

# MOŽNOSTI ZVYŠOVANIA VÝKONU LETECKÝCH PIESTOVÝCH MOTOROV A ICH VÝVOJ

## POSSIBILITIES OF INCREASING THE POWER OF THE AIRCRAFT PISTON ENGINE AND ITS DEVELOPMENT

**Jakub Goldschmidt**

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia  
Jakub.Goldschmidt123@gmail.com

**Jozef Čerňan**

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia  
jozef.cernan@fpedas.uniza.sk

**Abstract** – *The purpose of this paper is to refer to possibilities of increasing the power of the aircraft piston engine. In the first part of this thesis I analyze and point out, what in general aircraft piston engine is, what parts the engine is consisted of, and what types of piston engine we know. Further, it is focused on the types of these engines as well as the differences between them. At the core of this thesis I describe the possibilities for increasing the short-term power, or long-term power of the engines, their history and also their advantages and disadvantages.*

**Key words:** piston engine, enhancing of power, injecting of water, supercharging, tuned exhaust pipes.

### I. ÚVOD

V súčasnosti, v čase globalizácie, keď sa ľudia potrebujú často a rýchlo presúvať na veľké vzdialenosti, sa letecká doprava stáva čoraz častejšie využívanou dopravou. S dopytom po leteckej preprave vzrastá aj záujem dopravcov po možnostiach zrýchlenia prepravy. Cieľom mojej bakalárskej práce je poukázať a priblížiť možnosti zvyšovania výkonu leteckých piestových motorov od ich použitia v letectve v jeho rannom období až po súčasné trendy. Práca sa zamerne nevenuje turbínovým motorom, ktoré sú osobitou kapitolou leteckých pohonov a presahovali by zámer tejto práce.

Keďže vývoj ide stále dopredu a prepravcovia potrebujú prepraviť viac ľudí, je potrebné vybaviť lietadlá výkonnejšími motormi. Konštruktéri dostali rôzne požiadavky na vytvorenie motorov, na ktorých experimentovali, a zisťovali ktoré prostriedky slúžia najlepšie na zvýšenie výkonu. V mojej bakalárskej práci chcem priblížiť jednotlivé typy piestových motorov a niektorých komponentov pomocou ktorých je možné zvýšiť ich výkon. Ďalším cieľom mojej práce je priblížiť aj históriu vývoja komponentov používaných na zvyšovanie výkonnosti piestových motorov. V jednotlivých kapitolách som sa zameril na vývoj a opis dielov piestového motora, typy

piestového motora, prácu ktorú piestové motory vykonávajú a komponenty ktoré slúžia na zvyšovanie výkonu.

Zvyšovanie výkonu motorov sa využívalo v minulosti nie len v civilnom, ale hlavne vo vojenskom letectve. Stalo sa mimoriadne dôležitým pri únikových manévroch stíhacích lietadiel počas bojov. V civilnom ale aj športovom letectve sa krátkodobé zvyšovanie výkonu využíva na skrátenie vzletu v núdzových prípadoch, zrýchlení prepravy a rýchlejšom dosiahnutí letovej výšky ako aj pri manévroch akrobatických lietadiel. Tieto možnosti by mali byť kľúčové pri zefektívnení leteckej dopravy.

### II. METODIKA A METODOLÓGIA

V tejto kapitole si priblížime a rozpíšeme, aký je hlavný cieľ mojej bakalárskej práce, a taktiež metódy, ktoré som využil pri jej spracovaní.

#### Hlavný cieľ

Hlavným cieľom mojej bakalárskej práce, je priblížiť čitateľovi, akými spôsobmi je možné zvýšiť výkon piestových leteckých motorov, aké majú tieto prostriedky využitie a ako sa časom vyvíjali.

#### Čiastkové úlohy

Moju bakalársku prácu som rozdelil na jednotlivé kapitoly a ich podkapitoly, ktoré približujú čitateľovi aké rôzne komponenty je možné použiť na zvýšenie výkonu leteckého piestového motora, či už dlhodobo, alebo krátkodobu.

