

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

**ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY**



Andrej Jaburek

**Analýza evropských certifikačních požadavků na  
letecká sluchátka**

Bakalářská práce

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



**K621** ..... **Ústav letecké dopravy**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Andrej Jaburek**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – PIL – Profesionální pilot**

Název tématu (česky): **Analýza evropských certifikačních požadavků  
na letecká sluchátka**

Název tématu (anglicky): **Analization of European Certification Requirements  
for an Avionic Headset**

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cíl práce: Analyzovat evropské certifikační požadavky na letecká sluchátka v rámci certifikačního procesu sluchátek Bose QC35 s mikrofonem Crystal Mic.
- Popis sluchátek Bose QC35 a mikrofonu Crystal Mic
- Současný stav - porovnání EASA a FAA
- Certifikační požadavky
- Analýza rizik



Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího bakalářské práce

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

Seznam odborné literatury: Air ops 965/2012  
Comission regulations 748/2012  
FAA TSO  
EASA ETSO

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D.**  
**Ing. Ota Hajzler**

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2020**  
(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: **8. srpna 2022**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Andrej Jaburek  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 2. prosince 2021

## Podakovanie

Na tomto mieste by som sa rád poďakoval všetkým, ktorí mi poskytli podklady pre vypracovanie tejto práce. Zvlášť potom ďakujem Doc. Ing. Jakubovi Hospodkovi, Ph.D. a Ing. Otovi Hajzlerovi za odborné vedenie a konzultovanie bakalárskej práce a za rady, ktoré mi poskytovali po celú dobu môjho štúdia. Tiež by som chcel poďakovať spoločnosti EUROCAE za umožnenie prístupu k mnohým dôležitým informáciám a materiálom. Materiály a kľúčové informácie mi poskytla americká firma UFlyMike, ktorej by som tiež touto formou chcel poďakovať. V neposlednej rade je mojou milou povinnosťou poďakovať svojim rodičom a blízkym za morálnu a materiálnu podporu, ktorej sa mi dostávalo po celú dobu štúdia.

## Čestné prehlásenie

Predkladám týmto k posúdeniu a obhajobe bakalársku prácu, spracovanú na záver štúdia na ČVUT v Prahe Fakulte dopravní.

Prehlasujem, že som predložil prácu vypracovanú samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje v súlade s metodickým pokynom o etickej príprave vysokoškolských záverečných prác.

Nemám závažný dôvod proti použitiu tohto školského diela v zmysle § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon).

V Prahe dňa.....

Podpis .....

Andrej Jaburek

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta Dopravní

ANALÝZA EVROPSKÝCH CERTIFIKAČNÍCH POŽADAVKŮ NA LETECKÁ SLUCHÁTKA

Andrej Jaburek

Bakalárska práca

2022

Abstrakt

Predmetom tejto bakalárskej práce je zhrnúť a objasniť certifikačné požiadavky definované Európskou úniou, ktorým musia letecké slúchadlá vyhovieť, aby mohli byť využívané bezpečne a legálne v leteckej doprave. Súčasťou praktickej časti tejto práce je porovnanie certifikačných požiadaviek a certifikačných testov, ktorými prechádza model slúchadiel Bose QC35 v porovnaní s certifikovanými modelmi slúchadiel – v rámci práce taktiež definujeme rozdiel v cene a kvalite vybraných slúchadiel.

Kľúčové slová: letecké slúchadlá, certifikačné požiadavky, certifikácia slúchadiel, certifikačné testy, EASA, EUROCAE, FAA, RTCA, Bose, mikrofón

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation sciences

ANALYZATION OF EUROPEAN CERTIFICATION REQUIREMENTS FOR AVIATION  
HEADSETS

Andrej Jaburek

Bachelor Thesis

2022

Abstract

The subject of this bachelor thesis is to summarize conditions which are required to comply with regulations to certificate headphones with microphone to be able to use them legally and safely in aviation. The practical part of this thesis consists of comparison of certification processes and certification tests which Bose QC35 headsets need to pass in comparison with already certified models. In the thesis we also compare the price and quality of given aviation headsets.

Key words: aviation headset, certification requirements, certification tests, EASA, EUROCAE, FAA, RTCA, Bose, microphone

# Obsah

Úvod.....	1
1. Letecká bezpečnosť a letová spôsobilosť.....	3
1.1 Analýza rizík.....	4
2. Letecké slúchadlá.....	7
3. Certifikácia leteckých slúchadiel.....	12
3.1 ICAO.....	12
3.2 FAA.....	13
3.2.1 TSO.....	14
3.2.2 RTCA.....	15
3.3 EASA.....	16
3.3.1 ETSO.....	17
3.3.2 EUROCAE.....	18
3.3.3 Nariadenie komisie (EÚ) č. 965/2012.....	19
4. Certifikačné podmienky na letecké slúchadlá.....	20
4.1 Dokument ED-14G a opis testov leteckých slúchadiel.....	21
4.1.1 Teplota a výška (test).....	21
4.1.2 Tepelné variácie (test).....	23
4.1.3 Vlhkosť (test).....	24
4.1.4 Magnetický efekt (test).....	24
4.1.5 Napájací vstup (test).....	25
4.1.6 Nárast napätia (test).....	25
4.1.7 Citlivosť vedenej audio frekvencie (test).....	25
4.1.8 Vyvolaná signálová náchylnosť (test).....	26
4.1.9 Rádio frekvenčná citlivosť (test).....	26
4.1.10 Vyžarovanie rádio frekvenčnej energie (test).....	27
4.1.11 Náchylnosť vyvolaná prechodom blesku (test).....	28
4.1.12 Elektrostatické výboje (ESD).....	28
5. Spoločnosti vyrábajúce letecké slúchadlá.....	29
5.1 Spoločnosť Bose.....	29
5.1.1 Letecké slúchadlá Bose A20.....	31
5.1.2 Letecké slúchadlá Bose QC 35.....	33
5.2 Spoločnosť na výrobu leteckých slúchadiel Telex Communications.....	34
5.2.1 Letecké slúchadlá Telex Airman 7.....	35
5.2.2 Letecké slúchadlá Telex Airman 750.....	36
5.3 Spoločnosť UFlyMike.....	37
6. Mikrofón Crystal Mic Pro od spoločnosti OSEI.....	39



7. Porovnanie spojenia slúchadiel Bose QC35 s mikrofónom Crystal Mic a certifikovaných slúchadiel .....	42
Záver .....	44
Použité zdroje.....	46
Zoznam obrázkov so zdrojmi.....	50
Zoznam príloh: .....	50

## Zoznam použitých skratiek

AC	Alternating current Striedavý prúd
ANR	Active Noise Reduction Aktívne potláčanie hluku
ATC	Air traffic control Riadenie letovej prevádzky
ATM	Air Traffic Management Riadenie letovej prevádzky
ATO	Air Traffic Organization Organizácia letovej prevádzky
CAA	Civil Aeronautics Administration Úrad civilného letectva
DC	Direct current Priamy/jednosmerný prúd
EASA	European Union Aviation Safety Agency Európska agentúra pre bezpečnosť letectva
ECAC	European Civil Aviation Conference Európska konferencia civilného letectva
ESD	Electrostatic Discharge Elektrostatický výboj
ETSO	European Technical Standard Order Európsky technický štandard
EU-OSHA	European Agency for Safety and Health at Work Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci
EUROCAE	The European Organisation for Civil Aviation Equipment Európska organizácia pre zariadenia civilného letectva
EUT	Equipment under test Testované zariadenie
FAA	Federal Aviation Administration Federálny úrad pre letectvo Spojených štátov amerických
HIRF	High-intensity radiated field Vysoko-intenzívne vyžarovacie pole
ICAO	International Civil Aviation Organisation Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo

IFR	Instrument Flight Rules Pravidlá pre let podľa prístrojov
LODA	Letter of TSO design approval List o TSO schválení projektu
MPS	Minimal Performance Standard Minimálne výkonnostné normy
MSL	Mean Sea Level Nadmorská výška
NAA	National Aviaton Authority Národný letecký úrad
NRR	Noise Reduction Ratingy Hladina redukcie hluku
OSEI LLC	Ocean Sky Earth Innovations (limited liability company) Ocean Sky Earth Inovácie (spoločnosť s ručením obmedzeným)
OSHA	Occupational Safety & Health Administration Bezpečnosť a ochrana zdravia
RH	Relative humidity Relatívna vlhkosť
PNR	Passive Noise Reduction Pasívne potláčanie hluku
QC	Quiet Comfort
RMS	Root Mean Square Skutočná efektívna hodnota prúdu
RTCA	Radio technical Comission for Aeronautics Rádiotechnická komisia pre letectvo
SAFA	Safety Assessment of Foreign Aircraft Hodnotenie bezpečnosti zahraničných lietadiel
SMS	Safety managment manual Systém riadenia bezpečnosti
SNR	Signal to Noise Ratio Miera utlmenia hluku
T-PED	Transmitting Portable Electronic Device Prenosné vysielačie elektronické zariadenie
TSO	Technical Standard Order Technický štandard

TSOA	Technical Standard Order Authorization Autorizácia technického štandardu
VFR	Visual Flight Rules Pravidlá pre let za viditeľnosti

# Úvod

Hlavným cieľom tejto bakalárskej práce je opísať proces potrebný pre certifikovanie leteckých slúchadiel spojených s mikrofónom v rámci Európskej únie a tiež testy, ktoré je potrebné absolvovať s ohľadom na požadované bezpečnostné parametre certifikovaného setu. Zaujímá nás, čo všetko musí výrobca alebo predajca splniť, aby mohol svoj set vyrábať alebo predávať ako originálne certifikované balenie pre leteckú dopravu. Tento proces by mal zabezpečiť, aby nedošlo k výrobe chybného kusu slúchadiel alebo aby sa rýchlo a jednoducho prišlo na to, kde vo výrobnom procese nastala chyba. Toto zistenie ďalej zabezpečuje rýchlejšiu opravu alebo náhradu poškodeného dielu alebo produktu. Súčasťou tejto práce je aj porovnanie certifikačných podmienok v Európskej únii pod inštitúciou EASA a rozdielmi pod americkou organizáciou FAA.

Takisto sa táto práca zaoberá alternatívnou náhradou už TSO alebo ETSO certifikovaných setov spojením necertifikovaných slúchadiel od firmy Bose – Bose QC35 s mikrofónom Crystal mic. Rozoberáme aké výhody má tento necertifikovaný set v porovnaní s certifikovaným setom v kategóriách ako sú cena, kvalita, pohodlie, praktickosť a využitie v letectve.

Veľké množstvo leteckých spoločností si volí pre pilotov najlacnejšiu variantu slúchadiel, ktoré sú však častokrát nepohodlné a neprekrývajú úplne celé uši. To môže spôsobiť problém so zachytením správy, následkom čoho môže v letectve nastať život ohrozujúca situácia. Ako príklad si môžeme uviesť spoločnosť Smartwings, ktorá používa slúchadlá Telex Airman 7 alebo Airman 750 práve s týmto problémom. Ich prevedenie tiež spôsobuje pomerne nepohodlné nosenie, hlavne na dlhšie lety, ktoré táto spoločnosť prevádzkuje.

Medzi pilotmi a teda v letectve je všeobecne známe, že jednotkou na trhu sú slúchadla Bose A20, ktorých jediným mínusom je vysoká cena pohybujúca sa okolo 1 200 €. Alternatívnou náhradou týchto slúchadiel sú slúchadlá QC35 od spoločnosti Bose s mikrofónom Crystal mic. Z finančného hľadiska sú tieto slúchadlá lacnejšie o viac ako polovicu a zodpovedajú rovnakej kvalite a pohodliu ako spomínaný set A20 (taktiež od spoločnosti Bose), ktorému sa ďalej v práci detailne venujeme. Ďalšou z výhod spomínaných slúchadiel Bose QC35 je napríklad aj to, že tento headset je jediná časť lietadla, ktorú si pilot môže zobrať aj domov a po jednoduchom odpojení mikrofónu môže slúchadla QC35 využívať aj na osobné účely, keďže tento set obsahuje aj funkciu Bluetooth. Týmto sa kvalitatívne líši od slúchadiel A20, ktoré sa dajú využiť iba v letectve.

V tejto práci sa nachádza aj podrobný popis viacerých druhov certifikovaných slúchadiel akými sú napríklad Telex Airman 7, Telex Airman 750, Bose A20 a ich porovnanie so setom Bose QC35 v spojení s mikrofónom Crystal mic. Telex slúchadla predstavujú set, ktorý síce spĺňa certifikačné podmienky, no nepredstavuje žiaden luxus ani funkcie navyše. Slúchadlá Bose A20 predstavujú jednotku na trhu, no slúchadla Bose QC35 s mikrofónom Crystal mic ponúkajú rovnakú kvalitu zvuku a pohodlie ako Bose A20 a je možné ich zakúpiť v rovnakej cenovej relácii ako slúchadlá od spoločnosti Telex.

# 1. Letecká bezpečnosť a letová spôsobilosť

Pojem bezpečnosť je v rámci širokej verejnosti chápaný veľmi diferencovane. V bežnom a každodennom živote ide vo všeobecnosti o stav, kedy sa nenaskytá žiadna reálna hrozba nebezpečenstva. V letectve sa bezpečnosti pripisuje obzvlášť význam, keďže ide o profesiu, v ktorej sa jej vykonávatelia nachádzajú pod neustálym rizikom vzniku nebezpečenstva alebo rizikových situácií. Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo (ICAO), ktorej sa venujeme ďalej v práci, definuje bezpečnosť ako stav, v ktorom sa riziká spojené s leteckou činnosťou, priamo alebo nepriamo spojené s obsluhou lietadla, znižujú a regulujú na prijateľnú úroveň. V praxi sa dá bezpečnosť regulovať aspoň čiastočne prostredníctvom manažmentu rizika. V leteckej doprave je absolútna bezpečnosť prakticky nedosiahnuteľná, keďže ju ovplyvňuje viacero faktorov, medzi ktoré zaraďujeme človeka, prostredie a stroj. Človek je aktívnou súčasťou prevádzky lietadla a k týmto faktorom sa zaraďuje každá fyzická osoba, ktorá má čo dočinenia s riadením lietadla, riadením vzdušnej prevádzky a patrí sem aj každý člen letovej posádky. Čo sa týka faktoru človeka je v letectve takmer ako v každej inej profesii veľmi dôležité vedieť sa spoľahnúť na zručných a vyučených ľudí, aby sa predišlo chybám, ktoré majú však v letectve za následok nehody a katastrofy. Takisto je kľúčové mať zadané presné role pre ľudí pracujúcich v odbore letectva a zaručiť im kontinuálne vzdelávanie, profesionálny tréning a možnosť stáleho zlepšovania techník a procedúr výkonu práce. Podstatné je pracovníkom letectva poskytnúť možnosti na udržiavanie fyzického, ale aj mentálneho zdravia. Faktor označený ako prostredie pokrýva všetky externé podmienky, ktoré môžu ovplyvniť lietanie a výkon posádky. To zahŕňa meteorologické podmienky, leteckú premávku, komunikáciu, letiská a mnoho iných. Je veľmi dôležité vyhnúť sa situáciám, ktoré môžu ohroziť samotné lietadlo a preto je potrebné si zvoliť správne meteorologické podmienky, správnu separáciu od iných lietadiel a hlavne vhodné letisko na pristátie a pod. Faktor označený ako stroj nepotrebuje sám o sebe vysvetlenie, no je pri ňom viac ako žiaduce zaručiť jeho spoľahlivosť, kvalitu a bezpečie potrebné na vykonanie očakávanej úlohy. Musíme brať do úvahy to, že faktor stroj je prepojený s faktormi človek a prostredie. Je navrhnutý tak, aby vydržal podmienky prostredia, v ktorom bude prevádzkovaný, ale taktiež nemôžeme zabúdať na to, že stroj je ovládaný človekom. Je potrebné tieto tri faktory brať ako navzájom prepojené, pričom zlyhanie jedného môže mať za následok nehodu alebo dokonca v niektorých prípadoch aj fatálnu katastrofu. [25] [29]

Letová spôsobilosť, anglicky označovaná pojmom „airworthiness“, je taký stav lietadla, motora, vrtule alebo ostatných výrobkov lietadlovej techniky, ktorý zaisťuje, že úroveň bezpečnosti pri ich použití v leteckej prevádzke v predpokladaných prevádzkových podmienkach nebude nižšia ako tá, ktorá je daná prevádzkovými požiadavkami v predpisoch letovej spôsobilosti. Pri definícii letovej spôsobilosti treba brať do úvahy tieto tri faktory:

bezpečné podmienky, splnenie nevyhnutných požiadaviek a prípustné limity. Bezpečné podmienky môžeme brať za samozrejmosť v rámci normálneho diania a ukončenia letu. Splnenie nevyhnutných požiadaviek znamená, že lietadlo alebo akákoľvek jeho časť bola navrhnutá, postavená a testovaná podľa kritérií potrebných na zabezpečenie bezpečných podmienok. Tieto požiadavky sú vytvorené preto, aby zabezpečovali bezpečnosť elimináciou alebo znížením rizikových podmienok, ktoré môžu mať za následok smrť, zranenie alebo poškodenie. Tieto podmienky a požiadavky sú vydávané autoritami zodpovednými za letovú spôsobilosť pre každú krajinu a obsahujú požiadavky ako napríklad sila konštrukcie, dizajnové kritéria, potrebné testy a pod. Tieto štandardy sa odlišujú v závislosti od typu lietadla, keďže logicky nemožno určiť a vyžadovať rovnaké štandardy od všetkých typov lietadiel a zároveň aj od všetkých typov helikoptér. Tieto štandardy sa neustále menia a upravujú. Keby sa tak nedialo, zabránilo by sa tým akémukoľvek progresu v letectve. Napriek tomu, že tieto modifikácie a úpravy dizajnu zariadení stoja obrovské peniaze, ide o cenu, ktorú je nutné zaplatiť s motiváciou vylepšenia letovej bezpečnosti. Pojem prípustné limity praktický zastrešuje skutočnosť, že lietadlá sú navrhnuté tak, aby fungovali v rámci určitej letovej obálky. Pojem letová obálka lietadla sa používa na označenie schopností lietadla v súvislosti s letovou rýchlosťou, faktorom zaťaženia alebo výšky letu. Pri prekročení určeného prípustného limitu jedného z faktorov vzniká riziko nehody, preto sú piloti s týmito limitmi oboznámení. Piloti prechádzajú špecifickými školeniami oboznamujúcimi ich s tým, čo sa stane v prípade, ak napríklad prekročia rýchlostný limit alebo poletia s preťaženým lietadlom. [25] [32]

## **1.1 Analýza rizík**

V tejto kapitole sa venujeme tomu, ako zvýšená úroveň hluku vplýva na fyzické, ale aj psychické zdravie nielen pilotov a členov posádky, ale aj komunit bežných ľudí žijúcich pri letiskách a vystavovaných hluku z lietadiel. V tejto oblasti bolo vykonané doposiaľ veľké množstvo výskumov a testov, ktoré vo všeobecnosti poukazujú na tieto zdravotné následky dlhodobého vystavenia zvýšenej úrovni hluku z lietadiel: mrzutosť a iné psychologické komplikácie, akými sú napríklad narušenie pozornosti alebo spánkového režimu, pri deťoch študujúcich na školách v blízkosti letísk zase o zhoršenú úroveň vnímania a z fyzického hľadiska ide napríklad o zvýšené riziko kardiovaskulárneho ochorenia alebo poškodenia sluchu. Tieto problémy sa teda prevažne vyskytujú u ľudí žijúcich v blízkosti hluku z lietadiel, pričom ako vidíme, nejde o nepatrné zdravotné ťažkosti, ale o skutočnú hrozbu na psychickom a fyzickom zdraví. My sa však budeme orientovať predovšetkým na riziká zvýšenej úrovne hluku ohrozujúcej pilotov a posádku a tiež na riziká spojené s leteckými náhlavnými súpravami využívanými pilotmi počas výkonu práce.



