

EXPERIMENTAL STATE OF TENSILE TESTING OF AIRCRAFT RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION ENGINE

EXPERIMENTÁLNY STAV ŤAHOVÝCH SKÚŠOK LETECKÉHO PIESTOVÉHO SPAĽOVACIEHO MOTORA

Matúš Mrva

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
mattusmrva@gmail.com

Pavol Pecho

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Abstract

The main goal of the Paper "Experimental state of tensile tests of aircraft piston internal combustion engine" is to create an experimental and fully functional measuring stand for monitoring the parameters of a model internal combustion piston engine, using different types of propellers. The partial goals are the creation of a teaching aid, the construction of a unique facility and the creation of opportunities for research and development in this area by other students. Using a measuring device, it was possible to record the various operating characteristics of the internal combustion engine. Based on this, the usability of individual propellers for the measured internal combustion engine can be determined.

Keywords

Aircraft engine, Aircraft propeller, Tensile test

1. Úvod

V súčasnej dobe sú v modelárskom letectve využívané na meranie ťahu a parametrov motora amatérske meracie experimentálne zariadenia, s nedostatočným senzorovým vybavením. V prípade ak sú využívané elektronické systémy sú tieto zariadenia finančne náročné a preto sa konštruktéri uchylujú len k lacnej, základnej a často aj dosť nepresnej variante výroby jednoduchej stolice s použitím silomeru. [1] V rámci univerzít v Česku a na Slovensku, ktoré sú zamerané na leteckú techniku, sa nenachádza žiaden podobný a unikátny experimentálny stav na meranie ťahových charakteristík vrtúľ. [2]

Práve využitie modelárskeho spaľovacieho piestového motora a vrtúľ v požadovanej mierke umožňujú napodobniť podmienky veľkých skúšobní na akademickej pôde za relatívne malé finančné prostriedky v podobe experimentálneho meracieho zariadenia. Okrem konštrukcie je treba poznamenať, že aj samotné technológie pre monitorovanie parametrov modelárskych motorov a ich využitie, či už pri riešení problémov s novými prototypmi vrtúľ alebo ako laboratórny prototyp určený na výučbu a meracie cvičenia robia projekt unikátnym.

1.1. Inovatívne riešenie

Vytvorenie takéhoto zariadenia by mohlo priniesť pre Žilinskú univerzitu, konkrétne Katedru leteckej dopravy, finančne nenáročnú variantu zariadenia na meranie ťahových skúšok rôznych motorov a vrtúľ. Tak isto prinesie zvýšenie efektivity učenia a záujmu o študijné odbory v oblasti letectva, či prínos pre certifikáciu a získanie oprávnenia výcvikovej organizácie technika údržby leteckej techniky. Konkrétne by sa jednalo o kategóriu A2 - osvedčujúci mechanik tražovej služby pre letúny

s piestovými motormi a zároveň kategóriu B1.2 – osvedčujúci technik údržby – drak/pohonná jednotka pre rovnakú kategóriu letúnov. Možnosť konštrukcie plne funkčného prototypu na testovanie daných charakteristík v zmenšenej mierke a pri zachovaní relevantnosti výstupov tvorí hlavnú podstatu inovatívneho riešenia pre potreby výskumu a štúdie aktuálnych potrieb konštrukcie a dizajnu leteckých vrtúľ.

2. Materiály a metódy

Z dostupných a analyzovaných informácií boli vytvorené základné fázy a postupnosť ich riešenia. Podľa chronologického hľadiska a následnosti sa rozdeľujú na:

- Základná stojanová konštrukcia – rozmery, použité materiály, postup práce, povrchová úprava.
- Konštrukcia meracej platformy – návrh, použité materiály, predpokladané rozmery, povrchová úprava.
- Spôsob uchytenia platformy o stojanovú konštrukciu – výber a dimenzovanie lineárneho vedenia.
- Stabilizácia a protizávažie meracej stolice – umiestnenie, použité materiály, navrhnutá hmotnosť, povrchová úprava.
- Výber spaľovacieho motora – parametre, typ, dimenzovanie, konštrukcia.
- Jednotlivé systémy spaľovacieho motora – palivový systém, zapáľovanie motora.
- Typy použitých vrtúľ – materiály, veľkosť, parametre.

