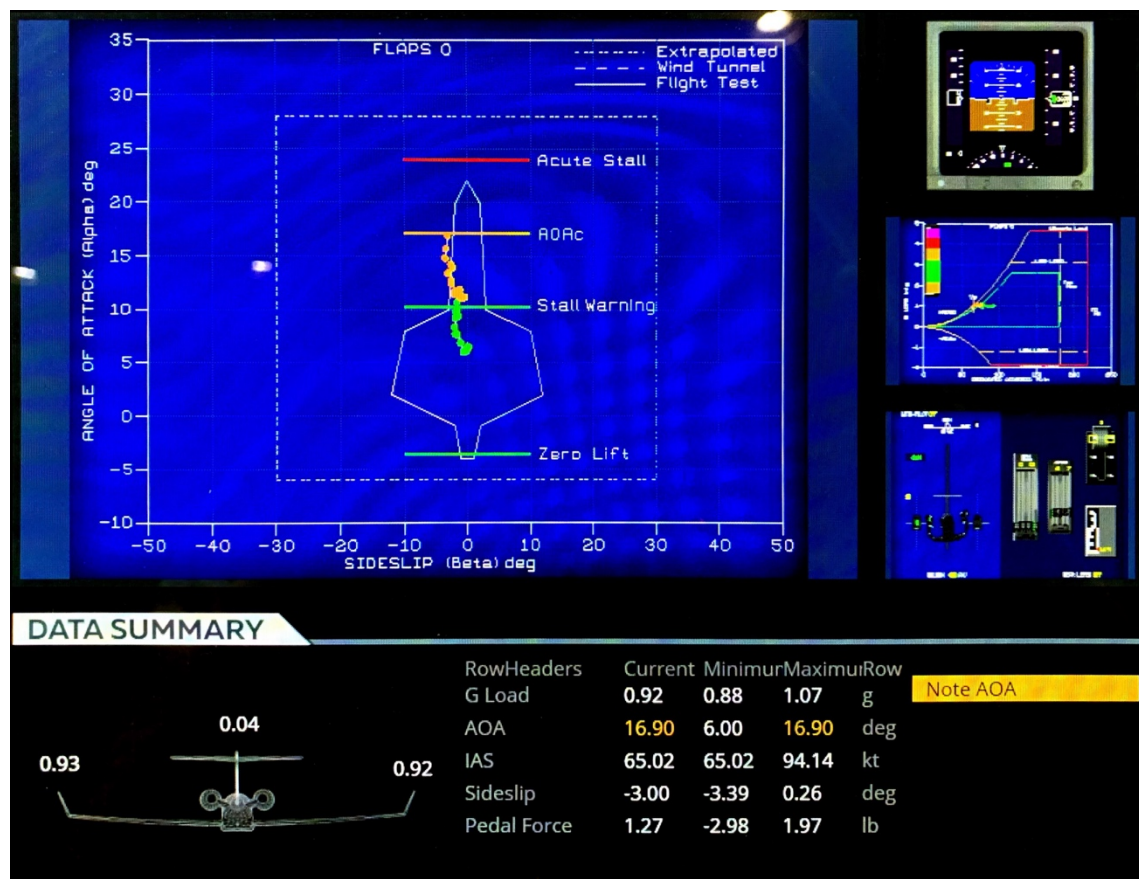
Obrázek 18: Grafy pádových rychlostí v AFM, výnos rychlostí pro ověření

Situace 1A

Pro situaci 1A ze seznamu cvičení je konfigurace letadla následující:

Čistá konfigurace – klapky v poloze 0° , podvozek zasunut, náklon 0° , váha 5000kg.

Této konfiguraci v grafu AFM odpovídá pádová rychlost 64 uzlů.



Obrázek 19: Ověření pádové situace 1A

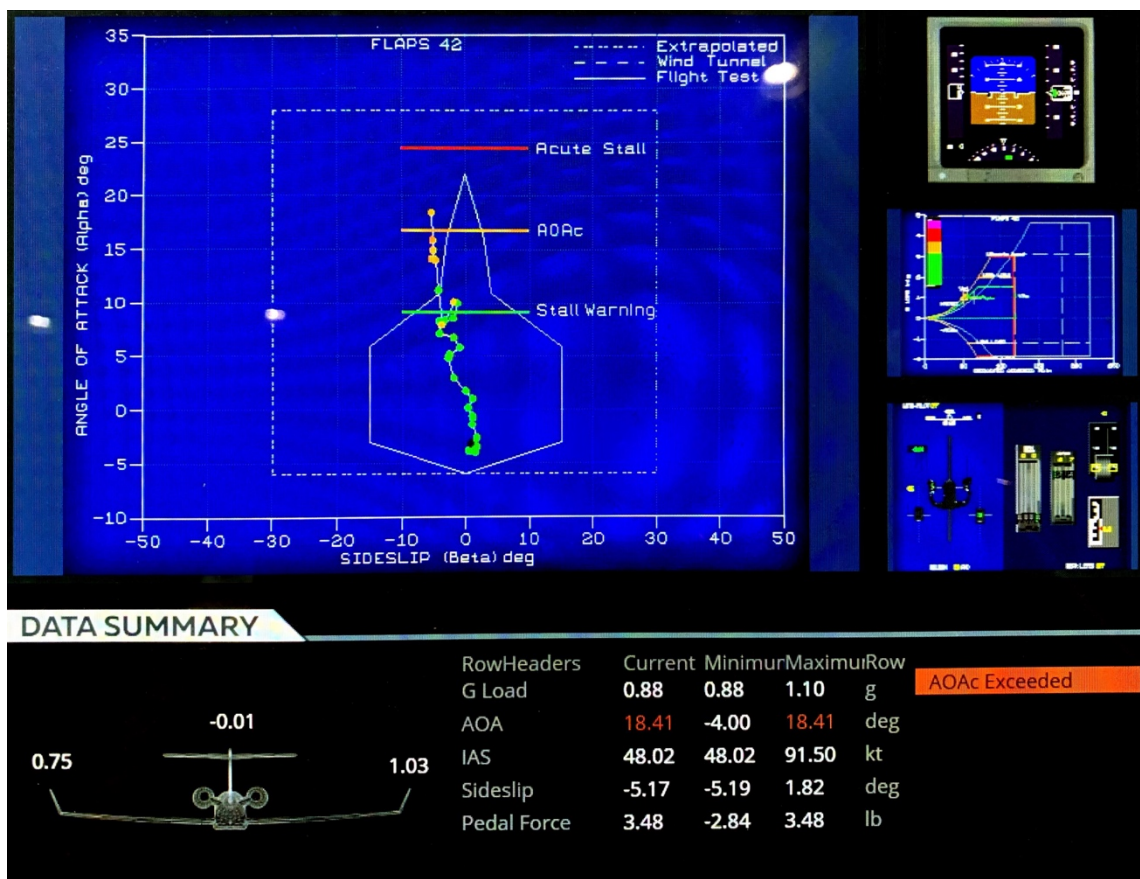
Z grafu letových parametrů došlo k překročení kritického úhlu náběhu při rychlosti 65 uzlů. Rozdíl od AFM činí přibližně 1 uzel.

Situace 1B

Pro situaci 1B je konfigurace letadla následující:

Plná konfigurace – klapky v poloze 42°, podvozek vysunut, náklon 0°, váha 5000kg.

Této konfiguraci v grafu AFM odpovídá pádová rychlost 49 uzlů.