Výrazným problémom v letectve čo sa týka leteckých náhlavných súprav je skutočnosť, že niektoré letecké spoločnosti v podstate nútia svojich pilotov, aby používali nimi zadané certifikované slúchadlá len na základe ich certifikácie. Problém je to preto, že každý pilot a každý človek má iný sluch aj iný hlas, a preto by malo byť základným právom pilota vybrať si leteckú náhlavnú súpravu so slúchadlami a mikrofónom, ktorý by mu najviac vyhovoval pri výkone práce. V prípade, že pilot musí napriek svojmu nepohodliu používať slúchadlá, ktoré mu z akéhokoľvek dôvodu nevyhovujú, stúpa aj úroveň vzniku rizika. Ako iste vieme, piloti sú pri výkone svojej práce vystavení riziku straty sluchu. Pri celoživotnej kariére v letectve a veľkom množstve nalietaných hodín, kde v niektorých prípadoch ide aj o 30 000 hodín (zodpovedá to takmer 4 rokom života v permanentnom hluku) je ochrana sluchu pilota jedným z najdôležitejších faktorov, čo sa týka zdravia pilota a súčasne aj posádky. Je teda veľmi dôležité, aby piloti používali čo najviac ochranných prostriedkov, aby sa chránili pred poškodením sluchu. Môžu to byť napríklad slúchadlá s aktívnym potlačením hluku alebo pri obhliadke lietadla taktiež nosiť ochranné slúchadlá na tlmenie hluku. FAA napísala dokument, v ktorom popisuje sluch a hluk v letectve. Tento dokument hovorí ako o fyzickom tak aj psychickom efekte hluku na človeka. Sú v ňom opísané základne informácie, medzi ktoré patrí napríklad aj to pri akých výškach hluku cítia ľudia bolesť alebo majú nepríjemný pocit. Napríklad pri hluku 120 decibelov vzniká citeľné nepohodlie, výslovná bolesť ucha sa môže vyskytnúť pri hluku 130 decibelov a k prasknutiu ušného bubienka môže dôjsť už pri vystavení hluku v hodnote 140 decibelov. Dočasné zhoršenie sluchu môže nastať v situácii, kde je človek vystavený hluku v hodnote vyššej ako 90 decibelov. Označenie dočasné zhoršenie sluchu hovorí samo za seba – ide iba o krátku dobu trvania tohto zhoršenia, ktoré by sa však časom malo vrátiť naspäť do normálu, pričom ide väčšinou o časové rozmedzie niekoľkých hodín. Permanentné zhoršenie sluchu môže nastať pri vystavení hluku v hodnote vyššej ako 90 decibelov na 8 hodín alebo viac po dobu niekoľko rokov a môže dokonca viesť aj k permanentnej strate sluchu. Na porovnanie priemerná mužská konverzácia prebieha v rozmedzí od 60-65 decibelov a tryskový motor vytvára hluk od 130 až do 160 decibelov. Môžeme teda vidieť, že riziko poškodenia hluku je v letectve veľmi vysoké. [28]

Medzi psychologicky negatívne efekty hluku patria aj subjektívne hrozby spôsobené intenzívnym vysokým hlukom ako napríklad rozptýlenie, únava, podráždenosť, bolesť hlavy, spomalené reflexy, slabá kvalita spánku, strata chuti do jedla, závrate a nevoľnosť. Taktiež sa môže stať, že zvýšený hluk môže narušiť alebo prekryť normálnu reč a spôsobiť problém pri porozumení normálnej reči, prípadne môže zabrániť akémukoľvek porozumeniu. Tak isto môže hluk narušiť aj dôležité úlohy a úkony, ktoré pilot musí vykonávať, a ktoré si vyžadujú presnosť a vnútorný pokoj. Kvôli všetkým týmto možným rizikám ohrozujúcim nielen pilotov, ale v priamej súvislosti s ich pohodlím, mentálnym a psychickým zdravím aj pasažierov

a posádky, je potrebné využívať všetky možné a dostupné ochranné prostriedky pre udržanie si zdravého sluchu počas kariéry a taktiež aj po ukončení kariéry v letectve. [28]

Čo sa týka rizika možného zlyhania leteckých slúchadiel, FAA uvádza riziká súvisiace so zlyhaním akéhokoľvek zariadenia v lietadle. Čo sa týka leteckých náhlavných súprav, tieto riziká a ich pravdepodobnosť sa pohybujú na nízkej úrovni. V kokpitoch komerčných lietadiel sa nachádzajú dve nezávislé rádiá, pričom každé z nich má ručný mikrofón a reproduktor umiestnený na strope lietadla spolu s náhlavnou súpravou pilota a náhlavnou súpravou v zadnom vrecku sedadla. Avšak pravdepodobnosť toho, že by nastalo zlyhanie komunikácie zapríčinené poruchou slúchadiel je takmer nulová. Ak by však aj nastala takáto situácia, existujú presné procesy, ktorých sa má pilot v takomto prípade pridržať a vedieť fungovať bez rádiokomunikácie, čím sa opäť znižuje úroveň vzniku rizika spôsobeného poruchou leteckých slúchadiel. Napríklad letecký predpis L2 nám hovorí v časti 3.6.5 o spojení a o tom, že lietadlo vykonávajúce riadený let musí udržiavať nepretržitý odposluch na príslušnom hlasovom komunikačnom kanáli a nadviazať príslušné spojenie s riadením letovej prevádzky. Presný technický postup čo treba robiť v Českej republike pri strate spojenia je definovaný taktiež v predpise L2 v sekcii 3.6.5.2.1. Okrem iného sa však lietadlo musí snažiť nadviazať opätovné spojenie za použitia všetkých možných dostupných prostriedkov, no ak sa to nepodarí, potom sa riadi vopred definovanými krízovými postupmi. Medzi tieto prostriedky môže patriť napríklad zvýšenie hlasitosti, resetovanie rádia, pričom ak má lietadlo dve rádiá, je potrebné skúsiť vyslať cez to druhé rádio. Taktiež je dobré skontrolovať frekvenciu alebo ju skúsiť zmeniť na inú alternatívnu frekvenciu. Môže sa stať aj to, že prestane fungovať len mikrofón na slúchadlách, a preto je dobré vyskúšať aj ručný mikrofón v lietadle na obnovenie komunikácie. Ak by ani toto nevyšlo, stále je tu možnosť skúsiť mobilný telefón na spojenie s ATC. V prípade, že by žiadny z týchto postupov nefungoval, je potrebné prejsť na oficiálne krízové postupy. Ak letí lietadlo VFR let, potom si musí nastaviť odpovedač na kód 7600 a pokračovať v meteorologických podmienkach, ktoré sú v súlade s VFR letom, pristáť na najbližšom možnom letisku a ohlásiť svoje pristátie najrýchlejšou možnou cestou príslušnému stanovisku. Ak sa jedná o IFR let, taktiež začíname nastavením kódu 7600 na odpovedači a po dobu 7 minút udržujeme poslednú pridelenú rýchlosť a hladinu alebo minimálnu letovú výšku. Potom treba dodržiavať hladinu a rýchlosť v súlade s letovým plánom. Ďalším krokom je pokračovať naspäť na trať najrýchlejším možným spôsobom a ďalej po nej pokračovať k navigačnému zariadeniu slúžiacemu priletovému letisku. Z neho následne zahájiť normálne priblíženie podľa prístrojov v čo najbližšom čase od očakávaného času pristátia. [2] [31]

## 2. Letecké slúchadlá

Z bezpečnostného hľadiska sú dôležitým vybavením lietadla aj letecké slúchadlá. S letectvom je úzko spätá zvýšená úroveň hluku spôsobená prevažne dvomi faktormi a síce vzduchom prúdiacim okolo trupu lietadla a krídiel a motormi lietadla. Výsledkom vzduchu prúdiaceho okolo lietadla je trenie a turbulencia, ktorým môžeme pripísať pôvod zvýšeného hluku v lietadle. Rozdiel v úrovni hluku je ovplyvnený aj tým, či sú klapky vysunuté (napríklad pri pristávaní) alebo zasunuté. Hluk z motora vzniká pohybom častí motora a vysokorýchlostne prúdiacim vzduchom. Medzi najhlučnejšie súčasti patrí tryska na zadnej časti motora pri miešaní sa s vonkajším vzduchom. Úroveň hluku sa odlišuje v závislosti na type, veľkosti a váhe lietadla a taktiež ju ovplyvňujú aj aktuálne meteorologické podmienky. Oproti komerčným lietadlám sú hlučnejšie lietadlá z oblasti všeobecného letectva. [11]

Letecké slúchadlá slúžia predovšetkým posádke kokpitu – konkrétne pilotovi a kopilotovi – na komunikáciu nielen medzi sebou, ale aj na komunikáciu so zvyškom posádky a s pracovníkmi riadenia letovej prevádzky alebo ATC, ktorí pilotom podávajú kľúčové inštrukcie na bezpečné riadenie lietadla. Pomocou leteckých slúchadiel pilot dostáva inštrukcie k vzletu, pristaniu a tiež navigácii lietadla počas letu. Všetky letecké slúchadlá teda umožňujú ich používateľom komunikáciu s rádiostanicami a tiež komunikáciu medzi členmi posádky. Umožnenie komunikácie však pokrýva aj kvalitu tejto komunikácie, ktorá priamo závisí od úrovne potlačania okolitého hluku využívanými slúchadlami. Dôležitým údajom je miera utlmenia hluku alebo SNR udávaná v decibeloch, pričom ide o odhadovanú úroveň potlačenia hluku. Táto miera bola zavedená agentúrou EU-OSHA, ktorá je európskym ekvivalentom americkej agentúry OSHA, pričom sa obe tieto agentúry zaoberajú bezpečnosťou pri práci. Pri komunikácii v oblasti letectva je pre zachovanie bezpečnosti kľúčová zrozumiteľnosť a rozoznanie slov. Pri rozhodovaní sa o kúpe slúchadiel zvykla byť miera SNR rozhodujúcim faktorom, no dnes už väčšina spoločností túto hodnotu pri predaji slúchadiel nezverejňuje (výnimkou je napríklad David Clark, ktorý zverejňuje pri svojich PNR produktoch hodnotu NRR, čo je americký ekvivalent hodnoty SNR). Ak okolitý hluk presiahne 85 decibelov, schopnosť člena posádky rozoznať slová prijímané cez slúchadlá klesá, a preto je nesmierne dôležité, aby bol audio signál výraznejší ako okolitý hluk. Na dosiahnutie aspoň 80% schopnosti rozoznať slová je potrebný rozdiel 9 decibelov medzi audio signálom zo slúchadiel a okolitým hlukom, čo je vyjadrené práve pomocou miery utlmenia hluku alebo SNR. Pre dosiahnutie aspoň 90% schopnosti rozoznania slov je potrebné SNR v hodnote 12 až 15 decibelov. [1] [26] [37]

Ako sme teda už naznačili, piloti sú vo svojej profesii vystavovaní zvýšenej úrovni hluku, čo môže do istej miery ich sluch poškodiť, prípadne viesť aj k strate sluchu v rôznom rozsahu.

Zvýšená úroveň hluku môže tiež viesť k zhoršeniu koncentrácie a tým pádom aj samotného výkonu práce pilota. Hluk je tiež definovaný ako nechcený zvuk, pričom tieto nechcené zvuky môžu pri práci spôsobiť viaceré nepríjemnosti. Okrem ohrozenia sluchu ovplyvňujú aj pilotovu náladu, zvyšujú hladinu stresu, spôsobujú únavu, ovplyvňujú pilotov zdravotný stav, negatívne vplývajú na pamäť a tiež zvyšujú chybovosť. Prevenciou pred poškodením sluchu a iných negatívnych následkov vyplývajúcich z fungovania v hlučnom pracovnom prostredí akým je lietadlo sú práve slúchadlá s potláčaním hluku. Podľa režimu potlačenia hluku sa na globálnom trhu s leteckými slúchadlami rozdeľujú letecké slúchadlá na slúchadlá s pasívnym potláčaním hluku a na slúchadlá s aktívnym potláčaním hluku (ANR). [26] [30] [44]

Pasívne potláčanie hluku alebo PNR zabezpečuje tesné prilnutie slúchadiel okolo uší, tvoriace istú dutinu, ktorá zabraňuje prieniku hluku. Medzi tri najvýraznejšie činitele ovplyvňujúce izoláciu hluku patrí veľkosť vytvorenej pomyselnéj „dutiny“ a veľkosť náušníka a úroveň tesnenia. Z čím tuhšieho materiálu sú slúchadlá vyrobené a čím väčšia je ich veľkosť, tým je vyššia kvalita tlmenia hluku. Ak sa vo vnútri náušníka nachádza veľa miesta, vibrácie, ktoré sa doň dostanú sa môžu ľahšie vytrátiť a rozložiť skôr ako sa dostanú k zvukovodu. Pochopiteľný je aj fakt, že čím je lepšia a tesnejšia prilnavosť, tým menej hluku sa dostane do náušníkov. S touto technológiou však ide ruka v ruke znevýhodnenie komfortu pilota, keďže tesná prilnavosť slúchadiel môže spôsobiť nepríjemný pocit stláčania hlavy, čo môže mať negatívne dôsledky na psychiku nositeľa týchto slúchadiel prevažne pri dlhších letoch. Čím dlhší let musí pilot s týmito slúchadlami absolvovať, tým viac sa zvyšuje riziko fyzických následkov ako napríklad bolesť hlavy, závrať, nevoľnosť alebo narušenie pozornosti. Technológia blokujúca zvukové vlnenie mechanicky, ktorú tieto slúchadlá využívajú dokáže znížiť úroveň hluku v kabíne o 15 až 20 decibelov. Slúchadlá s technológiou PNR sú vhodnejšie do relatívne tichšieho kokpitu a do hlučnejšieho prostredia sú lepšou variantou ANR slúchadlá ponúkajúce vyššiu úroveň ochrany sluchu. [1] [8] [26] [37]

Slúchadlá s aktívnym potláčaním hluku alebo ANR sú síce drahšie, no ide o investíciu, ktorá sa v leteckom prostredí oplatí s ohľadom na ochranu psychického aj fyzického zdravia. Náhlavné súpravy s aktívnym potláčaním hluku majú v podstate rovnaký dizajn ako PNR náhlavné súpravy, ale nefungujú iba na mechanickom princípe. V týchto slúchadlách sa nachádza mikrofón, ktorý meria hluk vo vnútri a procesor zabudovaný vo vnútri náušníka vypočíta zvukovú vlnu potrebnú na zrušenie tohto hluku. To dosiahne vytvorením zvukovej vlny otočenej o 180 stupňov. Pri tomto procese dochádza k určitému oneskoreniu tlmenia hluku, z čoho vyplýva, že technológia ANR lepšie blokuje konštantný a pretrvávajúci hluk, akým je napríklad hluk z motora v lietadle, než náhly zvuk akým je napríklad výstrel zo zbrane. Jednou z výhod tohto je však skutočnosť, že pilot vďaka tomu lepšie rozpozna nezvyčajné zvuky, ktoré by mohli naznačovať poškodenie lietadla. Ďalšou výhodou týchto slúchadiel je aj

ich schopnosť rušenia nízkych frekvencií, čo umožňuje lepšiu kvalitu komunikácie s ATC. Náhlavné súpravy s touto technológiou dokážu znížiť úroveň hluku až o 30 decibelov. Tieto slúchadlá sú navyše nabíjateľné buď prostredníctvom batérií alebo cez kábel, vďaka čomu ponúkajú aj rozširujúce funkcie ako sú pripojenie bluetooth, zosilnenie hudby a jej automatické stíšenie v prípade prichádzajúcej komunikácie. Pomocou funkcie bluetooth si môže pilot pripojiť slúchadlá na svoj mobilný telefón. Táto funkcia je výhodná najmä pri obdržaní rôznych povolení pokiaľ je lietadlo na zemi alebo pri zrušení letového plánu. [8] [9] [37]

Pri výbere leteckých slúchadiel sa na vedomie berú okrem PNR a ANR aj faktory ako napríklad váha slúchadiel, pričom slúchadlá s technológiou PNR sú ťažšie ako slúchadlá s technológiou ANR. Ďalšími faktormi sú aj kvalita a životnosť vybraných slúchadiel, ktoré z veľkej časti závisia od ceny. Drahšie slúchadlá vo väčšine prípadov ponúkajú vyššiu úroveň kvality a dlhšiu životnosť slúchadiel. Rozhodujúcim faktorom pri kúpe leteckých náhlavných súprav môžu byť aj rozširujúce funkcie, medzi ktoré by sme mohli zaradiť bluetooth alebo miešanie rôznych audio kanálov. [1]

Letecké slúchadlá sa od civilných slúchadiel z technického hľadiska líšia aj typmi konektorov alebo inak povedané typmi redukcií, ktorými sa pripájajú do lietadla. Medzi základné typy redukcií patria twin plugs, 6-pin redukcia, redukcia helicopter a XLR AirBus redukcia, pričom ku každému typu prikladáme aj obrázok. [7] [27]



Obrázok č. 1 Twin / duálny konektor (PJ plugs)

Najzákladnejším a v letectve najrozšírenejším a najpoužívanejším typom redukcie je konektor s názvom twin plug, pričom sa používajú aj názvy ako PJ-055 alebo PJ-068. Využíva sa vo všeobecnom letectve, ale aj v komerčných lietadlách. Slúchadlá s týmto typom konektoru majú dve redukcie – jednu redukciu na každom konci kábla – pričom každá z nich spĺňa odlišnú funkciu. O niečo väčšia prípojka z týchto dvoch slúži na zvuk slúchadiel a tá menšia slúži na pripojenie mikrofónu. Pri tomto konektore treba myslieť na to, že neslúži ako energický zdroj potrebný k fungovaniu technológie ANR a letecké slúchadlá tým pádom musia využiť iný zdroj energie na podporu tejto technológie. [7] [27]



Obrázok č. 2 6-pinový konektor alebo LEMO

6-pinový konektor, ktorému sa tiež hovorí LEMO, je druhým najpoužívanejším konektorom v letectve. Tento typ konektoru využíva napríklad aj jedna z najúspešnejších spoločností vyrábajúcich okrem iných produktov aj letecké slúchadlá s názvom Bose. Tento typ redukcie má iba jednu prípojku, ktorá zabezpečuje funkciu audia a mikrofónu a dodáva im energiu potrebnú na fungovanie technológie ANR a funkcie bluetooth. Používajú sa vo všeobecnom letectve rovnako ako aj v komerčnom, záleží to len od typu a roku výroby lietadla. Potrebný je napríklad pri lietadlách Cirrus alebo Beechcraft. [7] [27]



Obrázok č. 3 Helicopter alebo single male plug

Redukcia pre vrtuľníky inak nazývaná aj U174 konektor, single male konektor alebo jednoducho U konektor má taktiež len jednu prípojku, ktorá je o niečo kratšia a hrubšia v porovnaní s redukciami pri twin plugs. Zabezpečuje funkčnosť pripojenia mikrofónu a audia, no nedodáva energiu potrebnú na fungovanie technológie ANR a nepodporuje ani funkciu bluetooth. Už zo samotného názvu tejto redukcie je možné vyrozumiť, že tento typ konektoru je určený predovšetkým pre pilotov vrtuľníkov a podobný typ konektoru sa využíva aj vo vojenskom letectve. [7] [27]



