

PRODUKCIA LIETADLOVEJ TECHNIKY

PRODUCTION OF AIRCRAFT TECHNOLOGY

Ivan Maliňák

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
ivanmalinak22@gmail.com

Martin Bugaj

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
martin.bugaj@fpedas.uniza.sk

Abstract – This paper was written to take a better look at the production of aircraft technology and make a comparison between the production of air transport and civil aviation airplanes. The first part of the thesis analyses the current situation of the production of airplane technology. It includes the comparison of sales of the best known aircraft between these two categories and it also handles the support from the big aircraft producers to the smaller ones. The second part shows the many ways of aircraft production in different factories and explains them step by step. Another important point of this thesis is to help the reader make a clear vision about the manufacturing steps, ordering process and the final assembly of the aircrafts. The last part shows the application of new production and aircraft technologies which already have or will have influence on aircraft production in the future.

Key words – production of aircraft technology, general aviation, air transport, comparison of production, production steps.

I. ÚVOD

Letectvo v súčasnosti prioritne slúži na kvalitnú, bezpečnú a rýchlu prepravu cestujúcich a nákladu. Všetky procesy v letectve či už v jej výrobe, plánovaní, na letiskách alebo vo vzduchu sú nesmierne komplexné a komplikované a zlyhaniu či už len jednej osoby môžu nasledovať veľké problémy. Avšak nie náhodou je letecká doprava tá najbezpečnejšia doprava na svete. Napriek tomu že sa jedná o najnovší druh prepravy osôb a nákladu, je počet bezpečne prepravených pasažierov v porovnaní s inými najvyšší.

Keby chceme začať niekde úplne na začiatku tak zistíme že bezpečnosť lietadla nezávisí len na tom kde a ako sa lietadlo vyrobí, ale začína to už pri nariadeniach rôznych organizácii a združení, ktoré výrobcom dávajú jasné pokyny ako sa lietadlá majú vyrábať a kedy môžu začať ich prevádzku vo vzdušných priestoroch. Tomuto úplnému začiatku sa však nebudeme v tejto práci dôraznejšie venovať, skôr budeme rozoberať minulosť a súčasnosť ohľadom produkcie lietadlovej techniky a jej výrobných postupov, ako jeden s najdôležitejších dôvodov prečo dnešné lietadlá sú také bezpečné ako nikdy pred tým.

Na začiatku budeme analyzovať súčasný stav produkcie lietadlovej techniky, pod ktorý patrí hlavne predaj a dnešné

výrobné možnosti. V druhej časti tejto práce sa presnejšie zameriame na výrobu jednotlivých komponentov lietadla, teda ako a kde sa časti lietadla vyrabia, prepravujú a spracujú. Keďže sa v dnešnej dobe dá vďaka globalizácii všetko vyrobiť v iných štátoch alebo firmách je aj otázkou, aký výrobcovia takto fungujú a v akých rozmeroch tento princíp výroby využívajú. Jedna možnosť je nakúpiť súčiastky, prepraviť je do vlastnej výroby a v nej potom poskladať do hotového výrobku. Druhá je kúpiť už hotový výrobok za pravdepodobne vyššiu cenu. Všetky tieto výrobné postupy majú nakoniec presnejšie vysvetliť a porovnať akým spôsobom každá vybraná spoločnosť rieši svoju výrobu a čo všetko má s inými spoločnosťami. S týmito porovnaním tak môžeme zistiť kde niektoré spoločnosti zaoštvávajú alebo ušetria a naopak prečo niektoré zase patria medzi tie najúspešnejšie. Celá analýza produkcie lietadlovej techniky sa vykonáva s podmienkou že bezpečnosť letectva a zisk z predaja výrobcu sú na prvom mieste.

Výroba lietadiel sa však nedá zjednotiť pre každý druh lietadla a jeho prevádzkových úloh, preto sme v tejto práci rozdelil výrobu na dopravné a všeobecné lietadlá, alebo aj veľké a malé. Pomocou tohto rozdelenia sa dajú porovnať výrobné postupy týchto dvoch kategórií a aj medzi sebou navzájom. Ako ďalší dôležitý bod považujem aj aplikáciu nových technológií do lietadiel a tvorbu nových výrobných postupov ktorým sa budeme venovať podrobnejšie počas analýzy výroby jednotlivých spoločností v tretej časti.

II. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU PRODUKCIE LIETADLOVEJ TECHNIKY

Keď chceme analyzovať súčasný stav produkcie lietadlovej techniky, tak musíme oddeliť produkciu veľkých výrobcov ako Boeing alebo Airbus od malých ako je napríklad Textron Aviation či Cirrus Aircraft a porovnávať je navzájom.

