

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh inovací procesu nálezování oprav leteckých motorů

Innovation proposal for process of findings in aircraft engine repairs

STUDIJNÍ PROGRAM

Projektové řízení inovací

VEDOUCÍ PRÁCE

Doc. Ing. Marek Jemala, Ph.D.

ABUTINEH

TEREZA

2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	<u>Tereza</u>	Jméno:	<u>Abutineh</u>	Osobní číslo:	<u>510750</u>
Fakulta/ústav:	<u>Masarykův ústav vyšších studií (MÚVS)</u>				
Zadávací katedra/ústav:	<u>Institut ekonomických studií</u>				
Studijní program:	<u>Projektové řízení inovací</u>				
Studijní obor:	<u>Procesní management</u>				

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:
Návrh inovací procesu nálezování oprav leteckých motorů.

Název diplomové práce anglicky:
Innovation proposal for process of findings in aircraft engine repairs.

Pokyny pro vypracování:
Hlavním cílem této práce je analyzovat procesy oddělení nálezování v GE Aviation Czech a navrhnout a vypracovat návrh řešení pro zlepšení řízení tohoto oddělení a jeho procesů. Mezi specifické cíle patří charakteristika procesů ve firmě se zaměřením zejména na oddělení nálezování, návaznosti procesů a jejich výhody a nevýhody.
Práce má být založena na analýze a komparaci zejména zahraniční odborné literatury, vnitřní analýze firmy GE Aviation Czech a sumarizaci nejdůležitějších doporučení pro možné inovace těchto procesů. Jedno z hlavních doporučení bude rozpracováno. Proces analýzy ve firmě může být realizován prostřednictvím strukturovaných rozhovorů, nebo studiem interní dokumentace.

Seznam doporučené literatury:
Jemala, M. (2014): Technology identification: How to bring technology innovation to life? ISBN-13: 978-3639710441.
Tomatzky, L.G, Fleischer, M. (1990): Processes of Technological Innovation. ISBN-13: 978-0669203486.
Goffin, K, Mitchell, R. (2016): Innovation Management: Effective strategy and implementation. ISBN-13: 978-1137373434.
Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., Reijers, H. A. (2018): Návrh inovací procesu nálezování oprav leteckých motorů. Springer; 2nd edition, ASIN: B07BP2X2M7.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:
doc. Ing. Marek Jemala, Ph.D.

Jméno a pracoviště konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 31.10.2022 Termín odevzdání diplomové práce:
Platnost zadání diplomové práce: 31.12.2023

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ABUTINEH, Tereza. *Návrh inovací procesu nálezování oprav leteckých motorů*. Praha: ČVUT 2023.
Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií.



**MASARYKŮV ÚSTAV
VYŠŠÍCH STUDIÍ
ČVUT V PRAZE**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citovala a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této závěrečné práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne: 17. 08. 2023

Podpis:

Poděkování

Poděkování patří vedoucímu práce, panu Doc. Ing. Marku Jemalovi, Ph.D za ochotu, odborné vedení, doporučení, pomoc a cenné rady.

Dále bych chtěla poděkovat všem dotazovaným kolegům z firmy GE Aviation Czech s.r.o. za poskytnutí informací. Velké poděkování patří náležářům, se kterými jsem byla celého procesu součástí a bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Na závěr bych ráda poděkovala své rodině a blízkým přátelům za podporu v čase psaní této diplomové práce.

Abstrakt

Tématem diplomové práce je návrh inovace v procesu nálezování leteckých turbovrtulových motorů ve firmě GE Aviation Czech s.r.o. První část práce popisuje proces jako takový a je dán do kontextu letectví, konkrétně oprav a procesu nálezování. Také obsahuje možné budoucí trendy v oblasti údržby letecké techniky. Ve druhé části je společnost stručně popsána a jsou vyjmenovány její hlavní procesy. Proces nálezování byl rozdělen do časových intervalů všech postupů prostřednictvím sledování celého procesu a identifikace toho, co se s každým dílem po nálezování stalo. Následně bylo vytvořeno grafické shrnutí. Ve třetí části této práce byly vytvořeny a zhodnoceny tři hlavní návrhy na zlepšení procesu s popisem budoucí realizace.

Klíčová slova

Proces, nálezování, inovace, generální oprava, motor, letectví, kvalita, lidský faktor

Abstract

The topic of the diploma thesis is the proposal of an innovation in the process of finding aircraft turboprop engines at the company GE Aviation Czech s.r.o. The first part of the thesis describes the process itself and situates it within the context of aviation, specifically repairs, and „findings“ process. It also includes possible future trends in the field of aircraft maintenance. In the second part, the Company is briefly described, and its main processes are listed. The process of locating was divided into time intervals for all procedures through the tracking of the entire process and identifying what happened to each component after its finding. Subsequently, a graphical summary was created. In the third part of this thesis, three main proposals for improving the process, along with descriptions of future implementation, were created and evaluated.

Key words

Process, finding, innovation, overhaul, engine, aviation, quality, human factor

Obsah

Úvod	5
Zkratky a Definice	6
1 Proces a procesní řízení.....	9
1.1 Proces	9
1.2 Procesní řízení.....	10
2 Životní cyklus leteckých motorů	10
3 Proces oprav.....	11
3.1 Proces nálezování	13
4 Trendy.....	13
4.1 Rizika	14
5 Představení společnosti GE Aviation Czech s.r.o.....	17
5.1 O Společnosti	17
5.2 Zákazníci	18
5.3 Certifikáty a Oprávnění.....	19
5.3.1 Certifikáty	19
5.3.2 Oprávnění.....	19
5.3.3 Procesní certifikace	20
5.4 Hlavní procesy Společnosti	20
6 Proces nálezování	20
6.1 Definice procesu	21
6.2 Současný stav.....	21
6.2.1 Nálezování motoru podle dílů část Rotor:	24
6.2.2 Nálezování motoru podle dílů část Skříň pohonů a Reduktor	28
6.2.3 Nálezování motoru podle dílů část Stator:.....	28
6.2.4 Nálezování motoru podle dílů Ostatní vnější příslušenství	32
6.2.5 Nálezování motoru podle dílů část Přístroje:	33
6.2.6 Nálezování motoru podle dílů část Armatury	34
6.2.7 Shrnutí procesu	38
6.3 Slabé stránky procesu	45
6.3.1 Digitalizace	45

6.3.2	Nastavení procesu	45
6.3.3	Řízení procesu	46
7	Návrhy na zlepšení a doporučení Společnosti	48
7.1	Digitalizace.....	48
7.1.1	Cíle.....	48
7.1.2	Výhody.....	48
7.1.3	Nevýhody.....	48
7.1.4	Zdroje	49
7.2	Nastavení procesu	49
7.2.1	Cíle.....	49
7.2.2	Výhody.....	50
7.2.3	Nevýhody.....	50
7.2.4	Zdroje	50
7.3	Řízení procesu.....	50
7.3.1	Cíle.....	50
7.3.2	Výhody.....	51
7.3.3	Nevýhody.....	51
7.3.4	Zdroje	51
8	Vyhodnocení návrhů pro zlepšení a doporučení Společnosti	52
8.1	Vyhodnocení rizik	53
9	Realizace inovace.....	57
10	Závěr	58
	Seznam použité literatury	60
	Seznam obrázků.....	63
	Seznam grafů.....	64
	Seznam tabulek	65

Úvod

Po útlumu, který byl v letech 2020 – 2022 způsoben mimo jiné pandemií COVID-19, zažívá letecký průmysl znovu oživení. Toto oživení se netýká pouze leteckých dopravců, jejichž příjmy se v některých obdobích limitně blížily nule, ale i technických organizací podporujících zachování letové způsobilosti letecké techniky.

Pro svoji diplomovou práci s názvem „Návrh inovací procesu nálezování oprav leteckých motorů“ jsem si vybrala společnost GE Aviation Czech s.r.o., ve které jsem v současné době zaměstnána na pozici Lead Quality Specialist. Jsem přesvědčena, že sběrem dat a jejich následnou analýzou budu moci přispět k vylepšení procesu nálezování.

Cílem této diplomové práce je analyzovat proces oddělení nálezování, navrhnout a vypracovat návrh řešení pro zlepšení procesu, s potvrzením či vyvrácením následujících hypotéz:

H0: Nepředpokládá se, že manuální zpracování dat procesu nálezování ovlivňuje celkovou efektivitu procesu.

H1: Proces nálezování je značně ovlivněn manuální činností nálezářů.

Diplomová práce je rozdělena do tří částí a to teoretické, praktické a návrhové. V první teoretické části je popsána problematika tématu. Nejprve je definován proces a procesní řízení. Následuje popsání životního cyklu leteckých motorů s procesem oprav a možných trendů v oblasti letecké údržby. Pro teoretickou část byly použity různé odborné publikace, internetové zdroje a normy. V praktické části je popsán celý postup nálezování, kterého jsem byla fyzicky účastna a veškerá zjištěná data a postupy jsou její součástí. V poslední návrhové části jsem se snažila navrhnout tři možná řešení, která se liší jejich časovou i finanční náročností při jejich následné implementaci. Po zhodnocení rizik je stručně shrnut proces realizace zmíněných řešení.

Některé, mnou popisované činnosti, dokumenty a součástky nebyly záměrně podrobněji zdokumentovány a vysvětleny. Důvodem je především to, že patří mezi citlivé eventuálně utajované informace společnosti GE Aviation Czech.

Zkratky a Definice

AD = Airworthiness Directive. Dokument vydaný leteckým úřadem (v Evropě EASA) nařizující činnosti k provedení pro obnovení bezpečnosti.¹

Atest = Výstup z provedené kontroly nebo souboru kontrol, který osvědčuje kvalitu daného produktu.

Balotinování = Moderní technologie používaná pro úpravu kovů prováděna otryskáváním skleněným či keramickým granulátem.²

BLD = Neboli barevně luminiscenční defektoskopie. Metoda pro nedestruktivní testování materiálu na základě zpozorování kontrastu na povrchu předmětu v ultrafialovém záření.³

Cykly = Fáze provozu motoru, které zahrnují spuštění, provoz a následné vypnutí.

Dílo o motoru = Obsahuje veškeré průvodní podklady související s výrobou, kontrolou a zkoušením motoru. Obsah je stanoven konstrukčním předpisem a uchovává se po celou dobu životnosti motoru.

DILOS = Druh interního reportu pro sledování pohybu a stavu motoru v rámci opravy nebo generální opravy.

Důležité díly = Vybrané díly identifikované v EMM, mimo jiné z pohledu sledování životnosti.

EOHM = Engine Overhaul Manual (Příručka generálních oprav), který stanovuje postup oprav, montáže, kontroly a zkoušení dílů nebo sestav výrobků pro provádění údržby motorů.

EMM = Engine maintenance manual (Příručka údržby motoru).

FOD = Foreign object damage. Termín používaný pro cizí tělesa nebo nečistoty, které se nachází na místě, kde mohou způsobit následné poškození dílu.

GO = Generální oprava. Proces, při kterém je motor kompletně demontován, nálezován, případně opraven a zpět smontován.

KTN = Listy Kontrolního technického nálezu, který je vyplněn po nálezování dílů motoru

Kritické díly = Díly u kterých nelze numericky odhadnout pravděpodobnost primárních poruch a porucha je příčinou nebezpečných stavů motoru (Hazardous Engine Effects).⁴

LRU = Line-Replaceable Unit. Jednotka, která je navržena tak, aby ji bylo možné snadno nahradit v případě potřeby či poruchy.

Magnetická defektoskopie = Metoda nedestruktivního testování a zjišťování povrchových vad kovových materiálů pomocí magnetických polí.⁵

¹ Airworthiness Directives, © 2023. Online. European Union Aviation Safety Agency. Dostupné také z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/aircraft-products/airworthiness-directives-ad>.

² BALOTINOVÁNÍ, © 2015. Online. Povrchové úpravy dílů. Dostupné také z: <https://povrchoveupravydilu.cz/balotinovani/>.

³ Klasifikace metod detekce kapilárních vad, 2022. Online. Hiddenshell.com. Dostupné také z: <https://hiddenshell.ru/cs/razlichayut-lyuminescentnyi-i-cvetnoi-metody-kapillyarnoi-defektoskopii/>.

⁴ What is the definition of "Critical parts"?, 2021. Online. European Union Aviation Safety Agency. Dostupné také z: <https://www.easa.europa.eu/en/faq/19013>.

⁵ PROCHÁZKA, Karel, 2012. Defektoskopie. Online. Střední škola průmyslová a umělecká. Dostupné také z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablon/KOM_III/VY_52_INOVACE_J-05-32.pdf.

Motorová kniha = Informační podklad pro uživatele i výrobce. Obsahuje základní data o motoru a jeho výbavě, číslo Typového osvědčení a Osvědčení o jakosti a kompletnosti výrobku. Uživatel do Motorové knihy zaznamenává požadovaná data o provozu motoru. Motorová kniha se vystavuje ke každému motoru, má s ním i shodné číslo a užívá se po celou dobu jeho technického života.

Nálet dílů či motoru = Hodnota, kolik specifický díl či motor nalétal hodin v provozu

Nálezář = Zaměstnanec společnosti zodpovědný za provádění nálezování

Praporování = „Změna úhlu nastavení listů do praporové polohy“.⁶

Resurs motoru = Odhadovaná provozní doba motoru

SB = Service Bulletin. Oznámení ve formě aktualizací nebo doporučení vydávané designovou organizací s ohledem na zachování letové způsobilosti.

SL = Service Letter. Na rozdíl od Service Bulletinu je Service Letter méně závazný a více informativní. Obsahuje doporučené kroky k zachování letové způsobilosti.

TBO = Time between overhaul. Jedná se o dobu stanovenou výrobcem, po kterou je motor provozuschopný bez závažných problémů. Po uplynutí stanovené doby je motor poslán do generální opravy.

Zakázkový list = Dokument definující rozsah činností, které mají být na motoru provedeny.

⁶CERTIFIKAČNÍ SPECIFIKACE PRO VRTULE, 2006. In: . Evropská agentura pro bezpečnost letectví. Dostupné také z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2019/07/CS-P_konsolidovane_Amdt_1_CZ.pdf?cb=ff2e5b94f3f37d5a4942814b0600b31d.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Proces a procesní řízení

V následující kapitole budou vysvětleny základní pojmy, které postaví základ práce.

1.1 Proces

Proces lze vysvětlit pomocí mezinárodní normy ISO 9000, která „uvádí pojmy, zásady a slovník pro systémy managementu kvality a je také podkladem pro jiné normy systému managementu kvality“⁷ Z podstaty věci se jedná o fundamentální prvek procesního řízení. Z pohledu širší odborné veřejnosti existuje celá řada definic pojmu proces, nejrozsáhlejší definice však vychází z mezinárodního standardu ISO 9000, která definuje pojem proces jako „Soubor vzájemně provázaných nebo vzájemně působících činností, které využívají vstupy pro dosažení zamýšleného výsledku.“⁸ Proces je dle této normy možné vyložit jako soubor provázaných akcí nebo kroků, které přetváří vstupy pomocí přidání nějaké hodnoty na výstupy, což bývá buď produkt nebo služba, k dosažení konkrétního výsledku v souladu s cíly společnosti. Cíle společnosti jsou výsledky, kterých chce společnost dosáhnout a mohou být strategické, taktické, nebo operativní.⁹

V praxi se vžil členění procesů dle jejich komplexity na:

- a) Organizační procesy, čili procesy v rámci jedné organizační jednotky, jejichž řízení spadá plně do kompetencí jednoho odpovědného manažera (vlastníka procesu), a
- b) End-2-End procesy, které prochází větším počtem organizačních jednotek (oddělení, divizí atp.). Těchto procesů je v organizaci zpravidla méně, jelikož mají výrazně vyšší komplexitu než procesy organizační. Na rozdíl od organizačních, však jejich z principu nastavení vyvolávají konflikt organizační struktury, což v některých případech vede k vyšší efektivitě řízení.

Dále, dle jejich zaměření, jako například systémový, produkční, výrobní nebo technologický proces.¹⁰ Jeden z typů procesu je projekt, který se řadí mezi jedinečný typ procesu skládající se z řízených a koordinovaných činností zahrnujících specifická data o zahájení a ukončení spolu s dalšími specifickými požadavky nebo připomínkami, jako například náklady a zdroje.¹¹

⁷ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.

⁸ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.

⁹ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.

¹⁰ Workflow [online], © 2011-2016. V Praze: ManagementMania, 2018. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/workflow>

¹¹ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.

1.2 Procesní řízení

Procesní řízení lze nazvat konceptem, který využívá procesů k řízení organizace. Tento přístup je jednou ze zásad systému managementu kvality, jehož „hlavní přínosy jsou:

- lepší schopnost soustředit úsilí na klíčové procesy a příležitosti ke zlepšování;
- konzistentní a předvídatelné výstupy prostřednictvím systému vyrovnaných procesů;
- optimalizovaná výkonnost díky efektivnímu řízení procesů, účinnému využívání zdrojů a menším překážkám napříč funkcemi;
- umožnit organizaci zajistit si důvěru zainteresovaných stran v souvislosti s její důsledností, efektivností a účinností.¹²

Definice procesního přístupu je vždy vysoce specifická pro každou organizaci. Při nastavování procesního prostředí musí organizace vyhodnocovat celou řadu interních a externích aspektů, které finální nastavení ovlivňují. Tyto faktory ovlivňují jak celý systém (procesní přístup), tak jednotlivé procesy jako takové. Z pohledu systému se jedná primárně o požadavky zainteresovaných stran, mezi které počítáme například:

- Zákonné či regulatorní požadavky, jejichž rozsah může být ovlivněn mj. produktovým portfoliem organizace. Tyto regulatorní požadavky mohou být reprezentovány například prostřednictvím požadavků na získání a následného udržení specifického Oprávnění k činnosti údržby letecké techniky od národního CAA dané země (SA CAA, ANAC, atp.); nebo
- Specifické požadavky zákazníků, jelikož primárně „velcí hráči“ na trhu definují vlastní sady požadavků na systém managementu kvality, k jejichž naplňování se daný dodavatel smluvně zavazuje, například Rolls-Royce a jeho požadavky SABRe.

Z pohledu jednotlivých procesů je třeba pro efektivní řízení v rámci celého životního cyklu procesu pracovat nejen s požadavky na vstupy a výstupy procesů, ale i s jejich vzájemnými vazbami a rolami (včetně odpovědností a pravomocí). Následně je třeba řídit dostupnost a omezení zdrojů, kriteria hodnocení efektivity a účinnosti procesů a rizika daného procesu.

Správné a unikátní nastavení procesního řízení je kritickým faktorem úspěšného fungování celého systému managementu kvality organizace.

2 Životní cyklus leteckých motorů

Životní cyklus leteckých motorů má dvě základní části:

- Úvodní letová způsobilost (Initial airworthiness), což je fáze pokrývající letecký výrobek, čímž je myšleno letoun, motor nebo vrtule, před jeho uvedením do standardního (certifikovaného) provozu. Úvodní letová způsobilost definuje:

¹² ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.

- proces vývoje, který je regulován Nařízením Komise (EU) č. 748/2012 Část 21 hlava J, což je vývoj nebo modifikace stávajícího leteckého výrobku (v tomto případě turbovrtulového motoru) až po získání typového certifikátu (Type Certificate), a
 - proces výroby, který je regulován Nařízením Komise (EU) č. 748/2012 Část 21 hlava G, čímž je pokryta výroba nového produktu dle schválené výrobní dokumentace až po vydání formuláře EASA Form 1, čili uvolnění výrobku do provozu.
- Pokračující letová způsobilost (Continual Airworthiness) specifikuje požadavky na:
- procesy spojené s činnostmi CAMO, v překladu Řízení zachování letové způsobilosti, dle Nařízení Komise (EU) č. 1321/2014 část CAMO. Činnosti CAMO jsou náplní primárně provozovatele / operátora.
 - proces údržby dle Nařízení Komise (EU) č. 1321/2014 část 145, což je sada podmínek a postupů, které je třeba dodržovat, aby byl daný produkt stále považován za letově způsobilý. Pokud není letová způsobilost zachována, není provozovatel oprávněn využít daný produkt (motor, vrtuli, letoun) k letu. Letová způsobilost je zpravidla udržována dvěma k sobě komplementárními způsoby:
 - a) Realizace předepsané údržby (line, heavy, overhaul)
 - b) Aplikace SB (Service Bulletin), SL (Service Letter) či AD (Airworthiness Directive) vydaných designovou organizací nebo držitelem typového certifikátu.

Schematicky lze životní cyklus leteckého motoru znázornit následujícím způsobem:



Obrázek 1 - Životní cyklus letecké techniky (Zdroj: Pecinovský, 2022)

3 Proces oprav

Údržba letecké techniky je soubor činností nezbytných pro zachování letové způsobilosti. Stejně jako u jiných technologií lze i údržbu letecké techniky rozdělit na preventivní a reaktivní.

