ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Manuela Urszula Łękawska

POROVNÁNÍ ÚDRŽBY VRTULNÍKU BELL 412 PODLE MANUÁLŮ PART A A PART B

Bakalářská práce

2018

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

K621..... **Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Manuela Urszula Łękawska

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – TUL – Technologie údržby letadel

Název tématu (česky): **Porovnání údržby vrtulníku Bell 412 podle manuálů Part A a Part B**

Název tématu (anglicky): Comparison of Helicopter Bell 412 Maintenance According Manual Part A and Part B

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Popis vrtulníku Bell 412
- Popis údržby podle manuálů Part A a Part B
- Popis jiných druhů údržby vrtulníku
- Porovnání jednotlivých druhů údržby
- Ekonomické aspekty provozu vrtulníku

ČVUT FD

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce

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

Seznam odborné literatury: Bell Helicopter. Maintenance manual, Chapter 5. 2015

NEŠTRÁK, D., J. PIĽA. Aerodynamika, konstrukce a systémy vrtulníků: studijní modul 12. Brno, 2006.

Vedoucí bakalářské práce: **Michal Ptáček**

Ing. David Hůlek

Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2017**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **27. srpna 2018**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L.S.

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

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Manuela Łękawska

Manuela Urszula Łękawska
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 20. října 2017

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji Michalovi Ptáčkovi za odborné vedení a za rady, které mi poskytoval při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Davidu Hůlkovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytoval po dobu mého závěrečného roku studia a při psaní bakalářské práce. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat své mamce, svému příteli a své spolužačce za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 22.08.2018 .....

podpis

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Porovnání údržby vrtulníku Bell 412 podle manuálů Part A s Part B“ je porovnání systému údržby s ohledem na intenzitu provozu. Cílem je také vyhodnotit, který druh údržby bude vhodnější pro dané využití vrtulníku. Tato práce byla zvolena na základě požadavku zkvalitnění poskytovaných služeb s možností doporučení systému údržby. V první kapitole je stručně popsaná historie společnosti Bell a ve druhé kapitole víceúčelový vrtulník Bell 412. Teoretická část bakalářské práce se zabývá všemi druhy prohlídek na tomto vrtulníku. V závěru jsou porovnány systémy údržby a jejich doporučení s ohledem na roční nálet a využití vrtulníku.

Abstract

The subject of the bachelor thesis „Comparison of Helicopter Bell 412 Maintenance According Manual Part A and Part B“ is the comparison of the maintenance system with regard to intensity of operation. The objective is also to evaluate which type of maintenance is more appropriate for a given helicopter use. This work was chosen based on a requirement for improvement of the provided services with the possibility of recommending a maintenance system. In the first chapter there is a brief description of Bell's history and in the second chapter the Bell 412 multipurpose helicopter. The theoretical part of the bachelor thesis deals with all kinds of inspections on this helicopter. In the end, the maintenance systems and their recommendations are compared with regard to the annual flight hours per year and helicopter utilization.

Klíčová slova

Bell 412, vrtulník, prohlídky, údržba podle Part A, údržba podle Part B

Key words

Bell 412, helicopter, inspection, maintenance Part A, maintenance Part B

Obsah

Úvod 7

1 Historie Bell 8

2 Bell 412 11

2.1 Technické specifikace: 12

2.2 Vlastnosti vrtulníku 12

3 Příručka pro údržbu 16

4 Part A 18

4.1 Denní prohlídka 18

4.2 100 hodinová / 12 měsíční prohlídka 19

4.3 1000 hodinová prohlídka 21

4.4 5000 hodinová / 5 letá prohlídka 22

5 Part B 23

5.1 25 hodinová / 30 denní prohlídka 23

5.2 300 hodinová / 12 měsíční prohlídka 25

5.3 600 hodinová / 12 měsíční prohlídka 26

5.4 5000 hodinová / 5 letá prohlídka 27

6 Speciální prohlídky 29

7 Podmíněné prohlídky 31

7.1 Po tvrdém přistání 31

7.2 Po nárazu listu nebo jiné překročení krouticího momentu rotujících částí 31

7.3 Při překročení otáček 32

7.4 Překročení krouticího momentu 32

7.5 Po zastavení nebo pulzování kompresoru 33

7.6 Po úderu bleskem 33

8 Plán generálních oprav komponentů 35

9 Porovnání údržby dle Part A a Part B 36

9.1 Vrtulník s náletem 100h ročně 50

9.2 Vrtulník s náletem 300h ročně 51

9.3 Vrtulník s náletem 600h ročně 52

9.4 Dotazník 53

Závěr 55

Seznam použitých zdrojů 57

Pomocná literatura 57

Seznam příloh 57

Příloha č.1 58

Úvod

Většinu s nás, když zaslechneme slovo letectví, napadnou převážně dopravní letadla. To ony létají přes oceány, přepravují pasažéry a náklad. Málokoho ovšem napadnou vrtulníky, díky nimž se například záchranáři dostanou na těžko dostupná místa pro pacienty, vojáci dopraví přímo do oblasti nepřítele a také obchodníci na důležité schůzky. A je to právě pravidelná údržba, jež je udržuje v letuschopném stavu, bez poruch a dělá z nich nejbezpečnější druh dopravy.

Každý typ vrtulníků má předepsané postupy údržby dané výrobcem. Těmto instrukcím se musí přizpůsobit provozovatelé a s ohledem na ně plánovat lety. Nabízí se otázka, zda si provozovatelé mohou vybrat, jak chtějí provádět údržbu. V jejich zájmu je, aby vrtulník co nejvíce létal a co nejméně času trávil na údržbě. Málokteré letadlo má možnost výběru systému údržby, jedním z nich je ale vrtulník Bell 412.

Vrtulník Bell 412 je víceúčelovým, dvoumotorovým letadlem americké výroby. Vznikl na základě vojenského, dvoulistého vrtulníku UH-1. Od roku 1978 bylo vyrobeno přes 870 kusů, které jsou provozovány v armádách, policiích, záchranných službách nebo u soukromých subjektů.

Jak bylo výše zmíněno, vrtulník Bell 412 dává provozovatelům možnost výběru systému údržby, a to dle Part A nebo Part B. Pro jaký typ systému údržby se rozhodnout, zda výběr souvisí s ročním náletem, nebo jen s druhem provozu, či kombinace obojího, na to se pokusí odpovědět tato bakalářská práce. Dalším cílem je také vypracovat doporučení pro potencionální provozovatele, který systém údržby bude pro ně vhodnější.

Aby bylo možné najít odpověď a dát doporučení pro provozovatele, budou na začátku probrány všechny druhy prohlídek, které se musí provést na vrtulníku během 20ti let provozu. Následně bude vypočteno, kolik času v každém roce provozu zabere daný druh údržby. Proběhne zároveň porovnání obou hlavních systémů údržby. Hlavním faktorem bude roční nálet, ale v úvahu bude také brán druh provozu. Výpočty budou zaměřeny na předem plánový provoz bez mimořádných událostí.

1 Historie Bell

Bell je americký výrobce helikoptér a konvertoplánů, založený v Buffalu v roce 1935 Lawrence D. Bellem jako Bell Aircraft Corporation s 56 zaměstnanci. V raných dobách se specializoval pouze na výrobu stíhacích letounů (XFM-1 Airacuda, P-39 Airacobra, P-59 Airacomet, P-63 Kingcobra). V roce 1941 nabídl vynálezci a studentovi filozofie Arthurovi M. Youngovi možnost vytvořit na základě jeho malého modelu prototyp ve skutečné velikosti. Během půl roku byl navržen a zkonstruován první vrtulník Bell, oficiálně označen jako Model 30 (obr.1). První let se uskutečnil 26. června 1943. První záchranná mise tímto vrtulníkem proběhla 5. ledna 1945, kdy se hlavní testovací pilot Bell Jack Woolams musel katapultovat ze stíhacího letounu P-59 Airacomet v okolí Lockport. [1]

Obrázek 1: Bell model 30 Ship 1A [2]

Na základě Modelu 30 vznikl vrtulník Bell Model 47 (obr.2), navržený opět převážně Arthurem M. Youngem. První let se uskutečnil 8. prosince 1945 a o 3 měsíce později, 8. března 1946, se stal prvním certifikovaným vrtulníkem na světě pro civilní použití

(CAA NC-1H). Bell Model 47B se ještě více přiblížil k představám Larryho D. Bella jako vrtulníku, který má vzhled jako automobil. Měl místo po 3 osoby a větší motor, což z tohoto modelu udělalo nejpopulárnější vrtulník své doby, jak v civilním, tak vojenském letectví. Do roku 1974 bylo vyrobeno více než 5600 kusů. [1]

Rekordy Modelu 47:

- 13. května 1949 – dosažení výšky 18550ft,
- 21. září 1950 – první přelet Alp,
- 17. září 1952 – nejdelší let vrtulníkem s pístovým motorem bez přistání, 1217 mil. [3]

Obrázek 2: Bell Model 47G-3B [2]

V padesátých letech Bell vyvinul rodinu lehkých dvoulistých jedno a dvoumotorových vrtulníků Bell 206. Nejpopulárnějším strojem byl Bell 206A (obr. 3), vojenské označení: OH-58, který vydláždil cestu vrtulníkovému průmyslu. První let Bell 206 se uskutečnil 10. ledna 1966. Bell 206L byl prvním vrtulníkem, který absolvoval cestu kolem světa (září 1982). [1]

Obrázek 3: Bell 206A [2]

Bell 204 byl vyvinut v roce 1955 jako odpověď na požadavek americké armády na víceúčelový vrtulník. Byl prvním vrtulníkem poháněným turbohřídelí. Bell 204 a Bell 205 s větším trupem, byly používány v různých oblastech, např. oprašování, transport nákladu a hašení požárů. Tyto dva modely byly základem pro výrobu dvoumotorového vrtulníku Bell 212. Přidáním dvou listů vznikl model Bell 412, jehož klíčovými vlastnostmi je spolehlivost a všestrannost. Od svého vzniku v roce 1979 létá vystaven extrémnímu počasí po celém světě, plní mise od hašení požáru, přes hlídání hranic, až po záchrannou službu. [1]

Ve spolupráci s americkou armádou Bell v roce 1955 zkonstruoval první tiltrotorový vrtulník Bell XV-3, který byl kombinací možnosti vertikálního startu a schopnosti visení, jaké má vrtulník, a s rychlostí a doletem letadla s pevným křídlem. Nejpopulárnějším vrtulníkem tohoto typu je Bell Boeing V-22 Osprey. První let se uskutečnil v roce 1989 a stále slouží v americké armádě. Nyní se se pracuje na vývoji nového tiltrotorového vrtulníku Bell V-280 Valor. [1]

V současné době Bell sídlí ve Fort Worth ve státě Texas, kde se vyrábí vojenské helikoptéry a konvertoplány. Výroba komerčních vrtulníků se nachází ve městě Mirabel v provincii Québec v Kanadě. [1]

2 Bell 412

Všechny informace v kapitole 2 i jejích podkapitolách jsou čerpány z brožury pro zákazníky. [4]

Bell 412 je víceúčelovým vrtulníkem vyráběným od roku 1979. Je součásti rodiny Huey, do které patří například: UH-1 – populární z války ve Vietnamu, AH-1 Cobra – bojový vrtulník, ale také civilní stroje jako dvoulistý Bell 212.