Obrázok č. 4 XLR Airbus konektor /Airline / Corporate

Redukcia XLR AirBus je v letectve pravdepodobne jedna z najmenej používaných typov redukcie. Ide o 5-pinový konektor podobný 6-pinovému, ktorý sme už spomínali. Táto redukcia napája slúchadlá, prenáša zvuk a napája mikrofón prostredníctvom jedného konektoru. Využíva sa prevažne v novších lietadlách komerčného typu, pričom ako prvé tento konektor začali používať lietadlá AirBus, no svoje využitie majú aj v lietadlách ako sú ATR a Boeing. [7]  
[27]

### 3. Certifikácia leteckých slúchadiel

Ako sme už uviedli, v letectve sa kladie obzvlášť dôraz na dodržiavanie bezpečnosti, čo zahrnuje nielen bezpečnosť využívaných prístrojov a ich súčastí, ale aj dodržiavanie bezpečnosti pri práci. Bezpečnosť v letectve je regulovaná mnohými organizáciami a v súvislosti s témou tejto práce považujeme za nutnosť aspoň v krátkosti niektoré z týchto organizácií opísať. Letecké slúchadlá sa totiž od civilných slúchadiel okrem maličkosti ako sú typy konektorov a prepracovaná PNR a ANR technológia odlišujú najmä tým, že musia spĺňať isté požiadavky a regulácie, ktoré buď vydávajú alebo sú založené na princípoch organizácií akými sú napríklad Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo (ICAO), Federálny úrad pre letectvo Spojených štátov amerických (FAA) alebo Európska agentúra pre bezpečnosť letectva (EASA). Týmto spoločnostiam sa v nasledujúcich kapitolách detailne venujeme, keďže ide o organizácie, ktoré okrem iného udávajú aj požiadavky na certifikáciu slúchadiel obsiahnuté v dokumentoch ako sú Technický štandard (TSO), ktorého európskou variáciou je Európsky technický štandard (ETSO). [25]

#### 3.1 ICAO

Skratka ICAO zodpovedá Medzinárodnej organizácii pre civilné letectvo s hlavným sídlom v Montreale. Ide o špecializovanú agentúru Spojených národov, ktorá upravuje princípy a techniky medzinárodnej leteckej navigácie a zabezpečuje plánovanie a rozvoj medzinárodnej leteckej dopravy k zaisteniu bezpečnosti a systematickému rastu tejto oblasti. ICAO vznikla v apríli v roku 1947 a jej právnym základom je Chicagský dohovor z roku 1944. Členom ICAO je momentálne 193 krajín, no treba myslieť na to, že nejde o celosvetový regulačný orgán. Každá krajina robí vlastné rozhodnutia a prijíma vybrané regulácie, ktoré môžu byť odvodené od regulácií a štandardov organizácie ICAO, no regulácie sú v rámci každej krajiny presadzované miestnym národným úradom. Aj letecké predpisy v Českej a Slovenskej republike sú vypracované na základe štandardov a odporúčaných postupov ICAO. V Slovenskej republike ide konkrétne o predpisy L 1 až L 18, L 4444 a L 9432 odvodené od ICAO annexov. ICAO vydala spolu 19 annexov, ktoré sú v podstate základnými požiadavkami pre jej členské štáty. Medzi najdôležitejšie dokumenty, ktoré vydala ICAO patria predovšetkým Annex 17, Safety management manual (SMS) a Security manual. Štandardy a regulácie vydávané a odporúčané agentúrou ICAO sú podkladom pre regulácie vydávané regulačnými autoritami, ktorými sú vo všeobecnosti najmä FAA a EASA. [6] [25] [33] [36]



## 3.2 FAA

Ako sme teda už uviedli, Federálny úrad pre letectvo Spojených štátov amerických je spolu s Európskou agentúrou pre bezpečnosť letectva najväčším orgánom zodpovedajúcim za certifikáciu lietadiel. FAA vzniklo v roku 1958 prijatím zákona o federálnom letectve, pričom vtedy bol oficiálny názov tejto organizácie Federálna letecká agentúra, ktorá nahradila bývalý Úrad civilného letectva alebo CAA. Sídlo má FAA vo Washingtone, DC a denne zabezpečuje viac ako 50 000 amerických komerčných letov a letov všeobecného letectva. V rámci Spojených štátov amerických ide dnes o najväčšiu dopravnú agentúru zodpovednú nielen za reguláciu a dohľad nad civilným letectvom v USA, ale aj za prevádzku a rozvoj celonárodnej siete systémov riadenia letovej prevádzky s hlavným cieľom zabezpečiť vysokú úroveň bezpečnosti civilného letectva a zefektívniť systém letového priestoru.

Prvou z činností FAA je regulácia bezpečnosti, ktorú dosahujú prostredníctvom rôznych požiadaviek a minimálnych štandardov vyžadovaných pri procesoch výroby, prevádzky a údržby lietadla. FAA takisto certifikuje letecký personál a lietadlá, aby mohli slúžiť leteckým dopravcom. Druhou činnosťou, za ktorú zodpovedá FAA je riadenie vzdušného priestoru a letovej prevádzky, pričom bezpečné a efektívne využívanie vzdušného priestoru je jedným z hlavných cieľov FAA. Správa FAA prevádzkuje sieť letiskových veží, stredísk riadenia letovej prevádzky a staníc leteckých služieb a zároveň vytvára pravidlá letovej prevádzky, prideluje práva na využívanie vzdušného priestoru a riadi letovú prevádzku. Treťou zodpovednosťou FAA je správa zariadení na zabezpečenie bezpečnej leteckej navigácie. FAA preto stavia a inštaluje vizuálne a elektronické pomôcky pre leteckú navigáciu a takisto udržiava, prevádzkuje a zabezpečuje kvalitu týchto zariadení. Udržiava takisto ďalšie systémy na podporu leteckej navigácie a ATC, vrátane hlasových a dátových komunikačných zariadení, radarových zariadení, počítačových systémov a vizuálneho zobrazovacieho zariadenia na staniciach leteckých služieb. Štvrtou činnosťou FAA je spravovanie civilného letectva v zahraničí. FAA podporuje bezpečnosť letectva a podporuje civilné letectvo v zahraničí tým, že si vymieňa letecké informácie so zahraničnými orgánmi, certifikuje zahraničné opravovne, letcov a mechanikov, poskytuje technickú pomoc a školenia, dohaduje bilaterálne dohody o letovej spôsobilosti s inými krajinami a zúčastňuje sa medzinárodných konferencií. FAA tiež zabezpečuje, že proces certifikácie súčastí lietadla bude medzi krajinami, s ktorými USA obchoduje rovnaký. FAA tiež v rámci zahraničnej činnosti propaguje technickú spoluprácu čo sa týka letovej spôsobilosti vrátane údržby a environmentálnej certifikácie. Piatou činnosťou FAA je regulovanie a podporovanie priemyslu komerčnej vesmírnej dopravy v USA vrátane udeľovania licencií na komerčné kozmické zariadenia a iných činností. Šiestou činnosťou FAA je tiež zaobstarávanie výskumu a vývoja systémov a postupov potrebných pre bezpečný a efektívny systém leteckej navigácie a riadenia letovej prevádzky. Pomáha vyvíjať lepšie

lietadlá, motory a vybavenie a taktiež testuje a vyhodnocuje letecké systémy, zariadenia, materiály a postupy. Zaoberá sa aj leteckým zdravotným výskumom. [25]

K FAA tiež patria aj iné činnosti a programy. FAA má napríklad aj komplexný súbor povinností v oblasti riadenia letovej prevádzky (ATM). Poskytuje veľkú väčšinu vežových riadení letovej prevádzky vrátane všetkých hlavných letiskových zariadení. Je jediným poskytovateľom traťových ATM služieb v USA. Úlohy FAA v oblasti poskytovania služieb vykonáva Organizácia letovej prevádzky (ATO), ktorá bola zriadená ako funkčne samostatný subjekt v rámci organizačnej štruktúry FAA. FAA je zároveň zodpovedný za bezpečnostnú reguláciu všetkých činností amerického letectva vrátane ATM. [24]

### 3.2.1 TSO

TSO je skratkou pojmu spadajúceho pod organizáciu FAA pre dokument s celým názvom Technical standard order, čo v preklade znamená Technický štandard. Na stránke FAA je uvedené, že TSO je minimálny výkonnostný štandard zameraný na špecifické materiály, časti a letecké zariadenia využívané v civilných lietadlách. Pri obdržaní autorizácie na výrobu daného materiálu, časti alebo leteckého zariadenia podľa TSO štandardu ide o TSO autorizáciu. Táto autorizácia je dizajnovým a zároveň aj výrobným schválením daného produktu. Obdržanie TSO autorizácie však neznamená, že výrobca dostáva súhlas s inštaláciou súčastí v lietadle. Znamená to, že daná súčiastka zodpovedá konkrétnym technickým štandardom zodpovedajúcim TSO a žiadateľ autorizácie je pri jej obdržaní oprávnený na výrobu danej súčiastky, materiálu či zariadenia. Samozrejmosťou je, že každá časť lietadla má iný TSO. Aby slúchadlá dostali TSO autorizáciu (TSOA), musia prejsť rôznymi testami, ktorými sa testujú rôzne vlastnosti slúchadiel. Jednou z nich je mechanická výdrž, ktorá sa určuje prostredníctvom testov ako je napríklad pád, vibrácia, ťahanie a ohýbanie káblových konektorov. Ďalšou je environmentálna odolnosť, ktorá sa určuje prostredníctvom vystavenia vysokej alebo nízkej teplote, vlhkosti, tekutinám, výške, dekompresii, elektrostatickým výbojom, ohňu a podobne. Ďalšou určovanou vlastnosťou je napríklad elektroakustický výkon testovaný prostredníctvom rôznych parametrov, akými sú napríklad citlivosť, frekvencia, skreslenie zvuku, zvuk mikrofónu a slúchadiel, technológia ANR a pod. Okrem tohto testovania musí výrobca leteckých slúchadiel dokázať FAA, že má v pláne vyrábať a predávať dané slúchadlá po dlhú dobu. Rovnako ako pri ETSO aj pri TSO autorizácii ide o zdĺhavý a finančne náročný proces, ktorý podstupuje iba neveliké množstvo výrobcov leteckých slúchadiel a mikrofónov. [34]

V záujme našej bakalárskej práce orientovanej predovšetkým na certifikáciu leteckých slúchadiel nás teda zaujíma hlavne dokument TSO-C139, v ktorom sú uvedené nasledujúce informácie, opisujúce obsah dokumentu: FAA vydala dokument TSO-C139a, ktorý je platný od

25. augusta 2015. Predtým sa tento dokument nazýval TSO-C139, ktorý je v dnešnej dobe však už neplatný. Tento dokument (TSO) je určený pre výrobcov, ktorí žiadajú o autorizáciu (TSOA) alebo list o schválení projektu (LODA). V tomto dokumente FAA udáva, aké minimálne výkonnostné normy (MPS) musí zvukový systém lietadla a vybavenie spĺňať, aby ho bolo možné schváliť a identifikovať s príslušným označením TSO. V tomto dokumente sa taktiež dozvedáme, že podrobné informácie o testoch, ktoré musí zvukový systém lietadla spĺňať nájdeme v ďalších dokumentoch od združenia RTCA a to presne dokument DO-214 s názvom „Audio Systems Characteristics and Minimum Operational Performance Standards for Aircraft Audio Systems and Equipment“ a tiež v dokumente DO-160 s názvom „Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment“. Ako teda môžeme vidieť, samotný TSO dokument sa priamo odvoláva na združenie RTCA, priblížené v nasledujúcej kapitole. [22]

### **3.2.2 RTCA**

RTCA je súkromné neziskové združenie, ktoré vyvíja odporúčania založené na všeobecnej konsenze čo sa týka otázok systémov komunikácie, navigácie, sledovania a riadenia letovej prevádzky. Pôvodne bolo toto združenie založené ako Rádiotechnický výbor pre letectvo (Radio Technical Commission for Aeronautics) v roku 1935. RTCA poskytuje základ pre prakticky každý moderný technický pokrok v letectve. Ich produkty a služby slúžia ako základ pre vládnu certifikáciu zariadení používaných desiatkami tisíc lietadlami, ktoré sa denne pohybujú po celom svetovom vzdušnom priestore. Ich misiou je vytvoriť a implementovať ucelený výkonnostný štandard, ktorý sa bude zhodovať v celosvetovom leteckom prostredí a zaisťovať bezpečnosť v letectve. RTCA pri uskutočňovaní svojich cieľov úzko spolupracuje s Federálnym úradom pre letectvo (FAA) a s priemyselnými expertami z USA a celého sveta na vývoji komplexných, priemyselne overených a schválených noriem, ktoré možno použiť ako prostriedky na dosiahnutie súladu s predpismi FAA a inými orgánmi pre reguláciu letectva. Tieto normy alebo lepšie povedané odporúčania vytvorené RTCA môže FAA použiť ako základ pre politické, programové a regulačné rozhodnutia. Ich rokovania sú otvorené pre verejnosť a ich produkty vyvíjajú dobrovoľníci z leteckej komunity fungujúci v prostredí založenom na konsenze, spolupráci a recenzovaní. Členstvo v RTCA má v súčasnosti viac ako 300 vládnych, priemyselných a akademických organizácií zo Spojených štátov a z celého sveta. Členské organizácie zastupujú všetky aspekty leteckej komunity vrátane vládnych organizácií, leteckých spoločností, užívateľov vzdušného priestoru a združení letísk, odborových zväzov, ako aj dodávateľov leteckých služieb a vybavenia. Keďže majú záujmy RTCA medzinárodný rozsah, do RTCA patrí aj mnoho vládnych a obchodných organizácií mimo USA. V súčasnosti ju podporuje viac ako 100 medzinárodných členov vrátane Airservices Australia, BAE Systems, Bombardier Aerospace, Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva (EASA),

Embraer, EUROCONTROL, ICAO a i. RTCA tiež udržiava mimoriadne úzke vzťahy s Európskou organizáciou pre vybavenie civilného letectva (EUROCAE). Ktorá vykonáva podobnú činnosť ako RTCA, ale v Európe. [39] [40]

### **3.3 EASA**

EASA je agentúra Európskej únie (EÚ) so sídlom v Kolíne nad Rýnom v Nemecku, ktorá je zodpovedná za spravovanie civilného letectva. Nariadením Európskeho parlamentu a Rady č. 1592/2002 boli 28. septembra 2003 prijaté spoločné pravidlá v oblasti civilného letectva a na tomto základe bola zriadená Európska agentúra pre bezpečnosť letectva – EASA. Partnermi úradu EASA sú úrady pre civilné letectvo členských štátov Európskej únie. EASA však bola zriadená tak, aby zabezpečila určitú mieru oddelenia politického procesu (úloha, ktorú plnia Európska komisia, Európska rada a Európsky parlament zaisťujúce legislatívu súvisiacu s bezpečnosťou letectva) od dizajnu a implementácie technických opatrení potrebných na zaistenie bezpečnosti v letectve. Výkonný riaditeľ má napríklad právo sa rozhodovať nezávisle ohľadom bezpečnostných opatrení spadajúcich pod agentúru. Výkonným riaditeľom organizácie je momentálne Patrick Ky, ktorý v roku 2013 nahradil predošlého výkonného riaditeľa Patricka Goudou. Od svojho založenia postupne získavala EASA rôzne právomoci. V roku 2008 prevzala EASA kontrolu nad leteckým úradom JAA (Joint Aviation Authorities) a rola EASA bola tiež rozšírená, aby pokrývala letové operácie a certifikáciu letovej posádky. Na jeseň roku 2009 Európska spoločnosť prijala reguláciu, ktorá rozšírila pôsobenie EASA na letiská ATM a letové navigačné služby. Stále však platí, že lietadlá používané na vojenské a policajné účely, osobami a organizáciami s tým spojenými nepatria pod EASA. [5] [18] [25]

EASA zodpovedá za mnoho činností a v rámci svojho fungovania spĺňa veľké množstvo kľúčových úloh slúžiacich na zaistenie bezpečného letectva a ochrany životného prostredia v leteckej doprave. Leteckú bezpečnosť pritom EASA zabezpečuje prostredníctvom viacerých právomocí a plnením niekoľkých zodpovedností. EASA je zodpovedná za certifikáciu typov lietadiel a iných leteckých produktov v EÚ. Národné letecké úrady (NAA), ktoré dávajú individuálne osvedčenia lietadlám, organizáciám a zamestnancom v rámci konkrétneho územia sú pozorované a kontrolované agentúrou EASA, ktorá zaisťuje, že správne uplatňujú dané pravidlá, regulácie a bezpečnostné normy. EASA tiež zaisťuje certifikáty pre leteckú bezpečnosť organizácii pôsobiacich v tretích krajinách mimo EÚ. [25] [50]

Jednou z najpodstatnejších úloh organizácie je tvorba a zosúladovanie predpisov a technických pravidiel. V rámci tejto činnosti EASA pripravuje právne predpisy v oblasti bezpečnosti letectva a poskytuje technické poradenstvo Európskej komisii a členským štátom. Druhou dôležitou činnosťou a úlohou organizácie je vykonávanie inšpekcií, zaisťovanie tréningových a iných školiacich programov na zabezpečenie jednotného zavedenia európskej

leteckej legislatívy vo všetkých členských štátoch, čo sa týka oblasti bezpečnosti letectva. Medzi úlohy agentúry patrí aj bezpečnostné a environmentálne typové osvedčenie lietadiel, motorov a komponentov lietadla; schvaľovanie spoločností zaoberajúcich sa konštrukciou, výrobou a údržbou lietadiel a leteckých výrobkov; zber údajov, analýza a výskum na zlepšenie bezpečnosti letectva; koordinácia programu Európskeho spoločenstva SAFA (Hodnotenie bezpečnosti zahraničných lietadiel) týkajúceho sa bezpečnosti zahraničných lietadiel využívajúcich letiská spoločenstva a v neposlednej rade aj certifikácia personálu a organizácii zapojených do prevádzky lietadla, certifikovanie organizácii poskytujúcich paneurópske ATM alebo letové navigačné služby. [25] [5]

Pod agentúrou EASA sa certifikujú lietadlá, motory, vrtule, určité časti, ktoré sa majú inštalovať v lietadle a iné zariadenia. Certifikácia ktoréhokoľvek z týchto produktov je nezávislým posúdením dizajnu a potvrdením, že daný dizajn produktu je v súlade s bezpečnostnými a environmentálnymi požiadavkami. V tomto procese EASA kontroluje, či sú európske produkty letovo spôsobilé s ohľadom na technické štandardy a požiadavky. To prebieha tak, že novému produktu je priradený certifikačný tím, ktorý sa prvotne zoznami s daným produktom a jeho dizajnom. Ďalej sa určuje podľa typu produktu technický štandard a požiadavky a produktu sa priradí certifikačný program. V ďalšom kroku tohto procesu sa preukazuje súlad produktu s priradeným technickým štandardom, ktorý EASA kontroluje na základe zvoleného certifikačného programu. Certifikačný tím vystaví záverečnú správu a certifikát vydá iba v prípade, že produkt spĺňa všetky požiadavky a technické štandardy a nezistí sa žiadne riziko súvisiace s daným produktom. Počas obdobia, v ktorom sú produkty v prevádzke sú stále sledované a kontrolované agentúrou EASA, aby sa uistila, že sú naďalej bezpečné. Ak sa zistia akékoľvek problémy, pracuje sa na ich vyriešení. [25] [48]

### **3.3.1 ETSO**

ETSO je skratka pre European Technical Standard Order, alebo teda v preklade Európsky technický štandard spadajúci pod organizáciu EASA. Ide o detailnú špecifikáciu požiadaviek a špecifikácií, ktoré musia spĺňať komponenty a súčasti lietadla, aby mohli byť využívané v letectve. ETSO autorizácia je jedným zo spôsobov, akým je možné schválenie súčastí a prístrojov využívaných v letectve. Ide o voliteľný proces, prostredníctvom ktorého je možné zistiť, či dané súčasti a zariadenia vyhovujú minimálnym výkonnostným štandardom. Z tejto krátkej definície môžeme pozorovať, že ETSO je v podstate európskym ekvivalentom TSO, pričom ide rovnako o autorizáciu, ktorá je však pre výrobcov voliteľná. Ak chce výrobca svoj produkt inštalovať v lietadle, musí požiadať o schválenie inštalácie. V prípade, že svoje produkty chce mať daný výrobca ETSO schválené, je potrebné podať žiadosť organizácii EASA. Za týmto účelom treba organizácii EASA poskytnúť rozsiahle informácie týkajúce sa

daného produktu, jeho dizajnu a výkonu obsiahnuté v dokumente DDP – Declaration of Design and Performance. V prípade, že bol produkt TSO autorizovaný a prešiel testovaniami, výrobca musí podať žiadosť na FAA ACO (Aircraft Certification Office), ktorá pôvodne schválila TSO daného produktu. ACO musí organizácii EASA poskytnúť list, v ktorom uvedie, že produkt spĺňa ETSO štandardy a tento list doručí EASAe. [25..] [49..]