- Softvérová a elektronická časť – riadiaca jednotka, displeje, senzory, napájacie zdroje a pohonné akumulátory, elektrické vedenie a obvody, vypracovanie kódu.
- 2D a 3D návrh ovládača – dimenzovanie, praktickosť, jednoduchosť, funkčnosť, opraviteľnosť, použité metódy a materiály, rozmiestnenie elektronických súčiastok.

2.1. Konštrukcia

Pri tvorbe základnej konštrukcie bola čerpaná inšpirácia z už vytvorených konštrukcií použitých pri podobných zariadeniach. Tieto zariadenia vlastní Letecká katedra Žilinskej univerzity a sú určené na podobný cieľ ako naše navrhované zariadenie. Slúžia na meranie ťahových charakteristík turbínových a pulzných motorov. Jedná sa o konštrukciu, ktorá spĺňa požiadavky na jednoduchosť výroby, dostupnosť stavebného materiálu, dostatočnú pevnosť, tuhosť a variabilitu. Za hlavný konštrukčný materiál bola zvolená oceľ triedy STN 42 11,523. [3] Polotovary, ktoré boli navrhnuté pre použitie, sú normalizované štandardné profily a to: trubka oceľová štvorcová 30x30mm s hrúbkou steny 2mm a ešte trubka oceľová štvorcová 50x20x2. Jednou z výhod použitej ocele je dobrá zvarateľnosť. Tento spôsob nerozoberateľného spájania bol použitý ako hlavná metóda pre vytvorenie oceľovej konštrukcie.

Hlavná časť platformy bola tvorená zo 4mm hrubej oceľovej platne, ktorá bola narezaná na nami požadované rozmery. Potom bola ohnutá v potrebných miestach pod uhlom 90°. Ako výstuha bola zvolená trubka oceľová, bezšvová, štvorcová, tvárnená za tepla s vonkajšími rozmermi 20x20mm a hrúbkou steny 2mm. Na vhodne určenom mieste bolo navrhnuté jednoduché uchytenie palivovej nádrže. To je tvorené z oceľových plátov o hrúbke 5mm. [3]

Meracia platforma bola k stolu uchytená pomocou lineárneho vedenia. Tieto konštrukčné prvky slúžia na vedenie pohyblivých častí stroja. To znamená: viesť smer pohybu s čo najmenšou vôľou. Hlavné valcové tyče sú vyrobené z ložiskovej ocele typu GCr15, dĺžke 450mm a priemer kofajnice 25mm. [4]

Pri zvolenej stojanovej konštrukcii a štýlu umiestnenia meracej platformy vznikajú isté riziká. Konkrétne sa jedná o moment vytváraný ťahom vrtule vzhľadom na zem. Ten, pri použití silnejšieho motora môže vytvoriť moment, ktorý by mohol celé meracie zariadenie prevrátiť. Druhým rizikom je reakčná sila vytvorená vrtulou, ktorá by mohla celé zariadenie posúvať v protismere ťahu. Na základe týchto rizík boli vytvorené potrebné opatrenia. Na elimináciu momentu, ktorý by mal za následok prevrátenie meracieho zariadenia, bola navrhnutá jednoduchá úprava v podobe správne umiestneného závažia. Druhé riziko bolo odstránené návrhom a vhodným umiestnením gumených protisklzových podložiek. [5]