Run-to-failure je druh managementu, kdy se za předpokladu, že se nic nerozbije, ani nic neopravuje. Jedná se o reaktivní typ údržby. Tento typ údržby je současně nejdražší metodou, která není moc využívána, jelikož firmy stále využívají alespoň základní preventivní prostředky jako správné nastavení stroje před jeho použitím. Největší výdaje jsou spojené s vysokou cenou práce přesčas,

velkými prostoji strojů a nízkou dostupností výroby.¹³ V letectví je tato metoda pro údržbu techniky zakázaná, avšak můžeme se s reaktivním přístupem setkat i v letectví. Jestliže se motor rozbije například vlivem FOD, začne se daná událost reaktivně vyšetřovat s cílem zjištění chyby k budoucímu zabránění.¹⁴

Preventivní údržba je časově orientovaná. Všechny programy preventivní údržby předpokládají, že stroje budou v určitém časovém rámci degradovat. Například, pumpa běží normálně 18 měsíců před tím, než se musí opravit. Použitím preventivních technik bude pumpa vymontována ze stroje 17 měsíců po nainstalování. Na časový interval však není možné plně spoléhat. Nevýhodou časového rozpětí preventivní údržby je to, že čas do údržby není totožný pro stejný výrobek, který není používán a pro ten, který je používán denně.¹⁵ Stav a životnost může být také ovlivněna různými externími faktory, jako je vlhkost prostředí nebo míra znečištění či prašnost.

Celkově je údržba turbovrtulového motoru prováděna standardním způsobem dle předepsaného rozsahu třemi způsoby:

- Traťová údržba, tzv. Line maintenance – Tento základní typ údržby slouží k provedení základních postupů údržby, s cílem zachovat letovou způsobilost letounu. Rozsah a postup traťové údržby je stanoven držitelem typového certifikátu. Její předpis je nedílnou součástí dodávky letounu koncovému uživateli (provozovateli). Zpravidla se jedná o základní rutinní činnosti, jako je například doplňování provozních kapalin letounu. Součástí tohoto „balíčku“ je i tzv. MEL (Minimum Equipment List), který definuje minimální přístrojové vybavení, které musí být funkční pro zachování letové způsobilosti. Traťová údržba musí být realizována kvalifikovaným personálem, nemusí však být realizována v prostorách schválené údržbové organizace.
- Těžká údržba, neboli Heavy maintenance – Jedná se o činnosti komplexnějšího charakteru, které ve většině případů zahrnují opravy většího rozsahu (z hlediska objemu či komplexity činností), které buď není možno, nebo povoleno, provést mimo prostory schválené údržbové organizace (MOA). Organizace provádějící těžkou údržbu musí mít zajištěnu vazbu na držitele Typového certifikátu, čímž je zajištěna aktuálnost dat a informací nezbytných pro zachování letové způsobilosti. Tato vazba je uskutečněna hlavně prostřednictvím zajištění aktuálnosti dokumentace pro realizaci údržbových prací, například Maintenance manuálu. Organizace provádějící činnosti Těžké údržby (Heavy Maintenance) musí být držitelem oprávnění k údržbě dle EASA Part 145.
- Generální oprava, neboli Overhaul je nejrozsáhlejší a nejkompexnější forma údržby, jejíž frekvence je dána buď cyklickou nebo hodinovou životností. V rámci Generální opravy je

¹³ An introduction to predictive maintenance, 2002. 2nd ed. Amsterdam: New York : Butterworth-Heinemann. ISBN 0-7506-7531-4.

¹⁴JANÁČEK, Matouš, 2016. Rizika související s pozemním provozem na letištích a stanovení indikátorů. Online, Diplomová práce. V Praze: České vysoké učení technické v Praze. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64969/F6-DP-2016-Janacek-Matous-DPMJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

¹⁵ An introduction to predictive maintenance, 2002. 2nd ed. Amsterdam: New York : Butterworth-Heinemann. ISBN 0-7506-7531-4.

zpravidla produkt rozebrán do úrovně dílů a po zajištění adekvátního stavu dílčích komponent je produkt opět sestaven tak, aby bylo možné jej uvolnit ve stavu splňujícím cílové TBO (time between overhauls) do další Generální opravy. Tento typ údržby musí být, stejně jako těžká údržba, prováděn pouze kvalifikovanými pracovníky v prostorách schválené údržbové organizace.

3.1 Proces nálezování

Proces Nálezování je soubor činností, jejichž podstatou je zhodnocení nálezovaných dílů, v tomto případě jednotlivých dílů motoru zda-li splňují požadavky pro zpětnou instalaci na motor a jejich následné uvolnění do provozu. Toto hodnocení probíhá dle předepsané dokumentace, přesněji řečeno, Engine Overhaul Manuálu (EOHM) či Engine Maintenance Manuálu (EMM). Zjednodušeně lze říci, že v rámci procesu nálezování probíhá hodnocení zda-li konkrétní díl aktuálně splňuje podmínky pro letovou způsobilost s předpokládanou životností do dalšího TBO.

4 Trendy

V této kapitole bude shrnuto pět hlavních trendů v letecké údržbě spojených primárně s údržbou 4.0, tedy údržbou vycházející z Průmyslu 4.0 a spojenou s digitalizací, automatizací a využitím moderních technologií¹⁶, a následně budou vyjádřena s tím spojená rizika.

- Prediktivní údržba

Prediktivní údržba pravidelně sleduje aktuální mechanický stav spolu s ostatními indikátory potřebné k zajištění maximálního intervalu mezi opravou a minimálním počtem a nákladů na neplánované výpadky vyvolané poruchami. To pomocí senzorů a analýzy dat. Prediktivní údržba je základem ke zlepšení produktivity, kvality produktu a celkové efektivity výrobních závodů.¹⁷

- Digitalizace

Jedná se o vytváření hodnoty rekonstrukcí stávajících procesů s využitím digitálních nástrojů. Cílem bývá zjednodušit úkoly, zlepšit efektivitu a případně vyvinout nové služby. Jedná se o konverzi manuálního procesu na ekvivalentní digitální proces.¹⁸

- 3D tisk

Neboli aditivní výroba, je metoda vytvářející tří prostorový objekt vrstvou za vrstvou použitím počítačově vytvořeného designu.¹⁹ V letectví je tento trend spojen se snižováním počtu dílů

¹⁶ Role údržby v koncepci Průmysl 4.0 – 1. část, 2020. Online. V Praze: Vše o průmyslu. Dostupné z: <https://www.vseoprumsly.cz/udrzba-a-diaagnostika/asset-management/role-udrzby-v-koncepci-prumysl-4-0-1-cast.html>.

¹⁷ An introduction to predictive maintenance, 2002. 2nd ed. Amsterdam: New York : Butterworth-Heinemann. ISBN 0-7506-7531-4.

¹⁸ Digitalization, AI in Aviation and the Human Factor, 2020. Online. S. 1-5. Dostupné z: <https://hermes.aero/wp-content/uploads/2020/05/R20-R.pdf>.

¹⁹ WHAT IS 3D PRINTING? - TECHNOLOGY DEFINITION AND TYPES, © 2023. Online. Londýn: TWI. Dostupné také z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-3d-printing>.

v leteckém motoru což následně ušetří čas při montáži a omezí potenciální poruchovosti díky snížení svařování spojů. V roce 2012 díky 3D tisku snížila firma GE Aviation počet dílů v palivové trysce proudového motoru z 20 na pouze jeden což následně vedlo také ke snížení hmotnosti o 25% a tím zrychlení montáže.²⁰ V oblasti výroby aditivních dílů došlo v posledních letech k výraznému pokroku, což umožňuje využití této technologie i na životnostně omezených dílech Life limited parts).

- RFID v údržbě

RFID (neboli Radio Frequency Identification) je technologie umožňující automatickou identifikaci objektů na dálku bez nutnosti přímé viditelnosti na rozdíl od čárových kódů, které potřebují jasnou viditelnost mezi čtecím zařízením a štítkem a také jsou hůře viditelné na slunečním světle nebo na případném horším materiálu. RFID díky své frekvenci nemusí být vůbec vidět a díky tomu může být i zalisovaný do pouzdra produktu.²¹ Využití tohoto nástroje může mít pozitivní dopad například na prevenci FOD. Pomocí této technologie může mít zaměstnanec jasný přehled o tom, kde se předem definované předměty vyskytují.

- Rozšířená realita

Rozšířená realita, nebo-li AR (Augmented reality), je technologie, která se používá pro rozšíření lidských smyslů. Rozšířená realita je specifická tím, že kombinuje digitální a fyzický svět pomocí interakce v reálném čase a dokáže přesnou identifikaci objektů.²² Společnost GE zkusila implementování rozšířené reality do procesu montáže dílů pomocí technologie Google Glass. Výsledkem počáteční studie bylo 34% zlepšení produktivity hned při prvním použití techniky ve srovnání se standardním způsobem.²³

4.1 Rizika

S využíváním moderních technologií jsou ale spjata určitá rizika, zejména:

- Kybernetická bezpečnost

Kybernetické útoky mohou v případě zasažení kritického místa podkopat celý obchodní model společnosti. Je důležité znát a vyhodnotit hlavní kritická místa společnosti, která je nutná chránit před potenciálními kybernetickými útoky a tím dopady, které by mohly zapříčinit ztrátu cenné konkurenční výhody firmy.²⁴ I s ohledem na tuto skutečnost bylo vydáno novelizované nařízení

²⁰ Aviation and aerospace industry, © 2023. Online. USA: GE Additive. Dostupné také z: <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing/industries/aviation-aerospace>.

²¹ WANT, Roy, 2006. RFID Explained: A Primer on Radio Frequency Identification Technologies. Morgan & Claypool Publishers. ISBN 1598291084.

²² Co je rozšířená realita, neboli AR?, © 2023. Online. Microsoft. Dostupné také z: <https://dynamics.microsoft.com/cs-cz/mixed-reality/guides/what-is-augmented-reality-ar/>.

²³ KLOBERDANZ, Kristin, © 2023. Looking Smart: Augmented Reality Is Seeing Real Results In Industry. Online. General Electric. Dostupné také z: <https://www.ge.com/news/reports/looking-smart-augmented-reality-seeing-real-results-industry-today>.

²⁴ CORALLO, Angelo; LAZOI, Mariangela a LEZZI, Marianna, 2020. Cybersecurity in the context of industry 4.0: A structured classification of critical assets and business impacts. Online. In: Computers in Industry. Volume 114. Lecce Italy. ISBN 103165. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361519304427>.

Komise (EU) č. 1321/214, které požaduje zavedení systému řízení informační bezpečnosti (zahrnuje i kybernetickou bezpečnost) do procesů údržbových organizací (MOA). Tato implementace musí být dokončena nejpozději do 16.10.2025. Zavedením tohoto Nařízení by mělo být v letectví dosaženo přiměřené úrovně zabezpečení aktiv společnosti a tím snížení rizika.

- Závislost na technologii

V případě možného výpadku technologie může být firma při značné závislosti pouze na technologii na čas výpadku paralyzována, což by mohlo mít následné dopady na provoz a tím ziskovost firmy. Možným řešením tohoto rizika je aplikace nástrojů systému řízení kontinuity činností, který pomáhá firmám reagovat na mimořádné události předem připraveným a strukturovaným způsobem. Z pohledu výrobce leteckých motorů je navíc zavedení systému řízení kontinuity činností povinné od 1.1.2023, stejně jako zbytek požadavků standardu AS 13100²⁵.

- Zastaralé technologie

Použité technologie mohou být dodavateli rychleji aktualizovány a upravovány a tím může být zachování nejnovějších technologií finančně náročnější, než jsou firmou stanovené limity. Z pohledu cash-flow je tedy na místě otázka, zda není pro firmu výhodnější investice do technologií řešit formou operativního leasingu. Je však nutné zohlednit požadavky zákazníka na stabilitu procesu a vstupy regulátora pro schvalování změn výrobních technologií.

- Lidský faktor

Lidský faktor má v tomto kontextu dva úhly pohledu. Nadměrné použití moderních technologií může zapříčinit omezení či ztrátu lidského faktoru, čímž se může ztratit možnost flexibility a kreativity. Na druhou stranu je lidský faktor sám o sobě veliké riziko, které je potřeba adekvátně řídit. V případě částečné digitalizace může lidský faktor do procesu vnést chyby, které následně moderní technologie nedokáže zpracovat.

²⁵ AS 13100, AESQ Quality Management System Requirements for Aero Engine Design and Production Organizations, 2021. Warrendale: SAE International.

PRAKTICKÁ ČÁST

5 Představení společnosti GE Aviation Czech s.r.o.

5.1 O Společnosti

Společnost GE Aviation Czech s.r.o. vznikla v roce 2008, kdy General Electric odkoupila společnost Walter. Zakladatel firmy Josef Walter vybudoval firmu v roce 1898, kdy začínal opravováním jízdních kol. Brzy se začal adaptovat na design jízdních kol a přidával malé motory do rámu kol, aby jeho zákazníci nemuseli šlapat. Objednávky rychle rostly a v roce 1902 si Walter rychle vybudoval vlastní továrnu. Následně přešel od kol do automobilového průmyslu a v roce 1923 přešel do leteckého průmyslu. První letecký motor vyrobený ve firmě Walter byl vodou chlazený BMW, ale brzy na to začala firma Walter vyrábět vlastní motory. Jako první letecký motor vyrobený a certifikovaný firmou Walter byl 60koňový, pětiválcový, vzduchem chlazený pístový motor NZ-60. Společnost rychle vyvinula hvězdicové motory, které poháněly osobní, akrobatická i vojenská letadla. V roce 1920 začaly používat Walter letecké motory i Československé aerolinie. V roce 1936 vyráběla firma na 18 různých leteckých motorů. Druhá světová válka a okupace zastavila rozvoj firmy.

Nejnovější éra firmy Walter je spjata s turbovrtulovým motorem M601, který byl vyvinut pro osobní a dopravní letadlo české výroby L-410. Když GE nabyla firmu Walter v roce 2008, motor M601 byl stále jejím hlavním produktem. K roku 2015 měla letadla s motory M601 celkem nalétáno více než 17 milionů letových hodin napříč Evropou, Afrikou, Asií a Jižní Amerikou.²⁶

Společnost GE Aviation Czech je součástí sítě General Electric v divizi GE Aerospace sídlící v Praze v České republice. Příkladem úspěšného projektu společnosti GE Aviation Czech je turbovrtulový motor H75, který doplnil řadu motorů H. Tento motor je vhodný pro širokou škálu využití od pohonu zemědělských, komerčních nebo víceúčelových turbovrtulových letadel. Motor H75 disponuje výkonem na hřídeli 750k.²⁷ Hlavní výhodou motoru je jeho úspornost a efektivita využití paliva. Díky tomu dokáže motor řady H doletět dále, navíc se v porovnání s výchozím H80 významně zlepšil výkon při vzletu v horkých dnech a zlepšila se rychlost ve vysokých nadmořských výškách.²⁸

GE Aviation Czech se aktivně podílí na výzkumu a vývoji nových technologií pro letecký průmysl. Společnost aktivně spolupracuje s výzkumnými institucemi a univerzitami jako je například České vysoké učení technické v Praze. Dalším příkladem je motor H85, který je vybaven pokročilou redukční převodovkou, která snižuje nižší maximální otáčky vrtule z 2080 RPM na 1950 RPM,

²⁶ KELLNER, Tomas, 2015. Czech This Out: Like the Wright Flyer, GE's Turboprop Business Was Born in a Bike Shop. Online. USA: General Electric. Dostupné také z: <https://www.ge.com/news/taxonomy/term/5582>.

²⁷ GE Aviation: dva nové turbovrtulové motory, 2013. Online. Technický týdeník. Dostupné také z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/ge-aviation-dva-nove-turbovrtulove-motory_19973.html.

²⁸ Jedna, dvě, právě vzletlo další letadlo poháněné motorem GE, © 2016. Online. GE Aviation Czech. Dostupné také z: <https://www.geaviationturboprop.com/cz/spolecnost/o-nas>.

což vede ke snížení vnějšího i vnitřního hluku a přitom zvyšuje maximální cestovní rychlost na 225 uzlů.²⁹

V současnosti se společnost specializuje na vývoj, výrobu, prodej a servis turbovrtulových motorů GE pro zemědělské, dopravní, cvičné a jiné letouny všeobecného a civilního letectví. Tato česká společnost zaměstnává přibližně 500 zaměstnanců.³⁰

5.2 Zákazníci

Společnost GE Aviation Czech má tři druhy zákazníků a to ty, kterým prodává motory na letadla pro přepravu lidí, motory na letadla pro zemědělské použití nebo zákazníky, kterým dodává pouze komponenty pro motory (tzv. intercompany). Firma prodává motory jak distributorům, tak finálním zákazníkům na přímo.

Jeden z největších finálních zákazníků je v současné době jihoafrická firma Air-Tec Global, která poskytuje letecké služby již více než 25 let. Organizace se skládá ze tří divizí a to provoz letadel, údržba letadel a prodej letadel.³¹ V roce 2012 se stala firma autorizovaným servisním centrem pro turbovrtulové motory M601 a H80. Součástí dohody je, že firma Air-Tec bude nabízet komplexní linkovou údržbu, demontáž a instalaci motorů, LRU (Line-Replaceable Unit) a náhradních dílů.³² Druhým největším zákazníkem je asijská firma Beidahuang General Aviation Company, která v roce 2012 koupila 20 letadel Trush 510G s turbovrtulovými motory H80. Díky tomu se jednalo o největší jednorázovou objednávku leteckých motorů tohoto typu pro Trush. Díky této objednávce získalo GE prvního čínského zákazníka.³³

Třetím největším zákazníkem je britská firma Wingglider, která již přes 20 let provozuje letadla pro výsadky a vzdušné akce, navíc poskytuje možnost pronájmu letadel. Pro svá letadla Dornier Do 28 výhradně používané pro parašutistické lety si firma vybrala GE turbovrtulový motor H75.³⁴ Mezi intercompany zákazníky jsou řazeny pobočky GE jako je GE Aerospace Lynn a GE Honda.

²⁹ GE H85-powered L410NG premieres in Czech Republic, 2015. Online. OSHKOSH: General Electric. Dostupné také z: <https://www.ge.com/news/press-releases/ge-h85-powered-l410ng-premieres-czech-republic>.

³⁰ Jedna, dvě, právě vzlétlo další letadlo poháněné motorem GE, © 2016. Online. GE Aviation Czech. Dostupné také z: <https://www.geaviationturboprop.com/cz/spolecnost/o-nas>.

³¹ Home, © 2023. Online. AIR-TECM Global. Dostupné také z: <https://www.air-tecm.com/>.

³² AIR-TEC Named Authorized Service Center for GE's M601 and H80 Engines, 2012. Online. EVENDALE: General Electric. Dostupné také z: <https://www.geaerospace.com/press-release/services/air-tec-named-authorized-service-center-ge-m601-and-h80-engines>.

³³ First GE H80-Powered Thrush 510G Aircraft Delivered to Beidahuang GA Company, 2013. Online. AviationPros. Dostupné také z: <https://www.aviationpros.com/aircraft/business-general-aviation/press-release/11173080/ge-aviation-services-first-ge-h80powered-thrush-510g-aircraft-delivered-to-beidahuang-ga-company>.

³⁴ GE Aviation představila své novinky na evropském leteckém veletrhu EBACE v Ženevě, 2016. Online. Praha: General Electric. Dostupné také z: https://www.geaviationturboprop.com/cz/pro-media/tiskove-zpravy/detail/130_240-ge-aviation-predstavila-sve-novinky-na-evropskem-leteckem-veletrhu-ebace-v-zeneve.

5.3 Certifikáty a Oprávnění

V následující kapitole budou shrnuty všechny platné Certifikáty a Oprávnění, které firma GE Aviation Czech vlastní.

5.3.1 Certifikáty

EN 9100

- Jedná se o systém řízení jakosti, který má své základy v normě ISO 9001 rozšířené o specifické požadavky na letecký, kosmický a obranný průmysl.³⁵

EN ISO 14001

- Jedná se o standard systémů řízení ochrany životního prostředí, který poskytuje účinný návod pro zlepšení environmentálního profilu organizace.³⁶

5.3.2 Oprávnění

EASA DOA

- Oprávnění vystavované agenturou EASA, nikoli národním Úřadem, dle nařízení Komise (EU) č.748/2012 část 21 Hlava J pro realizaci návrhu a vývoje leteckých produktů od zahájení projektu až po získání Typového certifikátu (TC).

EASA POA

- Oprávnění vystavované národním Úřadem, v české republice Úřad pro civilní letectví, dle nařízení Komise (EU) č.748/2012 část 21 Hlava G.

EASA MOA

- Oprávnění vystavované národním Úřadem, v české republice Úřad pro civilní letectví, dle nařízení Komise (EU) č.1321/2014 část 145.
- Následně je firma držitelem oprávnění k údržbě v následujících zemích mimo působnost EASA:

- Argentina – ANAC AMO
- Nepál – CAAN AMO
- Jižní Afrika – SACAA AMO
- Kanada – TCCA AMO

EASA MTOA

- Oprávnění vystavované národním Úřadem, v České republice Úřad pro civilní letectví, dle nařízení Komise (EU) č.1321/2014 část 147.

³⁵ ČSN EN 9100, Systémy managementu kvality - Požadavky pro organizace v letectví, kosmonautice a obraně, 2018. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

³⁶ ISO 14001, © 2023. Online. TÜV SÜD CZECH. Dostupné také z: <https://www.tuvsud.com/cs-cz/cinnosti/audity-a-certifikace-systemu/iso-14001-certifikace-systemu-environmentalniho-managementu>.

Certifikát pro Zkušebny od Úřadu pro civilní letectví

- Jedná se o oprávnění od českého Úřadu pro civilní letectví k průkazným a ověřovacím zkouškám leteckých motorů.

5.3.3 Procesní certifikace

NADCAP- FPI (BLD)

- Mezinárodně uznávaná certifikace speciálních procesů. Proces certifikovaný ve Společnosti je Fluorescenční penetrační kontrola či barevně luminiscenční defektoskopie.

