



ÚPRAVA TEPELÉHO MANAŽMENTU MOTORA ROTAX 912 PRE LIETADLO WT-9 DYNAMIC V ÚLOHE VLEČNÉHO LIETADLA

Ivan Maršala
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Jozef Čerňan
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Abstract

The article of my diploma thesis entitled Modification of the thermal management of the Rotax 912 engine in the role of a WT-9 Dynamic towing aircraft focuses on the modification of the cooling system with an emphasis on improving the cooling efficiency during the towing operation of the aircraft. Since the Rotax 912 engine is also very popular in other aircraft, the topic of the thesis was accompanied by the problem of the WT-9 Dynamic aircraft due to overheating during towing and the subsequent implementation of how to solve the problem. In the introductory chapters of the thesis, the reader is described the basic characteristics of towing, the individual engine systems that make it up and the associated consequences of high temperatures. In the second part of the thesis, the issue of the cooling system, the solution proposal and the practical implementation of the proposal are described. In the last third part, the reader is described the actual commissioning of the new and more powerful cooling system and the evaluation of the results of the work.

Keywords

Cooling system, Rotax 912, WT-9 Dynami, Overheatin, Towing

1. Úvod

Bezmotorové lietanie je neoddeliteľnou súčasťou letectva. Vetroň je lietadlo ťažšie ako vzduch, pri ktorom vztlak potrebný na let vykonávajú aerodynamické sily na jeho nepohyblivých nosných plochách a ktorého voľný let nie je závislý od motora. Vetroň svoj let vykonáva meteorologické termické podmienky. Pilot vetroňa využíva pre svoj štart vlečné motorové lietadlo, ktoré je pripojené lanom. Úlohou vlečného lietadla je dostať vetroň do požadovanej výšky, ktorú si pilot vetroňa sám zvolí alebo miesto s priaznivými termickými podmienkami. Počas letu pilot vetroňa letí súbežne s vlečným lietadlom. Po odpútaní vlečného lana, sa pilot vetroňa snaží vyhľadať priaznivé podmienky pre jeho stúpanie a kalkuluje svoju výšku a vzdialenosť k bezpečnému návratu na letisko vzletu alebo stanoveného bodu, kde sa chce pilot dostať. Niektoré vetrone sú vybavené elektrickými alebo spaľovacími motormi, čo značne zjednodušuje celú prevádzku pre vzlet ale cena takého vetroňa je vysoká. Problematika bezmotorového lietania nastáva v letných dňoch, kedy podmienky sú výrazne nevyhovujúce z dôvodu vysokých vonkajších teplôt, kedy sa motor vo vlečnom lietadle značne prehrieva a lietadlo degraduje pri stúpaní v porovnaní s jarným alebo jesenným obdobím. Na to aby pilot zabránil prehrievaniu motora je potreba zvýšiť rýchlosť letu ale len v rozsahu, ako je stanovená maximálna rýchlosť vetroňa počas vleku. V letných dňoch sú podmienky značne komplikované, kde ani zvyšujúca rýchlosť nemusí vyriešiť chladenie motora. Na to aby sme vyriešili chladenie motora je potreba upraviť chladiacu sústavu, poprípade nahradiť novou a výkonnejšou sústavou, ktorá dokáže zvládnuť nepriaznivé podmienky.

2. Vlečný letún

Letún musí mať certifikované zariadenie schopné na vlekanie vetroňov. Na Slovensku máme niekoľko výrobcov, ktorí vyrábajú letúne, ktoré sú schopné vykonávať vlečnú činnosť. Prievidzská spoločnosť Aerospool, ktorá vyrába lietadla WT-9 Dynamic je veľkým exportérom do zahraničia, následne tu dominuje spoločnosť TomarkAreo so svojimi letúňmi ViperSD4 a firma Eurofox, ktorá vyrába taktiež vlečné lietadla Fox s rôznymi konfiguráciami.



Obrázok 1 WT-9 Dynamic s označením OM-W214 zdroj: Autor

Každé vlečné lietadlo má svoje pozitíva a negatíva a zákazník si vyberá dané lietadlo hlavne podľa výkonu a ceny. Požiadavky na vlečné lietadlo je hlavne výkon, nízka cena, rýchlosť a nízke prevádzkové náklady. Momentálne na trhu dominuje značka WT-9 Dynamic. Tento typ je momentálne najviac využívaný v Aerokluboch na Slovensku, Česku, Rakúsku a Nemecku, zároveň expanduje do celého sveta, čím sa stáva populárnym. Tento typ vlečného lietadla nahrádza dlho trvajúce lietadlá Zlín modelu Z43, Z142, Z205, Z526 a ďalšie modely.