Výber motora bol podmienený viacerými požiadavkami. Motor musel byť cenovo dostupný, musel mať dostatočné parametre pre danú konštruovanú meraciu stolicu, pomerne ľahký a jednoduchú prevádzku s dostupnosťou náhradných dielov. Po zvážení týchto faktorov bolo rozhodnuté pre letecký spaľovací motor od značky DLA, typ boxer o obsahu 64ccm. Pre správnu funkčnosť motora bolo treba navrhnuť jednotlivé podsystémy motora a to konkrétne palivový, riadiaci a elektrický. [6]

Pri výbere leteckých vrtúľ, ktoré sa budú používať na merania, laboratórne cvičenia a rôzne experimenty, sa vychádzalo

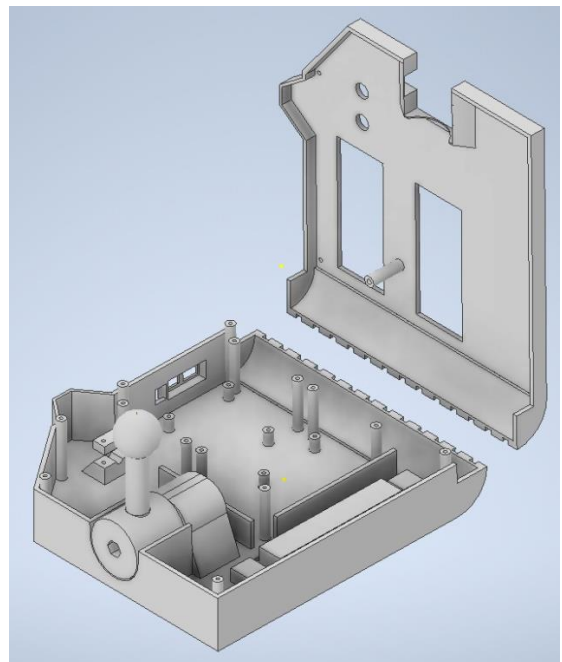
predovšetkým z typov a veľkostí vrtúľ povolených výrobcom motora DLA. Ten k svojmu motoru, ktorý je použitý v tejto práci, udáva typ vrtule určenej pre zábeh motora a tri základné typy vrtúľ. [7] Pre rozmanitosť merania a čo najširšie využitie dovolených používaných vrtúľ boli na budúce merania zvolené tieto tri typy: Foxy Pro 22x12 (plast), Foxy 24x8(drevo), Fiala 22x12(drevo).

Navrhované zariadenie bude merať rôzne veličiny, ktoré sa budú počas testovania leteckého motora meniť. Ide hlavne o tieto veličiny: ťah, spotrebu paliva, otáčky a teploty oboch valcov spaľovacieho motora. V dnešnej dobe už analógové prístroje nahradili vo veľkej miere elektronické, resp. digitálne. Arduino je platforma založená na mikrokontroléri ATmega a grafickom vývojovom prostredí, ktoré vychádza z prostredia Wiring a Processing. Tento elektronický systém je vhodný a s veľkým potenciálom využiteľný v našom experimente. [8]

Jedným z posledných problémov, ktoré bolo treba vyriešiť, bol návrh zariadenia, z ktorého sa bude môcť dať komfortne, jednoducho a prakticky ovládať celé meracie zariadenie. Po zvážení a prehodnotení viacerých faktorov bezpečnosti a jednoduchosť použitia, bol vytvorený vlastný návrh koncepcie ovládača.

Navrhovanie ovládača pozostávalo z troch, za sebou nasledujúcich krokov: [9]

1. Rozmiestnenie elektroniky a princíp ovládania.
2. 2D návrh ovládača a základné rozmery.
3. 3D návrh ovládača a použité materiály.



Obrázok 12: 3D návrh ovládača Zdroj: Autori.

