ČESKÉ VYSOKÉ ÚČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Ekaterina Gaidamukha

Systémy letadel a jejich provozní specifika

Bakalářská práce

2023

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

K614.....**Ústav aplikované informatiky v dopravě**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Ekaterina Gaidamukha

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Systémy letadel a jejich provozní spefika**

Název tématu (anglicky): Operation Specificaton of Aircraft Systems

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Systémy letadel
- Vybavení letadel pro specifické prostory a lety
- Minimum equipment list
- Provozní omezení při provozu s MEL
- Provozní postupy pro dispečery letecké dopravy

Rozsah grafických prací: určí vedoucí závěrečné práce

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

Seznam odborné literatury: Nařízení EK 965/2012
ICAO GOLD Manual
ICAO DOC 4444
FCOM/AFM B737-700/800/900/8MAX
MEL - B737NG/MAX

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ota Hajzler**

Datum zadání bakalářské práce: **16. června 2021**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **7. srpna 2023**
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

L. S.

doc. Ing. Vít Fábera, Ph.D.
vedoucí
Ústavu aplikované informatiky v dopravě

prof. Ing. Ondřej Přibyl, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Ekaterina Gaidamukha
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 1. prosince 2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta Dopravní

Systémy letadel a jejich provozní specifika

bakalářská práce

srpen 2023

Ekaterina Gaidamukha

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na systémy letadel a jejich provozní specifiku. Cílem této práce je poskytnout ucelený přehled o hlavních systémech letadel, jejich funkcích, interakcích a provozních nárocích. Práce také analyzuje situace selhání systémů a navrhuje postupy, které může letový dispečer přijmout pro zajištění letové bezpečnosti. Tato práce je určena pro letecké inženýry, dispečery, posádky letadel a další odborníky v oblasti letectví. Poskytuje komplexní přehled o klíčových systémech letadel a umožňuje lepší porozumění jejich provozním specifikům, což má za následek bezpečnější a efektivnější provoz leteckých strojů.

Abstract

This bachelor's thesis focuses on aircraft systems and their operational specifics. The aim of this work is to provide a comprehensive overview of the main aircraft systems, their functions, interactions, and operational requirements. The thesis also analyzes situations of system failures and proposes procedures that flight dispatchers can adopt to ensure flight safety. This work is intended for aeronautical engineers, dispatchers, aircraft crews, and other aviation professionals. It offers a comprehensive overview of key aircraft systems and enhances understanding of their operational specifics, resulting in safer and more efficient aircraft operation.

Klíčová slova

MEL, Komunikační systémy, Přistávací systémy, Postupy, Provozní specifika, Vzdušné prostory, ICAO, EASA, Dispečer

Keywords

MEL, Communication Systems, Landing Systems, Procedures, Operational Specifics, Airspaces, ICAO, EASA, Dispatcher.

Poděkovaní

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu Ing. Otovi Hajzlerovi za jeho cenný přínos, který mi poskytl během vedení mé bakalářské práce. Jeho podpora, konstruktivní připomínky a věnovaný čas výrazně přispěly k úspěšnému dokončení mé práce. Také jsem velmi vděčná své rodině za morální a materiální podporu po celou dobu studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 6. srpna 2023 …….

Podpis

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 9

1. ÚVOD 11

2. KOMUNIKAČNÍ SYSTÉMY 12

2.1 VHF KOMUNIKACE 12
2.2 HF (HIGH FREQUENCY) KOMUNIKACE 13
2.3 AIRCRAFT COMMUNICATIONS ADDRESSING AND REPORTING SYSTÉM (ACARS) 14
2.4 CONTROLLER-PILOT DATA LINK COMMUNICATION (CPDLC) 15
2.5 AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE-BROADCAST (ADS-B) 16
2.6 AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE-CONTRACT (ADS-C) 17

3. NAVIGAČNÍ SYSTÉMY 19

3.1 RNAV (AREA NAVIGATION) 20
3.2 GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTÉM (GNSS) 21
3.3 FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM (FMS) 22
3.4 GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) 24
3.5 INERTIAL REFERENCE SYSTÉM (IRS) 26
3.1 GROUND PROXIMITY WARNING SYSTEM (GPWS) 28
3.2 TRAFFIC COLLISION AVOIDANCE SYSTEM (TCAS) 30
3.3 TERRAIN AWARENESS AND WARNING SYSTEM (TAWS) 31

4. PŘISTÁVACÍ SYSTÉMY 33

4.1 INSTRUMENT LANDING SYSTEM (ILS) 33
4.2 MICROWAVE LANDING SYSTEM (MLS) 35
4.3 AUTOMATIC LANDING SYSTEM (ALS) 36

5. SEZNAM MINIMÁLNÍHO VYBAVENÍ (MINIMUM EQUIPMENT LIST) 39

5.1 CO JE MEL? 39
5.2 VYUŽITÍ MEL 39

6. EVROPSKÝ VZDUŠNÝ PROSTOR A SPECIFIKA POUŽÍVANÝCH SYSTÉMŮ 40

6.1 VHF 40
6.2 CPDLC 41
6.3 TCAS 41

7. SEVEROAMERICKÝ VZDUŠNÝ PROSTOR A SPECIFIKA POUŽÍVANÝCH SYSTÉMŮ 43

7.1 ILS 43
7.2 TCAS 44

8. VZDUŠNÝ PROSTOR SEVERNÉHO ATLANTIKU A SPECIFIKA POUŽÍVANÝCH SYSTÉMŮ 45

8.1 CPDLC 45

8.2 ADS-B 45

8.3 TCAS 46

9. VZDUŠNÝ PROSTOR MEXIKA A SPECIFIKA POUŽÍVANÝCH SYSTÉMŮ 48

9.1 TCAS 48

9.2 GPS 48

9.3 ILS 49

9.4 GPWS 50

10. ZÁVĚR 51

11. LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE 52

Seznam použitých zkratek

ACARS	Aircraft Communications Addressing and Reporting System
ACC	Area Control Cente
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance-Contract
ALS	Automatic Landing System
AM	Amplitudová Modulace
ATC	Air Traffic Control
CDO	Continuous Descent Operations
CPDLC	Controller-Pilot Data Link Communications
DGPS	Diferenciální GNSS
DH	Decision Height
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
FAA	Federal Aviation Administration
FANS	Future Air Navigation Systém
FIR	Flight Information Region
FIS	Flight Information Service
FM	Frekvenční Modulace
FMS	Flight Management System
FRA	Free Route Airspace
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
ICAO	International Civil Aviation Organization
ILS	Instrument Landing System
IM	Inner Marker
IMU	Inertial Measurement Unit
INS	Inertial Navigation System
IRS	Inertial Reference Systém
MEL	Minimum Equipment List
MFD	Multi-Function Display
MLS	Microwave Landing System
MM	Middle Marker
MUAC	Maastricht Upper Area Control Centre

NAT	North Atlantic Region
NAT HLA	North Atlantic High Level Airspace
NATS	North Atlantic Track System
OM	Outer Marker
PBN	Performance-Based Navigation
RA	Radio Altimeter
ŘLP	Řízení letového provozu
RNAV	Area Navigation
RNP	Required Navigation Performance
RVR	Runway Visual Range
SBAS	Satellite-Based Augmentation Systems
SES	Single European Sky
TAI	International Atomic Time
TCAS	Traffic Collision Avoidance System
UHF	Ultra High Frequency
USA	United States of America
UTC	Coordinated Universal Time
VHF	Very High Frequency
WAAS	Wide Area Augmentation System

1. Úvod

Letectví hraje v moderním světě nezastupitelnou roli, a letadla se stala klíčovým prostředkem rychlého a bezpečného přepravování osob a nákladů na globální úrovni. S rozrůstajícím se leteckým průmyslem a zvyšující se poptávkou po leteckých službách se také zvyšuje důležitost provozních aspektů letadel a optimalizace jejich systémů. Letadla jsou složitá technická zařízení, která musí splňovat přísné normy a bezpečnostní požadavky. Provozování letadel vyžaduje pečlivé plánování, správu, údržbu a bezpečnostní opatření.

Cílem této diplomové práce je studium systémů letadel a jejich jedinečných vlastností v kontextu jejich provozu. Budou prozkoumány různé systémy, popsány jejich funkční vlastnosti a role při zajištění bezpečnosti a efektivity letů. Velká pozornost je věnována studiu technických aspektů každého systému a jejich interakce se vzdušnými prostory různých regionů.

V rámci práce bude provedena analýza vzdušných prostorů různých regionů. Analýza pomůže odhalit specifičnost fungování systémů letadel v těchto prostorech, a také identifikovat hlavní faktory ovlivňující bezpečnost a efektivitu letů.

Hlavním úkolem práce je také vypracovat plán pro dispečery v případě výpadku nebo poruchy systémů letadel. Důležitost stanovení a uplatňování nejlepších postupů v takových situacích spočívá v zajištění bezpečnosti cestujících a posádek, a také v minimalizaci negativních důsledků možných incidentů.

Práce předpokládá rozsáhlé použití vědeckých a technických zdrojů. Výsledky mohou být užitečné pro odborníky v oblasti letectví, jakož i pro zlepšení návrhu a fungování systémů letadel.

Tato studie představuje důležitý krok ve studiu systémů letectví a jejich přizpůsobení různým provozním podmínkám. Analýza a popis různých systémů a jejich interakce s vzdušnými prostory pomohou identifikovat klíčové aspekty nezbytné pro zajištění bezpečnosti a efektivity leteckých přeprav v budoucnu.

2. Komunikační systémy

Komunikace je klíčová pro bezpečný a efektivní provoz letadel, protože umožňuje výměnu důležitých informací a instrukcí, monitorování letového provozu a poskytování podpory pro piloty a řídicí personál. Zahrnují v sobě různé metody komunikace, jak hlasové, tak i datové přenosy.

- Hlasová komunikace se obvykle provádí prostřednictvím rádiových frekvencí, které umožňují pilotům a dispečerům mluvit a poslouchat přes reproduktory a sluchátka. Často je využívána pro výměnu okamžitých informací, jako jsou letová povolení, pokyny nebo náhlé změny plánu.
- Datová komunikace se provádí pomocí různých technologií a systémů, které umožňují přenos textových zpráv, položek letového plánu, meteorologických informací, informací o stavu letadla a dalších dat. Tato datová komunikace může být prováděna prostřednictvím datových sítí, satelitů nebo specifických datových spojení mezi letadly a pozemními stanicemi.

Komunikační systémy letadla jsou důležité nejen pro řízení letového provozu, ale také pro bezpečnost letů. Správná a účinná komunikace umožňuje včasnou výměnu informací o změnách povětrnostních podmínek, problémech s letadlem, navigačních otázkách a dalších aspektech, které mohou mít vliv na letovou operaci.

Komunikační systémy letadla jsou kritickou součástí moderního letectví, která umožňuje bezpečnou, spolehlivou a efektivní komunikaci mezi letadly a dalšími subjekty, což přispívá k celkovému bezpečí a efektivitě leteckého provozu.

2.1 VHF komunikace

VHF je důležité pro komunikaci mezi letadly a řídícími středisky. Slouží pro poskytování instrukcí, informací o letovém provozu a zajištění bezpečnosti leteckého provozu. Zahrnuje v sobě rozsah frekvence od 30 MHz do 300 MHz, nejnižší frekvenční pásmo ve srovnání s UHF a mikrovlnnými frekvencemi. Pomocí tohoto rozsahu má schopnost přenášet signály na větší vzdálenosti s relativně dobrým pronikáním přes překážky jako jsou budovy, stromy a menší přírodní překážky, což je výhodou při komunikaci v urbanizovaných oblastech. Pro leteckou komunikaci je důležité komunikovat na střední vzdálenosti, tak proto jsou využívaný VHF signály, které pokrývají větší vzdálenosti při zachování přijatelné kvality signálu.

Modulují se signály pomocí frekvenční modulace (FM) a amplitudové modulace (AM), která je využívaná v rozhlasovým vysíláním, ale FM je nejčastěji pro televizní vysílání a přenos hudebních signálů. Tato technika modulační má vliv na způsob, jakým je informace zašifrována do signálu a následně dekódována na přijímací straně.

Nedostatkem tohoto sytému je citlivost na rušení způsobené atmosférickými podmínkami nebo dalšími signály ve stejném frekvenčním pásmu. Kvalitní přijímačové systémy a vhodné anténní konfiguraci jsou podstatné pro zachování bezpečnosti a spolehlivé komunikace. Pro tyto vysílání se používají dipólové antény, Yagiovy antény a směrové antény, které ovlivňují účinnost a dosah komunikace.

V blízkosti letišť pro komunikaci mezi řídícími věžemi, letovým vedením se nejčastěji aplikuje VHF komunikace a slouží k vedení letového provozu, vydávání příletových a odletových instrukcí, poskytování informací o počasí. Je využívána v kontrolních oblastech (ACC), které zodpovídají za řízení leteckého provozu v rozsáhlejších regionálních oblastech. Ústředí pro řízení leteckého provozu navazují komunikaci s piloty a poskytují jim instrukce, směrování a provádějí sledování pohybu letadel. Komunikace je realizována prostřednictvím VHF frekvencí, která je klíčovým prvkem pro úspěšnou koordinaci a bezpečnost leteckého provozu ve velkých regionálních oblastech.

V letových informačních oblastech (FIR) se VHF komunikace významně využívá pro účely řízení leteckého provozu a efektivního vedení komunikace mezi piloty a kontrolou letového provozu. VHF komunikace se aktivně využívá k předání letových plánů, které jsou k poskytnutí klíčových informací o trase letu, odletovém a příletovém letišti, očekávaném čase a dalších parametrech. Vzájemně se vyměňují instrukce, směrování, informace výškových hladinách a další podstatné informace, jež ovlivňují řízení leteckého provozu.

V případě, kdyby vypadla VHF komunikace mohou být použity alternativní frekvence nebo komunikační prostředky, jako jsou datalinkové systémy, satelitní komunikace, mobilní telefony nebo komunikační prostředky na palubě letadla (např. interkom systémy). Moderní letadla nejčastěji mají k dispozici datalinkové systémy, které předávají informaci, například pomocí ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System). Je třeba kontaktovat řídící středisko a být informovaným o dostupných alternativních frekvencích nebo prostředků. Jako alternativu lze rovněž zvážit využití nouzových kódů nebo signálů, jež slouží k signalizaci problému a komunikaci s řídícím střediskem nebo ostatními letadly. V případě, že je to možné a bezpečné, je vhodné navázat i virtuální kontakt pomocí gest nebo světelných signálů s řídícím věží nebo jinými letadly.