3. Motor Rotax 912

Táto pohonná jednotka je základnou súčasťou lietadla WT-9 Dynamic. Náš spomínaný typ používa pohonnú jednotku Rotax 912. Jeden z najviac vyrábaných leteckých piestových motorov do ultraľahkých letúnov. V ponuke je niekoľko variant 80HP, 100HP a následne existujú pracoviská, kde je možné ešte zvýšiť výkon motora na 120HP. Životnosť motora je 2000 hodín a je jednoduchý na údržbu, čo z neho robí atraktívnu voľbu pre pilotov, ktorí lietajú rekreačne ale aj profesionálne. Pomer výkonu a hmotnosti tohto štvortaktného motora je jeden z najlepších na trhu, čo sa aj odzrkadľuje kde sa všade tento motor vyskytuje.

Tabuľka 8 Technické špecifikácie motora Rotax 912

TYP	UL/F/A	ULS, S
MAX. VZLETOVÝ VÝKON [KW] (HP)	59,6 (80) 5800/min	73,5 (100) 5800/min
MAX. TRVALÝ VÝKON [KW] (HP)	58 (79) 5500/min	69 (95) 5500/min
MAX. KRÚTIACI MOMENT [Nm]	103 pri 4800/min	128 pri 5100/min
MAX. OTÁČKY [1/min]	5800	5800
VOLNOBEŽNÉ OTÁČKY [1/min]	1400	1400
ZDVIHOVÝ OBJEM [cm ³]	1211	1352
VRTANIE [mm]	79,5	84
ZDVIH [mm]	61	61
KOMPRESNÝ POMÉR [-]	9,0:1	10,5:1
VÝKON GENERÁTORA [W]	250	250
NAPÄTIE [V]	13,5	13,5

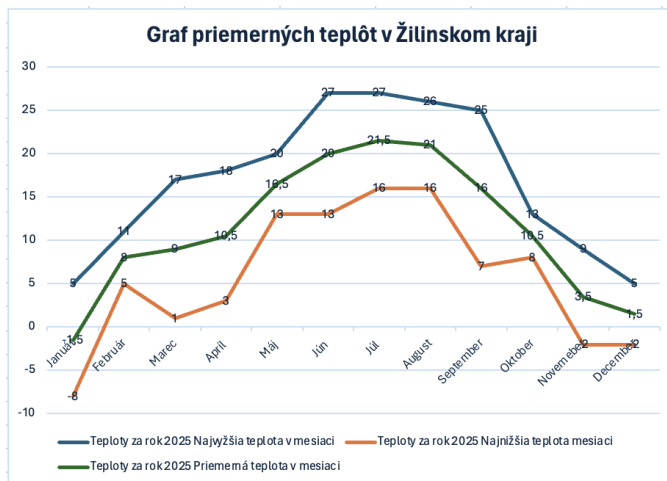
4. Problematika chladiacej sústavy

Pilot po vykonaní všetkých bezpečnostných opatrení vrátane kontroly motorovej skúšky, ktorá bola opísaná v predošlých kapitolách a po pripnutí vlečného lana, neustále kontroluje parametre motora, teploty oleja, vody a ďalších parametrov. Pilot nastaví maximálny výkon lietadla, kedy sa otáčky vrtule pohybujú 5700 ot/min. Po odpútaní lietadla od zeme, pilot kontroluje aj vetroňa či už došlo k odpútaní od zeme. V tejto fáze je ešte vo výdrži, kedy sa pilot vlečného lietadla snaží získať bezpečnú rýchlosť na stúpanie. Po dosiahnutí rýchlosti si pilot musí dať pozor aby neprekročil maximálnu stanovenú rýchlosť za vleku, túto rýchlosť vieme zistiť v prevádzkovej príručke od vetroňa. Pilot prechádza do prechodového oblúku na stúpanie, kedy skontroluje prevádzkové prístroje a následne upraví otáčky vrtule na 5500 otáčok, tieto otáčky predstavujú maximálny trvalý režim lietadla. Priemerná rýchlosť vo vleku sa pohybuje okolo 110-130km/h. Počas vleku môže nastať niekoľko faktorov prehrievania prevádzkových kvapalín. Najväčšie teploty prevádzkových kvapalín môžeme zaznamenať hlavne v letných dňoch, kedy vysoká teplota vzduchu a nízka hustota degraduje lietadlo v stúpaní ale aj chladení. Teplota vody na zemi môže dosahovať okolo 90°C ale počas letu môže teplota vody dosiahnuť viac ako 120 °C kedy hrozí po prekročení vyvretie kvapaliny. Podobné prehrievanie môže nastať u oleja kde po prehriati stráca svoje vlastnosti a hrozí zadretie motora [20,21].