2.2. Stavba

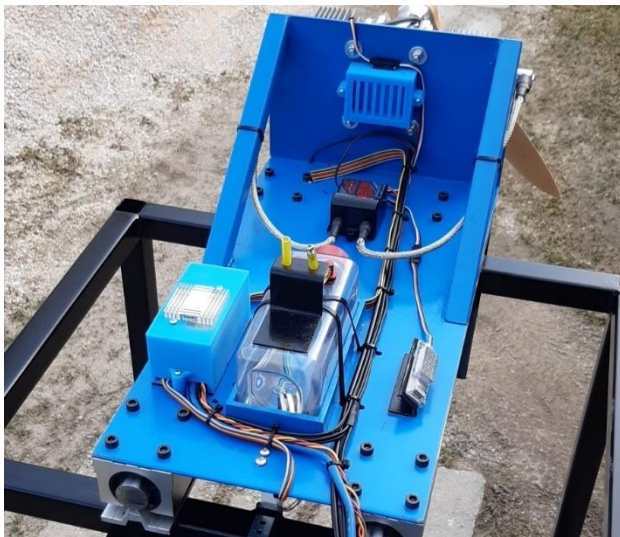
Po skompletizovaní celého návrhu meracieho zariadenia bolo prístupné k praktickej časti. Táto časť zahŕňala jednotlivé stavebné úkony, ktoré mali svoju následnosť a logickú

postupnosť. Podľa chronologického hľadiska môžeme stavebné kroky rozdeliť nasledovne:

1. Stojanová konštrukcia
2. Lineárne vedenie
3. Meracia platforma
4. Prídavné závažie
5. Osadenie spaľovacieho motora a jeho podsystemov
6. 3D tlač ovládača
7. Kód systému Arduino
8. Elektrické vedenie
9. Senzorové vybavenie



Obrázok 13: Hotová stojanová konštrukcia, nosná časť meracej platformy, prídavné závažie, lineárne vedenie a na skúšku osadený spaľovací motor. Zdroj: Autori.



Obrázok 14: Dokončená meracia platforma vrátane palivového systému a elektronického zapalovania motora, digitálneho otáčkomera, plastových boxov s senzorovou elektronikou, potrebné kabeláž a bowdenové lanko ovládajúce škrtiacu klapku karburátora motora. Zdroj: Autori.



Obrázok 15: Kompletne postavený a na 3D tlačiarňi vytlačený ovládač meracieho zariadenia s dvoma displejmi, riadiacou jednotkou, potrebnou kabelážou, ovládacou pákou plynu motora a dvojice vypínačov. Zdroj: Autori.

2.3. Kalibrácia senzorov, zábeh motora

Pred samotnou motorovou skúškou a počiatočnými testovaniami bolo potrebné správne skalibrovať senzor hmotnosti a senzor prietoku paliva tak, aby ukazoval reálne hodnoty. Kalibrácia je súbor úkonov, ktorými sa za špecifických podmienok určí vzťah medzi hodnotami nameranými meracím systémom a odpovedajúcimi hodnotami. Sú to etalóny resp. štandardy.

Pre zvolené senzory boli použité dva typy nastavovania správnej zobrazovanej hodnoty. [39]

1. Adjustačná metóda – príprava a nastavenie zariadenia do stavu potrebného na presné meranie pomocou hmotnostného senzora.
2. Výpočtová metóda – prepočet jednotlivých impulzov z flowmetru do hodnoty objemu za jednotku času.

Posledným krokom pred samotnými testami bol zábeh spaľovacieho motora. Tento krok bol nutný kvôli tomu, že motor bol pre meracie zariadenie zakúpený ako nový. Zábeh motora prebiehal podľa pokynov výrobcu. [6]

Meracia stola bola umiestnená na voľné priestranstvo bez možnosti nasatia cudzieho predmetu do točiacej sa vrtule. Pred samotným zábehom bola potrebná príprava pohonných hmôt. Ako palivo bol použitý 100-oktánový benzín Schell V-Power Racing. [10] Tento benzín bol zvolený z dôvodu vysokého oktánového čísla, čo má pri použití v 2-taktných motoroch

pozitívny vplyv na pravidelnejší chod motora. Keďže použitý motor DLA 64 nemá olejovú sústavu, bolo potrebného ho mazať. To zabezpečuje plne syntetický motorový olej Motul 2T, ktorý je s benzínom zmiešaný v pomere 30 dielov benzínu a 1 diel oleja. [11] Takýto pomer je udávaný výrobcom, a to z dôvodu potreby lepšieho mazania počas prvých skúšobných štartov.