V prvej kapitole mojej bakalárskej práce som rozpísal, z ktorých častí sa letecký piestový motor skladá a na čo tieto časti v motore slúžia. Taktiež som v tejto kapitole rozpísal, aké typy leteckých piestových motorov poznáme a aké sú ich výhody a nevýhody.

V druhej, tretej a štvrtej kapitole sú charakterizované a opísané tepelné cykly a taktiež princípy Ottovhomotoru, Dieslovho motora a ich historický vývoj.

V poslednej piatej kapitole, ktorú považujem za najdôležitejšiu, rozpisujem konkrétne prostriedky, ktorými je

možné zvýšiť výkon, oboznamujem čitateľa s ich históriou a taktiež som uviedol príklady, v ktorých lietadlách mali tieto prostriedky na zvyšovanie výkonu využité.

### Metódy spracovania práce

Pri tvorení mojej bakalárskej práce som používal nasledovné metódy:

### Pozorovanie

Metódu pozorovania som využíval pre popis a vysvetlenie toho, z čoho sa skladajú a načo slúžia časti z ktorých sa piestové motory skladajú, a ako pracujú tieto motory pracujú.

### Porovnanie

Túto metódu som využíval hlavne v druhej, tretej a štvrtej kapitole mojej bakalárskej práce. Porovnával som tam tepelné cykly, výhody a nevýhody princípu Dieslovho a Ottovho motora. Taktiež som v prvej kapitole porovnával rôzne typy piestových motorov, a v poslednej kapitole som využíval túto metódu na porovnanie niektorých prostriedkov, ktorými sa zvyšuje výkon.

### Analýza

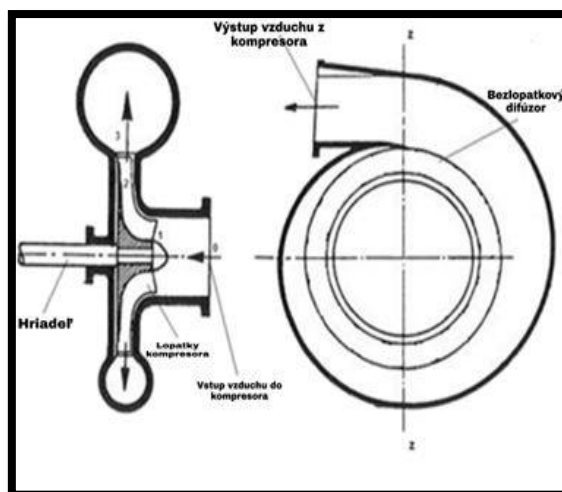
Metódu analýzy som použil vo väčšine mojej bakalárskej práce, no najviac som ju využíval v piatej kapitole, keď som rozoberal a bližšie skúmal dané princípy zvyšovania výkonu leteckých piestových motorov.

## III. ZVYŠOVANIE VÝKONU

Konštruktéri lietadiel dostali rôzne požiadavky na výrobu motorov, na ktorých experimentovali a zisťovali aké rôzne spôsoby sa dajú použiť, aby sa motorom zvýšil výkon. Existuje mnoho možností ako sa dá v motore docíliť zvyšovanie výkonu. Zvýšenie výkonu leteckých motorov slúžilo k tomu, aby lietadlá dosahovali vyššie rýchlosti, mali kratšiu vzletovú a pristávaciu dráhu, a aby mohli uniesť väčšiu hmotnosť nákladu.