4.1. Zber nameraných dát vlečnej činnosti

V tabuľke si môžeme všimnúť priemerné teploty z oblasti Žilinského kraja odkiaľ nám pochádza samotný letún, konkrétne v Martine. Tabuľka opisuje minimálne a maximálne teploty za deň spolu s priemernou teplotou v mesiaci. Vďaka týmto teplotám vieme bližšie objasniť, kedy chladiaca sústava Rotax 912 bude mať najvyššiu záťaž pri chladení. Motor Rotax 912 je

pri bežnej prevádzke pokiaľ sa jedná o navigačné lety alebo lety okolo priestoru, stavaný na takúto formu záťaže ale z hľadiska vlečnej činnosti, kedy lietadlo letí nízkou rýchlosťou a na trvalom stúpacom výkone, začína celá chladiaca sústava degradovať. V tabuľke si môžeme všimnúť hlavne vyznačené letné mesiace,



Obrázok 2 Graf priemerných hodnôt v Žilinskom kraji

pri ktorých sústava najviac prehrievala.

Graf, znázorňujúci minimálne, maximálne a priemerné teploty za rok 2024, nám vizualizuje časový horizont, ako sa teploty pohybovali v danom mesiaci. V tabuľke si môžeme všimnúť zelenou farbou zvýraznené hodnoty, ktoré boli pre motor počas vlekania kritické. Práve v týchto mesiacoch sa motor najviac prehrieval a dosahoval vysoké teploty počas vlekania nad, 120°C. Od januára až do mája na motore neboli zaznamenané zo strany pilotov a prevádzkovateľa lietadla problémy prehrievania chladiacej kvapaliny v lietadle. V nasledujúcich mesiacoch, jún, júl, august, sa chladiaca kvapalina v motore začala prehrievať. Čo značne skomplikovalo vlečnú činnosť. Práve v týchto mesiacoch sme zaznamenali aj vysokú frekvenciu vlečnej činnosti a v niektorých prípadoch sa stávalo, že pilot vlečného lietadla musel požiadať pilota na vetroni aby sa predčasne odpútal počas vleku z dôvodu kritických teplôt. Pilot na vetroni sa odpútal v bezpečnej výške, kedy dokázal doletieť späť na letisko vzletu. V mesiacoch september až do konca decembra sa teploty znižovali, kde motor dokázal fungovať v stanovených prevádzkových teplotách.

5. Metodika a metódy skúmania

Na metódu zberu údajov sa zameriavame hlavne prvej časti diplomovej práce. Tieto údaje sú získane hlavne z internetových zdrojov, dostupných manuálov od motora Rotax 912 ULS a knižných zdrojov. Môžeme ju rozdeliť na niekoľko častí. V prvej časti bola vykonaná analýza dostupných údajov o základných požiadavkách vlečnej činnosti. V druhej časti diplomovej práce sa zameriavame na technickú analýzu jednotlivých sústav motora Rotax 912 ULS, ktorá hrá kľúčovú úlohu pre pochopenie danej problematiky. V tretej časti diplomovej práce, je rozbor priemerných teplôt za rok 2024 a zhodnotenie v ktorých mesiacoch chladiaca sústava vykazuje maximálnu záťaž a či má zmysel chladiacu sústavu upraviť. V štvrtej časti sa zameriavame na návrh a hodnotenie technických úprav, ktoré boli zo