Obrázek 20: Ověření pádové situace 1B

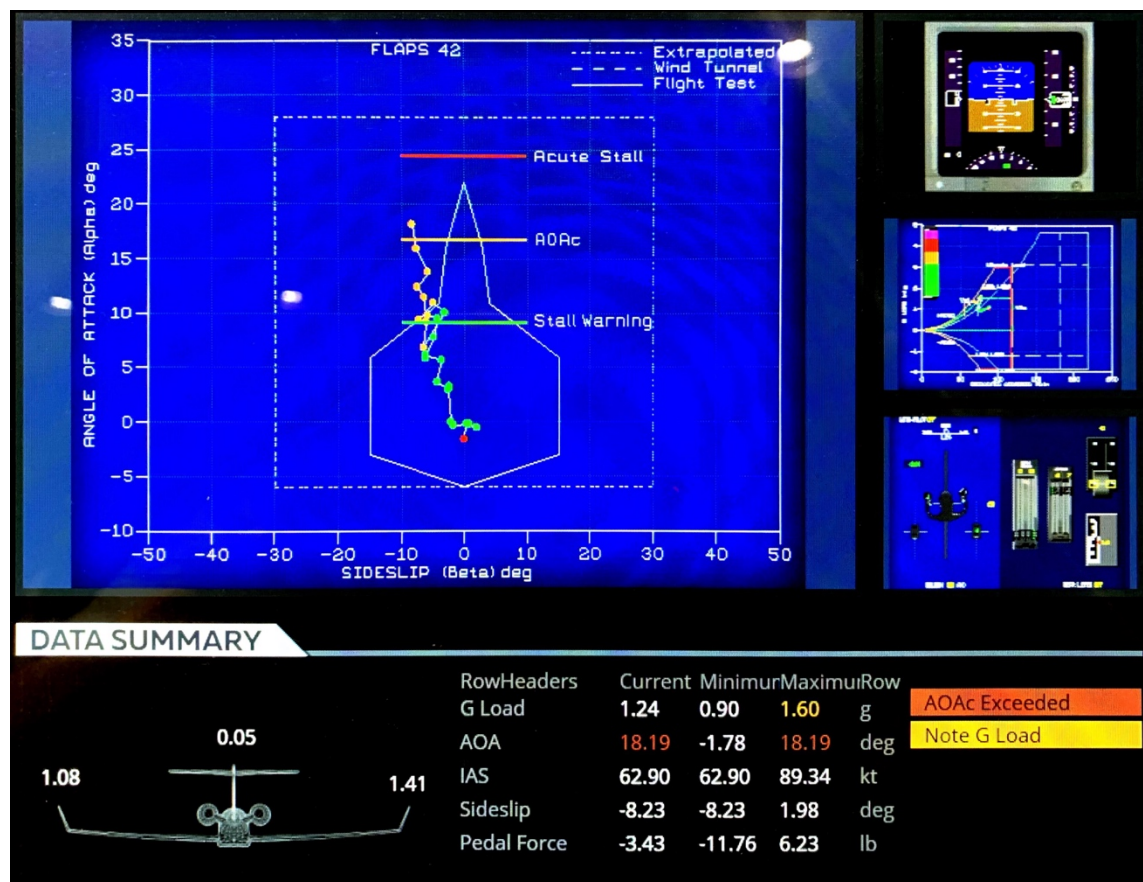
Z grafu letových parametrů došlo k překročení kritického úhlu náběhu při rychlosti 48 uzlů. Rozdíl od AFM činí přibližně 1 uzel.

Situace 1C

Pro situaci 1C je konfigurace letadla následující:

Plná konfigurace – klapky v poloze 42°, podvozek vysunut, náklon 45°, váha 6000kg.

Této konfiguraci v grafu AFM odpovídá pádová rychlost 64 uzlů.



Obrázek 21: Ověření pádové situace 1C

Z grafu letových parametrů došlo k překročení kritického úhlu náběhu při rychlosti 63 uzlů. Rozdíl od AFM činí přibližně 1 uzel.

Zvýšená hodnota bočního úhlu náběhu je dána vysokým úhlem náklonu 45 stupňů.

Ověření pádových rychlostí tedy ukázalo maximální rozdíl přibližně 1 uzlu ve všech třech náhodných situacích, což ověřuje letový model při simulaci kritického úhlu náběhu.

5.7.2 Ověření postupu výběru pádové situace

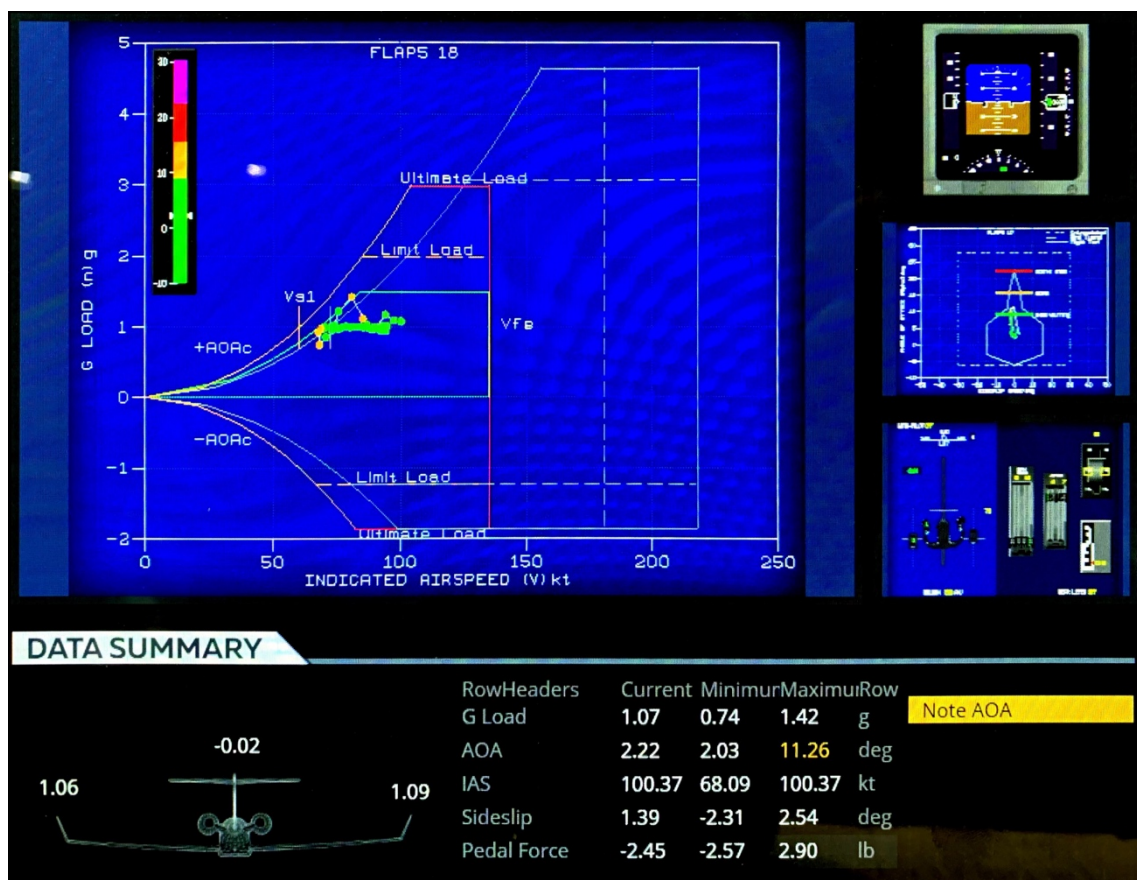
K ověření postupu výběru pádové situace byly stanoveny 4 různé kombinace okolností a konfigurace letadla 2A-D dle postupu testování uvedeném výše. Ve všech situacích byl zapnutý autopilot v režimu držení výšky, nebo režimu přiblížení u situace 2D. Po zapnutí nahrávání letových parametrů byl stažen výkon na minimální nastavení a posádka zahájila výběr pádu dle navrženého postupu po první indikaci pádové situace (v tomto případě se u každé situace jednalo a zvukovou signalizaci pádu).

Po dokončení manévru byl zachycen záznam letových parametrů v relaci k obálce násobků letadla. Sledovaným výsledkem je potenciální překročení násobků letové obálky kterýmkoliv parametrem. V případě, že obálka překročena nebude, lze považovat postup za vhodný k návrhu pro letoun L 410.

Situace 2A

Pro situaci 2A je konfigurace letadla následující:

Vzletová konfigurace – klapky v poloze 18°, podvozek vysunut, náklon 0°, váha 6000kg.



Obrázek 22: Ověření postupu výběru pádu při situaci 2A

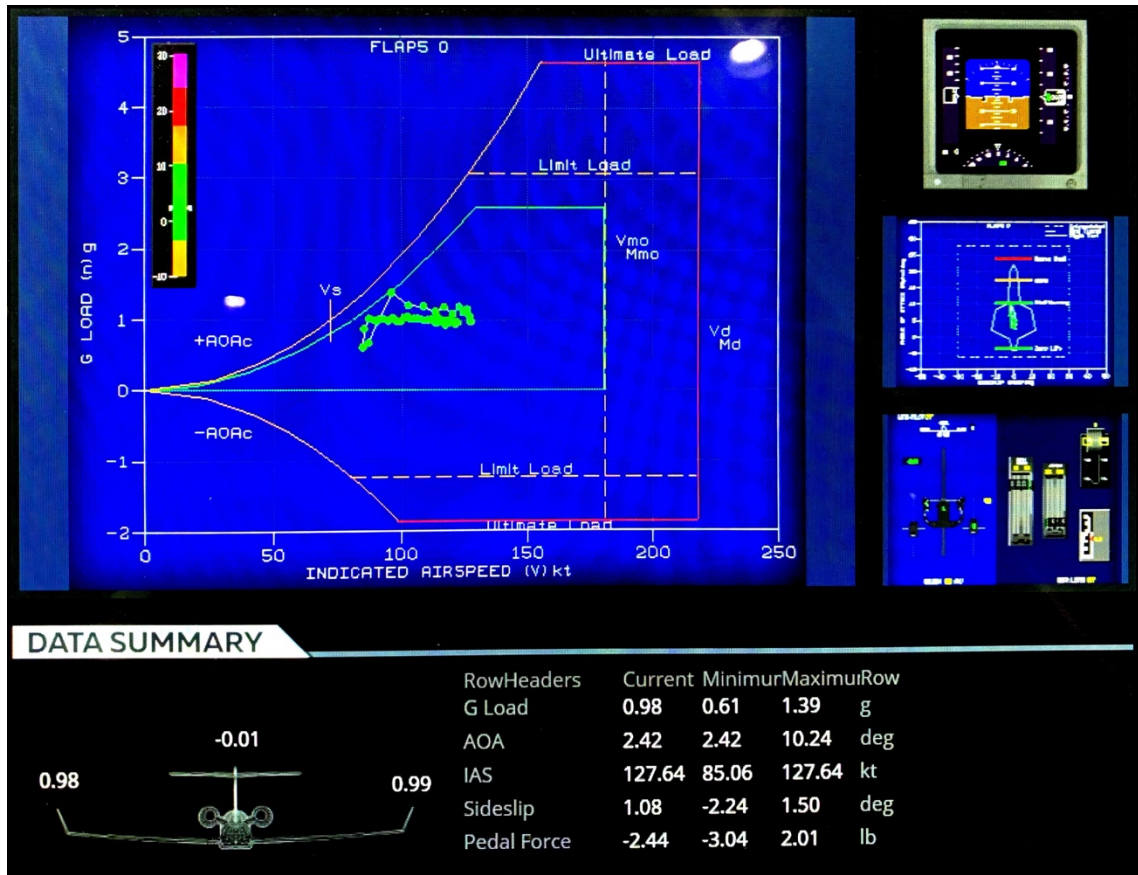
V situaci 2A nedošlo po použití navrženého postupu k překročení obálky násobků letadla.