5.4 Hlavní procesy Společnosti

Hlavní realizační procesy společnosti do určité míry kopírují strukturu jednotlivých oprávnění společnosti. Souhrnně se jedná o procesy:

- Vývoj, jehož prostřednictvím jsou realizovány vývoje nových produktů či modifikace stávajících produktů v režimu dle Části 21 Hlava J.³⁷ Vlastníkem procesu je DOA Accountable Executive, ale jeho praktická realizace je v kompetenci Head of DOA. Aktuálně je společnost GE Aviation Czech s.r.o. držitelem Typových certifikátů (TC) pro motory M-601 a H-Series. Některé činnosti procesu mohou být poskytovány externími subjekty, též držiteli DOA oprávnění, na úrovni tzv. DOA-DOA dohody.
- Výroba je proces, jehož prostřednictvím je produkován novovýrobní produkt od výroby jednotlivých dílů přes montáž a zkoušení až po uvolnění hotového motoru prostřednictvím vystavení dokumentu EASA FORM1. Tento proces je realizován sériovou a prototypovou výrobou v rozsahu schváleném Úřadem pro civilní letectví. Vlastníkem procesu je POA Accountable Manager (Odpovědný vedoucí).
- Údržba, nebo-li zachování letové způsobilosti. Tento proces kopíruje postupy údržby uvedené v kapitole 3, viz výše. Vlastníkem procesu je MOA Accountable Manager (Odpovědný vedoucí).

6 Proces nálezování

Nálezování je činnost zaměstnance společnosti, která spočívá v posouzení vhodnosti použití dílů pro provoz motoru v rámci opravy nebo generální opravy.

³⁷ Nařízení Komise (EU) č. 748/2012 ze dne 3. srpna 2012 kterým se stanoví prováděcí pravidla pro certifikaci letové způsobilosti letadel a souvisejících výrobků, letadlových částí a zařízení a certifikaci ochrany životního prostředí, jakož i pro certifikaci projekčních a výrobních organizací. In: *EUR-Lex* [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu>

6.1 Definice procesu

Co je potřeba udělat s každým dílem je popsáno v EOHM, který je rozdělený na každý díl s detailním popisem. V tomto manuálu je popsáno, jak provést vyjmutí z motoru, demontáž, mytí, případnou opravu, instalaci zpět do motoru a zpětnou montáží.

Pokud je doručen motor od zákazníka, je nejprve provedena vnější přejímka motoru. V této části je provedena fotodokumentace motoru, která se uloží do interního systému a z Motorové knihy vypíšíou náležáři na vstupní kontrole Zakázkový list společně s oddělením Správy objednávek, podle kterého se následně budou některé operace řídit. Následně je motor přesunut na oddělení demontáže, kde pracovníci rozeberou motor na díly podle EOHM. V manuálu je popsáno, jaké díly se mají rovnou vyřadit a díky tomu nepůjdou dále do procesu. Následuje proces mytí všech dílů, po kterém přijdou díly na oddělení nálezování.

Nálezář rozhoduje o použitelnosti dílů motorů pro další provoz, vyplňuje listy kontrolního technického nálezu (KTN) společně s dalšími dokumenty, ověřuje kvalitu zastavěných a potenciálně neshodných výrobků, zajišťuje jasné označení vyřazených výrobků visačkami, vytváří záznamy, včetně všech požadovaných informací o neshodných výrobcích do systému, provádí měření stanovenými kalibrovanými měřidly a vizuální kontroly. Nálezář také vytváří fotodokumentaci dílů v požadovaném rozsahu.

Po nálezování jsou díly rozřazeny na tři skupiny:

- Možno použít bez opravy
- Možno použít po opravě
- Nutno vyřadit

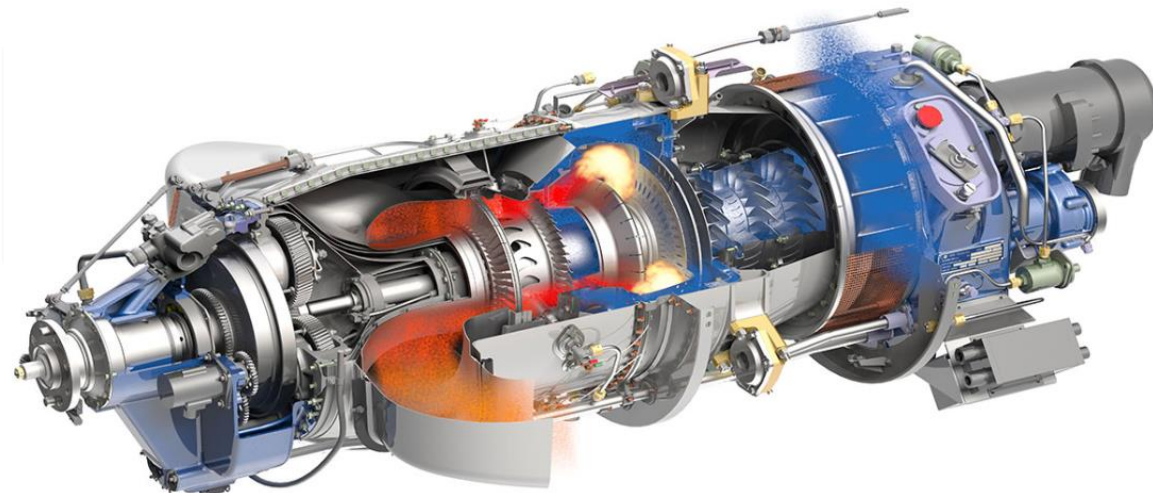
Každý nálezář je plně zodpovědný za svou práci, kterou stvrzuje svým podpisem a přiděleným razítkem. Díly, které jsou označeny pro možné použití bez opravy, se ponechají na příslušném vozíku, jehož obsah je následně uskladněn do doby opětovné montáže motoru. Díly, které je nutno vyřadit je možné rozdělit na dva typy a to ty, které jsou přesunuty ke zmetkování a ty, které jsou přesunuty do izolátoru. Díly, které jsou označeny k opravě, jsou přesunuty na dané pracoviště opravy. Po opravě jsou díly přesunuty zpět na oddělení nálezování. Tento proces nálezování již není součástí této práce.

6.2 Současný stav

Následující kapitola je zaznamenána v časových intervalech z pohledu pozorovatele procesu nálezování. Celé nálezování je rozděleno do šesti částí a je prováděno třemi náležáři následovně:

- Rotor – nálezář č.1
- Stator – nálezář č.2
- Přístroje – nálezář č.2
- Ostatní vnější příslušenství – nálezář č.2
- Skříň pohonů a reduktor – nálezář č.2
- Armatury – nálezář č.3

Nálezování, kterého jsem byla součástí, bylo provedeno na motoru H75-200. Motor řady H vypadá následovně.



Obrázek 2 - Motor řady H (Zdroj: GE Aviation Motory, © 2016)

Celý motor tohoto typu je složen z přibližně 1500 dílů. Protipožární díly jako jsou například přepážky, potrubí nebo výfuková soustava jsou vyrobeny z nerezové oceli. Následně jsou v motoru díly jako rozvaděč GT, který je vyroben z niklové slitiny Inconel 713 LC. Z titanu je vyrobeno Radiální kolo, které by mělo být lehké a přitom odolné. Podle typu a důležitosti dílu jsou díly značeny jako kritické nebo důležité.

V motoru se nachází 11 kritických dílů, z toho devět je v části rotoru:

- Hlavní hřídel
- Zadní hřídel



Obrázek 3 - Hlavní hřídel (Zdroj: GE Aviation)



Obrázek 4 - Zadní hřídel (Zdroj: GE Aviation)

- Disk GT



Obrázek 5 - Disk GT (Zdroj: GE Aviation)

- Disk VT



Obrázek 6 - Disk VT (Zdroj: GE Aviation)

- Hřídel VT



Obrázek 7 - Hřídel VT (Zdroj: GE Aviation)

- Blisk 1. stupně



Obrázek 8 - Blisk 1. stupně (Zdroj: GE Aviation)

- Blisk 2. stupně



Obrázek 9 - Blisk 2. stupně (Zdroj: GE Aviation)

- Rozstřikovací kroužek



Obrázek 10 - Rozstřikovací kroužek (Zdroj: GE Aviation)

- Radiální kolo



Obrázek 11 - Radiální kolo (Zdroj: GE Aviation)

Dva kritické díly jsou v části statoru:

- Skříň radiálního kompresoru



- Vrtulová hřídel



Obrázek 12 - Skříň radiálního kompresoru (Zdroj: GE Aviation) Obrázek 13 - Vrtulová hřídel (Zdroj: GE Aviation)

U kritických dílů se sledují cykly. Cykly jsou vypočítány vždy na každý jednotlivý díl, viz tabulka v manuálu. U ostatních dílů se vypočítávají hodiny s výjimkou OLVT (oběžné lopatky volné turbíny) a OLG (oběžné lopatky generátorové turbíny), u kterých se sledují jak hodiny, tak cykly. Cykly jsou u těchto dílů sledovány pomocí Disku VT a Disku GT jakožto kritických dílů. Důležitých dílů je v motoru zhruba 90.

Nálezování, kterého jsem byla součástí bylo první generální opravou tohoto motoru sestaveném v roce 2014. Do první generální opravy přichází motory řady H s TBO 4000 hodin. Kalendářní roky již nehrají pro tyto typy motorů roli, ale například motory M601D-1 mají TBO 1500 hodin NEBO 5 kalendářních let, podle toho, co nastane dříve.

Nálezovaný motor byl specifický tím, že zákazník nalétal s motorem o 12 hodin více, což mělo následně vliv na ponechání dílů s životností 8000 hodin do další generální opravy. Pokud by se jednalo o vyšší generální opravu, strávili by náležáři delší čas prací s dohledáváním použitých dílů a jejich životností. Díky tomu lze toto nálezování brát jako základní čas, který náležářům minimálně zabere k nálezování všech dílů, jestliže nemusí dohledávat životnosti dílů použitých z minulých oprav či ponechaných z předešlých generálních oprav.

Na nálezování přijdou díly již v rozebraném stavu, umyté a na jednom vozíku. Každý náležář si díly bere z vozíku pro účel nálezování a následně je dává zpět podle rozřazení. V případě nálezu na dílech nebo malé životnosti náležář díly vyřadí z motoru a přiřadí jim viditelně zmetkovací kartu a přesune díl do speciální krabice pro zmetky. V případě dobrého dílu s menší životností než je požadovaná do další generální opravy, přiřadí náležář dílu STOP kartu, což signalizuje, že díly půjdou do izolátoru do náhrad a v budoucnu se mohou použít. Z náhrad je díl použit pouze pro motor, který přijde na opravu, ale ne na generální opravu. Do motoru se dá díl, který souhlasí se životností do další generální opravy, případně podle přání zákazníka. V případě, že je náhradní díl namontovaný na jiný motor, musí náležář zajít do archivu a najít potřebná data o dílu v Díle o motoru. Je důležité zmínit, že díly vyřazené se STOP kartou pro náhradní díl z motoru H nelze použít pro motory 601 a naopak. Díly lze použít pouze na opravu stejného typu motoru. Na příkladu tohoto specifického motoru bylo vystaveno několik STOP karet kvůli malé životnosti dílů do další generální opravy, ale stále dobrou životností pro motory, které přijdou pouze na opravu a do generální opravy chybí méně hodin.

Pro všechny náležáře před začátkem nálezování platí následující postup:

~**20min** Náležář si před začátkem celého nálezování každé části s výjimkou 6.2.2 vezme Dílo o motoru, aby se seznámil s daným motorem a následně našel informace o dílech v motoru. Náležář tedy sleduje sériová nebo výkresová čísla dílů, životnost dílů v případě, že je daná. Do Díla o motoru se píše případné odchylky, které se musí brát v potaz, jelikož mohou změnit životnost celého dílu. Náležář si musí najít a jednotlivě prohlédnout každou odchylku a náležitě si ji přečíst k identifikaci. Čas celé akce se tedy značně odvíjí od počtu odchylek, v průměru strávili náležáři pouze touto akcí 15 minut.

6.2.1 Nálezování motoru podle dílů část Rotor:

~**15min** Nejprve si náležář přepíše všechna důležitá data z Díla o motoru a Zakázkového listu na speciální papír. V případě náležáře č.1 se jedná o jím vytvořený pomocný papír, který mu zjednoduší proces nálezování. Do pomocného papíru si přepíše hodiny, cykly, spouštění, vzlety a praporování, ze kterých následně vypočte náležář nálet všech dílů. Nálet dílů spočítá pomocí předem definovaných rovnic v excelové tabulce, které mají v sobě zakomponované rovnice pro výpočet z manuálu. Výsledkem je pro náležáře informace, zda je díly možné použít pro další resurs, dají se použít pro náhradní díly, nebo se musí zmetkovat. V tabulce jsou následující data:

- Jméno dílu

- Výkresové číslo
- Užitá životnost (hodiny / cykly)
- Zbytková životnost (hodiny / cykly), která se spočítá podle toho, jakou budoucí životnost si na začátku zvolíme, případně podle přání zákazníka.

~40min Pro proces nálezování se používají listy KTN, které musí nálezář jednotlivě otevřít a dát k tisku. Jelikož se v části rotor jedná o 26 KTN, tak celý proces tisku potřebných listů trvá poměrně dlouho.

U samotného nálezování může nálezář kdykoliv v průběhu nálezování udělat chybu do KTN (např. napíše text do špatného pole nebo se přepíše, text je nečitelný). V takovém případě musí starou KTN znehodnotit a nastartovat potřebný program a vytisknout si novou KTN. To může přidat **2 minuty** do celého procesu.

Nálezování po jednotlivých dílech v části Rotor:

1) Disk VT

~2min Tento díl byl vyřazen kvůli životnosti dílu. V případě dobré životnosti by se udělala vizuální kontrola, kontrola BLD celého disku včetně závěsů a změřily by se požadované průměry. V tomto případě by mohlo nálezování tohoto dílu trvat **až 10 minut**.

2) Lopatka VT pravá úplná a levá úplná

~2min Jelikož byly lopatky vyřazeny kvůli životnosti, trvalo celé nálezování kratší dobu. V případě nutnosti nálezování všech 28 párů lopatek by nálezování mohlo trvat **až 30min**. Lopatky jsou po mytí vloženy do boxu v nezávislém pořadí. Pro kontrolu musí nálezář všech 56 kusů lopatek poskládat dohromady do páru dle čísla uvedeném na lopatce. Na lopatce je pořadové a sériové číslo lopatky. Jestliže není pořadové číslo lopatky dostatečně viditelné, musí nálezář poskládat lopatky dle Průvodního listu, kde jsou sepsané sériová čísla a jejich přesné pořadové číslo. Následně se provede vizuální kontrola a kontrola BLD po přešetření.

3) Hřídel VT

~2min Tento díl byl vyřazen kvůli životnosti dílu. V případě dobré životnosti by byla provedena vizuální kontrola, kontrola BLD a změřily by se požadované průměry. V tomto případě by mohlo nálezování trvat **až 10 minut**.

4) Odstřikovací kroužek

~5min U tohoto dílu se provádí vizuální kontrola a měří se průměr příslušným dutinoměrem. Jelikož byly na díle nalezeny vady, je možné ho použít až po opravě.

5) Šrouby disku VT

~5min Jedná se o 8 kusů šroubů, které se kontrolují vizuálně a následně se měří jejich průměry. Jestliže je pouze jeden ze šroubů poškozený, vyřazují se všechny. Jelikož byl první kontrolovaný šroub vizuálně poškozený, trvala celá kontrola kratší dobu. V případě, že by byly v pořádku, může kontrola trvat **až 15 minut**.

6) Matice šroubu VT

~2min Jedná se o 8 kusů matic, které patří ke šroubům disku VT zmíněným výše. Z důvodu toho, že byly šrouby vyřazeny, tak se automaticky jejich matice vyřazují také. Pokud by se šrouby nevyřadily, musela by se provést vizuální kontrola každého kusu. V tom případě by mohla kontrola trvat **až 10 minut**.

7) Matice M30

~7min U tohoto kusu se provádí vizuální kontrola a rozměrová kontrola závitu tak, že se matice našroubuje na hřídel. V našem případě bylo vše v pořádku a díl byl označen za vyhovující.

8) Matice M35

~7min Tento díl je na stejné KTN jako Matice M30 a provádí se stejný typ kontroly. V našem případě bylo vše v pořádku a díl byl označen za vyhovující.

9) Šroub disku GT

~5min Jedná se o 8 kusů, které neprošly vizuální kontrolou. V případě, že vizuální kontrolou je zjištěno, že jsou v pořádku, musí být navíc zkontrolovány i požadované průměry. U tohoto dílu je specifické, že se průměr musí měřit i tříbodovým mikrometrem s prizmatickou kovadlinkou. V tomto případě by mohla kontrola trvat **až 15 minut**.

10) Hřídel GT zadní

~5min U tohoto dílu není životnost v pořádku pro dalších resurs, ale díl má stále dostatečnou zbytkovou životnost pro náhradní díl, takže se následně provedla vizuální kontrola. Díl nebyl shledán nálezářem vizuálně v pořádku a byl tedy vyřazen. Jestliže by byl díl vizuálně v pořádku, musel by ještě projít kontrolou průměrů a následně být poslán na magnetickou defektoskopii. V tomto případě by kontrola pouze nálezářem mohla trvat **až 30 minut**.

11) Disk GT

~7min Tento díl byl zkontrolován vizuální kontrolou a byly změřeny požadované průměry. Podle nálezáře je díl možné použít po opravě, která by byla až po úspěšné kontrole BLD.

12) Lopatky GT (=OLGT)

~2min Tento díl nebyl v pořádku kvůli jeho životnosti, proto byl vyřazen. Kdyby byla životnost v pořádku, trvalo by nálezování všech 55 kusů lopatek **až 60 minut**. Následně by musela být provedena kontrola BLD, balotínování a kontrola vlastní frekvence. Ta je prvotním vytvořením mechanické vibrace, u které se následně měří odezva. Jestliže je odezva shodná s rezonanční frekvencí dílu, může být díl náchylný k nežádoucím rezoncím, které by následně mohly vést k poškození dílu.

13) Hlavní hřídel

~40min Tento díl byl zkontrolován vizuální kontrolou, kterou prošel. Následně bylo provedeno několik různých měření průměru, kde díl nevyhověl, a proto mu byla přiřazena karta Zmetkovat.

14) Kolo RK (=Radiální kolo)

~7min Výsledek vizuální kontroly celého dílu, a speciálně čelních dosedacích ploch se všemi průměry, byl vyhodnocen v pořádku. Díl byl změřen a zkontrolován. Díl byl ale po měření následně přesunut do oprav, jelikož některé veličiny nebyly správné. Poté přejde na kontrolu BLD. Následně by byl díl přesunut k vibračnímu zpevnění povrchu a poté znovu zkontrolován.

15) Kolo 1. stupně AK (Blisk 1 stupně)

~7min Díl byl ználezován vizuální kontrolou celého dílu a speciálně čelních dosedacích ploch se všemi průměry se správným výsledkem, tudíž v pořádku. Díl byl přiřazen po následné kontrole rozměrů k opravě. I přes to, že byl jeden rozměr lehce mimo toleranci, nálezář vyhodnotil, že díl půjde opravit. Dále přejde ke kontrole BLD.

16) Kolo 2. stupně AK (Blisk 2 stupně)

~7min Díl byl vizuálně ználezován a změřen, byl shledán lehce vizuálně poškozeným, což bylo zhodnoceno pro požadovanou opravu a začištění. Díl následně přejde na kontrolu BLD.

17) Rozstřikovací kroužek

~**10min** Tento díl byl zkontrolován vizuální kontrolou, kterou byly zjištěny vady, které se musí začístit před dalším použitím. Všechny požadované průměry byly v pořádku a díl byl přesunut ke kontrole BLD.

18) Opěrný kroužek

~**2min** Díl byl po vizuální kontrole shledán nevyhovujícím kvůli přidření a proto bylo nálezářem rozhodnuto o vyřazení dílu.

19) Ložiska

~**1min** Na ložiska není předepsaná KTN a vždy se rovnou vyřazují. Následně budou pouze zaznamenány v seznamu vyřazených dílů.

20) Odstřikovací kroužek

~**2min** Díl byl po vizuální kontrole shledán vyhovujícím.

21) Šroub rotoru RK

~**2min** Tyto díly byly vyřazeny kvůli své malé životnosti. Kdyby byla životnost v pořádku, musela by se provést vizuální kontrola u všech 8 kusů šroubů, takže by nálezování mohlo trvat **až 10 minut**. Poté by byl díl předán na magnetickou defektoskopii.

22) Matice

~**1min** Na stejné KTN se ještě nachází 8 kusů matic, které přišly společně se šrouby rotoru RK. Všech 8 kusů matic bylo ihned vyřazeno kvůli tomu, že jejich šrouby zmíněné výše byly vyřazeny. Kdyby byl šroub v pořádku, provedla by se vizuální kontrola dílů, která by mohla trvat až **10 minut**.

23) Matice ložiska

~**2min** Tento díl byl zkontrolován vizuálně a vyhovoval. Následně půjde na magnetickou defektoskopii.

24) Matice šroubu GT

~**2min** Stále na stejné KTN jako Matice ložiska zmíněná výše. Všech 8 kusů bylo vyřazeno kvůli vyřazení šroubů disku GT zmíněných výše. Kdyby byly šrouby v pořádku, provedla by se vizuální kontrola matic, která by trvala **až 8 minut**.