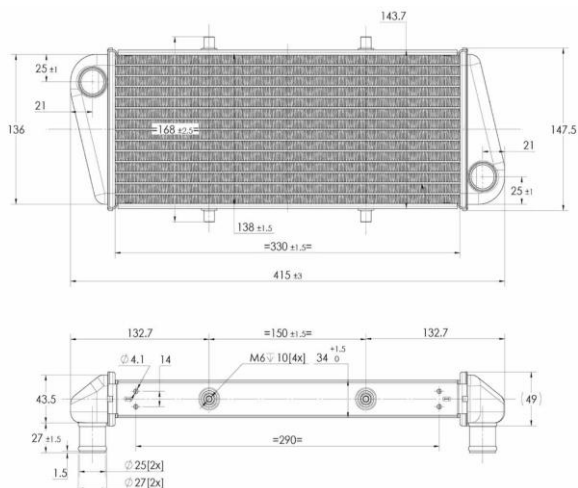
zozbieraných dát. Práve takýmto spôsobom som dokázal získať komplexný prehľad informácií o problematike, ktoré mi vytvorili základ pre splnenie cieľov diplomovej práce. Metóda analýzy údajov bola zameraná hlavne v kľúčových oblastiach, ktoré tvorili analýzu vlastností jednotlivých sústav motora Rotax 912 ULS, hlavne pri chladiacej sústave, ktorá bola primárnym cieľom diplomovej práce. Práve analýza chladiacej sústavy mi pomohla odhaliť nedostatky pôvodnej sústavy a nájsť riešenie, ktoré by dokázalo vyriešiť problém prehrievania. Metódou syntézy, ktorá sa zaoberala hlavne návrhovou časťou diplomovej práce bolo využitie integráciu poznatkov získania z analýz dostupných údajov. Tieto dostupné údaje obsahovali technické výkresy, dokumentácie, príručky, simulácie, internetové zdroje vrátane diskusných fór. Vďaka tejto metóde som dokázal spojiť jednotlivé komponenty a materiály, a vytvoriť nový funkčný celok chladiacej sústavy.

6. Návrh technických úprav motora

Po získaní dostupných údajov sme zhodnotili, že rastúca vlečná činnosť hlavne v čase letných dní priniesla svoje pozitíva ale aj negatíva. Pozitívum bolo z hľadiska dopytu vlečnej činnosti ale veľké negatívum bolo spojené s prehrievaním motora v letných dňoch. Samotný návrh riešenia bol spomínaný už v úvodných kapitolách, a je ním kúpa nového chladiča pre náš spomínaný motor Rotax 912.

6.1. Návrh 1 13 lamelový chladič

Na technickom výkrese je znázornený chladič ktorý sa skladá z 13 rebier. Náš predošlý chladič tvorí len 11 rebier, čo značne znižuje jeho účinnosť pri chladení. Cena tohto chladiča sa od výrobcu Aerospool pohybuje okolo 570 €. Ďalší rozdiel pri tomto chladiči je aj výška. Pôvodný 11 lamelový chladič mal výšku 140mm, nový 13 lamelový chladič má o 7.5mm väčšiu výšku.

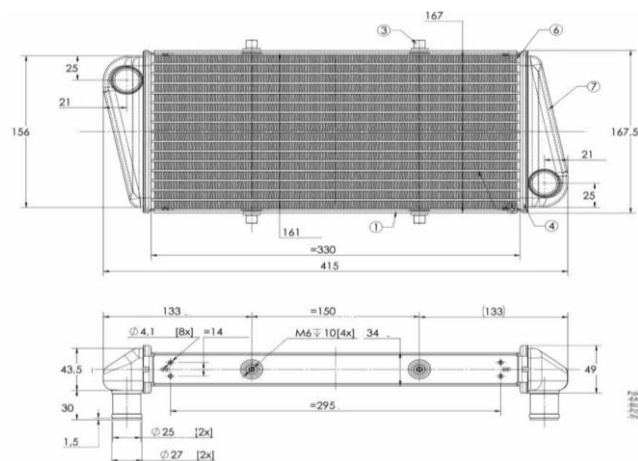


Obrázok 3 Technický výkres 13 lamelového chladiča

Na technickom výkrese je znázornený chladič ktorý sa skladá z 13 rebier. Náš predošlý chladič tvorí len 11 rebier, čo značne znižuje jeho účinnosť pri chladení. Cena tohto chladiča sa od výrobcu Aerospool pohybuje okolo 570 €. Ďalší rozdiel pri tomto chladiči je aj výška. Pôvodný 11 lamelový chladič mal výšku 140mm, nový 13 lamelový chladič má o 7.5mm väčšiu výšku.

