

# THE IMPORTANCE OF AN AIRCRAFT MAINTENANCE PROGRAM FOR OPERATOR

## VÝZNAM PROGRAMU ÚDRŽBY LIETADIEL U PREVÁDZKOVATEĽA

**Jakub Kulíšek**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina  
kulisek.jakub77@gmail.com

**Martin Bugaj**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina  
martin.bugaj@fpedas.uniza.sk

### Abstract

*The paper on the topic The importance of aircraft maintenance for operator deals with the maintenance of aircraft at smaller operators. Maintenance is an important part of the operation of aircraft, and therefore we have created a work in which we pay detailed attention to the overall maintenance of the aircraft. The introductory chapter of the paper reveals to the reader the history of aircraft maintenance from its beginnings, during the first attempts of the Wright brothers, through the First World War, the Second World War to the current maintenance. The second chapter is the main part of the work and the work describes the general maintenance performed on aircraft around the world. In this chapter, we paid attention to the accuracy of the terms and we wanted to bring the reader valuable information that can be used further. In the introductory subchapters, we focus mainly on structural maintenance, followed by the maintenance of components that are located on the aircraft and last but not least, the type of maintenance performed on the aircraft. The chapter concludes with the maintenance review itself and selected maintenance checks. In the third chapter we deal with service and overhaul of aircraft. The subchapters contain information on maintenance planning, maintenance processes and problems that may occur during maintenance. The fourth chapter deals with the selected type of aircraft, namely the Piper PA-28R, where the reader can find general information about the aircraft, but also information about technical parameters. In the last part of the work, we focused on the practical part, in which we worked on a detailed analysis of the comparison of the two sectors. From the sources of information, we tried to conscientiously choose those that will enrich the work and give the reader sufficient knowledge about the paper.*

### Keywords

*Maintenance, Planning, Service, Repairs, Operation, Piper PA-28R*

## 1. Úvod

Téma údržby lietadiel má bohatú históriu po celom svete. Prvotné začiatky údržby lietadiel môžeme pozorovať už v začiatkoch existencie ľudstva a prvotných pokusoch gréckych vynálezcov. Údržba mala veľmi význam pri pokusoch ľudstva dostať sa do vzduchu. Veľa pokusov skončilo však tragicky a údržba v týchto prípadoch bola zbytočná. Až začiatkom nového milénia 20 storočia sa údržba dostala do popredia.

Medzi priekopníkov v letectve určite môže zaradiť bratov Wrightovcov, ktorý uskutočnili prvý let. Tu sa začína počiatok údržby vykonávanej na lietadlách. Pri úvodnej kapitole sme dávali na zreteľ postupný historický vývoj údržbových organizácií a ich význam pre letectvo v každom jednom období. Téma údržby lietadiel je veľmi veľká, a preto nie je možné zachytiť všetky potrebné informácie do jednej práce. Našou úlohou bolo priniesť do práce prehľadný popis vývoja údržby od jej začiatkov až po aktuálne novodobé údržbové organizácie, ktoré pracujú na sofistikovaných pracoviskách s diametrálne odlišnými postupmi. Hlavnou časťou údržby lietadiel je plánovanie údržby a jej následná realizácia. Pri realizácii údržby sa treba zamerať na dva hlavné sektory. Prvým je traťová údržba vykonávaná na letisku. Pri tejto kapitole je podrobne vysvetlený postup práce, a aj časová náročnosť, kedy je táto údržba vykonávaná. Ruka v ruku ide s traťovou údržbou aj údržba ťažká, ktorá svojimi špecifikami

sa odlišuje od tej traťovej. V podkapitolách sa venujeme jej významu, a taktiež postupom, ktoré sa počas tejto údržby musia vykonať na letúnoch. Pri údržbe je dôležité zachovať precíznosť a neposlednom rade aj bezpečnosti pri práci. V hlavnej časti práce je rozanalyzované plánovanie údržby, jej následné aplikácie na celok a na záver jej revízia, či všetky aplikované celky sú v poriadku. V záverečných kapitolách práce sa venujeme konkrétne vybranému typu letúna, na ktorom sme vykonali analýzu rozdielov použiteľnosti v dvoch hlavných sektoroch. Hlavnou úlohou celej diplomovej práce je priniesť analýzu obchodnej a neobchodnej prevádzky v 3 skúmaných oblastiach. Prvou je rozsah údržby a ich rozdiely. Druhá skúmaná oblasť je poruchovosť letúna, a teda spoľahlivosť, kde sme svedomito rozanalyzovali všetky potrebné dáta a vytvorili súhrnný komentár. Záverom praktickej časti sa venujeme cenovej stránke, kedy sme porovnali ceny súkromných prevádzkovateľov letúnov a porovnali ich.

Údržba letúnov je jedným z najdôležitejších prvkov celej leteckej dopravy, kedy úlohu kompetentných zastáva množstvo faktorov, od ľudí až po techniku. Všetky tieto celky majú úlohu ošetriť letún pred ďalším letom a predísť všetkým nežiaducim prvkom, ktoré sa počas letu môžu vyskytnúť.

## 2. História údržby lietadiel

Táto kapitola rozoberá postupy údržby lietadiel od obdobia 1. svetovej vojny až po súčasnú dobu. V tejto kapitole sa primárne budeme venovať histórii údržby letúnov v čase 1. svetovej vojny kedy letectvo a najmä lietadlá nepodliehali, až tak veľký technologickým kritériám a v ďalších bodoch tejto kapitoly si rozoberieme údržbu počas nasledujúcich rokov 20. storočia až po aktuálnu dobu.