2.2 HF (High Frequency) komunikace

HF radio je typ rádiového pásmu, který se používá pro komunikaci na vysokých frekvencích v rozsahu 3 MHz až 30 MHz. HF radio se často používá v letecké a námořní komunikaci, zejména na mezinárodních trasách nebo v odlehlých oblastech, kde není k dispozici spolehlivé pokrytí jiných komunikačních systémů. Díky své schopnosti pokrýt velké

vzdálenosti se HF radio využívá pro dlouhodobé letové plány, koordinaci záchranných operací a komunikaci ve vzdálených oblastech, kde nemusí být dostupné mobilní nebo pevné sítě.
Pro použití HF radiové komunikace jsou potřeba speciální vybavení, včetně HF rádiových stanic a antén. Komunikace pomocí HF radiového pásmu vyžaduje také správné nastavení frekvencí a použití protokolů, jako je například SELCAL (Selective Calling), který umožňuje volání konkrétních letadel.
Pomocí HF radiového pásma je poskytována spolehlivá komunikace na velké vzdálenosti, avšak může být náchylné k rušení, atmosférickým podmínkám a vlivu sluneční aktivity. Moderní technologie, jako je satelitní komunikace a datové sítě, postupně nahrazují HF radio v některých oblastech, ale stále zůstává důležitým nástrojem pro komunikaci ve vzdálených a odlehlých oblastech.
Existují alternativní postupy, které se používají v případě nefunkčního HF radiového zařízení nebo v případech, kdy HF komunikace není k dispozici. Letadla mohou využívat VHF rádio k navazování spojení s pozemními kontrolními středisky a ostatními letadly, pokud je v dostatečné dosažitelnosti, takže využití satelitního spojení pro přenos informací o poloze, rychlosti a dalších údajů mezi letadly a kontrolními středisky.

2.3 Aircraft Communications Addressing and Reporting Systém (ACARS)

ACARS představuje digitální komunikační systém využívaný v letectví. Jeho hlavním účelem je poskytování prostředků pro výměnu krátkých textových zpráv mezi letadly a pozemními stanicemi pomocí rádiových nebo satelitních spojení. Pomocí tohoto systému se piloti a letečtí dispečeři vzájemně předávají různé typy zpráv, jako operační data, letové plány, aktualizací meteorologických podmínek a informací o údržbě. Poskytování informací může být automatizováno prostřednictvím systému ACARS, kdy letadla mohou automaticky vysílat informace o svém letovém stavu a poloze pomocí rádiových frekvencí VHF (velmi vysoká frekvence), HF (vysoká frekvence) nebo satelitním spojením.
Systém ACARS umožňuje získávat informace o výkonu letadla, včetně údajů o spotřebě paliva, teplotě motorů, rychlosti, tlaku a dalších parametrech. Sleduje také i různé parametry monitorů, jako jsou teplota, tlak, otáčky. Díky dlouhodobému sběru dat je ACARS schopno poskytnout informace o trendech výkonu letadla. Tyto trendy mohou být analyzovány a využity ke zlepšení efektivity letových operací, snížení spotřeby paliva a prodloužení životnosti systémů. Tato data jsou poté přenášena prostřednictvím ACARS na pozemní stanice, kde jsou využita pro sledování a údržbu letadel. Je využíván během letu a při vzletu a přistání, aby se udržoval spojení mezi letadly a pozemními stanicemi.

Dostupnost ACARS může být omezena v některých odlehlých oblastech s omezenou komunikační infrastrukturou. V takových případech se mohou používat jiné formy komunikace, například datalinkové systémy, jako CPDLC nebo FANS.

ACARS je nezbytným prvkem pro správu vzdušného prostoru v kontrolních oblastech, neboť tento systém zajišťuje bezpečný a koordinovaný pohyb letadel. Umožnuje řídícím orgánům mít přehled o provozu a případně reagovat na neobvyklé události a včas poskytnout letadlům důležité informace o provozu, změnách počasí, potenciálních konfliktech a dalších bezpečnostních záležitostech.

ACARS zajištuje spolehlivou a efektivní komunikaci mezi letadly a řídícími stanicemi, což přispívá k bezpečnému a efektivnímu provozu letadel v těchto oblastech. Tento systém umožnuje přesnou a rychlou výměnu informací mezi piloty a řídícími stanicemi, díky své schopnosti přenášet různé typy informací: letové plány, aktuální meteorologická data, upozornění na údržbu, operační zprávy. Hlavní výhodou ACARS je okamžité reagování na potenciální problémy, koordinaci leteckých operací a optimalizaci letového provozu.

V případě poruchy ACARS může dojit k několika důsledkům. Především bude mít vliv na komunikaci, koordinaci a bezpečnost leteckého provozu, což může vést k potenciálním konfliktům, zpožděním a neefektivnímu využití vzdušného prostoru. Letadla budou nucena spoléhat na alternativní komunikační kanály, potřebují využívat radiovou nebo satelitní komunikaci i jiné datové linky, které mohou být použity pro výměnu dat a informací mezi letadly a pozemními stanicemi.

2.4 Controller-Pilot Data Link Communication (CPDLC)

Pro efektivnější a přesnější komunikaci se používá CPDLC, který umožňuje výměnu textových zpráv mezi letadly a řídícími středisky. Tento systém se využívá především ve vzdušných prostorech, kde je potřeba vysílat a přijímat přesné instrukce a informace. Využívá datového spojení přes satelitní komunikaci nebo pozemní linku, aby umožnilo komunikaci v oblastech, kde je slabý nebo žádný hlasový signál.

Výhodou této technologie je strukturovaná komunikace, tzv. přesný přenos textových zpráv mezi piloty a dispečery. Pomocí CPDLC informaci, kterou dostává a výšila obě strany, je kvalitnější, než by komunikovali mezi sebou hlasem, při takové situaci bývá spoustu nedorozumění, zatímco komunikace přes CPDLC umožňuje přesnější a jasnější předávání instrukcí a dat.

Použití systému datového spojení mezi řídícím střediskem a piloty je často spojeno s mezinárodními leteckými trasami a oceánskými oblastmi, kde se letadla pohybují mimo dosah pozemních radarů a standardní hlasové komunikace není vždy možná nebo efektivní. V těchto prostorách je nezbytné využít CPDLC pro výměnu instrukcí, letových plánů, informací o změnách trasy nebo dalších relevantních zpráv.

V rámci mezinárodního leteckého provozu existují předem stanovené vzdušné prostory, ve kterých je použití CPDLC vyžadováno. Tyto prostory zahrnují mezinárodní oceánské letecké trasy, které propojují různé kontinenty.

North Atlantic High Level Airspace (NAT HLA) je oblast vzdušného prostoru nad Atlantickým oceánem mezi Severní Amerikou a Evropou. (1) Tato oblast je jednou z nejrušnějších mezinárodních vzdušných koridorů. CPDLC je v NAT HLA povinné a slouží ke zlepšení komunikace mezi letadly a řídícími službami v této oblasti. CPDLC umožňuje efektivnější výměnu textových zpráv a instrukcí mezi piloty a řídícími dispečery. V případě nefunkčního CPDLC by letadlo mělo využít tradiční rádiovou komunikaci (VHF voice) s řídícími službami. Je důležité aktivně udržovat spojení s řídícími službami a dodržovat jejich instrukce a pokyny. Posádka letadla může také požádat řídící služby o úpravu trasy tak, aby se vyhnula oblastem, kde je použití CPDLC povinné. Alternativou může být jak severní trasy (vzdušný prostor Grónska, Islandu nebo Skandinávie), tak i jižní přes Evropu, Afriku nebo střední část Atlantiku. Pro lety v rámci Shanwick Oceanic Control Area, oblast nad Severním Atlantikem, která zahrnuje vzdušný prostor mezi Irskem a Islandem, je vyžadováno použití Controller-Pilot Data Link Communications kvůli zvýšenému riziku nedorozumění. Kromě toho můžou nastat takové situace, když systém selže a je nutné rychle zareagovat a postupovat podle specifických opatření. Nejdříve je potřeba informovat řízení letového provozu (ATC) nebo letovou informační službu (FIS) v případě nedostupnosti CPDLC, ale pak existuje několik způsobů, jak to všechno řešit a zajistit plynulost letu v případě selhání systému. Jedním z nich bude používání alternativních systémů, jak již bylo zmíněno dřív, je to standartní hlasová komunikace, pomocí které posádka a ATC nebo FIS budou v kontaktu.

V prostoru Maastricht Upper Area Control Centre (MUAC), který je nad Beneluxem (Belgie, Nizozemsko, Lucembursko), také potřeba mít CPDLC. Tady už nemůže letadlo letět bez funkčního CPDLC, existují výjimky, ale to podle rozhodnutí řídícího střediska.

2.5 Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B)

Systém aktivního sledování letadla, které slouží k sdílení aktuální polohové informaci pro ostatní účastníky letového provozu pomocí speciálního transpondéru, které se používá v letectví pro vysílání rádiových signálů obsahujících informace o letadle. Toto zařízení přijímá dotazy a odpovídá na ně pomocí rádiového signálu. V odpovědi je obvykle zahrnuta identifikační informace o letadle, jako je například identifikační kód, který rozpoznává konkrétní letadlo na monitoru radarového systému. Transpondér je zařízení používané v systému ADS-B, které přenáší data o poloze a další údaje o letadle.

Hlavní výhodou ADS-B je přenášet data v reálném čase, což umožňuje lepší sledování a identifikaci v blízkosti, také i může sdílet informaci nejen řídícímu středisku, ale i ostatním

letadlům v okolí. Je to jeden z rozdílů mezi ADS-B s ADS-C (Automatic Dependent Surveillance-Contract). Díky poskytování přesné informaci je možné předcházet kolizím a vyhýbat se konfliktním situacím. Řídící střediska a piloti mají lepší povědomí o okolní situaci a jsou schopni rychle reagovat.

Systém ADS-B je vyžadován ve mnohých vzdušných prostorech: na letištích, v blízkosti velkých letišť a v oblastech s vysokou intenzitou leteckého provozu. Je využíván v oceánských oblastech a v jiných odlehlých částech, kde nejsou dostupné tradiční radarové systémy a komunikační prostředky.

V evropském vzdušném prostoru je povinen ADS-B. Regulace od 1.ledna 2020 Evropské agentury pro bezpečnost letectví (European Union Aviation Safety Agency, EASA). Všechna letadla, která mají maximální hmotnost přesahující 5 700 kg nebo maximální rychlost přesahující 250 uzlů, měla by být vybavena transpondéry s ADS-B. V EUROCONTROLovém vzdušném prostoru třídy A, B a C, který zahrnuje hlavní kontrolní zóny, přístupové trasy a oblasti s vysokou provozní hustotou, je povinen systém aktivního sledování letadla.

Pokud letadlo není vybaveno funkčním ADS-B, tak se může nastat, že bude omezen/zakázán vstup do příslušných prostorů nebo kontrolní orgány letového provozu mohou přesměrovat letadlo na alternativní trasu, která nepřekračuje oblast s požadavkem na ADS-B. Alternativními trasami jsou nekontrolované oblasti (třída G) nebo jiné kontrolní zóny.

ADS-B je důležitým nástrojem pro sledování a identifikaci letadel v letovém prostoru, tak proto je nutné, aby nezpůsobilo zvýšené riziko kolize nebo zhoršení situačního povědomí kontrolorů letového provozu a ostatních pilotů.

2.6 Automatic Dependent Surveillance-Contract (ADS-C)

Systém automatického sledování letadla, který umožňuje letadlům přenášet zprávy obsahující informace o jejich poloze, rychlosti, výšce, směru letu a dalších parametrech. Tato informace se využívá ke sledování letadel v reálném čase, aby řídicí středisko vědělo, kde se nacházelo letadlo, v případě jakékoliv situace mohlo rychlé provést potřebné řídící akce na základě těchto informací. Tady se jedná o hlavní cíl, současně se však zaměřuje i na zvýšení efektivity leteckého provozu a bezpečnosti.

Všechna letadla vybavená systémem ADS-C mají stanovený letový profil, obsahující informace o plánované trase, rychlosti, výšce a dalších parametrech letu. Když je systém ADS-C aktivován, letadlo pravidelně generuje a zasílá zprávy řídicímu středisku obsahující informace o své momentální pozici, rychlosti, výšce, směru letu. Informace se přenášejí prostřednictvím datalinku, což umožňuje bezdrátovou komunikaci mezi letadlem a řídicím střediskem.

Po obdržení zprávy od letadla, řídicí středisko provádí zpracování a analýzu poskytnutých informací. ADS-C přispívá k větší bezpečnosti a efektivitě leteckého provozu tím, že umožňuje lepší sledování a koordinaci letadel v reálném čase.

Často se používá v oblastech, kde je omezená dostupnost spojení CPDLC (Controller-Pilot Data Link Communications), jako například v oceánských oblastech nebo odlehlých oblastech. Systém umožňuje řídícímu středisku sledovat letadla v těchto oblastech a poskytovat jim potřebné instrukce a pokyny.

Ve vzdušných prostorech, jako NAT, Pacific Oceanic Region nebo Remote Continental Areas, ADS-C je důležitou technologií, kterou potřebují v těchto prostorech. I když není k dispozici ADS-C, letadlo může letět, ale potřebuje použit pro komunikace systém CPDLC nebo HF komunikace. Mezi ně také patří technologie ADS-B, která aktivně umožňuje letadlům vysílat své polohové informace a další data v reálném čase prostřednictvím datalinku. Tyto informace jsou přijímány a zobrazovány nejen řídicími středisky, ale také ostatními letadly vybavenými funkcí ADS-B In.

Důležité je, aby letadla a řídicí střediska měly dostatečnou schopnost komunikovat a sledovat letadla za různých okolností, neboť každá z těchto alternativních metod má své výhody a omezení. Tímto způsobem je zajištěna bezpečnost a efektivita letového provozu.

3. Navigační systémy

Navigační systémy v oblasti leteckého provozu hrají klíčovou roli při určování polohy letadel a zajišťování bezpečných letů. Tyto systémy poskytují s vysokou přesností polohu letadla. Díky použití satelitních signálů (GPS, GLONASS, Galileo, atd.), inerciálních senzorů a dalších technologií jsou schopny přesně lokalizovat letadlo v reálném čase. To umožňuje pilotům mít přesnou informaci o své poloze, což je klíčové pro bezpečné a správné navigování.

Navigační systémy jsou také vysoce spolehlivé a odolné vůči rušení a překážkám. Satelitní navigační systémy, jako GPS, poskytují široké pokrytí a jejich signály jsou dostupné téměř po celém světě. Systémy jsou navrženy tak, aby odolávaly rušení, která mohou být způsobena například povětrnostními podmínkami, elektromagnetickým rušením nebo překážkami ve vzduchu.

S využitím navigačních systémů mohou piloti plánovat a sledovat efektivní letové trasy. Systémy umožňují plánování a optimalizaci tras na základě různých faktorů, jako je minimální spotřeba paliva, nejkratší doba letu nebo minimalizace rušení letového provozu. To zvyšuje efektivitu letu a snižuje náklady.

