



DESIGN OF THE SYSTEM FOR THE OPTIMAL COMPOSITION OF THE FUEL-AIR MIXTURE OF THE M60 ENGINE

Dávid Koša
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 aim of article is to design a system for maintaining the optimal composition of the fuel-air mixture in an internal combustion engine, to describe in more detail the principle of mixture preparation with the help of carburation, and in connection with this to explain the issue of exhaust gas temperature. In the first part, the work deals with the function, then the construction, individual types of carburetor, direct and indirect fuel injection. In the second part, attention is paid to the mixture as such, its composition and especially the appropriate ratio of air and fuel. Subsequently, he deals with the issue of the temperature of the cylinder heads and the temperature of the exhaust gases, where he explains how exhaust gases are formed, what they are composed of and what effect they have on the independent operation of the engine. The last part is dedicated to the description of the experimental engine M60, in which the given parameters, construction and partially described development procedure of this experimental type of engine are briefly characterized, but also contains a proposal of a technical solution that will allow control of the composition of the mixture based on the analysis of exhaust gases.

Keywords

carburation, stoichiometric mixture, rich and poor mixture, exhaust gas temperature

1. ÚVOD

Piestové motory sa používajú, už od nepamäti a preto je dôležité ich neustále zdokonaľovať. V tomto článku sa pokúsime vysvetliť princíp tvorby zmesi a tiež to, akým spôsobom zloženie zmesi ovplyvňuje teplotu výfukových plynov a teplotu hláv valcov.

Dôležitá súčasť práce motora je ukazovateľ teplôt, či už teploty hláv valcov, alebo teploty výfukových plynov. Ak teploty presahujú povolené hodnoty je potrebné vykonať také opatrenia, vďaka ktorým bude chod motora bezpečný a pracujúci v správnom cykle. Toto vieme zabezpečiť za pomoci optimálneho nastavenia palivo-vzduchovej zmesi, na základe ochudobnenia alebo obohatenia. Za pomoci týchto atribútov sa pokúsime navrhnuť systém, ktorý bude upravovať pomer zmesi v určitých intervaloch a udržiavať teplotu v tolerančných medziach, aby nedošlo k jej zvýšeniu a nespôsobilu to nežiadúce prehriatie, alebo závažnejšie poškodenie motora.

V tomto článku si dodatočne vysvetlíme aj princíp práce lambda sondy. Na základe tohto zariadenia sa pokúsime navrhnuť systém, ktorý bude udržiavať hodnoty emisií v tolerancii a zamedzí nadmernému vylučovaniu škodlivých častíc z výfukového potrubia.

2. PRINCÍP PRÍPRAVY ZMESI

Na to, aby sme pochopili prácu výfukových plynov a mohli navrhnuť nami požadovaný druh zariadenia na udržiavanie správnych teplôt, je potrebné v prvom rade vysvetliť princíp prípravy zmesi. V tomto článku sa budeme venovať trom konkrétnym typom, a to za pomoci karburácie, priameho a nepriameho vstrekovania.

2.1. Karburácia

Princíp práce plavákového karburátora: Úlohou karburátora je predovšetkým zabezpečiť potrebné množstvo zmesi pre prácu motora. V karburátore sa nachádza plaváková komora v ktorej je uskladnené palivo. V prípade, že hladina s plavákom poklesne, ihlový ventil sa otvorí a dopustí dostatočné množstvo paliva na späť do komory. Karburátor pracuje na základe difúzora v tvare Venturiho trubice so škrtiacou klapkou. Palivová dýza je umiestnená v najužšej časti, vďaka čomu sa zvýši rýchlosť vzduchu a nastane pokles statického tlaku. Na základe rozdielu tlakov je palivo z dýzy doslova vysávané a tým, že sa zmieša so vzduchom vytvára zmes. Ak chce pilot zvýšiť výkon motora, musí škrtiacu klapku úplne otvoriť, aby sa zabezpečilo zvýšenie prietoku vzduchu a pokles statického tlaku, čo zapríčini vysatie väčšieho množstva paliva z palivovej dýzy. [1].

2.2. Nepriame a priame vstrekovanie

V jednoduchosti sme si opísali prácu karburátora, teraz sa pozrieme na priame a nepriame vstrekovanie.