25) Matice

~**2min** Tento díl byl úspěšně vizuálně zkontrolován a následně je přesunut na magnetickou defektoskopii.

26) Šroub rotoru AK (axiální kompresor)

~**2min** Všech 7ks šroubů bylo vyřazeno a zmetkováno kvůli jejich životnosti.

27) Stator 1.stupně AK

~**15min** Tento díl byl vyřazen kvůli nízké životnosti. Vzhledem k tomu, že je v budoucnu možné, že technologie navýší jeho životnost, byl díl přesunut do izolátoru. Byla tedy provedena vizuální kontrola skříně, lopatky, pájených spojů a teflonové výstelky. Kdyby měl díl životnost v pořádku, musel by být následně přesunut na kontrolu BLD.

28) Stator 2.stupně AK

~**5min** Tento díl byl zkontrolován vizuální kontrolou a byl vyřazen kvůli sekům na kořenu lopatky kvůli možnému FOD. Nálezář musel udělat fotky seků pro další referenci. Kdyby byl díl v pořádku, byl by také následně přesunut na kontrolu BLD.

29) Difuzor RK

~**10min** Na tomto dílu byla provedena vizuální kontrola současně se změřením průměrů na měrové kontrole a následně díl půjde na kontrolu BLD.

30) Víko difuzoru

~**5min** Díl byl z motoru vyřazen kvůli lehce kratší životnosti, než je potřeba pro další resurs. Díl byl i přesto vizuálně zkontrolován, aby se mohl uložit do skladu, ale kvůli hloubkové korozi byl vyřazen úplně. Kdyby byl díl v pořádku, byl by následně přesunut na kontrolu BLD.

6.2.2 Nálezování motoru podle dílů část Skříň pohonů a Reduktor

~**5min** Nálezář zahájí proces tisknutím Protokolu o předání výrobku do generální opravy.

1) Skříň pohonů a Reduktor

~**30min** Tyto dva díly jsou specifické tím, že je nalezuje dodavatel. Proto je tedy od nálezáře nezbytné připravit všechny potřebné dokumenty pro následné ználezování mimo firmu. Nálezář vezme Dílo o motoru a nalistuje si Skříň pohonu a Reduktor, které vyjme z Díla o motoru a přesune je do speciální složky. Následně vyplní Protokol o předání výrobku do generální opravy. Do protokolu vypíše všechny důležité informace o motoru jako je:

- Popis, co má být s konkrétním dílem provedeno
- V jakém stavu byl motor do firmy dodán a v jakém stavu je díl jako takový. V jakém stavu přišel motor do firmy, vyčte nálezář z fotografií z přejímky motoru a záznamu o přejímce. V motoru se mohou nalézt cizí částice, které je důležité pro dodavatele poznamenat.
- Typ motoru
- Počet odpracovaných hodin a cyklů motoru
- Požadovaný resurs

~**10min** Následně předá nálezář složku fyzicky na oddělení technologie.

6.2.3 Nálezování motoru podle dílů část Stator:

Příprava na nálezování dílů

~**45min** Před začátkem nálezování si nálezář č.2 přepíše všechna důležitá data, která vyčte z Díla o motoru a Zakázkového listu, do speciálního excel souboru vytvořeným nálezářem samotným. Tabulka je v excelu již předpřipravená pro budoucí generální opravy a následné dohledávání dílů. Všechna data musí nálezář dohledávat před samostatným nálezováním. Výhodou vytvořené tabulky je zmíněné dohledávání při další opravě či vizuální označení dílu, jestli je stále použitelný (životnost) do další generální opravy nebo ne.

~**30min** I přes to, že se jedná o první generální opravu, tak musí nálezář zajít do archivu k dohledání potřebné dokumentace pro díl vnitřního plamence (viz bod 18 této kapitoly), jelikož se díl měnil kvůli zásahu v poli. Z motorové knihy si následně musel nálezář spočítat, kolik hodin byl plamenec v provozu (v letu) před výměnou, následně po výměně a kolik mu zbývá do konce životnosti.

~**30min** Nálezář začne proces tisknutím všech potřebných KTN. Po vytisknutí nálezář otiskne razítkem všechny listy papíru číslem nálezovaného motoru.

Nálezování po dílech:

1) Nosný kužel

~**2min** Tento díl se musel vyřadit kvůli tomu, že se jednalo o starý design z roku 2014, který již nemůže být používán. V případě, kdyby byl díl v pořádku, musela by být provedena vizuální kontrola a kontrola BLD s následnou kontrolou nálezářem a zhodnocení, zda díl vyhovuje či ne. Celkově by zkontrolování dílu mohlo trvat **až 10 minut**.

2) Skříň výstupu pravá, levá

~**8min** Po vizuální kontrole byla na díle nalezena drobná mechanická poškození, které lze začistit a stopy koroze, které mohou být vyčištěny. Byly změřeny všechny potřebné průměry a bylo vyhodnoceno, že díl může být po opravě použit.

3) Ucpávka

~**5min** Po vizuální kontrole byly na díle shledána mechanická poškození, která také lze začistit a stopy koroze, které budou vyčištěny. Díl byl přeměřen a všechny hodnoty byly v pořádku. Díl může být po opravě použit.

4) Výstupní kanál úplný

~**7min** Na díle byla provedena úspěšná vizuální kontrola. Avšak u měření jedno z rozpětí nemělo správný rozměr. Ten byl větší než požadovaný. Díl musel být tedy vyřazen z motoru. Jelikož se ale jednalo o rozdíl jedné desetin, tak nálezář vystavil na díl STOP kartu a díl byl přesunut do izolátoru pro případné budoucí použití.

5) Opěrka

~**5min** Po vizuální kontrole byly na díle shledána mechanická poškození, která budou začištěna a stopy koroze, které též budou vyčištěny. Po přeměření jeden z průměrů dílu neměl požadovanou hodnotu, ale toto lze opravit. Proto byl díl poslán nálezářem do opravy. Následně bude díl znovu zkontrolován jiným nálezářem.

6) Mezivložka (2ks)

~**7min** Po vizuální kontrole byly díly shledány vadnými, jelikož na nich byly trhliny v oblasti děr na šrouby.

7) Pouzdro

~**5min** Jedná se o pouzdro na hřídel VT. Po vizuální kontrole a měření byl díl shledán vyhovujícím.

8) Výfuk levý, pravý

~**4min** Dle požadavku zakázkového listu nekontrolováno a nevyhodnocováno.

9) Pružný držák

~**5min** Díl je potřeba po vizuální kontrole pouze začistit, jinak všechna měření vyšla v pořádku.

10) Vstupní skříň smontovaná

~**60min** Vizualní kontrola odhalila jednu zrezlou část u kroužku. Po úspěšném kontrolním měření pro ověření stability rozměrů byl následně díl předán k vyčištění.

11) Pouzdro labyrintu úplné

~**5min** Měření dílu byla v pořádku, ale po vizuální kontrole byl díl přeřazen k opravě kvůli špatné teflonové výstelce.

12) Kryt radiálního kola

~**7min** Nálezář obdrží díl z měrové kontroly, kde byl díl předem změřen a hodnoty byly zapsány na danou KTN. Jeden den díl stráví na měrové kontrole a další den je přesunut k nálezáři. Jelikož měření odhalilo odchylky, díl byl nálezářem shledán k vyřazení.

13) Skříň radiálního kola

~**35min** Na demontáži nebyl vytažen z dílu záslepa s jisticím drátem, kterou nálezář musel sám demontovat před zahájením celého nálezování. Díl přišel již změřený z měrové kontroly. Nálezář tedy zkontroloval hodnoty a následně vyhodnotil, že díl je v pořádku. Následně provedl nálezář vizuální kontrolu, kde konstatoval, že díl musí jít do opravy. Kvůli nedostatečné životnosti do další generální opravy byl díl vyřazen se STOP kartou a zařazen k náhradním dílům. K tomu musel nálezář vytisknout všechny potřebné odchylky, kdyby byl díl použit v budoucnu na jiném motoru.

14) Ventil odpouštění

~**7min** Po vizuální kontrole byl shledán šestihran ventilu mechanicky poškozený, proto byl vyřazen. Kromě šestihranu byl díl shledán v pořádku a může být použit do motoru.

15) Vnější plamenec

~**3min** Díl byl nálezářem vyřazen kvůli konci jeho životnosti. Kdyby byl díl v pořádku, musela by se udělat vizuální kontrola, změřit patřičné průměry a udělat kontrolu BLD. Celkový čas nálezování by mohl být až **25 minut**.

16) Palivová rampa

~**15min** Díl byl po vizuální kontrole a změření shledán přidřeným a musí se přibrousit. Proto byl nálezářem díl označen k opravení.

Tímto dílem skončilo nálezování statoru první den. Následně nálezář onemocněl a čtyři týdny se v nálezování nepokračovalo. Důvodem je nedostatečná zastupitelnost nálezářů. Po návratu se nálezář musel znovu seznámit s dokumentací, aby mohl navázat tam, kde před onemocněním skončil.

17) Vnitřní plamenec

~**7min** Díl byl vyřazen z motoru kvůli malé zbývající životnosti do další generální opravy. Po vizuální kontrole a měření byl ale díl v pořádku a proto mu byla přiřazena STOP karta pro možné budoucí použití.

18) Příruba ucpávky

~**10min** Nálezář díl vizuálně zkontroloval, změřil dané průměry a následně si všiml, že se jedná o starý typ dílu, který již není dovoleno znovu použít, a proto díl nechal vyřadit.

19) Rozvaděč GT

~**70min** U dílu proběhla kontrola již vydaných výjimek, který si nálezář musel pročíst. V tomto případě šlo o výjimku, že při výrobě měl díl menší průměr. Nálezář následně změřil všechny požadované průměry a zkontroloval jejich správnost dle předem definovaných hodnot v manuálu. Až na dva rozměry mohl nálezář provést měření na svém pracovišti, pro dva specifické musel přejít s dílem na speciální výškoměr. Jelikož proběhla všechna měření v pořádku, přešel nálezář k vizuální kontrole, kde byla zjištěna tepelná koroze na rozvaděči u lopatek, kvůli čemu stav alitace nevyhovuje a díl se musí opravit. Po začištění půjde díl na další kontrolu.

20) Víko olejového sběrače

~5min Jelikož se jedná o starý typ, nálezář vyřadil daný díl bez jakéhokoliv měření či vizuální kontroly. Kdyby se jednalo o správný typ, mohlo by nálezování celého dílu trvat až **20 minut**.

21) Rozvaděč VT

~60min Proběhla vizuální kontrola dílu s měřením všech předepsaných rozměrů. Na rozvaděči VT je specifické to, že v díle se vyskytují trubičky na přívod a odvod oleje, které oddělení demontáže nevytahuje. Důvodem je to, že trubičky nelze vytáhnout bez jejich poškození. Proto jsou zkontrolovány nálezářem a v případě, že je vše v pořádku, je kompletní díl ponechán. V případě, že je rozvaděč v pořádku a trubičky jsou vadné, nechají se rozříznout a na rozvaděč budou následně namontovány nové trubičky. Tento konkrétní díl byl po kontrole shledán vyhovujícím a může být použit do další generální opravy.

22) Labyrint s.p.s. (anglicky with fixed parts)

~10min Kvůli špatné čitelnosti sériového čísla trvalo nálezáři delší dobu identifikovat daný díl. Po následné vizuální kontrole a přeměření byl díl shledán vyhovujícím.

23) Těleso ložiska

~25min Po nalezení odchylky dílu a následném přečtení byl díl podroben vizuální kontrole, kde byly na díle nalezeny rýhy. Ty jsou způsobeny při vkládání ložiska do tělesa. Díl byl tedy po vizuální kontrole a přeměření předán na opravu.

Následně nálezář vyřadil dva díly, které neměly vlastní KTN, ale budou následně sepsány v seznamu vyřazených dílů:

24) Čepy k závěsu

~3min Jelikož se jedná o díl, který je vyroben z kadmia, tak jej nelze opravit a byl rovnou nálezářem vyřazen.

25) Vložka úplná

~3min Tento díl byl po vizuální kontrole vyřazen kvůli velikým vrypům.

26) Závěs motoru

~15min Tato KTN obsahuje následující díly:

- a) Tělesa závěsu (3ks), kde byla nalezena drobná mechanická poškození a proto budou začištěna
- b) Víka závěsu (3ks), kde byla nalezena drobná mechanická poškození a proto budou také začištěna
- c) Tlumiče (3ks) byly vyřazeny kvůli značnému opotřebení
- d) Čepy závěsu (3ks) byly také vyřazeny ze stejného důvodu jako tlumiče
- e) Tepelné podložky (6ks), které byly poškozeny byly též vyřazeny
- f) Izolační podložky byly po vizuální kontrole shledány vyhovujícími

27) Díly elektrické soustavy

~20min Tato KTN obsahuje následující díly:

- a) Termočláneková souprava byla vyřazena
- b) Dynamospouštěč nebyl nálezářem zkontrolován dle požadavku v Zakázkovém listu
- c) Kabel 1 vyhovoval po vizuální kontrole

- d) Kabel 2 musel být vyřazen, jelikož sériové číslo nekorespondovalo se sériovými čísly dílů dodávané firmou. To může znamenat, že si díl zákazník sám vyměnil.
- e) Držák zapalování SALM vizuálně vyhovoval
- f) Kabel motoru byl vyřazen
- g) Kabel dynamostartéru byl vyřazen
- h) Kabel odledňování vrtule byl vyřazen
- i) Kabel signalizace požáru byl vyřazen

6.2.4 Nálezování motoru podle dílů Ostatní vnější příslušenství

Příprava na nálezování dílů

~**15min** Před začátkem nálezování si nálezář č.2, stejně jako v části Stator, přepsal všechna důležitá data, která vyčetl z Díla o motoru a Zakázkového listu, do speciálního excel souboru vytvořeným nálezářem samotným. Tabulka je v excelu již předpřipravená pro budoucí generální opravy a následné jednodušší dohledávání dílů. Všechna data musí nálezář dohledávat před samostatným nálezováním. Výhodou vytvořené tabulky je zmíněné dohledávání při další opravě či vizuální označení dílu, jestli je stále použitelný (životnost) do další generální opravy nebo ne. Na druhou stranu je nevýhodou to, že nálezář vytváří data pro všechny díly a to i pro ty, které jsou následně vyřazeny.

~**10min** Nálezář zahájil proces tisknutím všech potřebných KTN. Po vytisknutí nálezář opatřil razítkem všechny listy papíru číslem nálezovaného motoru.

Nálezování po dílech:

- 1) Pojistný kroužek

~**2min** Tento díl prochází pouze vizuální kontrolou s kontrolou předpětí dle Příručky pro GO. Vizuální kontrolou byly zjištěny vady a kvůli kterým byl díl vyřazen. Kdyby nálezář pokračoval v kontrole, mohla by trvat **až 7 minut**.

- 2) Pístní kroužek

~**5min** Díl prošel vizuální kontrolou, ale měření ukázalo špatný průměr. Kvůli tomu byla dílu nasazena zmetkovací karta a díl byl vyřazen.

- 3) Díly sestavy pochodňového zapalovače

~**3min** Jedná se o dva kusy, na kterých bylo vizuální kontrolou shledáno mechanické poškození, a díly byly předány k opravě. V případě, že by díly byly vizuálně v pořádku, přešly by na přezkoušení.

- 4) Ochranný kryt

~**2min** Jelikož se jednalo o starý design, tak byl díl přiřazen k vyřazení. Kdyby se jednalo o správný díl, mohla by celá vizuální kontrola s měřením trvat **až 10 minut**.

- 5) Oko úplné

~**2min** Vizuální kontrolou byly na díle nalezeny stopy koroze a proto byl díl přesunut k následnému vyčištění. Dále byl díl přesunut ke kontrole osově vůle.

- 6) Díly ovládání motoru

~**3min** Na dílech jako je dvojpáka, páka úplná, konzola a vačka úplná byly po vizuální kontrole nalezeny stopy koroze. Proto byly přiřazen k opravě vyčištěním.

7) Spínač úplný

~3min Vizualní kontrolou byla nalezena drobná mechanická poškození a stopy koroze. Díl byl proto předán k opravě.

8) Drenážní nádržka

~6min Díl byl shledán vyhovujícím po vizualní kontrole.

9) Ostatní díly motoru

~6min V této KTN jsou k procesu nálezování vypsány tři díly. Jedná se o torzní hřídel, průšlehovou trubku a krycí síto. Všechny tři díly byly shledány vizualní kontrolou jako vyhovující.

6.2.5 Nálezování motoru podle dílů část Přístroje:

~15min Před začátkem nálezování si nálezář č.2, stejně jako v části Stator a Ostatní vnější příslušenství, přepsal všechna důležitá data, která vyčetl z Díla o motoru a Zakázkového listu, do speciálního excel souboru vytvořeným nálezářem samotným. Tabulka je v excelu již předpřipravená pro budoucí generální opravy a následné jednodušší dohledávání dílů. Všechna data musí nálezář dohledávat před samostatným nálezováním. Výhodou vytvořené tabulky je zmíněné dohledávání při další opravě či vizualní označení dílu, jestli je stále použitelný (životnost) do další generální opravy nebo ne. Na druhou stranu je nevýhodou to, že nálezář vytváří data pro všechny díly a to i pro ty, které jsou následně vyřazeny.

~5min Nálezář začne proces tisknutí všech potřebných KTN. Po vytisknutí nálezář otiskne razítkem všechny listy papíru číslem nálezovaného motoru.

Po nálezování části Ostatní vnější příslušenství se nálezář pustil do části přístrojů.

1) Zapalovací zařízení UNISON

~30min Nálezář začal s vizualní kontrolou dílu a následně zašel společně s dílem na expedici, kde si zkontroloval stav daného dílu. Tento díl je nálezářem kontrolován pouze vizualně. Do KTN musí nálezář vypsát datum výroby dílu, životnost, na jakém motoru byl použit, výrobní číslo, počet hodin a zbytková životnost. Po úspěšné vizualné kontrole byl díl předán na zkušebny a v případě jeho správné funkčnosti bude díl předán na finální kontrolu.

2) Dynamospouštěč

~3min Tento díl byl sice vyřazen z motoru, ale následně bude díl poslán zákazníkovi zpět jako díl navíc.

3) Startovací a omezovací KIT

~5min U tohoto dílu chyběl atest a nálezář dostal pouze protokol o ztrátě, takže díl musel být vyřazen z motoru. Po úspěšné vizualní kontrole byla na díl vystavena pouze STOP karta a díl skončí v izolátoru pro případ, že na díl bude v budoucnu vystaven nový atest. V tom případě by mohl být díl znovu použitelný.

4) Signalizátor minimálního množství oleje

~7min Díl byl shledán po vizualní kontrole vyhovujícím a byla vytvořena KTN. Do KTN se musí vypsát datum výroby, celková životnost, odpracování na motoru, a zbytková životnost. Osvědčení o jakosti a kompletnosti přístroje byl shledán vyhovujícím dle požadavku Zakázkového listu.

~**30min** Následující přístroje byly na základě atestu vyhodnoceny nálezářem pro opravu a byla jim přiřazena kartička Neshodný výrobek – Opravitelný (údržbová organizace).

- Elektrohydraulický ovladač
- Ukazatel točivého momentu
- Signalizátor ztráty tlaku
- Tlakový spínač omezovače
- Tlakový spínač praporování
- Tlakový přepínač minimálního množství oleje
- Vysílač otáčkoměru
- Vysílač točivého momentu
- Vysílač tlaku paliva
- Vysílač tlaku oleje

6.2.6 Nálezování motoru podle dílů část Armatury

~**35min** Nálezář zahájil proces tisknutím všech potřebných KTN společně s pomocným papírem, který použil pro nálezování dílů. Po vytisknutí nálezář opatřil razítkem všechny listy papíru číslem nálezovaného motoru.

Následně si nálezář vzal každý díl zvlášť. Nálezování části Armatury je specifické tím, že všechny díly podléhají pouze vizuální kontrole s jedinou výjimkou, a to dílu Kruh motorového lože, u kterého se navíc řeší resurs s rozměry. Resurs řeší nálezář pomocí předem definované rovnice jejíž výsledkem je pro nálezáře informace, zda je díl možné použít do další generální opravy, dá se použít na náhradní díly nebo se musí zmetkovat. Pouze některé díly mají své výrobní číslo a to bývají zpravidla ty, které mají vlastní KTN a to z důvodu jednoduchosti vyřazení. Ostatní díly, které nemají výrobní číslo, mají pouze číslo výkresu.

Může se stát, že motor nebyl dodán s dílem, který má nálezář ve zprávě. Následně tedy do KTN napíše tuto skutečnost.

Díly se po nálezování rozdělují na díly vyřazené, které jsou přesunuty na speciální místo k vyřazení a následné šrotaci a díly, které jsou v pořádku a k opravě. Nálezář dává tyto díly (v pořádku a k opravě) na společný vozík. Díly, které jsou opravitelné dle EOHM, vyznačí nálezář čarou lihovým fixem na díl. Jelikož jsou na stejném vozíku i díly, které byly shledány v pořádku, nálezář musí po opravě dílů zkontrolovat všechny díly, i ty, které již kontroloval. Jestliže byl díl vyhodnocen jako vyhovující a při následné kontrole je vyhodnocen k vyřazení, musí nálezář vytisknout KTN znovu a vypsat všechny informace od začátku. Kdyby se jednalo o KTN s například Díly olejové sestavy, může to nálezáři přidat až **10 minut** práce.