6.2. Návrh 2 15 lamelový chladič

V druhom návrhu sme hľadali ešte výkonnejší chladič s väčším množstvom lamiel. V tomto prípade sme si museli dať pozor, pretože limitujúca je hlavne veľkosť chladiča. Spoločnosť Teveso, ktorá úzko spolupracuje s firmou Rotax a zároveň je oficiálnym a originálnym distribútorom náhradných dielov pre motory Rotax, nám predstavila výkonnejšiu variantu chladiča. Ide o 15 rebrovaný chladič, ktorý sa používa hlavne pre motory Rotax 914.



Obrázok 4 Technický výkres 15 lamelového chladiča

7. Praktická výmena chladiacej sústavy motora Rotax 912



Obrázok 5 Vnútroňá výplň steny vstupného ústrojenstva a zabrušená stena pripravená na lamináciu a proces lepenia za pomoci epoxidovej živice

Po demontovaní chladiča a samotnom vypustení chladiacej kvapaliny sme sa zamerali na vyčistenie pôvodného chladiča. Tento chladič obsahoval čiastočky nečistôt, ktoré znižovali jeho účinnosť, zamerali sme sa tiež na vyčistenie vstupnej sústavy, ktorú sme si pripravili na samotnú úpravu.

7.1. Proces merania

Vstupné ústrojenstvo chladiacej sústavy sme museli zmerať, z dôvodu výmeny výkonnejšieho chladiča, ktorý mal síce rovnakú dĺžku ako pôvodný chladič, ale bol vyšší o 2.5 cm. Na to aby sme vedeli správne umiestniť chladič do vstupného ústrojenstva bolo potrebné vonkajší kryt sústavy odrezať a zväčšiť jeho výšku. Zároveň sme museli postupovať opatrne lebo vstupná sústava sa skladala z kompozitných materiálov, dve vrstvy sklolaminátu a jedna vrstva karbónu. Táto tenká vrstva kompozitného materiálu držala celý chladič pohromade.



Obrázok 6 Odrezaný vonkajší kryt vstupného ústrojenstva

pomyselnú rovinu na stene vstupnej sústavy. Takúto rovinu si vieme pripraviť, keď odrezaný spodný kryt vstupnej sústavy spojíme s chladičom a so spodnou stenou vstupnej sústavy. Následne tieto časti dopasujeme a pripravíme si držiaky, ktoré sme odrezali z polystyrénu v tvare L.



Obrázok 7 Vstupné ústrojenstvo spojené s chladičom a odrezanou spodnou časťou kde držiaky v tvare vytvárajú pomyselnú rovinu

Pomocou teplotnej pištole sme lepiacimi tyčinkami pripevnili tieto plastové držiaky o chladič aby sme si zabezpečili rovinu, ako bude uchytený spodný kryt chladiča. Následne sme chladič odmontovali, kde sme si opäť pripravili polystyrén. Z polystyrénu sme vyrezali výplň v tvare steny, ktorú sme následne prilepili o vnútornú stenu vstupného ústrojenstva. Keď nám polystyrén s lepidlom zaschol, tak sme pomocné držiaky odstránili a začali sme pripravovať vonkajší povrch na zalaminovanie vonkajšej časti.

Počas zbrusovania povrchu vieme vizuálne zistiť koľko vrstiev má kompozit. V našom prípade to boli 3 vrstvy. Následne sme si pripravili dve vrstvy sklolaminátu a jednu vrstvu karbónu. Tieto vrstvy sme si vystrihli z tkaniny v požadovanom tvare. Povrch



Obrázok 8 Vystrihnutá tkanina a nanosená na povrch s epoxidovou živicom

sme si vyčistili a odmastili. Na to, aby sme vedeli tieto 3 vrstvy spojiť použijeme epoxidovú živicu spolu s tužidlom. Je potreba brať do úvahy, aby sme epoxidovú živicu spolu s tužidlom zmiešali v požadovanom pomere, aby nám živica vedela správne vytvrdnúť. Správny pomer je 100A:23B. Hodnota A nám predstavuje epoxidovú živicu a hodnota B tužidlo. Následne sme naniesli epoxidovú živicu zmiešanú s tužidlom na priloženú tkaninu o povrch. Postupným nanášaním tkaniny nanášame živicu a dopasujeme o povrch. Keď sme naniesli prvé dve vrstvy sklolaminátu, tak poslednú vrstvu bude tvoriť karbón.