Nepriame vstrekovanie u benzínových piestových motorov pracuje na takom princípe, že palivo je rozprašované v priestore sacieho potrubia pred sacím ventilom, kde sa zmiešava so vzduchom. U dieselových motorov sa nafta rozprašuje v takzvanej predkomôrke, ktorá vyúsťuje priamo do valca. [9]

Nepriame vstrekovanie sa delí na jednobodové a viacbodové. [19]

Pri jednobodovom vstrekaní je palivo vstrekané za pomoci jednej palivovej dýzy ešte pred škrtiacu klapku, kde sa zmiešava so vzduchom. Následne je zmes za pomoci sacích potrubí rozdelená k jednotlivým valcom. Nevýhoda takéhoto typu

vstrekovania je predovšetkým nerovnomernosť rozdelenia zmesi. [19]

Čo sa týka viacbodového vstrekovania, tak v tomto prípade je palivo vstrekované ku každému valcu zvlášť. To znamená, že pre každý jeden valec máme pridelenú jednu palivovú dýzu. Palivo je vstrekované do sacieho potrubia pred sacím ventilom, kde sa zmiešava so vzduchom a teda vzniká potrebná zmes pre spaľovanie. [19]

Priame vstrekovanie sa od nepriameho vyznačuje tým, že palivo a vzduch sú privádzané osobitne do každého jedného valca. Priamo vo valci sa palivo zmiešava so vzduchom a za pomoci elektrickej iskry dochádza k zapáleniu zmesi. Veľká výhoda takéhoto typu vstrekovania je, že palivo sa vo valci rozpráši rovnomerne, teda dôjde k lepšiemu zapáleniu a následnému prehoreniu zmesi. [4]

3. ZLOŽENIE ZMESI

Princíp tvorby zmesi sme si vysvetlili, teraz sa pozrieme na samotnú zmes. Zmes sa väčšinou skladá z minimálne z dvoch pracovných substancií, a to zo vzduchu a z výparov benzínu. Hlavnými prvkami, ktoré sa nachádzajú v uhľovodíkovom palive je 85 % uhlíka a 15 % vodíka, a čo sa týka vzduchu vyskytuje sa v ňom cca 23% kyslíka. Aby sa uhlík kompletne spálil v palive, kde z neho vznikne oxid uhličitý a z vodíka vznikne voda, toto sa deje v procese tzv. stechiometrickom zložení zmesi, pri adekvátnych hodnotách a to pri cca 15 kg vzduchu na 1 kg paliva. Pri procese sa môže nachádzať buď viac vzduchu, vtedy sa jedná o tzv. chudobnú zmes, prípadne vzniká aj opačná verzia, že je vzduchu menej, vtedy sa hovorí, že zmes je bohatá. Prebytok vzduchu = 1 znamená, že sa nachádza toľko vzduchu, koľko ho má byť. Všetky tzv. bohaté zmesi, čo znamená, že majú menšie množstvo vzduchu, čo je nižšia hodnota ako 1. Na prebytku vzduchu záleží aj rýchlosť spaľovania. Poznáme teda základné časti zmesi a to bohatú, kedy je pomer vzduchu a paliva 8:1, chudobnú s pomerom 20:1 a stechiometrickú s optimálnym zložením 15:1. [1]

3.1. Problémy s chudobnou zmesou

Problém s chudobnou zmesou nastáva vtedy, keď sa do spaľovacieho priestoru dostáva viacej vzduchu, čím sa zníži teplota po spaľovaní, teda dochádza k zníženiu výkonu ale aj zníženiu mernej spotreby paliva. Ak chceme dosiahnuť úsporný chod motora musíme nastaviť pomer zmesi približne 18:1, vďaka čomu zabezpečíme zvýšenie predzápalu a znížime potrebu paliva. Príliš veľké ochudobnenie by mohlo zapríčiniť horenie, už v momente otvorenia výfukového ventilu, čo môže mať vážny dopad na poškodenie piestov, ako aj samotného motora. V prípade, že by sa horúce spaliny vyskytovali v pracovnom mieste v dobe otvorenia sacieho ventilu, môže nastať stav, že na základe vysokej teploty sa zmes zapáli priamo v sacom rozvode. Takýto neželaný stav sa nazýva striefanie do nasávania (anglicky – popping back), môže spôsobiť vážne poškodenie sacieho rozvodu.