Nálezování dle dílů:

- 1) Izolační kryt úplný

~**3min** Tento díl byl po vizuální kontrole vyřazen kvůli jeho zastaralosti.

- 2) Trubka tlakového oleje úplná

~**7min** Tento díl byl vyřazen po vizuální kontrole kvůli poškození na díle. Na díle byly nalezeny otlačky z jiného dílu. Kdyby byl díl v pořádku, musel by díl být přesunut ke zkoušce těsnosti.

- 3) Trubka sání
~5min Kvůli mechanickému poškození byl díl nálezářem vyřazen. Kdyby byl díl v pořádku, musel by díl být přesunut ke zkoušce těsnosti.
- 4) Trubka úplná
~5min Díl je po vizuální kontrole nutné začistit, následně bude díl předán na tlakovou zkoušku.
- 5) Deflektor úplný
~5min Díl vizuálně vyhovuje a je možno ho použít bez opravy.
- 6) Deflektor
~5min Tento díl také vizuálně vyhovoval a je možné ho použít bez opravy.
- 7) Trubka odpadu oleje
~2min Tento díl nebyl dodán. I přes to na něj nálezář musel vystavit KTN a tuto skutečnost zaznamenat. Kdyby byl díl dodán, musela by proběhnout kontrola těsnosti a vizuální kontrola, kvůli čemu by nálezování mohlo trvat až **10 minut**.
- 8) Trubka přívodu oleje
~2min Tento díl nebyl dodán. I přes to na něj nálezář musel vystavit KTN a tuto skutečnost tam popsat. Stejně jako u předešlého dílu, kdyby byl díl dodán, musela by proběhnout kontrola těsnosti a vizuální kontrola, kvůli čemu by nálezování mohlo trvat až **10 minut**.
- 9) Deflektor chladícího vzduchu
~7min Na díle byly po vizuální kontrole nalezeny trhliny, kvůli čemu byl díl vyřazen.
- 10) Trubka ovládání úplná
~10min Tento díl byl nálezářem rozdělen na ovládací lano a trubku ovládání. Ovládací lano, které je nutno vyřadit kvůli mechanickému poškození a trubka ovládání, která by měla být po následné opravě v pořádku.
- 11) Díly palivové soustavy
~35min Tato KTN obsahuje následující díly:
- a) Drenážní trubka úplná, která půjde začistit
 - b) Trubka k pochodňovému zapalovači pravá zadní, který půjde na opravu
 - c) Trubka k pochodňovému zapalovači pravá přední, které půjde na opravu
 - d) Trubka drenáže, která nebyla dodána
 - e) Trubka obtoku paliva, která vizuálně vyhovuje a může být použita
 - f) Trubka odpadu paliva, která nebyla dodána
 - g) Trubka paliva s krytem, které bude přesunuta na opravu
 - h) Trubka paliva do pochodňového zapalovače zadní, která vizuálně vyhovuje a může být použita
 - i) Trubka paliva k pochodňovému zapalovači levá, která bude přesunuta k opravě
 - j) Trubka paliva k regulátoru, která nebyla dodána
 - k) Držák úplný, který vizuálně vyhovuje
 - l) Držák trubky vysílače torkmetru, který vizuálně vyhovuje
 - m) Držák úplný, který může být znovu použit, jelikož vizuálně vyhovuje
- 12) Díly olejové soustavy
~60min Tato KTN obsahuje následující díly:
- a) Trubka vysílače tlaku torkmetru, která bude potřeba opravit
 - b) Trubka spínače tlaku, která bude potřeba začistit před použitím

- c) 1. trubka signalizátoru, která byla předána k opravě
 - d) 2. trubka signalizátoru, která vizuálně vyhovuje
 - e) Trubka k vysílači minimálního tlaku oleje, který vizuálně vyhovuje
 - f) Trubka praporovacího čerpadla, který vizuálně vyhovuje
 - g) Trubka tlakového oleje, která byla předána k opravě
 - h) Trubka odsávajícího oleje, která byla předána k opravě
 - i) Průchodka tlakového oleje úplná, která vizuálně vyhovuje
 - j) Trubka oleje do GT, která vizuálně vyhovuje
 - k) Trubka vysílače tlaku torkmetru, která nebyla vizuálně v pořádku a bylo nutné ji vyřadit
 - l) Jímka oleje, která byla předána k opravě
 - m) Trubka tlaku k EHO, která byla vyhodnocena k potřebě začištění
 - n) Čistící jímka, u které bylo potřeba pročistit sítko a vyměnit těsnění
 - o) Průchodka odpadu oleje, která vizuálně vyhovuje
 - p) Držák jímky úplný, který vizuálně vyhovuje
 - q) Držáky úplné (4ks), které vizuálně vyhovují až na jeden kus, který je nutno před použitím vyrovnat
 - r) Držák dvojitý, který vizuálně vyhovuje
 - s) Držák jednoduchý, který byl předán k opravě
 - t) Držáky (2ks), které vizuálně vyhovují
- 13) Díly vzduchové soustavy

~30min Tato KTN obsahuje následující díly:

- a) Trubka odvodu vzduchu, která byla předána na začištění
 - b) Trubka odpouštěcího ventilu, byla zastaralého typu, tudíž byla vyřazena
 - c) Trubka nafukování, kterou bude nutné začistit
 - d) Trubka odvodu vzduchu, která byla mechanicky poškozená a musela být vyřazena
 - e) Trubka nafukování labyrintu VT, která vizuálně vyhovovala
 - f) Vzduchová trubka s tepelnou izolací, která bude předána k opravě opletení
 - g) Trubka odvodu vzduchu nebyla dodána
 - h) Trubka přívodu vzduchu, která byla vyhodnocena k vyřazení
 - i) Držáky úplné (3ks), z nichž dva vizuálně vyhovovaly a jeden z nich je potřeba vyřadit
 - j) Držák vizuálně vyhovoval
- 14) Díly vzduchových přepážek

~10min Tato KTN obsahuje následující díly:

- a) Přepážka přední úplná, která musí být následně vyrovnána
 - b) Přepážka zadní, která musí být také vyrovnána
 - c) Šroubení (3ks), které vizuálně vyhovují
- 15) Díly vstřikovací rampy

~10min Tato KTN obsahuje následující díly:

- a) Držák kolektoru dolní vizuálně vyhovuje
 - b) Držák kolektoru horní vizuálně vyhovuje
- 16) Kruh motorového lože

~20min Tento díl byl vizuálně zkontrolován a vyhovuje. Následně byla provedena kontrola chodu a uvolnění ložisek, kde nálezář zkonstatoval zatuhnutí ložisek. Následně nálezář změřil otvory a

zkontroloval svary a opěrky, které vyhovovaly. Kontrola laku odhalila jeho poškození. Proto byl díl přesunut k opravě.

17) Hasící instalace motoru

~5min U tohoto dílu se kontroluje průchodnost otvorů, rozválcování konců trubek opěrných kroužků a matic, svary na trhlínky a průchodnost spojovacího a upevňovacího materiálu přichytek, konzol a šroubů. Jelikož díl nebyl v pořádku a trvalo by ho příliš dlouho opravit, byl náležářem rovnou vyřazen.

18) Odběr vzduchu od motoru

~5min U tohoto dílu se kontroluje rozválcování konců trubky, opěrných kroužků a matic, svary (tlaková zkouška), tepelná izolace, uzavírací kohout UK 1, chod šoupátka a kladek se závitem, dosedací plocha a vnější povrch na přítomnost koroze. Jelikož díl nebyl v pořádku a trvalo by ho příliš dlouho opravit, byl náležářem rovnou vyřazen.

19) Ovládání regulace vrtule

~7min Díl náležář přesunul k vyřazení kvůli tomu, že v díle bylo prasklé lanko a v EOHM nebyl popsán opravný postup.

~40min Následně náležář kontroloval 18 dílů, které nemají žádnou KTN. Z těchto 18 dílů bylo 16 shledáno vizuálně v pořádku a pouze dva díly byly vyřazené.

Po nalezení všech částí kromě 6.2.2:

~10min Po znalezování všech dílů motoru musí náležáři zkontrolovat všechny vyplněné KTN a naskenovat je. Následně je uloží do počítače do speciální složky každého jednotlivého motoru.

~15min Po vytvoření všech KTN musí náležáři vytvořit Nálezovací zprávu popisující stav jednotlivých dílů zjištěných během nalezení. Jestliže jsou díly k vyřazení, náležář vyplňuje zprávu pomocí dvou excel tabulek a s pomocí tabulky skladu, kde zjistí skladové číslo dílu dle seznamu skladových zásob. Pokud díl není ve skladových zásobách, musí náležář skladové číslo zjistit na oddělení technologie.

~5min Následně připojí náležář ke všem KTN fotografie nálezu a každé z nich přiřadí příslušný název vyfoceného dílu.

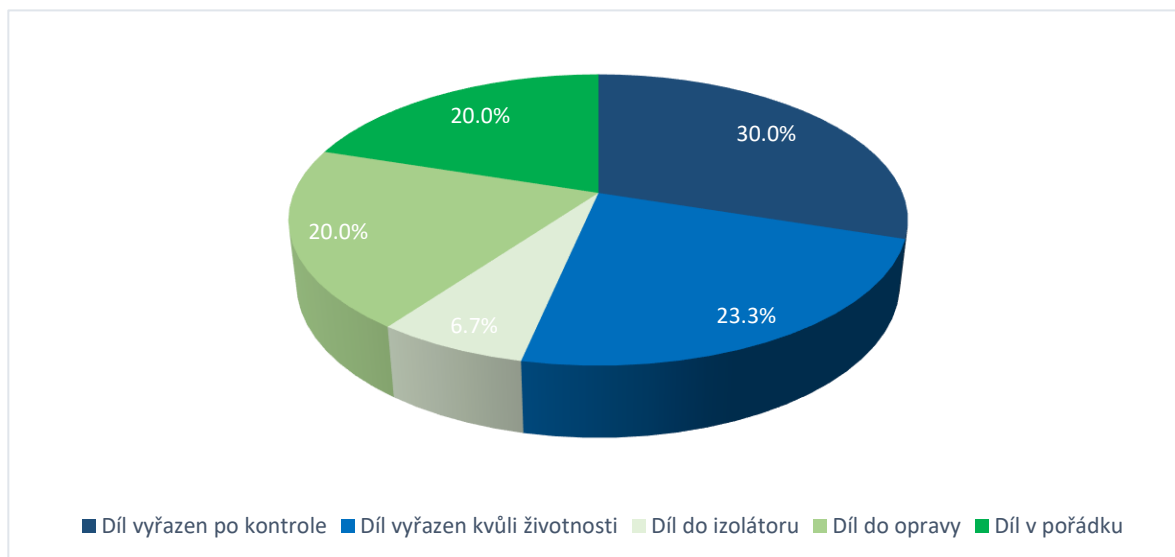
~20min Vyplnění DILOS reportu pro sledování pohybu a stavu motoru v rámci opravy nebo generální opravy.

~20min Náležáři následně sepíší díly, které byly vyřazené. Jedná se o list s názvem Kontrolní nález-vyřazené díly, který bude vložen do Díla o motoru a obsahuje po znalezování tohoto motoru 33 položek z částí Stator a Ostatní vnější příslušenství.

6.2.7 Shrnutí procesu

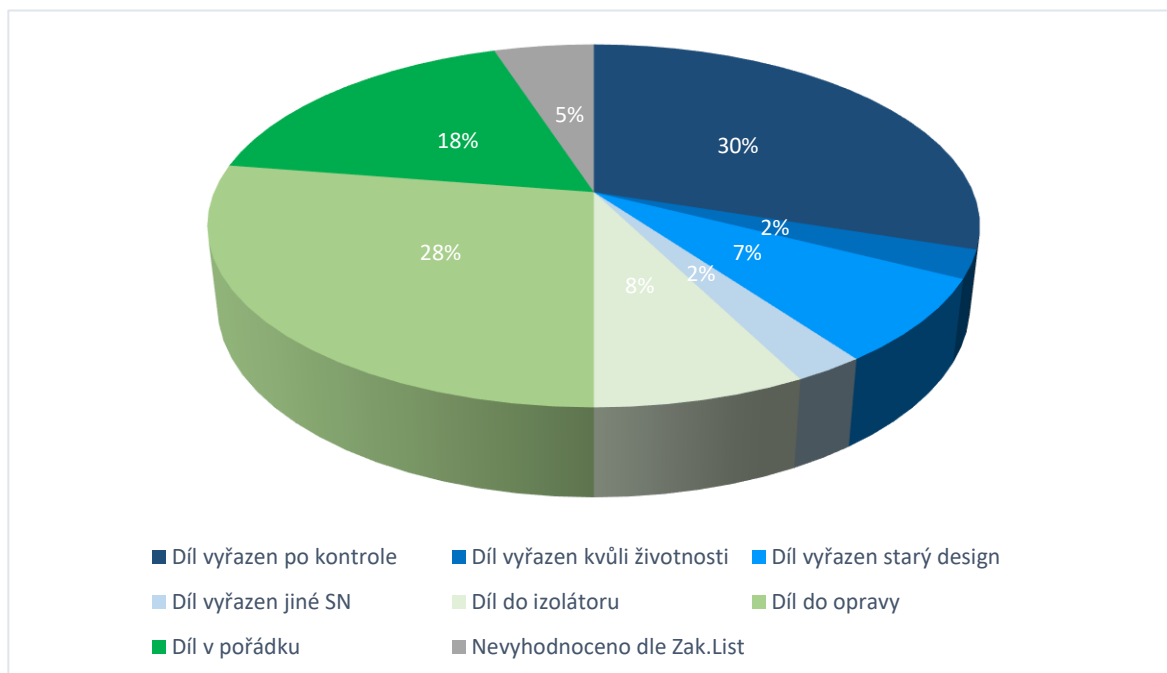
Pozorováním daného procesu nálezování bylo vyhodnoceno následující.

V části Rotor bylo vyřazeno přes polovinu všech dílů, do izolátoru bylo přesunuto 7% dílů, do opravy 20% dílů a 20% dílů bylo zhodnoceno v pořádku.



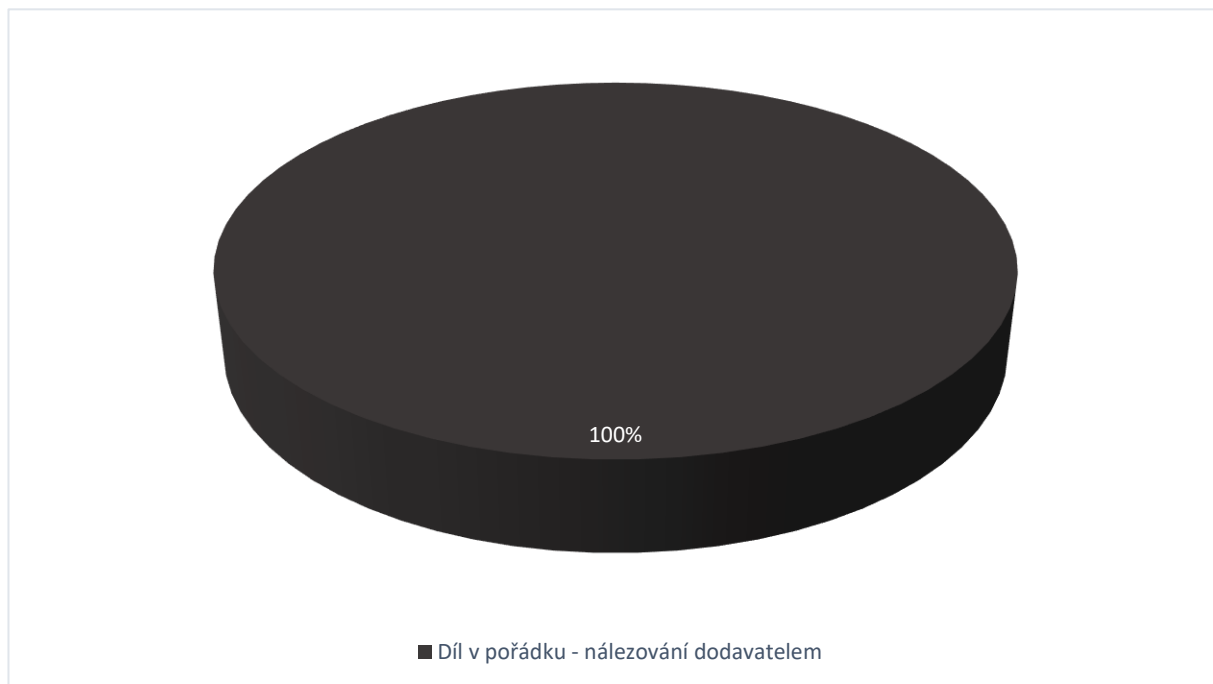
Graf 1 - Rozřazení dílů po kontrole část Rotor (Zdroj: Vlastní tvorba)

V části Stator bylo vyřazeno 41% dílů, do izolátoru bylo přesunuto 8% dílů a potenciálně (rozhodne se po opravě) lze použít pouze 46% všech dílů.



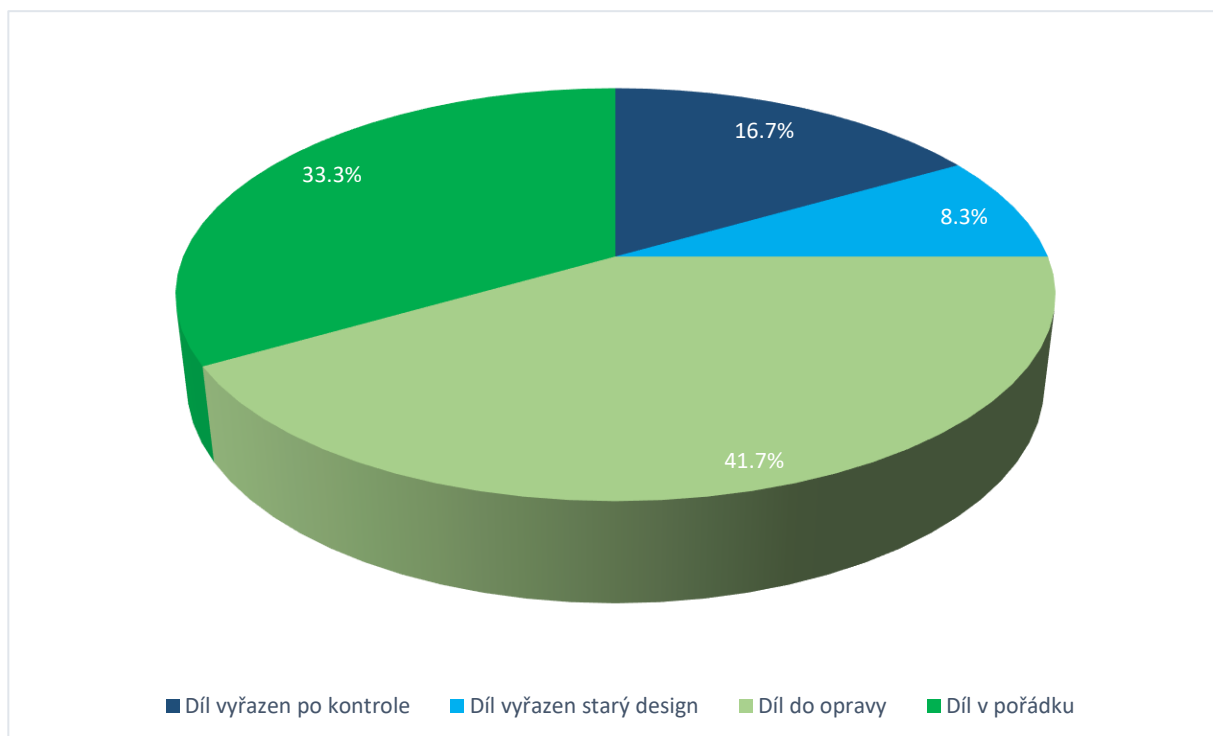
Graf 2 - Rozřazení dílů po kontrole část Stator (Zdroj: Vlastní tvorba)

V části Skříň pohonů a Reduktor se díly nenálezuji ve firmě GE Aviation Czech a oba byly poslány dodavateli, který následně vyhodnotil stav dílů jako vyhovující a díly byly vráceny zpět do motoru.