8. Montáž chladiacej sústavy a ostatných komponentov

Po vykonaní všetkých úprav na vstupnom ústrojenstve chladiacej sústavy, chladiča a spodného krytu, sme zapojili chladič na sústavu hadíc. Následne sme doliali prevádzkové kvapaliny a vykonali posledné vizuálne prehliadky, kde sme dbali na kontrolu netesností. Sústavy hadíc používajú spojovacie objímky, ktoré treba dôsledne primontovať. Zároveň plnia nie len funkciu upevnenia hadice o chladič, ale aj dodatočné utesnenie hadice. Po primontovaní chladiča sme opäť vrátili sústavu karburátorov na pôvodné miesto, to isté platilo aj pri olejovom chladiči. Následne sme začali s montážou vrtule. Tá prebiehala jednoducho, keďže na samotnej vrtuli boli vyrobené závit, ktoré boli maticami upevnené. Tieto matice musia mať predpísaný moment, ktorý je stanovený v príručke o údržbe. Po nasadení vrtule sme namontovali spodný kryt, kde sme ešte nasadili chladič na objímku a zaistili spojovacou závlačkou, ktorá slúži na zaistenie chladiča a spodného krytu aby nedošlo k jeho uvoľneniu.

9. Prvý štart

Po úspešnom namontovaní všetkých dielov sme lietadlo postavili pred hangár, kde sme ho zaistili klinmi, aby nedošlo k jeho pohybu. Následne sme vykonali prvé naštartovanie. Keďže lietadlo bolo po kompletnej prehliadke, bez nastavených karburátorov, ktoré sa nastavujú až počas prevádzky, tak v prvej fáze naštartovania motor pracoval nepravidelne, hlavne nízkych otáčkach 1650 ot/min. Motor sprevádzalo jemné trasenie, toto trasenie bolo spôsobené práve rozladenými karburátormi. Keď motor dosiahol vyššie otáčky, okolo 2000 ot/min a viac, už pracoval kultivovane bez trasenia. Keď sme lietadlo dostali do prevádzkových teplôt, ktoré boli spomínané v úvodných kapitolách, tak sme použili prístroj CarbMate TS-111. Po zapojení do sacieho potrubia sme začali s postupnou synchronizáciou. Po zosynchronizovaní karburátorov, sme znížili otáčky motora na minimálny výkon a sledovali sme prípadné zmeny. Keďže nenastali prípadné zmeny, vykonali sme motorovú skúšku, kde sme kontrolovali, či sústava magnet plní svoju úlohu a či nevznikli problémy na zapaľovacej sústave. Spôsob ako jednoducho skontrolovať zapaľovaciu sústavu je jednotlivým vypnutím a zapnutím jedného okruhu magnet a sledovať poklesy otáčok na vrtuli, kde po vypnutí jedného okruhu magnet nesmie presiahnuť 300 ot/min a rozdiel medzi dvoma okruhmi nesmie presiahnuť 120 ot/min. Na nasledujúcom obrázku sú znázornené prevádzkové teploty motora počas vykonávania motorovej skúšky. Môžeme si všimnúť, na ukazovateli CHT, ktorý sa nachádza ľavom hornom

rohu, že teplota vody sa pohybuje 70°C. Keďže motor Rotax používa ako chladiace médium okrem vzduchu aj chladiacu kvapalinu, tak táto chladiaca kvapalina chladí hlavy valcov. Zároveň môžeme povedať, že motor Rotax 912 využíva kombinovanú chladiacu sústavu. Kvapalinové chladiace médium je na báze vody a glykólu, ktoré umožňuje zvýšiť účinnosť chladenia a hlavne zvýšiť toleranciu kvapaliny proti jej vyvretiu.



Obrázok 8 Prevádzkové teploty počas vykonania motorovej skúšky

V ďalších kapitolách sa zameriame na podrobné opísanie záletov a aké nastali zmeny po výmene chladiča, prípadne či nastali problémy počas letu. Podrobne si opíšeme ako prebiehali lety počas vlečnej činnosti.