3.2. Zloženie zmesi pri jednotlivých režimoch činnosti letúna

Ideálne zloženie zmesi ovplyvňuje hlavné režimy motora a to voľnobeh, spúšťanie, vzletový výkon, stúpací výkon a cestovný výkon. Pri spúšťaní je potrebné zabezpečiť bohatú zmes pretože motor je ešte studený a palivo sa neodparuje v dostatočnom

množstve ako v bežnej činnosti, ale iba v malých čiastkach, ktoré sa odparujú pri nižších teplotách. Pri vzletovom výkone je potrebné zabezpečiť, aby hodnota zmesi bola nastavená na plne bohatú, z dôvodu kompletného spálenia paliva a zabezpečenia chladenia motora. Pre docielenie veľkého výkonu motora je potrebné zabezpečiť veľký plniaci tlak, aby do pracovného valca prúdil väčší objem vzduchu. Na základe toho, že zvyšok odpareného paliva neodchádza z valca, vzniká tvorba oxidu uhoľnatého a oxidu uhličitého z kyslíka, ktorý sa nachádza v dodávanom vzduchu. Čo sa týka stúpacieho výkonu je potrebné zväčšiť strednú účinnosť tlaku vo valci, zvýšiť otáčky a teda opäť zabezpečiť bohatšiu zmes v pomere približne 11:1. Nárastom tlaku a otáčok vzniká nárast teploty, čo môže vyvolať explóziu alebo detonácie a tomu je potrebné zabrániť. V cestovnom výkone sa snažíme doceliť zníženie spotreby paliva na základe toho, že zmes ochudobníme a zabezpečíme nižšiu potrebu paliva pre vykonanie letu. [1]

4. CHT A EGT

Pomocou nastavenia bohatosti zmesi vieme ovplyvniť aj teplotu výstupných plynov a teplotu hláv valcov. Pre nastavenie správneho fungovania riadiacej jednotky je potrebné zabezpečiť optimálne hodnoty teploty hláv valcov (CHT) a teploty výfukových plynov (EGT). Teplota hláv valcov vyjadruje, čo sa deje vo valci počas Ottovho obehu, pred otvorením výfukového ventilu, zatiaľ čo teplota výfukových plynov naznačuje, čo sa deje vo valci počas otvorenia výfukového ventilu. Údaj o CHT vyhodnocuje nevhodnosť tepelnej energie pri činnosti, na základe čoho je valec mimoriadne zaťažovaný veľkými hodnotami tlaku a teplotami. V prípade EGT sa vyhodnocuje nevhodnosť tepelnej energie pri činnosti výfukového zdvihu a toto vzniká iba v prípade, že valec je minimálne zaťažovaný, a nepôsobí na neho žiadna sila. [6]

4.1. Čo ovplyvňuje CHT ?

V prípade, že chceme doceliť zvýšenie CHT, je potrebné zvýšiť výkon motora alebo znížiť prietok prúdenia chladiacej zmesi. Zväčšenie CHT neovplyvňujú iba tieto atribúty, ktoré sme už spomenuli. Za pomoci pootočenia kľukového hriadeľa, pri hodnote 15° až 20° dosiahneme najvyšší bod úvrate a teda dokážeme zmeniť hodnotu CHT. Aby sme CHT znížili musí sa piest pri otáčaní hriadeľa objaviť neskoršie, teda ďalej od hornej úvrati. Naopak ak chceme hodnotu CHT zvýšiť, musí sa objaviť skôr teda bližšie k hornej úvrati. [6]

4.2. Termočlánok na meranie EGT

Na meranie teploty výfukových plynov sa používa termočlánková sonda (termočlánok), ktorá sa nachádza vo výfukových rozvodoch pracujúcich valcov alebo priamo vo výfuku valca, ktorý je zväčša najhoršie chladený. Okolo termočlánku vzniká termoelektrické napätie, ktoré je primerane zodpovedajúce jeho teplote, ale táto závislosť nemusí byť lineárna. Meranie elektrické napätia sa zisťuje a vyhodnocuje zariadením, ktoré je pravidelne kalibrované a priamo na ňom je zobrazovaná teplota. [1]

4.3. Čo ovplyvňuje EGT ?