Údržbu lietadiel môžeme kategorizovať do takých 3 základných období a to:

1. obdobie údržby lietadiel (1903-1918)
2. obdobie údržby lietadiel (1918-1945)
3. obdobie údržby lietadiel (1950-súčasnosť)

## 3. Údržba v letectve všeobecne

Údržba lietadla je pre bezpečný let nanajvýš dôležitá. Licencovaní technici sa zaväzujú vykonávať funkcie včasnej údržby v súlade s pokynmi výrobcu. Úkon údržby lietadla sa nikdy neberie na ľahkú váhu. Následky takéhoto konania by mohli byť smrteľné a technik by mohol prísť o licenciu a čeliť trestnému stíhaniu. [5] Výrobcovia drakov, motorov a komponentov lietadiel sú zodpovední za zdokumentovanie postupov údržby, ktoré následne oboznamujú manažérov a technikov o tom, kedy a ako majú vykonávať údržbu svojich výrobkov. Malé lietadlo môže vyžadovať iba niekoľko príručiek vrátane príručky údržby lietadla. Tento dokument zvyčajne obsahuje najčastejšie používané informácie potrebné na správnu údržbu lietadla. Dôležitý údaj obsahuje aj údajový list typového osvedčenia pre lietadlo. Zložité a veľké lietadlo vyžaduje niekoľko príručiek na adekvátne sprostredkovanie správnych postupov údržby. Okrem príručky údržby môžu výrobcovia ponúkať dokumenty, ako sú príručky opráv konštrukcií, príručky generálnych opráv, príručky schém zapojenia, príručky komponentov a ďalšie. [1]

Správna údržba sa vzťahuje aj na použitie určeného náradia a prípravkov uvedených v dokumentoch údržby výrobcu. V minulosti nepoužitie správneho náradia spôsobilo poškodenie kritických komponentov, ktoré následne zlyhali a viedlo to k haváriám lietadiel a stratám na ľudských životoch. Technik je zodpovedný za získanie správnych informácií, postupov a nástrojov potrebných na vykonanie údržby alebo opráv. Existujú štandardné postupy údržby lietadla, ktoré môže technik použiť pri vykonávaní údržby alebo opravy. Nachádzajú sa v dokumentoch schválených Federálnym úradom pre letectvo (FAA). Ak nie sú uvedené v dokumentoch výrobcu, môže technik na dokončenie práce použiť postupy uvedené v týchto príručkách. Tieto postupy nie sú špecifické pre žiadne lietadlo alebo komponent a zvyčajne sa týkajú metód používaných pri údržbe všetkých lietadiel. [1]

Všetky činnosti spojené s údržbou lietadla alebo komponentmi musia byť zdokumentované vykonajúcim technikom v denníku lietadla. Ľahké lietadlo môže mať iba jeden denník pre všetky vykonané práce. Niektoré lietadlá môžu mať samostatný denník motorov pre všetky práce vykonávané na motoroch. Iné lietadlá majú samostatné denníky pri práci s vrtuľami. [10]

Veľké lietadlá si vyžadujú množstvo dokumentácie pozostávajúcej z tisícov postupov vykonaných stovkami

technikov. Bežné je elektronické odosielanie a vedenie záznamov o údržbe vykonávanej na veľkých lietadlách. Dôležitosť správneho vedenia záznamov o údržbe by sa nemala prehliadať. [1]

Programy údržby sa vyvíjajú pre každý nový typ lietadla na základe predchádzajúcich skúseností s podobnými materiálmi, motormi, komponentmi alebo štruktúrami. Nové materiály alebo štruktúry, ktorých skúsenosti sú obmedzené, sa pozorujú častejšie, kým sa nedosiahne základná úroveň spoľahlivosti. Časové predĺženia intervalov inšpekcií sú založené na pozorovaniach vykonaných počas bežných servisných kontrol. [1]

### 3.1. Druhy údržby vykonávané na lietadle

Trafová údržba je údržba, ktorá sa vykonáva pred letom, aby sa zabezpečilo, že lietadlo je vhodné na plánovaný let. Zahŕňa riešenie problémov a následné odstránenie chýb. Tento typ údržby patrí medzi najbežnejšie. Taktiež sa niekedy nazýva ako, predletová údržba, servisná kontrola a nočná kontrola, čo je najbežnejšia služba údržby vykonávaná na lietadle. Kontrola údržby vyžaduje nástroje a zvyčajne sa vykonáva na letisku pod „otvoreným nebom“. K trafovej údržbe dochádza najčastejšie, pretože pokrýva základné inšpekčné kontroly. Technici údržby lietadla bežne počas prehliadok kontrolujú veci ako kolesá, brzdy a hladiny kvapalín. Vykonaním kontroly trafovej údržby sa zabezpečí, že lietadlo je schopné letu a bezpečné, aby mohol pokračovať v prevádzke. Lietadlo potrebuje trafovú údržbu každých 24 až 60 hodín kumulovaného času letu, ale záleží to na prevádzkovateľovi lietadla. [2]

Ťažkú údržbu možno označiť, ako náročnú údržbu a pozostáva z úloh, ktoré sú vo všeobecnosti dôkladnejšie a dlhodobejšie ako trafovej údržby, ale vykonávajú sa menej často. Spoločnosť MRO (údržba, opravy a generálne opravy) bude musieť mať veľké zariadenia a špecializované vybavenie a personál, ktorý bude vykonávať údržbu základne, a mnoho operátorov túto funkciu uzavrie. Medzi rôzne činnosti môžu patriť:

- Kontroly C a D ktoré kontrolujú zhoršenie stavu draku lietadla, motorov a systémov, napr. korózia, únava
- Odstraňovanie nedostatkov - implementácia servisných vestníkov a smerníc o letovej spôsobilosti, aj keď je to možné aj počas trafovej údržby.
- Modernizácia technológie - montáž systému predchádzania a výstrahy terénu, systému predchádzania zrážkam vo vzduchu
- Rekonfigurácia kabíny, nátery [3]