## IV. PREPLŇOVANIE KOMPRESOROM

Preplňovanie je pokrokovou metódou v stavbe spaľovacích motorov, pretože umožňuje podstatne zvýšiť výkon bez toho, aby vyžadovalo zmenu základných parametrov. Podstatou preplňovania je teda snaha zvýšenia výkonu bez toho, aby bolo potrebné zväčšenie vírtania, zvýšenie počtu valcov a zväčšenie zdvihu valcov. Pri leteckých motoroch slúži kompresor k dodávaniu potrebného množstva vzduchu do vnútra valcov pod určitým tlakom. Pre zmenšenie rozmeru prevodu a zmenšenie opotrebovateľnosti ozubených kolies sa do prevodu vkladajú ďalšie ozubené kolesá, pomocou ktorých sa docíli zvyšovanie počtu otáčok kompresora. Kompresor je schopný udržovať konštantný tlak len do určitej výšky, ktorú nazývame kritická výška. Od tejto výšky sa výkon motora s výškou znižuje. [1,2,4,6



Obrázok 1: Odstredivý kompresor [1]

## V. PREPLŇOVANIE TURBOKOMPRESOROM

Najpoužívanejší spôsob zvyšovania výkonu je v dnešnej dobe preplňovanie turbokompresorom. Turbokompresor umožňuje motoru vyvinúť maximálny výkon pri prevádzke vo vysokých nadmorských výškach, alebo zvýšiť jeho výkon pri vzlete. Vo vysokých nadmorských výškach, kde je riedky vzduch má motor bez preplňovania problém so stratou výkonu a preto sa pre stlačenie vzduchu používa kompresor, ktorý odoberá z výkonu motora a turbokompresor, ktorý je poháňaný výfukovými plynmi z motora a neovplyvňuje výkon. Nezvyšuje sa iba kompresia ale aj expanzný pomer. [1,3,4,5]

## VI. VSTREKOVACIE DÝZY FIRAD

Najnovšie vstrekovacie systémy sú čoraz zložitejšie, a výrobný proces si preto vyžaduje vyšší štandard kvality. Osadením týchto dýz do motora sa zvýši krútiaci moment a tým aj výkon. Dýzy majú väčší prietok a lepšie rozprašovanie, čím sa do spaľovacej komory dostane viacej rozprášeného paliva. [7]

## VII. OSTRÉ VAČKY

Ako časté úpravy, ktoré sa vykonávajú za účelom zvýšenia výkonu motora, je výmena klasických vačiek za ostré vačky. Keďže chceme aby sa počas dosahovania vyššieho výkonu dostávalo do spaľovacej komory čo najviac paliva, musia ostať sacie ventily otvorené po čo najdlhšiu dobu. To isté platí aj pri výfukových ventiloch, ktoré tiež ostávajú otvorené čo najdlhšie aby sa výfukové plyny čo najrýchlejšie dostali preč. Výmenou klasických vačiek za ostré sa navýši výkon približne o desať percent a motor sa rýchlejšie vytočí do otáčok. [8]

## VIII. ÚPRAVA HLAVY VALCOV

Účinný, no za to náročný spôsob zvýšenia výkonu, je znížiť hlavu valcov. Táto úprava sa vykonáva na sústruhu, pričom sa hlava valcov môže znížiť len o jeden alebo dva milimetre a musí byť znížený rovnomerne. Keď sa prekročí veľkosť tohto zníženia, môže pri chode motora dôjsť k tomu, že sa piest zrazí

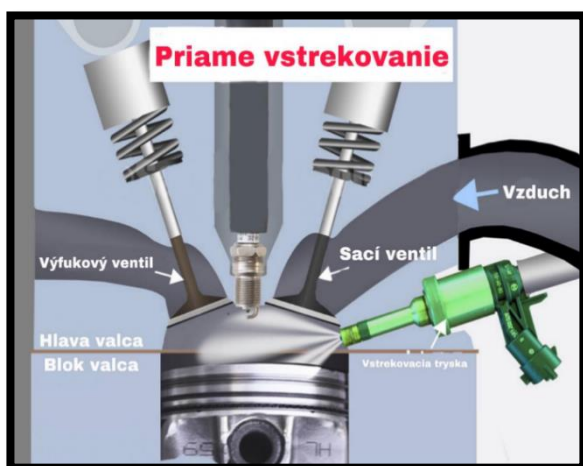
s ventilmi. Znížením hlavy valcov docielime to, že sa vo valcoch zvýši kompresný pomer a zároveň sa zvýši aj tlak vo valcoch. [9]