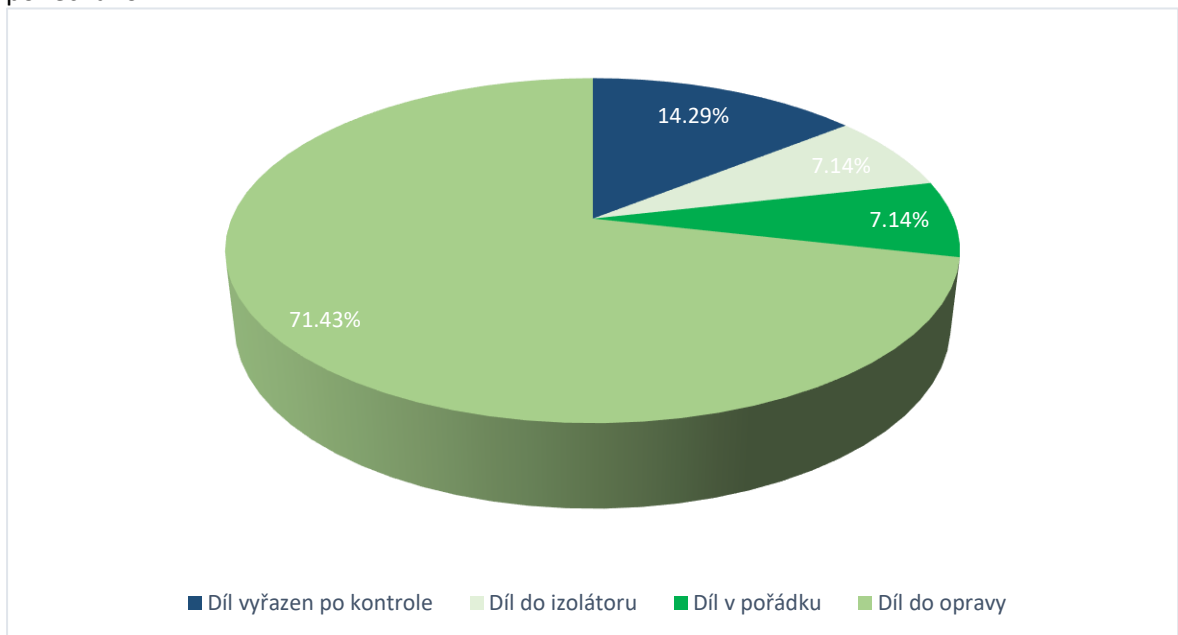
Graf 3 - Rozřazení dílů po kontrole část Skříň pohonů a Reduktor (Zdroj: Vlastní tvorba)

V části Ostatní vnější příslušenství bylo uvolněno 75% dílů a 25% dílů bylo vyřazeno.



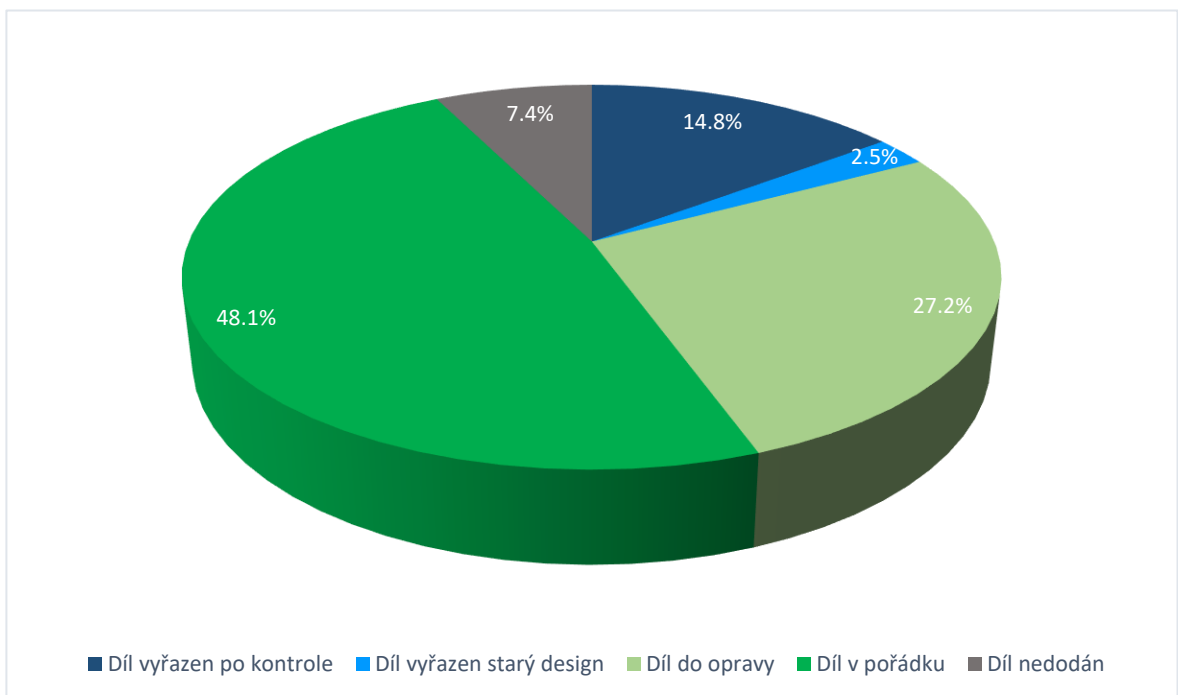
Graf 4 - Rozřazení dílů po kontrole část Ostatní vnější příslušenství (Zdroj: Vlastní tvorba)

V části přístroje bylo vyřazeno 14% dílů, do izolátoru bylo přesunuto 7% dílů a 78% dílů bylo ponecháno.



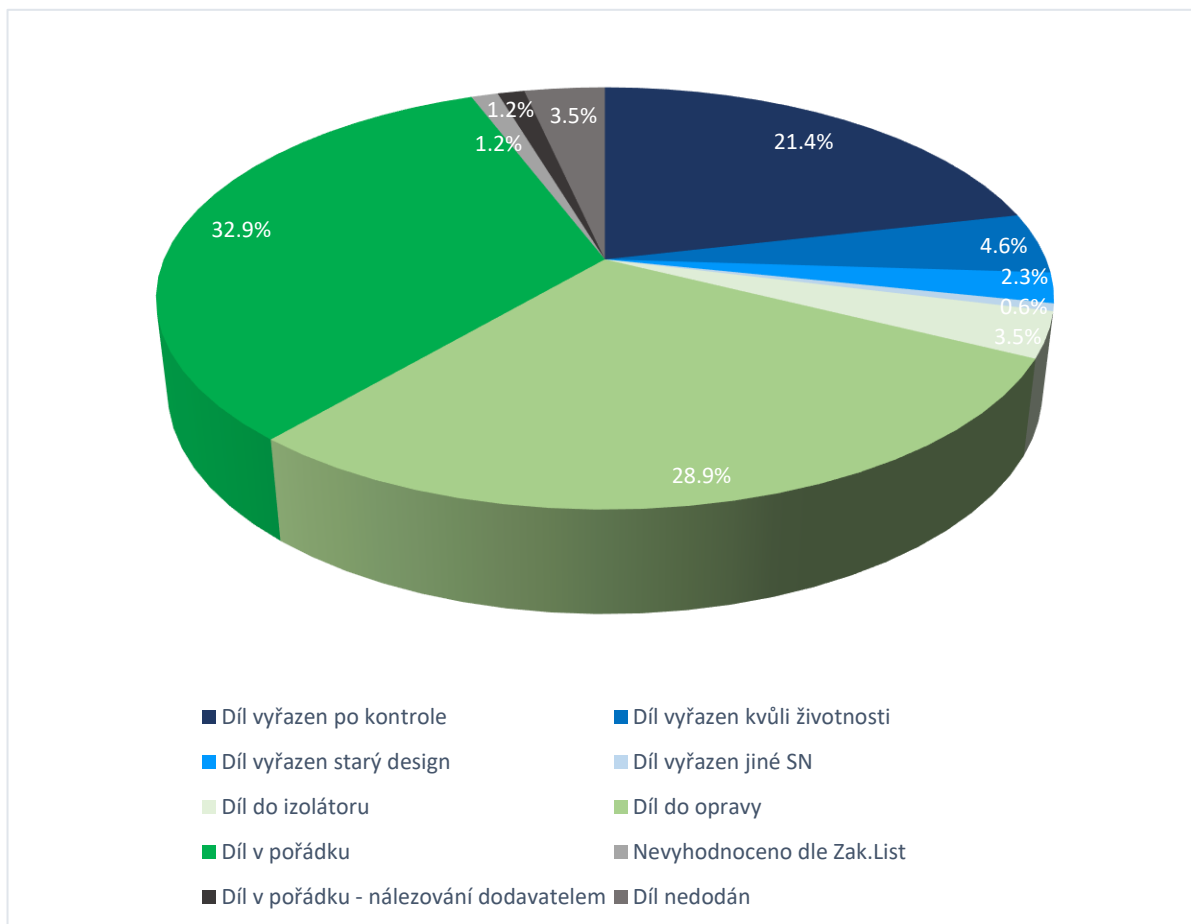
Graf 5 - Rozřazení dílů po kontrole část Přístroje (Zdroj: Vlastní tvorba)

V části Armatury bylo vyřazeno pouze 17% dílů a 75% dílů bylo uvolněno.



Graf 6 - Rozřazení dílů po kontrole část Armatury (Zdroj: Vlastní tvorba)

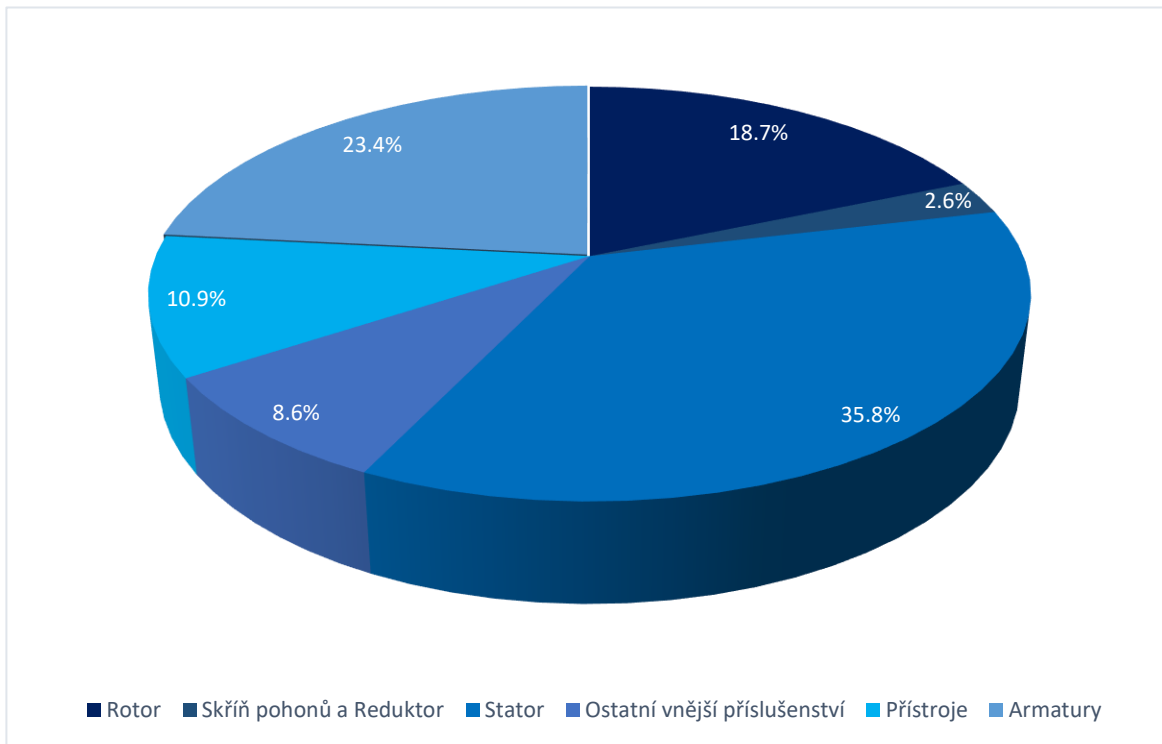
Spojením všech částí nálezování dohromady vyšlo, že větší polovina dílů byla ponechána, 28,9% dílů bylo vyřazeno, 3,5% dílů bylo přesunuto do izolátoru a 5,9% dílů nebylo nálezováno.



Graf 7 - Rozřazení dílů po kontrole všech částí motoru (Zdroj: Vlastní tvorba)

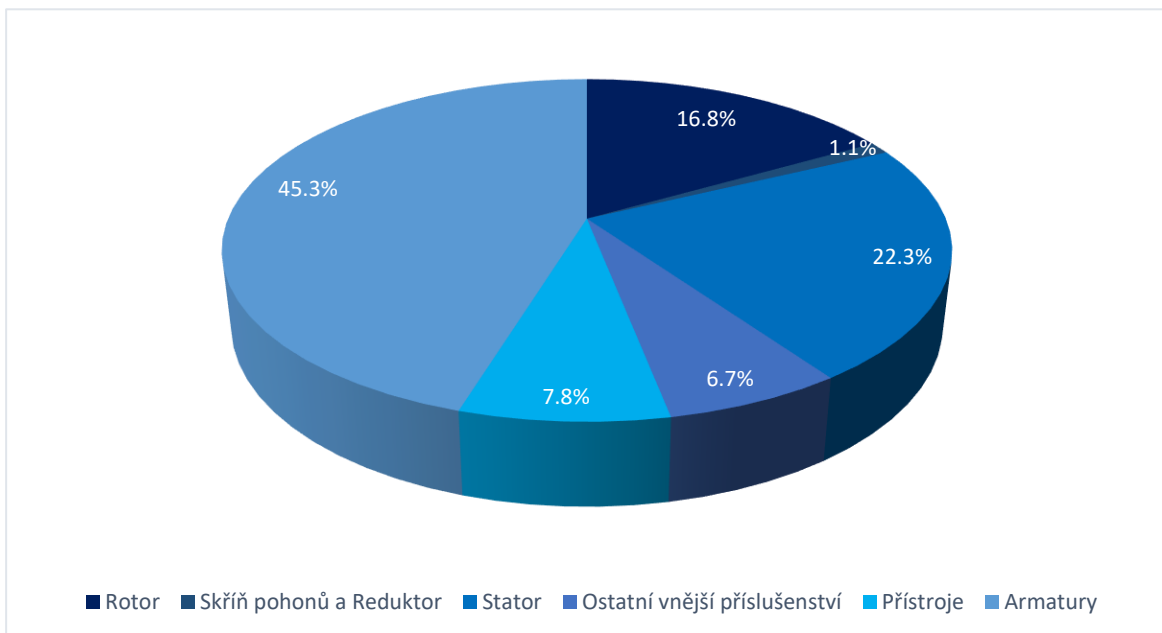
Co se týče hodnoceného procesu, nálezáři vyhodnotili, že 61,8% dílů se dá (za určitých podmínek) na motoru znovu použít. Po nálezování dvou dílů dodavatelem, zvýší se celkové číslo dílů v pořádku na 63%. Jelikož se jednalo o motor, který měl nalétáno o 12hodin více než je požadováno do generální opravy, dalo by se konstatovat, že díly vložené do izolátoru kvůli nízké životnosti do další generální opravy by v případě správného počtu hodin na motoru zůstaly. Díky tomu by celkové procento ponechaných dílů bylo až kolem 66,5%.

Celkový čas čistého nálezování s doprovodnými akcemi (bez přestávek a nemoci) byl 1703 minut, tedy 28,4 hodin. Při pracovní době 7,5 hodin se jedná o téměř čtyři dny čistého nálezování. Největší část celého nálezování zabere Stator. Jelikož čtyři části nálezuje jeden nálezář, jeho část nálezování zabere 59% času celého nálezování.



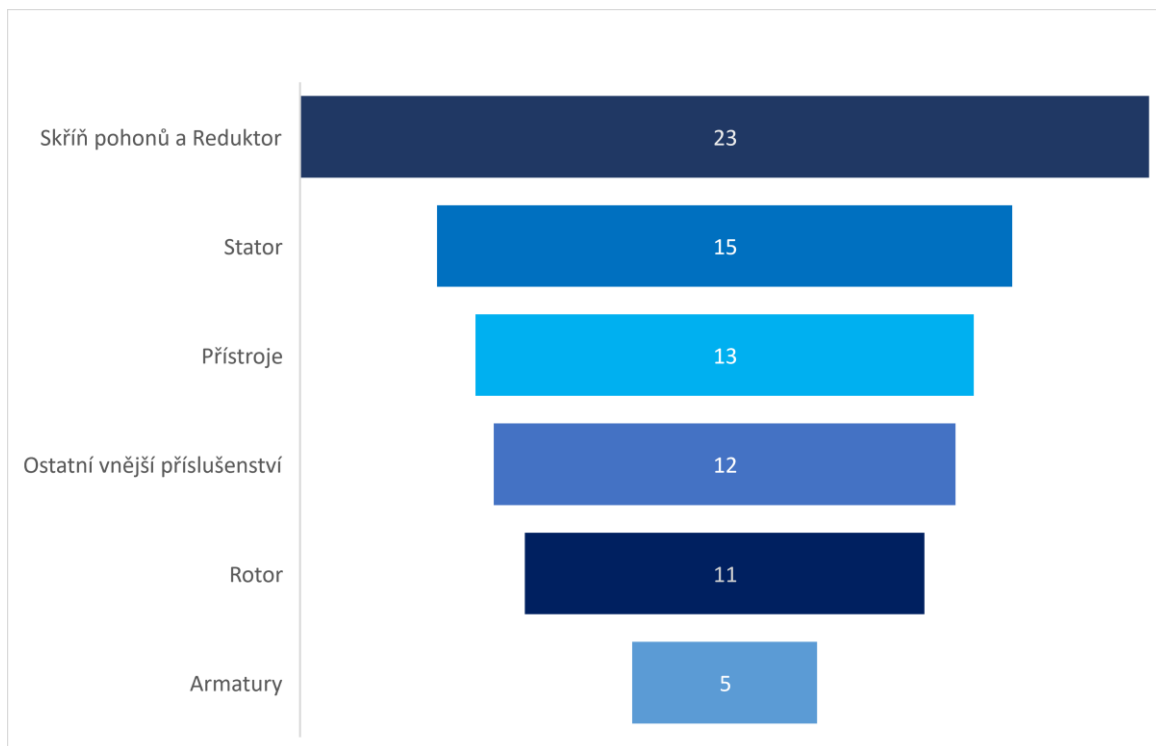
Graf 8 – Podíl jednotlivých částí motoru na celkovém čase nálezování (Zdroj: Vlastní tvorba)

Počet nálezovaných dílů je největší v části Armatury s 81 nálezovanými díly (nepočítáme-li pouze počet různých dílů, ne počet všech- např. když máme jeden typ šroubů 8ks), následuje stator se 40 díly.



Graf 9 - Distribuce jednotlivých dílů do částí motoru (Zdroj: Vlastní tvorba)

Průměrný čas strávený nálezováním jednoho dílu v rámci dané části motoru ukazuje strávený čas na počet dílů v minutách. Do času je zahrnut i čas strávený přípravou před nálezováním a po nálezování. Průměrný čas nálezování na jeden díl za všechny části dohromady je tedy 13 minut. Nejvíce času stráví nálezář č.2 na Skříni pohonů a Reduktoru, kde jsou pouze dva díly. Nejméně času na díl zaberou Armatury, kde je na naopak největší množství dílů.

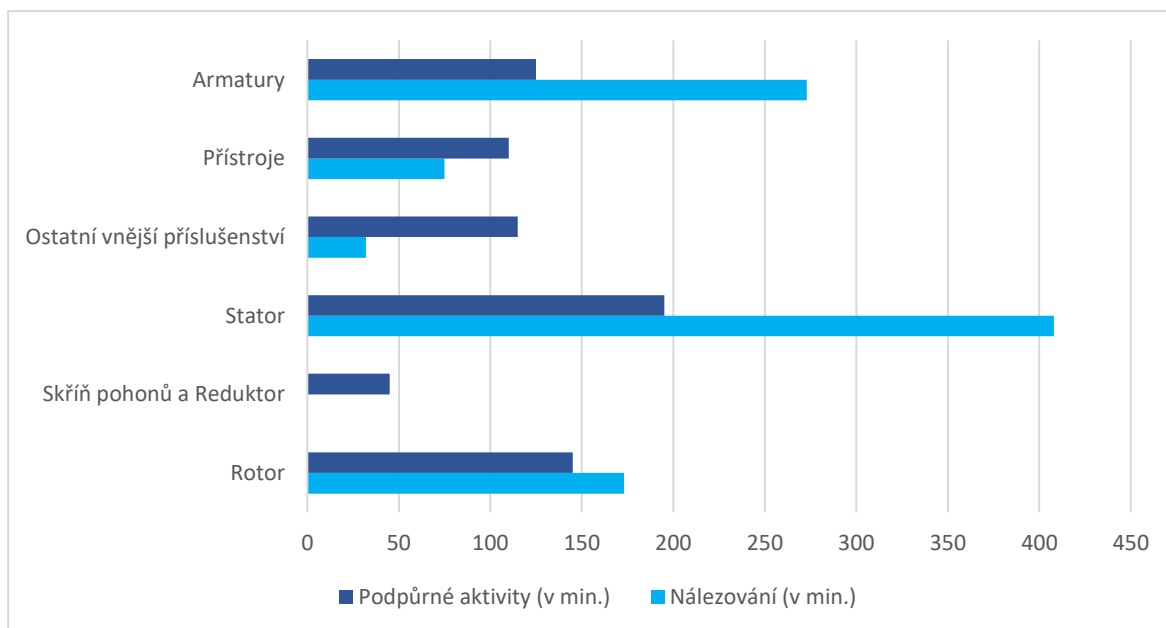


Graf 10 - Průměrný čas v minutách strávený nálezováním jednoho dílu v rámci dané části motoru (Zdroj: Vlastní tvorba)

Porovnání dat z více grafů:

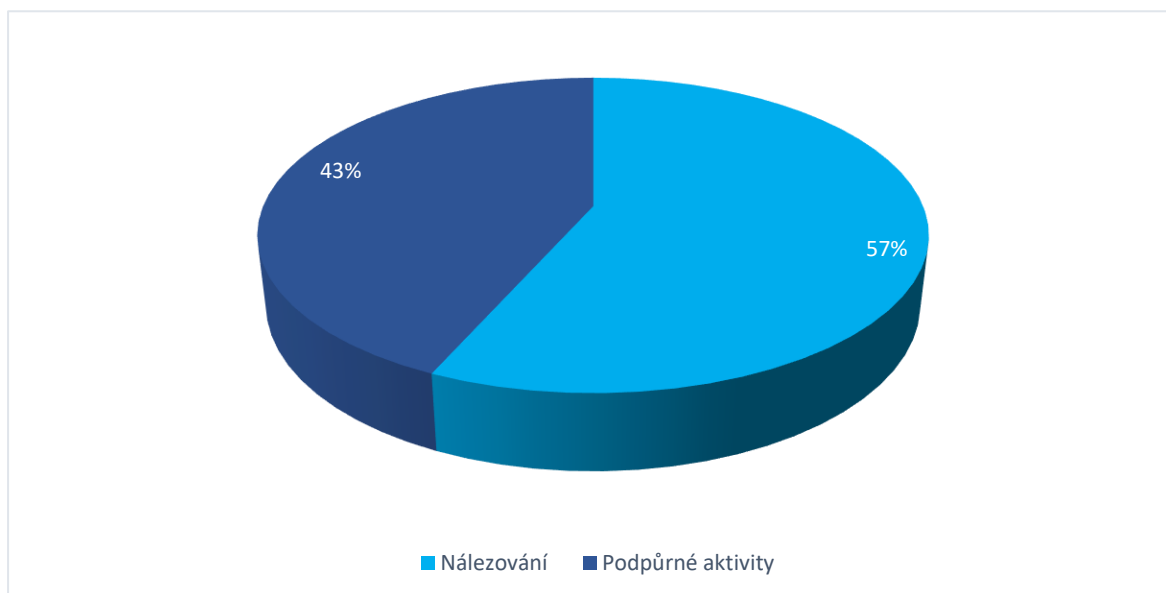
I přes to, že celkový čas strávený nálezováním je nejvyšší u Statoru a Armatur a nejnižší u Skříně pohonů a Reduktoru (viz graf č.8), pokud bereme v úvahu počet dílů v každé části (viz graf č.10), celkové výsledky se změní. Následně vidíme, že díky obrovskému počtu dílů v části Armatury je vysoký čas strávený nálezováním odůvodněný, ba dokonce kratší o 8 minut s průměrem nálezování všech dílů. Na druhou stranu vidíme obrovský nárůst času stráveného na dvou dílech, který v celkovém měřítku v grafu č.8 se jevil jako zanedbatelný.