Definícia ťažkej údržby je jednoduchá - je to všetka údržba, ktorá nespadá do kategórie trafovej údržby. V praxi sú to hlavne ťažké kontroly, ako napríklad kontroly C a D. Počas týchto kontrol sa hodnotia hlavné a vedľajšie letecké systémy spolu s komplexnými a časovo náročnými úlohami, ako je prevencia korózie, konštrukčné práce, výmena hlavných komponentov, renovácia interiéru atď. Všetky tieto práce musia byť samozrejme vykonané v hangári a vyžaduje dosť plánovania a značnej dávky spolupráce medzi leteckou spoločnosťou a MRO. [3]

#### 4. Servis lietadiel – údržba, opravy a generálne opravy

Činnosti údržby komerčných lietadiel tvoria dôležitú súčasť letovej spôsobilosti. Takéto činnosti spočívajú v servise, opravách, úpravách, generálnych opravách, kontrolách a stanovení stavu. Tieto úlohy zahŕňajú rôzne operácie, ktoré sú zamerané na obnovu častí, aby vyhovovali prísny úrovni použiteľného stavu. Všeobecne existujú dva typy inšpekčných požiadaviek alebo kontrol MRO, ktoré sú potrebné vykonať na komerčných lietadlách. Údržba opravy, ktorá zahŕňa také činnosti vykonané v dôsledku zlyhanie s cieľom obnoviť časť na uspokojivú úroveň. Vo všeobecnosti ide o overovanie porúch a zahŕňa neplánovanú údržbu. Druhou je preventívna údržba, ktorá spočíva v údržbe častí a prevádzkyschopných predmetov prostredníctvom systematických kontrol. Tento typ údržby sa označuje ako plánovaná údržba, pretože sa vykonáva v presne stanovených časoch v živote lietadla a môže sa riadiť buď kalendárom, letovými hodinami alebo letovými cyklami. [4]

Plánovanie údržby zahŕňa usporiadanie sekvencií, v ktorých sa pracuje. Robia sa objednávky a rozhoduje sa o úlohách, kto ich bude mať na starosti a kedy sa dokončia. Faktory, ktoré je potrebné brať do úvahy, sú trvanie práce, požadované zručnosti, pracovné priority, dostupnosť požadovaných náhradných dielov, primerane kvalifikovaní pracovníci, špeciálne nástroje a stav údržby zariadenia. Kvôli zložitostiam spojeným s takýmito dohodami a interakciami sa od systémov MRO vyžaduje účinný spôsob na pomáhanie pri prekonávaní mnohých rozmanitých výziev. Takéto systémy by uľahčili rozhodovací proces zohľadnením všetkých vyššie uvedených faktorov. Komplexná automatizácia sa nepovažuje za možnú respektíve žiaducu a plánovanie údržby, podobné ako pri akejkoľvek inej manažérskej interakcii alebo rozhodovacom nástroji, bude často vyžadovať ľudský úsudok. Inými slovami, cieľom nie je ani tak automatizovať rozhodnutia, ako skôr umožniť používateľom prijímať správne a rýchle rozhodnutia na základe presných a najaktuálnejších údajov a informácií, ktoré sú k dispozícii. Systém zodpovedný za poskytovanie týchto informácií bude dostatočne spoľahlivý na integráciu viacerých zložitých systémov IT a aplikácií, pričom súčasne poskytuje komplexné rozhrania prevádzkového združenia, tak v rámci organizácie, ako aj s jej dodávateľmi. [4]

Ľudské zlyhanie sú dôvodom tejto neúplnej a nedokonalnej údržby. Zvyčajne to zahŕňa problémy, ako neutiahnutie rúrok alebo skrutiek na konci úlohy, vynechanie zaistenia drôtu, kontrola položiek trvanlivosti, ponechanie niekoľkých otočných prvkov bez kontroly zachytenia atď. Aby sa tento problém prekonala, údržbová organizácia trénuje kontrolu pracovného prostredia. Keď pracovník dokončí svoju prácu, nadriadený ju skontroluje postupne a všetka kontrola sa následne monitoruje pomocou rôznych senzorov. [5]

Nesprávna údržba, ktorá má závažnejšiu povahu, napríklad kríženie spojov vedenia, poškodenie komponentov a nedodržovanie dokumentácie, nedodržovanie opatrení, nedodržovanie štandardu prípravy, a to všetko má za následok degradáciu v profesionálnej normy, ktorá sa očakáva od technikov údržby. Počiatočné školenia, preškolenia a školenia zákazníkov prispievajú k oživeniu týchto problémov s údržbou. Spätná väzba od zákazníka / koncového používateľa pomáha systému pri vykonávaní opráv, ktoré sa považujú za vhodné. [5]