Po základní verzi Bell 412 následovaly další konfigurace:

- 412SP – „Special Performance“ s vyšší vzletovou hmotností a většími palivovými nádržemi,
- 412HP – „High Performance“ s výkonnějším motorem,
- 412EP – „Enhanced Performace“ s dvojitým digitálním automatickým systémem kontroly letu (DDAFCS),
- 412EPI – s elektronickou kontrolou motoru (FADEC) a glass cockpitem.

Následující informace jsou pro verzi Bell 412EPI (obr. 4)

Obrázek 4: Bell 412EPI [4]

2.1 Technické specifikace:

Hmotnost:

- Prázdná hmotnost: 3 207 kg,
- Užitečné zatížení: 2 191 kg,
- Maximální zatížení: 2 041 kg,
- Maximální celková hmotnost: 5 398 kg.

Rychlosti s maximální celkovou hmotností:

- Nepřekročitelná rychlost: 259 km/h,
- Maximální cestovní rychlost: 226 km/h,
- Dolet s konstantní rychlostí: 672 km.

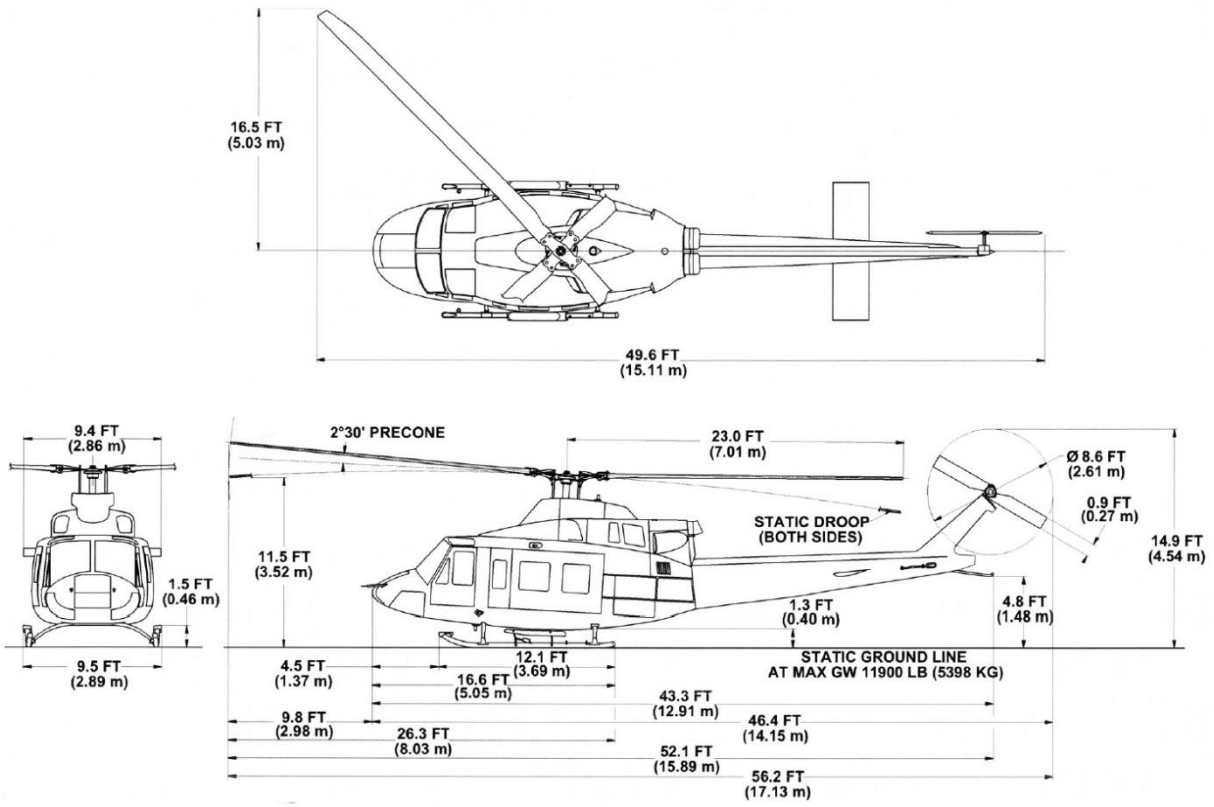
Jiné:

- Kapacita: pilot + 14 pasažérů,
- Objem palivových nádrží: 1 251 l,
- Objem přídavné nádrže: 123 l nebo 617 l,
- Objem kabiny: 6,2 m^3,
- Objem zadního zavazadlového prostoru: 0,8 m^3.

2.2 Vlastnosti vrtulníku

Bell 412EPI je vylepšenou verzí Bell 412EP a je vybaven elektronicky kontrolovaným motorem PT6T-9 a Bell BasiX-Pro™ glass cockpitem. Další výhodou tohoto vrtulníku je jeho snadné přizpůsobení požadavkům zákazníka, například zabudováním povětrnostního radaru, vyhledávacího radaru, protisrážkovým systémem TCAS nebo polohovým systémem ADS-B.

Rozměry vrtulníku se standardním nízkým podvozkem (obr. 5).



Obrázek 5: Rozměry vrtulníku. [4]

Bell 412EPI je vybaven automatickým systémem kontroly letu (AFCS), jenž umožňuje ovládání vrtulníku ve třech (podélná, příčná a směrová osa) nebo čtyřech osách (plus kolektivní osa), dle konfigurace. K vnitřnímu osvětlení a na palubní desku jsou použita vysoce spolehlivá LED světla. Ty jsou také v šesti vnějších navigačních světlech a dvou červených protisrážkových světlech. Vrtulník je vybaven systémem FastFin® (obr. 6), skládajícího se ze dvou modifikací, přetvořené svislé ocasní plochy a dvou paralelních pruhů podél ocasu. Tyto modifikace zlepšily manipulaci, stabilitu a zdvih. Ve standardním rozložení kabiny (obr. 7) je vrtulník schopen vzít na palubu dva piloty a až 13 pasažérů.

Obrázek 6: FastFin® systém. [4]

Obrázek 7: Standardní rozloženi kabiny. [4]

Možnosti využití:

- Energetika – Bell 412EPI se používá od staveb elektrických vedení po transport osob a zásob na ropné plošiny. Tato konfigurace obsahuje nouzové plováky, povětrnostní radar a na spodní straně trupu instalovaný světlomet.

- Parapublic – vrtulník může být vybaven zdvihákem pro využití v záchranných službách, hašení požáru nebo evakuaci.
- Firemní – obsahuje prostornou a pohodlnou kabinu.
- Letecká záchranná služba – na palubu se vejdou čtyři záchranáři a maximálně šest pacientů nebo dva v kritickém stavu.

3 Příručka pro údržbu

Všechny informace v kapitole 3 i jejích podkapitolách jsou čerpány z „Maintenance Manualu“. [5]

„Maintenance manual“ je příručka pro údržbu letadel publikována výrobcem, obsahuje všechny informace nezbytné pro údržbu. Je rozdělena na několik kapitol, ve kterých jsou popsané jednotlivé části stroje. Kapitola 5 se zabývá inspekcemi, které se musí provádět na vrtulníku během provozu. Inspekce se provádí po letových hodinách nebo měsících/letech, dle toho, co nastane dřív. Pro plánované inspekce je tolerance 10 %, ta ale nesmí překročit 100 hodin nebo 30 dnů.

Druhy inspekce:

- Plánované inspekce – musí nastat dle daných provozních intervalů, například počtem hodin, cyklů nebo kalendáře.
- Speciální inspekce – dočasné prohlídky, které nejsou zahrnuté do plánovaných inspekcí.
- Podmíněné inspekce – probíhají v případě, že nastane neobvyklá událost, například tvrdé přistání, úder bleskem nebo překročení dovolené rychlosti.

Pro speciální inspekce platí tabulka:

Tabulka 1: Navrhnutý čas pro provedení speciálních prohlídek. [5]

Čas v příručce	Navrhnutý čas
100 hodin	90 – 110 hodin
50 hodin	40 – 60 hodin
25 hodin	20 – 30 hodin
10 hodin	5 – 15 hodin

Na vrtulníku Bell 412 je možné provádět dva druhy údržby:

1) Part A, která obsahuje: denní, 100h / 12 měsíční, 1000 hodinové a 5000h / 5 leté prohlídky,
2) Part B, která obsahuje – 25h / 30 denní, 300h / 12 měsíční, 600h / 12 měsíční a 5000h / 5 leté prohlídky.

Pokud byla na vrtulníku prováděna údržba dle Part A, a chce-li provozovatel přejít na údržbu dle Part B, musí být provedena 1000 hodinová prohlídka dle Partu A, následně vrtulník může změnit plán údržby a začít vykonávat 25h / 30 denní prohlídky dle Part B. V opačném směru musí být provedena 600h prohlídku dle Part B a začíná se plán dle Part A od denních prohlídek.

Potvrzení o provedené údržbě může podepsat jen oprávněná osoba, která má licenci dle Part 66 a typový výcvik na daný vrtulník.

4 Part A

Všechny informace v kapitole 4 i jejích podkapitolách jsou čerpány z „Maintenance Manualu“. [5] V této kapitole budou detailně popsány denní, 100 hodinové / 12 měsíční, 1000 hodinové a 5000 hodinové / 5 leté prohlídky.

4.1 Denní prohlídka

Denní prohlídka se provádí před zahájením letu. Kontroluje se dokumentace vrtulníku, zda u některých komponentů nenastal čas na generální opravu.

Části, které podléhají denní prohlídce, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Vyhřívací systém
- Sedačky pilotů a pasažérů – mechanismus
- Vybavení – mapy, lékárničky, nouzové vybavení
- Palivo – znečištění
- Hydraulický systém – čerpadla, filtry, nádrže
- Servomechanismus řídící páky kolektivního a cyklického řízení
- Stěrače čelního skla
- Podvozek a ocasní ostruha – praskliny
- Dveře – nouzové otevírání
- Okna
- Vnější část trupu – poškození
- Spodní část trupu – únik kapaliny
- Kryty
- Pitotové trubice a snímače statického tlaku
- Uchycení ocasu k trupu
- Vnější část ocasu – poškození
- Zavazadlový prostor – dveře
- Listy nosného rotoru
- Hlava nosného rotoru – elastomerové části a těsnění
- Části řízení – táhla nastavení listů nosného rotoru a unášecí deska převodu řízení na listy rotoru vrtulníku

- Hnací hřídel
- Transmise – množství oleje, filtry
- Brzda nosného rotoru
- Systém chlazení oleje
- Vyrovnávací rotor – listy, táhla nastavení listů
- Sdružený reduktor – množství kapaliny
- Řídící části
- Pohonná jednotka – potrubí, kabeláž, množství oleje
- Protipožární přepážky – těsnění
- Vstupní a výstupní ústrojí motorů
- Palubní deska
- Magnetický kompas – kalibrace
- Elektrické vybavení v příďové části vrtulníku
- Přistávací, navigační a protisrážková světla
- Akumulátor
- Antény
- Avionické komponenty v trupu a ocasní části

4.2 100 hodinová / 12 měsíční prohlídka

Tato prohlídka musí proběhnout po 100 hodinách náletu nebo 12 měsících, dle toho, co nastane dřív. Součástí 100 hodinové / 12 měsíční prohlídky je provedení denní prohlídky. Zároveň se musí zkontrolovat dokumentace vrtulníku, zda není třeba vykonat speciální prohlídku, která není zahrnuta ve 100 hodinové prohlídce. Dále se musí zkontrolovat, jestli se některým komponentům nepřiblížil čas generální opravy. 100 hodinová prohlídka / 12 měsíční je detailnější než denní. Všechny inspekce jsou provedené jako vizuální prohlídky.