### IX. LADENÉ VÝFUKOVÉ ZVODY

Medzi úpravy motora, patrí aj výmena klasických sériových zvodov za ladené. Výfukové zvody sa skladajú z viacerých potrubí, ktoré sú na konci pospájané do jedného vývodu. Tento vývod, vyvádza plyny od hlavy valcov, až ku samotnému výfukovému potrubiu. Ladené zvody sú vytvarované a pospájané tak, aby odvádzali spaliny z hláv valcov čo najrýchlejšie a najefektívnejšie. [10]

### X. PRIAME VSTREKOVANIE

Motory s priamym vstrekom pripravujú zmes vzduchu a paliva už priamo v spaľovacej komore. To znamená, že palivo, ktoré je pomocou vstrekačov vstrekané do spaľovacej komory, je tak jemne rozprášené, že sa môže okamžite vznietiť bez toho, aby sa muselo premiešať v spaľovacej komore. Umožňuje to vyššiu kompresiu motora, čo má za následok vyššiu účinnosť. Táto technológia priameho vstrekovania tiež významne prispieva k lepšiemu chladeniu valca. [11, 12]



Obrázok 2: Priame vstrekovanie [2]

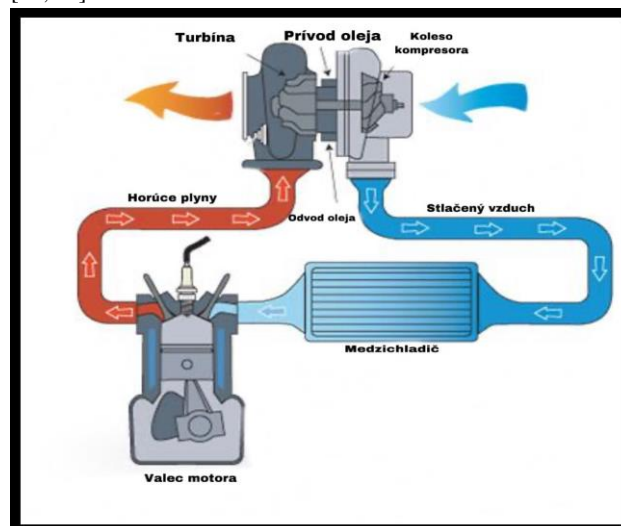
### XI. NÁPOROVÉ SANIE

Tento typ úpravy nasávania je konštrukčne náročnejší, ale zato účinný. Pri tejto úprave sa do motora vzduch dostáva náporom. Znamená to, že čím rýchlejšie lietadlo letí, tým je táto úprava účinnejšia, keďže sa do motora dostáva viac vzduchu. Prívod studeného vzduchu pracuje na princípe zvyšovania množstva kyslíka dostupného na spaľovanie s palivom. Pretože chladnejší vzduch má vyššiu hustotu, teda väčšiu hmotnosť na jednotku objemu. Prívody studeného vzduchu vo všeobecnosti fungujú tak, že sa chladiaci vzduch privádza z miest, kde je na lietadle najväčší nápor. [13, 14]

### XII. MEDZICHLADIČ

Medzichladič je zariadenie, ktoré chladí vzduch privádzaný do motora a bežne sa používa pri preplňovaných

motoroch. Do medzichladiča je privádzaný horúci vzduch z turbokompresora, ktorý sa tu ochladzuje a tým sa zväčší hustota vzduchu dodávaného do motora. Vzduch, ktorý je nasávaný do kompresora alebo turbokompresora je zosilnený a stláčaný, čím sa prirodzene zohrieva a preto je potrebné ho ochladiť. Chladením docielime, aby bolo možné natlačiť do motora čo najviac vzduchu, teda aj kyslíka ktorý sa v ňom nachádza. Väčšie množstvo kyslíka umožňuje spaľovať väčšie množstvo paliva, aby sa dodržal pomer zmesi, čo má za následok zvýšenie výkonu. [15, 16]