#### 4.1. Procesy údržby

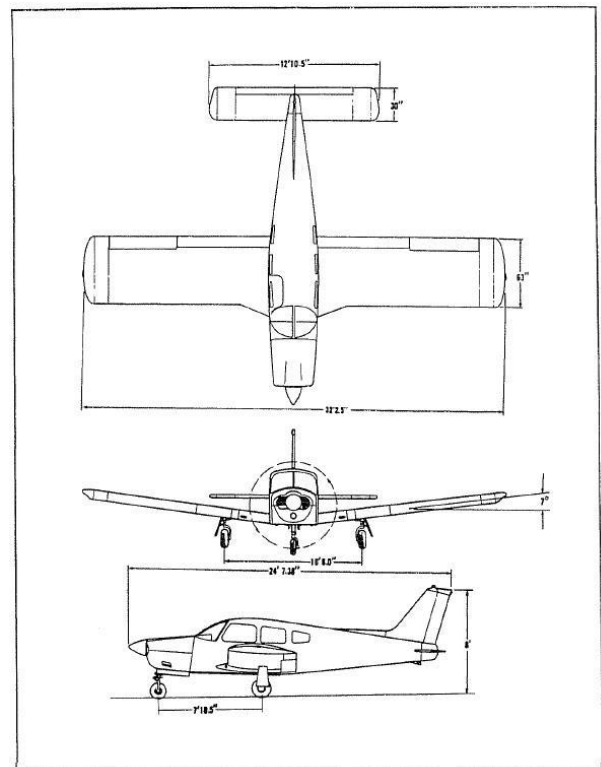
Úlohy a činnosti týkajúce sa údržby lietadiel možno kategorizovať podľa jedného z nasledujúcich procesov:

**A. Hard-time:** Proces primárnej údržby, z ktorého musí byť položka odstránená službou v stanovený čas alebo skôr. Kontroly draku a podvozku a ich následná generálna oprava je príkladom činností, ktoré reprezentujú tú ťažšiu činnosť vykonávanú na lietadle. Je to vlastne preventívny proces, pri ktorom je známy zhoršený stav produktu a zásahmi údržby na prijateľnú úroveň sa tento produkt stáva životaschopným. Realizovanie opráv je v obdobiach súvisiacich s časom v službe, ako napríklad kalendárny čas, počet cyklov, počet pristátí. [6]

**B. On-Condition (OC):** Proces údržby obmedzenej na komponenty, v ktorých zachovanie letovej spôsobilosti možno určiť vizuálnymi kontrolami, meraniami, skúškami alebo inými prostriedkami bez kontroly alebo generálnej opravy. Tieto kontroly sa musia vykonať v časových obmedzeniach presne predpísaných schválenými prevádzkovateľom programu údržby. [6]

#### 5. Piper PA-28R

Piper je jednomotorový letún s výsuvným podvozkom vyrobený z celokovového materiálu. Zväčšený trup zvýšil pohodlie na sedadlách. Veľké dvere kabíny umožňujú kombinovaný vstup a výstup z priestraného interiéru. Štyri samostatné sedadlá umožňujú individuálne pohodlie pre lety. Do lietadla bola zabudovaná zvuková izolácia, ktorá izoluje zvuky od motora a okolitého priestoru. Lietadlo sa dá prevádzkovať aj v podmienkach VFR alebo IFR. [7] [8] [9]



Obrázok 4: Piper PA-28R. Zdroj: [7].

## 5.1. Praktické využitie letúna

Letún Piper PA-28R má svoje široké využitie v letectve. Keďže ide o letún, ktorého využiteľnosť je široká dá sa tento letún používať v rôznych sektoroch. Veľmi obľúbeným sa stal medzi nadšencami privátneho lietania, či lietania pre svoju potrebu. Piper svojou cenou patrí medzi tie prijateľnejšie typy lietadiel, keďže cena sa pohybuje medzi 40 000€ až po 120 000€ podľa opotrebovania letúna. Na lietadle sa musia robiť pravidelné kontroly, ktoré stanovuje výrobca. Servis letúnov sa zakladá na precíznej práci technika aby sa predišlo rôznym technickým problémom, ktoré sa počas letu môžu vyskytnúť. Využitie letúna môžeme zaradiť do 2 sektorov, a to komerčné a nekomerčné inak povedané súkromný sektor. V rámci toho komerčného sektoru sa lietadlo využíva hlavne pri výcviku pilotov na leteckej škole, kde sa vo veľkom počte používa v celom svete.

## 6. Praktická časť

V praktickej časti sa budeme venovať porovnávaniu letúna Piper PA-28R v oblasti dvoch sektorov. Ako bolo spomenuté vyššie letún sa dá využívať v dvoch oblastiach, a to komerčnom a nekomerčnom. O oboch sme sa si povedali v kapitolách vyššie. Našou primárnou úlohou je porovnať tento letún v 3 hlavných sektoroch. Porovnávať budeme rozsah údržby letúna, cenu, ktorú ale porovnáme v rámci nekomerčného sektora, keďže komerčný sektor, patrí do kategórie, kde si každá spoločnosť chráni svoje údaje za cenu údržby pred konkurenciou a budeme sa venovať aj spoľahlivosti, inak povedané poruchovosti letúna. Poruchovosť budeme porovnávať a posledných 5 rokov.