Čo sa týka certifikácie leteckých slúchadiel, aby bolo pre výrobcov v rámci Európy jednoduchšie nájsť, aké podmienky treba splniť na túto certifikáciu, vydala EASA dokument ETSO-C139a s anglickým názvom „Audio systems and equipment“, čo by sme mohli preložiť ako Audio systémy a zariadenia. Tento ETSO dokument udáva požiadavky, ktoré musia spĺňať nové modely leteckých audiosystémov a súvisiaceho vybavenia, ktoré sú vyrobené v deň vydania tohto ETSO alebo neskôr, aby boli identifikované príslušným označením ETSO. Tento dokument sa ďalej odvoláva na dokument od RTCA DO-214a a dokumenty od EUROCAE ED-14G s anglickým názvom „Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment“ a dokument ED-12C s anglickým názvom „Airborne Software Development Assurance“, tiež na dokument ED-79A s pôvodným názvom „Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems“. Tieto dokumenty nám bližšie popisujú testy, ktoré musí výrobca slúchadiel splniť, aby bol výrobok certifikovaný. [21]

### **3.3.2 EUROCAE**

EUROCAE je nezisková organizácia založená v roku 1963 v Lucerne vo Švajčiarsku ako „Európska organizácia pre vybavenie civilného letectva“ s cieľom vyvinúť normy pre európske civilné letectvo. V čase keď bola táto organizácia založená, v Európe neexistovala žiadna organizácia, ktorá by plnila túto úlohu. EUROCAE sa zaoberá výlučne leteckou normalizáciou pre vzdušné aj pozemné systémy a zariadenia. EUROCAE má v súčasnosti viac ako 400 členov vrátane priemyslu, poskytovateľov služieb, regulátorov, výskumných ústavov a medzinárodných organizácií. EUROCAE sa stalo európskym lídrom vo vývoji celosvetovo uznávaných priemyselných noriem pre letectvo. Členstvo v EUROCAE je otvorené pre organizácie a priemyselné odvetvia po celom svete.

EUROCAE zohráva aktívnu úlohu pri koordinácii európskych a globálnych normalizačných činností a vytvára vysokokvalitné štandardy, ktoré stavajú na najnovších poznatkoch svojich členov. Sú vhodné na účely, ktoré majú byť prijaté na medzinárodnej úrovni. Podporujú prevádzkové, vývojové a regulačné procesy a riešia vznikajúce globálne výzvy v oblasti letectva. Hlavné európske úrady, výrobcovia lietadiel, výrobcovia zariadení a poskytovatelia služieb sú členmi EUROCAE a aktívne sa zúčastňujú na pracovných procesoch, ktoré pripravujú špecifické dokumenty. Pre podporu svetovej jednotnosti spolupracuje mnoho tímov z EUROCAE s tímami zo združenia RTCA, ktoré má podobnú úlohu v letectve v Spojených štátoch amerických ako sme

uviedli vyššie v tejto bakalárskej práci. EUROCAE začalo s prípravou minimálnych výkonnostných špecifikácií pre palubné elektronické zariadenia, čo bolo podporované Európskou konferenciou civilného letectva (ECAC) od roku 1967. ECAC neskôr navrhla agentúre EASA, aby začali používať špecifikácie EUROCAE ako základ svojich vnútroštátnych predpisov. EASA v dnešnej dobe považuje dokumenty od EUROCAE za prostriedky na dosiahnutie súladu so spoločnými technickými normami a inými regulačnými dokumentmi. EUROCAE napríklad vydala dokument ED-A14G s anglickým názvom „Environmental conditions and test procedures for airborne equipment“, s ktorým v tejto bakalárskej práci pracujeme. [19] [20]

### **3.3.3 Nariadenie komisie (EÚ) č. 965/2012**

Prostredníctvom tohto dokumentu sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa leteckej prevádzky podľa nariadenia Európskeho parlamentu a rady. Takisto sa v tomto dokumente spomínajú aj letecké slúchadlá a požiadavky na ne a preto by sme chceli vybrať určité krátke pasáže tohto dokumentu týkajúce sa leteckej náhlavnej súpravy slúchadiel s mikrofónom a ich nariadení.

V časti CAT.OP.MPA.215 tento dokument popisuje skutočnosť, že každý člen letovej posádky v priestore pre letovú posádku používa súpravu slúchadiel s mikrofónom. Tieto slúchadlá sa používajú ako hlavné zariadenie na komunikáciu s letovými prevádzkovými službami na zemi, počas letu a kedykoľvek to považuje za potrebné veliteľ lietadla. Táto konkrétna časť platí pre letúny, no existuje aj podobné nariadenie pre vrtuľníky s názvom CAT.OP.MPA.216.

Ďalšia časť tohto dokumentu CAT.IDE.A.170 hovorí o tom, že letúny prevádzkované viacerými členmi letovej posádky musia byť vybavené systémom palubného telefónu a pre každého člena posádky musí byť na palube súprava slúchadiel a mikrofónu. Pri vrtuľníkoch platí rovnaké nariadenie, ktoré je v dokumente označené ako CAT.IDE.H.170.

Tak isto sa súpravou slúchadiel s mikrofónom zaoberá aj časť CAT.IDE.A.325, ktorá nám hovorí, že letúny musia byť vybavené slúchadlami s mikrofónom pre každého člena posádky na jemu určenom pracovnom mieste a že lety prevádzkované podľa IFR musia byť vybavené vysielačím tlačidlom na riadidlách pre každého člena posádky. [35]

## 4. Certifikačné podmienky na letecké slúchadlá

Certifikačné podmienky zadávané FAA sa takmer zhodujú s certifikačnými podmienkami zadávanými organizáciou EASA. Tieto dve organizácie sa vzájomne rešpektujú a na tomto základe majú aj do veľkej miery podobné alebo identické certifikačné podmienky, ktoré musia spĺňať nielen slúchadlá, ale aj iné komponenty a súčasti lietadla. Čo sa týka konkrétnych testov vykonávaných v Amerike, ktorými musia prejsť letecké slúchadlá, ide napríklad o testy zadefinované v dokumente od FAA DO-214 s anglickým názvom Audio Systems Characteristics and Minimum Operational Performance Standards for Aircraft Audio Systems and Equipment, čo by sme mohli voľne preložiť ako Vlastnosti audio systémov a minimálne operačné výkonnostné štandardy pre lietadlové audio systémy a zariadenia. Tento dokument stanovuje charakteristické vlastnosti audio systémov a minimálne operačné a výkonnostné štandardy zariadení lietadla akými sú mikrofón náhlavnej súpravy, mikrofón pevného telefónu alebo handsetu (okrem uhlíkových), mikrofón v kyslíkovej maske, samotné náhlavné súpravy, telefón, reproduktory, panel voliča n. f. výstupov a zosilňovače. Okrem predpokladaných operačných cieľov, využitia zariadenia a inštalácií, odporúča tento dokument aj postupy nutné na preukázanie toho, že zariadenia sú v súlade s uvedenými minimálnymi požiadavkami. Tento dokument je však dostupný až po jeho zakúpení online vo výške sumy pohybujúcej sa okolo 150 €. Na základe tohto dokumentu si slúchadlá certifikuje napríklad americká firma UFlyMike, ktorá nám v osobnom e-mailovom kontakte poskytla túto informáciu. Okrem toho sme sa tiež dozvedeli, že v rámci certifikácie dokonca táto firma musela znížiť úroveň výkonu, nakoľko prevyšovala štandardy kladené na slúchadlá. Tento problém má pôvod v tom, že dokumenty sú staršieho pôvodu. Horší a finančne náročnejší je celý proces certifikácie slúchadiel, pričom samotné úspešné absolvovanie certifikačných testov problémom byť nemusí. Základom požiadaviek oboch organizácií FAA aj EASA je predovšetkým dôslednosť a dokumentácia. Samotná kvalita daného produktu sa posúva do úzadia na úkor uistenia sa o správnych a korektných procesoch a zásadách týkajúcich sa kvality a to kvôli tomu, aby bolo zaručené, že sa zakaždým vyrobí a predá rovnaký produkt. V prípade, ak by sa niečo pokazilo, napríklad by sa našla chybná súčiastka produktu, je možné vďaka dokumentácii prísť na to, kde nastala chyba a kto je za ňu zodpovedný. Tieto procesy si každá výrobná firma údajne určuje sama a sú iba schvaľované FAA, z čoho vyplýva, že každá firma by mohla mať iné štandardy a metodologické postupy.

Čo sa týka certifikácie podľa TSO a ETSO, je dôležité pripomenúť, že pri leteckých spoločnostiach ide prevažne o požiadavku zo strany samotnej leteckej spoločnosti, aby boli slúchadlá používané v nej pôsobiacimi pilotmi certifikované podľa TSO alebo ETSO. Z toho teda logicky vyplýva, že v prípade keď letecká spoločnosť, pre ktorú pilot pracuje vyslovene nevyžaduje TSO alebo ETSO certifikované slúchadlá, pilot si môže zakúpiť leteckú náhlavnú



súpravu podľa vlastnej preferencie, pričom teda nemusí ísť o certifikovaný produkt. Niektoré letecké spoločnosti teda TSO alebo ETSO certifikáciu leteckej náhlavnej súpravy vyžadujú, iné nie a niektoré dokonca na danú problematiku nemajú žiadne stanovené požiadavky alebo usmernenia. V niektorých prípadoch majú piloti povolené používanie vlastnej náhlavnej súpravy, avšak v kokpíte sa musia nachádzať náhradné TSO autorizované slúchadlá.

Ako sme sa dozvedeli z mailovej komunikácie s firmou UFLyMike, výhodou celého procesu certifikácie je, že keď už je raz produkt certifikovaný, nemusí byť neskôr podrobený žiadnym ďalším testom. Výnimkou sú však situácie, v ktorých sa poukazuje s dôraznosťou na možnosť toho, že produkt už nespĺňa požiadavky, pod ktorými bol certifikovaný. To v jednoduchosti znamená, že ak bol produkt certifikovaný v roku 1970 pod úplne inými štandardami, ako sú tie dnešné, produkt je stále certifikovaný a nemusí spĺňať aktuálne požiadavky a podmienky. Jediná vec, ktorá je stále pod drobnohľadom a musí si udržiavať aktuálnosť je program na zaistenie kvality.

#### **4.1 Dokument ED-14G a opis testov leteckých slúchadiel**

Ďalším dokumentom využívaným na certifikáciu leteckých slúchadiel v Amerike je dokument DO-160 s anglickým názvom Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, čo by sme mohli preložiť ako Environmentálne podmienky a testovacie procesy pre letecké zariadenia. Európsky variant tohto dokumentu spadajúceho pod EASA bol vydaný a vypracovaný v spolupráci s EUROCAE Working Group a RTCA special committee 136, ktorý bol schválený radou EUROCAE konkrétne 6. mája 2011 ED-14G s rovnakým názvom ako americký dokument DO-160 – Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment. Tomuto dokumentu predchádzal dokument EUROCAE ED-14F z marca 2008. Dokumenty DO-160 a ED-14G sú identické, minimálne čo sa týka testovacích procesov, a preto sme sa v súvislosti so zadaním našej bakalárskej práce rozhodli z európskeho dokumentu vybrať vzorku testov, ktoré je potrebné pre certifikáciu leteckých slúchadiel úspešne absolvovať. Tieto testy sú opísané v jednotlivých podkapitolách tejto kapitoly. [23]

##### **4.1.1 Teplota a výška (test)**

Tieto testy určujú výkonnostné charakteristiky výbavy v príslušných kategóriách pre teplotu a výšku v určených tabuľkách 4-1 a 4-2 v dokumente Eurocae ED-14G. Je definovaných niekoľko teplotných a výškových testov, ktoré treba vykonať pre kategóriu do ktorej zapadá zariadenie používané v lietadle. Pre letecké slúchadla platí kategória A1, do ktorej zapadajú zariadenia inštalované v prostredí s kontrolovanou teplotou a v pretlakovanom priestore v lietadle, kde tlak vzduchu za normálnych podmienok neprekročí hodnotu nižšiu ako je ekvivalent 15 000 ft (4600 m) MSL. Táto kategória je vhodná aj pre lietadlá, ktoré majú

prostredie s kontrolovanou teplotou, ale nie sú nainštalované v pretlakovanom priestore, ak tieto lietadlá neprekročia výšku viac ako 15 000 ft (4600 m).

Pre certifikáciu leteckých slúchadiel je potrebné vykonať nasledujúce typy tepelných testov, ktoré sú presne popísané v dokumente Eurocae ED-14G a označujeme ich arabskými číslicami pre lepšiu orientáciu:

1. Ground Survival Low Temperature Test
2. Ground Survival High Temperature Test
3. Short-Time Operating Low Temperature Test
4. Short-Time Operating High Temperature Test
5. Operating Low Temperature Test
6. Operating High Temperature Test
7. In-Flight Loss of Cooling Test.

Názvy testov sme sa rozhodli ponechať v ich pôvodnej anglickej forme, no považujeme za nevyhnutné si aspoň v krátkosti a jednoduchosť vysvetliť základné pojmy, ktoré sa pri vyžadovaných testoch opakujú. Prvým z týchto pojmov je prevádzková nízka teplota (tento pojem je dôležitý pri teste vyššie označenom pod číslom 5 – Operating Low Temperature Test), pričom ide o najnižšiu teplotu, ktorej bude zariadenie vystavené v bežnej situácii a bude sa od neho žiadať normálne fungovanie a prevádzka. Druhým pojmom je prevádzková vysoká teplota (tento pojem je dôležitý pri nižšie uvedenom teste vyššie označenom pod číslom 6 - Operating High Temperature). Prevádzkové hodnoty vysokých teplôt uvedené v tabuľke 4-1 v dokumente EUROCAE ED-14G sú maximálne úrovne, ktorým bude zariadenie vystavené v rámci konkrétnej oblasti inštalácie, (napr. v uzavretých priestoroch za prístrojovou doskou, stojany na vybavenie) za normálnych prevádzkových podmienok. Tretím pojmom je krátkodobá prevádzková teplota (tento pojem je dôležitý pri testoch vyššie označených pod číslami 4 – Short-Time Operating High Temperature a 3 – Short-Time Operating Low Temperatures). V týchto testoch sú vzaté do úvahy podmienky, ktoré nastávajú pri štarte, kde je zariadenie zapnuté a dostáva sa do svojich normálnych prevádzkových hodnôt. Predpokladá sa, že tieto teplotné podmienky sa vyskytnú nepravidelne a budú trvať krátku dobu nakoľko ochladenie alebo ohriatie okolitého vzduchu bude možné iba krátko po zapnutí zariadenia. Štvrtým dôležitým pojmom sú prízemné teploty prežitia (tento pojem je dôležitý pri testoch vyššie označených pod číslami 2 – Ground Survival High Temperature a 1 – Ground Survival Low Temperature) – toto sú najnižšie a najvyššie prízemné teploty, o ktorých sa predpokladá, že im zariadenie bude vystavené počas skladovania lietadla alebo pri klimatických extrémoch. Od zariadenia nie je očakávané, že za týchto podmienok bude funkčné, ale očakáva sa, aby ich prežilo bez poškodenia. Piatym pojmom je strata chladenia počas letu (tento pojem je dôležitý pri teste vyššie označenom pod číslom 7 – In-Flight Loss

of Cooling). Tento stav predstavuje zlyhanie vonkajšieho alebo vnútorného systému, ktorý normálne zabezpečuje vyhradené chladenie pre zariadenie. Určité vybavenia totiž musia prežiť obmedzený čas pri absencii chladenia.