Obrázok 3: Vzduchom chladený medzichladič [3]

### XIII. VSTREKOVANIE LAHKOODPARITEĽNEJ KVAPALINY DO MOTORA

Pri vysokom kompresnom pomere, je do spaľovacej komory vstrekané palivo s horúcim stlačeným vzduchom z kompresora a v motore môže vznikať detonačné horenie. Vstrekovanie vody (alebo vody s metanolom), fungujú na princípe že táto kvapalina je rozprášená do sacieho potrubia, kde sa v dôsledku horúceho vzduchu vyparí a túto horúcu zmes paliva so vzduchom ochladí. Tým že je zmes ochladená zväčší sa jej hustota, a do motora sa jej zmestí viac, teda motoru sa zvýši výkon. [17, 18, 19, 20]

### XIV. TURBÍNA, KTORÁ POMÁHA POHÁŇAŤ KLEUKOVÝ HRIADEĽ

Tento motor pracuje na princípe rekuperácie výfukových plynov. Plyny ktoré opúšťajú spaľovaciu komoru, putujú potrubím až k turbíne. Vyfúknutie opisuje akýkoľvek proces, pri ktorom plyn pod vysokým tlakom expanduje cez ventil, kde sa zníži jeho tlak bez toho, aby sa pri tomto procese vykonávala práca. Vo vnútri cyklónového valca, pri otvorení ventilu na takmer atmosférický tlak výfukového potrubia, plyny opúšťajú valec zvukovou rýchlosťou pri priemernej teplote výfukových plynov. Motor s turbokompresorom, ktorý pomáha poháňať hriadeľ, používa tento vysokorýchlostný plyn na poháňanie kolesa s impulznou turbínou, ktoré pracuje tak, že absorbuje určitú časť rýchlosti plynu bez toho, aby na valce pôsobilo protitlakom. [21, 22]

## XV. MOTOR S KOVANÝMI ČASŤAMI

Kovaným motorom nazývame motor, ktorého niektoré časti sa na rozdiel od odlievajúcich vytvárajú kovaním. Týmto procesom sa zlepši pevnosť materiálu a teda aj odolnosť proti namáhaniu, pretože jeho povrch je viacej spevnený kovaním a má väčšiu hustotu. Kovanie je proces, pri ktorom sa materiál zahrieva a postupne sa stláča do určitej formy pod vysokým tlakom. Pre takéto stláčanie sa používa hydraulický lis. Naopak pri odlievaní, sa do formy, ktorá má tvar danej súčiastky, naleje roztečený materiál, ktorý sa po stuhnutí vyberie. Do odlievajúcich súčiastok sa pridáva kremík, ktorý spolu so zliatinou zabraňuje nadmernej rozťažnosti. Kremík je však krehký materiál a pri nadmernom tlaku môže súčiastka prasknúť alebo môže byť poškodená aj inými spôsobmi. Preto je potrebné so súčiastkami manipulovať opatrne. Pri kovaných častiach sa takéto deformácie stávajú málokedy. Preplňované motory sú vystavené väčšiemu množstvu mechanického namáhania a musia sa spoliehať na trvanlivé časti, ktoré sú špeciálne navrhnuté na použitie v extrémnych podmienkach. Použitím kovaných piestov v nastavení motora je určite možné získať výkonnostné body, ktoré vyhovujú akejkolvek preferovanej úprave motora. [23]



Obrázok 4: Ojnica ohnutá pod vplyvom vysokého tlaku v nekovanom motore [4]