Také výhodou navigačních systémů je snížení rizika lidských chyb při navigaci a určování polohy. Systémy poskytují pilotům přesné informace a navigační výstrahy, což pomáhá minimalizovat nebezpečné situace způsobené lidskou chybou.

Navigační systémy přispívají k bezpečnosti letu tím, že umožňují pilotům přesné sledování trasy a polohy letadla. To je zejména důležité při provádění instrumentálních přístupů a přistání v nepříznivých povětrnostních podmínkách. Navigační systémy, jako ILS, poskytují pilotům přesné informace o směru, výšce a přesnosti přistání, což snižuje riziko nehod a umožňuje bezpečnější provádění manévrů.

S ohledem na všechny tyto aspekty, navigační systémy v letectví poskytují pilotům přesné polohové informace, umožňují plánování tras, sledování letových parametrů a navigaci na přesně stanovených trasách. Tyto systémy zvyšují bezpečnost letu a usnadňují pilotům řízení letadel ve všech fázích letu.

Prostorová navigace je termín, který se používá pro označení metody navigace, při které se letadlo pohybuje a přesně sleduje svou trasu v prostoru pomocí souřadnic nebo navigačních bodů definovaných v trojrozměrném prostoru. Tato metoda navigace také umožňuje letadlům vyhýbat se překážkám, aniž by byla nutná výhradně vizuální orientace. Tato navigace je často prováděna pomocí systémů jako je RNAV (Area Navigation) a GNSS (Global Navigation Satellite System). RNAV umožňuje definovat a sledovat trasu letu na základě navigačních bodů v prostoru, zatímco GNSS (např. GPS) poskytuje přesné polohové informace, které jsou nezbytné pro správné sledování trasy.

3.1 RNAV (Area Navigation)

Metoda prostorové navigace umožňuje letadlům vykonávat navigaci s využitím specifických technik a prostředků. po předem stanovených trasách s využitím specifických technik a prostředků, jako jsou různé senzoré a palubní systémy, namísto spoléhání pouze na pozemní navigační pomocníky.

K efektivnějšímu provozu letů, snížení spotřeby paliva a zlepšení výkonu dochází pomocí RNAV. Piloti mohou plánovat a sledovat trasy, vzhledem k atmosférickým podmínkám, omezením vzdušných prostorů a preferovaným směrováním, jsou prostředky navigace přizpůsobovány tak, aby poskytovaly vyhýbání těchto faktorů a umožňovaly bezpečnou a efektivní navigaci letadel. Jednou z hlavních výhod RNAV je její schopnost poskytovat navigaci bod k bodu. To znamená, že letadla mohou dosáhnout svých cílů prostřednictvím přímého spojení mezi výchozím a cílovým bodem bez nutnosti dodržování předem stanovených letových tras nebo závislosti na navigačních pomůckách. RNAV trasy mohou být vytvořeny jako sekvence bodů, které jsou identifikovány na základě jejich geografické polohy vyjádřené pomocí zeměpisné šířky a délky.

RNAV využívá GPS pro získání přesných informací o aktuální poloze letadla. Díky tomu je možné dosáhnout přesnou navigaci a minimalizaci odchylek od stanovené trasy, což přispívá k bezpečnosti letu a umožňují pilotům přesněji plánovat a provádět manévry.

Díky možnosti volby efektivních tras může RNAV přispět ke snížení spotřeby paliva letadla a emisí skleníkových plynů. Letadla mohou být navigována přes kratší trasy a optimalizovat rychlost a výšku letu, což vede k ekonomičtějším a ekologičtějším leteckým operacím a také ke snížení nákladů na palivo a zvýšení kapacity letišť.

RNAV umožňuje letadlům využívat své schopnosti a výkonnost plněji. Přesná navigace a možnost vyhýbat se omezením letového provozu umožňují letadlům dosahovat optimálních rychlostí a letových profilů, což může vést ke snížení času letu a zlepšení efektivity.

RNAV poskytuje základ pro další navigační koncepty, jako je Required Navigation Performance (RNP), Performance-Based Navigation (PBN), Continuous Descent Operations (CDO) a Free Route Airspace (FRA). Tyto postupmožňují definovat požadovanou úroveň navigační přesnosti a přizpůsobit navigaci konkrétním letovým operacím, což přispívá k lepšímu řízení letového provozu a bezpečnosti letů. Zajišťují definování požadované úroveně navigační přesnosti a přizpůsobování navigace k konkrétním letovým operacím, což přispívá k lepšímu řízení letového provozu a bezpečnosti letů.

Tedy klíčovým faktorem je, že pro letadlo je nezbytné získat potřebné povolení a certifikaci, jíž je udělována regulačními orgány pro civilní letectví, jako je například Federal Aviation Administration (FAA) v USA nebo EASA v Evropě.

Pro získání certifikace RNAV musí letadla splňovat určité požadavky. To zahrnuje vybavení letadla příslušným navigačním vybavením a softwarem, který umožňuje provádění RNAV navigace. Typickým vybavením je GPS přijímač, který je základním prvkem navigačního vybavení a poskytuje přesné polohové informace, a další senzory a vybavení potřebné pro správné fungování RNAV systému. Také výhodou je často používány vícefunkční displeje MFD (Multi-Function Display) poskytující sledování RNAV informace a provádění potřebné navigační manévry pomocí zobrazení navigační informace, jako jsou trasy letu, navigační body, překážky, vzdušné prostory, letiště a další důležité body a omezení.

3.2 Global Navigation Satellite Systém (GNSS)

GNSS poskytují polohové informace s přesností na metry. Moderní GNSS přijímače v letadlech jsou schopny zpracovávat signály ze satelitů různých GNSS systémů, jako je GPS, GLONASS a Galileo, současně.

Hlavním cílem GNSS je poskytovat uživatelům spolehlivé a přesné informace pro navigaci a polohové služby a je navržen tak, aby poskytoval pokrytí a dostupnost signálů na celém světě, v jakékoli části světa bez ohledu na polohu. GNSS systémy klade důraz na integritu signálů, což znamená schopnost detekovat a varovat uživatele o případných chybách nebo narušení signálu. To je zvláště důležité v kritických aplikacích, jako je letectví, kde spolehlivost navigačních informací je nezbytná pro bezpečnost letu.

GNSS využívá sítě satelitů umístěných ve vesmíru, které vysílají signály obsahující časovou a polohovou informaci. Tyto signály jsou zachyceny GNSS přijímači umístěnými na palubě letadla. Přijímač zpracovává signály od několika satelitů současně a na základě jejich časových rozdílů a polohových informací určuje polohu letadla.

Přesnost navigace pomocí GNSS je ovlivněna různými faktory, které mohou přispět k odchylkám ve výpočtu polohy. Jedním takovým faktorem je geometrie satelitů. Přesnost navigace závisí na dostupnosti signálů ze satelitů a jejich vzájemné geometrii. Ideální geometrie je taková, ve které jsou satelity rovnoměrně rozloženy po obloze a signály z nich přicházejí do uživatele ze všech směrů. Tím se minimalizuje zkreslení a chyby při výpočtu polohy. Pokud jsou satelity umístěny blízko sebe nebo jsou koncentrovány v určitém směru, může to vést ke zhoršení přesnosti a spolehlivosti GNSS. V případě nedostatečného rozmístění satelitů nebo nedostatečného pokrytí signálem může dojít ke snížení přesnosti a spolehlivosti GNSS. Většina GNSS systémů, jako GPS, GLONASS a Galileo, se snaží optimalizovat geometrii svých satelitů, aby poskytovaly co nejlepší výkon pro uživatele na zemi.

Atmosférické podmínky mají významný vliv na využití GNSS pro navigaci a polohové služby. Atmosféra Země může ovlivnit šíření signálů GNSS a mít dopad na přesnost určování polohy.

Ionosféra je vrstva atmosféry obsahující ionizované částice. Signály GNSS, které procházejí ionosférou, jsou ovlivněny změnou rychlosti šíření signálu. To může způsobit zkreslení fáze a doby příchodu signálu, což vede k chybám v měření polohy. Pro korekci těchto vlivů se používají ionosférické modely, které odhadují účinek ionosféry na signály GNSS a korigují je. Troposféra je nejnižší vrstva atmosféry, která obsahuje vodní páru, aerosoly a další částice. Jejím nejvýznamnějším jevem je refrakce, která mění směr šíření signálu, tak tím způsobí zpomalení signálu GNSS. Tohle se obvykle korigují pomocí modelů, které odhadují a korigují refrakci a další troposférické jevy.

Vliv atmosférických podmínek na přesnost GNSS je běžně brán v úvahu a korigován pomocí různých modelů a technik. Tyto korekce se provádějí při výpočtu polohy a pomáhají minimalizovat chyby způsobené atmosférickými vlivy. V praxi se používají diferenciální GNSS (DGPS) a rozšířené systémy korekcí (SBAS), které poskytují korekční signály pro odstranění nebo minimalizaci vlivu atmosférických jevů na GNSS signály.

Na dostupnost, kvalitu a přesnost signálů GNSS také může mít vliv překážky, jako například vysoké budovy, mosty, tunely a další stavební konstrukce, nerovnosti terénu, jako jsou hory, údolí, útesy a rokle. Snižují sílu a kvalitu signálů, což vede k chybám v měření polohy, aby minimalizovat vliv překážek signálu existuje několik způsobů, jak tomu předejit.

- Volba strategického umístění antény GNSS: Správné umístění antény může minimalizovat překážky signálu a zlepšit příjem a dostupnost signálů.
- Filtrace signálu: Použití filtrů a algoritmů pro odfiltrování nežádoucího šumu a interferencí způsobených překážkami signálu.
- Kombinace GNSS s dalšími technologiemi: V kombinaci s jinými navigačními technologiemi, jako je inerciální navigace, magnetický kompas nebo radiolokace, se může zvýšit přesnost a spolehlivost polohových informací.
- Využití rozšířenýgach systémů korekcí (SBAS): SBAS systémy poskytují korekce signálů GNSS pomocí pozemních referenčních stanic a geostacionárních družic. Tyto korekce mohou minimalizovat chyby způsobené překážkami signálu.

3.3 Flight Management System (FMS)

Systém řízení letu je složitý počítačový systém používaný v moderních letadlech k asistenci při navigaci, plánování letu a řízení letadla. Integruje různé komponenty a funkce, které automatizují mnoho úkolů prováděných piloty během všech fází letu, od plánování před startem až po přistání.

FMS vypočítává nejoptimálnější trasu, zohledňuje proměnné, jako je spotřeba paliva a meteorologické podmínky, a generuje plán letu. Tento plán je pak předán autopilotu k řízení letadla podle stanoveného. Umožňuje pilotům zadat parametry letu, jako jsou odletové a

příletové letiště, body zastavení, vzdušné cesty a výkonnostní údaje. Plánování je jednou z hlavních funkcí FMS.

Druhým klíčovým účelem tohoto systému je boční navigace, jedná se o navigační metodu, která umožňuje letadlu udržovat požadovanou trajektorii ve vztahu k předem stanovenému kurzu. FMS obsahuje rozsáhlou databázi vzdušných cest, které slouží jako referenční body pro směrování letadla. Pilot může vybrat příslušnou vzdušnou cestu a FMS mu poskytne informace o směru a vzdálenosti od této cesty. To pomáhá pilotovi udržet letadlo na správné trase a minimalizovat odchylky.

Pokud dojde k změnám v plánované trase letu, FMS aktualizuje trasy. Pilot může zadat nové navigační body nebo vzdušné cesty, a systém provede výpočty, aby poskytl nové informace o směru a vzdálenosti od aktualizované trasy. To umožňuje pružnost při navigaci a reakci na aktuální podmínky letu. FMS také může pilotovi poskytnout alternativní vzdušnou cestu nebo navigační body, které umožní vyhnout se oblastem, které jsou zakázané nebo s omezujícím provozem. Tím se zajišťuje dodržování bezpečnostních předpisů a minimalizace rizika kolizí.

FMS je také propojen s autopilotem letadla, což umožňuje automatizaci řízení letadla podle plánu letu. Autopilot může přijímat navigační příkazy od FMS a provádět automatické řízení letadla. FMS a autopilot spolupracují na řízení letu a navigaci letadla. FMS je zodpovědný za plánování trasy, poskytování navigačních instrukcí a informací o plánu letu, zatímco autopilot provádí fyzické řízení letadla podle těchto instrukcí. Tato integrace zvyšuje přesnost, efektivitu a bezpečnost letových operací.

FMS monitoruje spotřebu paliva letadla v závislosti na různých parametrech letu, jako jsou rychlost, výška, konfigurace letadla a další faktory. Na základě těchto údajů FMS poskytuje pilotovi informace o optimálních rychlostech a výškách letu. Pro minimalizace spotřeby paliva tento systém také může monitorovat výkon motorů a případně upravovat parametry letu pro optimalizaci výkonu. To může zahrnovat nastavení vhodného tahového nastavení motorů nebo řízení provozu motorů tak, aby se dosáhlo nejlepšího výkonu. Analýza výkonnostních charakteristik letadla umožňuje pilotům optimalizovat letové plány, minimalizovat spotřebu paliva, zvýšit efektivitu letu a dosáhnout požadovaných výsledků.

Existuje několik provozních specifik FMS, které je potřeba dodržovat. Prvním aspektem, který je důležitý pro provoz FMS, je aktualizace databáze, protože FMS obsahuje databázi navigačních bodů, vzdušných cest, letišť a dalších informací. Je důležité pravidelně aktualizovat tuto databázi, aby byla informace o navigaci co nejaktuálnější. Kalibrace senzorů je také důležitým prvkem, protože spoléhá na různé senzory, jako je GPS, inerciální navigační systém a další, pro sledování polohy letadla. Je důležité pravidelně kalibrovat tyto senzory, aby se udržela jejich přesnost a spolehlivost. To může zahrnovat vykonání kalibrací před letem nebo pravidelné provádění kontrolních procedur. Tím se zajišťuje, že FMS a související systémy jsou správně nastaveny a funkční před každým letem.

Dalším důležitým faktorem je školení a povědomí pilotů. Je nezbytné, aby piloti měli dostatečné odborné znalosti a dovednosti pro správné používání FMS a porozumění jeho funkcím a možnostem. Kromě toho je důležité, aby byli piloti informováni o případných aktualizacích a změnách souvisejících s FMS, aby mohli adekvátně reagovat a využívat systém správně a efektivně. Také se musí naučit specifika FMS, včetně zadávání dat, plánování letu, správného používání navigačních funkcí a monitorování systému. Důkladné školení je nezbytné pro správné a efektivní využívání FMS.

3.4 Global Positioning System (GPS)

GPS (Global Positioning System) má v letectví zásadní význam, přináší přesné a spolehlivé navigační informace. Slouží jako hlavní nástroj pro určování polohy letadel, poskytuje informace o jejich nadmořské výšce, rychlosti a směru letu. Díky tomu mohou piloti přesně stanovit svou polohu a sledovat předem naplánovanou trasu letu s vysokou přesností.