Situace 2B

Pro situaci 2B je konfigurace letadla následující:

Čistá konfigurace – klapky v poloze 0°, podvozek zasunut, náklon 0°, váha 6000kg.

Letoun byl pro tuto situaci přemístěn do výšky 4000 stop pro demonstrování postupu v nízkých výškách.



Obrázek 23: Ověření postupu výběru pádu při situaci 2B

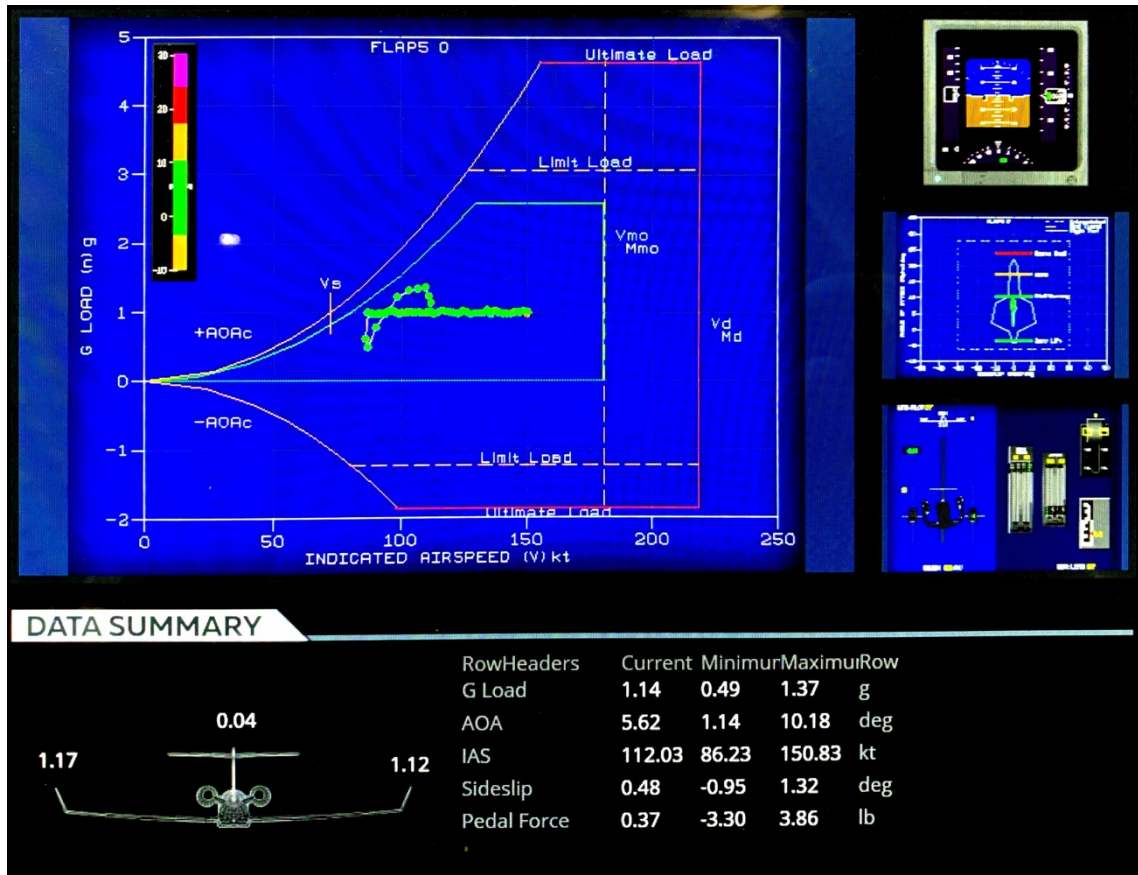
V situaci 2B nedošlo po použití navrženého postupu k překročení obálky násobků letadla.

Situace 2C

Pro situaci 2C je konfigurace letadla následující:

Čistá konfigurace – klapky v poloze 0°, podvozek zasunut, náklon 0°, váha 6000kg.

Letoun byl pro tuto situaci přemístěn do výšky 14000 stop pro demonstrování postupu ve výšce maximálního dostupu letadla.



Obrázek 24: Ověření postupu výběru pádu při situaci 2C

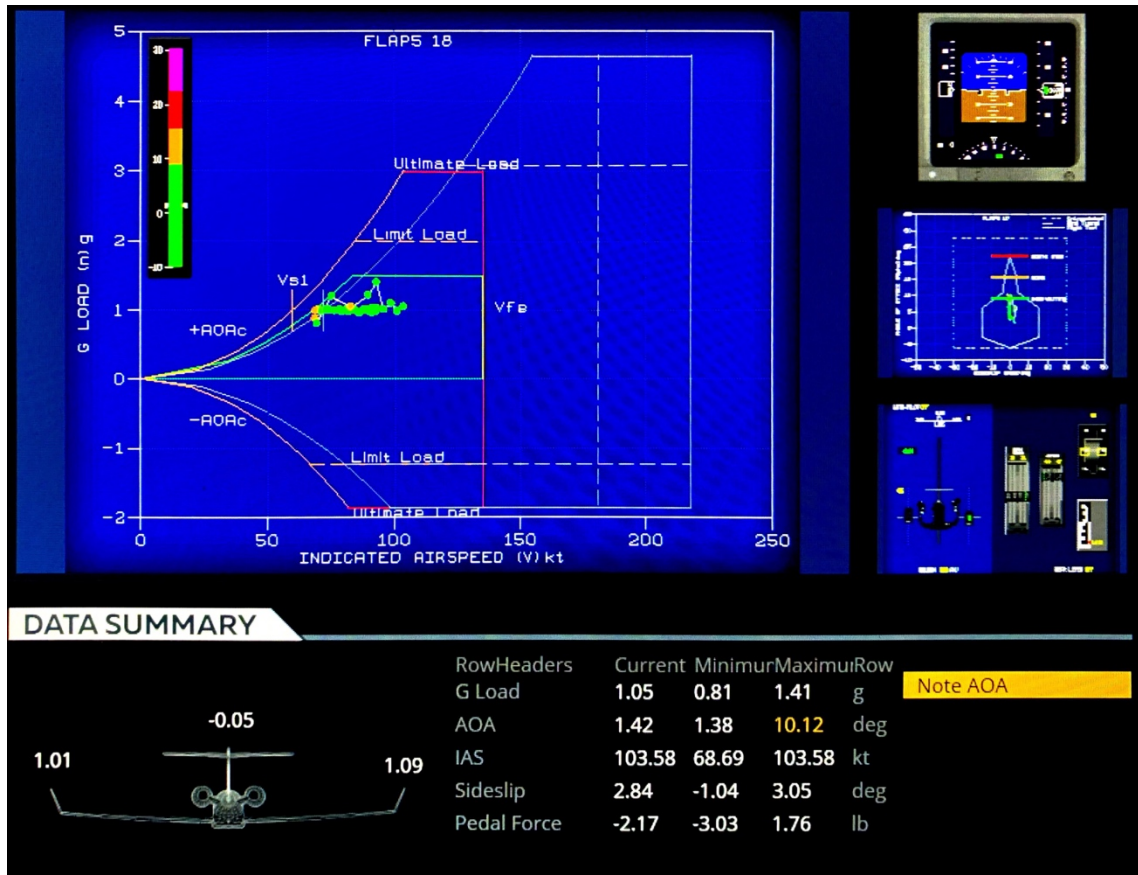
V situaci 2C nedošlo po použití navrženého postupu k překročení obálky násobků letadla.

Situace 2D

Pro situaci 2D je konfigurace letadla následující:

Přistávací konfigurace – klapky v poloze 18°, podvozek vysunut, náklon 0°, váha 6000kg.

Letoun byl pro situaci přemístěn do polohy 6NM přiblížení na dráhu 24 na letišti LKPR pro demonstrování postupu ve fázi konečného přiblížení.