Vrtuľa použitá pre zábeh bola od firmy Fiala propeller. Je to dvojlistá drevená vrtuľa o rozmeroch 22/10“.

3. Jednotlivé merania

Jednotlivé merania prebiehali na pôde Katedry leteckej dopravy, a to konkrétne na letisku v Dolnom Hričove. Jednotlivé merania sa uskutočnili za asistencie vedúceho práce Ing. Pavla Pecha, PhD a študenta Bc. Dávida Rilka. Merania prebiehali dňa 21.4.2021 o 14:10 UTC. Podľa správy Metar boli meteorologické podmienky v daný deň nasledovné:

- Smer a rýchlosť vetra: 240°, 5k_t,
- Dohľadnosť: Nad 10km,
- Oblačnosť: polojasno vo výške 3000ft, polooblačno vo výške 3500ft.



Obrázok 5: Priebeh samotného merania jednotlivých parametrov. Zdroj: Autori.

Kompletné meracie zariadenie bolo umiestnené vo vonkajších priestoroch na asfaltovej ploche. Medzi prípravne kroky patrilo natankovanie pohonných hmôt do nádrže palivového systému motora, uloženie závažia na určené miesto a príprava montážneho náradia na výmenu meraných vrtúľ. Pri meracom zariadení bol na provizórny stôl umiestnený notebook s otvoreným MS Excel, pripraveným na čítanie dát z mikrokontroléra. Pomocou USB káblu bol spojený notebook s riadiacou jednotkou Arduina. Pomocou AC/DC zdroja, ktorý bol pripojený do elektrickej siete sa umožnilo zapnutie celej elektrickej Arduino sústavy. Predposledným krokom bolo aplikovanie ochranných pomôcok proti hluku. Nasledovalo zapojenie Arduina pomocou vypínača a štart spaľovacieho motora podľa stanovených postupov. Po jeho zohriatí na prevádzkovú teplotu 70°C bolo zariadenie pripravené na jednotlivé merania.

Z výstupných hodnôt bolo možné uskutočniť tri druhy merania jednotlivých vrtúľ:

1. Meranie maximálnych a minimálnych hodnôt ťahu a otáčok
2. Merania ťahu vrtúľ pri rovnakých otáčkach

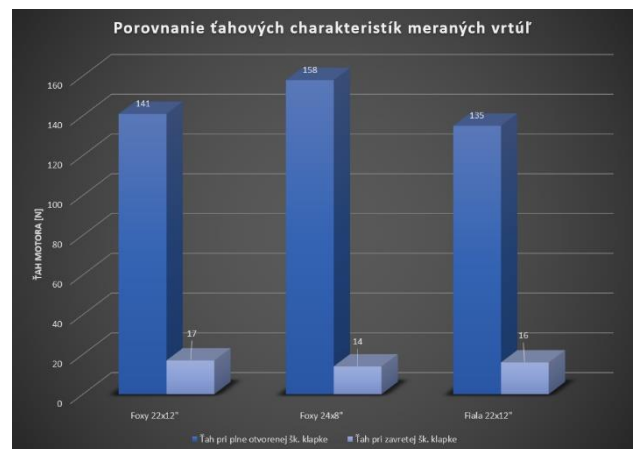
3. Závislosť ťahu a tepelnej záťaže motora od druhu použitej vrtule

4. Výsledky a analýza meraní

Po kompletom dokončení nameraných hodnôt nasledovala fáza spracovania do prezentačnej a ľahko čitateľnej formy. Bola zvolená forma grafu pre svoju jednoduchosť, praktickosť a prehľadnosť.