GPS je globální systém, který funguje po celém světě. To znamená, že piloti mohou využívat tuto navigaci a určování polohy bez ohledu na geografickou polohu nebo lokalitu letiště. Systémy založené na GPS, jako je například GNSS nebo RNAV, umožňují pilotům provést přesné přiblížení k letišti a bezpečné přistání. Poskytují vertikální a horizontální navigační vodítko a zvyšují tak přesnost a spolehlivost v situacích, kdy tradiční pozemní navigační systémy jsou omezené nebo nedostupné.

GPS přispívá také ke zlepšení navigace letadla na trase. Díky poskytováním aktuálních poloh piloti mohou plánovat optimalizované trasy letu a udržovat bezpečný odstup mezi letadly. Signály z družic sdílí informace o poloze s přesností na metry. To je zvláště důležité v letectví, kde přesné určení polohy letadla je nezbytné pro bezpečnost a správnou navigaci. Jeho signály jsou dostupné téměř kdekoli na světě a nejsou závislé na vnějších podmínkách, jako jsou počasí nebo terén. Přesnost při navigaci je jednou z hlavních výhod této technologie. Zvyšuje se s počtem satelitů, které jsou viditelné a používány pro určení polohy. V ideálním případě je viditelnost minimálně čtyř satelitů, ale čím více satelitů je k dispozici, tím vyšší je přesnost určení polohy.

GPS je integrální součástí moderního letectví, která zaručuje bezpečnost, přesnost a efektivitu letů. Jeho využití při navigaci a určování polohy letadel přináší významné výhody pro piloty a přispívá k celkové bezpečnosti leteckého provozu.

GPS je složitý systém, který vyžaduje určité provozní specifika pro správnou funkci a optimalizaci využití. Pro získání signálu GPS je nezbytná viditelnost satelitů. Může být omezená v oblastech se silným stíněním signálu, jako jsou údolí, úzká města nebo hustý les. Čím více satelitů je viditelných, tím lepší je kvalita a přesnost signálu GPS. Je důležité mít na

paměti tyto omezení při plánování letu v takových oblastech, aby se zajistila spolehlivá navigace a přesné určení polohy letadel.

Kvůli gravitačním interakcím se neustále mění dráhy satelitů v GPS. Pro přesnost a spolehlivost se musejí pravidelně aktualizovat tyto dráhy. Probíhá to prostřednictvím pozemních řídících stanic. Monitorují polohu a pohyb satelitů a s využitím sofistikovaných matematických algoritmů vypočítávají přesné dráhy, které jsou následně přenášeny na satelity. Když je provedena aktualizace dráhy satelitů, jsou tyto informace šířeny satelity do GPS přijímačů na zemi. Přijímače GPS přijímají signály a pomocí těchto informací o dráze vypočítávají přesnou polohu.

Přesná synchronizace času mezi satelity GPS a přijímači je také nezbytná pro správné určování polohy a navigaci. Satelity jsou vybaveny atomovými hodinami, které poskytují extrémně přesný časový základ. Avšak i přes tuto přesnost se signál GPS pohybuje rychlostí světla, takže i drobné nepřesnosti v časové synchronizaci mohou vést k významným nepřesnostem v určování polohy. Přesná časová synchronizace mezi satelity a přijímači je dosažena prostřednictvím signálů označených jako GPS Time, který je založen na Mezinárodním atomovém čase (International Atomic Time, TAI) a synchronizován s koordinovaným světovým časem (Coordinated Universal Time, UTC) na základě přesných časových značek, které jsou součástí signálů vysílaných satelity GPS.

Správná funkce systému závisí na integritě signálu GPS.

Integrita signálu GPS je důležitá pro správnou funkci systému. Signály mohou být ovlivněny atmosférickými podmínkami, ionosférickým rušením nebo překážkami v okolí. Provozní specifika se zaměřují na minimalizaci těchto rušení a zajištění spolehlivého signálu.

Integrita signálu GPS může být ovlivněna několika faktory, včetně atmosférických podmínek, překážek, rušení a interferenčních signálů, geografické polohy a technických chyb. Atmosférické jevy, jako je ionosférické rušení a troposférické odchylky, mohou zkreslit signál a snížit přesnost určování polohy. Přítomnost překážek, jako jsou budovy a stromy, také má vliv na signál a vede ke ztrátě. Interferenční signály generované jinými elektronickými zařízeními mohou mít vliv na kvalitu a spolehlivost signálu GPS, mohou i způsobit zkreslení signálu, snížit sílu signálu, způsobit náhodné výpadky nebo dokonce zcela blokovat příjem signálu GPS. Pocházejí z různých zdrojů, včetně bezdrátových zařízení, mobilních telefonů, rádiových vysílačů, elektronických zařízení a dalších komunikačních systémů. Tyto signály mohou být ve stejném frekvenčním pásmu jako signály GPS, což vytváří překryvy a vzájemné rušení. K tomu existují několik opatření, která se používají k ochraně integrity signálu.

- Filtrace signálu je jednou z klíčových technik, která umožňuje selektivní přijímání signálů v určitém frekvenčním pásmu. Filtry potlačují rušivé signály mimo požadované frekvenční pásmo GPS a zlepšují kvalitu signálu.

- Správná konfigurace antény minimalizuje rušení od blízkých elektronických zařízení a překážek.
- Výkonová regulace je také důležitá, protože umožňuje přijímači GPS regulovat výkon přijatého signálu a zvýšit tak odolnost proti silným rušivým signálům.
- Dynamická adaptace je funkce, která umožňuje přijímači GPS přizpůsobit se měnícím se podmínkám. Přijímač může automaticky volit nejlepší signál, měnit filtrační parametry nebo vybírat vhodnou anténu v závislosti na aktuálních podmínkách.
- Duplikace signálu využívá více antén nebo více přijímačů. Tím se získává více nezávislých měření, která snižují vliv interferenčních signálů a zlepšují celkovou spolehlivost určování polohy.
- Jednou z nejdůležitější opatření je pravidelná kalibrace a testování přijímačů GPS. Tím se identifikují případné poruchy nebo anomálie, které by mohly ovlivnit kvalitu signálu, a zajistí se správná funkce přijímače.

Kvalitní provedení těchto technických opatření v GPS přijímačích přispívá k redukci rušení a zlepšení celkové kvality a spolehlivosti signálu.

Za účelem zajištění integrity signálu GPS (Global Positioning System) se využívají různé techniky a metody. Mezi ně patří diferenciální GPS (DGPS), který využívá referenčních stanic k porovnávání signálu GPS s přesně známou polohou a generuje korekční signály pro odstranění chyb. Augmentační systémy, jako je WAAS a EGNOS, poskytují dodatečné korekce a informace pro zvýšení přesnosti a spolehlivosti. Přijímače GPS využívají filtrační techniky a algoritmy pro vyhlazování signálu a eliminaci náhodných změn. Monitoring a kontrola kvality signálu jsou také důležité pro minimalizaci rušení a zajištění správného fungování systému. Všechny tyto techniky a metody přispívají ke zlepšení integrity signálu GPS a zvyšují přesnost a spolehlivost určování polohy.

GPS je významným nástrojem pro určování polohy a navigaci v celém světě. S neustálým vývojem technologií a zlepšováním integritou signálu, se očekává další rozšíření a využití GPS v různých odvětvích, jako je doprava.

3.5 Inertial Reference Systém (IRS)

IRS je složitý navigační systém, který se používá v letadlech a dalších dopravních prostředcích pro přesné určení polohy, rychlosti a orientace bez závislosti na vnějších zdrojích signálů. Systém IRS využívá principů inerciální navigace, což znamená, že vychází ze setrvačnosti tělesa, aby udržel a sledoval pohyb letadla, přitom využívá gyroskopy a akcelerometry. Tyto zařízení měří různé fyzikální veličiny, jako jsou úhlová rychlost a zrychlení, které jsou potřebné pro výpočet polohy a orientace letadla. Díky těmto informacím může IRS určit, jak se letadlo pohybuje v prostoru bez potřeby vnějších referenčních bodů,

jako jsou GPS signály nebo rádiové navigační stanice. Spoléhá jen na své vlastní inerciální senzory a počítačový systém. Před vzletem je systém IRS kalibrován nebo zarovnán na známém místě na zemi, často na letišti, kde letadlo vzlétá. Poskytuje spolehlivé informace o polohách, rychlostech a orientaci letadla i v odlehlých oblastech, kde může být pokrytí GPS omezené nebo nedostupné. IRS dosahuje nezávislosti na vzdálenosti nebo geografické poloze a udržuje se stabilně po celou dobu letu. Je spolehlivým navigačním systémem v různých prostředích, protože je schopen odolávat proti rušení rádiových signálů nebo interferencí. IRS zůstává důležitou součástí systémů letadel díky své spolehlivosti, nezávislosti a schopnosti poskytovat přesné navigační údaje i v situacích, kdy byly ostatní zdroje informací nedostupné nebo nejsou spolehlivé.

Další jeho funkci je detekce náklonu nebo překročení určitých limity letadla. Pokud dojde k náhlému nebo nežádoucímu pohybu, IRS poskytuje informace o odchylkách, které pilotům umožní rychle reagovat a stabilizovat letadlo.

V moderních letadlech je často běžné, že IRS integrován s dalšími navigačními a avionickými systémy, jako jsou GPS a FMS, což umožňuje pilotům efektivně navigovat a řídit lety. Tento systém je klíčovým prvkem pro zajištění redundance a spolehlivosti navigace v moderních letadlech, i když GPS se stal v letectví dominantní.

Existují i různé provozní specifiky, které zahrnují v sobě pravidelnou inicializaci a kalibraci, kontrolu driftu senzorů, zajištění redundantních systémů pro zálohu a integraci s dalšími částmi avioniky.

Před každým letem IRS musí být inicializován. V průběhu inicializace dochází ke kalibraci gyroskopů a stanovení počáteční polohy letadla. Během inicializačního procesu je důležité, aby letadlo zůstávalo v klidu bez prudkých pohybů, což umožňuje dokončení procesu, který může trvat několik minut. I přes pečlivou kalibraci měření gyroskopů a akcelerometrů může být postupně nepřesné v průběhu času, což znamená, že může mít tendenci driftovat. Pro udržení přesnosti navigace tento systém musí být schopen automaticky korigovat nebo kompenzovat tyto driftování. Také důležitou věcí bude vybavení IRS záložními zdroji napájení s dlouhou životností. Tím bude zajištěna jeho funkčnost i v případě výpadku hlavního napájení letadla.

Tento systém může být vyžadován v různých prostorech, jako nepřístupné oblasti, prostory nad oceány a moři nebo s omezeným signálem GPS, jelikož IRS je klíčovým navigačním systémem. V oceánském vzdušném prostoru, kde chybí tradiční pozemní navigační body, je nezbytné, aby letadla měla spolehlivý navigační systém, protože signál GPS je závislý na vzdálenosti a nemůže přijímat signály tak daleko. V takových situacích je IRS klíčovým prvkem, poskytujícím přesné informace o poloze a orientaci letadla nezávisle na vnějších referenčních bodech. IRS je zásadní navigační systém, umožňující letadlům udržovat přesnou navigaci při dlouhých letech nad oceánem. Díky IRS mohou piloti pečlivě sledovat trasu,

dodržovat letové plány a adekvátně reagovat na změny počasí a jiné události, což vede k zajištění bezpečnosti a efektivity letu.

V odlehlých a nepřístupných oblastech, jako jsou horské masivy, pouště, polární oblasti a další vzdálené lokality, se může stát, že IRS je nezbytným navigačním nástrojem pro letadla, protože jsou často k dispozici pouze omezené nebo žádné pozemní navigační body a signál GPS může být kvůli terénu nebo geografickým podmínkám omezený. Z tohoto důvodu je IRS klíčovým navigačním prvkem pro lety v takových prostředích.

V případě, že IRS nebude funkční, tak posádka by měla použit jiné zařízení, podle kterého by se letadlo mohlo navigovat. Kromě něho jsou v moderních letadlech používány další navigační systémy a záložní mechanismy, které mohou zastoupit IRS v případě potřeby a o kterých uvedeno.

3.1 Ground Proximity Warning System (GPWS)

GPWS je elektronický systém monitorování výšky a varování o blízkosti země, který je navržen k zajištění bezpečnosti letových operací. Slouží k detekci a prevenci nebezpečných situací spojených s přiblížením k zemi, jako je možné srážení s horami, budovami, výšinami, letištními konstrukcemi nebo nesprávným přístupem k přistávací dráze.

GPWS využívá různé senzory a databáze terénu k identifikaci potenciálně riskantních situací, kdy se letoun přibližuje příliš blízko k povrchu země, nedosahuje dostatečné výšky při přistání nebo má nesprávný náběhový úhel při vzletu.

Varování pro piloty se provádí na základě vyhodnocování rychlosti poklesu letadla a vzdálenosti od terénu. Tyto faktory jsou klíčové pro detekci blízkosti k zemi a potenciálního nebezpečí srážky s terénem. Varování mohou být prezentována v podobě zvukových signálů, hlasových zpráv nebo vizuálních indikátorů, které upozorňují pilota na riziko blízkosti k zemi a vyzývají ho k okamžité akci. Pokud letadlo klesá příliš rychle a hrozí nebezpečné přiblížení k zemi nebo přiblížení příliš nízké i úhel náběhu je nevhodný, GPWS vyvolá varování.

GPWS je navržen s cílem poskytnout včasná varování a umožnit pilotovi přijmout vhodná opatření ke snížení rizika srážky s terénem. Moderní varianty GPWS jsou vybaveny pokročilými funkcemi, jako je například EGPWS, který využívá GPS a dalších datových zdrojů ke zvýšení přesnosti a spolehlivosti systému. GPWS je klíčovou součástí bezpečnostního vybavení letadel a pomáhá minimalizovat riziko nehod spojených s kolizí s terénem.

Provozní specifika GPWS zahrnují pravidelnou kalibraci, což znamená ověření a nastavení senzorů a parametrů systému. Kalibrace je důležitá pro udržení přesnosti a spolehlivosti měření výšky letadla, rychlosti poklesu a dalších relevantních faktorů. Pravidelná kalibrace zajistí, že GPWS poskytuje přesné informace a varování. Aktualizaci informace o výšce a charakteru terénu v dané oblasti je nezbytná pro zajištění, že GPWS má aktuální data. Tyto informace by měly být pravidelně aktualizovány, aby zohledňovaly změny v terénu, jako jsou

nové překážky, změny v infrastruktuře nebo jiné topografické úpravy. GPWS by měl být pravidelně testován, aby se ověřila jeho správná funkce a spolehlivost. Zahrnuje provádění simulovaných scénářů, ve kterých jsou simulovány různé situace blízkosti terénu. Cílem je zjistit, zda GPWS správně identifikuje a generuje varování v souladu s předem stanovenými parametry. Pro správnou funkci GPWS je také nezbytná integrace s dalšími avionickými systémy letadla. To zahrnuje například spojení s autopilotem, navigačními systémy a systémy řízení letu. Díky správné integraci se umožňuje sdílení informací o blízkosti terénu a koordinace s ostatními systémy, což vede k zajištění bezpečného a efektivního provozu letadla.