Obrázek 25: Ověření postupu výběru pádu při situaci 2D

V situaci 2D nedošlo po použití navrženého postupu k překročení obálky násobků letadla.

Ve všech čtyřech situacích zůstaly parametry v letové obálce letadla. Navržený postup výběru pádové situace pro implementaci na letoun L 410 byl naším postupem ověřen.

5.7.3 Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High

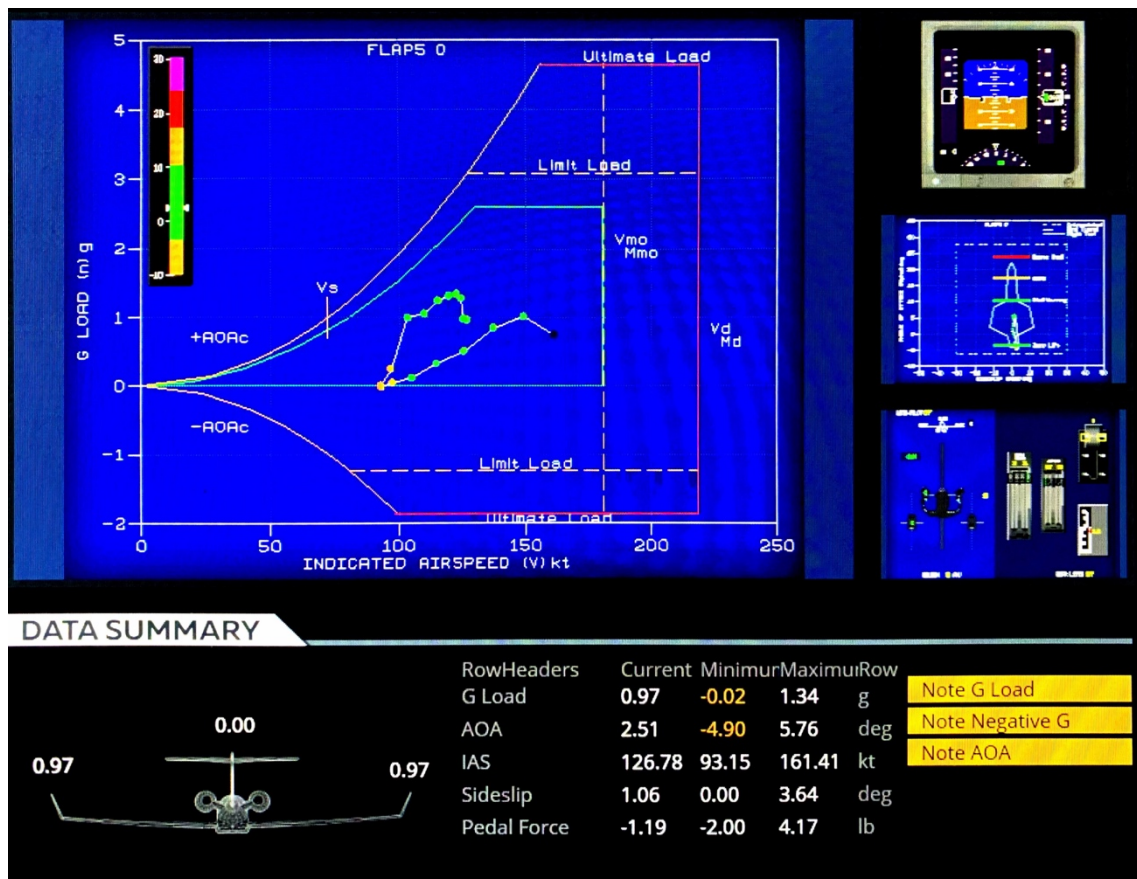
K ověření postupu výběru nezvyklé polohy s nosem letadla vzhůru – Nose High byly stanoveny 2 různé kombinace okolností 3A a 3B dle postupu testování uvedeném výše. V obou situacích byl letoun pomocí instruktorského panelu přemístěn přímo do navolené nezvyklé polohy. Posádka na nezvyklou polohu reagovala navrhovaným postupem. Stejně jako v předchozím případě byl po dokončení manévru zachycen záznam letových parametrů v relaci k obálce násobků letadla. Sledovaným výsledkem je potenciální překročení násobků letové obálky kterýmkoliv parametrem. V případě, že obálka překročena nebude, lze považovat tento postup naším testováním ověřen pro návrh k aplikaci na letoun L 410 UVP E-20.

Situace 3A

Pro situaci 3A je konfigurace letadla následující:

Čistá konfigurace – klapky v poloze 0°, podvozek zasunut, váha 6000kg.

Sklon letadla byl nastaven na hodnotu 40° nosem letadla vzhůru, náklon 0°



Obrázek 26: Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High, situace 3A

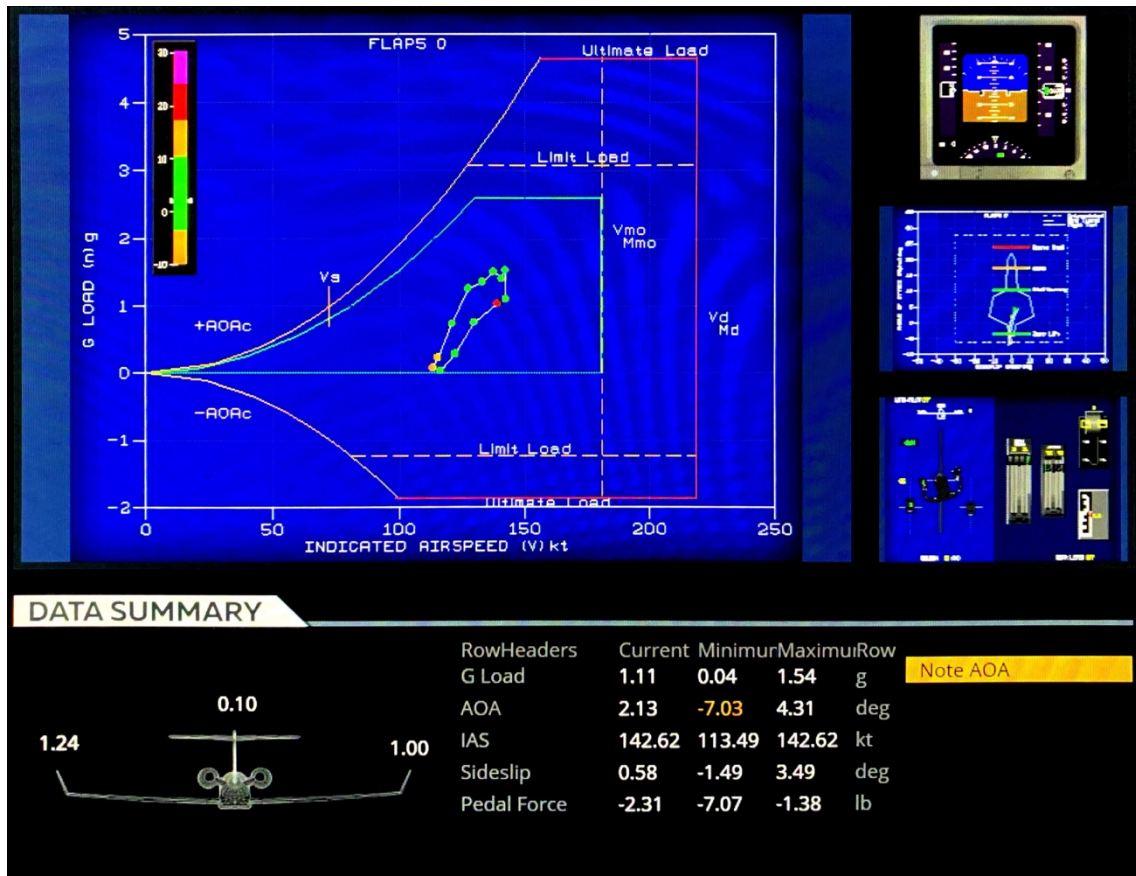
V situaci 3A nedošlo po použití navrženého postupu k překročení obálky násobků letadla.

Situace 3B

Pro situaci 3A je konfigurace letadla následující:

Čistá konfigurace – klapky v poloze 0°, podvozek zasunut, váha 6000kg.

Sklon letadla byl nastaven na hodnotu 30° nosem letadla vzhůru, náklon 60°



Obrázek 27: Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High, situace 3B

V situaci 3B nedošlo po použití navrženého postupu k překročení obálky násobků letadla.

V obou situacích zůstaly parametry v letové obálce letadla. Navržený postup výběru pádové situace pro implementaci na letoun L 410 byl naším postupem ověřen.