Části, které se musí zkontrolovat každých 100 hodin / 12 měsíců, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost.

- Celý ventilační systém, topení a potrubí – praskliny, správná funkčnost
- Bezpečnostní vybavení – data expirace a správná činnost
- Hasící přístroje – tlak v toleranci
- Snímač kouře v zavazadlovém prostoru

- Palivové potrubí – únik kapalin
- Potrubí hydraulického systému – únik kapaliny
- Přistávací zařízení
- Podvozek – kontrola dotažení
- Pilotní dveře a dveře pro pasažéry – funkčnost mechanismu a těsnění
- Upevňovací body ocasu k trupu
- Reduktor
- Drenážní trubky
- Lepené části trupu
- Vnitřní a vnější konstrukce ocasního nosníku
- Reduktor – kontrola dotažení
- Úzké plochy na boku ocasu
- Listy nosného rotoru – čistota, stav
- Hlava nosného rotoru – kontrola dotažení
- Části řízení – táhla nastavení listů nosného rotoru
- Omezovače svěsu listů nosného rotoru
- Unášecí deska převodu řízení na listy rotoru vrtulníku
- Hřídel nosného rotoru – únik kapalin
- Detektory třísek na reduktorech
- Hnací hřídel
- Servomechanismus řídící páky kolektivního a cyklického řízení
- Řízení vrtulníku
- Pohyb řídících prvků motorů
- Generátor
- Relé, sběrnice
- Prostor, kde je umístěn akumulátor

Části, které se musí zkontrolovat během každé třetí 100 hodinové prohlídky nebo každých 12 měsíců, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Mechanismus nouzového otevíraní dveří
- Příďovou část vrtulníku
- Dveře do zavazadlového prostoru
- Podélný nosník ocasu

- Unášecí deska – kontrola dotažení
- Olejové filtry
- Vyrovnávací motor – dynamické vyvážení
- Vyrovnávací motor – kontrola dotažení
- Servomechanismus řídicích pák – kontrola dotažení
- Aerodynamicky ovládané výškové kormidlo
- Detektory třísek na motorech
- Uhlíky spouštěcích generátorů
- Řídící prvky motoru – uchycení
- Systém nouzového elektrického připojení – provozní kontrola

Části, které se musí zkontrolovat během každé šesté 100 hodinové prohlídky nebo každých 12 měsíců, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Ofukovač skla proti mlžení
- Vyhřívací systém
- Přenosné hasící přístroje – správná váha
- Motorový hasící přístroj – kontrola funkčnosti
- Snímač kouře v zavazadlovém prostoru – kontrola funkčnosti
- Filtry hydraulické kapaliny
- Konstrukce trupu – okraje spojů
- Řídicí páky – tření a pohyb

Části, které se musí zkontrolovat každých 12 měsíců, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Kompasy – kalibrace
- Systém celkového a statického tlaku – drenážní potrubí, těsnost

4.3 1000 hodinová prohlídka

Před zahájením 1000 hodinové prohlídky se musí nejdříve provést 100 hodinová / 12 měsíční prohlídka. V 1000 hodinové prohlídce je požadovaná kontrola unášecí desky převodu řízení na listy rotoru vrtulníku, očistění a opětovné namazání ložisek na ní umístěných.

4.4 5000 hodinová / 5 letá prohlídka

Tato prohlídka je zaměřená na detailní vizuální kontrolu konstrukce vrtulníku s ohledem na poškození a koroze. Před zahájením prohlídky se musí demontovat následující části: všechny vnější kryty, interiér, akumulátor, elektrické a avionické komponenty, transmise nosného rotoru, střední převodovka a převodovka vyrovnávacího rotoru, ocas a podvozek. Součástí této prohlídky je též denní, 100 hodinová / 12 měsíční prohlídka a 1000 hodinová prohlídka. Probíhá inspekce nosníků, podélníků, konstrukce pod podlažními kryty, standardních a protipožárních přepážek a všech vnitřních prostor. Demontáž palivových nádržní není nutná, pokud nedošlo k úniku paliva nebo poškození. V případě těžko dostupných míst, kde nelze provést vizuální prohlídku, je nutné použít boroskopické nebo jiné zařízení. Po dokončení prohlídky se provádí motorová zkouška a kontrola úniku kapalin.

5 Part B

Všechny informace v kapitole 5 i jejích podkapitolách jsou čerpány z „Maintenance Manualu“. [5] V této kapitole budou detailně popsány 25 hodinové / 30 denní, 300 hodinové / 12 měsíční, 600 hodinové / 12 měsíční a 5000 hodinové / 5 leté prohlídky.

5.1 25 hodinová / 30 denní prohlídka

Kontroluje se dokumentace vrtulníku, zda u některých komponentů nenastal čas na generální opravu.

Trup – příďová část, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Snímače statického a celkového tlaku
- Příďová dvířka – těsnění, koroze
- Avionický a elektrický prostor – výskyt vody
- Akumulátor – ventilační a drenážní potrubí, každou čtvrtou prohlídku musí být proveden servis akumulátoru dle pokynů výrobce
- Avionické a elektrické komponenty
- Okna – průhlednost, poškození
- Stěrače čelního skla
- Antény
- Pilotní dveře

Trup – kabinová část, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost

- Konstrukce – poškození, koroze
- Spodní část trupu – úniky kapalin
- Palivo – znečištění
- Přistávací zařízení
- Antény
- Dveře pro pasažéry a dveře do zavazadlového prostoru
- Pilotní sedačky a sedačky pro pasažéry
- Přístrojová deska
- Magnetický kompas – kalibrace

- Avionické a elektrické komponenty
- Přistávací, navigační a protisrážkové osvětlení
- Systém ohřevu kabiny – každou čtvrtou prohlídku proběhne provozní kontrola
- Hasící přístroje
- Systém ohřevu a větrání kabiny – znečištění
- Vybavení – mapy, lékárničky, nouzové vybavení
- Transmise nosného rotoru – množství oleje a stav filtru
- Hydraulický systém – potrubí, ventily, filtry
- Servomechanismus řídící páky kolektivního a cyklického řízení

Trup – zadní, levá a pravá část, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Přístupové dveře
- Konstrukce
- Avionické a elektrické komponenty
- Topení a jeho části
- Systém chlazení oleje transmise – únik kapaliny, poškození
- Olejový systém motorů
- Motorový prostor – hasící přístroje
- Opěry motoru a reduktoru
- Motory – výstupní kanál, kabeláž
- Protipožární přepážky
- Kryty motorů

Trup – zadní část a připevnění ocasu,

Je předepsaná prohlídka upevňovacích bodů ocasu. Každou čtvrtou 25 hodinovou / 30 denní prohlídku je nutné použít lupu 10x zvětšující na kontrolu výskytu prasklin.

Ocasní část, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Konstrukce
- Přístupové dveře do zavazadlového prostoru
- Hnací hřídel a střední převodovka
- Výškové kormidlo

- Avionické komponenty
- Vnitřní struktura – každou čtvrtou 25 hodinovou / 30 denní prohlídku
- Kontrola dotažení matic držících střední převodovku a převodovku vyrovnávacího motoru
- Převodovky – množství a znečištění oleje
- Vyvážení vyrovnávacího motoru – každou čtvrtou 25 hodinovou / 30 denní prohlídku

Střecha kabiny, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Konstrukce a kryty
- Transmise – úniky kapaliny
- Brzda nosného rotoru
- Hydraulicky systém – čerpadla, nádrže
- Listy nosného rotoru – čistota, stav
- Hlava nosného rotoru
- Ovládací prvky nosného rotoru
- Unášecí deska převodu řízení na listy rotoru vrtulníku – každou čtvrtou 25 hodinovou / 30 denní prohlídku
- Hřídel nosného rotoru
- Hnací hřídel motor-transmise

5.2 300 hodinová / 12 měsíční prohlídka

Před začátkem prohlídky se musí demontovat všechny vnější kryty a po ukončení musí proběhnout motorová zkouška.

Trup – kabina, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Vnější a vnitřní konstrukce
- Drenážní potrubí
- Všechny prostory – koroze, výskyt vody
- Dveře a okna
- Nouzové otevírání pilotních dveří
- Servomechanismus řídící páky kolektivního a cyklického řízení
- Táhla kolektivního a cyklického řízení

- Transmise – kontrola dotažení, detektor třísek
- Přistávací zařízení – kontrola dotažení
- Spodní část trupu – únik kapalin

Trup – zadní, levá a pravá část, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Motory – detektory třísek
- Elektrické připojení motorů
- Startér generátor
- Kryt vstupního hrdla

Ocasní část, poznámkám za pomlčkou musí být věnována vetší pozornost:

- Vnější a vnitřní konstrukce – použití boroskopického zařízení
- Řízení vrtulníku
- Aerodynamicky ovládaná výšková kormidla
- Snímač kouře v zavazadlovém prostoru
- Kabelové svazky – poškození, upevnění
- Hnací hřídel vyrovnávacího rotoru
- Detektor třísek na reduktorech
- Vyrovnávací rotor – dynamické vyvážení
- Vyrovnávací rotor – kontrola dotažení

Střecha kabiny, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Konstrukce
- Listy nosného rotoru – kontrola povrchu
- Třmeny listů – kontrola dotažení
- Ovládací prvky nosného rotoru – kontrola dotažení
- Nouzové napájení

5.3 600 hodinová / 12 měsíční prohlídka

Před zahájením prohlídky se musí demontovat všechny vnější kryty a přístupové panely. Též probíhá kontrola dokumentace vrtulníku, zda jsou provedené všechny

speciální inspekce, servisní bulletiny a příkazy k zachovaní letové způsobilosti. Po ukončení 600 hodinové / 12 měsíční prohlídky musí proběhnout motorová zkouška.