Podle požadavků Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO) musí být v letadlech, jejichž certifikovaná maximální vzletová hmotnost překračuje 5 700 kg, povinně instalován GPWS. Podobné požadavky na GPWS existují také v národních leteckých předpisech různých zemí. V rámci avionických systémů letadel je GPWS povinnou výbavou, která je nedílnou součástí. Obvykle je umístěn v palubním panelu nebo na palubní desce letadla. Pro sledování blízkosti terénu a včasnou detekci potenciálního nebezpečí GPWS využívá propojení s různými senzory, jako jsou výškové senzory, senzory rychlosti poklesu a dalšími relevantními systémy. Tímto způsobem generuje varování pro pilota.

Cílem stanovení těchto požadavků je zvýšit bezpečnost leteckých operací a minimalizovat riziko havárií spojených s kolizemi s terénem.

V situaci, kdy není GPWS funkční, to znamená, že piloti nebudou mít k dispozici automatická varování o blízkosti terénu musejí spoléhat na svou vlastní pozornost, dovednosti, znalosti terénu a dodržování bezpečnostních postupů.

Je důležité, aby piloti byli o této situaci informováni a měli odpovídající přípravu a školení. Je nezbytné, aby byli seznámeni s postupy pro minimalizaci rizika srážek s terénem a také s výškovými omezeními pro konkrétní letiště a prostředí, ve kterém operují.

Ve stavu neustálé ostražitosti a pečlivém sledování výšky letadla, rychlosti poklesu, vizuálních referencí a dalších příznaků blízkosti terénu je zásadní, aby piloti byli schopni interpretovat a vyhodnotit tyto informace. V případě přiblížení k nebezpečnému terénu pak musí být schopni podniknout adekvátní opatření. Piloti mohou i využít další prostředky navigace, jako jsou navigační displeje, elektronické mapy, radarové systémy a další avionické vybavení, které jim poskytne informace o okolním terénu, blízkých letištích a navigačních body.

Je důležité si uvědomit, že GPWS slouží jako podpora pro piloty, avšak neměl by být jediným zdrojem informací o terénu. Piloti musí spoléhat na své zkušenosti, odborné znalosti a smysly a přizpůsobit své akce a rozhodnutí aktuálním podmínkám a terénu.

3.2 Traffic Collision Avoidance System (TCAS)

TCAS je bezpečnostní systém v letectví, jehož cílem je minimalizovat riziko srážek letadel ve vzduchu. Také je klíčovou součástí moderního systému řízení leteckého provozu, zejména v oblastech, kde se letadla setkávají často. TCAS je rozdělen do dvou hlavních verzí: TCAS I a TCAS II. TCAS I se často používá na menších letadlech a umožňuje varování pilotů o blížících se letadlech a doporučuje směr vyhýbací akce. Na druhou stranu TCAS II je nainstalován na větších a komerčních letadlech a nabízí pokročilejší funkce. Kromě varování o výšce a směru letu, dokáže TCAS II aktivně řídit letoun do bezpečné vertikální separace od jiných letadel, což zvyšuje bezpečnost a minimalizuje riziko kolize.

Hlavní výhodou TCAS je nezávislost na letecké kontrole a poskytovaní pilotům včasnou a přesnou informaci o blízkých letadlech, pomáhající jim podniknout vhodné manévry, když hrozí potenciální srážka. Jeho funkce závisí pouze na výměně dat mezi transpondéry na palubách letadel v okolí. Tento systém nenahrazuje nutnost, aby piloti následovali pokyny letecké kontroly, ale slouží spíše jako doplňkové bezpečnostní opatření. TCAS má jako hlavní cíl zabránit kolizím ve vertikálním směru, jelikož zde existuje největší riziko srážky mezi letadly. Pokud TCAS zaznamená kolizní hrozbu, informuje posádku k provedení vertikálního manévru, který zajistí dostatečný odstup mezi letadly.

TCAS rovněž přispívá ke snížení rizika srážek mezi letadly ve vzduchu. Díky tomuto systému piloti jsou informováni o blížících se letadlech a v případě potenciálního rizika srážky obdrží konkrétní pokyny pro vyhnutí se nebezpečí. To umožňuje účinnější a rychlejší reakce na potenciální konflikty. TCAS funguje nezávisle na letecké kontrole. To znamená, že i v situacích, kdy je řízení leteckého provozu nedostupné nebo selže, TCAS stále poskytuje důležitá bezpečnostní opatření. Tato samostatnost systému zajišťuje dodatečnou vrstvu ochrany a snižuje závislost na lidských faktorech při řízení leteckého provozu. V případě potenciálního rizika srážky TCAS navrhuje a koordinuje automatické manévry, které pomáhají letadlům vyhnout se kolizi.

V oblastech s vysokou hustotou leteckého provozu a komplexními leteckými trasami může TCAS snížit počet možných srážkových situací, tím pádem pomáhá pilotům navigovat ve vzdušném prostoru a minimalizovat nebezpečí srážek.

Všechna moderní letadla, která jsou vybavena systémem TCAS, mají na palubě transpondéry, pomocí kterých se letadlům sdílejí důležité informace o jejich poloze, výšce, rychlosti a směru letu. Každé letadlo vybavené TCASem má aktivní transpondér, který pravidelně vysílá signál s identifikačním kódem letadla (ICAO kódem) a aktuálními údaji o jeho poloze, výšce, rychlosti a směru letu. Pokud se jiné letadlo nachází v blízkosti a přibližuje se k letadlu s TCAS, systém okamžitě rozpoznává možnou kolizní situaci, to bude pomocí vytvářejících virtuálních symbolu na radarovém displeji v kokpitu, které znázorňují polohy

detekovaných letadel. Tímto způsobem mohou letouny vzájemně detekovat své polohy a vyhýbat se případným srážkám.

TCAS má k dispozici dva režimy - aktivní a pasivní. V pasivním režimu TCAS pouze detekuje signály od ostatních transpondérů a posádka obdrží vizuální a zvuková varování o blížícím se letadle (TA). Varování je většinou vizuálním a/nebo zvukovým, které se nazývá Traffic Advisory (TA), aby piloty upozornilo na potenciální nebezpečí. V aktivním režimu TCAS navíc generuje pokyny pro provedení manévru (RA), který musí posádka okamžitě dodržet, ale je to jen v tom případě, jestli hrozba srážky stále trvá a situace se přibližuje k nebezpečnému bodu, TCAS vygeneruje pokyny pro provedení manévru, který umožní vyhnutí se srážce. Tyto pokyny jsou nazývány Resolution Advisory (RA). Mohou například instruovat pilota k provedení stoupání nebo klesání s určitou rychlostí. Posádka má povinnost okamžitě reagovat na RA a provést příslušný manévr podle pokynů TCAS, aby se vyhnula kolizi s ostatním letadlem.

I přesto, že TCAS je klíčovým bezpečnostním prvkem, letadla jsou konstruována tak, aby mohla bezpečně fungovat i v případě, že TCAS selže. Řídící věže a ATC monitorují a řídí pohyb letadel v řízeném vzdušném prostoru. ATC poskytuje letadlům pokyny a naviguje je na bezpečné trasy, což snižuje riziko kolizí. Během letů za vizuálních meteorologických podmínek mají piloti povinnost pravidelně sledovat okolní letový provoz vizuálně. Pokud si piloti všimnou blížícího se letadla, jsou zodpovědní za provedení manévru pro vyhnutí se kolizi.

TCAS je klíčovým bezpečnostním prvkem, který výrazně zvyšuje bezpečnost vzdušného provozu a pomáhá minimalizovat riziko kolizí mezi letadly. Díky své samostatnosti a efektivitě je považován za jednu z hlavních technologií, které poskytují ochranu cestujícím, posádkám a letadlům před potenciálně nebezpečnými situacemi ve vzdušném prostoru.

3.3 Terrain Awareness and Warning System (TAWS)

TAWS je pokročilý systém, který slouží k minimalizaci rizika srážky letadel s terénem nebo překážkami. Jeho hlavním účelem je poskytnout letové posádce rychlou a spolehlivou informaci o blízkosti terénu a umožnit jim přijmout včasná a vhodná opatření ke zvýšení bezpečnosti letu. Díky včasnému varování a schopnosti detekovat potenciální nebezpečí přispívá TAWS ke snížení počtu nehod způsobených nízkou výškou letu, nekontrolovanými manévry nebo srážkami s překážkami. Systém TAWS neustále monitoruje polohu a pohyb letadla v reálném čase pomocí senzorů a GPS. Následně tyto údaje porovnává s digitálními mapami terénu a dalšími databázemi, které zahrnují informace o výšce terénu, horách, útesech, vysokých budovách nebo jakýchkoliv dalších překážkách, a vyhodnocuje, zda se letadlo nachází v nebezpečné blízkosti terénu nebo překážek. Na základě těchto informací

systém vyhodnocuje, zda existuje nějaké potenciální nebezpečí srážky s povrchem země nebo překážkami. Pokud se letadlo nachází v blízkosti terénu nebo je nebezpečně blízko k nějaké překážce, TAWS okamžitě varuje letovou posádku. Tato včasná reakce umožňuje posádce přijmout adekvátní korekční opatření, například změnit kurz, výšku nebo letový manévr, aby se vyhnuli kolizi.

Důležité je, že TAWS je aktivní i v situacích, kdy posádka nemusí mít přímou vizuální kontrolu nad terénem, například v mlze, hustých oblačnostech nebo za špatných povětrnostních podmínek. Tento systém tak představuje významnou výhodu pro letadla a jejich posádky, zvyšuje bezpečnost letů a snižuje riziko nehod způsobených nebezpečnou blízkostí terénu.

4. Přistávací systémy

Přistávací systémy letadel jsou klíčové součásti leteckých konstrukcí pro bezpečné přistání letadel na letišti. Zahrnují různé prvky, které pomáhají pilotům a posádkám letadel přistát přesně a bezpečně.

Přistávací dráha je jedním z nejdůležitějších prvků přistávacího systému, jež má navrženy povrch tak, aby poskytoval dostatečný odpor a tření pro brzdné systémy letadel a umožnily jim bezpečně zpomalit a zastavit během přistání. Tato dráha je vybavena různými značkami, jako jsou přistávací zóny, stopky, které pomáhají pilotům orientovat se a dodržovat správné postupy.

Přistávací světla jsou také klíčovou součástí, sloužících k vizuálnímu navádění pilotů během přistávacího manévru. Je několik typů přistávacích světel, včetně přistávacích světel s rovnoměrným rozptylem, světelných prahů, středové čáry a odrazových světel.

- Přistávací světla s rovnoměrným rozptylem
- Světelné prahy
- Středová čára
- Odrazové světla (Retroreflektory)

Větší letiště jsou vybavena různými radiotechnickými přistávacími systémy, jako je například ILS a MLS. Poskytují přesné navigační informace o výšce, směru a přiblížení k přistávací dráze.

4.1 Instrument Landing System (ILS)

ILS, tedy systém přesného přistání (Instrument Landing System), představuje pozemní navigační systém, který je nasazován na letištích s cílem zajištění precizního řízení a přistání letadel. Jeho úkolem je poskytnout pilotům přesné informace týkající se směru a výšky letadla vzhledem k přistávací dráze během fáze přiblížení a samotného přistání. Sestává z pozemního vybavení a přijímače nainstalovaného na palubě letadla. Rádiové signály a instrukce poskytované ILS slouží pilotům jako navigační prostředek, který jim pomáhá udržet správnou trajektorii a přesně se navést na přistávací dráhu. Díky tomuto systému je zvýšena bezpečnost a spolehlivost přistání, zejména v situacích s omezenou viditelností či nepříznivými povětrnostními podmínkami.

ILS se skládá ze tři komponentů:

- Lokátor (Localizer): Poskytuje informace o směru letadla vzhledem k přistávací dráze. Pilotům ukazuje, jestli jsou na přímce směrem ke dráze nebo jestli jsou od ní odchýlení. Lokátor je umístěn na konci přistávací dráhy nebo na jejím boku. Skládá se z pozemního vysílače, který vysílá rádiové signály, a palubního přijímače, který se nachází na palubě letadla. Signály vysílané lokátorem jsou detekovány palubním

přijímačem a zobrazeny pilotovi na přístrojové desce v kokpitu letadla a také pomáhají pilotovi udržovat správný směr letu při přiblížení k přistávací dráze. Na přístrojové desce je zobrazen směrový indikátor, který ukazuje směr letadla vůči přistávací dráze. Díky použití lokátoru piloti jsou schopni udržovat přesný směr letu a zajistit precizní přistání na přistávací dráhu. Lokátor představuje jednu z klíčových komponentů systému ILS a spolu s Glide Slope a Marker Beacons přispívá k zajištění bezpečnosti a spolehlivosti přistávání letadel na letištích.

- Klouzavá dráha(Glide Slope): Určuje správnou úhlovou trajektorii při přiblížení k přistávací dráze. Indikuje pilotům, jestli se letadlo nachází na správné úrovni. Sestává z pozemního vysílače, který vysílá rádiové signály, jež jsou zachycovány palubním přijímačem na palubě letadla, a palubního přijímače, jenž umožňuje zobrazovat výškový indikátor, který ukazuje, zda se letadlo nachází na správné úrovni přistávací dráhy. Správný úhel klesání zajišťuje, že letadlo dosáhne přistávací dráhy v požadované výšce a na přesném místě.

  Glide Slope je klíčovým prvkem při přistání letadel, zejména v situacích s omezenou viditelností nebo za nepříznivých povětrnostních podmínek. Jeho účelem je poskytovat pilotům přesné informace o úhlu klesání, čímž se zvyšuje bezpečnost a přesnost přistání.
- Marker Beacons jsou radiové majáky, které v podstatě i fungují na principu rádiového signálu a umístěné na přistávací dráze. Vysílající signály se šíří na konkrétních frekvencích, které mohou být detekovány a přijímány palubním radiomagnetofonem v letadle. Specifický kód, který indikuje daný typ polohových návěstidel, je využíván k modulaci těchto signálů.