### 6.1. Porovnanie obchodnej a neobchodnej prevádzky

Pri porovnaní údržby oboch sektorov budeme vychádzať z podporných materiálov, ktoré nám pomohli tvorbe analýzy a následnému skúmaniu. Pri komerčnom druhu dopravy ide o celok veľmi zložitých úkonov, ktoré sme skúmali. Komerčná prevádzka, alebo inak povedané obchodná prevádzka sa dá rozdeliť do 2 sektorov. Prvým je sektor lietadiel bez licencie, ktorý obsahuje časti výcvikových organizácií podľa nariadenia, ďalej organizácie schválená na výcvik, a taktiež špeciálnu prevádzku letúna. V rámci tohto sektora delíme letúna na iné ako zložené lietadlá a zložené lietadlá. V oblasti iných, ako zložitých lietadiel pracujeme s ľahkými lietadlami a inými, ako ľahkými lietadlami. Druhým sektorom obchodnej prevádzky sú letúne s licenciou, do ktorého spadá držiteľ osvedčenia a plus k nemu prislúchajúca licencia. V oblasti sektoru letúnov s licenciou sa stretáme s lietadlami zložitými a inými ako zložitými. Neobchodná časť nie je až tak zložitá na rozdelenie a v nasledujúcom porovnaní si popíšeme hlavné rozdiely, v obchodnej a neobchodnej prevádzke. Letúne v neobchodnej prevádzke už nerozdeľujeme do viacerých sektorov, podľa toho či majú alebo nemajú licenciu. Tu je prvý rozdiel, kedy vidíme, že obchodná prevádzka je zložitejšie v delení letúnov na licencie. Čiže druh prevádzky je jednoduchší u neobchodnej prevádzky. Rovnaké znaky môžeme badať pri druhu lietadiel, kde sa oba sektory zhodujú pri prevádzke lietadiel v každom bode. V treťom bode sa budeme venovať rozdielom pri prevádzke v oblasti časti M (údržba). Pri neobchodnej, ale aj obchodnej prevádzke je badateľné, že pre ľahké lietadlá sa časť M neaplikuje. Na rozdiel od neobchodnej prevádzky je časť M záväzná jedine pri časti licencovaných lietadiel, kde má svoje uplatnenie. Tak isto, ako časť M sa uplatňuje ten istý model aj pri časti ML (licencovanie), kde jedinými rozdielom je časť licencovaných lietadiel. Je to

pochopiteľné už aj podľa názvu, že táto časť sa bude venovať, len licencovaným letúnom. Časť, ktorá sa venuje CAMO a konkrétne SMS (safety manažment systém) je diametrálne odlišná v rámci obchodnej a neobchodnej prevádzky. Pri neobchodnej prevádzke sa CAMO uplatňuje v oblasti ľahkých a iných, ako ľahkých lietadiel individuálne, a to na povel pilota či vlastníka letúna. To znamená, že riadenie je vykonávané pilotom či vlastníkom, alebo CAMO alebo CAO. CAO je organizácia, ktorá sa zaoberá údržbou ľahkých lietadiel. Preto sa tento model uplatňuje v neobchodnej prevádzke, ale tak isto aj obchodnej prevádzke rovnako, pretože ide o ľahké lietadlá. Rozdiel môžeme vidieť hlavne pri zložitých typoch lietadiel. Pri týchto typoch sa časť CAMO aplikuje záväzne, či pri neobchodnej alebo obchodnej prevádzke. Pri porovnávaní je dôležité porovnať aj samotnú časť CAO a to v 2 sektoroch a to CAM a M. V časti CAM sa aplikuje táto časť hlavne pre ľahké letúne v oboch sektoroch rovnako. Tak isto aj časť CAO M je v oboch sektoroch totožná. Rozdiel prichádza pri zložitých typoch letúnov, ktoré tieto časti neobsahuje, a preto sa ani neaplikujú pri jednom či druhom sektore. Rozdiel teda prichádza v aplikácii časti CAM a M, kedy ľahké letúne tieto časti využívajú individuálne alebo nezávislým personálom v oblasti neobchodnej prevádzky, alebo sa uplatňuje časť 145 v obchodnej prevádzke letúna. V poslednej skúmanej časti sa budeme venovať časti 145 kde opäť, ako vo vyššie spomenutej časti CAO sa aplikuje časť 145 pri neobchodnej prevádzke buď individuálne alebo časťou CAO, alebo časťou 145. Pri zložitých typoch letúnov je však ten rozdiel, že tu je časť 145 záväzne daná. Taký istý prípad sme pozorovali aj pri obchodnej prevádzke, kde pri ľahkých letúnoch je aplikovaná časť CAO a časť 145. Pri zložitých letúnoch je táto časť 145 záväzná. Pri analyzovaní hlavných rozdielov obchodnej a neobchodnej prevádzky sme skúmali hlavné body, v ktorých sa tieto 2 sektory rozlišujú. Ako prvý rozdiel bol ten, že neobchodná prevádzka nemá požadovaný nezávislý audit kvality. To znamená, že pri obchodnej prevádzke je audit kvality precíznejší a hlavne je vyžadovaný oproti neobchodnej prevádzke, kde sú tieto auditové akcie menej často. Ďalším rozdielom je to, že neobchodná prevádzka nedisponuje personálom, ktorý spadá do kategórie A, čo je prevádzka údržby na lietadle a ľubovoľnom lietadlovom celku, pokiaľ je tento lietadlový celok upevnený na lietadle. Následne tiež personálom kategórie C, čo je údržba nezábudovaných lietadlových celkov na lietadle. Ostatnými všetkými kategóriami je vybavená obchodná letecká prevádzka. Pri neobchodnej prevádzke je potreba si vytvoriť príručku pre organizáciu údržby. Pri tejto príručke je dôležité aby ju schválil úrad a jej následné zmeny, ktoré sa postupom času menia. Pri zostavovaní rozdielom je dôležité tiež sledovať rozsah opravení, ktorý je pre letún dôležitý a ten sa určite pri neobchodnej prevádzke podľa tried a kvalifikácii. Triedy sú lietadlá, motory a lietadlové celky. Pri kvalifikácii ide však a kompaktný balík, ktorý musí byť dodržaný. Pri vydávaní osvedčenia o uvoľnení do prevádzky je dôležité aby bol personál oprávnený podľa časti 66. Kde personál musí mať vydaný príslušný certifikát, ktorý ho oprávňuje uvoľňovať lietadlá do prevádzky. Pri vetroňoch alebo lietadlových celkoch toto uvoľnenie musí byť s národnými predpismi podľa predpisu L1. Všetky zmeny, ktoré spadajú pod organizáciu údržby pri neobchodnej prevádzke musia byť bezodkladne oznámené civilnému leteckému úradu. Je dôležité poznamenať, že komerčný sektor je znám tým, že svoje letúne častejšie využíva na leteckú prevádzku, a preto hlavný rozdiel vidíme v počte prehliadok a generálnych opráv, ktoré často bývajú nad rámec tých, ktoré sa vykonávajú v nekomerčnom sektore.