Trup, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Nouzové vybavení
- Přenosné hasící přístroje – předepsaná váha
- Vyhřívací systém
- Přístroje – kompasy, systém celkového a statického tlaku
- Akumulátor – snímač teploty
- Řídicí páky – tření a pohyb
- Řízení vrtulníku
- Hydraulický systém – filtry kapaliny
- Pylon
- Relé, sběrnice
- Protipožární systém
- Unášecí deska převodu řízení listů rotoru – očistění a namazání
- Olejový, hydraulický a palivový systém – víčka a těsnící kroužky

Ocasní část, poznámkám za pomlčkou musí být věnována větší pozornost:

- Konstrukce – okraje spojů
- Úzké plochy na boku ocasu
- Snímač kouře v zavazadlovém prostoru – kontrola funkčnosti
- Aerodynamicky ovládaná výšková kormidla

5.4 5000 hodinová / 5 letá prohlídka

Tato prohlídka je zaměřená na detailní vizuální kontrolu konstrukce vrtulníku s ohledem na poškození a koroze. Před zahájením prohlídky se musí demontovat následující části: všechny kryty, interiér, akumulátor, elektrické a avionické vybavení, transmise nosného rotoru, střední převodovka a převodovka vyrovnávacího motoru, ocas a podvozek. Součástí této prohlídky je 25 hodinová / 30 denní, 300 hodinová / 12 měsíční prohlídka a 600 hodinová / 12 měsíční prohlídka. V přední části trupu se detailně kontrolují: příďové panely, dveře, podlaha pod pilotními dveřmi, systém řízení vrtulníku, konstrukce pod podlahovými panely, palivové nádrže, transmise, přepážky,

protipožární přepážky, všechny prostory, které nebyly zahrnuté v předchozích prohlídkách a střecha. V ocasní části probíhá prohlídka přepážek, všech krytů, kýlové plochy, podélných nosníků, vnějších a vnitřních krytů. V případě těžko dostupných míst, kdy nelze provést vizuální prohlídku, se musí použít boroskopické nebo jiné zařízení.

6 Speciální prohlídky

Všechny informace v kapitole 6 i jejích podkapitolách jsou čerpány z „Maintenance Manualu“. [5] V této kapitole budou detailně popsány speciální prohlídky.

1) Denní / 10 hodinová, dle toho co nastane dřív, až do 250 letových hodin – musí se demontovat vnitřní olejový filtr na transmisi a provést kontrola na přítomnost kovových částí. Každých 50 hodin probíhá vizuální kontrola všech 62 zubů na spirálním kuželovém ozubeném kole.
2) Mezi 1 a 5 letovou hodinou po instalaci hlavy nosného rotoru – kontrola utahovacích momentů šroubů upevňujících hlavu.
3) Mezi 5 a 10 letovou hodinu po každé instalaci – musí se zkontrolovat utahovací momenty upevňovacích šroubů a matic na hlavě, listech a převodovce vyrovnávacího motoru a na střední převodovce.
4) Každých 25 hodin pro další čtyři inspekce – kontrola závěsných ložisek na vyrovnávacím rotoru.
5) Každých 25 hodin provozu vyrovnávacího rotoru – střední část listu se kontroluje lupou 10x zvětšující, vnitřní a vnější část lupou 3x zvětšující. Dojde-li k nálezu prasklin, musí dojít k výměně listu.
6) 50 hodin po každé instalaci komponentů – kontrola utahovacích momentů na šroubech brzd rotoru a upevňovacích maticích.
7) 100 hodin po každé instalaci ocasu – kontrola utahovacích momentů šroubů upevňujících ocas do trupové části vrtulníku.
8) Každých 100 hodin provozu páky kolektivního řízení – s použitím silného světla a lupy 10x zvětšující provést kontrolu páky, pokud je podezření na praskliny, musí následovat kontrola kapilární metodou.
9) Každých 150 hodin provozu startér generátoru – kontrola uhlíků.
10) Každých 600 hodin nebo 12 měsíců provozu hnací hřídele vyrovnávacího rotoru – v této prohlídce se používá metoda nedestruktivního zkoušení, proběhne kontrola pružné spojky střední převodovky, převodovky a transmise vyrovnávacího motoru
11) Každých 600 hodin nebo 12 měsíců provozu hlavní hnací hřídele – vizuální kontrola pružných spojek, vyvážení hnací hřídele.
12) Každých 1000 hodin provozu komponentů – vizuální inspekce hydraulických akumulátorů a ventilátorů chladiče oleje.

13) Každých 12 měsíců provozu nebo 2500 přistání zadní části podvozku – prohlídka s využitím kapilární metody.
14) Každých 24 měsíců provozu šroubu řízení nosného rotoru – vizuální prohlídka šroubu, pokud doje k nálezu poškození, šroub se musí vyměnit.
15) Každých 24 měsíců provozu hřídele nosného rotoru – vizuální prohlídka hřídele, probíhá každých 24 měsíců, pokud je vrtulník provozovaný v nekorozivním prostředí; pokud je provozovaný v korozivním prostředí, doporučuje se inspekce každých 12 měsíců.
16) Každých 2500 hodin provozu soustavy hřídele nosného rotoru – vizuální kontrola táhla nastavení listů nosného rotoru, vrchní a spodní kónusový kroužek, všechny elastomerové ložiska, omezovače svěsu listů nosného rotoru.
17) Každých 2500 hodin provozu listů nosného rotoru - inspekce probíhá v souladu s normálními požadavky inspekce.
18) Každých 3000 hodin provozu hřídele nosného rotoru – příznaky přehřívaní na těsnění, hladký pohyb ložisek a kontrola snímače třísek.
19) Každých 2500 hodin provozu náhonového systému vyrovnávacího rotoru – vizuální kontrola hnací hřídele vyrovnávacího rotoru a laminované deskové spojky, vnější povrch a těsnění střední převodovky a převodovky vyrovnávacího rotoru. Kontrola hřídele, příruby a držáku.
20) Každých 3000 hodin provozu transmise – kontrola detektoru třísek, vnějšího povrchu, ozubených kol, přírub, ložisek a válečků, planetových kol.
21) 3600 hodin celkového času náletu a následně každých 300 hodin / 12 měsíců poté – kontrola hlavních částí nosníků s použitím lupy 3x zvětšující.

7 Podmíněné prohlídky

Všechny informace v kapitole 7 i jejích podkapitolách jsou čerpány z „Maintenance Manualu“. [5] V této kapitole budou detailně popsány inspekční postupy pro různé incidenty.

7.1 Po tvrdém přistání

Tvrdé přistání je definováno jako nehoda nebo událost, ve kterém vrtulník narazil do země, je zde riziko popraskání montážních ok na transmisi nebo významné poškození struktury pylonu, přistávacího zařízení nebo místa, kde je upevněný ocas. Pokud je podezření na tvrdé přistání, musí se zkontrolovat následující části:

- Listy nosného a vyrovnávacího rotoru na přítomnost nárazového poškození
- Dolní část trupu a ocasní části – kontakt se zemí
- Přistávací zařízení – výchylky od limitu.

Pokud událost nastala, je nutné provést následující postup:

- Demontáž a provedení generální opravy: soustava hřídele nosného rotoru, transmise a hlavní hnací hřídele
- Vizuální prohlídka listů a hlavy nosného a vyrovnávacího rotoru
- Kontrola krytů a dveří, zda jsou dobře nasazeny
- Prohlídka struktury pylonu s použitím lupy 10x zvětšující
- Kontrola všech opěr motorů, protipožárních přepážek, palivového, olejového a pneumatického systému.
- Detailní prohlídka místa, kde je připevněn ocas k trupu
- Kontrola motorů dle požadavků výrobce.

7.2 Po nárazu listu nebo jiné překročení krouticího momentu rotujících částí

Náraz listu může být definovaný jako kontakt listu nosného nebo vyrovnávacího rotoru se zemí, vodou, sněhem, hustou vegetaci nebo jiným objektem, který způsobil poškození listů. Při nárazu listů nemusí dojít k jejich zastavení. Náraz listu může být

také definován jako nárazové poškození náběžné hrany mimo dovolené tolerance, stlačení potahu hned za nosníkem není považováno jako náhlé zastavení, ale vyžaduje další inspekci; promáčkliny nebo roztržení potahu není považováno za náhlé zastavení, ale listy mohou vyžadovat opravu. Překročení krouticího momentu rotujících částí je definováno jako incident, jehož výsledkem je rychlé zpomalení hnacího systému. Tento případ většinou způsobí cizí předmět mezi zuby ozubených kol v některé z převodovek. Musí se provést následující úkoly:

- Vizuální prohlídka listů nosného rotoru
- Pokud na listech není poškození, které vyžaduje výměnu, musí se udělat detailní prohlídka hlavy nosného rotoru
- Pokud listy byly poškozeny v důsledku náhlého zastavení, provede se generální oprava hlavy nosného rotoru
- Pokud se objevilo nějaké poškození na transmisi, hnací hřídeli, hřídeli nosného rotoru, hlavě vyrovnávacího motoru, střední převodovce nebo převodovce vyrovnávacího rotoru, provede se generální oprava
- Motory je nutné zkontrolovat dle požadavků výrobce.

7.3 Při překročení otáček

Při překročení otáček, tzn. události, při které je překročeno 110% rpm nosného rotoru, nebo se překročí limity otáček na motoru, je nutné provést následující úkoly:

- Musí se důkladně prohlédnout hlava nosného rotoru
- Vizuální kontrola listů nosného a vyrovnávacího rotoru, pokud dojde k nálezu poškození, je nutné provést opravu
- Prohlídka hlavní transmise, střední převodovky a převodovky vyrovnávacího rotoru, hlavy nosného rotoru, hnací hřídele a hlavy vyrovnávacího rotoru a unášecí desky převodu řízení na listy rotoru. Pokud jsou bez poškození, je možné jejich další používán.

7.4 Překročení krouticího momentu

Překročení krouticího momentu je definováno jako událost, ve které torzní zatížení působilo na dynamický systém vrtulníku nad rámec stanovených limitů.

- Pokud zatížení překročilo 100%, netrvalo déle než 3 vteřiny a nepřekročilo 104%, není nutná žádná další údržba
- Pokud zatížení překročilo 100% po dobu delší než 3 vteřiny a nepřekročilo 104%, musí proběhnout vizuální prohlídka následujících části: listů a převodovky vyrovnávacího rotoru, hlavy nosného a vyrovnávacího rotoru, střední převodovky, hnací hřídele, unášecí desky a hlavní hřídele. Pokud jsou bez poškození, je možné jejich další používání.
- Pokud zatížení překročilo 104%, ale nepřesáhlo 112% - proběhne kontrola detektoru třísek a filtru na transmisi, v případě nálezu částic kovu se musí provést generální oprava transmise. Pokud nedojde k nálezu kovových částic, je možné dále provozovat vrtulník, ale mezi 3 a 10 letovou hodinou musí dojít k inspekci detektoru třísek. Pokud během této prohlídky nedojde k nálezu kovových částic, není třeba žádná dodatečná prohlídka, pokud k nálezu dojde, je nutné provést generální opravu transmise.
- Pokud zatížení překročilo 112%, provede se generální oprava následujících komponentů: transmise, hnací hřídele, hlavy a hřídele nosného rotoru.