Tabuľka 5 Namerané parametre pre jednotlivé typy vrtúľ. Zdroj: Autori.

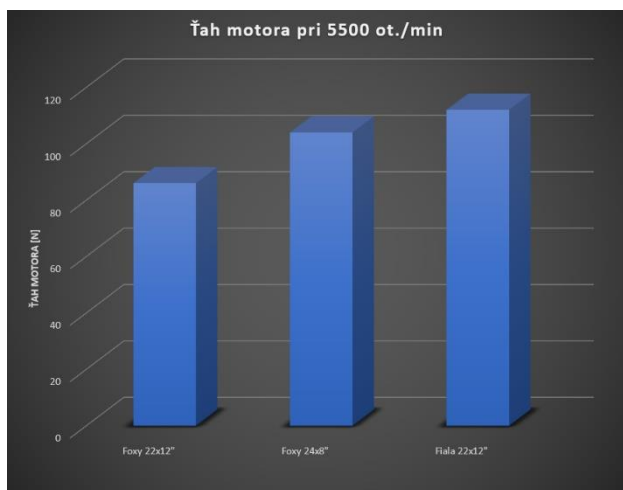
Parametre/typ vrtule	FOXY 22x12" - dvojlistá - plast so sklenenými vláknami	FOXY 24x8" - dvojlistá - bukové drevo	Fiala 22x12" - trojlistá - bukové drevo
Ťah a otáčky pri zavretej šk. klapke	17 N 2700 ot/min	14 N 2150 ot/min	16 N 2300 ot/min
Ťah a otáčky pri plne otvorenej šk. klapke	141 N 7100 ot/min	158 N 6900 ot/min	135 N 5900 ot/min



Graf 1: Porovnanie ťahových charakteristík meraných vrtúľ. Zdroj: Autori.

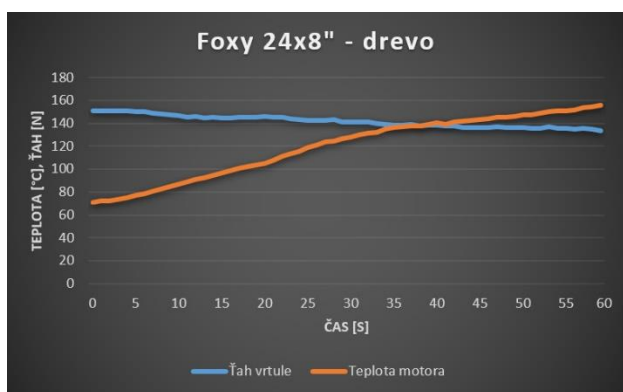
Po prezretí údajov (tabuľka 1 a graf 1) sa dá skonštatovať, že najväčší ťah dosahovala dvojlistá drevená vrtuľa Foxy 24x8“. Hneď za ňou bola dvojlistá plastová vrtuľa Foxy 22x12“. Zaujímavým faktom je, že i napriek menšiemu maximálnemu ťahu dosahovala vyššie max. otáčky ako Foxy 24x8“. Je to z dôvodu iného tvaru a šírky profilov jednotlivých rezov dvojlistých meraných vrtúľ. Na poslednom mieste skončila, čo sa týka ťahu a otáčok, trojlistá vrtuľa Fiala 22x12“. Počas merania tejto vrtule motor vykazoval počuteľné problémy vo forme pomalšej akcelerácie do vyšších otáčok. Ako je vidieť z tabuľky 3, motor pri trojlistej vrtuli dosahoval o vyše 1000 ot./min menej ako je stanovené výrobcom.

Druhé meranie bolo z hľadiska komplikovanosti najjednoduchšie. Z nameraných hodnôt sa vytvoril jednoduchý stĺpcový graf ktorý nám podáva zaujímavé informácie.