Hlavný vplyv na EGT má aj zloženie zmesi, či už hovoríme o chudobnej alebo bohatej štruktúre zmesi. Znižovanie EGT môže

ovplyvniť chudobnejšia zmes, kedy menej paliva zapríčini menej energie. Taktiež v prípade obohatenia zmesi môže dôjsť k zníženiu EGT a to na základe toho, že pri zvýšení paliva sa pohlcuje tepelná energia pri odparovaní. [6]

4.4. Škodliviny nachádzajúce sa vo výfuku

Najčastejšie prvky škodlivín, ktoré sa nachádzajú vo výfukových plynach sú oxidy dusíka, uhľovodíky, oxid uhoľnatý a rôznorodé zmesi. Aby sme sa vyvarovali, takýmto nežiadúcim časticiam je dôležité, aby funkcia práce spaľovania bola správna a palivo bolo dostatočne čisté. Samozrejme palivá, ako nafta a benzín obsahujú z chemického aspektu zmes rôznorodých uhľovodíkov $C_n H_n$ (označujú sa všeobecne skratkou CH), tieto rôznorodé uhľovodíky sa v procese spaľovania vo valcoch zlúčia s kyslíkom z nasatého vzduchu. Pri tomto plynulom procese sa uhľovodíky CH pretransformujú zlúčením kyslíka na oxid uhličitý CO_2 a vodnú paru H_2O . Vieme, že podmienky spaľovania palív vo valcoch motorov, z rôznych dôvodov nie sú úplne perfektné. Taktiež ani palivá, ktoré sa používajú nie sú dôkladne chemicky čisté a teda obsahujú rôzne prídavné látky. V tomto prípade výfukové plyny pri hlavných výrobkoch zo spaľovania oxidu uhličitého CO_2 a vodnej pary H_2O , obsahujú aj rôzne iné odpadové látky. V dôsledku odpadových látok, ktoré prvky obsahujú môže dôjsť k vážnemu ohrozeniu zdravia ľudí a zvierat. [2]

4.5. Lambda Sonda

Ďalšie zariadenie, ktoré je potrebné v tomto odbornom článku spomenúť je lambda sonda.

Jedná sa o zariadenie nachádzajúce sa vo výfukovej sústave, ktoré pracuje na základe porovnávania rozdielu kyslíka v motore s kyslíkom vo vonkajšej atmosfére. Ak je rozdiel veľký, tak za pomoci chemickej reakcie vzniká elektrický signál a ten je odosielaný priamo do riadiacej jednotky na vyhodnotenie, dôsledku čoho dôjde k úprave zmesi. [11]

Toto zariadenie nám umožňuje udržiavať hodnotu škodlivých častíc v tolerančných hodnotách a teda zamedzovať nadmernej tvorbe emisií z výfukového potrubia do okolitej atmosféry. [11]

Poznáme tri druhy lambda sondy: jednoduchá, vyhrievaná a planárna.

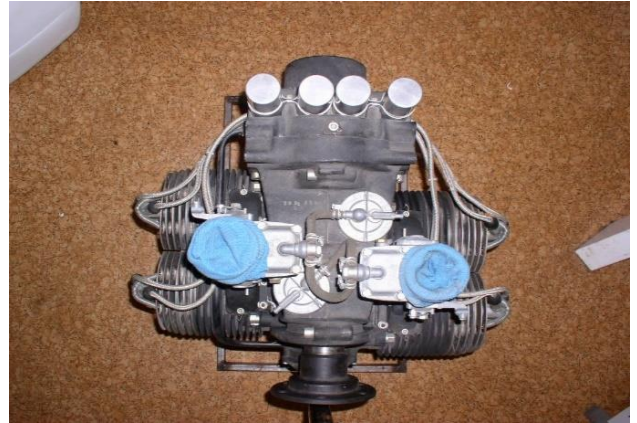
Jednoduchá sonda má najdlhší proces výroby. Tento typ je potrebné dostatočne zahrievať za pomoci teploty výfukových plynov, aby sme ju dostali čo najskôr do činnosti.

Čo sa týka vyhrievanej sondy, ako už z názvu vyplýva má vytvorené elektrické vyhrievanie pre dosiahnutie rýchlejšieho prevádzkovej teploty.

Ako posledný typ je uvádzaná planárna sonda, ktorá sa skladá z keramickej fólie, ktorá má v sebe zapustený vyhrievací systém. Tento typ sondy sa veľmi rýchlo dokáže dostať do prevádzky za pomoci vyhrievania. [11]

5. MOTOR M60

Tento motor vznikol v roku 1991 a podieľali sa na ňom dva veľké podniky Aeron Brno a Aeromot Brno. Hlavným cieľom bolo vyvinúť motor s výkonom 58 kw. [5]



Obrázok 1 – Motor M60 v navrhovanom stave.