  Typy polohových návěstidel:
  - Outer Marker (OM) slouží k označení oblasti, ve které se přibližuje přistání, 0,9-1,3 kilometrů před koncem přistávací dráhy. Po přeletu OM se aktivuje zvukový signál v kokpitu, který varuje, že se nachází ve správné vzdálenosti pro zahájení přípravy na přistání.
  - Middle Marker (MM) upozorňuje pomocí dalšího zvukového signálu, že letadlo se již nachází ve správné vzdálenosti pro zahájení závěrečné fáze přistání. Tady by pilot měl učinit závěrečné úpravy, jako je zasunutí podvozku, nastavení vhodných rychlostí a příprava na přistání.
  - Inner Marker (IM) je na konci přistávací dráhy a ukazuje, že ona se nachází před nim. V této fázi by pilot měl být ve správné výšce a polohovat se pro závěrečné přistání.

ILS je důležitým nástrojem pro přesné přistání za ztížených podmínek a přispívá k bezpečnosti letového provozu, ale i při nefunkčním ILS může letadlo i dál pochybovat. Piloti se budou muset spoléhat na jiné navigační systémy, jako jsou další rádiové navigační zařízení, inerciální navigační systémy (INS) nebo globální navigační satelitní systémy (GNSS). To může být náročnější a vyžadovat větší zkušenosti pilota, pokud je to tak je další možnost je využit alternativní letiště, pokud meteorologické podmínky neumožňují bezpečné přistání bez ILS.

4.2 Microwave Landing System (MLS)

Mikrovlnný přistávací systém je moderní alternativou namísto radiomajáků ILS. MLS přináší mnoho provozních výhod ve srovnání s ILS. Mezi tyto výhody patří rozsáhlejší výběr kanálů, které minimalizují rušení okolních zařízení. Systém MLS dosahuje vynikajícího výkonu za jakýchkoli povětrnostních podmínek a zanechává malou stopu na letišti. Díky širokému záběru jak ve svislém, tak vodorovném směru umožňuje přístupy z širších oblastí kolem letiště.

MLS byl vyvinut s cílem zlepšit přesnost přistávání a poskytnout pilotům přesnější informace o poloze a výšce letadla vůči přistávací dráze. Oproti ILS poskytuje větší flexibilitu a umožňuje přistávat na více přistávacích drahách a provádět různé přístupové manévry, jako jsou přímá a křížová přistání. Tímto se zvyšuje efektivita využití letišť a snižuje se čekací doba letadel na přistání. Dále byl navržen tak, aby byl odolnější vůči rušení a interferencím. Využívá mikrovlnné signály, které jsou méně náchylné na rušení než rádiové signály používané v ILS, což zaručuje vyšší spolehlivost a přesnost celého systému. Celkově lze říct, že MLS přináší větší flexibilitu a spolehlivost do přistávacího procesu a přispívá ke zlepšení bezpečnosti a efektivity leteckého provozu. Základním principem fungování systému MLS je využití mikrovlnné technologie místo radiomajáků, které se používají v systému ILS. MLS vysílá a přijímá mikrovlnné signály v frekvenčním pásmu mezi 5,8 a 10,55 GHz. Kýčovými prvky jsou MLS pozemní stanice a MLS palubní jednotka, každá z nich má své funkce. Stanice se nachází na letišti a její komponenty, jako je anténa, vysílač a přijímač, představují klíčové prvky tohoto zařízení. Anténa má za úkol efektivně vysílat a přijímat mikrovlnné signály. Vysílač je zodpovědný za generování těchto signálů, které jsou následně směřovány k letadlům. Posledním důležitým prvkem je přijímač, který zachytává signály odražené od letadel a provádí jejich zpracování pro další analýzu. V své podstatě palubní jednotka se nachází již v letadle, přijímá i výšila signály pro něj, to znamená, že poskytuje pilotovi navigační informace potřebné pro přesné přistání.

Tento sytém je určen pro použití ve všech typech letišť, včetně civilních a vojenských letišť, kde jsou vyšší nároky na přesnost a spolehlivost při přistání, na letištích s vysokou hustotou leteckého provozu, s kratšími přistávacími drahami nebo které mají omezený prostor pro

provoz a umístění infrastruktury, například jako letiště, které jsou umístěny v horkých oblastech. Na takových letištích je omezený prostor pro stavbu a rozložení vzletových a přistávacích drah, terminálů, hangárů a dalších potřebných zařízení, tím pádem MLS je důležitým prvkem na letišti.

Určitě jak všechny systémy MLS může být nefunkční nebo mít omezenou činnost. V tomto případě existuje několik způsobů, jak tomu předejit:

- Instrument Landing Systém: V případě, kdy je MLS nefunkční nebo nedostupné na letišti, lze jako alternativu využít ILS. Pokud je letiště vybaveno ILS, může být použito jako alternativa k MLS. ILS poskytuje podobné informace o směru, výšce a přesnosti při přistání a jeho systém řízení letadla při přistání je podobný. Nicméně je třeba poznamenat, že ne všechna letiště jsou vybavena ILS. V takovém případě by se piloti museli spoléhat na jiné alternativní navigační systémy, například RNAV nebo GNSS, pokud jsou k dispozici.
- Area Navigation: RNAV využívá satelitní navigace, jako je GPS, aby piloti dostali přesné informace o jejich poloze, směru a rychlosti. Pomocí RNAV lze sledovat trasu a přesné souřadnice, aby dosáhli svého cíle. RNAV může být využito místo nefunkčního MLS nebo jestli není dostupné na letišti. Tento systém umožňuje pilotům flexibilitu v plánování letových tras a poskytuje jim přesné navigační informace na základě určených bodů v prostoru.
- Global Navigation Satellite: GNSS umožňuje pilotům sledovat jejich přesnou polohu, plánovat trasy letu a navigovat podle přesných souřadnic, poskytuje pilotům spolehlivé informace o směru, rychlosti a výšce letadla, tak proto může být využito, jako alternativa MLS. GNSS může mít omezení v některých oblastech, zejména v blízkosti vysokých staveb, hor nebo ve zhoršených povětrnostních podmínkách. Piloti by měli mít dostatečné povědomí o ních a případně využít i další dostupné navigační systémy, jako je ILS nebo RNAV.

Před každým letem je důležité, aby piloti měli přístup k aktuálním informacím o dostupnosti navigačních systémů na daném letišti a byli schopni se přizpůsobit situaci a použít nejvhodnější alternativní navigační postupy.

4.3 Automatic Landing System (ALS)

Automatický systém přistávání je systém, který umožňuje automatické řízení letadla při přistání. Pro sledování polohy, rychlosti a další důležité parametry se využívá různé senzory a systémy na palubě letadla. Mezi hlavní senzory a systémy využívané ALS patří inerciální měřicí jednotka (IMU), radiolokátor, radiový výškoměr (RA), globální navigační satelitní systémy (GNSS), digitální výškoměr, datové linky a řídící software.

IMU je senzorový systém, který slouží k měření zrychlení, úhlové rychlosti a úhlové orientace letadla. Tyto údaje jsou zásadní pro sledování polohy a pohybu letadla během přistání. Radiolokátor vysílá rádiové signály a analyzuje jejich odrazy od terénu a překážek, což umožňuje získat informace o vzdálenosti, výšce a poloze letadla vzhledem k okolnímu prostředí. Radiový výškoměr měří výšku letadla nad terénem na základě vysílaných a přijatých rádiových signálů. GNSS, jako je GPS, se využívá k určení polohy letadla pomocí signálů ze satelitů. Digitální výškoměr měří atmosférický tlak a na základě toho určuje výšku letadla nad referenčním bodem. Výměnu informací a příkazů mezi řídícím střediskem a letadlem poskytují datové linky, které jsou propojeny s pozemními systémy. To umožňuje přenos potřebných údajů pro správné provedení přistání, ale analyzují ta data ze senzorů a provádějí výpočty i rozhodnutí již řídící software.

Na základě poskytnutých informací ALS upravuje řízení letadla, tím pádem provádí potřebné korekce s cílem dosáhnout optimální trajektorie pro bezpečné přistání. Tento proces zahrnuje v sobě navigaci letadla na správnou dráhu, udržování požadovaného sklonu a rychlosti až do okamžiku doteku s povrchem.

ALS představuje významný technologický pokrok v oblasti leteckého pristání, jelikož výrazně zvyšuje přesnost a bezpečnost tohoto procesu. Systém je schopen zvládat různé povětrnostní podmínky a pracovat i při omezené viditelnosti, což zahrnuje i situace s nízkou viditelností, jako je například mlha. V některých situacích je použití ALS vyžadováno pro bezpečné přistání na letištích s specifickými podmínkami, včetně kratších přistávacích drah nebo obtížného terénu.

Automatický systém přistávání je nezbytný na různých letištích po celém světě, která se potýkají s náročnými povětrnostními podmínkami, krátkými přistávacími drahami, častými mlhami a pro letadla, která jsou certifikována pro provádění automatických přistání.

Letiště s významnými povětrnostními podmínkami, oblasti s horskými masivy s častými turbulencemi a místnosti s extrémně chladným podnebím, jako je Arktida nebo Antarktida, kde ALS je klíčový pro navigaci letadel přes ledové kry a zajištění bezpečného přistání za extrémních klimatických podmínek, vyžadují využití ALS pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozu letadel i za obtížných atmosférických podmínek.

V případech, kde jsou mlhy častými jevy na letištích, tak je ALS nezbytný pro řízení letadel pomocí poskytování přesných navigačních informací, které snižují riziko kolizí a nehod.

Dalším aspektem, kdy je ALS vyžadován, je u specifických typu letadel, která mají certifikaci a schopnost provádět přistání s využitím automatického systému přistávání (ALS) bez zásahu pilota. Tato certifikace umožňuje letadlům provádět přistání s využitím ALS na různých letištích, kde je tento systém dostupný.

Použití ALS umožňuje letadlům přesné řízení a zkracuje potřebnou délku přistání, což zlepšuje provoz na těchto letištích. Přináší výhody z hlediska efektivity a bezpečnosti letů.

Systém snižuje zátěž na pilota, zlepšuje přesnost přistání a umožňuje provádění přistání i v obtížných podmínkách. Přesto je vždy důležité, aby pilot měl plnou kontrolu nad letadlem a byl schopen převzít řízení v případě potřeby. ALS je klíčovým prvkem pro zajištění bezpečnosti a efektivity přistání za různých podmínek, a jeho nefunkčnost může představovat vážné důsledky pro provoz letadel a letišť.

V případě, že je ALS neopravitelně nefunkční, letiště může být nuceno omezit nebo dokonce pozastavit provoz, zejména ALS je nezbytný pro zvládání obtížných povětrnostních podmínek. Toto může mít vliv i na leteckou dopravu, cestující a letecké společnosti, které se mohou potýkat se zpožděními a dalšími nepříjemnostmi, může to zvýšit riziko chyb v řízení a snížit přesnost přistání. Piloti se musí spoléhat na alternativní metody přistání, což vyžaduje vyšší úroveň dovedností a schopností, provést přesné a bezpečné přistání pomocí tradičních navigačních prostředků a vyšší míru pozornosti. Může zahrnovat použití jiných navigačních systémů, zvýšenou pozornost pilotů, ruční řízení nebo využití jiných letišť s funkčním ALS. Tyto alternativní metody mohou vyžadovat dodatečné školení posádek a dodržování přísných postupů a předpisů.

Pilot se spoléhá na vnější vizuální reference, jako jsou charakteristiky terénu, vzletová a přistávací dráha a okolní překážky, aby určil správný přístupový úhel a rychlost pro přistání. Pro vizuální přístup je nezbytná dobrá viditelnost a znalost postupu přistání na konkrétním letišti. Pokud nefunguje ALS, existují alternativní nástroje a navigační systémy, které umožňují pilotovi řídit letadlo s vyšší přesností, než by bylo možné pouze s vizuální orientací. Mezi tyto nástroje patří instrumentální přístupy, jako je ILS, systém pro přistání pomocí radiových majáků nebo systém pro přistání s globálním družicovým polohováním (GNSS).

Stoupající přiblížení je používáno v situacích, kdy není možné provést standardní přiblížení na přistávací dráhu a pilot musí udělat okružní manévr kolem letiště a poté provést vizuální přistání na jiné dráze. Pro úspěšné provedení této metody je nezbytný speciální trénink a znalost okolního terénu. Přistání podle referenčních bodů znamená, že pilot využívá viditelných bodů nebo předem známých referenčních bodů na zemi k řízení přistání. To může zahrnovat kontrolu výšky a rychlosti vzhledem k terénu nebo význačným bodům na letišti. Klíčové je, aby pilot byl předem školen v těchto alternativních metodách a dobře seznámen s postupy pro bezpečné přistání za různých podmínek.

5. Seznam minimálního vybavení (Minimum Equipment List)

5.1 Co je MEL?

Minimální seznam vybavení (MEL) je klíčový dokument v letectví, který stanovuje nezbytné vybavení a systémy, které musí být na palubě letadla, aby byl zajištěn bezpečný a legální provoz během letu nebo operačního letového provozu. Každý typ nebo model letadla má svůj vlastní individuálně vytvořený MEL, který je schválen regulačními orgány jako součást certifikace letadla.

Hlavním cílem MEL je zajistit bezpečnost letu. Toho dosahuje tím, že určuje kritické vybavení, které musí být funkční během letu, a umožňuje provozovatelům letadel provozovat letadlo s omezeními a podmínkami, pokud jsou některé nekritické systémy dočasně nefunkční. To poskytuje flexibilitu v případě, že je potřeba provést opravy nebo náhrady vybavení, a zároveň zajistit soulad s leteckými předpisy.

5.2 Využití MEL

Pro piloty je MEL klíčovým nástrojem pro zjištění, zda je letadlo schopné letět, i když některá vybavení nejsou k dispozici nebo jsou nefunkční. Piloti se na MEL spoléhají při rozhodování o bezpečnosti letu a zajištění provozu v souladu s předpisy. MEL tak slouží k minimalizaci rizik a zajišťuje dodržování zákonů a normativních předpisů.

Dalším důležitým prvkem MEL je plánování oprav a údržby. Dispečeři mohou v souladu s MEL plánovat potřebné opravy nebo náhrady vybavení tak, aby se minimalizovaly vlivy na provoz letadel a nákladová efektivita. Plánování oprav a údržby je klíčovým aspektem leteckého provozu, který vyžaduje pečlivou analýzu a předvídání potřebných zásahů do letadla. To zahrnuje plánovanou údržbu podle výrobců letadel a povinné inspekce stanovené leteckými regulačními orgány. Význam plánování oprav a údržby podle MEL spočívá také v dodržování bezpečnostních standardů a regulací leteckých orgánů, což je klíčovým aspektem v leteckém průmyslu. Správně plánovaná údržba a opravy pomáhají zajišťovat, že letadla zůstávají ve vhodném a bezpečném stavu, což má v konečném důsledku pozitivní vliv na celkovou bezpečnost leteckého provozu.