Graf 2: Ťah motora pri 5500 ot./min. Zdroj: Autori.

Z predošlého grafu (graf 2) vyšla, čo sa ťahu týka najhoršie trojlístá vrtuľa. Namerané hodnoty pri rovnakých otáčkach ju však posúvajú na prvé miesto. [44] Z toho vyplýva, že trojlístá vrtuľa dokáže pri daných otáčkach najefektívnejšie premeniť výkon od motora na užitočný ťah. Na druhom mieste je drevená vrtuľa a na treťom plastová vrtuľa od značky Foxy.



Graf 3: Teplota a ťah vrtule Foxy 24x8" – drevo. Zdroj: Autori.

Tretie, najkomplexnejšie meranie, bolo založené na meraní závislosti ťahu a teploty motora od času. Toto meranie bolo uskutočnené pre všetky tri typy vrtúľ. Z grafu (graf 3) vidieť znateľný pokles ťahu. Táto strata má hodnotu cca 10N. Straty výkonu môžu, no i nemusia mať na svedomí dve skutočnosti. Prvá, menej pravdepodobná, je nie dokonale nastavený karburátor, resp. „H“ ihla maximálnych otáčok. Spaľovací motor má membránový karburátor. To znamená, že motor nemá žiadne palivové čerpadlo a palivo sa do karburátora nasáva vplyvom podtlaku. To môže mať za následok čiastočný deficit paliva pri dlhodobom plnom plyne.

5. Prínosy projektu

5.1. Vedecký prínos

Hlavným vedeckým prínosom bolo priniesť modernú prístrojovú učebnú pomôcku na pôdu Katedry leteckej dopravy, ktorá bude slúžiť pre budúcich študentov. Úlohou tohto zariadenia bude, po celkovom dokončení senzorového vybavenia, merať zvolené parametre a vlastnosti motora v závislosti od typu požitej vrtule.

Na základe týchto údajov bude možné analyzovať a navrhnuť potrebné úpravy a modifikácie pri vývoji nových prototypov vrtúľ. Študenti v rámci predmetov Letecká vrtuľa a Letecké pohonné jednotky sa budú môcť oboznámiť so súčasným trendom a aktuálne používanými technológiami a materiálmi v týchto oblastiach. Druhou komplexnejšou a hlbšou tematikou bude riešenie problémov v oblasti zvyšovania efektívnosti ťahu a znižovania hlučnosti a hlučnosti leteckých vrtúľ.

5.2. Prínos pre prax

Pri tomto experimente bol kladený dôraz na jeho jednoduchosť a efektívnosť pričom výsledkom projektu bude plne funkčné prístrojové vybavenie, ktoré bude možné využiť pri monitorovaní rôznych typov parametrov spaľovacieho piestového motora, na základe ktorých bude následne možné určiť ďalšie postupy vo vývoji testovanej vrtule. V prípade úspešných výstupov testovania sa prístroj plánuje použiť ako praktická učebná pomôcka pre študentov Katedry leteckej dopravy, a to predovšetkým pre poslucháčov predmetov Letecké pohonné jednotky, Letecká vrtuľa a Postupy údržby 1 a 2. Prístroj bude navrhnutý a konštruovaný tak, aby bolo možné v budúcnosti modifikovať jeho komponenty, optimalizovať ho a integrovať nové zástavby. Ide predovšetkým o úpravy použitia iných spaľovacích motorov, pridanie ďalších senzorov či aktualizácia programu pre mikropočítačovú jednotku Arduino. Z hľadiska využiteľnosti pre priamu prax je projekt zameraný na spoluprácu s výrobcami leteckých

modelárskych vrtúľ, ktoré by v budúcnosti mohli byť merané v rámci spoločného výskumu a spracované v podobe záverečných prác študentov na Katedre leteckej dopravy, respektíve pre overenie návrhov a inovatívnych dizajnov nových typov vrtúľ určených pre civilné letectvo.