10. Prvý let

Prvý let sa konal v pondelok 31.03.2025, pred vzletom bola vykonaná motorová skúška, ktorá preukázala funkčnosť všetkých systémov v lietadle. Počas letu bolo zaznamenaná zvyšujúca sa teplota vody. Pilot zaznamenal, že teplota presahovala 120°C pri stúpaní. Pilot prešiel do horizontálneho letu, kde lietadlo dosahovalo cestovnú rýchlosť 220km/h ale teplota vody sa stále držala na 120°C. Následne vykonal pristátie na letisku, kde sme začali sériu kontrol, či nedošlo k vyvretiu kvapaliny. Po krátkej vizuálnej prehliadke sme odmontovali vonkajší kryt motora a zistili sme, že v nádržke chýba chladiaca kvapalina. Aj keď pred údržbou boli prevádzkové kvapaliny doplnené. Vzhľadom na väčší chladič, ktorý odoberie väčšie množstvo prevádzkovej kvapaliny a nemusí dostačovať k správne chladeniu. Je treba poznamenať, že počas vykonania motorovej skúšky, motor dosiaha prevádzkovej teploty vody okolo 70°C a až počas letu teplota chladiacej kvapaliny dokáže vzrásť nad teplotu, pretože motor pracuje na maximálnom trvalom výkone. Pre správne chápanie chladiacej sústavy si ju musíme rozdeliť na dve časti. Vnútorňú a vonkajšiu okruh cirkulácie chladiacej kvapaliny. Úlohou vnútorného okruhu je zabezpečiť aby sa studená chladiaca kvapalina vedela rýchlejšie zohriať a dostať motor do prevádzkových teplôt. Keď motor počas prevádzky dosiaha prevádzkové teploty vo

vnútornom okruhu, úlohou termostatu je otvoriť ventil do vonkajšieho okruhu, kde zohriata kvapalina putuje do chladiča na ochladenie. Po následnom doplnení chladiacej kvapaliny sme vykonali opäť motorovú skúšku a keďže motor bol ešte stále v prevádzkových teplotách, tak sme kontrolovali či nedôjde k vyvretiu kvapaliny na zemi. Teplota vody klesla na hranicu 90°C a počas vizuálnej kontroly objem chladiacej kvapaliny v nádržke mierne vzrástol z dôvodu expanzie kvapaliny.

11. Druhý let

Druhý let sa konal v ten istý deň ale po krátkom zálete, kedy pilot vykonal stúpanie v maximálnom trvalom režime. Teplota chladiacej kvapaliny sa stále pohybovala na 90°C, čo bolo ideálne oproti predošlému letu. Pilot vykonal aj sériu okruhov, ale nič nenaznačovalo zvýšenie teploty chladiacej kvapaliny.

12. Testovanie chladiacej sústavy počas aerovleku



Obrázok 9 Teplota chladiacej kvapaliny po pristáti

Následne, keďže v ten deň sa na letisku nachádzali plachtári a mali záujem letieť, tak sme rovno otestovali lietadlo v prevádzke počas vlečnej činnosti. Prvý aerovlekový štart bol s vetroňom JS-1C s rozpätím 21m. Tento vetroň môže mať maximálnu povolenú váhu na vzlet 600kg. Počas aerovleku sa teplota vody pohybovala 100°C, čo dokazovalo, že úprava chladiacej sústavy preukázala svoje kvality. Rýchlosť aerovleku sa pohybovala okolo 130 km/h oproti ľahším typov vetroňov. Následne prebehli ešte dva štarty. Druhý štart bol s ľahkým jednosedadlovým vetroňom VSO-10 Gradient, ktorého maximálna vzletová hmotnosť je 380 kg, čo nepredstavovalo zvýšenú záťaž pre lietadlo a počas aerovleku sa teplota vody pohybovala do 100°C. Tretí a posledný aerovlek bol o čosi náročnejší, pretože sme vlekali G103 Twin Astir. Tento vetroň je dvojsedadlový, určený na výcvik pilotov a prelety. Maximálna vzletová hmotnosť G103 je 650kg, čo je ešte o 50kg viac ako pri JS-1C. Vzhľadom na vyššiu hmotnosť vetroňa, sa zvýšil čas aerovleku. Teplota chladiacej kvapaliny ale nepresiahla viac ako 110°C, čo je v našom prípade je to ideálne. Hraničné hodnoty sú hlavne pri 130°C, takže v tomto prípade máme ešte bohatú rezervu.