Tento motor bol navrhnutý ako štvorvalcový experimentálny typ motora, ktorý pracuje v dvoch taktach. Hovoríme teda o piestovom spaľovacom motore, ktorý pracuje na základe nestacionárneho prúdenia to znamená, že kinetická energia sa s pohybom chronologicky mení. Pracovný cyklus sa odohráva počas jednej otáčky kľukového hriadeľa. Počas prvej doby vznikne nasatie pracovnej zmesi, následne kompresia a počas druhej doby dôjde k expanzii a výfuku. Pri dvojtaktom motore nie sú k dispozícii sací a výfukový ventil, teda motor obsahuje dva kanály a tie sa otvárajú a zatvárajú na základe zmeny otáčania piesta. Motor je chladený vzduchom za pomoci rebrovania, vďaka čomu dokážeme znásobiť plochu pre odvod tepla do okolia. Za pomoci deflektorov vhodne usmerníme vzduch pre požadované chladenie jednotlivých valcov. Výfuková sústava pozostáva zo štyroch hlavných častí: difúzor, koleso, kužel a výstupné potrubie. Účelom tejto sústavy je odvod spalín do vonkajšej atmosféry, čiastočné zníženie hluku a optimalizovanie procesu tlakových vln. [7]

Princíp rezonančnej výfukovej sústavy vzniká pri horení v spaľovacej komore, kedy dochádza k tvorbe výfukových plynov. V spaľovacej sústave sa zvyšuje tlak a naopak vo výfukovom potrubí sa zasa zníži, na základe čoho, by malo dôjsť k zvýšeniu rýchlosti molekúl až na úroveň zvuku, čo zapríčini vznik rázovej vlny. [7]

5.1. Parametre motora

1. Maximálny výkon pri vzlietaní letúna 58kw/2250min-1
2. Maximálny výkon stály 45kw/2100min-1
3. Maximálny výkon stanovený, cestovný 40kw/2000min-1
4. Maximálna výška cestovná 2500 MSA
5. Spotreba pri maximálnom vzletovom výkone 450g/kWh (max)
6. Spotreba pri maximálnom elektrickom, predpísanom cestovnom výkone 400g/kWh (max)
7. Voľnobežné otáčky motora: 700 min-1/ vrtuľa [5]

5.2. Požiadavky na hmotnosť

- Hlavné požiadavky na hmotnosť vrátane elektrického štartéra, alternátora, palivového čerpadla, obsahu oleja a zapaľovacej sústavy: 65kg
- Stanovená tolerancia výrobcom: $\pm 5\%$ [5]

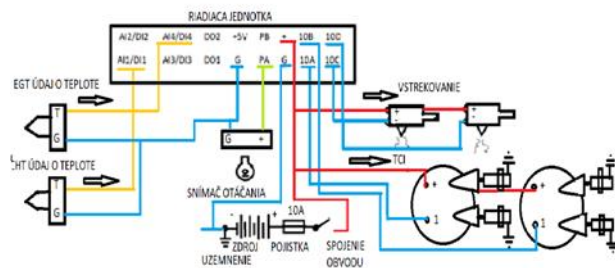
5.3. Potrebné palivo a mazací olej výrobcom

8. Automobilový benzín BA 96 SUPER

9. Mazací olej M2T

Pomer mazací stanovený výrobcom 1:40 [5].

5.4. Návrh systému pre určovanie optimálneho zloženia zmesi



Obrázok 2 - Schéma zapojenia pre meranie EGT a CHT. [Autor]

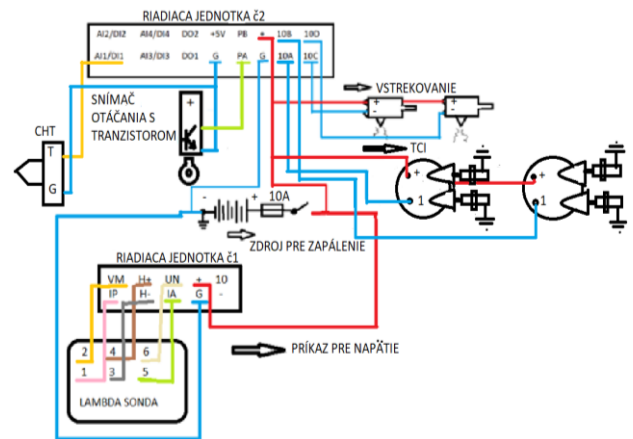
Naším cieľom je navrhnuť zariadenie, ktoré na základe CHT a EGT určí teplotné pomery v motore a z dôvodu bezpečnosti pred prehriatím vydá opatrenia, vďaka ktorým dôjde k úprave samotnej zmesi.