5.7.4 Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose Low

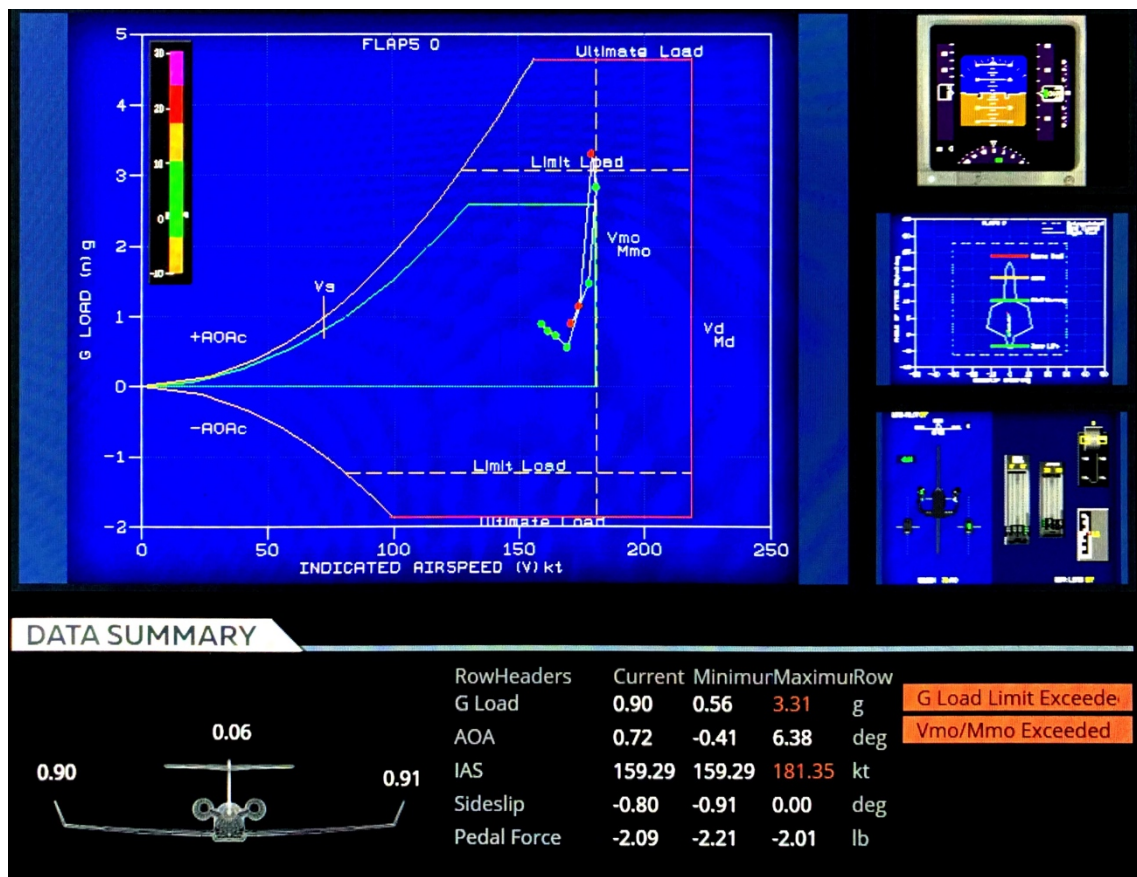
K ověření postupu výběru nezvyklé polohy s nosem letadla vzhůru – Nose Low byly stanoveny kombinace okolností 4A dle postupu testování uvedeném výše. Letoun byl pomocí instruktorského panelu přemístěn přímo do navolené nezvyklé polohy. Posádka na nezvyklou polohu reagovala navrhaným postupem. Stejně jako v předchozích případech byl po dokončení manévru zachycen záznam letových parametrů v relaci k obálce násobků letadla. Sledovaným výsledkem je potenciální překročení násobků letové obálky kterýmkoliv parametrem. V případě, že obálka překročena nebude, lze považovat naším testováním ověřen pro návrh k aplikaci na letoun L 410 UVP E-20.

Situace 4A

Pro situaci 4A je konfigurace letadla následující:

Čistá konfigurace – klapky v poloze 0° , podvozek zasunut, váha 6000kg.

Sklon letadla byl nastaven na hodnotu 20° nosem letadla dolů, náklon 65°



Obrázek 28: Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High, situace 4A

Při situaci 4A došlo při použití navrženého postupu k překročení maximální rychlosti Vmo (181,35 uzlů) a maximálního násobku pozitivního přetížení (3,31G).

Posádka byla po manévru dotázána na názor ohledně následování postupu jež vedlo k překročení parametrů. Posádka vypověděla, že si byla nejistá při následování položky postupu č. 2: RECOVER from stall if required. Tato položka, jak již bylo vysvětleno v popisu postupu v předchozí kapitole, má platnost pouze v případě, že se letoun nachází v pádové situaci během nezvyklé polohy s polohou letadla nosem dolů. Tato kombinace událostí není příliš běžná, její výskyt je ovšem možný a to například při druhotném pádu. Posádka věnovala diagnostice situace díky této nejasnosti více času, než přikročila k dalším úkonům postupu. Během této časové prodlevy došlo k nárůstu rychlosti a následnému překročení limitu pozitivního přetížení při přitažení letadla zpět do běžného letového režimu.

Posádka byla o problematice obeznámena v podrobnějším rozsahu. Do postupu byla navíc přidána poznámka v pořadí číslo jedna o relevanci položky č. 2 pouze k pádové situaci. Pokud se letoun v pádové situaci nenachází, je přikročeno k další položce postupu.

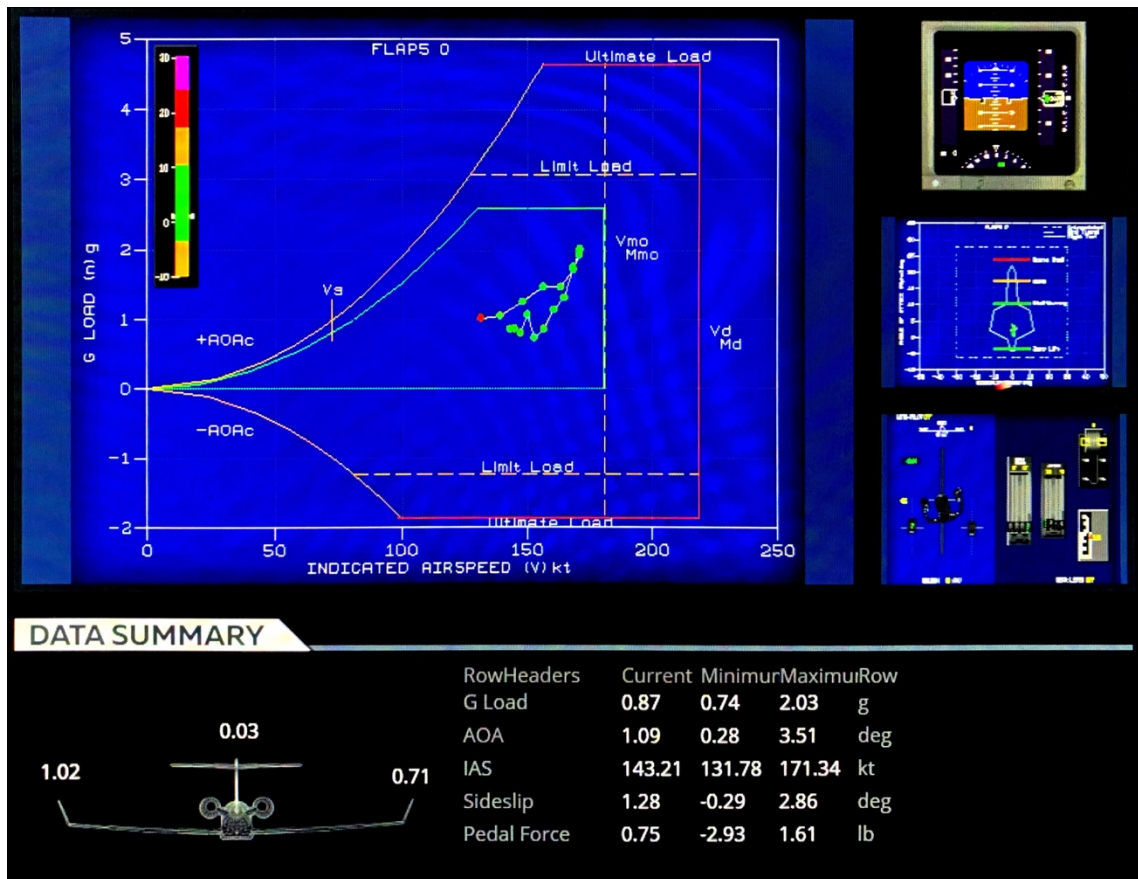
Tabulka 8: Druhá (finální) podoba navrhovaného postupu pro výběr nezvyklé situace - Nose Low

Nose Low Recovery		
<i>Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose Low“</i>		
Pilot Flying (PF)		Pilot Monitoring (PM)
1.	AUTOPILOT (if installed)..... DISCONNECT (a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)	MONITOR airspeed and attitude throughout the recovery and ANNOUNCE any continued divergence
2.	RECOVERY from stall if required ¹	
3.	ROLL in the shortest direction to wings level. (it may be necessary to reduce the g-loading by applying forward control pressure to improve roll effectiveness)	
4.	THRUST ADJUST (if required)	
5.	RECOVER to level flight (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	

Note:

1. Recovery from stall only applies to a stall situation. If the aircraft is not in a stall situation, proceed with task 3. – ROLL.
2. Recovery to level flight may require use of pitch trim.
3. WARNING: Excessive use of pitch trim or rudder may aggravate the upset situation or may result on high structural loads.