05.04.2025 sme už lietadlo využívali v plnej prevádzke, maximálna teplota sa pohybovala do 110°C a na lietadle neboli zaznamenané problémy s prehrievaním ani iné technické problémy. Akonáhle lietadlo po odpútaní vetroňa začalo klesať, chladiaca sústava dokázala efektívne chladíť horúcu chladiacu kvapalinu a jej teplota dokázala klesnúť, v niektorých prípadoch aj na 90°C. V danom dni sa vykonalo 13 vlekov, z čoho 5 vlekov tvorilo ťažšie vetrone s maximálnou vzletovou hmotnosťou 600kg a viac. V nasledujúcom obrázku sú znázornené prevádzkové teploty po pristáti.



Obrázok 10 Teplota chladiacej kvapaliny po pristáti aerovleku

13. Záver

Po úprave chladiacej sústavy na lietadle WT-9 Dynamic s označením OM-W214 vieme preukázať vyššiu účinnosť chladiacej sústavy. Najväčším problémom chladiacej sústavy boli, už práve spomínané v predošlých kapitolách, vyššie teploty chladiacej kvapaliny a neustále prehrievanie motora v letných dňoch. Práve tieto teploty nám zapríčinili v niektorých prípadoch aj obmedzenie vlečnej činnosti, kedy sa dalo lietať len nad ránom alebo ku večeru po poklese vonkajších teplôt. Na to aby sme dokázali v letných dňoch lietať aj cez deň, museli sme redukovať počet vlekov a neustále chladíť lietadlo na zemi, čo malo aj negatívne stránky. V prvom rade piloti na vetroňoch museli dlhšie čakať na vlečné lietadlo, čo zapríčiňovalo posunutie plánovaných štartov, kde veľkú rolu hral čas, lebo podmienky na lietanie boli časovo obmedzené. Aby sme dokázali vyriešiť problém, pripravili sme si dva návrhy, kde sme pomocou analýzy vybrali práve jeden ktorý sme aplikovali do praxe. Po úprave chladiacej sústavy na motore sme eliminovali problémy prehrievania, čím sme zvýšili účinnosť nie len chladenia motora ale aj využitie lietadla v prevádzke. Podobným spôsobom dokážeme vyriešiť problém prehrievania aj na ďalších starších modelov WT-9 v rovnakej konfigurácii.

Referencie

- [1] Letová príručka lietadla (no date). Available at: http://www.airportlucenec.sk/dokumenty/studijum/viper_prirucka.pdf (Accessed: 9 October 2024).

- [2] Rotax (2021) 912 ULS | S, Rotax Aircraft Engines. BMK. Available at: <https://www.flyrotax.com/cs/products/912-uls-s> (Accessed: 10 October 2024).
- [3] ROTAX-OWNER.COM (2024) Rotax-owner.com. Available at: <https://www.rotax-owner.com/en/> (Accessed: 21 October 2024).
- [4] MAZÁNÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ V 21.STOLETÍ (no date) Cvut zaverečná práca. Available at: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejn_e.php?file_id=4788.
- [5] KRÍŽ, Jozef, 2008. POHONNÁ JEDNOTKA. ISBN 978-80-8070-872-6 .
- [6] BEŇO, Luděk, 2022. Letadla. Česká technika - nakladatelství ČVUT: doc. Ing. Luděk Beňo
- [7] PŘÍSLUŠENSTVÍM, S, no date. NÁVOD K OBSLUZE PRO MOTORY ROTAX ŘADY 912 [online]. [cit. 10.december.2024]. Dostupné na: <https://www.aeroklubhb.cz/doc/Rotax-912.pdf>
- [8] AEROWEB.CZ. WT-9 Dynamic – vlečný letoun bez kompromisů - Aeroweb.cz. In: Aeroweb.cz [online] [cit. 06.01.2025]. Dostupné na internete: <https://www.aeroweb.cz/clanky/3029-wt-9-dynamic-vlecnny-letoun-bez-kompromisu>
- [9] MANUALSLIB, 2018. Coolant Capacity - Rotax 912 i Series Installation Manual [Page 134]. ManualsLib[online] [cit. 2.január.2025]. Dostupné na: https://www.manualslib.com/manual/1368458/Rotax-912-I-Series.html?page=134&fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTEAAROK4w93QBdN7_sizK5gY3-fzRp17GVyqD0D-SaANayJcKdlwf-sYRha2rY_aem_tJOSL6pH14sBcxcUOVecvA#manual