Aj keď teoreticky môže takmer každé lietadlo byť využité na všeobecné ako aj na dopravné letectvo, v tejto práci pracujeme s podmienkou že sa na všeobecné lety využívajú skôr lietadlá menšieho typu. U dopravných lietadiel zase, že sa využívajú skôr veľké pre prepravu veľkého množstva pasažierov. Stane sa ale aj opak ako napríklad u leteckých hasičov v Austrálii alebo v USA, ktorý používajú upravené lietadlá typu Boeing 747 alebo 737 pri hasení veľkých požiarov. [1]

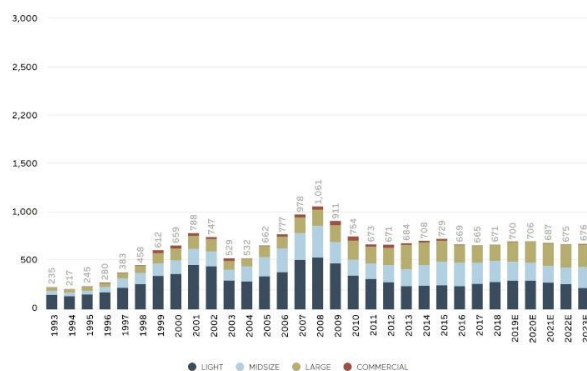
Tak ako v leteckých schopnostiach a ich využití je aj niekoľko zásadných rozdielov medzi výrobou veľkých

dopravných lietadiel, ktoré sa musia hlavne špecializovať na bezpečnosť veľkého počtu ľudí, financie a konkurenciu vo forme malého počtu veľkých konkurentov (Boeing – Airbus, t.zv. Duopol) a medzi výrobou menších lietadiel ktoré sa zameriavajú skôr na bezpečnosť majiteľov a veľký počet malých konkurentov (Cessna – Cirrus Aircraft – Diamond – Piper Aircraft atď.). Menší výrobcovia okrem toho nemajú zvyčajne k dispozícii ani zďaleka také finančné prostriedky ako tí veľkí. Ohľad sa musí brať aj na dopyt po lietadle a počet objednávok. Zásadnú rolu hrá taktiež aj „meno“ typu lietadla u leteckých spoločností (Boeing 737, Airbus A320), čo znamená či sa lietadlo dá ľahko alebo skôr ťažšie nahradiť iným lietadlom. [2]

POROVNANIE PREDAJA DOPRAVNÝCH A VŠEOBECNÝCH LIETADIEL

Keď si zoberieme ako príklad výrobcu Boeing, tak podľa ich informácií vyrobili a vydali leteckým spoločnostiam len za rok 2018 presne 806 lietadiel, pri čom ich najlacnejšie lietadlo typu Boeing 737-7 stojí okolo 90 miliónov a najdrahšie 777-9 až 442 miliónov dolárov. Airbus v tom istom roku vyrobil a vydal presne 800 kusov. [3]

Keď si tieto čísla porovnáme s výrobcami pod tak zvaným General Aviation, vidíme že jeho najväčší výrobca Cessna predal iba 473 lietadiel, pričom ich najpredávanejší model CE-172S Skyhawk SP, sa predal 129 krát. Jeho priemerná cena sa pohybuje okolo 300 tisíc dolárov, teda ďaleko pod cenou aj toho najlacnejšieho dopravného lietadla dvoch menovaných výrobcov. Ich najdrahší model v tom roku bol Cessna Citation Latitude, ktorý stojí 12 až 15 miliónov dolárov, predalo sa ich však iba 58 kusov. Toto lietadlo patrí pod t. zv. business jety, ktoré taktiež patria pod všeobecné letectvo. Okrem Textron Aviation sú ďalšie známe spoločnosti vyrábajúce business jety napríklad Gulfstream, Bombardier, Embraer alebo aj Airbus či Boeing. [3]



Graf 4: Druh predaných lietadiel podľa roku

Pri tomto porovnaní vidíme že dopravné lietadlá nie len stoja viac, ale aj počet objednávok a predaných lietadiel je výrazne vyšší. Len Airbus sám počíta od roku 2018 do roku 2037 s 35 000 objednávkami dopravných lietadiel všetkých hmotnostných tried, ako zverejnili v ich predpovedi „Global Market Forecast“ v roku 2018. [4]

Ďalší faktor ktorý ovplyvňuje produkciu lietadlovej techniky je ten, že firmy ako Boeing síce majú k dispozícii veľké finančné prostriedky, musia sa ale sústrediť hlavne na dodržanie

termínov ich výroby a zachovania kvality najznámejších typov. Pri zanedbaní čo len iba jedného typu lietadla, by sa konkurencia mohla v očiach kupujúcich dostať do pozície lídra. Tým pádom sa neustále zlepšujú a vyvíjajú nové technológie pre už existujúce modely a na nové veci je ale málo priestoru. Kvôli existujúcemu duopolu v dopravnom letectve nový výrobcovia takmer nemajú šancu sa presadiť vo výrobe dopravných lietadiel. Novozaložené alebo menšie spoločnosti sa sústredia buď na výrobu všeobecných lietadiel alebo na vylepšené systémy výroby súčiastok a častí dopravných lietadiel. Ročne tak pribúda desiatok spoločností ktoré sa zameriavajú na nové lietadlá a technológie všeobecného letectva, a pomocou podpory týchto malých spoločností veľkými spoločnosťami sa tieto môžu rýchlejšie vyvíjať a poskytovať inovácie aj dopravnému letectvu. [5]