6. Záver

Prvým a hlavným cieľom diplomovej práce bolo skonštruovať komplexné zariadenie pre letecké motory, ktorého hlavnou úlohou bude monitorovanie vybraných parametrov motora s ich následnou analýzou a využitím týchto informácií pre účely úprav a návrhov nových prototypov vrtúľ, či už pre letecké modelárstvo alebo pre civilné letectvo. Zariadenie je schopné merať ťah a teplotu motora pri použití rôznych typov vrtúľ a súčasne tieto veličiny zapisovať a ukladať do počítača. Taktiež dokáže merať otáčky motora, ktoré však nie sú zaznamenávané systémom Arduino. Po jednotlivých meraniach je možné v programe Microsoft Excel tieto dáta analyzovať či už do formy tabuľkovej alebo grafovej a následne ich použiť pri potrebnom výskume alebo vývoji.

Meracie zariadenie bude zároveň slúžiť ako študijná a učebná pomôcka v rámci výučbových procesov na Katedre leteckej dopravy. V rámci predmetu Letecká vrtuľa budú študenti oboznámení so súčasným trendom vývoja v oblastiach aerodynamických vlastností vrtúľ, konštrukčných materiálov, znižovanie hlučnosti a zvyšovania efektívnosti ťahu za súčasného znižovania celkového aerodynamického odporu.

Celé zariadenie je vyrobené z ľahko dostupných súčiastok a materiálov tak, že nie je problém s dostupnosťou náhradných dielov alebo úpravou pre iný spaľovací motor. Táto skutočnosť dáva meraciemu zariadeniu veľký potenciál v oblastiach nových vývojových a inovatívnych úprav ďalšími študentami.

Referencie

- [1] KOVÁŘ, R. 1962. Zkoušení leteckých motorů. Část 1., 2., 3., VAAZ – jen pro potřebu posluchačů, 1962. 387 s. Číslo zakázky: 1463/62
- [2] Beňo, L. (1985). Letouny a jejich systémy 2.část/Vrtulové pohonné jednotky s piestovými motormi. SLOVAIR (Bratislava)
- [3] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P. 2006. Strojnické tabulky. Albra. 2006. ISBN 8073610337.
- [4] CNC PRISLUSENSTVO. Lineárne vedenia. [online]. Dostupné na internete: <https://www.cncprislusenstvo.sk/ako-na-stavbu-cnc-stroja/linearne-vedenia/> (citované 2021-03-20).
- [5] ILKOVIČ, D. 1962. Fyzika. Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Tisk, knižní výroba, n. p., závod Brno, provozovna 11, 1962. 792 s. 63-056-62.
- [6] DLA. DLA-64 model engine. [online]. Dostupné na internete: <http://www.dlaengine.com/contents/446/29.html> (citované 2021-03-13).
- [7] TATRAMODEL. Motor DLA-64. [online]. Dostupné na internete: <https://www.tatramodel.sk/zakladna-ponuka/spalovacie-motory/nahradne-diely/nahradne-diely-dla/2DLA0064-motor-dla-64-ccm-dvouvalec-vcetne-tlumice-a-prislusenstvi/> (citované 2021-03-20).
- [8] ARDUINO. Arduino ide. [online]. Dostupné na internete: <https://www.arduino.cc/en/software> (citované 2021-03-21).
- [9] AUTODESK. AutoCAD a Inventor. [online]. Dostupné na internete: <https://www.autodesk.com/education/edu-software/overview?sorting=featured&page=1>(citované 2021-01-10).
- [10] SCHELL. Schell v-power racing. [online]. Dostupné na internete: <https://www.shell.sk/motoristi/paliva/v-power/racing.html> (citované 2021-03-25).
- [11] TATRAMODEL. Motul 710 2T Original. [online]. Dostupné na internete: <https://www.tatramodel.sk/zakladna-ponuka/paliva-oleje/oleje/MOT104034-motul-710-2t-original-1-l/>