## **6.2. Poruchovosť a spoľahlivosť letúna v komerčnom sektore**

Z našich preskúmaných 10 nehôd sme zistili následné dáta 40% príčin nehôd boli nehody spôsobené stratou výkonu motora alebo samotnou chybou motora. Pri týchto typoch strojov je to vzhľadom na vek letún bežná situácia, kedy motor už pomaly odchádza, a preto sa na ňom vyskytujú závažné chyby. Aj pri detailnom preskúmaní motora sa nemusí prísť na chyby, ktoré sa vyskytnú pri samotnom lete. Môžeme teda povedať, že za väčšinou nehôd, ktoré sme skúmali je chyba motora a teda poruchovosť je najvyššia práve pri motorovej časti. Medzi ďalšie príčiny nehôd a teda poruchovosti patria ľudské zlyhania, ktoré sú neodmysliteľnou časťou leteckých nehôd, tie spolu s poruchami či chybami čapov tvoria 20% celkových nehôd. Je jasné, že ľudia nie sú stroje a každý človek je neomylný, preto sa nehody tvorili, tvoria aj tvoria, ale technickým chybám sa dá predísť, a preto je dôležitá kontrola všetkých častí v motore, ale aj mimo neho aby nedochádzalo k nehodám v dôsledku chybných častí čapového uloženia. Posledných 20% všetkých našich skúmaných nehôd tvorí v rovnakom pomere 10% a 10% chyby na strane podvozku, či je to chybné uchytenie, alebo ide o zlé vysunutie podvozku pri pristáti. Zvyšok chýb 10% tvoria chyby, ktoré sa vyskytujú na krídlach. Ide o malé, ale aj veľké poškodenia, ktoré sú dobre viditeľné už z diaľky, ale taktiež môže ísť o chyby, ktoré technik nemusí vidieť, ale majú veľký význam, ak sa udeje nehoda. Tieto poškodenia je dôležité preveriť, buď nedeštruktívnymi metódami, ktoré odhalia poškodenia pod povrchom krídla, alebo kompletnou výmenou časti, ktorá nezodpovedá ďalšiemu letu. Na záver môžeme povedať, že 80% poruchovosti nami skúmaných nehôd bola zapríčinená technickou nedokonalosťou. Chyby sa stávajú a je treba podotknúť, že veľmi milo nás prekvapilo, že len 20% nehôd bolo zapríčinených ľudskou chybou. Je vidieť, že ak človek je kvalitne preškolený a pozná letún veľmi dobre, tak ho neprekvapia žiadne okolnosti. Po preskúmaní nehôd od roku 2000 po rok 2016, je veľmi veľa nehôd zapríčinených hlavne technickou chybou a ľudské chyby boli len v minimálnom rozsahu. Spoľahlivosť letúna Piper PA 28R je hlavne daná tým, ako je o letún postarané, množstvo nehôd sa nemuselo stať, ak by si personál, či v hangári alebo predletovej kontrole všimlo malé detaily, ktoré rozhodli, že lietadlo bude mať nejaké technické problémy. Piper PA 28R je podľa nás veľmi spoľahlivé lietadlo, ktoré má obrovské využitie vo svete komerčného sektoru.

## **6.3. Poruchovosť a spoľahlivosť v nekomerčnom sektore**

V tejto analýze sme sa zamerali na nehody v období 5 rokov. Pri štúdiu všetkých nehôd sme svedomito preskúmali všetky dostupné zdroje informácií, aby naša analýza bola správna a vedeli sme na jej konci presne určiť, kde sa stala chyba, a aká je teda spoľahlivosť letúna v nekomerčnom sektore. Po našej analýze sme dospeli k záverom, že väčšinu našich nehôd tvoria zlé meteorologické podmienky, ktoré nastali počas letu alebo finálneho priblíženia a mali za následok 40% príčin zrážky s objektmi alebo poškodenia okolitých objektov. Pri zlých poveternostných podmienkach dochádza aj ku strate riadenia, ktoré tvoria 20% našich nehôd, kedy piloti úplne stratili kontrolu nad letúnom a došlo k nehode. Zostávajúcich 40% nehôd a to v pomere 10% pre každú oblasť sú nehody, ktoré sa stali vďaka chybám motoru, či chybe údržbového personálu, ktorí nedostatočne skontroloval vykonanú prácu. Následne zvyšné nehody boli v dôsledku ľudskej chyby či zlej orientácii v priestore a zlom vyhodnotení situácie. Záverom našej analýzy je

porovnanie získaných dát, a to sú, že 70% nehôd, ktoré sa udiali stoja za chybou pilota alebo pozemného personálu, ktorí sa stará o letún. Pri tejto analýze sme tieto výsledky aj očakávali. Nekomerčný sektor je špecifický hlavne, tým že letúne nie sú, tak pravidelne vo vzduchu, ako v komerčnom sektore. Z našej analýzy sme zistili, že majiteľ alebo prevádzkovateľ má lepšie technické zabezpečenie a servis letúna, v dôsledku toho, že letún nie je tak často vo vzduchu, tým pádom sa neopotrebovávajú súčiastky nadmerne a dochádza k menej technickým poruchám na stroji, ako pri komerčnom sektore. Samozrejme musíme rátať s tým, že majitelia letúnov, ktoré sa využívajú na komerčný druh dopravy majú úplne iné počty cyklov opráv a hlavne generálnych opráv, pri ktorých sa tieto škody dajú nájsť, ale podľa nášho názoru môžeme povedať, že letúne v rámci nekomerčného sektoru využívania sú spoľahlivejšie z technického hľadiska. Pri nehodách v porovnaní s komerčným sektorom, len 20% nehôd zavinených ľudskou chybou je neporovnateľné číslo oproti 70% nehôd v nekomerčnom sektore. Pri tomto skúmaní sme prišli k záveru, že piloti v komerčnom sektore sú často konfrontovaní so situáciami, pri ktorých si dokážu zachovať chladnú hlavu a nespánikáriť, a tým predísť možnej katastrofe. Je jasné, že sa medzi pilotmi nekomerčného sektoru nájdú aj takí, ktorí situácie vedú riešiť pokojne, ale pri našej analýze sme zistili veľký nepomer nehôd zapríčinených ľudským zlyhaním.