PODPORA START-UPOV

Program podpory malých firiem je zvyčajne založený na jednoduchosti, aby sa v prípade potreby dalo rýchlo konať. Digitalizácia vlastnej spoločnosti je pri tom tak isto veľmi dôležitá, pretože takmer všetky nové firmy nedokážu bez nej efektívne pracovať a kontaktovať alebo zásobovať výrobcov. Funguje to tak, že veľká spoločnosť si vyberie Start-Up spoločnosť ktorá má niečo čo by tá veľká mohla potrebovať. Preto sa rozhodne že tú malú spoločnosť začne podporovať napr. financiami, aby sa mohla rýchlejšie rozvíjať. Start-Up spoločnosť naopak prisľúbi tej veľkej že inováciu ktorú potrebuje môže používať alebo odkupovať. Okrem toho sa o vylepšenie a rozvoj tejto inovácie naďalej stará podporovaná spoločnosť a tá veľká sa môže venovať svojej výrobe. V niektorých prípadoch takto dôjde aj odkúpeniu celej spoločnosti. [5]

BOEING HORIZON X

Obi dvaja najväčší výrobcovia dopravných lietadiel tak zvolili ich vlastný spôsob ako sa dostať k novým výmyslom bez toho aby sami museli aktívne podieľať na ich výrobe. Boeing vyvinul program menom „Horizon X“, pomocou ktorého finančne podporuje Start-Up podniky v sektore všeobecného letectva. Týmto spôsobom Boeing získava inovácie do budúcnosti a malé firmy majú dostatok finančných prostriedkov či možností pri vývoji. [6]



Obrázok 19: Logo Boeing Horizon X

AIRBUS BIZLAB

Airbus prišiel s týmto nápadom už v roku 2015, keď založil tak zvaný „Airbus BizLab – The Aerospace Accelerator“ čo v preklade znamená letecký urýchľovač, ktorý tak isto podporuje Start-Up firmy v letectve. Podpora sa v Airbuse skladá menej z finančných prostriedkov, skôr z ponúkajúceho vedomostí teda tak zvaného „know-how“. Airbus tak poskytne vedcov, materiály a priestor pre tieto firmy za cieľom urýchliť ich vývoj. Každý má 6 mesiacov čas, dokázať alebo vyvinúť niečo čo by malo Airbusu pomôcť v budúcnosti. Po vypršaní 6 mesiacov sa

Airbus rozhodne či pozastaví podporu Start-Upu alebo ho naďalej bude podporovať. [7]



Obrázok 20: Logo Airbus BizLab

III. POSTUPY PRODUKCIE LIETADLOVEJ TECHNIKY

Pri porovnaní výrobných postupov medzi výrobou dopravných a všeobecných lietadiel sa pozrieme na najväčšie rozdiely. Aj keď všeobecný priebeh výroby dopravných a všeobecných lietadiel je takmer rovnaký, každý krok produkcie rôznych výrobcov sa odlišuje. Tieto kroky sa nielen odlišujú medzi dopravnými a všeobecnými lietadlami, ale aj medzi nimi navzájom. Keby si ale zoberieme Airbus a Boeing tak by sme pravdepodobne našli len malé rozdiely v ich postupoch pri výrobe.

V rámci malých výrobcov sa tieto kroky môžu odlišovať o niečo viac, pretože každá firma musí začať s nápadom ktorý ju odlišuje od iných výrobcov. Keby nemá vlastný nápad alebo nepríde z niečím novým, tak sa iba ťažko vie uchýtiť medzi konkurenciou. Tým pádom sa dá povedať že výrobné postupy lietadlovej techniky majú menší výrobcovia svojím spôsobom každý svoje a preto sa nedajú zjednotiť.

Jeden z ďalších faktorov ktorý odlišuje ich výrobu je obrovské množstvo typov lietadiel, ktoré nie každý výrobca má v ponuke. Ako príklad si môžeme zobrať výrobu hydroplánov. Je jasné že firma ktorá vyrába vodné lietadlá nebude používať tie isté súčiastky alebo postupovať pri výrobe tak isto ako firma ktorá vyrába business jety. Preto sa musíme pozrieť na viacero malých výrobcov a môžeme ich porovnať navzájom.

U veľkých výrobcov máme naopak dopyt dopravcov po podobných typoch a takmer každý typ Boeingu sa dá prirovnať k rovnocennému typu Airbusu. Preto sa aj výrobné postupy dajú k sebe lepšie prirovnať a rozdiely v nich sú oveľa menšie. Väčšie rozdiely sa dajú nájsť až pri vedľajších častiach ich marketingu a výroby, ako napríklad pri podpore Start-Upov alebo vyvíjaní kozmických technológií.