7.5 Po zastavení nebo pulzování kompresoru

Zastavení nebo pulzovaní kompresoru se projevuje silnými vibracemi motoru a nárůstem teploty v turbíně. Intenzita příznaků se odvíjí od závažnosti pulzovaní. Musí dojít k prohlídce následujících částí:

- Vstupní část vzduchu do motoru, zda není ucpaný filtr vzduchu
- Kompresor na znečištění například prachem nebo olejem
- Lopatky kompresoru, jestli nedošlo k poškození cizím předmětem
- Kýlovou plochu na poškození potahu
- Ocasní část a hlavní pylon.

7.6 Po úderu bleskem

Po úderu bleskem proběhne detailní prohlídka vnější části celého vrtulníku. Pokud dojde k nálezu příznaků úderu, provedou se následující činnosti:

- Vizuální prohlídka listu nosného a vyrovnávacího rotoru
- Provede se generální oprava hlavy nosného rotoru

- Pokud je poškození na transmisi, převodovkách nebo hnací hřídeli, provede se generální oprava
- Proběhne provozní kontrola detektoru třísek
- Inspekce elektrických a avionických systémů.

8 Plán generálních oprav komponentů

Všechny informace v kapitole 8 i jejích podkapitolách jsou čerpány z „Maintenance Manualu“. [5]

Některé komponenty instalované na vrtulníku mají omezenou životnost, jež se nesmí překročit. Ta je většinou daná počtem letových hodin a je stanovena výrobcem komponentu. Některé díly použité na vojenských vrtulnících mají kratší životnost než u ostatních vrtulníků.

Tabulka 2: Životnost komponentů. [5]

Komponent	Počet letových hodin
Sestava unášecí desky	2500
Sestava páky kolektivního řízení	2500
Sestava hlavy nosného rotoru	Dle stavu
Sestava hlavy vyrovnávacího rotoru	2500
Listy nosného rotoru	Dle stavu
Sestava hnací hřídele	3000
Transmise	6000
Sestava reduktoru	5000
Sestava reduktoru vyrovnávacího rotoru	5000
Sestava hřídele hlavního rotoru	6000
Startér generátor	1000

9 Porovnání údržby dle Part A a Part B

Hlavním rozdílem mezi údržbou dle Part A a Part B jsou jiné časové intervaly mezi inspekcemi. Part A obsahuje prohlídky denní, prohlídky každých 100 hodin provozu nebo 12 měsíců, dle toho, co nastane dřív, každých 1000 hodin provozu a každých 5000 hodin provozu nebo 5 let, dle toho, co nastane dřív. V údržbě dle Part B se provádí následující prohlídky: každých 25 hodin provozu nebo 30 dnů, dle toho, co nastane dřív, každých 300 hodin provozu nebo 12 měsíců, dle toho, co nastane dřív, 600 hodin provozu nebo 12 měsíců, dle toho, co nastane dřív a 5000 hodin provozu nebo 5 let, dle toho, co nastane dřív. S různými časový intervaly prohlídek se liší jejich obsah. Denní inspekce dle Part A a 25 hodinové / 30 denní prohlídka dle Part B jsou všeobecné vizuální prohlídky, ty s většími intervaly jsou podrobnější. Při 5000 hodinové / 5 leté prohlídce dle Part A i Part B probíhá kontrola na stejné úrovni. Rozdíly nastávají pouze při kratších intervalech prohlídek. Speciální inspekce jsou stejné jak pro Part A, tak pro Part B.

Tabulka 3: Počet normohodin pro provedení prohlídek údržby dle Part A.

Part A – druh prohlídky	Pracovní normohodin
Denní prohlídka	5
100 h / 12 měsíční prohlídka	60
1000 hodinová prohlídka	70
5000 h / 5 letá prohlídka	480

Tabulka 4: Počet normohodin pro provedení prohlídek údržby dle Part B.

Part B – druh prohlídky	Pracovní normohodin
25 h / 30 denní prohlídka	16
300 h / 12 měsíční prohlídka	90
600 h / 12 měsíční prohlídka	190
5000 h / 5 letá prohlídka	480

Tabulka 5: Počet normohodin pro provedení speciálních prohlídek.

Speciální prohlídky	Pracovní normohodin
Denní / 10 hodinová, dle toho, co nastane dřív, až do 250 letových hodin	1
Mezi 1 a 5 letovou hodinou po instalaci hlavy nosného rotoru	3
Mezi 5 a 10 letovou hodinu po každé instalaci	5
Každých 25 hodin pro další čtyři inspekce	3
Každých 25 hodin provozu vyrovnávacího rotoru	3
50 hodin po každé instalaci komponentu	2

100 hodin po každé instalaci ocasu	2
Každých 100 hodin provozu páky kolektivního řízení	3
Každých 150 hodin provozu startér generátoru	8
Každých 600 hodin nebo 12 měsíců provozu hnací hřídele vyrovnávacího rotoru	10
Každých 600 hodin nebo 12 měsíců provozu hlavní hnací hřídele	10
Každých 1000 hodin provozu komponentů	14
Každých 12 měsíců provozu nebo 2500 přistání zadní části podvozku	21
Každých 24 měsíců provozu šroubu řízení hlavního rotoru	16
Každých 24 měsíců provozu hřídele hlavního rotoru	16
Každých 2500 hodin provozu soustavy hřídele hlavního rotoru	18
Každých 2500 hodin provozu listů hlavního rotoru	6
Každých 3000 hodin provozu hřídele hlavního rotoru	24
Každých 2500 hodin provozu náhonového systému vyrovnávacího rotoru	35
Každých 3000 hodin provozu transmise	24
3600 hodin celkového času náletu a následně každých 300 hodin / 12 měsíců poté	8

V tabulkách číslo 3, 4 a 5 jsou uvedené počty normohodin pro každý druh inspekce. Uvedená data jsou od finančního oddělení společnosti, která se zabývá údržbou vrtulníků Bell 412. Počet normohodin se může lišit v závislosti na servisních střediscích, normohodiny nejsou pevně dané výrobcem. Z tabulky normohodin lze vyčíst vysokou časovou náročnost prohlídek. Z počtu normohodin lze odvodit, že údržba dle Part A je výhodnější pro vrtulníky, které mají nálet kolem 100 – 200 hodin ročně a většinou se jedná o lety plánované či soukromé. Údržba dle Part B je naopak výhodnější pro nálety kolem 500 hodin ročně, například pro záchrannou službu. Tento předpoklad bude ověřen na modelu provozu vrtulníku po dobu 20 let, kde se výpočtem určí počet a typ inspekcí a poměr letových hodin k hodinám údržby za každý rok provozu. Žádoucí je, aby poměr mezi letovými hodinami a hodinami údržby byl co nejvyšší. Výpočty budou prováděny pro vrtulníky s nálety 100h, 300h a 600h ročně. Modelové situace:

- 100h ročně, 2h / denně: 50 letových dnů v roce, tedy přibližně 4 letové dny / 8 letových hodin v měsíci (Tab. 6)
- 300h ročně, 4h / denně: 75 letových dnů v roce, tedy přibližně 6 letových dnů / 25 letových hodin v měsíci (Tab. 7)
- 600h ročně, 6h / denně: 100 letových dnů v roce, tedy přibližně 8 letových dnů / 50 letových hodin v měsíci (Tab. 8)

Ve výpočtech nebudou brány v úvahu podmíněné inspekce, z důvodu, že není možné určit kdy a jaké se objeví.

Tabulka 6: Počet inspekcí pro vrtulník s náletem 100h ročně dle Part A a Part B během 20 let provozu.

Roky	Celkový nálet	Part A				Part B			
		Denní	100h / 12 měsíců	1000h	5000h / 5 let	25h / 30 dnů	300h/ 12 měsíců	600h / 12 měsíců	5000h / 5 let
1	100	50	1			12	1	1	
2	200	50	1			12	1	1	
3	300	50	1			12	1	1	
4	400	50	1			12	1	1	
5	500	50	1	1	1	12	1	1	1
6	600	50	1			12	1	1	
7	700	50	1			12	1	1	
8	800	50	1			12	1	1	
9	900	50	1			12	1	1	
10	1000	50	1	1	1	12	1	1	1
11	1100	50	1			12	1	1	
12	1200	50	1			12	1	1	
13	1300	50	1			12	1	1	
14	1400	50	1			12	1	1	
15	1500	50	1	1	1	12	1	1	1
16	1600	50	1			12	1	1	
17	1700	50	1			12	1	1	
18	1800	50	1			12	1	1	
19	1900	50	1			12	1	1	
20	2000	50	1	1	1	12	1	1	1
Součet	-	**1000**	**20**	**4**	**4**	**240**	**20**	**20**	**4**

Tabulka 7: Počet inspekcí pro vrtulník s náletem 300h ročně dle Part A a Part B během 20 let provozu.

Roky	Celkový nálet	Part A				Part B			
		Denní	100h / 12 měsíců	1000h	5000h / 5 let	25h / 30 dnů	300h / 12 měsíců	600h / 12 měsíců	5000h / 5 let
1	300	75	3			12	1	1	
2	600	75	3			12	1	1	
3	900	75	3			12	1	1	
4	1200	75	3	1		12	1	1	
5	1500	75	3	1	1	12	1	1	1
6	1800	75	3			12	1	1	
7	2100	75	3	1		12	1	1	
8	2400	75	3			12	1	1	
9	2700	75	3			12	1	1	
10	3000	75	3	1	1	12	1	1	1

11	3300	75	3			12	1	1	
12	3600	75	3			12	1	1	
13	3900	75	3			12	1	1	
14	4200	75	3	1		12	1	1	
15	4500	75	3	1	1	12	1	1	1
16	4800	75	3			12	1	1	
17	5100	75	3	1		12	1	1	
18	5400	75	3			12	1	1	
19	5700	75	3			12	1	1	
20	6000	75	3	1	1	12	1	1	1
Součet	-	**1500**	**60**	**8**	**4**	**240**	**20**	**20**	**4**

Tabulka 8: Počet inspekcí pro vrtulník s náletem 600h ročně dle Part A a Part B během 20 let provozu.

Roky	Celkový nálet	Part A				Part B			
		Denní	100h / 12 měsíců	1000h	5000h / 5 let	25h / 30 dnů	300h / 12 měsíců	600h / 12 měsíců	5000h / 5 let
1	600	100	6			24	2	1	
2	1200	100	6	1		24	2	1	
3	1800	100	6			24	2	1	
4	2400	100	6	1		24	2	1	
5	3000	100	6	1	1	24	2	1	1
6	3600	100	6			24	2	1	
7	4200	100	6	1		24	2	1	
8	4800	100	6			24	2	1	
9	5400	100	6	1		24	2	1	
10	6000	100	6	1	1	24	2	1	1
11	6600	100	6			24	2	1	
12	7200	100	6	1		24	2	1	
13	7800	100	6			24	2	1	
14	8400	100	6	1		24	2	1	
15	9000	100	6	1	1	24	2	1	1
16	9600	100	6			24	2	1	
17	10200	100	6	1		24	2	1	
18	10800	100	6			24	2	1	
19	11400	100	6	1		24	2	1	
20	12000	100	6	1	1	24	2	1	1
Součet	-	**2000**	**120**	**12**	**4**	**480**	**40**	**20**	**4**

V tabulkách číslo 6, 7 a 8 je výpočtem uveden počet a typ prohlídek během 20 let provozu. Je zřejmé, že čím kratší je časový interval prohlídek, tím roste jich počet. Toto platí i pro speciální prohlídky. (tab. 9, 10, 11).