## **6.4. Porovnanie ceny údržby v oboch sektoroch**

Pri porovnávaní ceny údržby je dôležité si uvedomiť, ako často využívame letún počas roku. Cena údržby je variabilná podľa toho, či chceme skúmať cenu za jeden celý rok, alebo za počas odlietanych hodín. Ceny sa veľmi líšia v závislosti využívania letúna.

Pri nekomerčnom sektore je nutné podotknúť to, že letún je vo vzduchu menej často, a preto aj cena za údržbu bude nižšia v porovnaní s cenou údržby pri komerčnom sektore. Keďže letecké školy a spoločnosti, ktoré prevádzkujú letún v komerčnom sektore si svoje ceny za údržbu taja a nechcú podávať informácie pre verejnosť, našou úlohou je rozanalyzovať ceny údržby z dostupných zdrojov informácií od súkromných prevádzkovateľov, ktorí svoje ceny uverejňujú. Pri porovnávaní cien sme vychádzali z dvoch vecí. Prvou je využívanie a cena letúna za 1 rok. Pri ročnom užívaní letúna súkromní prevádzkovatelia v priemere nalietajú od 20 do 35 hodín. Z dostupných informácií sme zistili, že tieto hodiny sa zhodujú u 90% súkromných prevádzkovateľov. Je dôležité tiež poznamenať, že väčšina z nich sú priamymi vlastníkmi letúnov, a preto do ceny nemusíme započítavať prenájom letúna, ktorý sa šplhá od 150€ na hodinu do 250€. Pri výpočte sme použili následné veličiny. Cena za letecký benzín sa pohybuje ku dnešnému dnu okolo 2€, tak isto aj cena za letecký olej plus treba počítať aj opotrebovanie vrtule, ktoré je vyrátané na 6€ za jednu letovú hodinu. Pri nálete 25 hodín za rok si preto majiteľ či prevádzkovateľ zaplatí za celkové vedenie letúna následné ceny. Pri spotreba paliva za hodinu, ktorá je 38 litrov a vynásobený ceny za 1 liter dostávame 76 € za hodinu letu. Plus treba pripočítať aj cenu za letecký olej, ktorý je 2€ a samozrejme opotrebovanie vrtule. Pri spočítaní všetkých veličín dostávame sumu 84€ za jednu hodinu letu. Pri ročnom nálete 25 hodín je cena za prevádzku letúna cca. 2050€. Pri preskúmaní rôznych fór a diskusiách s súkromnými prevádzkovateľmi, sme zistili, že cena za údržbu letúna sa odlišuje vo veľmi malom smere. Je však dôležité poznamenať, že k cene treba započítať ešte poplatky,

ktoré platí pilot letisku a samozrejme, ak nemá vlastný hangár, alebo iné miesto kde by letún mohol byť zaparkovaný, je treba si pripočítať aj cenu za miesto v hangári. Našou úlohou bolo však porovnať cenu pri prevádzke letúna za 1 rok. Rozdielne sumy však prichádzajú pri, takzvanej ročnej prehliadke letúna, ktorá sa vykonáva po 100 nalietaných hodinách. Cenu vypočítame podobne, ako pri prehliadke pri menšom počte nalietaných hodín. Počítame s cenou za liter leteckého benzínu, plus cenu oleja, uskladnenie letúna, každé letisko si počíta inú cenu za odstavené lietadlo, my sme si určili cenu 700€ za rok. K týmto sumám treba prirátat poistenie, ktoré je dôležité platiť, poistenie vychádza na 1000€ za 1 rok. Pri výpočte sumy sme prišli k výsledok za ročnú prevádzku a následná prehliadka letúna, stojí prevádzkovateľa, a teda aj majiteľa letúna cca. 10 200€. Z dohľadaných informácií sme zistili, že prevádzka letúna sa rozlišuje 2 bodoch, ktoré sme rozobrali vyššie a detailne popísali cenovú ponuku, vďaka ktorej vieme koľko cca. stojí Piper majiteľa za 1 rok a následne, aj pri 100 hodinovej prehliadke. Komerčný sektor, ale v tomto hľadisku nebude o nič rozdielny, keďže sumy za letecký benzín či olej sú pre všetkých prevádzkovateľov rovnaké. Rozdiel však bude pri prevádzke za 1 rok. Počas roku prevádzkovatelia komerčného sektoru nalietajú o mnoho viac hodín, ako piloti súkromných letúnov. Preto sa môžeme iba domnievať o koľko viac sa odlišujú tieto sektory. Súkromné letecké školy ponúkajú ceny za údržbu na rovnakej úrovni, ako sú ceny privátnych letov. Preto môžeme konštatovať, že súkromný sektor sa od toho komerčného neodlišuje vo veľkom, je dôležité poznamenať, že ceny za rok a odlietanych hodinách sú veľmi rozdielne.