VÝROBA DOPRAVNÝCH LIETADIEL

Pomocou skúmaných materiálov a informácii o produkčných postupoch výrobcu Airbus a jeho lietadla typu A350 vidíme, že ich výroba je globálny proces ktorý je závislý od stoviek iných firiem a dodávateľov. Všetkému musí predchádzať dôkladné plánovanie po najmenšie detaily a vyberanie si dôveryhodných obchodných partnerov. Nedá sa však ísť tak ďaleko a povedať že každá chyba výrazne poznamená firmy ako

je Airbus alebo Boeing, už len kvôli ich dôležitosti a poste na globálnom leteckom trhu.

Celkovo je výroba takýchto veľkých firiem založená na využívaní a zabezpečovaní tých najlepších podmienok v rôznych štátoch, ktoré im často aj vyjdú v ústrety. Takýto obrovský celosvetový proces nie je totiž len o vyberaní lokality pre najlepšie a najlacnejšie výrobné podmienky, ale aj o poskytovaní tisícov pracovných miest pre dané regióny. Zabezpečuje sa okrem toho fungovanie, často až existencia, stoviek iných firiem, ktoré sa podieľajú na výrobe dopravných lietadiel.

Keď sa pozrieme druhým smerom, teda nie na výrobu ale na samotné lietanie a využívanie lietadiel na prepravu cestujúcich, vidíme že okrem firiem ktoré sa starajú spoločne s hlavným výrobcom o výrobu lietadiel, sú závislé na tom celom aj samotné letecké spoločnosti, ktoré neustále potrebujú nové a hlavne výhodné lietadlá pre zachovanie bezpečnosti a komfortu zákazníkov.

AIRBUS A350 XWB

Pomocou skúmaných materiálov a informácii o produkčných postupoch výrobcu Airbus a jeho lietadla typu A350 vidíme, že ich výroba je globálny proces ktorý je závislý od stoviek iných firiem a dodávateľov. Všetkému musí predchádzať dôkladné plánovanie po najmenšie detaily a vyberanie si dôveryhodných obchodných partnerov. Nedá sa však ísť tak ďaleko a povedať že každá chyba výrazne poznamená firmy ako je Airbus alebo Boeing, už len kvôli ich dôležitosti a poste na globálnom leteckom trhu.

Celkovo je výroba takýchto veľkých firiem založená na využívaní a zabezpečovaní tých najlepších podmienok v rôznych štátoch, ktoré im často aj vyjdú v ústrety. Takýto obrovský celosvetový proces nie je totiž len o vyberaní lokality pre najlepšie a najlacnejšie výrobné podmienky, ale aj o poskytovaní tisícov pracovných miest pre dané regióny. Zabezpečuje sa okrem toho fungovanie, často až existencia, stoviek iných firiem, ktoré sa podieľajú na výrobe dopravných lietadiel.

Keď sa pozrieme druhým smerom, teda nie na výrobu ale na samotné lietanie a využívanie lietadiel na prepravu cestujúcich, vidíme že okrem firiem ktoré sa starajú spoločne s hlavným výrobcom o výrobu lietadiel, sú závislé na tom celom aj samotné letecké spoločnosti, ktoré neustále potrebujú nové a hlavne výhodné lietadlá pre zachovanie bezpečnosti a komfortu zákazníkov. [8]

VÝROBA VŠEOBECNÝCH LIETADIEL

Pri výrobe všeobecných lietadiel sa nedá presne zamerať na jedného výrobcu, pretože je oveľa väčší počet druhov lietadiel s menším dopytom ako po dopravných. Preto som si vybral dvoch výrobcov v rôznych kategóriách všeobecného letectva ktorých výrobu presnejšie definujem a vysvetlím jednotlivé rozdiely medzi nimi. Medzi týchto dvoch patrí z kategórie súkromného letectva jeden z najúspešnejších výrobcov Cirrus a ich svetoznáme lietadlo typu SR22. Pre výrobu business jetov ktorá taktiež patrí pod kategóriu súkromného letectva, som vybral výrobcu Textron Aviation / Cessna, ktorý je

známy kvalitnými a spoľahlivými business jetmi už veľmi dlhú dobu.