6. Evropský vzdušný prostor a specifika používaných systémů

Evropský vzdušný prostor patří mezi nejfrekventovanějšími a nejsložitějšími vzdušnými prostory na světě. Je složen z mnoha států a organizace, která dohlíží na evropský vzdušný prostor, je Evropská agentura pro bezpečnost letectví, ona v podstatě i vydává normy a směrnice. SES byl zahájen k zvýšení kapacity evropského vzdušného prostoru, snížení nákladů, minimalizaci zpoždění a omezení negativních dopadů leteckého provozu na životní prostředí. Problém spočívá v tom, že prostor je rozdělen do mnoha národních částí, což může vést ke zbytečným okružním trasám a zpožděním, ale pomocí Jednotného evropského nebe je propojit tyto bloky a vytvořit jednotný vzdušný prostor, což by zlepšilo efektivitu letového provozu a snížilo náklady.

Pri plánování letu do Evropy je důležité mít k dispozici určité systémy a vybavení, aby bylo možné splnit požadavky evropského vzdušného prostoru a zabezpečit efektivitu letu. V tomto prostoru je nezbytné mít několik systémů.

Existuje systémové a technické požadavky, aby letadla mohla legálně a bezpečně létat do evropského vzdušného prostoru. Jsou stanoveny leteckými předpisy a normami EASA i ICAO.

6.1 VHF

Hlavním aspektem komunikačních systémů pro lety v evropském vzdušném prostoru je systém VHF, který je klíčovým prvkem pro bezpečný provoz letadel, umožňující komunikaci mezi letadly a kontrolními věžemi. Bez funkčního VHF může letadlo ztratit sdělovaní informaci s kontrolní věží a dalšími letadly v okolí. To by vedlo k narušení leteckého provozu a zvýšení rizika kolizí, aby se to nestalo, dispečeři by měli mít určité postupy a oznámení, které jsou uvedeny dal:

1. Nejdřív by měli dispečeři ověřit, zda jsou k dispozici alternativní komunikační frekvence, které letadlo může použít. V různých oblastech existují další rádiové frekvence, které mohou být používány pro komunikaci, a dispečeři by měli být seznámeni s těmito alternativami.
2. V jiném případě, když není k dispozici radiová komunikace, mohou se využít alternativní prostředky, jako jsou satelitní systémy nebo datalinkové služby, které přenáší data mezi letadlem a kontrolními centry.
3. Plánovat trasu letu tak, aby letouny mohly vyhnout se oblasti, kde nefunguje VHF. Trasa letu by měla být změněna nebo měla by být zvolena jiná letiště, která jsou mimo tuto oblast.
4. Poskytnout včasnou informaci posádce o tom, jak se zachovat v takové situaci a jaké opatření podniknout. Je jedním z důležitějších kroků, kterým by nesměli vyhnout dispečeři při plánování letu.

Profesionalita a analýza situace je nezbytná pro dispečery, aby mohli zajistit maximální bezpečnost letového provozu a minimalizovat rizika.

6.2 CPDLC

V Evropě je CPDLC povinné pro lety na vyšších úrovních nad 28500 stop, což je přibližně 9 kilometrů. Jedná se o současný bezdrátový datalinkový systém, který umožňuje digitální komunikaci mezi piloty a leteckými řídícími centry. Nefunkčnost CPDLC může být způsobena různými faktory, jako jsou technické problémy s datalinkovým zařízením na palubě letadla nebo infrastrukturou v kontrolním centru letového provozu. Pokud není CPDLC k dispozici, piloti a dispečeři musí spoléhat na tradiční hlasovou komunikaci, což může být obtížnější a méně účinné, zejména v případě velkého provozu vzdušného prostoru.

Nedostupnost CPDLC může mít dopad na trasování letů, protože některé trasy jsou plánovány s ohledem na využití datalinkové komunikace, jinak budou nutné úpravy trasy nebo volba alternativních tras, aby byla zajištěna bezpečnost a efektivnost letu. Kromě toho může nedostupnost CPDLC ovlivnit i celkovou efektivitu letového provozu, protože datalinková komunikace umožňuje rychlé a automatické výměny informací mezi letadly a kontrolními centry. Pokud je CPDLC nedostupné, může dojít k zvýšenému zatížení hlasové komunikace, což může snížit efektivitu a reakční dobu.

6.3 TCAS

Technologie, která se používá v letecké dopravě ke zvýšení bezpečnosti. Je systém pro detekci a prevenci kolizí mezi letadly ve vzduchu, což hlavním cílem systému je minimalizovat riziko srážky a zvýšit bezpečnost letového provozu. TCAS je standardizovaný a uznávaný systém, který je používán po celém světě, nejen v Evropě.

Pokud nastane situace, kdy není funkční TCAS, jedná se o vážný problém, který může ohrozit bezpečnost leteckého provozu. V takovém případě by piloti museli spoléhat na jiné prostředky a postupy pro zachování bezpečnosti letu. Je však důležité zdůraznit, že bezpečnost je v leteckém provozu vždy prioritou, a proto jsou na tyto situace připraveny striktní postupy a plány nouzových opatření. Při plánování letu dispečeři by měli sledovat tomuto postupu:

1. Dispečeři musí okamžitě dát vědět posádce, že TCAS nemůže být použit a že není funkční, tím pádem poskytnout celou informaci o této situace.
2. Poslat zprávu o nefunkčním TCAS do ŘLP a žádat o jejich spolupráci při monitorování a sledování letových tras ostatních letadel v okolí. Vzhledem k chybějícímu TCAS je nezbytně nutné provádět důkladné sledování ostatních letadel na radaru a používat veškeré dostupné informace o letech v okolí.

3. Pokud je to bezpečné a proveditelné, dispečeři mohou provést aktualizaci letového plánu a zvážit jinou trasu, která minimalizuje pravděpodobnost setkání s ostatními letadly. Tato korekce trasy může být provedena s cílem zajistit dodatečnou bezpečnost a vyhnutí se oblastem s vysokou koncentrací provozu letadel, ale i z důrazem na různé faktory, jako jsou meteorologické podmínky, aktuální dopravní situace, dostupnost alternativních leteckých tras a technické možnosti letadla.
4. Také by měli být připravení dispečeři na vracení na letiště nebo přistání by měli mít připravený záložní plán, který umožní letadlu bezpečně se vrátit na letiště nebo přistát na jiném vhodném letišti v případě, že tahle situace se nastala během letu.
5. Aktivní kontakt s ŘLP i posádkou je důležitým aspektem, aby informace byla vždy aktuální a navzájem koordinovali své kroky pro minimalizaci rizika srážky.

Důkladná analýza a komunikace mezi dispečery a posádkou jsou klíčové pro bezpečné provedení změn v letovém plánu a minimalizaci potenciálních rizik, zejména v neobvyklých situacích.

7. Severoamerický vzdušný prostor a specifika používaných systémů

FAA založeny v roce 1958 je americkým federálním úřadem, který zodpovídá za dohled a regulaci civilního letectví ve Spojených státech. Zajištění bezpečnosti stále zůstává jedním z hlavních aspektu letectví, také stanovovat předpisy a směrnice, které se týkají plánování letu, navigace, komunikace je cílem FAA. Minimalizace konfliktů mezi letadly a optimalizace využití vzdušného prostoru probíhá pomocí spolupráci leteckých společností a řídících orgánech letišť.

Dalším důležitým úkolem FAA je dohled nad vzdušným prostorem a stanovování pravidel pro řízení leteckého provozu ve všech vrstvách vzdušného prostoru. To zajišťuje, že lety jsou prováděny s dostatečným odstupem mezi letadly, což snižuje riziko kolizí.

7.1 ILS

Povolené minimální hodnoty ILS při kterých musí být všechny potřebné součásti na zemi a ve vzduchu funkční, jsou následující:

- Kategorie I: Výška rozhodnutí (DH) by měla být 200 stop a viditelnost na přistávací dráze (RVR) 2 400 stop, s osvětlením zóny přistání nebo s autopilotem si může nabývat RVR 1 800 stop (2)
- Kategorie II. DH je 100 stop a RVR 1 200 stop (s automatickým přistáním nebo s použitím systému HUD k přistání RVR 1 000 stop) (2)
- Kategorie IIIa. Minimální výška rozhodnutí (DH) je menší než 100 stop a vzdálenost viditelnosti na dráze (RVR) kolem nebo dál než 700 stop. (2)
- Kategorie IIIb. Minimální výška rozhodnutí (DH) je menší než 50 stop a vzdálenost viditelnosti na dráze (RVR) menší než 700 stop, ale ne menší než 150 stop (2)
- Kategorie IIIc. Žádná minimální výška rozhodnutí (DH) a žádné omezení vzdálenosti viditelnosti na dráze (RVR). (2)

ILS se skládá z dvou hlavních komponent: lokátoru a sestupového majáku. Lokátor zajištuje horizontální vedení pro přiblížení k ranveji. Pokud se stane, že toto zařízení ILS nebude fungovat z jakékoliv důvodů, znamená to, že pilot nedostává přesné informace o horizontálním vedení pro provedení přesného přistání. V tomto případě piloti musejí použít jiné navigační prostředky. Sestupový maják je druhou částí ILS, která poskytuje vertikální vedení pro správné snižování letadla podle přesně daného skluzového úhlu, ale když je sestupový maják nefunkční, pilot ztrácí tuto možnost vedení pro přesné snižování. Při takové situaci ILS přepíná na nepřesné přiblížení, při kterém se používá pouze lokátor.

Provozní kroky pro dispečery by měly být následující:

1. Aktivní komunikace s posádkami letadel a informování o nefunkčním ILS na cílovém letišti. Posádky musí být včas upozorněny, aby se mohly připravit na přistání s ohledem na nedostupnost ILS.
2. Využit alternativní navigační systémy, jako je RNAV, GPS nebo VOR, pro plánování trasy a přiblížení k cílovému letišti.
3. Informovat o stavu ILS letištní orgány, včetně letové kontroly, věže a letištních dispečerů.
4. Sledovat meteorologické podmínky na cílovém letišti a zohledňovat je při rozhodování o možnosti přistání bez funkčního ILS.
5. Reagovat na aktuální podmínky a požadavky, a podle toho přijímat opatření.

7.2 TCAS

TCAS je povinný na všech komerčních letadlech, která létají ve vzdušném prostoru Spojených států. Funguje tak, že sleduje ostatní letadla v okolí a pokud je pravděpodobnost kolize vysoká, vydá varování pilotům. Varování může být zvukové nebo obrazové a může obsahovat také doporučení, jak se vyhnout kolizi. TCAS je velmi účinný systém a pomohl snížit počet leteckých nehod.

1. Informovat posádku, že není k dispozici obvyklá ochrana před kolizemi a že budou muset přijmout dodatečná opatření pro bezpečný let.
2. Pečlivě sledovat všechny ostatní lety v oblasti, ve které se letadlo nachází pomocí radaru a dalších dostupných prostředků, aby minimalizoval riziko kolizí.
3. Spolupracovat s posádkou letadla a poskytuje jim alternativní letové trasy nebo změnu letové hladiny.
4. Komunikovat s ostatními lety v oblasti o nedostupnosti TCAS u daného letadla. To umožní ostatním letům zvýšit pozornost a být ostražití.
5. ATC bude sledovat všechny lety v oblasti a koordinovat.
6. Pokud by se vyskytla nouzová situace, tak by se měla okamžitě upozornit posádka letadla na nebezpečí a poskytli pokyny pro bezpečnou akci.
7. Monitorovat situaci, i v případě, že let probíhá bez incidentů. Bude dbát na to, aby všechny lety byly dostatečně odděleny.
8. Zaznamenávat veškeré události, komunikaci a opatření, která byla přijata v souvislosti s nedostupností TCAS u daného letadla. Tato dokumentace je důležitá pro další vyhodnocení a sledování bezpečnostních procedur.

8. Vzdušný prostor Severného Atlantiku a specifika používaných systémů

Vzdušný prostor ve vysokých hladinách nad Atlantikem, známý jako NAT HLA, je klíčovou leteckou trasou pro mezikontinentální lety mezi Severní Amerikou a Západní Evropou, kde letadla překonávají velkou vzdálenost nad oceánem a také se pohybují na velmi vysokých letových hladinách. Výškové rozpětí je od zhruba 29 000 stop (cca 8 800 metrů) do přibližně 41 000 stop (cca 12 500 metrů) nad úrovní moře. (1)

NATS je síť vzdušných koridorů, které vedou přes Severní Atlantik a spojují letiště v Severní Americe a Západní Evropě. V závislosti na meteorologických podmínkách, proudu vzduchu a aktuálního leteckého provozu se aktualizují ty tratě. Díky tomu se zvyšuje efektivita letu a tím pádem snižuje spotřebu paliva.

Důležitým faktorem je komunikace při letu přes Atlantik, aby všichni byli mezi sebou v kontaktu a dodržovali pravidla pro zachování bezpečnosti. Existují specifická pravidla pro vzájemnou výměnu dat mezi letadly v oblasti NAT, jako například dodržování pravidelného vysílání informací o poloze a dalších údajů. Pomocí moderních komunikačních systémů, jako jsou CPDLC, FANS a ADS-C, probíhá rychlý a spolehlivý přenos dat, tak proto zúčastněné strany jsou informované o aktuální situaci.

8.1 CPDLC

CPDLC je povinným systémem pro letadla, která plánují letět do NAT. Tato technologie umožňuje přenos dat mezi dispečery a piloty, také je nezbytným prvkem pro zajištění efektivního a bezpečného provozu v této oblasti. Z tohoto důvodu jeho použití je stanoveno jako povinné a letadla, která nemají funkční CPDLC, nebudou oprávněna vstoupit do oblasti NAT.

8.2 ADS-B

Automatickým systémem sledování letadel, který poskytuje informace o poloze a dalších údajích o letadle je ADS-B. Pro lety v oblasti NAT je požadováno, aby všechny letouny byly vybaveny funkčním zařízením ADS-B Out. Důležitým je dodržovat a kontrolovat příslušná pravidla a postupy oblasti NAT, kterými letadlo prolétá, aby byly splněny požadavky týkající se ADS-B. Tato pravidla byla zavedena za účelem zajištění bezpečnosti a efektivity leteckého provozu v této frekventované oblasti.

Během plánování letu do oblasti NAT může se stát, že systém ADS-B bude nefunkční. V takovém případě je možné tento systém nahradit funkčním transpondérem s aktivní funkcí ADS-B Out, ale to by šlo, pokud alespoň jedno ze zařízení ADS-B funguje, zajistí nepřetržité

sledování polohy ve čtyřech dimenzích s intervaly každých 15 minut. To je důležitý aspekt pro bezpečný provoz v oblasti NAT.

Ale, v případě, že obě zařízení ADS-B Out i ADS-B In nefungují, musí letadlo splnit požadavky na sledování alternativními způsoby. Jedním takovým způsobem bude použití zpráv ACARS Když na ovládacím panelu CDU zobrazí zprávu "VHF NO COMM", znamená to, že nemáte signál na VHF frekvenci, a v takovém případě být může užitečné použít hlasovou komunikaci přes HF. Tyto opatření a postupy by měly být dodržovány a respektovány piloty a provozovateli letadel, které prolétají touto oblastí.