## XVI. MOTOR SO VSTREKOVANÍM OXIDU DUSNÉHO

Oxid dusný je plyn, ktorý sám o sebe nie je horľavý, preto sa vstrekuje do horúceho motora, kde sa pri vysokej teplote oxid dusný rozloží na kyslík a dusík. Oxid dusný v sebe obsahuje takmer až dva a pól krát viac kyslíka ako toho, ktorý je obsiahnutý v atmosfére. Viacej kyslíka v spaľovacej komore urýchli horenie a teda aj zväčší prívod paliva, aby udržal správny pomer zmesi. Dusík sa pri expanzii extrémne ochladí a teda ochladí aj kyslík. To má za následok ešte väčšiu účinnosť spaľovacieho procesu. Nevýhodou tohto systému je, že zvyšovanie výkonu motora týmto systémom môžeme iba krátkodobo (15-20 sekúnd). Pri dlhodobom použití hrozí prehriatie a poškodenie motora, hlavne tým komponentom, ktoré sú spojené s rotačnou zostavou motora. Pre dlhšiu životnosť motora a ako prevencia proti poškodeniu

motora, je potrebné motor pri tejto úprave zosilniť a niektoré časti vymeniť za silnejšie kované. Pri použití oxidu dusného vo valci motora výrazne vzrastie tlak, čo má za následok detonačné spaľovanie. Aby sme zabránili detonačnému spaľovaniu, v okamihu použitia oxidu dusného musia mať motory nastavené oneskorené zapalovanie. Počas druhej svetovej vojny sa používal pre stíhacie lietadlá systém GM1, ktorý umožňoval zlepšiť výkon vo vysokých nadmorských výškach, kde je menšia hustota vzduchu a motoru klesá výkon. [24, 25]

## XVII. ZÁVER

Táto bakalárska práca podala stručný prehľad o možnostiach zvyšovania výkonu piestových leteckých motorov. Snažil som sa zhrnúť dostupné informácie o danej téme a som rád, že sa mi podarilo získať viacero poznatkov, ktoré boli pre mňa dovtedy neznáme.

V úvode mojej bakalárskej práce som popísal piestový motor a časti z ktorých sa skladá. Tieto motory umožnili rozvoj letectva, keďže stáli pri jeho zrode a mali ako jediné priaznivé pomer výkonu a hmotnosti.

Ďalej som opisoval typy piestového leteckého motora a porovnal som ich výhody a nevýhody v praxi a ich použitie na lietadlách od počiatkov rozvoja letectva. Opísal som Carnotov cyklus, Ottov a Dieslov motor a aj ich tepelné cykly a následne som sa zaoberal možnosťami zvyšovania výkonu leteckých piestových motorov ktorými v minulosti boli a aj v dnešnej dobe sú: preplňovanie kompresorom, preplňovanie turbokompresorom, použitím vstrekovacích dýz FIRAD, ostrých vačiek, úpravou hlavy valcov, nahradením sériových výfukových zvodov za ladené, použitím priameho vstrekovania, použitie náporového sania, použitie medzichladiča, použitie systému vstrekovania vody do motora, použitie turbíny, ktorá pomáha poháňať kľukový hriadeľ, výmena odliatych častí motora za kované a použitím vstrekovania oxidu dusného do motora. Konštruktéri sa snažia stále napredovať, konkurujú si a preto si myslím že zvyšovanie výkonu leteckých piestových motorov bude v budúcnosti napredovať a rozširovať svoje možnosti.

## REFERENCIE

- [1] KŘÍŽ, J. 2004. *Lietadlové pohonné jednotky*. Žilina : Žilinská univerzita, 2004. 264 s. ISBN 80-807-342-6.
- [2] ZAPLETAL, M. – MIFFEK, K. – KLIMENT, V. 1966. *Přepřehování naftových motorů*. Praha : SNTL, 1966. 242 s.
- [3] KOCÁB, J. – ADAMEC, J. 1991. *Letadlové pohonné jednotky*. 2. vyd. Praha : Nadas, 1991. 380 s. ISBN 80-7030-103-1.
- [4] WILD, T. – KROES, M. 2013. *Aircraft powerplants*. 8th edit. USA : Quad-Graphics, 2013. 768 s. ISBN 978-0-07-179913-3.
- [5] MAKSAJ, A. – POLANSKI, H. 1957. *Teorie leteckých piestových motorů*. Praha : Naše vojsko, 1957. 288 s.
- [6] SEDLÁČEK, B. 1971. *Letecký provoz: draky-motory-řístroje*. 2. vyd. Bratislava : Alfa, 1971. 306 s.
- [7] Firad: Technology. [online] Dostupné na internete: <http://www.firad.it/company/technology/?lang=en> (cit. 2020. 03. 13)