K tejto podkapitole taktiež zaraďujeme testy týkajúce sa výšky. V zdrojovom dokumente sú popísané presne tri typy výškových testov a to konkrétne výškový test, dekompresný test a pretlakový test. Výškový test sa robí testovaním maximálneho tlaku za prevádzkových podmienok po dobu trvajúcu 2 hodiny. V dekompresnom teste treba nastaviť tlak na hodnotu akú má lietadlo vo výške 8000 ft (2 400 m) a potom zredukovať tlak na maximálnu hodnotu pri akej bude toto zariadenie fungovať. Táto redukcia by mala prebehnúť do 15 sekúnd a test by mal trvať aspoň 10 minút. Pretlakový test je vykonávaný pri vypnutom zariadení, ktoré je vystavené tlaku -15 000 ft (170 kPa), pričom pri týchto podmienkach zotrvá aspoň 10 minút a následne ho treba vrátiť do pracovných podmienok a určiť jeho funkčnosť. [23]

#### **4.1.2 Tepelné variácie (test)**

Tento test slúži na určenie výkonu zariadenia počas zmien teplôt pohybujúcich sa medzi vysokými a nízkymi teplotami. Tento test nemá preveriť správanie zariadenia vo vlhkom prostredí, a preto nie je potrebné simulovať vlhkosť. Tento test môže prebiehať v prostredí kde je vlhkosť minimálna alebo sa vôbec nevyskytuje. Slúchadlá zapadajú do kategórie C, do ktorej patria zariadenia v tepelne kontrolovanom vnútornom prostredí lietadla a žiadajú testovanie, kde je minimálny posun teploty o dva stupne Celzia. Pre kategórie A, B a C môže byť tento test spojený s testami z predchádzajúcej kapitoly týkajúcej sa teploty. Ak je tento test spojený s teplotnými testami, tak sa postupuje podľa tabuliek v predchádzajúcej kapitole a ak nie, tak je treba zariadenie spustiť pri okolitej teplote a potom znížiť teplotu na operačné minimum špecifikované v tabuľke 5.2 v zdrojovom dokumente. Toto zariadenie treba stabilizovať v pracovnom móde na minimálnej teplote a potom zvýšiť teplotu na operačné maximum. Na maximálnej teplote treba otestovať ako zariadenie zodpovedá štandardom výkonu. Potom treba zase zariadenie stabilizovať na maximálnej pracovnej teplote a nechať ho vypnuté aspoň 2 minúty. Ďalej ho treba znova zapnúť a teplotu znížiť na minimum podľa aplikovanej miery klesania teploty špecifikovanej v kategórii, ktorá zodpovedá zariadeniu. Nasledovne je potrebné zase stabilizovať zariadenie a nechať ho pracovať aspoň jednu hodinu. Po uplynutí jednej hodiny je nutné zariadenie minimálne na 30 minút zase vypnúť a reštartovať ho pri stálej udržiavanej minimálnej teplote. Nakoniec treba vrátiť teplotu na izbovú, stabilizovať zariadenie a určiť či spĺňa výkonnostné predpoklady. Tento proces je treba zopakovať minimálne dvakrát, aby bolo možné určiť, že zariadenie spĺňa požadované podmienky. Presne a podrobne je tento test popísaný v dokumente ED-14G v kapitole Temperature Variation. [23]

### 4.1.3 Vlhkosť (test)

Primárnym cieľom tohto testu je určiť schopnosť zariadenia vydržať fungovať vo vlhkom prostredí, buď umelo vytvorenom alebo prirodzenom. Hlavným nepriaznivým následkom vlhkosti pri zariadeniach je očakávané hrdzavenie. Letecké slúchadlá zodpovedajú kategórii A, ktorá opisuje prostredie civilného lietadla alebo Cargo lietadla so štandardnou vlhkosťou, pričom však nejde o prostredie so silnou vlhkosťou, pričom je toto prostredie kontrolované. Zariadenie by malo byť vystavené prostrediu, kde sa vlhkosť pohybuje na úrovni  $95\% \pm 4\%$  RH (relatívnej vlhkosti). Vlhkosť by mala byť zabezpečená parou alebo vyparovaním vody s pH medzi 6,5 až 7,5 a odpor vody by nemal byť väčší ako 250 000 ohmov na centimeter meraní pri teplote 25 stupňov Celzia. Rýchlosť vzduchu pri teste by mala byť medzi 0,5 až 1,7 metra za sekundu, pričom testovacia komora by mala byť vypúšťaná do atmosféry, aby sa zabránilo nárastu tlaku. [23]

Presný postup testu je vložiť zariadenie do testovacej komory a uistiť sa, že je v konfigurácii ako pri bežnom používaní. Ďalším krokom je stabilizovať zariadenie na  $38 \pm 2$  stupne Celzia a  $85 \pm 4\%$  RH a počas dvojhodinového časového rozhrania zvýšiť teplotu na  $50 \pm 2$  stupne Celzia a vlhkosť  $95 \pm 4\%$  RH. Túto konfiguráciu následne nechať v uvedenom stave minimálne 6 hodín. Počas nasledujúcich šesťnástich hodín  $\pm 15$  minút znížiť teplotu na  $38 \pm 2$  stupne Celzia alebo nižšiu. Počas tohto znižovania treba nechať najvyššiu možnú vlhkosť, ktorá nesmie klesnúť pod 85% RH. Celý tento opísaný proces je nutné zopakovať dvakrát. Po vykonaní týchto testov treba nechať zariadenie vyschnúť (prirodzene, nie ho utrieť), zapnúť a vyskúšať, či spĺňa a zodpovedá štandardom. Presný postup je presnejšie popísaný v dokumente ED-14G v kapitole Humidity. [23]

### 4.1.4 Magnetický efekt (test)

Tento test slúži na určenie magnetického efektu, ktorý má zariadenie na kompas alebo jeho senzory a ako ďaleko od neho môže byť nainštalované. Zabezpečuje to, aby zariadenie mohlo fungovať bez problémov a bez toho aby rušilo (alebo akokoľvek narušovalo) funkčnosť okolitých zariadení. Táto kategória závisí od vzdialenosti D, kde je pozorovaná 1 stupňová odchýlka. Magnetický efekt zariadenia by mal byť určený v podobe voľného magnetu v rovnomernom magnetickom poli s horizontálnou intenzitou  $14,4 \text{ A/m} \pm 10\%$  keď je testované zariadenie v polohe východ-západ cez os prúdenia siločiar magnetického poľa. Toto meranie môže byť vykonané na nekompenzovanom kompase alebo na ekvivalentnom magnetickom senzore. [23]

Čo sa týka presného priebehu testu, test sa začína vložением kábla testovaného zariadenia (EUT) na východo-západnú os prúdenia siločiar magnetického poľa ako je ukázané na obrázku 15-1 v dokumente ED-14G. So zapnutým zariadením si treba zvoliť mód, ktorý

produkuje najväčšiu magnetickú odchýlku a pozíciu zariadenia, ktorá tiež produkuje najväčšiu odchýlku. Potom treba znížiť vzdialenosť medzi testovaným zariadením a magnetom, aby sme získali priamy/jednosmerný prúd (DC). Túto vzdialenosť medzi osou prúdenia siločiar magnetického poľa a najbližšou vzdialenosťou testovaného zariadenia treba zaznamenať a zmerať. Z tejto vzdialenosti D potom treba zvoliť kategóriu, do ktorej zariadenie spadá. [23]

#### **4.1.5 Napájací vstup (test)**

Táto sekcia definuje testovacie podmienky a procedúry pre striedavý prúd (AC) alebo jednosmerný prúd (DC) elektrického napájania použitého na testované zariadenie. Pokrýva to elektrické napájacie zdroje ako sú 14 voltové DC prúdenie, 28 voltové DC prúdenie a 270 voltové DC prúdenie a ďalej 115 voltové RMS AC prúdenie buď na frekvencii 400 Hz alebo na rôznych frekvenciách, ktoré zahŕňajú 400 Hz. Bližšie popísané testy a parametre, ktoré je treba splniť je možné nájsť v dokumente ED-14G v kapitole Power Input. [23]

#### **4.1.6 Nárast napätia (test)**

Úlohou tohto testu je určiť, či zariadenie dokáže vydržať a prežiť nárast napätia, ktorému je zariadenie vystavené buď pod AC prúdom alebo DC prúdom. Hlavným následkom môže byť permanentné zničenie tohto zariadenia alebo degradácia a zmena vo výkone zariadenia. Tento test obsahuje dve kategórie, pričom v jednej sa ráta s vysokou ochranou proti zničeniu nárastom napätia a nazýva sa A. V druhej sa už ráta s nižšími štandardmi na ochranu proti zničeniu zariadenia nárastom napätia a nazýva sa kategória B. [23]

Test prebieha pri navrhnutom napätí zapnutého a operujúceho zariadenia. V rámci tohto testu je potreba simulovať niekoľko pozitívnych a negatívnych nárastov. Presnejšie ide o 50 pozitívnych nárastov v časovom rozmedzí jednej minúty a 50 negatívnych nárastov taktiež v časovom rozmedzí jednej minúty. Po tomto testovaní treba určiť, či zariadenie prešlo testom a či spĺňa požadované výkonnostné štandardy. Tieto testy sú bližšie popísané v kapitole Voltage spike v dokumente ED-14G. [23]

#### **4.1.7 Citlivosť vedenej audio frekvencie (test)**

V rámci tohto testu sa určuje, či zariadenie nainštalované v lietadle prijme komponenty frekvencie normálne očakávaných rozmerov. Tieto komponenty frekvencie sú normálne harmonicky zosúladené s fundamentálnou frekvenciou zdroja energie. Kategórie sa určujú podľa toho, či zariadenie prijíma ako hlavný napájací prúd AC prúd alebo DC prúd a tiež podľa toho, či je konštantný alebo nestály a ktorý z prúdov je primárny a ktorý sekundárny. Ak v teste nie je uvedené inak, tieto testy by mali byť vykonané na nominálnom prívode napätia. Testy sa uskutočňujú na DC vstupnom napájacom vedení a na AC vstupnom napájacom vedení. Počas týchto testov by malo byť zariadenie v prevádzke a mala by byť použitá sínusovo vlnená

audio frekvencia zapojená v sérii s každým napájacím vedením DC a AC prúdu, čo je presne popísane v tabuľkách v dokumente ED-14G v kapitole označenej pod číslom 18. Ďalším úkonom v rámci tohto testu je určiť, či výkon zariadenia zodpovedá testovacím štandardom. Tieto testy sa robia zvlášť pre AC a DC prúd. Taktiež zariadenie prechádza skenom frekvenčnej miery v prípade ak generuje diskkrétne frekvencie, pričom minimálny počet frekvencií by mal byť 30 za dekádu. Tento postup by mal byť logaritmicky rozložený, čo nájdeme presne definované v kapitole 18 dokumentu ED-14G, kde je presne popísaná rovnica postupu. [23]

#### **4.1.8 Vyvolaná signálová náchylnosť (test)**

Prostredníctvom vykonania tohto testu sa určuje, či konfigurácia spojovacieho okruhu zariadenia prijme level indukovaného napätia vyvolaného prostredím, v ktorom je nainštalovaná. Sekcia venujúca sa tomuto testu v dokumente ED-14G sa venuje špecificky narúšajúcim signálom spôsobeným napájacou frekvenciou, audio frekvenčnými signálmi a elektrickými prechodmi, ktoré sú generované ostatnými palubnými zariadeniami alebo systémami, ktoré sú zapojené do obvodu s testovaným zariadením. Napájacie vedenia, ktoré boli testované vo vyššie spomenutej 18. kapitole, sú z tohto testu vyňaté a nemusia tak byť znova testované. [23]

Kategórie tohto testu sú definované tromi písmenami. Prvé nám hovorí o testovacom leveli, druhé o primárnej napájacej inštalácii a posledné – tretie, nám hovorí či je kvalifikované ako E-pole v zariadení alebo nie. Testov, ktoré je potrebné vykonať je dokopy päť. Prvý test zisťuje indukované magnetické pole v zariadení. Zariadenie je vystavené audio frekvencii magnetického poľa generovanej podľa tabuľky z 19. kapitoly dokumentu ED-14G a následne je určené, či zariadenie vyhovuje testovacím požiadavkám. Druhý test zastrešuje testovanie indukovaného elektrického poľa v zariadení. Tento test pozostáva z vystavenia zariadenia audio frekvencii elektrického poľa bližšie taktiež popísaného v tabuľke z 19. kapitoly dokumentu ED-14G. Tretím testom je testovanie indukovaného magnetického poľa v prepájacích kábloch, ktoré sú taktiež vystavené audio frekvencii magnetického poľa ako je ilustrované v tabuľke v uvedenej kapitole dokumentu. Štvrtý test je rovnaký ako tretí, len sú namiesto indukovanému magnetického poľa vystavené indukovanému elektrickému poľu. Posledný piaty test sa týka indukovaných výbojov v prepájacích kábloch. Káble sú vystavené obom pozitívnym aj negatívnym prechodným poliam podľa návodu v tabuľke z 19. kapitoly dokumentu ED-14G. [23]

#### **4.1.9 Rádio frekvenčná citlivosť (test)**

Tento test sa orientuje na to, či je zariadenie schopné fungovať s jeho výkonnosťnými špecifikáciami v prípade, že je zariadenie a jeho prepájacie káble vystavené levelu rádiovkej

frekvencie modulovaného prúdu, buď v podobe vyžarovania rádiovkej frekvencie poľa alebo vsunutou sondou indukovanou na napájacie vnútorné káble. Používajú sa dva testovacie procedúry – jedna od 10kHz do 400MHz, kedy je zariadenie vystavené rádio frekvenčným signálom spájaných pomocou vsúvajúcej sondy medzi káble a druhá je pre frekvencie od 100 MHz až po najvyšší frekvenčný limit, kde je zariadenie vystavené vyžarovaciemu rádio frekvenčnému pólu. Prekrytie týchto testov medzi 100 MHz do 400 MHz je zámerné. Test vyžarovacej náchylnosti od 100 MHz do 18 GHz môže byť vykonaný podľa metód a opisu v kapitole 20.5 alebo 20.6 zo zdrojového dokumentu podľa voľby a preferencie vykonávateľa testu. Výsledky týchto testov môžu byť použité na určenie reakcie zariadenia na rôzne rádio frekvenčné hrozby ako sú HIRF, T-PED a inštalované systémové emisie a na rozradenie do kategórii definujúcich vodivé a vyžarovacie rádio frekvenčné levely zariadenia. Tieto testy sú dostačujúce na dosiahnutie environmentálnej kvalifikácie pre rádio frekvenčnú citlivosť. Dodatočné testy môžu byť vyžadované pre certifikáciu inštalácie zariadenia do lietadla. Kategórie tohto testu určujú rádio frekvenčné testovacie levely a minimálnu rádio frekvenčnú imunitu pre zariadenie. Kategória musí byť zvolená skôr ako poznáme prostredie, v ktorom sa zariadenie bude nachádzať v lietadle, čo nie je problém, keďže je aj tak väčšina zariadení navrhnutá s tým, že bude používaná v niekoľkých druhoch lietadiel. To znamená, že ak kategória nie je upresnená v špecifikácii zariadenia, výrobca by mal vytvoriť test a kvalitu zariadenia tak, aby zodpovedala očakávanej lokalite v lietadle a očakávanému použitiu. Určenie kategórie pozostáva z dvoch charakteristík. Jednou z nich sú testovacie levely pre vodivú citlivosť, označené prvým znakom kategórie. Druhá kategória týkajúca sa testovaných levelov vyžarovacej citlivosti je označená druhým znakom kategórie. Pre pomoc a vedenie výrobcu pri voľbe vhodného testu boli vytvorené v dokumente ED-14G kategórie pre pomoc. Bližší priebeh a presný postup testov potrebných pre splnenie certifikácie tohto testu je popísaný v kapitole 20 tohto dokumentu. [23]

#### **4.1.10 Vyžarovanie rádio frekvenčnej energie (test)**

Tento test má určiť, či zariadenie nevyžaruje nežiaduci rádio frekvenčný ruch a či neprekračuje level, ktorý je špecifikovaný a vyžadovaný v 21. kapitole dokumentu ED-14G. Kategórie v tomto teste sú rozdelené na základe lokality a separácie medzi zariadením a leteckými rádiovými anténami. Tento test by mal prebiehať na zemi v lietadle v súlade so špecifikáciami v kapitole 20.3. zdrojového dokumentu. Vodivé rádio frekvenčné emisie by mali byť merané od 150 KHz až do 152 MHz. Narušajúce prúdenie generované zariadením by malo byť merané použitím pripojiteľného interferenčného meracieho zariadenia. Vyžarované rádio frekvenčné emisie by mali byť merané od 100 MHz do 6000 MHz. Presný popis tohto testu aj s tabuľkami a technickými špecifikáciami nájdeme v 21. kapitole dokumentu ED-14G. [23]

#### **4.1.11 Náchylnosť vyvolaná prechodom blesku (test)**

Testovacie metódy a procedúry zahrnuté v teste s názvom náchylnosť vyvolaná prechodom blesku z 22. kapitoly dokumentu ED-14G majú overiť schopnosť zariadenia vydržať určitý počet krátkodobých testov, ktoré sú navrhnuté tak, aby simulovali hodnoty vyvolané zásahom blesku. Vlny, levely a kritéria úspechu či naopak neúspechu pre zariadenie by mali byť určené v aplikovateľnej špecifikácii zariadenia. Môžu byť použité dve skupiny testov pre kvalifikáciu zariadenia. Do prvej skupiny patrí test pre toleranciu poškodenia popísaná v paragrafe 22.5.2 v dokumente ED-14G. Druhý test popísaný v paragrafe 22.5.2 v dokumente ED-14G určuje hodnoty funkčnej tolerancie zariadenia pri prechodových javoch na skupinu káblov. Výrobca zariadenia by mal testovať zariadenie v leveloch a na vlnách, na akých bude podľa očakávania zariadenie fungovať počas prevádzky v lietadle. [23]

#### **4.1.12 Elektrostatické výboje (ESD)**

Tento test sa zaoberá elektrostatickými výbojmi týkajúcimi sa leteckých zariadení spôsobenými statickým elektrickým výbojom z ľudského kontaktu. Niektoré podmienky, ktoré ovplyvňujú ESD môžu byť napríklad relatívne nízka vlhkosť, teplota, použitie slabo vodivých kobercov, vinylové sedadlá a plastové povrchy, ktoré sa môžu nachádzať vo všetkých častiach lietadla. Tento test sa týka všetkých zariadení a povrchov, ktoré sú dostupné počas normálnej prevádzky lietadla alebo jej údržby. Významom tohto testu je určiť imunitu alebo schopnosť zariadenia fungovať podľa daných požiadaviek bez permanentného degradovania výkonu, ktoré by bolo výsledkom vystavenia výboju elektrostatického pulzu. Imunita zariadenia na elektrostatické výboje by mala byť odvodená od schopnosti zariadenia zvládnuť sériu elektrostatických výbojov na testovacom leveli 15 000 voltov nasmerovaných na špecifické miesto zariadenia, na ktorom dochádza k ľudskému dotyku. Množstvo výbojov by malo byť 10 na každej zvolenej lokácii a v oboch napäťových polaritách ako v pozitívnej, tak aj v negatívnej. Tento test má len jednu kategóriu a tou je zariadenie, ktoré je inštalované alebo využívané počas normálnej prevádzky alebo údržby lietadla. Presný popis tohto testu aj so schémami, v ktorých je popísané ako treba zariadenie pripojiť, je v 25. kapitole Electrostatic Discharge v dokumente ED-14G. [23]



## 5. Spoločnosti vyrábajúce letecké slúchadlá

V tejto kapitole bakalárskej práce sa venujeme detailnému technickému opisu konkrétnych modelov leteckých slúchadiel alebo náhlavných súprav, čím chceme poukázať nielen na technické parametre leteckých slúchadiel a ich kvalitu, ale tiež na možnú náhradu certifikovaných leteckých slúchadiel, ktoré sú síce na trhu už overené a pilotmi používané dlhé roky, no ich cenová relácia sa pohybuje veľmi vysoko. Skôr než sa však dostaneme k samotným slúchadlám a ich parametrom a porovnaniu, považujeme za nevyhnutné si každú z výrobných spoločností aspoň v krátkosti priblížiť, aby vznikla istá predstava aj o dodávanej kvalite konkrétnych typov slúchadiel a ich obľúbenosti medzi kupujúcimi.