CIRRUS SR22

Medzi najväčšie rozdiely výroby Cirrusu, ako malého kvalitného lietadla všeobecného letectva v porovnaní s výrobou dopravných lietadiel patrí lokálna výroba takmer všetkých podstatných častí lietadla. Cirrus sa snaží držať výrobu na jednom mieste a tým mať všetko kompaktné pod kontrolou. Je jasne vidno, že výroba sa snaží dištancovať od závislosti od iných dodávateľov a preto sa snaží vyrábať všetko vo vlastných výrobných halách. Okrem lokálnej výroby je aj jej efektívnosť veľmi dôležitá, ktorá je v Cirrusu neustále kontrolovaná a zlepšovaná. [9]

CESSNA CITATION LATITUDE

Firmu Textron Aviation sme si vybrali v prvom rade pre porovnanie výroby všeobecných lietadiel väčších rozmerov s výrobou dopravných lietadiel. Business Jet Citation Latitude je luxusné lietadlo so špičkovým vybavením vo svojej kategórii, presne ako aj Airbus A350 XWB alebo Cirrus SR22. Všetky lietadlá patria k najdôležitejším produktom ich výroby a majú to najlepšie vybavenie ktoré sa momentálne v letectve ponúka. Porovnáme teraz výrobu Cessny s Cirrusom a s Airbusom, vidíme niečo medzi obidvoma výrobami. Na jednej strane vidíme extrém vo forme celosvetovej produkcie a na druhej strane máme lokálnu výrobu s minimálnymi objednávkami. Cessna sa snaží zaručiť kvalitnú výrobu efektívnou prácou a jej nezvyčajnými metódami, s ktorými sa experimentuje neustále s cieľom nájsť opäť niečo nové čo funguje ešte lepšie ako to doterajšie. Tak sa napríklad začal vyrábať trup a krídla po stojacke. Keďže je Cessna už dlhšiu dobu na trhu všeobecných lietadiel a patrí k najväčším na svete, sa nedalo očakávať nič iné než kvalitná a efektívna výroba s dlhoročnou skúsenosťou, zatiaľ čo sa Cirrus stále snaží doladiť a zlepšiť ich výrobu na nových produkčných linkách. Výroba sa tak dá skôr priradiť ako podobná tej Airbusu, ktorý patrí medzi dvoch najväčších výrobcov lietadiel na svete a kvôli neustálemu tlaku Boeingu musí napredovať extrémnym tempom. Zatiaľ čo Cirrus má čas a môže si dovoliť svojich záujemcov „nechať čakať“ na výrobu ich lietadiel s takmer nulovým tlakom, musí Cessna prenasledovaná spoločnosťami ako Gulfstream a Embraer, alebo Airbus prenasledovaný Boeingom napredovať a nemôžu si dovoliť žiadne veľké chyby. [10]

IV. APLIKÁCIA NOVÝCH VÝROBNÝCH POSTUPOV

K porovnaniu nových výrobných postupov medzi malými a veľkými, či všeobecnými a dopravnými lietadlami, sa musíme pozrieť na rôznych výrobcov, ich možnosti a finančné prostriedky

3D SÚČIASTKY

Firma Piper existuje od roku 1927 keď ju založil William T. Piper v New Yorku v USA a koncom roka 2018 prišli z novinkou v letectve, ktorá zatiaľ ovplyvnila hlavne ich vlastnú produkciu. V budúcnosti však tento trend môže mať obrovský vplyv na celosvetovú leteckú výrobu. Jedná sa o produkciu

súčiastok pomocou 3D technológie, ktorá im najskôr má znížiť a nahradiť časti v lietadle ktoré nie sú potrebné na bezpečný let. Do teraz sa lietadlá s takýmito súčiastkami testujú a firma Piper sa snaží dostať povolenie od FAA. Piper sa snaží túto inováciu vo výrobe používať len na súčiastky ktoré sa dovážajú alebo kupujú od iných výrobcov, ako napríklad sedačky alebo kryty v cockpite. Ak testy prebehnú úspešne a spoločnosť sa dočká certifikácie, je možné že sa začnú vyrábať aj dôležitejšie a tým pádom aj drahšie súčiastky. Najväčšie obavy sa však týkajú kvality a životnosti vyrobených súčiastok cez 3D tlačiareň. Do teraz sa Piper môže iba chváliť, keďže sa im náklady na produkciu niektorých súčiastok ktoré museli do teraz kupovať, znížili až o 200%. [11]



Obrázok 21: Piper M600 s prvou zabudovanou 3D súčiastkou

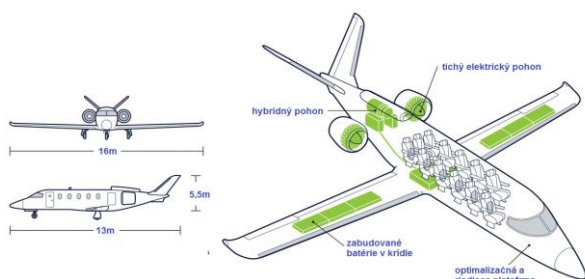
SLM

Jedna z inovácií ktorá bola predstavená v leteckej produkcii už v roku 2015 ale od vtedy je čím viac dôležitejšia, je tak zvaná technológia SLM. Je to spôsob ako spojiť dva kovy ako napr. titán, bez použitia skrutiek. Pomocou lasera sa viacero častí dá spojiť do jednej a tým sa nezníži len celková hmotnosť celého telesa ale zvýši sa aj jeho životnosť. Tento spôsob výroby sa používa hlavne pri častiach v prúdových motoroch, aby boli čo najľahšie a najspoľahlivejšie. Od roku 2015 sa špecializovali aj niektoré SLM firmy na letectvo, ako napríklad nemecká firma SLM Solutions, ktorá vznikla už v roku 2006, avšak sa pred tým zameriavala hlavne na automobilový priemysel. Od kedy sa táto technológia začala používať aj v letectve, je to inovácia ktorú používajú skoro všetci významní výrobcovia lietadiel alebo ich dodávateľia. [12]