Manévr byl po popsanych opatřeních opakován s následujícím výsledkem:



Obrázek 29: Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High, situace 4A, 2. pokus

Druhý pokus o vybrání situace 4A se již úspěšně vešel do letové obálky letadla.

Navržený postup výběru pádové situace lze tedy považovat za ověřený naším testováním pro návrh k implementaci na letoun L 410 UVP E-20.

5.8 Diskuze výsledků

Prvotním záměrem testování bylo ověření generických postupů výcviku UPRT pro L 410 UVP E-20, které jsou doporučeny k použití agenturou EASA v případě, že postupy výrobce nejsou k dispozici. Z generických postupů byly odebrány úkony pro operování systémů, kterými L 410 nedisponuje.

V první části testování byl ověřen model simulace úhlu náběhu (AOA). Tento test sloužil jako dodatečná kontrola, jelikož je simulátor certifikován na úroveň D na základě letových údajů poskytnutých výrobcem. Ve všech třech náhodně vybraných konfiguracích odpovídala hodnota kritického úhlu náběhu pádovým rychlostem stanovených v AFM letounu s přesností do 1 uzlu. Malé rozdíly stanovených a naměřených hodnot mohou být dány nspecifikovanou hodnotou vyvážení pro stanovené hodnoty v AFM a hodnotou nastavenou v simulátoru. Pro náš test byla hodnota nastavení nastavena na střední hodnotu centráže. Model simulace úhlu náběhu lze tedy považovat za relevantní skutečnému chování letounu.

Druhá část testování podrobila zkoušce generický postup výběru pádové situace. Pro tento případ byly stanoveny čtyři různé situace podrobující generický postup zkouškám v rozličných fázích letu a v různých konfiguracích. Jmenovitě se jednalo o zábranu pádu ve vzletové, přistávací a čisté konfiguraci. U čisté konfigurace byl postup testován jak v nízké výšce, tak ve výšce maximálního dostupu letadla. Situace pokrývají všechny krajní možnosti, ve kterých se může letoun před pádovým stavem nacházet a tak v případě pozitivního výsledku testování lze považovat postup za vhodný pro L 410. Během testování nedošlo po aplikování generického postupu k překročení obálky letadla ani v jedné z testovaných situací.

Ve třetí části byl ověřen postup pro výběr nezvyklé polohy s polohou letadla nosem vzhůru – Nose High. K testování byly zvoleny dvě situace, obě s různou hodnotou pozitivního sklonu. V první situaci byl letoun uveden pouze do polohy nosem vzhůru a bez náklonu. V druhé situaci byl přidán do polohy nosem vzhůru přidán náklon. Po aplikování generického postupu nedošlo ani u jedné ze situací k překročení letové obálky letadla.

Čtvrtá část byla věnována ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy s polohou letadla nosem dolů – Nose Low. V testované situaci byl letoun uveden do polohy nosem dolů a přidán náklon. Při prvním pokusu došlo k překročení maximální manévrovací rychlosti letadla a maximálního násobku kladného přetížení. Po konzultaci s posádkou a úpravě postupu byl postup opakován již s kladným výsledkem a nedošlo k překročení letové obálky letadla.

V závěru se na základě výsledků testování na simulátoru L 410 ověřily upravené generické postupy jako vhodné k návrhu pro implementaci na letoun L 410 UVP E-20. Chování letounu bylo v nezvyklých polohách dle očekávání a nevyžadovalo výraznější úpravu generických postupů.

Konečná podoba navrhovaných postupů a osnovy je obsažena v Příloze 3 a 4.

Ke konečnému návrhu kompletního řešení UPRT výcviku by v dalším vývoji bylo nutné provést testování dodatečných položek navrhované osnovy a na tomto základě vytvořit výukový materiál pro instruktory UPRT výcviku. Kompletní řešení by dále bylo vhodné ověřit nejenom na posádkách, které mají typovou kvalifikace na L 410, ale rovněž na posádkách, které jsou aktuálně ve fázi typového výcviku. Ověření by spočívalo v porovnání výkonu posádky ve výběru nezvyklých poloh před a po podstoupení navrhovaného UPRT výcviku. Pozitivně ověřené řešení by poté bylo konzultováno s výrobcem letadla a navrhnuo k reálné implementaci. Dodatečné testování a návrh instruktorských materiálů je již mimo rozsah této práce.

6. Závěr

Diplomová práce v první části popisuje teoretickou problematiku nezvyklých poloh za letu. Stručně jsou popsány aerodynamické aspekty základních nezvyklých poloh. V dalších kapitolách jsou podrobněji popsána specifika dopravních letadel, a to především hornoplošných turbopropulvových letadel. Hlavním popisovaným rozdílem v aerodynamice těchto dopravních letadel je působení proudění vzduchu za vrtulemi, který obtéká křídlo jinou rychlostí než zbytek nosných ploch. Rovnoměrnost proudu navíc závisí na směru otáčení vrtule. Podobná specifika jsou jen zřídka popisována v relevantních výukových materiálech.

Kapitola zabývající se legislativní oblastí UPRT výcviku poskytuje podrobný souhrn přístupů a požadavků ICAO, FAA a především EASA. Legislativní proces zavádění UPRT požadavků je přístupný pouze formou poměrně komplikovaných textů jednotlivých rozhodnutí, změn v předpisech a podpůrných materiálů. Tato část práce byla zaměřena na ucelení dostupných materiálů a poskytnutí přehledné formy interpretace popisované legislativy.

Po teoretické průpravě se práce dále zaměřuje na praktickou analýzu stávající dokumentace letounu L 410. Během analýzy byly zjištěny určité oblasti potřebné k pokrytí pro vytvoření kompletního výcvikového řešení. Po porovnání legislativních požadavků se stávající dokumentací byl zjištěn velký rozsah materiálů potřebných k vypracování. Pro případ této práce byla vybrána určitá část z tohoto rozsahu odpovídající možnostem v rámci diplomové práce.

Pokryt byl návrh postupů pro výběr nezvyklých poloh a návrh osnovy výcviku. Dodatečný vývoj instruktorského materiálu a testování celého řešení již přesahuje rozsah práce.

Pro návrh postupů a osnovy bylo využito generických materiálů navržených předpisy a podpůrnými materiály agentury EASA. Generické postupy byly po důkladném prostudování upraveny specifikům letounu L 410 a podrobeny testování. Pro testovací proces byl vytvořen postup, který nejprve ověřil simulační model v rámci simulování úhlu náběhu a poté podrobil navrhované postupy zkoušce v krajních hodnotách hmotnosti a vyvážení, aby byla zaručena aplikovatelnost pro veškeré možné scénáře nezvyklých poloh.

Jako testovací prostředí byl zvolen jediný existující kvalifikovaný simulátor L 410 úrovně D, který splňoval požadavky na simulátorové zařízení užívané pro UPRT výcvik. Postupy byly vykonány plně kvalifikovanou posádkou, která byla před ověřením zcela obeznámena s problematikou a navrženými postupy. Cílem testování bylo dokázat, že

při užití navržených postupů nebude během výběrného manévru překročena obálka násobků letadla. K posouzení tohoto záměru plně vyhověl výstup z instruktorského panelu simulátoru umožňující zápis hodnot letových parametrů v průběhu manévru.

U dvou ze tří navrhovaných postupů nebyla během testování překročena obálka letadla. V případě třetího postupu došlo k překročení letové obálky. Po konzultaci s posádkou byla jako příčina stanovena nejasnost v jednom z úkonů postupu. Po další úpravě postupu proběhl nový test s pozitivním výsledkem.

V konečném výsledku byly navržené postupy vyhodnoceny v rámci případové studie jako vhodné k návrhu pro implementaci na letoun L 410 UVP E-20 a tímto byl splněn cíl diplomové práce. Navržené materiály jsou vytvořeny v souladu s požadavky nastávající evropské legislativy.