V následujících tabulkách je výpočet množství speciálních prohlídek během 20 let provozu pro vrtulníky s nálety 100, 300 a 600 hodin ročně. Je použito následující označení prohlídek:

- **A** – Denní / 10 hodinová, dle toho co nastane dřív, až do 250 letových hodin
- **B** – Mezi 1 a 5 letovou hodinou po instalaci hlavy nosného rotoru
- **C** – Mezi 5 a 10 letovou hodinou po každé instalaci
- **D** – Každých 25 hodin pro další čtyři inspekce
- **E** – Každých 25 hodin provozu vyrovnávacího rotoru
- **F** – 50 hodin po každé instalaci komponentů
- **G** – 100 hodin po každé instalaci ocasu
- **H** – Každých 100 hodin provozu páky kolektivního řízení
- **I** – Každých 150 hodin provozu startér generátoru
- **J** – Každých 600 hodin nebo 12 měsíců provozu hnací hřídele vyrovnávacího rotoru
- **K** – Každých 600 hodin nebo 12 měsíců provozu hlavní hnací hřídele
- **L** – Každých 1000 hodin provozu komponentů
- **M** – Každých 12 měsíců provozu nebo 2500 přistání zadní části podvozku
- **N** – Každých 24 měsíců provozu šroubu řízení nosného rotoru
- **O** – Každých 24 měsíců provozu hřídele nosného rotoru
- **P** – Každých 2500 hodin provozu soustavy hřídele nosného rotoru
- **R** – Každých 2500 hodin provozu listů nosného rotoru
- **S** – Každých 3000 hodin provozu hřídele nosného rotoru
- **T** – Každých 2500 hodin provozu náhonového systému vyrovnávacího rotoru
- **U** – Každých 3000 hodin provozu transmise
- **V** – 3600 hodin celkového času náletu a následně každých 300 hodin / 12 měsíců poté

Tabulka 9: Množství speciálních prohlídek pro vrtulník s náletem 100h ročně během 20 let provozu.

Druh prohlídky \ Roky provozu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Součet
A	50	50	25																		**125**
B	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		**10**
C	1					1					1					1					**4**
D	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	**80**
E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	**80**
F	1					1					1					1					**4**
G	1					1					1					1					**4**
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
I		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1		1	**13**
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
L										1										1	**2**
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
N		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	**10**
O		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	**10**
P																					**0**
R																					**0**
S																					**0**
T																					**0**
U																					**0**
V																					**0**

Tabulka 10: Množství speciálních prohlídek pro vrtulník s náletem 300h ročně během 20 let provozu.

Druh prohlídky \ Roky provozu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Součet
A	63																				**63**
B	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		**10**
C	1					1					1					1					**4**
D	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	**80**
E	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	**240**
F	1					1					1					1					**4**
G	1					1					1					1					**4**
H	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	**60**
I	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	**40**
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
L				1			1			1				1			1			1	**6**
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
N		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	**10**
O		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	**10**
P									1												**1**
R									1												**1**
S										1											**1**
T									1												**1**
U										1											**1**
V												1	1	1	1	1	1	1	1	1	**9**

Tabulka 11: Množství speciálních prohlídek pro vrtulník s náletem 600h ročně během 20 let provozu.

Druh prohlídky \ Roky provozu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Součet
A	42																				**42**
B	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		**10**
C	1					1					1					1					**4**
D	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	**80**
E	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	**480**
F	1					1					1					1					**4**
G	1					1					1					1					**4**
H	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	**120**
I	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	**80**
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
L		1		1	1		1		1	1		1		1	1		1		1	1	**12**
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**20**
N		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	**10**
O		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	**10**
P					1								1								**2**
R					1								1								**2**
S					1								1								**2**
T					1								1								**2**
U					1								1								**2**
V						1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	**29**

U vrtulníku s náletem jen 100 hodin ročně za 20 let provozu nedojde k některým speciálním prohlídkám (Tab.9). Jsou to prohlídky, které mají interval 2500 a více letových hodin a vrtulník s náletem jen 100h ročně na tyto prohlídky dosáhne až po 25 letech provozu, například:

- Každých 2500 hodin provozu soustavy hřídele nosného rotoru
- Každých 2500 hodin provozu listů nosného rotoru
- Každých 3000 hodin provozu hřídele nosného rotoru
- Každých 2500 hodin provozu náhonového systému vyrovnávacího rotoru
- Každých 3000 hodin provozu transmise
- 3600 hodin celkového času náletu a následně každých 300 hodin / 12 měsíců poté.

V desátém a dvacátém roce provozu je nutné provést generální opravu startér generátorů. Může nastat generální oprava listů a hlavy nosného rotoru, není však možné určit přesný časový interval této opravy, nastává dle stavu komponentu. Veškeré modelové výpočty jsou pouze v teoretické rovině. V reálném provozu jsou vrtulníky vystavené různým druhům klimatu, vykonávají různé druhy prací, nebo mohou nastat události, které donutí provozovatele k provedení další prohlídek.

Počty speciálních prohlídek pro vrtulníky s náletem 300h jsou uvedeny v tabulce číslo 10. Je zřejmé, že během prvních 10 let provozu proběhnou všechny speciální prohlídky. V devátém roce vrtulník dosáhne 2500 letových hodin, v desátém 3000h a ve dvanáctém 3600h. Během 20 let provozu dojde na následující generální opravy:

- Čtvrtý rok provozu – startér generátory
- Sedmý rok provozu – startér generátory
- Devátý rok provozu – sestava unášecí desky, sestava páky kolektivního řízení, sestava vyrovnávacího rotoru
- Desátý rok provozu – startér generátor, sestava hnací hřídele
- Čtrnáctý rok provozu – startér generátory
- Sedmnáctý rok provozu – startér generátor, sestava unášecí desky, sestava páky kolektivního řízení, sestava vyrovnávacího rotoru, sestava reduktoru, sestava reduktoru vyrovnávacího rotoru

- Dvacátý rok provozu – startér generátor, sestava hnací hřídele, transmise, sestava hřídele nosného rotoru.

Může nastat generální oprava listů a hlavy nosného rotoru, není však možné určit přesný časový interval této opravy, nastává dle stavu komponentu.

U vrtulníků s náletem 600 hodin ročně se provede až 14 různých speciálních prohlídek během jednoho roku (tab. 11). Nejvyšší počet prohlídek, a to prohlídka každých 25 hodin provozu vyrovnávacího rotoru, proběhne až 24x ročně. Během 20 let provozu dojde na následující generální opravy:

- Druhý rok provozu – startér generátory
- Čtvrtý rok provozu – startér generátory
- Pátý rok provozu – startér generátory, sestava unášecí desky, sestava páky kolektivního řízení, sestava hlavy vyrovnávacího rotoru, sestava hnací hřídele
- Sedmý rok provozu – startér generátory
- Devátý rok provozu – startér generátory, sestava unášecí desky, sestava páky kolektivního řízení, sestava hlavy vyrovnávacího rotoru, sestava reduktoru, sestava reduktoru vyrovnávacího rotoru
- Desátý rok provozu – startér generátory, sestava hnací hřídele, transmise, sestava hřídele nosného rotoru
- Dvanáctý rok provozu – startér generátory
- Třináctý rok provozu – sestava unášecí desky, sestava páky kolektivního řízení, sestava hlavy vyrovnávacího rotoru
- Čtrnáctý rok provozu – startér generátory
- Patnáctý rok provozu – startér generátory, sestava hnací hřídele
- Sedmnáctý rok provozu – startér generátory, sestava unášecí desky, sestava páky kolektivního řízení, sestava hlavy vyrovnávacího rotoru, sestava reduktoru, sestava reduktoru vyrovnávacího rotoru
- Devatenáctý rok provozu – startér generátory
- Dvacátý rok provozu – startér generátory, sestava hnací hřídele, transmise, sestava hřídele nosného rotoru.

Z výše uvedeného lze vyčíst, že počet generálních oprav je skoro dvojnásobný oproti vrtulníku s náletem 300h ročně. Roste také počet generálních oprav listů a hlavy

nosného rotoru, zde ovšem nelze určit přesný počet a rok provozu, ve kterých nastanou, protože generální opravy jsou podmíněné stavem těchto komponentů.

S využitím tabulek obsahujících čas, který je potřeba na provedení prohlídky a množstvím prohlídek, lze vypočítat časový poměr mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě. Výsledky těchto výpočtů jsou uvedené v tabulkách 12, 13 a 14. Nejdůležitější parametry pro výběr typu údržby jsou uvedeny ve dvou posledních sloupcích. V posledním řádku je uveden výpočet ročního průměru poměru mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě, s plánem údržby dle Part A a dle Part B.

Tabulka 12: Podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě pro vrtulník s náletem 100h ročně.

Roky	Part A		Part B		Speciální prohlídky		Celkový podíl s Part A	Celkový podíl s Part B
	normohodiny	podíl	normohodiny	podíl	normohodiny	podíl		
1	310	0,3226	472	0,2119	130	0,7692	0,2273	0,1661
2	310	0,3226	472	0,2119	158	0,6329	0,2137	0,1587
3	310	0,3226	472	0,2119	104	0,9615	0,2415	0,1736
4	310	0,3226	472	0,2119	100	1,0000	0,2439	0,1748
5	860	0,1163	952	0,1050	79	1,2658	0,1065	0,0970
6	310	0,3226	472	0,2119	117	0,8547	0,2342	0,1698
7	310	0,3226	472	0,2119	71	1,4085	0,2625	0,1842
8	310	0,3226	472	0,2119	108	0,9259	0,2392	0,1724
9	310	0,3226	472	0,2119	79	1,2658	0,2571	0,1815
10	860	0,1163	952	0,1050	114	0,8772	0,1027	0,0938
11	310	0,3226	472	0,2119	88	1,1364	0,2513	0,1786
12	310	0,3226	472	0,2119	108	0,9259	0,2392	0,1724
13	310	0,3226	472	0,2119	71	1,4085	0,2625	0,1842
14	310	0,3226	472	0,2119	108	0,9259	0,2392	0,1724
15	860	0,1163	952	0,1050	79	1,2658	0,1065	0,0970
16	310	0,3226	472	0,2119	109	0,9174	0,2387	0,1721
17	310	0,3226	472	0,2119	79	1,2658	0,2571	0,1815
18	310	0,3226	472	0,2119	108	0,9259	0,2392	0,1724
19	310	0,3226	472	0,2119	71	1,4085	0,2625	0,1842
20	860	0,1163	952	0,1050	122	0,8197	0,1018	0,0931
Průměr	-	**0,2813**	-	**0,1905**	-	**1,0481**	**0,2163**	**0,1590**

Tabulka 13: Podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě pro vrtulník s náletem 300h ročně.