Celkový čas strávený pouze nálezováním všech dílů je kolem 16 hodin a ostatní činnosti, do kterých se započítává čas strávený všemi činnostmi mimo nálezování jako například tisknutí KTN nebo jejich následná kontrola (nepočítaje 4 týdenní nemoc) je 12 hodin (viz graf č.11).



Graf 11 - Čistý čas strávený nálezováním vs. čas strávený podpůrnými aktivitami (Zdroj: Vlastní tvorba)

Z grafu můžeme vyčíst, že ostatní činnosti zaberou až 43 % z celkového procesu nálezování. Lze konstatovat, že odstraněním činností podpůrných aktivit by se snížil čas celkového nálezování ze čtyřech dnů na dva.



Graf 12 - Podíl celkového času stráveném nálezováním a podpůrnými aktivitami (Zdroj: Vlastní tvorba)

6.3 Slabé stránky procesu

V procesu nálezování generální opravy leteckého motoru H75-200 bylo pozorováním procesu identifikováno devět slabých stránek, které byly rozřazeny do tří skupin: digitalizace, nastavení procesu a řízení procesu. Jelikož je letectví specifická oblast s vysokou mírou regulace, je pozitivním zjištěním, že žádná z níže identifikovaných slabých stránek nemá dopad na soulad s relevantními právními předpisy.

6.3.1 Digitalizace

1. Množství manuální práce náležářů od sběru dat po jejich záznam na papírové formuláře. Pouze příprava na nálezování a následné vyplnění všech potřebných dokumentů trvá 90 minut pro každého náležáře ve všech částech mimo Skříň pohonů a Reduktoru. Následně se musí každý kontrolní nález dílu separátně tisknout a v případě chyby náležáře se celý proces prodlouží o znehodnocení staré KTN, nalezení potřebné KTN v systému, vytisknutí a následné znovu vyplnění. Tato jedna komplikace může přidat až 10 minut a s pravděpodobností lidské chyby u rutinních úkolů $1/1000^{38}$ to znamená časté prodloužení procesu. Všechny listy jdou následně fyzicky společně s dílem a v případě ztráty KTN při logistice dílu je díl nepoužitelný, protože nikdo neví, co se má s dílem udělat. Navíc, po vypsání každé zprávy zvláště jsou všechny zprávy zase zpět konsolidovány. Celý tento proces podpurných aktivit zabírá 43% času celého nálezování.
2. Náležáři nemají předem definovaný proces toho, jak zjistit důležitá data o dílech a jejich životnost. Každý náležář má vlastní techniku zjištění a rozdíl mezi náležáři a jejich pomocnými tabulkami před začátkem nálezování může znamenat variabilitu procesu a neefektivitu některého náležáře před ostatními.
3. Náležář č.2 si přepisuje do svého excelového souboru všechna data o všech dílech ještě před tím, než zjistí, jaké díly budou vyřazeny a jaké budou ponechány. Na jednu stranu je to jednodušší pro dohledávání životnosti dílů při další generální opravě. Na druhou stranu ale náležář č.2 má nejvyšší čas na díl – v průměru na všechny části 16,5 minuty na jeden díl, což je o 3,5 minuty více než průměr celého času nálezování na díl.

6.3.2 Nastavení procesu

1. Jelikož se jednalo o první generální opravu, tak náležáři neztráceli čas s dohledáváním životnosti dílů. Při další generální opravě budou muset náležáři hledat životnost kolem 60% dílů, které byly u první generální opravy v motoru ponechány. Při následném dohledávání musíme také brát v úvahu větší pravděpodobnost na chyby.
2. Náležář č.2 si nejprve vytiskne všechny KTN a ihned po vytisknutí začne každý list papíru razítkovat. Následně když vypisuje všechny KTN po nálezování díla, stejně musí každý list

³⁸ CHRISTIAN, Joel. What is the probability of human error? Online. USA. Dostupné také z: <https://www.joelbchristian.com/error.html>.

papíru vzít do ruky a zkontrolovat. Tím pádem je předešlé razítkování všech listů zbytečně časově náročné. Navíc části nálezáře č.2 mají nejvyšší čas na díl.

3. Neexistence tabulky se skladovacími čísly dílů a v případě nenalezení skladové zásoby musí nálezář za technologií.
4. Listy KTN nejsou aktualizované a obsahují čísla dílů, které nesedí s použitými díly. V části Armatury jsou v KTN napsané díly, které na motoru ani nejsou namontované a nálezář musí následně napsat, že díly nebyly dodány.

6.3.3 Řízení procesu

1. Nemoc nálezáře uprostřed nálezování zapříčinila zastavení nálezování daného motoru a dalších v oblasti Statoru, Skříně pohonů a Reduktor, Ostatního vnějšího příslušenství a Přístrojů na 4 týdny kvůli nedostatečnému množství pracovníků v dané specializaci a chybějící zastupitelnosti.
2. Příliš mnoho částí pro nálezování připadá pouze na jednoho nálezáře. Nálezář č.1 má na starosti 17% dílů, který zaberou 19% času z celého nálezování. Nálezář č.2 má na starosti 38% dílů z celkového nálezování, které trvají 62% z celkového času. Nálezář č.3 má na starosti 45% dílů, které trvají ználezovat díky své jednoduchosti 23% času z celého nálezování.

NÁVRHOVÁ ČÁST

7 Návrhy na zlepšení a doporučení Společnosti

Každá část identifikovaných slabých stránek procesu je následně rozepsána do návrhu na zlepšení.

7.1 Digitalizace

Prvním návrhem na změnu ze současné manuální práce náležářů je částečně digitalizovat proces nálezování a jeho následné zpracování dat bez nutnosti zásahu designové organizace.

7.1.1 Cíle

Cílem digitalizace by bylo:

- Snížení celkových nákladů procesu o náklady spojené s tisknutím a následné náklady na mzdy zaměstnanců, kteří díky digitalizaci stráví kratší čas celkovým nálezováním o 20%.
- Zrychlení procesu nálezování minimálně o 10%.

7.1.2 Výhody

Zavedení zmíněného návrhu by znamenalo následující výhody:

- Zvýšení efektivity procesu v dlouhodobém horizontu zrychlením celkového času nálezování o minimálně 20% díky snížení času strávený podpůrnými aktivitami.
- V dlouhodobém čase snížením nákladů, které jsou spojené s fyzickým skladováním dokumentů a tím spojené náklady na místo, tisk papíru a papíru jako takového.
- Zrychlená analýza dat spojená s dohledáváním dílů a co se s nimi stalo a následná možnost vytvoření nových analýz, které kvůli papírové formě nebylo možné vytvořit.
- Rychlejší změna procesu pro všechny náležáře současně, v případě potřeby.
- Snížení chybovosti náležářů spojené s manuální činností

7.1.3 Nevýhody

Nevýhody řešení by mohly být následující:

- Počáteční neznalost procesujednotlivými pracovníky a tím spojená investice pro zaškolení zaměstnanců na nový software.
- Investice do softwaru jako takového.
- Obecný odpor zaměstnanců vůči změnám v procesu
- Závislost na elektronice a tím spojená kybernetická bezpečnost dat a náhled potenciálně nebezpečných osob.
- Zpomalení či zastavení celého procesu v momentě implementování softwaru, protože by náležáři nebyli ještě schopni v novém systému pracovat

7.1.4 Zdroje

Zdroje potřebné pro dané zlepšení jsou následující:

- Finanční

Mzda zaměstnanců zabývajících se implementací v pracovní době a cena za software. V případě využití odborníků na určený software, jednalo by se o cenu odborníků za výuku interních lidí s daným softwarem pracovat. Jestliže by se jednalo o navrhovaný Microsoft Access, pohybovala by se cena za software samotný na 4 099 Kč na osobu³⁹. Jestliže by firma zakoupila více licencí najednou, mohla by s firmou Microsoft jednat o slevě.

- Lidské

Externí odborníci na software, kteří by naučili určené interní zaměstnance se softwarem pracovat. Interní lidská síla potřebná k implementaci nového softwaru a následně pro školení ostatních zaměstnanců, jak se softwarem pracovat. V našem případě by mohl být jeden externí odborník, který naučí vše potřebné vybraného zaměstnance. Následně se na implementaci softwaru budou ale účastnit náležáři všech částí nálezování.

- Technologické

Doporučený software pro začátek je Microsoft Access, který je dobře dostupný.

- Materiální

Hardware, na kterém bude software fungovat, a další prostředky bez zvláštních investic.

7.2 Nastavení procesu

Pro vylepšení nastavení procesu by bylo vhodné vytvořit jednotný postup nálezování pro všechny náležáře, který dá náležářům minimální prostor pro kreativitu a tím zefektivní celý proces. Následné vytvoření a zavedení tabulky se skladovými čísly dílů, které budou moct náležáři použít. Pro rychlejší proces nálezování by bylo vhodné aktualizovat KTN, aby obsahovaly aktuální informace a náležáři nemuseli dohledávat a následně přepisovat ručně informace o dílech, které náležují.

7.2.1 Cíle

Cíle tohoto zlepšení jsou následující:

- Snížení času stráveném na podpůrných aktivitách o 5% na celkovém času nálezování
- Snížení času stráveném přepisováním dat v již předdefinovaných KTN a tím zrychlení procesu nálezování o minimálně hodinu z celkového času nálezování

³⁹Access, © 2023. Online. Microsoft. Dostupné také z: https://www.microsoft.com/cs-cz/microsoft-365/p/access/cfq7ttc0hhmx?source=googleshopping&ef_id=_k_EAlalQobChMI6be2kaDagAMVivp3Ch2K4g-AEAQYASABEgJW0_D_BwE_k_&OCID=AIDcmmuwqInv3o_SEM__k_EAlalQobChMI6be2kaDagAMVivp3Ch2K4g-AEAQYASABEgJW0_D_BwE_k_&gad=1&gclid=EAlalQobChMI6be2kaDagAMVivp3Ch2K4g-AEAQYASABEgJW0_D_BwE&activetab=pivot:p%C5%99ehledtab.

7.2.2 Výhody

Zavedení zmíněného návrhu by znamenalo následující výhody:

- Zlepšená efektivita procesu nálezování
- Urychlení času stráveného podpůrnými aktivitami
- Omezení kreativity ve smyslu, jak využít čas

7.2.3 Nevýhody

Nevýhody řešení by mohly být následující:

- Omezená kreativita může zapříčinit menší schopnost náležářů přicházet s inovativními řešeními, jak změnit postup nálezování
- Při vytvoření tabulky bude nutnost určit vlastníka, který bude data následně udržovat aktuální
- Odpor náležářů na změnu procesu, jelikož byli zvyklí proces dělat podle původního pracovního postupu

7.2.4 Zdroje

Zdroje potřebné pro dané zlepšení jsou následující:

- Finanční

Mzda zaměstnanců zabývajících se implementací zlepšení v pracovní době.

- Informační

Data se skladovými čísly dílů, ze kterých by měla být následně vytvořena tabulka a potřebná data k opravení KTN, které obsahují neaktuální informace o motoru.

- Lidské

Osoby zabývajících se vytvořením jednotného postupu, tabulky se skladovými čísly a aktualizováním KTN listů. V případě, že by všechny návrhy nebyly implementovány současně, mohlo by se jednat o jednoho interního zaměstnance, který by spolupracoval napříč firmou.

7.3 Řízení procesu

Pro vylepšení řízení procesu by bylo vhodné, aby management firmy vytvořil nové pracovní pozice v oddělení nálezování a po zaškolení pracovníků rozdělil práci mezi náležáře a zároveň vytvořil zastupitelnost náležářů.

7.3.1 Cíle

Cíle tohoto zlepšení jsou následující:

- Vytvoření zastupitelnosti pracovníků a tím zajištění kontinuity práce v případě nemoci či dovolené jednoho z pracovníků
- Tři nové posily do týmu do 6 měsíců

7.3.2 Výhody

Zavedení zmíněného návrhu by znamenalo následující výhody:

- Zajištění dostupnosti a správnosti dat, se kterými náležáři pracují na denní bázi
- Vytvořením nových pozic se zrychlí celý proces nálezování, jelikož na stejné části různých motorů může pracovat více lidí zároveň
- Zrychlení procesu nálezování díky většímu počtu zaměstnanců nalezujících více motorů v jeden okamžik

7.3.3 Nevýhody

Nevýhody řešení by mohly být následující:

- Nutnost přeorganizovat pracovní prostor v oddělení nálezování, jelikož bude po vytvoření nových pracovních míst potřeba vytvořit fyzicky místo pro nové nástupy
- Nutnost zaškolení nových zaměstnanců
- Možný odpor současných náležářů, jelikož jejich práce bude odvedena rychleji

7.3.4 Zdroje

Zdroje potřebné pro dané zlepšení jsou následující:

- Finanční

Mzda vedoucích zaměstnanců, kteří se budou zabývat problematikou změny procesu společně se mzdou všech náležářů, kterých by se změna týkala a pracovali by ve spolupráci s manažery. Při inzerování pozic firma investuje za prezentaci inzerátů na vybraných webových stránkách a v případě doporučení konkrétního pracovníka, který bude na pozici přijat, vyplatí po zkušební době odměnu za doporučení dané osobě. V případě použití externí firmy, se kterou společnost spolupracuje pro hledání nových pracovníků, by finanční zdroje zahrnovaly měsíční sazbu firmy.

- Lidské

Manažeři firmy, kteří se budou podílet ve strategické úrovni společně se všemi náležáři a budoucími novými nástupy (včetně externích firem zaobírajících se hledáním nových lidí), kteří budou strategická rozhodnutí manažerů následně implementovat.

8 Vyhodnocení návrhů pro zlepšení a doporučení Společnosti

Vyhodnocení nejlepšího návrhu pro zlepšení je závislé na potřebách Společnosti.

Největší výhodou digitalizace by mohlo být urychlení procesu nálezování a zmenšení chybovosti spojené s manuální prací náležářů. Na druhou stranu je digitalizace zprvu finančně náročná a při rychlém zavedení by mohla znamenat prodloužení či dokonce zastavení nálezování v provozu na takovou dobu, než náležáři zvládnou nový systém. I přes to, že tento návrh na zlepšení zahrnuje nejvíce potřebných zdrojů k implementaci, je dlouhodobá přidaná hodnota celého zlepšení větší než u ostatních navrhovaných návrhů na zlepšení.

Největší výhodou nového nastavení procesu je ta, že by byl vytvořen standardizovaný postup nálezování, který by vytvořil jednotnost procesu a přitom ho zrychlil. Na druhou stranu může takové omezení zmenšit kreativitu náležářů při hledání budoucí inovace procesu, což je ale za současného stavu ve zmíněné oblasti nežádoucí. Zdroje potřebné pro tento návrh na zlepšení jsou sice nejmenší, ale s tím souvisí i měřítko změny po implementaci. Složitost zavedení do již stávajícího procesu je nízká, díky čemu implementováním tohoto návrhu je doporučeno začít. Navíc by byla změna nastavení procesu dobrým začátkem pro celkové budoucí větší změny ve Společnosti.

Největší výhodou zavedení změn v řízení procesu je vytvoření zastupitelnosti zaměstnanců a tím zvýšení rychlosti celého nálezování, jelikož by zároveň mohlo nálezovat více pracovníků. Na druhou stranu je nutnost zaškolení nových zaměstnanců, což zabere čas těm stávajícím a pro plnou angažovanost nových pracovních sil je potřeba i čas. Jestliže by jedna z osob odešla během nebo po zaškolení, znamenalo by to restartování celého procesu a tím prodloužení angažovanosti a časové náročnosti pro již stávající náležáře. Jelikož se jedná o práci a strategické rozhodnutí vedoucích zaměstnanců, jsou zdroje potřebné k realizaci tohoto návrhu vyšší než u zlepšení nastavení procesu. Zároveň ale dané zlepšení přinese větší přínos pro firmu v dlouhodobém horizontu. Jelikož jsou investice a potřebné zdroje značně menší než u návrhu digitalizace, je změna řízení procesu doporučena před procesem digitalizace.

8.1 Vyhodnocení rizik

Možná rizika pro návrhy zmíněných v předešlých kapitolách jsou rozepsány v následující tabulce.

Pořadí	Riziko	Popis rizika	Pravděpodobnost	Dopad
1.	Odpor zaměstnanců	Odpor zaměstnanců vůči změnám, který může být způsoben nedostatečným informováním zaměstnanců o dění ve společnosti.	4	2
2.	Závislost na technologii	Problémy zapříčiněné možnými výpadky technologií.	2	4
3.	Ztráta dat	Ztráta částečných nebo všech dat .	1	5
4.	Změna firemní kultury	Změna firemní kultury zapříčiněná implementací zlepšení .	3	2
5.	Zbytečné zaškolení nových zaměstnanců	Ztráta času zaškolováním nových zaměstnanců, kteří následně dají výpověď společně s nízkou produktivitou firmy kvůli zaškolování zaměstnanců a nevěnování se plně procesu nálezování.	3	4
6.	Neúspěšná implementace softwaru	Neúspěšná implementace nového softwaru do procesu firmy.	2	3
7.	Nevhodný kandidát	Nemožnost najít vhodného kandidáta na pozici náležáře.	3	3
8.	Zastaralá technologie	Zastaralá technologie neobstaráním nejnovější dostupné verze.	4	3
9.	Ztráta lidského faktoru	Ztráta lidského faktoru a tím spojená schopnost kreativního řešení problémů kvůli nadměrné digitalizaci.	1	2
10.	Kybernetická bezpečnost	Kybernetické útoky spojené s digitalizací procesů firmy.	3	5

Tabulka 1 - Vyhodnocená rizika před opatřením; 1= nízká, 5= vysoká (Zdroj: Vlastní tvorba)

Již zmíněná rizika z Tabulky č. 1 byla následně vizuálně zobrazena v heat mapě, kde jsou rizika barevně odlišena dle jejich úrovně nebezpečí, čímž je následně snadněji určena jejich nutnost prioritizace.

Závažnost dopadu	5	3		10		
	4		2	5		
	3		6	7	8	
	2	9		4	1	
	1					
		1	2	3	4	5
		Pravděpodobnost				

	Zastavit
	Urgentní akce
	Akce
	Monitorování
	Bez akce

Obrázek 14 - Heat mapa rizik (Zdroj: Vlastní tvorba)

Pro vyjmenovaná rizika v tabulce č. 1 bylo vyhodnoceno, že následujících šest rizik je nutné cíleně řešit vytvořením opatření pro zmírnění jejich dopadu. Z šesti zmíněných rizik je jedno riziko (Kybernetická bezpečnost) kritické pro rychlé vyřešení managementem firmy. K řešení tohoto rizika přijalo vedení adekvátní kroky spojené s požadavky na zavedení standardu AS 13100, což bylo zmíněno v kapitole 4 této práce.