Použité zdroje a literatura

- [1]. BOEING. *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents* [online]. 2017. Dostupné také z: www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf
- [2]. OXFORD AVIATION ACADEMY. *Principles of flight*. Revised ed. Oxford: Oxford Aviation Training, 2004. ISBN 9781904935124
- [3]. KLAPMEIER. *The Pilot's Manual: Access to Flight: Integrated Private and Instrument Curriculum (The Pilot's Manual Series)*. Aviation Supplies & Academics, 2008. ISBN 978-1560277347.
- [4]. KELLER, Ladislav. *Učebnice pilota: pro žáky a piloty všech druhů letounů a Sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. 1. vyd. [i.e. 2., přeprac. vyd.]. Cheb: Svět křídel, 2006, 696 s. ISBN 80-86808-28-9.
- [5]. ICAO. *Doc. 10011: Manual on Aeroplane Upset Prevention and Recovery Training*. 2014.
- [6]. ICAO. *AUPRTA Rev 3.0: Airplane Upset Prevention and Recovery Training Aid*. 2017.
- [7]. DEFALQUE, Henry. ICAO. *UPRT Provisions: What do they say?* [online]. 2017. Dostupné také z: <https://www.icao.int/SAM/Documents/2017-UPRT/M1%20UPRT%20Provisions.pdf>
- [8]. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Annex 1 - Personnel Licensing.*, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7, 2016. ISBN 978-92-9231-810-9
- [9]. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Annex 6 – Operation of Aircraft*, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7, 2016. ISBN 978-92-9258-476-4
- [10]. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Doc. 9868, Procedures for Air Navigational Services – Training*, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7. ISBN 978-92-9249-874-0
- [11]. FAA. *Advisory Circular 120-109* [online]. 2012. Dostupné také z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC%20120-109.pdf
- [12]. FAA. *Advisory Circular 120-109A* [online]. 2012. Dostupné také z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_120-109A.pdf
- [13]. FAA. *Advisory Circular 120-111* [online]. 2012. Dostupné také z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_120-111_CHG_1.pdf

- [14]. FAA. *Enhanced Pilot Training and Qualification Requirements* [online]. 2013.
Dostupné také z:
https://www.faa.gov/pilots/training/air_carrier/Enhanced_Pilot_Training/
- [15]. EASA. *Decision 2015/012/R - AMC-GM to Part-ORO (Issue 2 Amdt 2)+ GM to Part-Definitions (Amdt 3) and related docs* [online]. Dostupné z:
<https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Annex%20II%20to%20ED%20Decision%202015-012-R.pdf>
- [16]. EASA. *Decision 06/2017* [online]. Dostupné také z:
<https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Opinion%20No%2006-2017.pdf>
- [17]. EASA. *ED Decision 2018/006/R CS-FSTD(A) — Issue 2* [online]. Dostupné také z:
<https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ED%20Decision%202018-006-R.pdf>
- [18]. LET KUNOVICE. *L 410 UVP E-20 Airplane Flight Manual*.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Vztah vztlaku a úhlu náběhu [3, upraveno autorem]	10
Obrázek 2: Znaky vývrtky	11
Obrázek 3: Trajektorie letu a proudění vzduchu při vývrtce [3, upraveno autorem]	12
Obrázek 4: Negativní vrtulové účinky	14
Obrázek 5 - Asymetrická zátěž vrtule [6, upraveno autorem]	15
Obrázek 6: Asymetrické rozložení vztlaku, pohled shora [6, upraveno autorem]	16
Obrázek 7 - Asymetrické rozložení vztlaku, pohled ze zadního profilu [6, upraveno autorem]	17
Obrázek 8: Vztah rychlosti a úhlu náběhu vůči nastavení výkonu [6]	18
Obrázek 9: Znázornění směru proudu vzduchu od vrtulí [6]	20
Obrázek 10: Znázornění smyslu otáčení vrtule a působení kroutivého momentu [6, upraveno autorem]	21
Obrázek 11: Vnější vlivy na vznik nezvyklé polohy	22
Obrázek 12: Postup analýzy nezvyklé situace	26
Obrázek 13: Diagram znázorňující proces zavádění UPRT	30
Obrázek 14: Proces zavedení změn do předpisů Part.ORO [15]	33
Obrázek 15: Postup po signalizaci ztráty vztlaku z AFM L 410 UVP E-20 [18]	45
Obrázek 16: Simulátor L 410 v CATC	58
Obrázek 17: Simulátor L 410 - vnitřní prostor včetně instruktorské stanice	58
Obrázek 18: Grafy pádových rychlostí v AFM, výnos rychlostí pro ověření	61
Obrázek 19: Ověření pádové situace 1A	62
Obrázek 20: Ověření pádové situace 1B	63
Obrázek 21: Ověření pádové situace 1C	64
Obrázek 22: Ověření postupu výběru pádu při situaci 2A	65
Obrázek 23: Ověření postupu výběru pádu při situaci 2B	66
Obrázek 24: Ověření postupu výběru pádu při situaci 2C	67
Obrázek 25: Ověření postupu výběru pádu při situaci 2D	68

Obrázek 26: Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High, situace 3A	69
Obrázek 27: Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High, situace 3B	70
Obrázek 28: Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High, situace 4A	71
Obrázek 29: Ověření postupu pro výběr nezvyklé polohy – Nose High, situace 4A, 2. pokus	73

Seznam tabulek

Tabulka 1: Šablona postupu výběru pádu [15]	38
Tabulka 2: Šablona postupu výběru nezvyklé polohy - letadlo nosem dolů [15]	39
Tabulka 3: Šablona postupu výběru nezvyklé polohy - letadlo nosem vzhůru [15]	40
Tabulka 4: Upravená osnova výcviku UPRT	48
Tabulka 5: Navrhovaný postup pro výběr pádové situace	51
Tabulka 6: Navrhovaný postup pro výběr nezvyklé situace - Nose High.....	53
Tabulka 7: Navrhovaný postup pro výběr nezvyklé situace - Nose Low	55
Tabulka 8: Druhá (finální) podoba navrhovaného postupu pro výběr nezvyklé situace - Nose Low	72

Seznam příloh

Příloha 1: Tabulka 1 a 2 AMC 1 z ORO.FC.220&230

Příloha 2: Certifikát a specifikace simulátoru L 410 UVP E20

Příloha 3: Navrhované postupy výběru nezvyklých poloh

Příloha 4: Navrhovaná osnova výcviku UPRT

Příloha 1

Elements and components		Ground training	FSTD/ Aeroplane training
A.	Aerodynamics		
1.	General aerodynamic characteristics	•	
2.	Aeroplane certification and limitations	•	
3.	Aerodynamics (high and low altitudes)	•	•
4.	Aeroplane performance (high and low altitudes)	•	•
5.	Angle of attack (AOA) and stall awareness	•	•
6.	Stick shaker and other stall-warning device activation (as applicable)	•	•
7.	Stick pusher (as applicable)	•	•
8.	Mach effects (of applicable to the aeroplane type)	•	•
9.	Aeroplane stability	•	•
10.	Control surface fundamentals	•	•
11.	Use of trims	•	•
12.	Icing and contamination effects	•	•
13.	Propeller slipstream (if applicable)	•	•
B.	Causes of and contributing factors to upsets		
1.	Environmental	•	•
2.	Pilot-induced	•	•
3.	Mechanical (aeroplane systems)	•	•
C.	Safety review of accidents and incidents relating to aeroplane upsets		
1.	Safety review of accidents and incidents relating to aeroplane upsets	•	•
D.	G-load awareness and management		

1.	Positive/negative/increasing/decreasing g-loads	•	•
2.	Lateral g awareness (sideslip)	•	•
3.	g-load management	•	•
E.	Energy management		
1.	Kinetic energy vs potential energy vs chemical energy (power)	•	•
F.	Flight path management		
1.	Relationship between pitch, power and performance	•	•
2.	Performance and effects of differing power plants (if applicable)	•	•
3.	Manual and automation inputs for guidance and control	•	•
4.	Type-specific characteristics	•	•
5.	Management of go-arounds from various stages during approach	•	•
6.	Automation management	•	•
7.	Proper use of rudder	•	•
G.	Recognition		
1.	Type-specific examples of physiological, visual and instrument clues during developing and developed upsets	•	•
2.	Pitch/power/roll/yaw	•	•
3.	Effective scanning	•	•
4.	Type specific stall protection systems and cues	•	•
H.	System malfunction (including immediate handling and subsequent operational considerations, as applicable)		
1.	Flight control defects	•	•

2.	Engine failure (partial and full)	•	•
3.	Instrument failures	•	•
4.	Loss of reliable airspeed	•	•
5.	Automation failures	•	•
6.	Fly-by-wire protection degradations	•	•
7.	Stall protection system failures including icing alerting systems	•	•
1.	Manual handling skills (no autopilot, no autothrust/autothrottle and, where possible, without flight directors)		
1.	Flight at different speeds, including slow flight, and low altitudes within the full normal flight envelope		•
2.	Procedural instrument flying and manoeuvring including instrument departure and arrival		•
3.	Visual approach		•
4.	Go-arounds from various stages during the approach		•
5.	Steep turns		•

Exercises		Ground training	FFS training
A.	Recovery from developer upsets		
1.	Timely and appropriate intervention	•	•
2.	Recovery from stall events, in the following configurations: <ul style="list-style-type: none"> • Take-off configuration • Clean configuration low altitude • Clean configuration near maximum operating altitude • Landing configuration during approach phase 	•	•
3.	Recovery from nose high at various bank angles	•	•
4.	Recovery from nose low at various bank angles	•	•
5.	Consolidated summary of aeroplane recovery techniques	•	•

Evropská Unie
European Union

Úřad pro civilní letectví Česká republika
Civil Aviation Authority Czech Republic

OSVĚDČENÍ ZPŮSOBILOSTI FSTD
FSTD QUALIFICATION CERTIFICATE

Číslo / No: CZ – 18

V souladu s nařízením Komise (EU) č. 1178/2011 a po splnění podmínek uvedených dále Úřad pro civilní letectví Česká republika osvědčuje, že
Pursuant to Commission Regulation (EU) No 1178/2011 and subject to the conditions specified below, the Civil Aviation Authority Czech Republic hereby certifies that

FSTD L410 FFS Level D

umístěné v
located at

**Czech Aviation Training Centre, s.r.o., Letiště Praha Ruzyně,
Česká republika**

vyhovuje způsobilostním požadavkům, které stanoví část ORA,
a splňuje podmínky příložené specifikace FSTD.
*has satisfied the qualification requirements prescribed in Part-ORA,
subject to the conditions of the attached FSTD specification.*

Toto osvědčení zůstává platné za podmínky, že FSTD a držitel tohoto osvědčení vyhovují platným požadavkům části ORA a pokud se držitel tohoto osvědčení dříve nevzdá, není nahrazeno, pozastaveno nebo zrušeno.
This qualification certificate shall remain valid subject to the FSTD and the holder of the qualification certificate remaining in compliance with the applicable requirements of Part-ORA, unless it has been surrendered, superseded, suspended or revoked.