Na výrobnom a predajnom trhu s leteckými slúchadlami je možné pozorovať vysokú mieru konkurencieschopnosti. Medzi najúspešnejšie americké firmy pohybujúce sa na trhu s leteckými slúchadlami patria napríklad David Clark Company, Bose Corporation, Clarity Aloft Technologies, The 3M Company, Telex Communications, Lightspeed Aviation a mnoho ďalších. Veľkému úspechu sa tešia aj slúchadlá od nemeckých spoločností Bosch Sicherheitssysteme GmbH a Sennheiser Electronic GmbH & Co. Z týchto spoločností sme sa rozhodli analyzovať slúchadlá od spoločností Bose Corporation, Telex Communications a navyše menšiu americkú spoločnosť s názvom UFlyMike, ktorá predáva nami preferované spojenie slúchadiel Bose QC 35 s mikrofónom Crystal Mic vyrábaného spoločnosťou OSEI ako certifikovanú a lacnejšiu variáciu oproti ostatným certifikovaným slúchadlám. [26]

### 5.1 Spoločnosť Bose

Spomedzi spoločností vyrábajúcich letecké slúchadlá sme vybrali okrem iných na analýzu konkrétnych modelov slúchadiel aj spoločnosť Bose Corporation, ktorá sa už roky drží na popredných predajných priečkach, minimálne čo sa týka leteckých slúchadiel. Značka týchto slúchadiel je v povedomí prevažnej väčšiny pilotov a keď požiadame internet o pomoc pri výbere a porovnaní kvality rôznych značiek leteckých slúchadiel, väčšina stránok nás nasmeruje práve k slúchadlám od spoločnosti Bose, ktoré sú často označované za najkvalitnejšie letecké slúchadlá. Americká spoločnosť Bose Corporation bola založená v roku 1964 a funguje dodnes so sídlom vo Framinghame v štáte Massachusetts a jej zakladateľom bol Amar Bose. Amar Bose vyštudoval elektrotechniku na Massachusettskej vysokej škole technickej (Massachusetts Institute of Technology), kde bol neskôr aj profesorom elektroinžinierstva. V roku 1978 začal výskum, ktorého výsledkom boli vôbec prvé slúchadlá s aktívnym potláčaním zvuku. Celý svoj život zasvätil audiou, pričom bol za svoje snahy a úspechy vo vývine audio technológií v roku 2008 uvedený do Siene slávy národných vynálezcov. Jeho spoločnosť mala a stále má nevídaný úspech – 7 rokov po sebe bola zvolená za jednu z piatich najinovatívnejších značiek, pričom cena Plus X je získavaná v najväčšej

svetovej súťaži značiek pohybujúcich sa v oblasti technológie, športu a životného štýlu. [10] [51]

Okrem slúchadiel spoločnosť Bose vyniká v oblasti výroby a predaja reproduktorov a iných audio produktov, sprostredkúva kvalitné ozvučenie nielen interiérov, ale aj záhrad, či komerčných priestorov a dokonca spolupracuje v oblasti stereo systémov do áut s viacerými značkami automobilových vozidiel, medzi ktoré patria napríklad Audi, Porsche, Renault, Cadillac, Infiniti, Nissan a Mazda. Bezpochyby teda môžeme podporiť tvrdenie, že značka Bose je aj dnes zárukou mimoriadnej kvality, čo potvrdzuje aj fakt, že značka Bose bola 9 rokov po sebe vymenovaná za najlepšieho výrobcu leteckých slúchadiel v prieskume magazínu Professional Pilot. [10] [51]

Už sme spomenuli, že Bose Corporation je priekopníkom vo výrobe leteckých slúchadiel, no zaujímavý je aj príbeh vzniku a rozvoja spoločnosti. Už od počiatku vzniku spoločnosti Bose spolupracoval jej zakladateľ s armádou a americkým ministerstvom obrany, pre ktoré vyrábal zosilňovače a popri tejto činnosti sa spoločnosť sústredila na akustiku a dizajn reproduktorov, ktorého vylepšením chcel Amar Bose dosiahnuť lepšiu akustiku a zážitok z audia. Snaha zakladateľa spoločnosti o vývoj technológie aktívneho potláčania hluku začala, ako sme už spomenuli, v roku 1978 kedy letel s leteckou spoločnosťou Swiss Air a zvuk vtedajších najnovších slúchadiel bol prehlušovaný hlukom z lietadla. Počas letu si narysoval prvotné návrhy tohto konceptu. Už v roku 1986 sa prvýkrát využili prototypy slúchadiel s technológiou aktívneho potláčania hluku vyvinuté spoločnosťou Bose, pričom na svojich dlhých letoch ich testovali Dick Rutan a Jeana Yeager. V roku 1989 prvýkrát predstavili komerčné slúchadlá s aktívnym potláčaním hluku a odvtedy až dodnes táto technológia napreduje a vyvíja sa. Už v roku 1998 vyšiel model X slúchadiel od Bose s technológiou ANR, ktoré boli oproti predchádzajúcim modelom menšie a ľahšie. Okrem pilotov a členov posádky slúchadlá od Bose využívali aj pasažieri, ktorým bol v roku 2000 predstavený model slúchadiel Bose QuietComfort, ktorý výrazne potlačil okolité zvuky a poskytol pasažierom lepšiu kvalitu zvuku prehrávaných médií. V roku 2010 predstavila spoločnosť slúchadlá, ktorými je dodnes celosvetovo preslávená a to konkrétne leteckú náhlavnú súpravu Bose A20 s technológiou ANR, zvýšenú o úroveň pohodlia a možnosť pripojenia funkcie Bluetooth k GPS a telefónu. V roku 2015 boli týmito slúchadlami predstavené nové vylepšené funkcie, pričom nová verzia týchto slúchadiel ponúka Bluetooth audio, možnosť prioritizovania audia, auto-on systém, ktorý prepína medzi čerpaním energie z lietadla a slúchadiel. Aj z dôvodu obľúbenosti medzi kupujúcimi sme sa rozhodli v tejto práci charakterizovať a bližšie si priblížiť práve model slúchadiel Bose A20. [10] [51]

### 5.1.1 Letecké slúchadlá Bose A20



Obrázok č. 5 – Letecké slúchadlá A20 od spoločnosti Bose

Model slúchadiel Bose A20 má v rámci leteckých slúchadiel najlepšie recenzie. Na oficiálnej webovej stránke spoločnosti Bose je možné sa dopracovať k viacerým variantom tohto modelu. Základný odlišovací parameter medzi typmi modelov týchto slúchadiel je rôzny typ konektoru a skutočnosť, či slúchadlá ponúkajú alebo neponúkajú funkciu Bluetooth. Bose A20 s Bluetoothom, duálnym konektorom a rovným káblom sa predávajú za 1 095 \$ (čo je v prepočte 1 071,82 € a približne 26 398 Kč) rovnako ako aj Bose A20 s Bluetoothom, šesťpinovým LEMO konektorom a rovným alebo variantne zakrúteným káblom, A20 s Bluetoothom, päťpinovým XLR konektorom a rovným káblom a rovnakú cenu majú aj modely A20 s Bluetoothom, konektorom typu U174 a variantné typy káblu – buď si môžete vybrať model so zakrúteným káblom alebo model s rovným káblom, cena zostáva rovnaká. Za 995 \$ (čo je v prepočte 973,94 € a približne 23 046 Kč) má spoločnosť v ponuke Bose A20 s duálnym konektorom a rovným káblom, avšak bez funkcie Bluetooth. Za rovnakú cenu sa predáva aj model A20 s šesťpinovým LEMO konektorom a rovným káblom, Bose A20 s päťpinovým XLR konektorom a rovným káblom, A20 s konektorom typu U174 a rovným káblom – rovnako však ide o modely bez funkcie Bluetooth. Môžeme teda pozorovať, že rozdiel v cene typov slúchadiel A20 je podmienený najmä tým, či slúchadlá majú rozširujúcu funkciu Bluetooth, prostredníctvom ktorého sa spotrebiteľ dokáže pripojiť k mobilnému telefónu alebo GPS. Podľa potreby a typu lietadla sa tiež pri slúchadlách Bose A20 dá vybrať aj typ konektoru, ktorý kupujúcemu vyhovuje a ako sme si ukázali v nadväznosti na kapitolu Letecké slúchadlá, Bose A20 ponúkajú všetky typy konektorov – duálny konektor, päťpinový

XLR konektor, šesťpinový LEMO konektor a v neposlednej rade aj konektor na vrtuľníky U174. Ďalším rozlišovacím parametrom medzi typmi tohto modelu je aj spôsob nabíjania – slúchadlá sa nabíjajú buď prostredníctvom batérie alebo priamo z lietadla. [3]

Medzi rozširujúce funkcie týchto slúchadiel patrí možnosť zmiešania rôznych audio kanálov. Keď pilot cez slúchadlá počúva hudbu prostredníctvom funkcie Bluetooth, môže si nastaviť jej úplne stlmenie pri ATC vysielaní alebo si môže nastaviť, aby sa oba signály zmiešali. Tak isto obsahuje funkciu auto-on, prostredníctvom ktorej si pilot môže prepínať medzi napájaním z lietadla a z batérie slúchadiel. Táto funkcia zabezpečuje, že pri modeloch slúchadiel, ktoré sú napájané z lietadla sa slúchadlá automaticky zapnú po zapnutí komunikačných prístrojov a po vypnutí týchto prístrojov sa zase vypnú. Pri verziách modelov slúchadiel, ktoré sú napájané z batérie slúchadiel, je náprotivná verzia technológie auto-on a to funkcia auto-off. Pri využití tejto funkcie sa slúchadla automaticky vypnú, no na ich zapnutie je treba stlačiť tlačidlo na zapnutie, ktoré sa nachádza na slúchadlách. [3]

Čo sa týka tlmenia okolitého hluku, samotná firma Bose na svojej stránke uvádza, že ich slúchadla Bose A20 ponúkajú až o 30% lepšiu redukciu hluku ako konvenčne letecké slúchadla. Ako väčšina spoločností predávajúcich letecké slúchadlá však neuvádzajú presnú hodnotu v decibeloch, no na trhu s leteckými slúchadlami sú tieto modely známe vysokou kvalitou tlmenia hluku. Tieto slúchadlá sa tešia veľkej obľube najmä kvôli tomu, že svojim nositeľom ponúkajú vysoký komfort – ich váha je iba 340 gramov, majú minimálnu upínaciu silu okolo hlavy a vankúšiky z ovčej kože. Medzi ďalšie výhody týchto slúchadiel patrí napríklad prispôsobiteľné pripojenie mikrofónu na preferovanú stranu slúchadiel. Čo sa týka batérie a jej výdrže, tento set je napájaný dvomi alkalickými AA batériami a zaručuje funkčnosť slúchadiel minimálne 45 a viac hodín. Ďalšou zárukou kvality, ktorú ponúkajú slúchadlá Bose A20 je skutočnosť, že sú certifikované podľa FAA TSO-139 a EASA ETSO-C139 štandardov. Požiadavka na pilotov využívať certifikované slúchadlá síce nie je podmienkou v každej leteckej spoločnosti, ale v tých, v ktorých tomu tak je, sú tieto slúchadlá vyhovujúcou voľbou. Tento produkt spája dlhodobú prax firmy Bose a ukazuje nám prvotriedny a špičkový produkt určený pre letecký trh, pričom nemá v radoch certifikovaných leteckých slúchadiel konkurenciu, no s týmto luxusom prichádza aj vysoká cena, ktorú si nie každý pilot môže dovoliť. Tým, že sú slúchadlá využívané v letectve, je možné že firma využíva leteckú špecializáciu svojho setu a preto aj značne navyšuje cenu. Toto tvrdenie odvodzujeme z toho, že ak porovnáme set Bose A20 so slúchadlami Bose QC 35, môžeme vidieť, že cena značne klesne a kvalita zostáva približne rovnaká. Preto by sme navrhovali použiť alternatívne slúchadla od firmy Bose na rovnakej kvalitatívnej úrovni, no za tretinovú cenu – Bose QC35 v kombinácii s mikrofónom. [1] [3] [4]

### 5.1.2 Letecké slúchadlá Bose QC 35



Obrázok č. 6 – Letecké slúchadlá QuietComfort 35 od spoločnosti Bose

Bose QC35 síce nie sú oficiálne certifikované letecké slúchadlá, no ponúkajú rovnakú kvalitu zaručenú značkou Bose a v porovnaní s modelom Bose A20 sú o tretinu lacnejšie. Ich cena sa momentálne pohybuje okolo 299 \$ (čo je v prepočte 291 € a približne 7 175 Kč). Ide o značkové a vysoko kvalitné slúchadlá na denné používanie s aktívnym potlačením hluku a vysokokvalitným audiom. V týchto slúchadlách je zabudovaný aj Google asistent a Amazon Alexa, ktorá síce pravdepodobne nenájde využitie v letectve, ale veľkou výhodou týchto slúchadiel je aj skutočnosť, že je možné ich používať aj ako každodenné slúchadlá, kde je možné túto funkciu využiť. Slúchadlá QC 35 obsahujú aktívne potlačenie hluku od firmy Bose, kedy technológia v týchto slúchadlách neustále meria a monitoruje vonkajší hluk a ruší ho opačným signálom, rovnako ako pri slúchadlách Bose A20. V súvislosti s aktívnym potláčaním hluku poskytujú tieto slúchadlá možnosť vybrať si podľa vášho okolia ako veľmi bude okolitý hluk tlmený. Bose QC35 ponúkajú čistotu a kvalitu zvuku bez ohľadu na to ako hlasno máte pustenú hudbu. Tieto slúchadlá sú totiž vybavené technológiou pre optimalizáciu hlasitosti, vďaka ktorej poskytujú čistý a vyvážený zvuk pri akejkolvek hlasitosti či štýle hudby. Tieto slúchadlá sú navrhnuté na cestovanie. Sú skonštruované z materiálov navrhnutých na odolávanie nárazu a nehrdzavejúcej chirurgickej ocele. Nakoľko sú ľahko prenosné a navrhnuté na cestovanie, ráta sa aj s ich dlhodobým využívaním, a preto ponúkajú aj vysokú úroveň pohodlia. Slúchadlá sú obalené v Alcantare (jemný materiál na prekrytie, ktorý sa používa na jachtách a v luxusných automobiloch) a vankúšiky na uši sú vyrobené zo syntetickej kože. Malým bonusom je aj to, že majú vlastnú dedikovanú aplikáciu, ktorá umožňuje rôzne upravovanie nastavení slúchadiel. Tieto slúchadlá ponúkajú výdrž batérie až do 20 hodín a stačí im iba 15 minútové nabíjanie, aby poskytli ďalšie dve a pol hodiny

počúvania. Z ohľadom na batériu treba pri týchto slúchadlách spomenúť, že ak by sa aj vybila batéria v lietadle, slúchadlá neprestávajú fungovať. S pripojeným mikrofónom Crystal mic a zapojením do lietadla stále fungujú aj keď sú vybité, jediný rozdiel je badateľný v tom, že v tomto prípade nefunguje aktívne potlačenie hluku. V porovnaní s Bose A20 sú ľahšie, vážia iba 240 gramov a po pridaní mikrofónu by sa im váhou mali vyrovnáť. Najnižšou frekvenciou slúchadiel Bose QC 35 je 10 Hz, pričom pri Bose A20 to je 15Hz. [38]

Keď teda postavíme vedľa seba modely slúchadiel Bose QC 35 a Bose A20, Bose A20 má oproti QC 35 mikrofónnavyššie, funkciu stlmenia hluku, nastaviteľný mikrofón a vyberateľnú batériu. Bose QC 35 má oproti Bose A20 o 5Hz nižšiu najnižšiu frekvenciu, odnímateľný kábel, dobíjateľnú batériu, neodymové magnety a navyše sa QC 35 dajú zložiť, kontrolný panel sa nachádza priamo na nich a samotné slúchadlá sú ľahšie. Bose QC 35 sa podľa nášho názoru kvalitou a pohodlím vyrovnajú leteckej náhlavnej súprave Bose A20, jediným výrazným rozdielom medzi nimi je cena. Bose QC 35 sú vysokokvalitné slúchadlá, ktoré sa dajú využiť okrem leteckých aj na osobné účely a za nižšiu cenu poskytujú pilotom pohodlný a kvalitný zvuk ako v osobnom živote tak aj v pracovnom. Po pripojení mikrofónu Crystal mic sa z nich stávajú prvotriedne letecké slúchadlá kvalitou zodpovedajúce značke Bose. [1] [3] [4] [38]

## 5.2 Spoločnosť na výrobu leteckých slúchadiel Telex Communications

Pôvodný názov dnešnej spoločnosti Telex Communications so sídlom v Burnsville v štáte Minnesota bol Telex Corporation (Telex Communications bola pôvodne konštruovaná iba ako dcérska firma Telex Corporation a to konkrétne v sedemdesiatych rokoch), pričom ide o firmu vyrábajúcu komunikačné a audio zariadenia. Založená bola v roku 1936 a pôvodne vyrábala sluchové pomôcky a v šesťdesiatych rokoch začala pôsobiť na trhu s počítačmi. V roku 1988 Telex Corporation získala spoločnosť Memorex, ktorá sa premenovala na Memorex Telex NV. Sekcia spoločnosti Telex, ktorá spravovala sluchové pomôcky sa oddelila a v roku 1989 tak vznikla nezávislá spoločnosť s názvom Telex Communications. V auguste roku 2006 túto spoločnosť odkúpila nemecká spoločnosť Bosch Group za 420 miliónov dolárov a stala sa súčasťou dnešnej spoločnosti Bosch Communications Systems.

Čo sa týka oblasti letectva, firma Telex viac ako 50 rokov poskytuje pilotom svoje služby a výrobky, ktoré by im mali zabezpečovať pohodlie a bezpečnosť pri výkone práce. Okrem toho, že sa spoločnosť venuje rádiovému dispečingu nás bude prednostne zaujímať aktivita spoločnosti v oblasti riešení leteckých audio systémov. Telex vynášli prvý mikrofón s potláčaním hluku pre americké ozbrojené sily počas bojov za druhej svetovej vojny. Neskôr boli tieto mikrofóny od firmy Telex využívané vo vesmírnych misiách akými boli napríklad Mercury, Gemini a Apollo. Tieto mikrofóny s vyvinutou technológiou sú súčasťou leteckých slúchadiel dodávaných Telexom. Po leteckých slúchadlách od spoločnosti Telex siaha mnoho

pilotov pri výbere služobných slúchadiel. Čo sa týka profesionálov pôsobiacich v komerčnom letectve (či už ide o pilotov, dizajnérov alebo operátorov), až 70 percent z nich si údajne volí práve slúchadlá Telex. Slúchadlá tiež využívajú technológiu ANR a výhodou je patentovaný systém ComfortCam™ od Telexu, vďaka ktorému si môžu piloti nastaviť slúchadlá tak, aby im čo najlepšie sedeli. Tento systém využíva mnoho leteckých slúchadiel od firmy Telex, ktoré zároveň zabraňujú mechanickému tlaku vyvíjanému slúchadlami na hlavu ich nositeľa. [41]

### 5.2.1 Letecké slúchadlá Telex Airman 7



Obrázok č. 7 – Letecké slúchadlá Airman 7 od spoločnosti Telex

Na technickú analýzu sme si vybrali slúchadlá zo série Airman od Telexu. Prvými z nich sú letecké slúchadlá s mikrofónom Telex Airman 7, ktoré sa však dnes nevyrábajú, no stále sú používané mnohými pilotmi. Telex Airman 7 je prezentovaný firmou Telex ako ľahká náhlavná súprava s boom mikrofónom navrhnutá špeciálne na optimalizáciu pilotnej komunikácie pre komerčné a obchodné turbínové lietadlá. Ich technológia je z veľkej časti postavená na tradícii Airman 750, no Airman 7 ponúkajú lepšiu odolnosť, zrozumiteľnosť a pohodlie. Mäkké ušné vankúšiky a chrániče hlavového mosta sa spájajú s obojsmernými otočnými čapmi náušníkov. Letecký headset Airman 7 je vybavený údajne vysoko kvalitným zosilneným elektretovým mikrofónom pre čistý prenos hlasu. Silný hlavový most z nehrdzavejúcej ocele s kovovými čapmi zlepšuje odolnosť a dlhú životnosť náhlavnej súpravy. Dizajn ramena mikrofónu poskytuje silnejšie zarážky otáčania s využitím celého priemeru náušníka. Okrem toho bol pridaný predskrutkovaný horný kábel na predĺženie životnosti náhlavnej súpravy. Hlavný kábel náhlavnej súpravy je tiež robustnejší a vyznačuje sa vylepšeným dizajnom reliéfu pásika na vstupe náušníka. Okrem toho sa Airman 7 dodávali s

vymeniteľnými krytmi náušníkov a voliteľnými koženkovými náušníkmi. Akustický obmedzovač náhlavnej súpravy chráni používateľov pred náhlym zvýšením hladiny zvuku. Headset Airman 7 plne vyhovuje FAA TSO C-139a, pričom teda ide o TSO certifikovaný model. Airman 7 je dostupný v jednostrannej, obojstrannej slúchadlovej konfigurácii. Cena tohto setu sa pohybovala okolo 300 \$ (to je v prepočte okolo 293 € a 7 210 Kč). Aj keď výrobca leteckej náhlavnej súpravy Airman 7 chválou tohto headsetu nešetril, tento set nie je príliš obľúbený medzi pilotmi a taktiež neposkytuje reklamovanú kvalitu zvuku a už vôbec nie pohodlie na dlhé lety. Nakoľko tento set nezakrýva celé uši, je počuť aj okolitý hluk a pri dlhšom nosení je aj nepohodlný, často aj bolestivý. Tento set si volia letecké spoločnosti hlavne kvôli nižšej cene, ktorá im vyhovuje pri povinnosti mať na palube lietadla leteckú náhlavnú súpravu, no pre pilotov je tento variant veľmi nepohodlný, a preto si radšej kupujú vlastné slúchadlá, ktoré im vyhovujú viac. [42]