ZELENÉ LIETANIE: ZUNUM AERO

V roku 2013 bola založená firma Zunum Aero Asishom Kumarom a Mattom Knappom, v blízkosti Seattlu v USA. Ich prvý prototyp bol elektrický jet menom ZA10, ktorý mal začať lietať v roku 2020. Zmestí sa doňho až 12 ľudí a funguje čisto na elektrický pohon. Ďalej nasledovalo niekoľko typov jetov ktoré sú stavané až pre 50 pasažierov. V roku 2017 tohto výrobcu podporil nie len Boeing Horizon X, ktorý sa zameriava na podporu StartUpov po celom svete za cieľom získania nových technológií, ale aj firma Jet Blue Technology Ventures ktorá si u nich objednala niekoľko lietadiel typu ZA40, a plánuje ich objednať ďalších 100. Majiteľ tejto firmy ale aj pomenoval problémy ktoré majú dnešné turbínové lietadlá v rozmedzí od 10

do 50 sedadiel a ako to ovplyvňuje aj elektrické motory. Tieto lietadlá sa totiž oplatia viac čím dlhšie a čím vyššie letia. Keby malo mať takéto lietadlo s prúdovým pohonom dolet iba niekoľko stoviek kilometrov, tak by sa náklady ASM pohybovali niekde okolo 0,40\$, lebo sa pri vzlete a pristávaní spotrebuje najviac paliva. Keď toto lietadlo má ale dolet niekoľko tisíc kilometrov a môže letieť dlhú dobu vo vysokej výške, tak sa náklady každým kilometrom znižujú a pohybujú niekde medzi 0,10\$ až 0,20\$. Tým pádom sa dá povedať že sa lietadlá s turbínovým pohonom neoplatia na krátke lety a presne pre tento prípad sa vyrába toto lietadlo. Pomocou elektrického pohonu sa nezvyšujú náklady pri vzlete a pristávaní a lietadlo nemusí mať taký dolet ako tie s turbínovým motorom, lebo sa na dlhé lety zatiaľ vôbec nemá využívať. Zunum Aero tak dokázalo na krátky let od 300 do 700 míľ znížiť náklady ASM na iba 0,10\$ až 0,12\$. [13]



Obrázok 22: Lietadlo Zunum Aero

PIPISTREL

V roku 2011 Slovinska firma Pipistrel vyrobila lietadlo Taurus G4, ktoré sa stalo prvým lietadlom pre štyroch ľudí s elektrickým pohonom. Aj keď sa v roku 2011 batéria Taurusu nabíjala 6 krát dlhšie než lietadlo vedelo byť vo vzduchu, do roku 2016 sa im podarilo zlepšiť pomer nabíjania a lietania na 1:1. V tom istom roku firma Pipistrel vyšla s ďalšou inováciou. Bol to model HY4 pre tak isto štyroch pasažierov, ktorý má vodíkový pohon a dokáže zostať vo vzduchu až 10 hodín v kuse bez emisii. Lietadlo má zasúvací podvozok a dokáže kĺzať dlhý čas vo vzduchu aj bez motora vďaka jeho malej hmotnosti a dlhým krídlam. Typ Taurus G4 sa okrem iného zúčastnil už niekoľko krát podujatia NASA CAFE GFC (Green Flight Challenge), v ktorom súťažia medzi sebou lietadlá neznečisťujúce životné prostredie. Pipistrel toto podujatie vyhral už dva krát, s čím si dokázal zabezpečiť nie len finančnú podporu od NASA vo výške 1,35 milióna dolárov, ale aj množstvo objednávok, ako napríklad 194 lietadiel typu G4 pre indickú armádu. Toto lietadlo funguje iba pomocou elektrického motora ktorý poháňa vrtuľu v strede prednej časti lietadla. [14]