Roky	Part A		Part B		Speciální prohlídky		Celkový podíl s Part A	Celkový podíl s Part B
	normohodiny	podíl	normohodiny	podíl	normohodiny	podíl		
1	555	0,5405	472	0,6356	189	1,5873	0,4032	0,4539
2	555	0,5405	472	0,6356	146	2,0548	0,4280	0,4854
3	555	0,5405	472	0,6356	117	2,5641	0,4464	0,5093
4	625	0,4800	472	0,6356	160	1,8750	0,3822	0,4747
5	1105	0,2715	952	0,3151	117	2,5641	0,2455	0,2806
6	555	0,5405	472	0,6356	155	1,9355	0,4225	0,4785
7	625	0,4800	472	0,6356	131	2,2901	0,3968	0,4875
8	555	0,5405	472	0,6356	146	2,0548	0,4280	0,4854
9	555	0,5405	472	0,6356	176	1,7045	0,4104	0,4630
10	1105	0,2715	952	0,3151	208	1,4423	0,2285	0,2586
11	555	0,5405	472	0,6356	126	2,3810	0,4405	0,5017
12	555	0,5405	472	0,6356	154	1,9481	0,4231	0,4792
13	555	0,5405	472	0,6356	125	2,4000	0,4412	0,5025
14	625	0,4800	472	0,6356	168	1,7857	0,3783	0,4688
15	1105	0,2715	952	0,3151	125	2,4000	0,2439	0,2786
16	555	0,5405	472	0,6356	163	1,8405	0,4178	0,4724
17	625	0,4800	472	0,6356	139	2,1583	0,3927	0,4910
18	555	0,5405	472	0,6356	154	1,9481	0,4231	0,4792
19	555	0,5405	472	0,6356	125	2,4000	0,4412	0,5025
20	1105	0,2715	952	0,3151	168	1,7857	0,2357	0,2679
Průměr	-	**0,4746**	-	**0,5715**	-	**2,0560**	**0,3814**	**0,4415**

Tabulka 14: Podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě pro vrtulník s náletem 600h ročně.

Roky	Part A		Part B		Speciální prohlídky		Celkový podíl s Part A	Celkový podíl s Part B
	normohodiny	podíl	normohodiny	podíl	normohodiny	podíl		
1	860	0,6977	754	0,7958	229	2,6201	0,5510	0,6104
2	930	0,6452	754	0,7958	221	2,7149	0,5213	0,6154
3	860	0,6977	754	0,7958	178	3,3708	0,5780	0,6438
4	930	0,6452	754	0,7958	221	2,7149	0,5213	0,6154
5	1410	0,4255	1234	0,4862	299	2,0067	0,3511	0,3914
6	860	0,6977	754	0,7958	224	2,6786	0,5535	0,6135
7	930	0,6452	754	0,7958	208	2,8846	0,5272	0,6237
8	860	0,6977	754	0,7958	223	2,6906	0,5540	0,6141
9	930	0,6452	754	0,7958	208	2,8846	0,5272	0,6237
10	1410	0,4255	1234	0,4862	237	2,5316	0,3643	0,4079
11	860	0,6977	754	0,7958	203	2,9557	0,5644	0,6270
12	930	0,6452	754	0,7958	237	2,5316	0,5141	0,6054
13	860	0,6977	754	0,7958	301	1,9934	0,5168	0,5687
14	930	0,6452	754	0,7958	237	2,5316	0,5141	0,6054
15	1410	0,4255	1234	0,4862	208	2,8846	0,3708	0,4161
16	860	0,6977	754	0,7958	232	2,5862	0,5495	0,6085
17	930	0,6452	754	0,7958	208	2,8846	0,5272	0,6237
18	860	0,6977	754	0,7958	223	2,6906	0,5540	0,6141
19	930	0,6452	754	0,7958	208	2,8846	0,5272	0,6237
20	1410	0,4255	1234	0,4862	237	2,5316	0,3643	0,4073
Průměr	-	**0,6222**	-	**0,7338**	-	**2,6786**	**0,5026**	**0,5730**

9.1 Vrtulník s náletem 100h ročně

S ohledem na předpoklady: dvouhodinové lety, 50 letových dnů v roce, tedy přibližně 8 letových hodin měsíčně a předem naplánované lety, lze dojít se k závěrům, že:

- Během 20 let provozu bude provedeno:

  Part A:
  - 1000x denních prohlídek
  - 20x 100 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 4x 1000 hodinových prohlídek
  - 4x 5000 hodinových / 5 letých prohlídek

  Part B:
  - 240x 25 hodinových / 30 denních prohlídek
  - 20x 300 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 20x 600 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 4x 5000 hodinových / 5 letých prohlídek

  422 speciálních prohlídek
- Neproběhne žádná generální oprava
- Celkový podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě dle Part A je 0,2163
- Celkový podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě dle Part B je 0,1590

Z těchto informací vyplývá, že pro vrtulník s náletem 100 hodin ročně s předem naplánovanými lety je vhodnější údržba dle Part A. Pokud se bude uvažovat, že vrtulník létá například v záchranné službě, musí být denně připraven k letu. To nutí provozovatele každý den provádět denní prohlídku dle Part A, která trvá 5 hodin. To způsobí vetší počet denní prohlídek za rok, které vyrostou až na počet cca 300. Vrtulník je během větších prohlídek mimo provoz, takže není schopný létat 365 dní v roce. Pokud tedy vrtulník nemá plánované lety a musí být připraven každý den k provozu, je vhodnější plán údržby dle Part B, počet prohlídek zůstává stejný jako s předem plánovanými lety.

Zjištěný výsledek odpovídá teoretickému předpokladu, a to že pro vrtulník s náletem 100h ročně, je vhodnější údržba dle Part A. Po zhodnocení všech vlivů, jako je intenzita provozu a využití vrtulníku, je pro vrtulník s náletem 100h ročně vhodnější údržba dle Part A, pokud provoz je předem naplánován a údržba dle Part B je vhodnější, když vrtulník musí být každý den připraven k letu.

9.2 Vrtulník s náletem 300h ročně

S ohledem na předpoklady: čtyřhodinové lety, 75 letových dnů v roce, tedy přibližně 25 letových hodin měsíčně a předem naplánované lety, lze dojít se k závěrům, že:

- Během 20 let provozu bude provedeno:
  Part A:
  - 1500x denních prohlídek
  - 60x 100 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 8x 1000 hodinových prohlídek
  - 4x 5000 hodinových / 5 letých prohlídek

  Part B:
  - 240x 25 hodinových / 30 denních prohlídek
  - 20x 300 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 20x 600 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 4x 5000 hodinových / 5 letých prohlídek

  605 speciálních prohlídek
- Proběhne 18 generálních oprav
- Celkový podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě dle Part A je 0,3814
- Celkový podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě dle Part B je 0,4415

Z těchto informaci vyplývá, že pro vrtulník s náletem 300 hodin ročně s předem naplánovanými lety je údržba dle Part B vhodnější. Pokud se bude uvažovat, že vrtulník musí být každý den připraven k letu, nastává stejný případ jako pro vrtulník s předem naplánovanými lety, a je tedy vhodnější údržba dle Part B.

Zjištěný výsledek odpovídá teoretickému předpokladu, a to že pro vrtulník s náletem 300h ročně, je vhodnější údržba dle Part B. Po zhodnocení všech vlivů, jako je intenzita provozu a využití vrtulníku, je pro vrtulník s náletem 300h ročně vhodnější údržba dle Part B.

9.3 Vrtulník s náletem 600h ročně

S ohledem na předpoklady: šestihodinové lety, 100 letových dnů v roce, tedy přibližně 50 letových hodin měsíčně a předem naplánované lety, lze dojít se k závěrům, že:

- Během 20 let provozu bude provedeno:
  Part A:
  - 2000x denních prohlídek
  - 120x 100 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 12x 1000 hodinových prohlídek
  - 4x 5000 hodinových / 5 letých prohlídek

  Part B:
  - 480x 25 hodinových / 30 denních prohlídek
  - 40x 300 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 20x 600 hodinových / 12 měsíčních prohlídek
  - 4x 5000 hodinových / 5 letých prohlídek

  955 speciálních prohlídek
- Proběhne 36 generálních oprav
- Celkový podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě dle Part A je 0,5026
- Celkový podíl mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě dle Part B je 0,5730

Z těchto informaci vyplývá, že pro vrtulník s náletem 600 hodin ročně s předem naplánovanými lety je údržba dle Part B vhodnější. Ovšem takto vysoký roční nálet mají vrtulníky, které létají v záchranných službách, armádě nebo polici, což znamená, že musí být každý den připraveny k letu. Pokud se bude toto brát v úvahu, nastává stejný případ jako pro vrtulník s předem naplánovanými lety, a to že je vhodnější údržba dle Part B.

Zjištěný výsledek odpovídá teoretickému předpokladu, a to že pro vrtulník s náletem 600h ročně, je vhodnější údržba dle Part B. Po zhodnocení všech vlivů, jako je intenzita provozu a využití vrtulníku, je pro vrtulník s náletem 600h ročně vhodnější údržba dle Part B.

9.4 Dotazník

Pro ověření všech výpočtů byt zaslán dotazník (příloha č.1) téměř 70 pravděpodobným provozovatelům vrtulníku typu Bell 412. Dotazník byl vytvořen v programu Google Formuláře [6] a poslán v anglickém jazyce, poznámky pod otázkami Google automaticky překládá do jazyka, který má nastavený příjemce otevírající dotazník, v tomto případě do polštiny. Zpět byl obdržen vyplněný dotazník jen od 4 provozovatelů. Výsledky:

- 1. odpověď: provozují 4 vrtulníky (Tab. 15), provádí údržbu dle Part A, vrtulníky využívají jen pro letecké práce a hašení požárů, mají mezi 6 a 10 mechaniky, kteří provádějí denní, 100h / 12 měsíční, 1000h a 5000h / 5 leté prohlídky

Tabulka 15: Věk a nálet každého z vrtulníku.

	Věk vrtulníku	Roční nálet
1. vrtulník	20+	300-400
2. vrtulník	20+	150-200
3. vrtulník	20+	200-300
4. vrtulník	10-15	200-300

- 2. odpověď: provozují 8 vrtulníků (Tab. 16), provádí údržbu dle Part B, vrtulníky využívají pro záchrannou službu a armádu, mají více než 10 mechaniků, kteří provádějí 25h / 30 denní, 300h / 12 měsíční, 600h / 12 měsíční 5000h / 5 leté prohlídky

Tabulka 116: Věk a nálet každého z vrtulníku.