8.3 TCAS

TCAS je zásadním prvkem pro zabránění srážek ve vzduchu, a jeho použití je silně doporučováno pro zajištění bezpečnosti letu, zejména v oblastech s vysokou koncentrací letového provozu, jako je severní Atlantik. Dodržováním všech předepsaných pravidel a používáním moderních a funkčních bezpečnostních systémů, jako je TCAS, by bylo nejlepší pro lety v oblasti severního Atlantiku a minimalizovalo by to riziko kolize s jinými letadly. Pokud by letadlo nemělo funkční TCAS, mohlo by to zvýšit pravděpodobnost srážky s jinými letadly, což je velmi nežádoucí.

V tomto případě by se měli sledovat následujícími kroky:

1. Zaprvé by provozovatele měli okamžitě informovat leteckou společnost o zjištěné chybě v TCAS. Společnost bude mít postupy pro řešení takových situací a mohou poskytnout potřebnou podporu.
2. Společnost by měla zahájit okamžité technické kontroly a opravy systému TCAS. Odborníci by měli identifikovat příčinu problému a zajistit, že je systém správně opraven a funkční.
3. Pokud oprava TCAS nebude možná před odletem, musí být nalezena alternativní opatření pro zachování bezpečnosti letu. To může zahrnovat změny v trase letu, komunikaci s jinými letadly a použití jiných bezpečnostních systémů, pokud jsou k dispozici. Použití dalších informačních zdrojů, jako jsou radarové systémy na pozemních stanicích nebo ADS-B od jiných letadel, může poskytnout posádce lepší povědomí o okolním provozu.
4. Všechny kroky a opatření by měly být řádně zdokumentovány pro účely sledování události a následného vyhodnocení. Záznamy by měly obsahovat detailní informace o:
    - Datumu a čase, kdy byla zjištěna nefunkčnost TCAS.
    - Popisu problému a jeho závažnosti.

- Všech krocích, které byly podniknuty, včetně komunikace s leteckou společností, letovým dispečinkem, úřady a techniky.
- Výsledcích technické kontroly a opravě, pokud byla provedena.
- Popisu jakýchkoli alternativních opatření, která byla přijata.
- Výsledcích a hodnocení situace po provedených opatřeních.

Bezpečnost v leteckém průmyslu je vždy prioritou a pokud není funkční TCAS, je důležité řádně a s maximálním důrazem zvládnout situaci tak, aby se minimalizovalo riziko kolize a zachoval bezpečný let.

9. Vzdušný prostor Mexika a specifika používaných systémů

Oblast, která se nachází nad územím Mexika a jeho teritoriálními vodami, se nazývá vzdušný prostor Mexika. Správa tohoto prostoru a vydávání leteckých povolení v Mexiku spadá pod oblast civilního letectví a zodpovídá za to "Dirección General de Aeronáutica Civil" (DGAC), což je civilní letectví v Mexiku. Různé letiště, vzletové a přistávací dráhy, vzdušné koridory a jiné letecké prostředky lze nalézt v oblastích Mexika, které jsou pečlivě kontrolovány a sledovány, aby se zajistila bezpečnost a efektivita leteckého provozu. Pravidla a postupy stanovené mexickou civilní leteckou správou se musejí být dodržovaná všemi, kdo provádí lety v mexickém vzdušném prostoru.

9.1 TCAS

Mexické civilní letectví (DGAC - Dirección General de Aeronáutica Civil) reguluje provoz letadel v souladu s mezinárodními normami a směrnicemi ICAO. Pro bezpečné a legální operace v mexickém vzdušném prostoru je nutné, aby letadla byla vybavena klíčovými systémy, jako je například TCAS, ale jen pro ta letadla, která má kapacitu větší než 19 cestujících nebo s maximální vzletovou hmotností vyšší než přibližně 6 800 kilogramů.

Pokud se stane, že na letadle chybí systém TCAS, je důležité přijmout určité kroky, aby byla stále zajištěna co nejvyšší bezpečnost letu.

1. Zaprvé v této situaci dispečer musí okamžitě informovat posádku letadla a ostatní letové kontrolory nebo letecké úřady.
2. Pak by se měla prozkoumat plánovaná trasa letu a identifikovat oblast, kde je zvýšeny provoz letadel nebo očekáváné blízké setkání s jinými letadly, tím pádem bude určeny potenciálně rizikové oblasti a segmenty s vyšším provozem.
3. Úprava trasy letu je společnou snahou dispečera a posádky letadla směřující k minimalizaci možných konfliktů s ostatními letadly a zvýšení bezpečnosti letu. Tato spolupráce může zahrnovat změny letové úrovně, aby se dosáhlo co nejlepšího výsledku.

Alternativní trasy pro letadlo s nefunkčním TCASem nad Mexikem budou záviset na konkrétní situaci, meteorologických podmínkách a provozu ve vzdušném prostoru.

9.2 GPS

GPS je globální navigační družicový systém, který se skládá z 31 aktivních satelitů, které obíhají Zemi ve výšce 20 200 km, tím pádem poskytuje přesné polohové informace letadlům. Tato informace se využívá nejen pro vypočet své polohy, ale je také i rychlosti a směru. V některých částech Mexika je pokrytí GPS slabší než v jiných částech světa, kvůli tomu, že satelity mohou být neviditelné z Mexika. Letadlo musí vidět nejméně čtyři satelity, aby mohlo používat GPS. Pro použití GPS musí letadlo zůstat ve výšce nejméně 1000 stop. Používání

GPS v blízkosti vojenských zařízení je zakázáno, aby se předešlo možným interferencím s radary.

9.3 ILS

Systém ILS se využívá tehdy, když jsou špatné povětrnostní podmínky a je potřeba přistat na letišti. Ze dvou součástek se skládá ITS, což znamená, že jedna z nich je přímo v letadle a druhá je na zemi, jako vysilač. Viditelnost by měla být 200 stop a 1/2 míle a výška 200 stop nad vrcholem přistávací dráhy.

Tento systém hodně závislý na anténách LLZ i GS, přijímačích, zemní infrastrukturu, také může ještě i na počasí, z toho vyplývá, že nefunkční ILS může mít různé příčiny, včetně technických problémů, plánované údržby, poruchy signálu, nepříznivých povětrnostních podmínek, kalibrace nebo modernizace zařízení. Jaký by měl být postup dispečerů, jestli ILS selhalo:

1. Dispečeři se okamžitě spojí s posádkou letadla a informují je o nedostupnosti ILS na cílovém letišti. Posádka musí být plně informována o situaci a spolupracovat s dispečery při hledání alternativních řešení.
2. Dispečeři musí pravidelně sledovat aktuální počasí na cílovém letišti v Mexiku a všech alternativních letištích v okolí. Počasí může ovlivnit rozhodnutí o volbě alternativního letiště.
3. Dispečeři identifikují blízká letiště, která jsou vybavena funkčním ILS a jsou vhodná pro nouzové přistání. V závislosti na palivu letadla a aktuálním stavu posádky se vybere nejlepší alternativa.
4. Dispečeři společně s posádkou provádějí výpočty paliva a zajišťují, aby letadlo mělo dostatečnou zásobu paliva pro přistání na alternativním letišti a následný let do Mexika nebo případně návrat na jiné vhodné letiště v blízkosti.
5. Na základě dostupných navigačních pomůcek a systémů pro letové řízení (např. GPS, VOR, NDB) dispečeři společně s posádkou vypracovávají novou letovou trasu do Mexika přes vybrané alternativní letiště.
6. Dispečeři pravidelně monitorují průběh letu a poskytují posádce aktuální informace o situaci na alternativním letišti a v okolí.
7. Pokud by se během letu objevily nějaké problémy nebo by situace vyžadovala nouzové přistání na alternativním letišti, dispečeři spolu s posádkou plánují a koordinují návrat na bezpečné místo.
8. Dispečeři také zajišťují komunikaci s pozemními službami na alternativních letištích, aby bylo zajištěno bezpečné přistání a poskytnutí nezbytné pomoci.

Je důležité, aby dispečeři a posádka spolupracovali, sledovali aktuální situaci a podnikali vhodná opatření pro zajištění bezpečného a hladkého letu do Mexika, i když není k dispozici ILS.

9.4 GPWS

GPWS je varovací systém přiblížení k zemi,který se skládá z radaru a počítače. Radar na letadle zaznamenává terén pod ním a počítač vypočítává vzdálenost mezi letadlem a povrchem země. Pokud se letadlo příliš přiblíží ke zemi, systém vydá varování.

V Mexiku je GPWS povinný na všech letadlech, která jsou schopna létat ve výšce nad 20 000 stop, to znamená, že jestli tento systém nebude fungovat tak letadlo nesmí letět vyšší než 20 000 stop. Systém GPWS je důležitým bezpečnostním zařízením a jeho nefunkčnost může zvýšit riziko kolize s terénem nebo překážkami. Je důležité, aby letadla byla udržována v dobrém stavu a aby systém GPWS byl vždy funkční. Pokyny, které by měli splnit dispečeři následující:

1. Zkontrolovat a zajistit, že jsou ostatní bezpečnostní systémy letadla plně funkční a schopné poskytnout adekvátní ochranu, zejména EGPWS nebo TAWS, které by mohly nahradit nefunkční GPWS. TAWS je sofistikovaným systémem, který kombinuje terénní data s navigačními informacemi a poskytuje pokročilá varování a rady posádce během letu poblíž terénu.
2. Vybrat trasu, která minimalizuje riziko kolize s terénem, ale před tím důkladně posoudit letovou trasu a prozkoumat riziková místa, jako jsou hory, vysoké budovy nebo další překážky.
3. Zajišťovat, aby posádka byla řádně informována o nefunkčním GPWS nebo případně jí o tom informovat.
4. Důležitým krokem je také i komunikace s letišti. Letiště v Mexiku by mělo být upozorněno o stavu nefunkčního GPWS až před letem, aby pak mohli poskytnout další podporu a návod posádce při přibližování a přistávání.
5. Během celého letu musí dispečeři a posádka udržovat zvýšenou pozornost a pečlivě sledovat situaci, zejména při přibližování k cílovému letišti.

Plně hrazení GPWS nemůže být, i přes to, že tyto systémy mohou přispět k zvýšení bezpečnosti letu. GPWS je stále považován za klíčový prvek pro včasné varování před blížícím se terénním nebezpečím a jeho důležitost by neměla být podceňována.

10. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo prozkoumat různé systémy letadel a jejich provozní specifiku. Práce se zaměřila na analýzu a podrobný popis funkčních charakteristik těchto systémů a jejich roli v zajištění bezpečnosti a efektivity leteckých provozů. Pečlivá analýza technických aspektů každého systému poskytla komplexní představu o jejich fungování a vzájemných vztazích.

V průběhu výzkumu vzdušných prostorů různých regionů byly zjištěny specifiky každého prostoru, která ovlivňují provozní parametry letadel. Získané výsledky umožňují tvrdit, že znalost těchto specifik je nezbytná pro úspěšné plánování a provádění letů v různých regionech.

Jedním z hlavních závěrů práce je vypracovaný plán postupu pro dispečery v případě poruch nebo selhání systémů letadel. Tento plán zahrnuje konkrétní postupy a doporučení pro účinnou reakci na různé situace a minimalizaci rizika pro posádku a cestující. Bezpečnost a spolehlivost leteckých operací jsou klíčovými faktory, které je třeba zohlednit při navrhování takových plánů.

Získané výsledky práce mohou být užitečné pro letecké společnosti, výrobce systémů letadel a regulační orgány, aby zlepšily navrhování, provoz a kontrolu leteckých přeprav. Realizace doporučení, které jsou prezentovány v této práci, může vést ke zvýšení bezpečnosti a efektivity leteckých operací.

Je důležité zdůraznit, že letecký průmysl je dynamický, proto je třeba každý systém pravidelně aktualizovat a přizpůsobit nejnovějším technologickým a bezpečnostním standardům. Dodatečná výzkumná práce v této oblasti může rozšířit znalosti o systémech letadel a jejich provozu, což přispívá ke zvýšení úrovně bezpečnosti a efektivity leteckých přeprav.

Celkově je studium systémů letadel a jejich provozních specifik klíčový pro další rozvoj leteckého průmyslu a zajištění bezpečnosti a bezproblémového provozu leteckých přeprav po celém světě. Doufejme, že výsledky této práce přispívají k pokroku vědy a techniky v oblasti letectví a otevírají nové možnosti pro další výzkum a inovace.

11. Literatura a použité zdroje

1. ICAO. North Atlantic Operations and Airspace Manual. France : International Civil Aviation Organization (ICAO), 2022. Do

2. Smartwings, a.s. Minimum Equipment List | B737NG. 12.5.2023. TVS-MN-10_NG.

3. Nařízení komise (EU) č. 965/2012 ze dne 5. října 2012, kterým se stanoví technické požadavky a správní postupy týkající se letového provozu podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008. [online]: Úřední věstník Evropské unie, 25.10.2012. L 296/1. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0965&from=HR

4. Pruša, Jiří. Svět letecké dopravy: II. rozšířené vydání, 2015. ISBN 978-80-2608309-2.

5. Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual. Montreal : ICAO, 2012. Dostupné z: https://www.icao.int/meetings/anconf12/documents/doc.%209849.pdf

6. Traffic collision avoidance system. Wikipedia. [Online] https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_collision_avoidance_system.

7. Area Navigation Systems. SKYbrary. [Online] https://skybrary.aero/articles/area-navigation-systems.

8. Rapant, P. Družicové polohové systémy. Ostrava [online] :, 2002. ISBN 80-248-0124-8. . Dostupné z: https://web.archive.org/web/20121113151008/http://gis.vsb.cz/dokumenty/dns-gps/view

9. ICAO. Doc 9613, Performance-based Navigation (PBN) Manual. [online] Montréal : autor neznámý, 2008. ISBN 978-92-9231-198-8. Dostupné z: https://www.icao.int/sam/documents/2009/samig3/pbn%20manual%20-%20doc%209613%20final%205%2010%2008%20with%20bookmarks1.pdf

10. Inertial Reference System (IRS). SKYbrary. [Online] https://skybrary.aero/articles/inertial-reference-system-irs.

11. FAA. Data Link Communications. [online] 2017. AC No: 90-117. Dostupné z: https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac_90-117.pdf

12. ICAO. Global Operational Data Link (GOLD) Manual. [online] Montréal : ICAO, 2017. ISBN 978-92-9258-192-3. Dostupné z: https://ops.group/dashboard/wp-content/groupdocs/gen/Reference/ICAO-DOC10037-GOLD-First-Edition-2017-compressed.pdf

13. FAA. Airplane Flight Manual. [online]: 2012. AC No: 25.1581-1. Dostupné z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_25_1581-1_with_change_1.pdf