### 5.2.2 Letecké slúchadlá Telex Airman 750



Obrázok č. 8 – Letecké slúchadlá Airman 750 od spoločnosti Telex

Airman 750 je od jednou z najobľúbenejších ľahkých leteckých náhlavných súprav s pasívnou redukciou hluku firmy Telex. Model týchto slúchadiel je schválený podľa FAA TSO C57 a FAA TSO C58. Model Airamn 750 obsahuje slúchadlá v štýle open-air, ktoré umožňujú dlhodobé používanie bez únavy. Puzdrá slúchadiel sú namontované na posuvných lištách z nehrdzavejúcej ocele, ktoré umožňujú nastavenie viac ako 55 milimetrov a náušníky sú odnímateľné pre jednoduchú výmenu v teréne. Okrem toho je rameno mikrofónu flexibilné pre optimálne umiestnenie mikrofónu a je obojstranné pre nosenie na oboch stranách hlavy. Airman 750 je vybavený miniatúrnym, zosilneným elektretovým mikrofónom s potlačením hluku, ktorý poskytuje vynikajúce potlačenie 400 Hz šumu. Pre dosiahnutie najlepších



výsledkov by mal byť mikrofón umiestnený čo najbližšie k ústam, ako je to možné. Najvhodnejšia je poloha na jednej strane úst. Minimalizujte sa tým praskanie, syčanie a dýchanie pri hovorení, pričom zosilňovač mikrofónu sa nachádza len v jednom slúchadle. Zosilňovač má nastaviteľné ovládanie zosilnenia a poskytuje výstupné úrovne ekvivalentné úrovniám uhlíkového mikrofónu (nastavenie si však vyžaduje kvalifikovaného mechanika). Náhlavná súprava Airman 750 s hmotnosťou iba 115 gramov je štandardným vybavením viac ako 70 percent komerčných lietadiel. Tak ako pri sete Airman 7, tak aj pri tomto sete si výrobca stojí za kvalitou svojho výrobku, no piloti z hľadiska kvality zvuku a pohodlia taktiež neobľubujú tento model a radšej si zvolia iný variant, ktorý im vyhovuje viac. S týmto modelom sú spojené taktiež bolesti hlavy po dlhšom nosení a problém so zrozumiteľnosťou prenášaného zvuku. [43]

### **5.3 Spoločnosť UFlyMike**

Považujeme za kľúčové spomenúť v tejto práci najmä firmu UFlyMike, s ktorou sme komunikovali prostredníctvom mailu a ktorá nám poskytla kľúčové informácie týkajúce sa témy obsiahnutej v rámci našej práce. Čo sa týka spoločnosti UFlyMike, ide o malú rodinnú firmu, ktorá funguje od roku 2005 v americkom meste Colorado Springs v štáte Colorado. Zakladateľom tejto firmy bol Mike Lackey, ktorý v roku 1996 začal po kariére vo vojenskom letectve novú kariéru v leteckej spoločnosti Southwest Airlines v Spojených štátoch. Rovnako ako Amar Bose, aj Mike Lackey bol nespokojný s kvalitou leteckých slúchadiel. Bol toho názoru, že ich dizajn sa zasekol v 60-tych rokoch, a preto sa začal pohrávať s myšlienkou, že by spotrebiteľské slúchadlá podrobil procesu vývoja a testovania, aby mohli byť používané v lietadlách. V roku 2003 predstavila spoločnosť Bose model leteckých slúchadiel QuietComfort 2, ktorý sa Mike Lackey rozhodol prekonvertovať na letecké slúchadlá. Pôvodne išlo iba o súkromné účely, za ktorými spojil slúchadlá od Bose s mikrofónom Plantronics T-30. Toto spojenie vyvolalo medzi ostatnými pilotmi veľký záujem a tak vznikla firma UFlyMike, ktorá sa tejto činnosti a predaju leteckých slúchadiel v kombinácii s osobitnými mikrofónmi venuje dodnes. [46]

Firma UFlyMike má už certifikovaný produkt pod FAA v Amerike a prešla si spomínaním procesom, ktorým musí prejsť každý výrobca leteckých slúchadiel, aby mohol byť produkt predávaný ako TSO certifikovaný. Firme UFlyMike sa podarilo v júli roku 2007 prejsť potrebnými TSO testovacími štandardmi podľa dokumentu TSO-C139 so svojim nápadom kombinácie vlastného mikrofónu A-100T UFlyMike so slúchadlami Bose QC2 a v októbri roku 2008 získali TSO certifikáciu produktu A-100T UFlyMike v kombinácii so slúchadlami Bose QC2. FAA vyžaduje používanie schválených štiplov do uší Westone UM1 s UFlyMike leteckým adaptérom a so slúchadlami Bose QC2 – každý z týchto komponentov pritom musí

byť firmou testovaný zvlášť a po testovaní musí byť každému priradené označenie, aby mohli tieto tri komponenty slúžiť ako jedna TSO certifikovaná letecká náhlavná súprava. V novembri roku 2011 sa tejto firme podarilo presadiť legálne používanie svojho produktu v leteckej spoločnosti Southwest airline s tým, že podmienkou tejto spoločnosti bolo, aby slúchadlá prešli TSO procesom, ktorý firma poskytuje. V novembri roku 2015 sa dokonca stal tento produkt legálny na používanie aj v spoločnosti United Airlines. Spoločnosť United Airlines vyžadovala tri presne označené komponenty A-100T UFlyMike letecky adaptér, Westone štuple do uší a Bose Quiet Comfort 2 alebo Bose Quiet Comfort 15. V auguste 2018 sa firme UFlyMike podarilo dosiahnuť kompatibilitu nového produktu Harmony so slúchadlami QC35 a QC35II, no zatiaľ neprešli TSO certifikáciou nakoľko ide o veľmi časovo a predovšetkým finančne náročný proces. Pri výrobe produktu Harmony, ktorý pozostáva z mikrofónu, pripájacieho kábla a adaptéra, sa firma učila z vlastných chýb, vznikali komplikácie a z toho dôvodu sa zvyšovali finančné náklady firmy. Ako sme už spomenuli, certifikačný proces je finančne náročný a tomu firma prispôsobila aj svoje konanie a nesnažila sa o urýchlenú certifikáciu nového produktu Harmony. Z ich celkového predaja a zisku totiž TSO certifikované slúchadlá tvoria iba 10%. Dianie vo svete súvisiace s koronavírusom a so zvyšovaním cien materiálu taktiež nemalo pozitívny vplyv na fungovanie firmy. UFlyMike však stále plánuje TSO certifikačným procesom prejsť, ich prioritou je však predovšetkým zabezpečenie dostatočných finančných zdrojov. Aj keď najnovší výrobok firmy nie je zatiaľ TSO certifikovaný, svojim prvým produktom nám firma ukázala, že je možné získať TSO certifikáciu aj na takýto kombinovaný produkt ako je spojenie mikrofónu a slúchadiel od iného výrobcu a zároveň aj zaručiť kvalitu a spoľahlivosť produktu. Aj keď svoj prvý produkt už nepredávajú, stále ponúkajú spätnú certifikáciu TSO. Túto firmu spomíname najmä preto, aby sme poukázali na funkčnosť a uskutočniteľnosť spojenia leteckých slúchadiel s kvalitným mikrofónom, čím by sa vytvorila letecká náhlavná súprava. Americká firma UFlyMike a jej činnosť je dôkazom toho, že proces certifikácie takejto náhlavnej súpravy je realizovateľný, čím sa pilotom otvára možnosť zakúpenia pohodlných a im vyhovujúcich leteckých slúchadiel s funkciou aktívneho tlmenia hluku a ich kombinácie s kvalitným mikrofónom za porovnateľne nižšiu cenu oproti kúpe kompletnej náhlavnej súpravy akou je napríklad model leteckých slúchadiel Bose A20. [45] [47]

## 6. Mikrofón Crystal Mic Pro od spoločnosti OSEI



Obrázok č. 9 – Mikrofón Crystal Mic Pro

Ako sme už spomenuli, našou víziou je používanie lacnejších slúchadiel od spoločnosti Bose, ktoré zaručujú kvalitu na rovnakej úrovni ako populárna letecká náhlavná súprava Bose A20, no v kombinácii s kvalitným mikrofónom fungujú ako všestranné letecké slúchadlá. Po prieskume trhu s leteckými mikrofónmi by sme navrhovali využitie pripojenia a mikrofónu Crystal Mic Pro od spoločnosti OSEI. Momentálne firma Crystal Mic ponúka na výber viaceré modely tohto pripojenia mikrofónu, aby si každý pilot mohol zvoliť preferovaný model a patria medzi ne Crystal Mic Pro L (The Lightning), Crystal Mic Pro R (Raptor), Crystal Mic Pro T (The Typhoon), Crystal Mic Pro F (The Fulcrum), Crystal Mic Pro X a Crystal Mic s ľahkým mic boomom. Crystal Mic bol vyvinul Steve Kwan – inžinier a komerčný pilot helikoptér aj lietadiel. Každý z Crystal Mic modelov použiteľný s modelmi slúchadiel Bose QC25 alebo Bose QC35 si v krátkosti popisujeme, no skôr ako sa dostaneme k technickým parametrom, považujeme za podstatné vysvetliť pojem „mic boom“. Crystal Mic je druh mikrofónu s touto funkciou, ktorý sa v angličtine označuje ako „boom microphone“. Boom je prispôsobiteľná a rozťahnutelná súčiastka, na ktorú sa pripevňuje mikrofón. Vďaka tejto súčiastke je možné si nastaviť vzdialenosť mikrofónu od úst, čo vplyva aj na kvalitu zvuku a pohodlie pilota, ktorý má náhlavnú súpravu s mic boomom. [12] [13] [14] [15] [16] [17]

Crystal Mic s ľahkým mic boomom je štandardný model mikrofónu, vhodný pre hlučné lietadlá všeobecného letectva, ako sú helikoptéry alebo skoré modely Cessnas a Pipers. Funguje so slúchadlami s 2,5 milimetrovým konektorom akými sú Bose QC25 alebo Bose QC35, AKG N60 a Sennheiser PXC 550. Funguje tiež so slúchadlami s 3,5 mm konektorom akými sú Sony WH-1000XM2 / WH-1000XM3, Beats, Bang & Olufsen. Mikrofón je možné

pripojiť na preferovanú stranu slúchadiel. Súčasťou balenia sú magnety pre obe slúchadlá. Väčšina pilotov tento model mikrofónu Crystal Mic najradšej používa so slúchadlami Bose QC35 alebo Bose QC25, pretože ponúkajú aktívnu redukciu hluku podobne ako Bose A20. Ďalšou výhodou je to, že adaptér pre helikoptéry s dvomi 3,5 milimetrovými konektormi dokonca umožňuje pripojiť telefón alebo MP3 prehrávač. [17]

Crystal Mic Pro X je originálny Pro model s hrubým mic boomom a odstrániteľným mikrofónom. Vďaka osemuholníkovým neodymovým magnetom a hrubšiemu mic boomu drží mikrofón lepšie na mieste aj počas turbulencií. Tento mikrofón je kompatibilný so slúchadlami od Bose a to konkrétne s modelmi Bose QC25 a Bose QC35, ktoré sa napájajú prostredníctvom 2,5 milimetrového konektora, rovnako ako aj slúchadlá AKG N60, ktoré sú s týmto modelom mikrofónu taktiež kompatibilné. Tomuto modelu je veľmi podobný model Crystal Mic Pro R – The Raptor, ktorý má päť milimetrov hrubý mic boom a rovnako ako Pro X, odstrániteľný mikrofón. Tento mikrofón má však nový dizajn a môže aj nemusí využívať magnety. S týmto modelom sa dá využiť nami preferovaný Crystal Mic mikrofón M-7A2 alebo potom David Clark TSO M7A alebo M87. Model je od značky Bose kompatibilný s modelmi slúchadiel Bose QC35 a Bose QC45. [14] [16]

Crystal Mic Pro T – The Typhoon patrí tiež k boom mikrofónom, pričom mic boom je hrubší ako pri ostatných modeloch a mikrofón sa dá odstrániť a vymeniť za mikrofón m7A od spoločnosti David Clark, ktorý je TSO certifikovaný alebo Bose A20 mikrofón. Tento model Crystal Micu je možné využívať so slúchadlami Bose QC35, Bose QC45, Bose 700 alebo s modelmi WH-1000XM3/4 a WH-1000XM5 od Sony. Crystal Mic Pro F – The Fulcrum má otočný mic boom, na ktorý je možné napojiť tieto mikrofóny: nami preferovaný mikrofón Crystal Mic M7A2, mikrofón David Clark M7A TSO alebo Gentex mikrofón. Tento model od Crystal Micu je podobný Bose A20. Kompatibilný je so slúchadlami od značky Bose a to QC35 a QC45. [12] [15]

Crystal Mic Pro L – The Lightning využíva TSO testované boomy, podobné tým, ktoré sa používajú na náhlavnej súprave Bose A20. Tento model je vhodný predovšetkým na komerčné využitie. Dá sa použiť so slúchadlami od Bose, konkrétne s modelmi Bose QC35 a Bose QC45 a tiež Sony WH-1000XM3/4. K tomuto modelu sa dá prikúpiť aj prípojka XM5, ktorú je možné vymeniť v prípade zmeny slúchadiel na novší model rovnakej značky. [13]

Pri propagácii svojich produktov uvádza Crystal Mic niekoľko dôvodov, prečo sú „lepšou“ voľbou ako iné americké, či nórske značky. Ako prvý dôvod uvádzajú, že ponúkajú viac modelov, z ktorých si možno pri kúpe mikrofónu a jeho pripojenia vyberať, pričom každý pilot môže vziať do úvahy vlastné preferencie. Druhým dôvodom je skutočnosť, že ich produkt je kompatibilný nielen so slúchadlami značky Bose, ale aj so slúchadlami značky

Sony, pričom iné značky sú kompatibilné iba so značkou slúchadiel Bose. Tretí dôvod je ten, že Crystal Mic je jediný mikrofón, ktorý má funkciu Bluetooth s prioritou hlasu. Ďalší dôvod sú robustné mic boomy, či možnosť zmeny Crystal Mic mikrofónu za iné, certifikované TSO mikrofóny. Môžeme teda vidieť, že Crystal Mic ponúka rôzne variácie a možnosti, z ktorých si môže vybrať každý pilot podľa vlastnej preferencie. Oproti ostatným podobným značkám na trhu má určité nepopierateľné výhody a svojou kompatibilitou s rôznymi slúchadlami ponúkajú pilotom rozmanitú škálu možností.

## 7. Porovnanie spojenia slúchadiel Bose QC35 s mikrofónom Crystal Mic a certifikovaných slúchadiel



Obrázok č. 10 – Crystal Mic Pro T so slúchadlami Bose QC 35

V tejto časti mojej bakalárskej práce by sme sa radi venovali porovnaniu slúchadiel Bose QC35 v kombinácii s mikrofónom Crystal Mic Pro tvoriace leteckú náhlavnú súpravu s ostatnými certifikovanými slúchadlami, ktoré rozoberáme vyššie v práci. Samozrejmosťou je, že každý výrobca si stojí za svojim produktom ako za najlepším a na svojich stránkach neuvádza nevýhody a nedostatky predávaného produktu. Preto je potrebné pred kúpou leteckých slúchadiel a mikrofónu či náhlavnej súpravy zvážiť všetky výhody a nevýhody a porovnať si produkty dostupné na trhu pre výber toho najvyhovujúcejšieho. Takýto prieskum si každý kupujúci musí vykonať sám podľa svojich preferencií. Z nášho prieskumu sme zistili, že slúchadlá od spoločnosti Telex sú častou voľbou mnohých leteckých spoločností, čomu je tak predovšetkým kvôli lákavej cene, no z recenzií dostupných na internete od pilotov vyplynulo, že kvalitou a pohodlím sa nedajú označiť za vhodný model na dlhé lety. Hlavnými problémami, ktoré piloti uvádzali pri slúchadlách Telex Airman 7 a Telex Airman 750 bolo, že nesedia dobre na hlave, často sa tiež stáva že hlas v slúchadlách nie je zrozumiteľne počuť a po dlhšej dobe z nich dokonca aj bolí hlava. Ako sme teda už naznačili, cenová relácia týchto slúchadiel môže byť lákavá, no z bezpečnostného a zdravotného hľadiska pilotov to nestojí za riziko fyzického a mentálneho nepohodlia pilotov keďže pri nepohodlných slúchadlách je namáhaná aj ich psychika a treba myslieť na to, že piloti aj tak majú veľa vnemov, na ktoré sa musia sústrediť počas vykonávania svojej práce a rozptýlenie nevyhovujúcimi slúchadlami je niečo, čo sa dá ľahko ovplyvniť.

Naším vybraným a preferovaným modelom slúchadiel sú slúchadlá Bose QC35, pričom uprednostňujeme ich kombináciu s mikrofónom Crystal Mic Pro, pričom touto kombináciou vzniká prispôsobiteľná a navyše cenovo dostupná letecká a viacúčelová náhlavná súprava. Týmto spojením by sa problém nepohodlia vyriešil, nakoľko ide o skúsenosťou a značkou

overené pohodlné slúchadlá, ktoré dobre sedia a zakrývajú aj celé uši. Problém, ktorý môže pri ich plánovanom využívaní v letectve vzniknúť je ten, že tieto slúchadla nie sú oficiálne certifikované. Avšak ako sme si uviedli, ide o problém s možným riešením. Firma UFlyMike s ktorou sme konzultovali proces certifikácie leteckých slúchadiel alebo komponentov, z ktorých sa takáto náhlavná súprava dá vyskladať, pôsobí v Amerike a pod certifikačnými podmienkami TSO už tento problém riešila a splnila všetky požiadavky, absolvovala všetky potrebné a vyžadované testy pre dosiahnutie certifikácie pod FAA. Nakoľko spoločnosti zodpovedajúce za certifikáciu slúchadiel EUROCAE a RTCA spolu spolupracujú, v týchto testoch nie sú veľké rozdiely, a preto by nemal byť problém s certifikáciou slúchadiel ani v Európe pod organizáciou EASA. Nami preferovaná z produktov vyskladaná náhlavná súprava má mnoho výhod, pričom jednou z nich je napríklad to, že pilot tento set môže využiť aj na osobné účely a používať tieto kvalitne slúchadlá aj vo svojom osobnom živote, napríklad jednoducho na počúvanie hudby. Ďalšou výhodou tohto setu je to, že funguje ďalej aj v prípade, že sa vybijie, pričom však treba rátať s tým, že v takejto situácii funguje bez aktívneho tlmenia zvuku, no pri dlhej výdrži batérie by sa toto stávať nemalo keďže pilot je oboznámený s predpokladanou výdržou batérie a pred každým letom si slúchadlá môže dobiť. Ak by sme porovnali tento vyskladaný headset s certifikovaným headsetom od tej istej firmy dovolíme si tvrdiť, že v kvalite, pohodlnosti a praktickosti by sme veľa rozdielov nenašli. Najbadaateľnejším a najvýraznejším rozdielom, ktorý sme našli medzi modelmi leteckých slúchadiel Bose A20 a Bose QC 35 je cena, nakoľko letecká náhlavná súprava Bose A20 je niekoľko násobne drahšia, pričom však ponúka stále rovnakú kvalitu a pohodlie ako samotné slúchadlá Bose QC 35, ku ktorým si pilot môže vybrať mikrofón podľa vlastnej preferencie. Touto bakalárskou prácou by sme chceli ukázať pilotom, poprípade firmám predávajúcim letecké slúchadlá a mikrofóny možnosť kombinácie leteckých slúchadiel s mikrofón ako alternatívu predraženým leteckým náhlavným súpravám, ktoré častokrát nezaručujú taký komfort, aký si môže pilot zvoliť pri výbere oddelených komponentov a teda samotných slúchadiel a mikrofónu. Piloti by podľa nášho názoru mali mať možnosť zvoliť si kvalitný, pohodlný a hlavne cenovo prijateľný headset, keďže pohodlie a kvalita leteckých slúchadiel môže do veľkej miery prispieť ku kvalitnému výkonu práce pilota. Ďalšou výhodou toho, keď si pilot zakúpi vlastnú leteckú náhlavnú súpravu je samozrejme aj hygiena. Pri výkone práce nemusí pilot využívať slúchadlá, ktoré používali pred ním iní, pričom jeho vlastné slúchadlá používa iba on sám a má teda záruku, že sú čisté. Čo sa však ešte týka cenovej relácie leteckých slúchadiel, sme toho názoru, že spoločnosti sa snažia zarobiť na tom, že nejaký výrobok označia za letecký, pričom je však takmer rovnaký, ako ich neletecky produkt.