Systém obsahuje termočlánok na meranie teploty hláv valcov a teploty výfukových plynov. Termočlánok udáva informácie o teplote, ktoré sú vedené priamo do riadiacej jednotky na spracovanie a vyhodnotenie. Ak teplota prekračuje povolené hodnoty v systéme automaticky dochádza k spojeniu obvodu, dôsledku čoho je prúd vedený zo zdroja napätia až do samotného zapaľovacieho systému. V zapaľovacom systéme dôjde k zmene načasovania prešľahnutia elektrickej iskry v zapaľovacej sviečke a následnému zapáleniu upraveného množstva zmesi. Princíp práce takéhoto zariadenia spočíva v tom, že ak dôjde k náhlemu zvýšeniu teploty počas práce, systém automaticky upraví pomer paliva a vzduchu. Vďaka čomu vieme udržiavať chod nášho motora v správnej činnosti.

5.5. Systém pre znižovanie emisií (lambda sonda)

Cieľom takéhoto systému je dosiahnuť najnižší možný výskyt emisií z výfukového potrubia a teda znížiť hodnotu škodlivých častíc. Systém pracuje na podobnom princípe ako predošlá sústava.

Z teórie vieme, že ak dôjde k rozdielu hodnôt kyslíka v motore a kyslíka vo vonkajšom ovzduší zapríčiní to činnosť práce lambda sondy. To znamená, že riadiaca jednotka prijíma informáciu o zmene obsahu kyslíka, automaticky dôjde k spojeniu obvodu, na základe čoho je upravený pomer paliva vzduchu a tiež doba prešľahnutia elektrickej iskry pre požadované zapálenie.



Obrázok 3 - Schéma zapojenia (Lambda sonda). [Autor]

6. ZÁVER

Na základe tohto článku sme si ozrejmili funkciu prípravy zmesi, či už za pomoci karburácie, alebo priameho a nepriameho vstrekovania. V súvislosti s prípravou a zložením sme si vysvetlili, ako pomer paliva a vzduchu ovplyvňuje hodnotu EGT a CHT.

Naším prvotným cieľom bolo navrhnuť zariadenie, ktoré bude udržiavať teplotu EGT a CHT v tolerantných medziach, za pomoci upravenia pomeru zmesi. V prvom systéme, ktorý sme navrhli v jednoduchosti popisuje prácu riadiacej jednotky, ktorá prijíma informácie o teplote z termočlánku, na základe vyhodnotenia parametrov posudzuje, či je potrebné zmes v daných intervaloch upravovať alebo nie. V druhom systéme sme navrhli zariadenie, vďaka ktorému môžeme znižovať hodnotu škodlivých častíc z výfukových plynov a teda viac chrániť naše životné prostredie pred týmito nežiadúcimi časticami.

Myslíme si, že návrhy systémov, ktoré sú spomenuté v tomto odbornom článku by mohli do budúcnosti priniesť nový impulz pri konštruovaní spaľovacích motorov a taktiež skvalitniť vplyv na životné prostredie, ktoré si musíme patrične chrániť.

Podakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky **KEGA 024ŽU-4/2023** s názvom "Integrácia najnovších vedných poznatkov v rámci zvyšovania kvality praktickej a laboratórnej výučby študijného programu *Letecká doprava*".

Referencie

- [1] KRÍŽ, J. 2008. Pohonná jednotka. Žilina : ŽU EDIS, 2008. s. 285. ISBN 978-80-8070-872-6.
- [2] VIRÁG, F. 2000. Úvod do elektroniky automobilových motorov. Žilina : ŽU EDIS, 2000. s. 155. ISBN 80-7100-695-5.
- [3] WILD T, - KROES M. 2013. Aircraft powerplants. USA : Quad-Graphics, 2013. s. 786. ISBN 978-0-07-179913-3.
- [4] MAKSAJ A, - POLANSKIJ H. 1957. Teorie leteckých pístových motoru. Praha : Naše vojsko, 1957. s. 288.