Pořadí	Riziko	Popis opatření	Pravděpodobnost	Dopad
1.	Odpor zaměstnanců	Je nezbytné spolupracovat se zaměstnanci, kterých se budou změny týkat a informovat je o budoucích krocích managementu nebo firmy.	3	2
2.	Závislost na technologii	Aplikace nástrojů systému řízení kontinuity činností s ostatními požadavky standardu AS 13100.	2	2
5.	Zbytečné zaškolení nových zaměstnanců	Vícekolové přijímací řízení k vyhledání dedikovaného kandidáta. K zaškolení nových zaměstnanců by firma mohla využít rozšířené reality, zmíněné v kapitole 4. Díky tomu by časově pomohla již stávajícím nálezářům, kteří by se nováčkům nemuseli natolik věnovat.	1	4
7.	Nevhodný kandidát	Úzká spolupráce s oddělením lidských zdrojů a doporučení stávajících zaměstnanců v jejich okruhu přátel.	2	3
8.	Zastaralá technologie	Každoročně přidat investice do nových verzí technologie do finančního plánu, případně řešit technologie formou operativního leasingu.	2	3
10.	Kybernetická bezpečnost	Zavedení systému řízení informační bezpečnosti do procesu firmy.	2	3

Tabulka 2 - Vyhodnocená rizika po opatření; 1= nízká, 5= vysoká (Zdroj: Vlastní tvorba)

Po implementaci navrhovaných opatření by všechna zmíněná rizika snížila svou důležitost na stav „Monitorování“ a následně by po zavedení opatření vypadala Heat mapa následovně.

Závažnost dopadu	5	3				
	4	5				
	3		6,7,8, 10			
	2	9	2	4,1		
	1					
		1	2	3	4	5
		Pravděpodobnost				

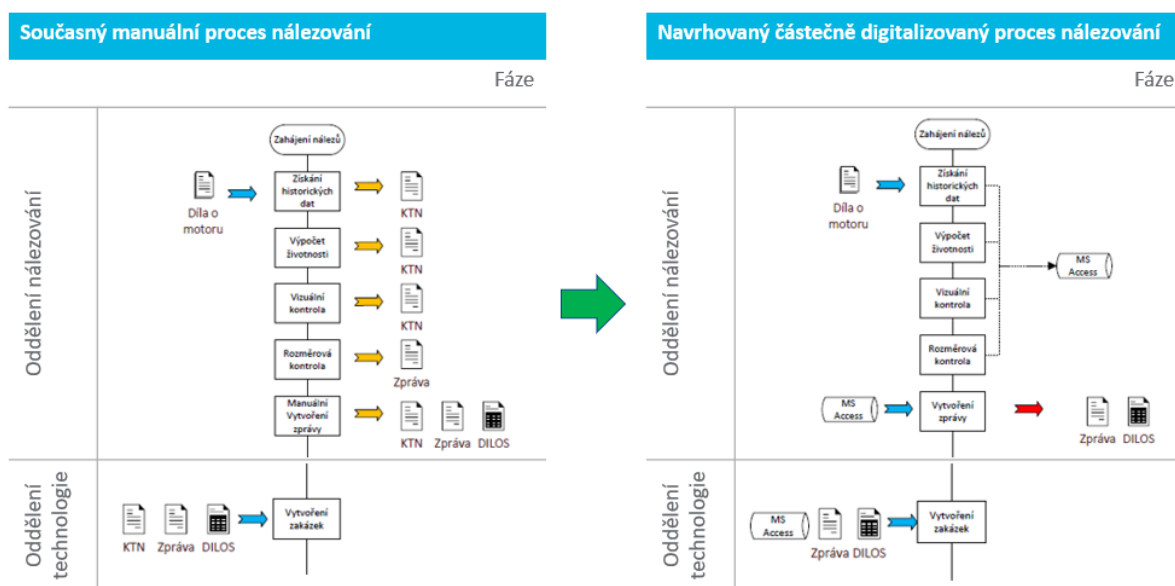
	Zastavit
	Urgentní akce
	Akce
	Monitorování
	Bez akce

Obrázek 15 - Heat mapa rizik po zavedení opatření (Zdroj: Vlastní tvorba)

9 Realizace inovace

Jelikož má firma malé množství zaměstnanců pracujících na oddělení nálezování, bylo by vhodné, z pohledu vedení, investovat čas k nalezení nových pracovních sil. Díky tomu by následně firma měla větší zastupitelnost a mohla být realizována částečná digitalizace procesu nálezování, která bude jak finančně tak časově náročnější. Po vytvoření zastupitelnosti na každé z částí nálezování by se jeden nálezář z každé části mohl plně věnovat procesu digitalizace a díky tomu by firma neměla nálezování jako slabý článek a nestály by všechny opravy na jedné osobě.

Proces částečné digitalizace procesu nálezování by měl být zpracován pomocí vytvoření nového softwaru, který umožní zpracovávat data a provádět analýzy potřebné pro rozhodování skrze celý proces. Software, který dokáže potřebné je již zmiňovaný Microsoft Access. Vytvoření systému by mohlo začít tím, že by jedna osoba pověřená vedením absolvovala školení na proces vytvoření databáze. Následně by do databáze přidala všechna důležitá data, jako jsou vzory listů KTN, zprávy a DILOS report. Po vytvoření vzorů by přišla na řadu změna všech dat do verze v určeném software a migrace daných dat. Následně by proces vypadal následovně v porovnání se současným procesem.



Obrázek 16 - Současný a budoucí proces nálezování (Zdroj: Vlastní tvorba)

10 Závěr

Primárním cílem této diplomové práce bylo vytvoření návrhu na zlepšení procesu nálezování ve firmě GE Aviation Czech s.r.o. Zmíněná firma se zaměřuje na design, výrobu a údržbu leteckých turbovrtulových motorů.

Cílem této práce bylo ověření a následné potvrzení či vyvrácení hypotéz ve znění:

H0: Nepředpokládá se, že manuální zpracování dat procesu nálezování ovlivňuje celkovou efektivitu procesu

H1: Proces nálezování je značně ovlivněn manuální činností nálezářů.

Pro přehledné strukturování této práce se jako nejlepší členění ukázalo rozdělení do tří hlavních celků. V první teoretické kapitole jsou popsány pojmy, znalosti, definice a rozpis příkladů oprav leteckých motorů nebo trendů s vyjádřenými riziky v oblasti letectví.

Druhá kapitola tvoří praktickou část diplomové práce, ve které jsou zprvu uvedeny informace o společnosti GE Aviation Czech s.r.o., od historie po stručně popsaný současný stav. Následně jsou vyjmenováni tři současně největší finální zákazníci s krátkým popisem jejich působnosti. Výstižně byly popsány certifikáty a oprávnění vlastněné firmou, které korespondují s hlavními činnostmi a procesy Společnosti. Následně byl detailně popsán současný proces nálezování na příkladu první generální opravy motoru H75-200 a shrnut ve formě grafů. Spojení výsledků všech částí nálezování je shrnuto v grafu vystihujícím to, co se s díly po nálezování stalo a grafy popisující čas strávený jak čistým nálezováním, tak podpůrnými aktivitami. Jelikož se jednalo o první generální opravu motoru, je tento čas brán jako základní čas nálezářů. V případě dalších generálních oprav budou mít pravděpodobně nálezáři delší čas strávený s dohledáváním dílů, což by prodloužilo celý proces.

Poslední kapitola tvoří návrhovou část této práce. Zhodnocením celého procesu byla následně vyvrácena hypotéza H0 a potvrzena hypotéza H1. Celkový proces nálezování je značně ovlivněn manuální činností nálezářů. Pouze podpůrné činnosti před a po fyzickém nálezování zaberou každému nálezáři v částech nálezování motoru s výjimkou Skříně pohonů a Reduktoru 90 minut. Následná doba nálezování je ovlivněna lidskou chybou ve vypisování KTN, kdy každá jedna chyba přidá až 10 minut práce navíc. Navíc, techniky nálezářů před procesem nálezování se liší a díky tomu můžou někteří nálezáři strávit více času nepotřebnými aktivitami. Tato slabá stránka by mohla být částečně vyřešena digitalizací procesu s pomocí například navrhovaného softwaru Microsoft Access, který by proces nálezování značně sjednotil, zjednodušil a odstranil možnou chybovost spojenou s fyzickým tisknutím, vyplňováním a následném skenování KTN.

Po manuální činnosti byly sledováním procesu identifikovány další slabé stránky procesu, které byly rozřazeny do skupiny nastavení procesu a řízení procesu. Jelikož nastavení procesu obsahuje vcelku jednoduché body k vyřešení přiřazeným personálem, bylo Společnosti doporučeno těmito návrhy na zlepšení začít. Řízení procesu musí být vyřešeno na strategické úrovni firmy. Zastupitelnost nálezářů a následné přeorganizování toho, jaký nálezář co nálezuje, by urychlila proces nálezování všech motorů potřebujících ználezovat.

Přidanou hodnotou mé diplomové práce pro firmu GE Aviation Czech s.r.o. je detailní mapování a zhodnocení komplexního procesu a jeho potenciální změna. Vzhledem k tomu, že jsem byla fyzicky součástí procesu nálezování v rámci generální opravy motoru, byla jsem schopna, jako víceméně nezávislý pozorovatel, vnést do tohoto procesu nové myšlenky, metody a doporučení, což mimo rozsah této práce vyvolalo diskuse o dalších potenciálně zlepšitelných bodech procesu. V průběhu procesu byla identifikována slabá místa, která nebyla před zahájením této diplomové práce známa. Tato slabá místa byla průběžně komunikována relevantnímu managementu firmy.

Vyhodnocením všech vytvořených návrhů pro zlepšení a doporučení Společnosti bylo připojeno vyhodnocení možných rizik s vizuálním vyjádřením jejich důležitosti. Pro vybraná rizika byla vytvořena možná opatření.

Závěrem práce je navrhovaná realizace možných popsaných inovací a vizuální představení toho, jak by proces po realizaci částečné digitalizace mohl fungovat.

Seznam použité literatury

Literatura:

- 1) *An introduction to predictive maintenance*, 2002. 2nd ed. Amsterdam: New York: Butterworth-Heinemann. ISBN 0-7506-7531-4.
- 2) WANT, Roy, 2006. *RFID Explained: A Primer on Radio Frequency Identification Technologies*. Morgan & Claypool Publishers. ISBN 1598291084.
- 3) Digitalization, AI in Aviation and the Human Factor, 2020. Online. S. 1-5. Dostupné z: <https://hermes.aero/wp-content/uploads/2020/05/R20-R.pdf>.
- 4) PROCHÁZKA, Karel, 2012. *Defektoskopie*. Online. Střední škola průmyslová a umělecká. Dostupné také z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/KOM_III/VY_52_INOVACE_J-05-32.pdf.
- 5) JANÁČEK, Matouš, 2016. *Rizika související s pozemním provozem na letištích a stanovení indikátorů*. Online, Diplomová práce. V Praze: České vysoké učení technické v Praze. Dostupné také z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64969/F6-DP-2016-Janacek-Matous-DPMJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- 6) CORALLO, Angelo; LAZIO, Mariangela a LEZZI, Marianna, 2020. Cybersecurity in the context of industry 4.0: A structured classification of critical assets and business impacts. Online. In: *Computers in Industry*. Volume 114. Lecce Italy. ISBN 103165. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361519304427>.
- 7) PECINOVSÝ, Miloslav, 2022 *Postup generální opravy motoru M601x v rámci organizace schválené dle Nařízení komise (EU) č.1321/2014 příloha II část 145*. Seminární práce. Praha: Panevropská univerzita.
- 8) PECINOVSÝ, Miloslav, 2023. *Synergie při naplňování požadavků EN 9100 a Části 21 nařízení Komise (EU) č. 748/2012 Hlava G*. Diplomová práce, vedoucí Jana Trnovská. Praha: Panevropská univerzita.
- 9) PECINOVSÝ, Miloslav, 2022. *Výroba leteckých motorů*. Seminární práce. Praha: Panevropská univerzita.

Internetové zdroje:

- 10) Access, © 2023. Online. Microsoft. Dostupné také z: https://www.microsoft.com/cs-cz/microsoft-365/p/access/cfq7ttc0hhmx?source=googleshopping&ef_id=_k_EAlalQobChMI6be2kaDagAMVivp3Ch2K4g-AEAQYASABEgJW0_D_BwE_k_&OCID=AIDcmmuwqInv3o_SEM__k_EAlalQobChMI6be2kaDagAMVivp3Ch2K4g-AEAQYASABEgJW0_D_BwE_k_&gad=1&gclid=EAlalQobChMI6be2kaDagAMVivp3Ch2K4g-AEAQYASABEgJW0_D_BwE&activetab=pivot:p%25C5%99ehledtab.
- 11) *AIR-TEC Named Authorized Service Center for GE's M601 and H80 Engines*, 2012. Online. EVENDALE: General Electric. Dostupné také z: <https://www.geaerospace.com/press-release/services/air-tec-named-authorized-service-center-ges-m601-and-h80-engines>.

- 12) *Airworthiness Directives*, © 2023. Online. European Union Aviation Safety Agency. Dostupné také z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/aircraft-products/airworthiness-directives-ad>.
- 13) *Aviation and aerospace industry*, © 2023. Online. USA: GE Additive. Dostupné také z: <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing/industries/aviation-aerospace>.
- 14) *BALOTINOVÁNÍ*, © 2015. Online. Povrchové úpravy dílů. Dostupné také z: <https://povrchoveupravydilu.cz/balotinovani/>.
- 15) *Co je rozšířená realita, neboli AR?*, © 2023. Online. Microsoft. Dostupné také z: <https://dynamics.microsoft.com/cs-cz/mixed-reality/guides/what-is-augmented-reality-ar/>.
- 16) KELLNER, Tomas, 2015. *Czech This Out: Like the Wright Flyer, GE's Turboprop Business Was Born in a Bike Shop*. Online. USA: General Electric. Dostupné také z: <https://www.ge.com/news/taxonomy/term/5582>.
- 17) *First GE H80-Powered Thrush 510G Aircraft Delivered to Beidahuang GA Company*, 2013. Online. AviationPros. Dostupné také z: <https://www.aviationpros.com/aircraft/business-general-aviation/press-release/11173080/ge-aviation-services-first-ge-h80powered-thrush-510g-aircraft-delivered-to-beidahuang-ga-company>.
- 18) *GE Aviation: dva nové turbovrtulové motory*, 2013. Online. Technický týdeník. Dostupné také z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/ge-aviation-dva-nove-turbovrtulove-motory_19973.html.
- 19) *GE Aviation Motory*, © 2016. Online. Dostupné také z: <https://www.geaviationturboprop.com/cz/motory>.
- 20) *GE Aviation představila své novinky na evropském leteckém veletrhu EBACE v Ženevě*, 2016. Online. Praha: General Electric. Dostupné také z: https://www.geaviationturboprop.com/cz/pro-media/tiskove-zpravy/detail/130_240-ge-aviation-predstavila-sve-novinky-na-evropskem-leteckem-veletrhu-ebace-v-zeneve.
- 21) *GE H85-powered L410NG premieres in Czech Republic*, 2015. Online. OSHKOSH: General Electric. Dostupné také z: <https://www.ge.com/news/press-releases/ge-h85-powered-l410ng-premieres-czech-republic>.
- 22) *Home*, © 2023. Online. AIR-TECM Global. Dostupné také z: <https://www.air-tecm.com/>.
- 23) *ISO 14001*, © 2023. Online. TÜV SÜD CZECH. Dostupné také z: <https://www.tuvsud.com/cs-cz/cinnosti/audity-a-certifikace-systemu/iso-14001-certifikace-systemu-environmentalniho-managementu>.
- 24) *Jedna, dvě, právě vzlétlo další letadlo poháněné motorem GE*, © 2016. Online. GE Aviation Czech. Dostupné také z: <https://www.geaviationturboprop.com/cz/spolecnost/o-nas>.
- 25) *Klasifikace metod detekce kapilárních vad*, 2022. Online. Hiddenshell.com. Dostupné také z: <https://hiddenshell.ru/cs/razlichayut-lyuminescentnyi-i-cvetnoi-metody-kapillyarnoi-defektoskopii/>.
- 26) KLOBERDANZ, Kristin, © 2023. *Looking Smart: Augmented Reality Is Seeing Real Results In Industry*. Online. General Electric. Dostupné také z: <https://www.ge.com/news/reports/looking-smart-augmented-reality-seeing-real-results-industry-today>.

- 27) *Role údržby v koncepci Průmysl 4.0 – 1. část*, 2020. Online. V Praze: Vše o průmyslu. Dostupné také z: <https://www.vseoprumsly.cz/udrzba-a-diagnostika/asset-management/role-udrzby-v-koncepci-prumysl-4-0-1-cast.html>.
- 28) *What is the definition of "Critical parts"?*, 2021. Online. European Union Aviation Safety Agency. Dostupné také z: <https://www.easa.europa.eu/en/faq/19013>.
- 29) CHRISTIAN, Joel. *What is the probability of human error?* Online. USA. Dostupné také z: <https://www.joelbchristian.com/error.html>.
- 30) *WHAT IS 3D PRINTING? - TECHNOLOGY DEFINITION AND TYPES*, © 2023. Online. Londýn: TWI. Dostupné také z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-3d-printing>.
- 31) *Workflow*, 2018. Online. ManagementMania. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/workflow>.

Ostatní zdroje:

- 32) AS 13100, *AESQ Quality Management System Requirements for Aero Engine Design and Production Organizations*, 2021. Warrendale: SAE International.
- 33) ČSN EN 9100, *Systémy managementu kvality - Požadavky pro organizace v letectví, kosmonautice a obraně*, 2018. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- 34) ČSN EN ISO 9000, *Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník*, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.
- 35) CERTIFIKAČNÍ SPECIFIKACE PRO VRTULE, 2006. In: . Evropská agentura pro bezpečnost letectví. Dostupné také z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2019/07/CS-P_konsolidovane_Amdt_1_CZ.pdf?cb=ff2e5b94f3f37d5a4942814b0600b31d.
- 36) *Engine Overhaul Manual: for the GE engines H75-100, H75-200, H80, H80-100, H80-200, H85-100, H85-200*, 2015. Rev.1. Praha: GE Aviation Czech.
- 37) Nařízení Komise (EU) č. 1321/2014 ze dne 26. listopadu 2014 o zachování letové způsobilosti letadel a leteckých výroků, letadlových částí a za řízení a schvalování organizací a personálu zapojených do těchto úkolů, 2014. In: . EUR-Lex [právní informační systém]: Úřad pro publikace Evropské unie. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu>.
- 38) Nařízení Komise (EU) č. 1321/2014 ze dne 26. listopadu 2014 o zachování letové způsobilosti letadel a leteckých výroků, letadlových částí a za řízení a schvalování organizací a personálu zapojených do těchto úkolů, 2014. In: . EUR-Lex [právní informační systém]: Úřad pro publikace Evropské unie. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu>.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Životní cyklus letecké techniky (Zdroj: Pecinovský, 2022).....	11
Obrázek 2 - Motor řady H (Zdroj: GE Aviation Motory, © 2016).....	22
Obrázek 3 - Hlavní hřídel (Zdroj: GE Aviation) Obrázek 4 - Zadní hřídel (Zdroj: GE Aviation)	22
Obrázek 5 - Disk GT (Zdroj: GE Aviation) Obrázek 6 - Disk VT (Zdroj: GE Aviation)	22
Obrázek 7 - Hřídel VT (Zdroj: GE Aviation) Obrázek 8 - Blisk 1. stupně (Zdroj: GE Aviation)	23
Obrázek 9 – Blisk 2. stupně (Zdroj: GE Aviation)	23
Obrázek 10 - Rozstřikovací kroužek (Zdroj: GE Aviation).....	23
Obrázek 11 - Radiální kolo (Zdroj: GE Aviation)	23
Obrázek 12 - Skříň radiálního kompresoru (Zdroj: GE Aviation)	23
Obrázek 13 - Vrtulová hřídel (Zdroj: GE Aviation).....	23
Obrázek 14 - Heat mapa rizik (Zdroj: Vlastní tvorba).....	54
Obrázek 15 - Heat mapa rizik po zavedení opatření (Zdroj: Vlastní tvorba).....	56
Obrázek 16 - Současný a budoucí proces nálezování (Zdroj: Vlastní tvorba)	57

Seznam grafů

Graf 1 - Rozřazení dílů po kontrole část Rotor (Zdroj: Vlastní tvorba).....	38
Graf 2 - Rozřazení dílů po kontrole část Stator (Zdroj: Vlastní tvorba).....	38
Graf 3 - Rozřazení dílů po kontrole část Skříň pohonů a Reduktor (Zdroj: Vlastní tvorba).....	39
Graf 4 - Rozřazení dílů po kontrole část Ostatní vnější příslušenství (Zdroj: Vlastní tvorba).....	39
Graf 5 - Rozřazení dílů po kontrole část Příklad (Zdroj: Vlastní tvorba)	40
Graf 6 - Rozřazení dílů po kontrole část Armatury (Zdroj: Vlastní tvorba)	40
Graf 7 - Rozřazení dílů po kontrole všech částí motoru (Zdroj: Vlastní tvorba).....	41
Graf 8 – Podíl jednotlivých částí motoru na celkovém čase nálezování (Zdroj: Vlastní tvorba)	42
Graf 9 - Distribuce jednotlivých dílů do částí motoru (Zdroj: Vlastní tvorba)	42
Graf 10 - Průměrný čas v minutách strávený nálezováním jednoho dílu v rámci dané části motoru (Zdroj: Vlastní tvorba)	43
Graf 11 - Čistý čas strávený nálezováním vs. čas strávený podpůrnými aktivitami (Zdroj: Vlastní tvorba).....	44
Graf 12 - Podíl celkového času straveném nálezováním a podpůrnými aktivitami (Zdroj: Vlastní tvorba).....	44

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vyhodnocená rizika před opatřením; 1= nízká, 5= vysoká (Zdroj: Vlastní tvorba).....	53
Tabulka 2 - Vyhodnocená rizika po opatření; 1= nízká, 5= vysoká (Zdroj: Vlastní tvorba)	55