Obrázok 23: Lietadlo Pipistrel Taurus G4

LILIUM GMBH

Medzi výrobcov ktorý sa snažia dostať VTOL do všeobecného letectva patrí aj Lilium GmbH z mníchova. Hlavná myšlienka za zabudovaním systémom vertikálneho vzletu v malom lietadle pre obyčajných ľudí, je náhrada auta v dnešnom preplnenom svete plným zápch, aj keď nie pre každého pretože to by viedlo k tomu istému ak nie ešte väčšiemu chaosu. Lilium GmbH predstavili svoj prvý model v roku 2017 pod menom Lilium Jet. Lietadlo je poháňané 36 motormi na elektrický pohon. Aj keď z hľadiska bezpečnosti a funkčnosti nemá tento model už takmer žiadne nedostatky, v Nemecku a USA sa stal terčom kritiky. Prvý problém bola veľmi krátka doba letu ktorá sa najskôr pohybovala okolo 5-10 minút, ale sa časom podarila vylepšiť až na jednu hodinu. Druhý problém bolo 36 motorov ktorý vznášali lietadlo pri vzlete a pristávaní, pretože bolo treba veľký počet batérií ktoré majú príliš vysokú hmotnosť. Okrem toho pri testovaní zistili dvaja nemeckí experti leteckej dopravy, že daný dolet od výrobcu ktorý má byť až 300 kilometrov sa nedá ani zďaleka dosiahnuť a čistá doba letu sa nepohybuje ani okolo 60 minút, ale kým sa lietadlo naštartuje, spojzdni, zapnú sa všetky potrebné agregáty k letu a lietadlo koniec koncom vzlietne, na let zostáva naďalej iba niekoľko minút kým opäť musí zahájiť vertikálny pristávací proces. Podľa majiteľa firmy Lilium GmbH, sa tento projekt má zdokonaľiť a presadiť v roku 2025 v minimálne dvoch nemeckých mestách, kde budú lietadlá fungovať ako aero-taxík. [16]



Obrázok 24: Lietadlo Lilium Jet

V. ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo porovnať a podrobne popísať jednotlivé postupy produkcie lietadlovej techniky medzi dopravnými a všeobecnými lietadlami. Toto porovnanie ukázalo

nie len rozdiel vo finančných prostriedkoch a možnosti výrobcov veľkých dopravných a malých všeobecných lietadiel, ale aj problémy, výhody a nevýhody na oboch stranách. Zámerne sme si vybrali tri spoločnosti oboch kategórií, ktoré nemajú žiadne výrazné problémy na trhu a nachádzajú sa v dobrej až veľmi dobrej finančnej situácii. Tým nebola analýza ich produkčných krokov nijak ovplyvnená a dalo sa objektívne pozrieť na ich výrobu lietadiel.

Prvoradý bol presný popis najdôležitejších výrobných krokov od navrhovania lietadiel až po finálne testovanie. Výrobné kroky boli zvolené podľa dôležitosti a rozdielov vo výrobe v porovnaní s inými výrobcami a preto nemusia byť vždy identické. Slúžia predovšetkým jednoduchému porozumeniu a zobrazeniu tých najdôležitejších výrobných krokov. Cieľom tejto práce je pomôcť čitateľovi si vytvoriť obraz o dnešnej produkcii lietadlovej techniky a zároveň vedieť rozoznať zásadné rozdiely medzi výrobou malých a veľkých alebo všeobecných a dopravných lietadiel. Primárny rozdiel vo výrobe ktorý sme sa snažili ukázať počas celej práce, je využívanie globalizácie v rozdielnych rozmeroch. Výrobcovia ako Airbus alebo Boeing majú vytvorenú celosvetovú sieť výrobných procesov pre masovú výrobu lietadiel, medzitým čo menší výrobcovia stavajú skôr na lokálnu výrobu a vysokú kvalitu. Pre lepší prehľad a ľahšie porovnanie leteckej výroby sme sa rozhodli zobrať do kategórie všeobecného letectva nie len jedného ale dvoch výrobcov. Pod pojem všeobecné letectvo sa totiž dá zaradiť obrovské množstvo rôznych druhov lietadiel slúžiacich na všetky možné účely, ktoré sa nedajú zo sebou porovnávať.

Výroba firmy Textron Aviation sa dá porovnať s obi dvomi nami zvolenými výrobcami, keďže vyrába lietadlá veľkých aj malých rozmerov. Okrem toho to je jedna z najúspešnejších firiem všeobecného letectva už niekoľko desaťročí a tým pádom najlepší príklad pre kvalitnú a efektívnu výrobu.

Pevne dúfam že táto práca pomôže všetkým čitateľom sa lepšie oboznámiť s produkciou lietadlovej techniky a na základe vybraných produkčných krokov pochopiť najpodstatnejšie rozdiely medzi výrobou lietadiel rôznych kategórií.