## 7. Záver

Hlavným dôvodom výberu témy bola nepreskúmaná časť rozdielov komerčného a nekomerčného využitia letúna Piper PA-28R. V úvode sme si určili ciele, ktoré sme sa svedomito snažili splniť v každej kapitole.

Pri tvorbe materiálu sme pracovali s bohatými zdrojmi informácií zo zahraničných článkov, kníh, fór a blogov. V prvej úvodnej kapitole sme v krátkych podkapitolách rozobrali tému histórie letectva, ktorá nám pomohla lepšie pochopiť tému a jej začiatky. V druhej veľkej kapitole sa venovali údržbe lietadiel vo všeobecnosti, ako je to známe v tejto dobe. Štrukturálna údržba či údržba komponentov boli jednými s podkapitol, ktoré majú svoje miesto v našej práci. V každej s podkapitol sa detailne venujeme ich špecifickým vlastnostiam a prínosom pre letectvo. Pri práci sme sa venovali, aj generálnym opravám a servisu letúna. Generálne opravy patria medzi tie najhlavnejšie časti kontroly, pri ktorých prechádza letún celým radom kontrol. Letún sa odstaví na určité obdobie podľa vážnosti a údržbová organizácia pracuje na výmene a oprave komponentov, ktoré sú zadane v popise práce za obdobie nalietaných hodín. Pri údržbe lietadiel je dôležité dbať aj na úplnosť procesu údržby a správnosti. Štvrtou časťou práce bolo predstavenie nami vybraného typu letúna Piper PA28-R. V podkapitolách sa venujeme jeho všeobecným informáciám a hlavne technickým parametrom, ktoré toto lietadlo má. Letún sme analyzovali v 2 sektoroch. Prvým bol sektor komerčnej prevádzky, ktorý je známy využiteľnosťou, buď v rámci leteckej školy, aerotaxi či letov pre medicínske účely. Druhým sektorom skúmania bol sektor nekomerčnej prevádzky, ktorý je špecifickým využívaním pre účely privátnych letov alebo zážitkových letov či športu. V praktickej časti sme podrobne rozobrali 3 vybrané skúmané skupiny, a to rozdiely v údržbe, ktoré boli rozdielne v určitých

parametroch, následne sme sa venovali spoľahlivosti letúna. Pri tejto analýze sme si určili pre každý sektor 10 nehôd a po ich skúmaní sme určili v tabuľke a následnom komentári rozdielne informácie. Záverečným bodom práce bol parameter ceny za údržbu letúna. Tu sa ceny určovali podľa výpočtov za určité obdobie, a to obdobie jedného roka a 100 hodinovej prevádzky letúna.

Na záver by sme chceli zhrnúť výsledky práce. Našou úlohou bolo vytvoriť materiál, ktorý vecne a podrobne informuje čitateľa o tom, čo to je údržba, a aké má vlastné špecifiká.

## Referencie

- [1] Training, A., Maintenance, B., Schools, A., Books, A., Jar, T., Structures, A. - Maintaining the Aircraft. [online]. 2020 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.flight-mechanic.com/maintaining-the-aircraft/>
- [2] SWOBODA, M.: Line Maintenance – Management and Main Challenges. [online]. 2017 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://airlinebasics.com/line-maintenance-management-and-main-challenges/>
- [3] SWOBODA, M.: Aircraft Maintenance - Line, Base and Defects. [online], 2014 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <http://airlinebasics.com/aircraft-maintenance-line-base-and-defects/>
- [4] ENTHUSIAST, A.: Scheduled B Checks for Aircraft Airworthiness. [online]. 2019 [cit.2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.aviationenthusiasts.org/post/aircraft-maintenance-b-check>
- [5] VARAPRASADARAO, R.: Aircraft servicing, maintenance, repair & overhaul – the changed scenarios through outsourcing. [online]. 2017 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/328880433\\_AIRCRAFT\\_SERVICING\\_MAINTENANCE\\_REPAIR\\_OVERHAUL\\_THE\\_CHANGED\\_SCENARIOS\\_THROUGH\\_OUTSOURCING](https://www.researchgate.net/publication/328880433_AIRCRAFT_SERVICING_MAINTENANCE_REPAIR_OVERHAUL_THE_CHANGED_SCENARIOS_THROUGH_OUTSOURCING)
- [6] ACKERT, S.: Aircraft Maintenance Handbook for Financiers. [online]. 2018 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: [http://www.aircraftmonitor.com/uploads/1/5/9/9/15993320/aircraft\\_mx\\_handbook\\_for\\_financiers\\_v1.pdf](http://www.aircraftmonitor.com/uploads/1/5/9/9/15993320/aircraft_mx_handbook_for_financiers_v1.pdf)
- [7] PIPER, A.: Piper Arrow Manual - Pilot's Operating Manual. [online]. 2013 [2020-10-10]. Dostupné z: [https://wayman.edu/files/Piper\\_Arrow\\_II\\_POH.pdf](https://wayman.edu/files/Piper_Arrow_II_POH.pdf)
- [8] BUGAJ, M., NOVÁK, A., STELMACH, A. and LUSIAK, T., 2020. Unmanned Aerial Vehicles and Their Use for Aircraft Inspection, Proceedings of the 22nd International Conference on New Trends in Civil Aviation 2020, NTCA 2020 2020, pp. 45-50.
- [9] LĀŽĀROIU, G., KLIESTIK, T. and NOVAK, A., 2021. Internet of things smart devices, industrial artificial intelligence, and real-time sensor networks in sustainable cyber-physical production systems. Journal of Self-Governance and Management Economics, 9(1), pp. 20-30.
- [10] Bugaj, M., Novák, A. 2010. Všeobecné znalosti o lietadle: drak a systémy, elektrický systémy. 1. vyd.-Žilina: Žilinská univerzita, 2004.-247 s.