## Záver

V tejto bakalárskej práci sme sa zaoberali certifikačnými podmienkami TSO a ETSO kladenými na letecké slúchadla alebo teda letecké náhlavné súpravy pozostávajúce z leteckých slúchadiel a mikrofónu, ktoré je potrebné splniť v prípade, že je nutné využívať v povolanií certifikované headsety. Snažili sme sa porovnať rozdielne certifikačné podmienky v Amerike a v Európe, pričom sme zistili, že certifikačné požiadavky na zariadenia, medzi ktoré patria aj letecké náhlavné súpravy či slúchadlá a mikrofóny zvlášť, sú približne alebo úplne rovnaké, či ide o certifikáciu podľa FAA alebo EASA. Prišli sme teda aj na to, že letecké a výrobné firmy poverené a patriace pod vedúce organizácie FAA a EASA zabezpečujúce proces certifikácie súčastí lietadla a bezpečné fungovanie nielen zariadení v letectve, ale zároveň vytvárajúce certifikačné požiadavky a testy overujúce schopnosť zariadení splniť dané požiadavky, spolu úzko spolupracujú. Ako sme uviedli, v Amerike sa certifikačnými podmienkami zaoberá spoločnosť RTCA a v Európe zase spoločnosť EUROCAE. Ukázalo sa, že prevažná väčšina ich certifikačných dokumentov sú takmer totožné, minimálne čo sa týka požadovaných technických parametrov. Preto je možné tvrdiť, že aj certifikačný proces je rovnaký. V oboch krajinách je potrebné prejsť environmentálnymi podmienkami a testovacími postupmi popísanými v dokumente od EUROCAE ED-14G, ktorý je identický s dokumentom od RTCA DO-160. Prejsť týmito testami samo o sebe nie je extrémne technicky náročné, no najväčší problém pre výrobcov je to, že sú finančne veľmi nákladné. Zariadenie prechádzajúce procesom certifikácie musí úspešne zvládnuť dané testovacie procesy hlavne preto, aby výrobcovia a predajcovia leteckých náhlavných súprav alebo leteckých slúchadiel a mikrofónov dokázali určiť a jednoducho dohľadať, kde v procese výroby mohla nastať určitá chyba a bez problémov ju odstrániť, prípadne poučiť zamestnancov zodpovedných za vznik chyby na konkrétny problém. Tiež sme sa z komunikácie s konkrétnymi firmami dozvedeli, že ak už produkt raz prejde testovacím procesom a získa TSO alebo ETSO certifikáciu, nie je už potrebné, aby prechádzal znovu nejakými kontrolnými testami. Výnimkou je iba prípad, v ktorom by vznikli nejaké pochybnosti o tom, či zariadenie skutočne spĺňa testované požiadavky, ktoré boli aktuálne v čase jeho certifikácie. Toto sa však deje len vo veľmi výnimočných prípadoch.

Taktiež sme sa v tejto práci zaoberali aj procesom certifikácie konkrétneho modelu slúchadiel Bose QC35 v kombinácii s mikrofónom Crystal mic, pričom sme sa snažili objasniť, prečo považujeme takúto kombináciu za kvalitatívne rovnajúcu sa s TSO či ETSO certifikovaných leteckých náhlavných súprav. V tomto procese sme zisťovali a doložili, ktoré dokumenty by sme potrebovali mať, aby sme mohli prejsť certifikáciou v Európe. Ako príklad sme si vzali americkú spoločnosť UFlyMike, ktorá nám poskytla informácie o certifikačnom procese v Amerike. Tejto firme sa už raz podarilo certifikovať podobný produkt, respektíve



kombináciu produktov, akú popisujeme a uprednostňujeme v našej práci. Proces certifikácie je hlavne časovo a finančne náročný a aj keď sa táto firma pokúša o ďalšiu certifikáciu svojho nového produktu, ktorý je opäť kombináciou viacerých produktov, výsledky pravdepodobne nedosiahne v blízkej dobe predovšetkým kvôli relatívnemu nedostatku finančných prostriedkov.

Vďaka procesu, ktorým si táto firma prešla pri úspešnom pokuse o certifikáciu svojho produktu a teda kombinácie leteckých slúchadiel s vybraným mikrofónom sme si overili, že takýto druh leteckej náhlavnej súpravy je možné vyskladať z viacerých komponentov a certifikovať v Amerike. Z toho teda logicky vyplýva (s ohľadom na intenzívnu spoluprácu organizácii zodpovedajúcich za vytváranie testovacích podmienok a procesov a totožnosti ich dokumentov), že by to nemal byť problém ani v Európe. Tento typ náhlavnej súpravy by mal pilotom ponúknuť kvalitné slúchadla od značky Bose, ktoré si môžu skombinovať s mikrofónom Crystal mic za polovičnú cenu v porovnaní s cenovým rozhraním, v ktorom sa nachádza špičkový letecký set od spoločnosti Bose a to konkrétne Bose A20. Analyzovali sme rozdiely v technických parametroch oboch modelov slúchadiel od Bose a porovnali sme si ich kvalitu, cenu aj rozširujúce funkcie, ktoré ponúkajú, pričom sme mysleli aj na pohodlie a spokojnosť pilotov, ktorí tieto slúchadlá využívajú v praxi na ochranu vlastného zdravia. Prostredníctvom porovnania a charakteristiky slúchadiel od viacerých výrobných spoločností sme ukázali, že slúchadlá od firmy Bose sa nachádzajú na vysokej kvalitatívnej úrovni a kombinácia slúchadiel Bose QC 35 s mikrofónom Crystal Mic od spoločnosti OSEI by ponúkol svojim používateľom rovnakú kvalitu a pohodlie, pričom ďalšou jeho výhodou je aj skutočnosť, že tento kombinovaný set by bolo možné využiť aj doma a na rôzne osobné účely.

V práci sme sa tiež venovali aspoň čiastkovému popisu spoločností, ktoré sa venujú vytváraniu certifikačných podmienok. Tieto firmy sa venujú vytváraniu podmienok, ktoré zabezpečujú kvalitu a bezpečnosť lietadiel a lietania. Či sa jedná o malé súčiastky lietadla alebo o veľké časti, starajú sa o to, aby všetko podliehalo kvalite a štandardom aké sa v letectve vyžadujú a sú potrebné na zníženie vzniku akéhokoľvek rizika. Konkrétne sme sa venovali spoločnostiam EUROCAE a RTCA, ktoré vytvárajú veľké množstvo dokumentov týkajúcich sa certifikačných podmienok rôznych zariadení spojených s lietadlom. Tieto firmy patria pod jurisdikciu EASA a FAA, a preto sme sa venovali opisu aj týchto spoločností. Touto bakalárskou prácou sme chceli predovšetkým dosiahnuť to, aby sa umožnilo pilotom si vybrať kvalitné a pohodlné slúchadla, ktoré im nebudú prekážať a znervózňovať ich pri letoch, pričom však budú za prijateľnú cenu. Pohodlie a bezproblémovosť leteckých slúchadiel je, ako sme dokázali, rozhodujúcim faktorom pre udržanie bezpečného letectva.

## Použité zdroje

[1] 7 Reasons Why You Should Buy a Noise-Canceling Aviation Headset [online]. 2022 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://hangar.flights/pilot-gear/reasons-why-noise-canceling-aviation-headset/>>.

[2] 9 Things you should do if you suspect a radio failure [online]. 2021 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.boldmethod.com/blog/lists/2021/07/9-things-you-should-do-if-you-suspect-a-radio-failure/>>.

[3] A20 Aviation Headset [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <[https://www.bose.com/en\\_us/products/headphones/aviation\\_headsets/a20-aviation-headset.html#ProductTabs\\_tab1](https://www.bose.com/en_us/products/headphones/aviation_headsets/a20-aviation-headset.html#ProductTabs_tab1)>.

[4] A20 Aviation Headset [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <[https://www.bose.com/en\\_us/products/headphones/aviation\\_headsets/a20-aviation-headset.html#v=a20\\_hdst\\_portable\\_bt\\_ii](https://www.bose.com/en_us/products/headphones/aviation_headsets/a20-aviation-headset.html#v=a20_hdst_portable_bt_ii)>.

[5] About EASA [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.easa.europa.eu/the-agency/faqs/abouteasa#:~:text=The%20European%20Aviation%20Safety%20Agency,rules%20at%20the%20European%20level>>.

[6] About ICAO [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>>.

[7] Aviation headset Connectors [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.mypilotstore.com/mypilotstore/aviation-headsets/headset-plugs.asp>>.

[8] Aviation headsets [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.pilotmall.com/collections/headsets>>.

[9] Aviation Headset Terminology [online] 2015 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na : <<https://www.sportys.com/blog/aviation-headset-terminology/>>.

[10] BOSE AVIATION PRODUCTS The Beginnings [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na WWW: <<https://boseaviation-anz.aero/history>>. (18)

[11] Cause of aircraft noise [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://noiselab.casper.aero/edi/content/2/about-aircraft-noise/>>.

[12] Crystal Mic Pro F [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.thecrystalmic.com/product-page/crystal-mic-pro-Fulcrum>>.

- [13] Crystal Mic Pro L [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.thecrystalmic.com/product-page/crystal-mic-pro-l-the-lightning>>.
- [14] Crystal Mic Pro R [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.thecrystalmic.com/product-page/crystal-mic-pro-r-tso-version>>.
- [15] Crystal Mic Pro T [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.thecrystalmic.com/product-page/crystal-mic-pro-t-for-bose-qc35-or-sony-xm3>>.
- [16] Crystal Mic Pro X [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.thecrystalmic.com/product-page/crystal-mic-pro-x>>.
- [17] Crystal Mic with lightweight microphone boom [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.thecrystalmic.com/product-page/crystal-mic-with-lightweight-microphone-boom>>.
- [18] EASA [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.caa.cz/dokumenty/easa/>>.
- [19] EUROCAE [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://skybrary.aero/articles/european-organisation-civil-aviation-equipment-eurocae>>.
- [20] EUROCAE [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://eurocae.net/>>.
- [21] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. *European Technical Standard Order (ETSO): ETSO-C139*. [online] 2010. [cit. 07.07.2022] Dostupné na: <[https://www.easa.europa.eu/download/etso/ETSO-C139\\_CS-ETSO\\_6.pdf](https://www.easa.europa.eu/download/etso/ETSO-C139_CS-ETSO_6.pdf)>.
- [22] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. *European Technical Standard Order: ETSO-C139a*. [online] 2016. [cit. 07.07.2022] Dostupné na: <[https://www.easa.europa.eu/download/etso/ETSO-C139a\\_CS-ETSO\\_11.pdf](https://www.easa.europa.eu/download/etso/ETSO-C139a_CS-ETSO_11.pdf)>.
- [23] EUROPEAN ORGANISATION FOR CIVIL AVIATION EQUIPMENT. *Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment: ED-14G*. 2011.
- [24] Federal Aviation Administration (FAA) [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://skybrary.aero/articles/federal-aviation-administration-faa>>.
- [25] Filippo De Florio. 2016. *Airworthiness: An Introduction to Aircraft Certification and Operations*. 3. vyd. Elsevier Science. 2016. Ebook ISBN 9780081009406. Dostupné na: <<https://www.perlego.com/book/1830907/airworthiness-an-introduction-to-aircraft-certification-and-operations-pdf>>.
- [26] Global aviation headset market insights [online]. 2022 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://skyquestt.com/report/aviation-headsets-market>>.

- [27] Headset Plugs [online]. 2022 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.sportys.com/blog/headset-plug/>>.
- [28] Hearing and Noise in Aviation [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/hearing.pdf>>.
- [29] ICAO Safety Management System Overview. Mohamed Iheb Hamdi. 2018. [online]. 2018. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.icao.int/MID/Documents/2018/Aerodrome%20SMS%20Workshop/M0-2-SMS%20Overview.pdf>>.
- [30] Improving communication in general aviation through the use of noise cancelling headphones [online]. 2013 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092575351300221X?via%3Dihub>>.
- [31] L2 [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/index.htm>>.
- [32] L 8/A Definice [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-8a/data/effective/definice.pdf?fbclid=IwAR1Ur1HF6zW9YcWQUNd5H2CsYjmpuOPAt8hwutZ ZPJP7bkM6Wr55t6eNwgU>>.
- [33] Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <[https://sk.wikipedia.org/wiki/Medzin%C3%A1rodn%C3%A1\\_organiz%C3%A1cia\\_pre\\_civiln%C3%A9\\_letectvo](https://sk.wikipedia.org/wiki/Medzin%C3%A1rodn%C3%A1_organiz%C3%A1cia_pre_civiln%C3%A9_letectvo)>.
- [34] More acronyms...what's an STC and TSO ? [online]. 2020 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://flighttrainingcentral.com/2020/06/more-acronyms-whats-an-stc-and-tso/>>.
- [35] Nariadenie Komisie (EÚ) č. 965/2012 [online]. 2012 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=celex%3A32012R0965>>.
- [36] Národné letecké predpisy "L" (na základe štandardov ICAO) [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.lewik.org/term/18673/narodne-letecke-predpisy-l-na-zaklade-standardov-icao/>>.
- [37] Passive vs Active Noise Reduction in Aviation Headset [online]. 2022 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.lightspeedaviation.com/blog-posts/passive-vs-active-noise-reduction-in-aviation-headsets/>>.

- [38] QuietComfort 35 wireless headphones II [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <[https://www.bose.co.uk/en\\_gb/products/headphones/over\\_ear\\_headphones/quietcomfort-35-wireless-ii.html#v=qc35\\_ii\\_silver](https://www.bose.co.uk/en_gb/products/headphones/over_ear_headphones/quietcomfort-35-wireless-ii.html#v=qc35_ii_silver)>.
- [39] RTCA [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.rtca.org/about/>>.
- [40] RTCA [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://skybrary.aero/articles/rtca#:~:text=RTCA%20acts%20as%20a%20Federal,operation al%20concepts%20for%20air%20transportation>>.
- [41] TELEX [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://telex.com/aviation-solutions/about-telex-aviation-headsets/>>.
- [42] TELEX AIRMAN 7 [online]. [cit. 07.06.2021]. Dostupné na: <<https://products.telex.com/na/en/airman-7/>>.
- [43] TELEX AIRMAN 750 [online] [cit. 07.07.2022] Dostupné na: <https://products.telex.com/na/en/airman-750/>.
- [44] The Noise Reduction provided by Aviation Headsets. BURGESS. M., MOLESWORTH. B. 2016. [online]. 2016. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s40857-016-0050-y>>.
- [45] TSO PROCESS [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://uflymike.com/pages/tso-process>>.
- [46] UFlyMike About us [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://uflymike.com/pages/about-us>>.
- [47] UFlyMike NEWS [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://uflymike.com/blogs/news>>.
- [48] What does EASA certify ? [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.easa.europa.eu/light/topics/certification-aircraft-engines-propeller-types-parts-appliances>>.
- [49] What is an ETSO approval and where can i find the corresponding regulations [online]. 2015 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.easa.europa.eu/faq/19442>>.
- [50] What is aviation safety ? [online]. [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.easa.europa.eu/light/safety>>.
- [51] ZNAČKY BOSE – spoločnosť, ktorá priniesla revolúciu vo svete audia [online]. 2018 [cit. 07.07.2022]. Dostupné na: <<https://www.techbox.sk/temy/znacky-bose-spolocnost-ktora-priniesla-revoluciu-vo-svete-audia/>>.

## Zoznam obrázkov so zdrojmi

Obrázok č. 1 Twin/duálny konektor (PJ plugs); Zdroj obrázka č. 1: Headset plugs[online].

Dostupný na internete: <<https://www.sportys.com/blog/headset-plug/>>

Obrázok č. 2 6-pinový konektor alebo LEMO; Zdroj obrázka č. 2: Headset plugs[online].

Dostupný na internete: <<https://www.sportys.com/blog/headset-plug/>>

Obrázok č. 3 Helicopter alebo single male plug; Zdroj obrázka č. 3: Headset plugs[online].

Dostupný na internete: <<https://www.sportys.com/blog/headset-plug/>>

Obrázok č. 4 XLR Airbus konektor/Airline/Corporate; Zdroj obrázka č. 4: Headset plugs[online]. Dostupný na internete: <<https://www.sportys.com/blog/headset-plug/>>

Obrázok č. 5 Letecké slúchadlá A20 od spoločnosti Bose; Zdroj obrázka č. 5: A20 aviation headset [online]. Dostupný na internete:

<[https://www.bose.com/en\\_us/products/headphones/aviation\\_headsets/a20-aviation-headset.html](https://www.bose.com/en_us/products/headphones/aviation_headsets/a20-aviation-headset.html)>

Obrázok č. 6 Letecké slúchadlá QuietComfort 35 od spoločnosti Bose; Zdroj obrázka č. 6: QuietComfort 35 wireless headphones I [online]. Dostupný na internete:

<[https://www.bose.com/en\\_us/support/products/bose\\_headphones\\_support/bose\\_around\\_e\\_ar\\_headphones\\_support/quietcomfort-35-wireless.html](https://www.bose.com/en_us/support/products/bose_headphones_support/bose_around_e_ar_headphones_support/quietcomfort-35-wireless.html)>

Obrázok č. 7 Letecké slúchadlá Airman 7 od spoločnosti Telex; Zdroj obrázka č. 7: TELEX AIRMAN 7 [online]. Dostupný na internete:

<<https://www.aircraftspruce.com/catalog/avpages/telexairman7-11-15435.php>>

Obrázok č. 8 Letecké slúchadlá Airman 750 od spoločnosti Telex; Zdroj obrázka č. 8: TELEX AIRMAN 750 [online]. Dostupný na internete: <<https://products.telex.com/na/en/airman-750/>>

Obrázok č. 9 Mikrofón Crystal Mic Pro; Zdroj obrázka č. 9: OSEI Crystal Mic Pro [online].

Dostupný na internete: <<https://sarasotaavionics.com/avionics/crystal-mic-pro>>

Obrázok č. 10 Crystal Mic Pro T so slúchadlami Bose QC35; Zdroj obrázka č. 10: Crystal Mic Pro T [online]. Dostupný na internete: <<https://www.thecrystalmic.com/product-page/crystal-mic-pro-t-for-bose-qc35-or-sony-xm3>>

## Zoznam príloh:

1. EUROCAE ED-14G