REFERENCIE

- [1] AustralianAviation.Com.Au. 2019. NSW buys new Boeing 737 large air tanker for firefighting. [online]. [cit. 2020.04.20]. Dostupné na internete: <<https://australianaviation.com.au/2019/05/nsw-buys-boeing-737-large-air-tanker-for-firefighting/>>.
- [2] SPRAGUE K. 2019. Why the Airbus Boeing duopoly dominate 99% of the large plane market. [video] [online]. [cit. 2020.05.02]. Dostupné na internete: <<https://www.cnbc.com/2019/01/25/why-the-airbus-boeing-companies-dominate-99percent-of-the-large-plane-market.html>>.
- [3] FORECAST INTERNATIONAL'S AEROSPACE PORTAL, 2019. General Aviation Market Data. [online]. [cit. 2020.05.02]. Dostupné na internete: <<http://www.fiaeroweb.com/General-Aviation.html>>.
- [4] AIRBUS. 2018. Global Market Forecast 2019-2038 [online]. [cit. 2020.05.03]. Dostupné na internete: <<https://www.airbus.com/aircraft/market/global-market-forecast.html>>.
- [5] AEROSPACEEXPORTTEAM. 2020. Aerospace Startups. [online]. [cit. 2020.05.12]. Dostupné na internete: <<https://aerospaceexport.com/aerospace-startups/>>.
- [6] BOEING HORIZON X, 2020. Break through Boeing Horizon X. [online]. [cit. 2020.05.12]. Dostupné na internete: <<https://www.boeing.com/company/key-orgs/horizon-x/>>.
- [7] JÄGER M. 2018. Airbus BizLab – Ein Weltkonzern macht Startups zu Partnern. [online]. [cit. 2020.05.12]. Dostupné na internete: <<https://www.hamburg-startups.net/airbus-bizlab/>>.
- [8] WELT DOCUMENTARY. 2019. The Plane Makers: High-tech aircraft on the assembly line.[online]. [cit. 2020.04.19]. Dostupné na internete: <<https://www.youtube.com/watch?v=hqiVF6JMRZI>>.
- [9] AV WEB. 2018. How Cirrus builds Aircraft. [video]. [online]. [cit. 2020.05.15]. Dostupné na internete: <<https://www.avweb.com/ownership/how-cirrus-builds-aircraft/>>.
- [10] AOPA YOUR FREEDOM TO FLY. 2017. Citation Latitude Production. [video]. [online]. [cit. 2020.05.21]. Dostupné na internete: <<https://www.youtube.com/watch?v=btDz1NmJaDY>>.
- [11] PIPER AIRCRAFT. 2019. Piper Produces First Production Part Using 3D Printing Technology. [online]. [cit. 2020.05.10]. Dostupné na internete: <<https://www.piper.com/press-releases/piper-produces-first-production-part-using-3d-printing-technology/>>.
- [12] SLM SOLUTIONS. 2020. Luft- und Raumfahrt. [online]. [cit. 2020.05.10]. Dostupné na internete: <<https://www.slm-solutions.com/de/branchen/luft-und-raumfahrt/>>.
- [13] INTELLIGENT AEROSPACE. 2020. Zunum Aero team up to power hybrid-to-electric commercial Aircraft. [online]. [cit. 2020.05.27]. Dostupné na internete: <<https://www.intelligent-aerospace.com/commercial/article/14170301/electric-commercial-aircraft>>.
- [14] PIPISTREL. 2011. [online]. [cit. 2020.05.29]. Dostupné na internete: <<https://www.pipistrel-aircraft.com/pipistrel-big-winner-of-nasa-challenge/>>.
- [15] WIKIPEDIA. 2020. VTOL – Vertical Take-Off and Landing. [online]. [cit. 2020.05.10]. Dostupné na internete: <<https://de.wikipedia.org/wiki/Kategorie:VTOL-Flugzeug>>.
- [16] LILIUM. 2020. Introducing the Lilium Jet. [online]. [cit. 2020.05.10]. Dostupné na internete: <<https://lilium.com/>>.
- [17] HOLODA, Š., PECHO. P., JANOVEC M. & BUGAJ, M. 2017. Modification in Structural Design of L-13 "blanik" Aircraft's Wing to Obtain Airworthiness. Transport Problems 7(1), pages 77-86
- [18] PECHO, P., WYLIE, M. & BUGAJ, M. 2018. Transportation Research Procedia 35, pages 287-294.
- [19] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [20] JANOVEC, M., SMETANA, M., & BUGAJ, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage

Riveted Joints. Transportation Research Procedia 40, pages 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042>

- [21] BEŇO, L., BUGAJ, M. & NOVÁK, A., 2005. Application of RCM principles in the air operations. *Komunikacie*, 7(2), pages. 20-24.
- [22] ČERŇAN, J., SEMRÁD, K., DRAGANOVÁ, K. & CÚTTOVÁ, M. 2019. Fatigue stress analysis of the DV-2 engine turbine disk. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* 91(4), pages 708-716"
- [23] ČERŇAN, J., JANOVEC, M., HOCKO, M., & CÚTTOVÁ, M. 2018. Damages of RD-33 Engine Gas Turbine and their Causes. *Transportation Research Procedia* 35, pages 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.028>

Ivan Maliňák – narodený dňa 09.10.1997 v Považskej Bystrici absolvoval v roku 2017 Gymnázium na Gabelsberger Gymnasium Mainburg v Nemecku. Následne v roku 2017 nastúpil na Žilinskú univerzitu v Žiline v odbore 3772 doprava, pričom sa zameril na št. program profesionálny pilot. Aktuálne študent danej univerzity.