Datum vydání / Date of issue: 27. 03. 2017

Podpis / Signed:

Jméno / Name: Pavel Matoušek

Funkce / Title: ředitel Sekce letové
Director of Flight Division



ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ ČESKÁ REPUBLIKA
CIVIL AVIATION AUTHORITY CZECH REPUBLIC

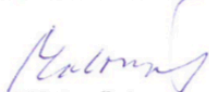
OSVĚDČENÍ ZPŮSOBILOSTI FSTD číslo: CZ- 18
FSTD QUALIFICATION CERTIFICATE No: CAA CZ – 18

SPECIFIKACE FSTD
FSTD SPECIFICATION

A)	Typ nebo varianta letadla / Type or Variant of Aircraft :	L410 UVP-E20
B)	Úroveň způsobilosti FSTD / FSTD Qualification Level :	FFS Level D (Type VII)
C)	Primární referenční dokument / Primary reference document :	CS-FSTD(A), Initial Issue (ICAO Doc 9625 4th Edition)
D)	Systém vizuální orientace / Visual System :	CAE Tropos 6000 XR
E)	Pohybový systém / Motion System :	CAE 54in Hydraulic, MCLPC, HPU, 6-DOF
F)	Vybavení motorem / Engine Fit :	H80-200
G)	Vybavení přístroji / Instrument Fit :	Universal EFI-890R, Honeywell KFC-325, Garmin GTN-650, 750, Honeywell MkVI, Garmin GWX 70
H)	ACAS / ACAS Fit :	Yes
I)	Střih větru / Windshear :	Yes
J)	Další možnosti / Additional Capabilities :	Upset Prevention and Recovery/Stall/Icing Manoeuvres
K)	Omezení / Restrictions or limitations :	None
L)	Obsah pokynů pro výcvik, zkoušení a přezkušování / Guidance information for training, testing and checking considerations	
CAT I	RVR 550 m DH 200 ft	Yes
CAT II	RVR 300 m DH 100 ft	No
CAT III	RVR 200 m DH 50 ft	No
LVTO	RVR 125 m	Yes
Aktuálnost / Recency		Yes
Výcvik a přezkušování IFR / IFR training / check		Yes / Yes
Typová kvalifikace / Type rating		Yes
Přezkušování odborné způsobilosti / Proficiency checks		Yes
Přiblížení řízené autopilotem / Autocoupled approach		Yes
Vedení pro automaticky řízené přistávání a automatický dojezd / Autoland / roll out guidance		No / No
ACAS I/II		No / Yes
Systém varování / předpovídání střihu větru / Windshear warning system / predictive windshear		No / No
WX-radar		Yes
HUD / HUGS		No / No
FANS		No
GPWS / EGPWS		No / Yes
ETOPS		No
GPS		Yes
Jiné / Other		No

Datum vydání / Date of issue: 27. 03. 2017

Podpis / Signature:



Jméno / Name: Pavel Matoušek

Funkce / Title: ředitel Sekce letové
Director of Flight Division



Příloha 3

Stall Event Recovery		
<p><i>Pilot Flying</i> - Immediately do the following at first indication of a stall (aerodynamic buffeting, reduced roll stability and aileron effectiveness, visual or aural cues and warnings, reduced elevator (pitch) authority, inability to maintain altitude or arrest rate of descent – during any flight phases except at lift-off.</p>		
Pilot Flying (PF)		Pilot Monitoring (PM)
1.	<p>AUTOPILOT (if installed).....DISCONNECT</p> <p>(a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)</p>	<p>MONITOR</p> <p>airspeed and attitude throughout the recovery and</p> <p>ANNOUNCE</p> <p>any continued divergence</p>
2.	<p>a) NOSE DOWN PITCH CONTROL</p> <p>apply until stall warning eliminated</p> <p>b) NOSE DOWN PITCH TRIM (as needed)</p> <p>(reduce the angle of attack whilst accepting the resulting altitude loss)</p>	
3.	BANK WINGS LEVEL	
4.	THRUST ADJUST	
5.	When airspeed is sufficiently increasing..... RECOVER to level flight - (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	

Nose High Recovery		
<i>Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose High“</i>		
Pilot Flying (PF)		Pilot Monitoring (PM)
1.	AUTOPILOT (if installed)..... DISCONNECT (a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)	MONITOR airspeed and attitude throughout the recovery and ANNOUNCE any continued divergence
2.	PITCH APPLY NOSE-DOWN control input as required to obtain a nose down pitch rate	
3.	THRUST ADJUST (if required)	
4.	ROLL ADJUST (if required) (Avoid exceeding 60 degrees bank)	
5.	When airspeed is sufficiently increasing..... RECOVER to level flight - (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	
<p>Note:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recovery to level flight may require use of pitch trim. 2. WARNING: Excessive use of pitch trim or rudder may aggravate the upset situation or may result on high structural loads. 		

Nose Low Recovery		
Either pilot – Recognize and confirm the developing situation by announcing: „Nose Low“		
Pilot Flying (PF)		Pilot Monitoring (PM)
1.	AUTOPILOT (if installed)..... DISCONNECT (a large out of trim condition could be encountered when the autopilot is disconnected)	MONITOR airspeed and attitude throughout the recovery and ANNOUNCE any continued divergence
2.	RECOVERY from stall if required ¹	
3.	ROLL in the shortest direction to wings level. (it may be necessary to reduce the g-loading by applying forward control pressure to improve roll effectiveness)	
4.	THRUST ADJUST (if required)	
5.	RECOVER to level flight (avoid the secondary stall due premature recovery or excessive g-loading)	
Note: <ol style="list-style-type: none"> 1. Recovery from stall only applies to a stall situation. If the aircraft is <u>not</u> in a stall situation, proceed with task 3. – ROLL. 2. Recovery to level flight may require use of pitch trim. 3. WARNING: Excessive use of pitch trim or rudder may aggravate the upset situation or may result on high structural loads. 		

Příloha 4

Elements and components		Ground training	FSTD/ Aeroplane training
A.	Aerodynamics		
1.	General aerodynamic characteristics	•	
2.	Aeroplane certification and limitations	•	
3.	Aerodynamics (high and low altitudes)	•	•
4.	Aeroplane performance (high and low altitudes)	•	•
5.	Angle of attack (AOA) and stall awareness	•	•
6.	Aeroplane stability	•	•
7.	Control surface fundamentals	•	•
8.	Use of trims	•	•
9.	Icing and contamination effects	•	•
10.	Propeller slipstream	•	•
B.	Causes of and contributing factors to upsets		
1.	Environmental	•	•
2.	Pilot-induced	•	•
3.	Mechanical (aeroplane systems)	•	•
D.	G-load awareness and management		
1.	Positive/negative/increasing/decreasing g-loads	•	•
2.	Lateral g awareness (sideslip)	•	•
3.	g-load management	•	•
E.	Energy management		
1.	Kinetic energy vs potential energy vs chemical energy (power)	•	•

F.	Flight path management		
1.	Relationship between pitch, power and performance	•	•
2.	Performance and effects of differing power plants	•	•
3.	Manual and automation inputs for guidance and control	•	•
4.	Type-specific characteristics	•	•
5.	Management of go-arounds from various stages during approach	•	•
6.	Automation management	•	•
7.	Proper use of rudder	•	•
G.	Recognition		
1.	Type-specific examples of physiological, visual and instrument clues during developing and developed upsets	•	•
2.	Pitch/power/roll/yaw	•	•
3.	Effective scanning	•	•
4.	Type specific stall protection systems and cues	•	•
H.	System malfunction (including immediate handling and subsequent operational considerations, as applicable)		
1.	Flight control defects	•	•
2.	Engine failure (partial and full)	•	•
3.	Instrument failures	•	•
4.	Loss of reliable airspeed	•	•
5.	Automation failures	•	•
6.	Stall protection system failures including icing alerting systems	•	•
I.	Manual handling skills		

	(no autopilot, and where possible, without flight directors)		
1.	Flight at different speeds, including slow flight, and low altitudes within the full normal flight envelope		•
2.	Procedural instrument flying and maneuvering including instrument departure and arrival		•
3.	Visual approach		•
4.	Go-arounds from various stages during the approach		•
5.	Steep turns		•