- [5] JAROŠ, K. 1992. Vývoj spaľovacích motoru. Technická správa. Brno, ČR : Aeromot Brno, 27. 2 1992.
- [6] BUSCH, M. Understanding CHT and EGT. [Online] 12. 3. 2023. [cit. 17. 3. 2023.] <https://resources.savvyaviation.com/understanding-cht-and-egt-2/>.
- [7] LAPINOVÁ, B. Innovation options for selected systems of M60 engine: exhaust system and engine cooling. [Online] 5. 1 2022. [cit. 17. 3. 2023.] https://drepo.uniza.sk/bitstream/handle/hdluniza/748/2/022_Bc_v2-26-32.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [8] Peter Hrčka. Ochudobňovanie a obohacovanie leteckého piestového motora. [Online] 14. 3. 2023. [cit. 17. 3. 2023.] <https://www.aeroweb.cz/clanky/826-ochudobovanie-obohacovanie-leteckeho-piestoveho-motora-vliv-na-egt>.
- [9] AVTOTATCHKI. Priame a nepriame vstrekovanie. [Online] 13.3.2023. [cit. 17. 3. 2023.] <https://avtotachki.com/sk/raznica-mezhdu-pryamym-i-nepryamym-vpryskom-posledstviya-perf-zagryaznenie/>.
- [10] DONAIRE, D. Nepriame a priame vstrekovanie. [Online] 17.12.2021 [cit. 17. 3. 2023.] <https://www.actualidadmotor.com/sk/nepriame-vstrekovanie-a-priame-vstrekovanie/>.
- [11] AUTORIDE. Lambda sonda. [Online] 11.3.2023 [cit. 17. 3. 2023.] <https://autoride.sk/co-lambda-sonda-co-sluzi>.
- [12] JETAGE. Nestacionárne prúdenie. [Online] 12.12.2023. [cit. 17. 3 2023.] <https://jetage.sk/sk/pre-pilotov/letecky-slovník/nestacionarne-prudenie>.
- [13] MECHANICALFUNDA. TCI vs CDI. [Online] 20.3.2023 [cit. 17. 3. 2023.] <https://www.mechanicalfunda.com/2017/05/tci-vs-cdi-ignition.html#:~:text=Difference%20between%20TCI%20and%20CDI%20%3A&text=CDI%20ignition%20makes%20the%20spark,the%20current%20is%20cut%20suddenly..>
- [14] OPONEO. Lambda sonda. [Online] 10.3.2023. [cit. 17. 3. 2023.] <https://www.oponeo.sk/blog/lambda-sonda>.
- [15] MICROCHIP. Microchip. [Online] 10.3.2023. [cit. 17. 3. 2023.] <https://ww1.microchip.com/downloads/en/Appnotes/00002095B.pdf>.
- [16] JANCO, M. Na čo slúži lambda sonda. [Online] 25.1.2011. [cit. 17. 3. 2023.] <http://www.autorubik.sk/clanky/ako-funguje-a-na-co-sluzi-lambda-sonda/>.
- [17] GRIFFITH, J. What do can bus signals? [Online] 4.6.2015. [cit. 17. 3. 2023.] [https://e2e.ti.com/blogs_/b/industrial_strength/posts/what-do-can-bus-signals-look-like#:~:text=As%20stated%20in%20my%20first,low%20\(CANL\)%20bus%20wires..](https://e2e.ti.com/blogs_/b/industrial_strength/posts/what-do-can-bus-signals-look-like#:~:text=As%20stated%20in%20my%20first,low%20(CANL)%20bus%20wires..)
- [18] PICOTECHNOLOGY. Automotive guided tests. [Online] 25.2.2023. [cit. 17. 3. 2023.] <https://www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests/can-l-h/#:~:text=The%20CAN%2DL%20and%20CAN,without%20Significant%20noise%20or%20distortion.%3E>
- [19] AUTORIDE. Nepriame vstrekovanie paliva. [Online] 20.2.2023. [cit. 17. 3. 2023.] <https://autoride.sk/nepriame-vstrekovanie-paliva-o-aky-typ-vstrekovania-ide>.
- [20] IMF SOFT. 2016. ECU MASTER CDI - TCI. 2016. s. 20.
- [21] IMFSOFT. MasterScheme en. [Online] 27. 5 2016. [cit. 17. 3. 2023.] https://imfsoft.com/files/master/documentation/MasterCDI_TCI_V8_43_EN.pdf.
- [22] SAJDL, J. MPI - Multi point injection. [Online] 23.3.2023. [cit. 17. 3. 2023.] <https://www.autolexicon.net/sk/articles/mpi-multi-point-injection/>.