	Věk vrtulníku	Roční nálet
1. vrtulník	20+	100-150
2. vrtulník	20+	100-150
3. vrtulník	20+	100-150
4. vrtulník	20+	100-150
5. vrtulník	20+	100-150
6. vrtulník	20+	100-150
7. vrtulník	20+	100-150
8. vrtulník	20+	100-150

- 3. odpověď: provozují 6 vrtulníků (Tab. 17), provádí údržbu dle Part B, vrtulníky využívají pro záchrannou službu, policii, evakuaci, hašení požáru a transport orgánů, mají více než 10 mechaniků, kteří provádějí 25h / 30 denní, 300h / 12 měsíční, 600h / 12 měsíční 5000h / 5 leté prohlídky

Tabulka 17: Věk a nálet každého z vrtulníku.

	Věk vrtulníku	Roční nálet
1. vrtulník	20+	50-100
2. vrtulník	20+	100-150
3. vrtulník	15-20	200-300
4. vrtulník	10-15	200-300
5. vrtulník	5-10	200-300
6. vrtulník	2-5	100-150

- 4. odpověď: provozují pouze 1 vrtulník, starší než 20 let a s náletem 200-300 hodin ročně, provádí údržbu dle Part B, vrtulník využívají pro polici, mají mezi 6 a 10 mechaniky, kteří provádějí pouze 25h / 30 denní prohlídku

Ze všech obdržených odpovědí je zřejmé, že způsob využití vrtulníků nutí provozovatele, aby byly každý den připravené k letu. 3 ze 4 provozovatelů provádí údržbu dle Part B. Ovšem počet odpovědi byl natolik nízký, že výsledky jen naznačují platnost hypotézy uvedené na začátku 9té kapitoly.

Závěr

Cílem této práce je srovnaní systémů údržby pro vrtulník Bell 412 a vyhodnocení, který systém je vhodnější s ohledem na intenzitu provozu a využití vrtulníku. Na tomto typu vrtulníku je možnost provádět dva druhy údržby, a to dle Part A a dle Part B. Prohlídky se liší pouze časovým intervalem a obsahem inspekcí.

Vyhodnocení, který druh údržby je vhodnější se provádělo na 3 modelových situacích:

- Vrtulník s náletem 100h ročně
- Vrtulník s náletem 300h ročně
- Vrtulník s náletem 600h ročně

V teoretické části byly popsány všechny prohlídky dle Part A: denní, 100 hodinové / 12 měsíční, 1000 hodinové a 5000 hodinové / 5 leté, dle Part B: 25 hodinové / 30 denní, 300 hodinové / 12 měsíční, 600 hodinové / 12 měsíční a 5000 hodinové / 5 leté, a dále speciální a podmíněné prohlídky.

V praktické části byl pro 3 modelové situace vypočten počet prohlídek pro Part A a Part B během 20 let provozu. Počet speciálních prohlídek, které se provedou během 20 let provozu byl identický jak pro údržbu dle Part A tak po údržbu dle Part B. Na základě těchto informací bylo vypočteno, kolik času v roce zabere daný druh údržby. Následně byl vykalkulovaný průměr celkového podílu mezi provozními hodinami a hodinami na údržbě během 20 let. Na základě těchto informaci bylo vyhodnoceno, který druh údržby je vhodnější s ohledem na intenzitu provoz. Došlo se k následujícím závěrům:

- Vrtulník s náletem 100 hodin ročně:
  Pro provoz s předem plánovanými lety je vhodnější údržba dle Part A, pokud vrtulník musí být připraven každý den k letu, je vhodnější údržba dle Part B
- Vrtulník s náletem 300 hodin ročně:
  Pokud jsou základem provozu plánované lety, údržba dle Part B je vhodnější než údržba dle Part A, stejný případ nastává, když vrtulník musí být každý den připraven k letu.

- Vrtulník s náletem 600 hodin ročně:
  Pokud jsou základem provozu plánované lety, údržba dle Part B je vhodnější než údržba dle Part A. Pokud vezmeme v úvahu, že vrtulník musí být připraven každý den k letu, údržba dle Part B je stále vhodnější než údržba dle Part A.

S ohledem na tyto 3 modelové situace vyplývá, že údržba dle Part A je vhodnější pro pravidelné a předem plánované lety u vrtulníku s náletem 100h ročně, což jsou většinou soukromí provozovatelé. Údržba dle Part B je vhodnější pro ty provozovatele, kde vrtulník musí být každý den připraven k letu a nálet je vetší než 300h ročně, většinou je to armáda, police či záchranná služba. Pokud vrtulník leta kolem 200-250h ročně, dva druhy údržby jsou stejné vhodné, provozovatel se musí rozhodnout s ohledem na možností údržby.

Zjištěný výsledek odpovídá teoretickému předpokladu, a to že údržba dle Part A je výhodnější pro vrtulníky, které mají nálet kolem 100 – 200 hodin ročně a údržba dle Part B je naopak výhodnější pro nálety vyšší než 500 hodin ročně, což dle výpočtů kleslo už na 300 hodin ročně.

Získané informace jsou přehledně shrnuty v tabulce (tab. 18), která může být vodítkem příštím provozovatelům Bell 412 k rozhodnutí, jaký typ systému údržbu zvolit.

Tabulka 18: Doporučeni druhu údržby.

Předpokládaný roční nálet	Druh provozu	Doporučeny druh údržby
100h	S předem naplánovanými lety	Part A
	Každý den připraven k letu	Part B
300h	S předem naplánovanými lety	Part B
	Každý den připraven k letu	Part B
600h	S předem naplánovanými lety	Part B
	Každý den připraven k letu	Part B

Seznam použitých zdrojů

[1] Bell [online]. [cit. 2018-07-15]. Dostupné z: http://www.bellflight.com/

[2] Bell Aircraft Museum [online]. [cit. 2018-07-15]. Dostupné z: http://bellaircraftmuseum.org/

[3] Military factory [online]. [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=1138

[4] Bell. Specification Bell 412EPI. [s.l.]: Bell Textron Inc, ©2018

[5] Bell Helicopter. Maintenance Manual, Chapter 5, 2015

[6] Google Formuláře [online]. [cit. 2018-07-23]. Dostupné z: https://www.google.com/intl/cz/forms/about/

Pomocná literatura

Helicopter Maintenance Magazin [online]. [cit. 2018-07-22]. Dostupné z: http://www.helicoptermaintenancemagazine.com/

NEŠTRÁK, Dušan a Ján PIĽA. Aerodynamika, konstrukce a systémy vrtulníků: studijní modul 12. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty pro teoretickou přípravu techniků údržby letadel dle nařízení komise (ES) 2042/2003 Part 66. ISBN 80-7204-484-2.

ŘÁDA, Ivan. Anglicko-český letecký slovník: English-Czech aviation dictionary. Praha: Leda, 2001. ISBN 80-85927-92-6.

Seznam příloh

1. Dotazník

Příloha č.1

Bell 412 maintenance

I am Manuela Łękawska. I work in Bell Helicpoter Prague as aircraft technician. This year I am finishing my bachelor's degree and I am writing thesis about comparison of helicopter Bell 412 maintenance according to manual Part A and Part B The questionnaire is anonymous, it will take you only few minutes and it will help me a lot. Thank you very much for your help. If you have any questions please do not hesitate to contact me: mlekawska@bellflight.com
If you have more than 10 helipoters, please, fill more questionnaires.

*Wymagane

1. **How many Bell 412 helicopters do you have?** *
   Zaznacz tylko jedną odpowiedź.

   - 1
   - 2
   - 3
   - 4
   - 5
   - 6-10
   - 10+

2. **How old is each helicopter?**
   Zaznacz wszystkie właściwe odpowiedzi.

	0-2 years	2-5 years	5-10 years	10-15 years	15-20 years	20+ years
1st helicopter						
2nd helicopter						
3rd helicopter						
4th helicopter						
5th helicopter						
6th helicopter						
7th helicopter						
8th helicopter						
9th helicopter						
10th helicopter						

3. **For what purpose do you use them? If other, please write it in "other".** *
   Zaznacz wszystkie właściwe odpowiedzi.

   - [ ] Police
   - [ ] Army
   - [ ] Rescue
   - [ ] Privat flights
   - [ ] Inne: _____

4. **How many hours does every helicopter fly per year?**
Zaznacz wszystkie właściwe odpowiedzi.

	0-50h	50-100h	100-150h	150-200h	200-300h	300-400h	400+h
1st helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2nd helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3rd helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
6th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
9th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
10th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

5. **Which maintenance plan do you do?** *
Zaznacz tylko jedną odpowiedź.

- ◯ Part A
- ◯ Part B

6. **Do you have your own aircraft technician?** *
Zaznacz tylko jedną odpowiedź.

- ◯ Yes
- ◯ No

7. **How many aircraft technician do you have?**
Zaznacz tylko jedną odpowiedź.

- ◯ 1
- ◯ 2-3
- ◯ 4-6
- ◯ 6-10
- ◯ 10+

8. **Which inspections do you do on your own? Part A**
Zaznacz wszystkie właściwe odpowiedzi.

- ☐ daily
- ☐ 100h/12month
- ☐ 1000h
- ☐ 5000h

9. **Which inspections do you do on your own? Part B**
Zaznacz wszystkie właściwe odpowiedzi.

- ☐ 25h/30days
- ☐ 300h/12month
- ☐ 600h/12month
- ☐ 5000h/5years

10. **How much does the maintenance per year cost for one helicopter?**
Zaznacz wszystkie właściwe odpowiedzi.

	0-15000€	15000-25000€	25000-50000€	50000-75000€	75000-100000€	100000+€
1st helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2nd helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3rd helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
6th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
9th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐
10th helicopter	☐	☐	☐	☐	☐	☐

11. **Did you have to do any special inspections? If yes, please write it in "other".**
Zaznacz wszystkie właściwe odpowiedzi.

- ☐ Yes
- ☐ No
- ☐ Inne: _____

12. **How much did it cost?**
Zaznacz tylko jedną odpowiedź.

- ◯ 0-10000€
- ◯ 10000-25000€
- ◯ 25000-50000€
- ◯ 50000-100000€
- ◯ 100000-200000€
- ◯ 200000+€

13. **Did you have to do any conditional inspection?**
Zaznacz wszystkie właściwe odpowiedzi.

	hard landing	overspeed	overtorque	blade strike	compressor stall or surge	lighting strike	engine combining gearbox clutch
Yes	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
No	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

14. **How much did it cost?**
Zaznacz tylko jedną odpowiedź.

- ◯ 0-10000€
- ◯ 10000-25000€
- ◯ 25000-50000€
- ◯ 50000-100000€
- ◯ 100000-200000€
- ◯ 200000+€

15. **Did you have to do any other inspection which is not in the maintenance manual? If yes, please write it in "other".**
Zaznacz tylko jedną odpowiedź.

- Yes
- No
- Inne: _____

16. **If you don't have your own aircraft technician, how far do you have to fly for maintenance?**
Zaznacz tylko jedną odpowiedź.

- 0-50 km
- 50-100 km
- 100-200 km
- 200-500 km
- 500-750 km
- 750-1000 km