- [8] AUTORIDE. 2020. Ostré vacky: Pozri sa na ich výhody a nevýhody [online]. [cit. 2020. 02. 02]. Dostupné na internete: <<https://autoride.sk/ostre-vacky-pozri-sa-na-ich-vyhody-nevyhody/>>.
- [9] AUTOBLINK. 2019. Zníženie hlavy valcov: Čo prinesie takáto úprava motora. [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://autoblink.sk/znizenie-hlavy-valcov-co-prinesie-takato-uprava-motora/>>.
- [10] AUTORIDE. 2020. *Ladené výfukové zvody: Spôsob ako zvýšiť výkon motora.* [online]. [cit. 2020.02.02]. Dostupné na internete: <[https://autoride.sk/ako-zvysit-vykon-motora-ladene-vyfukove-zvody?fbclid=IwAR0fpLWAZbtwIbEHRS5MbIJF2lNswjOfy1IJHT9eHRFA6Y\\_BLCk26sse8cA](https://autoride.sk/ako-zvysit-vykon-motora-ladene-vyfukove-zvody?fbclid=IwAR0fpLWAZbtwIbEHRS5MbIJF2lNswjOfy1IJHT9eHRFA6Y_BLCk26sse8cA)>.
- [11] BOSCH. 2014. *How gasoline direct injection works.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/how-gasoline-direct-injection-works-42561.html>>.
- [12] CARLEZ, L. 2016. *Gasoline direct injection (GDI).* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <[https://www.aalcar.com/library/what\\_is\\_gasoline\\_direct\\_injection.htm](https://www.aalcar.com/library/what_is_gasoline_direct_injection.htm)>.
- [13] AUTORIDE. 2020. *Úprava sacieho potrubia dokáže zvýšiť výkon motora.* [online]. [cit. 2020.02.02]. Dostupné na internete: <<https://autoride.sk/ako-zvysit-vykon-motora-na-tuto-otazku-sme-pripravili-clanok-v-ktorom-sa-to-dozvies?fbclid=IwAR3TJwXHGisLBt4H2DWhva04TgZE5SMtFQIPsAvH5omsLlnVoxrDpICCos>>.
- [14] SETIAWAN, R. 2018. *Understanding a car air intake system.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://www.sgarmart.com/news/writeup.php?AID=127>>.
- [15] Turbosmart. 2012. How does intercooler work? [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://www.turbosmart.com/news/how-does-intercooler-work/>>.
- [16] WIESINGER, J. 2019. *Die Flüssigkeitskühlung.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <[https://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/kuehlung/wasse-rkuehlung.htm?fbclid=IwAR0IV6iKmrndlWTUUhTgoTjFZYm8GketrgvkOpFyy\\_Zb40fCaZikiAr5hDY](https://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/kuehlung/wasse-rkuehlung.htm?fbclid=IwAR0IV6iKmrndlWTUUhTgoTjFZYm8GketrgvkOpFyy_Zb40fCaZikiAr5hDY)>.
- [17] ANDREJČÁK, T. 2019 *Bosch: Vstrekovanie vody zníži spotrebu až o 13 %. Už v roku 2019.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://auto.pravda.sk/novinky/clanok/404279-bosch-vstrekovanie-vody-znizi-spotrebu-az-o-13-uz-v-roku-2019/>>.
- [18] FORMÁNEK, V. 2015. *Ako vstrekovanie vody zvýši výkon motora?* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://www.autoviny.sk/novinky/15508/ako-vstrekovanie-vody-zvysi-vykon-motora>>.
- [19] Tuningcardesign: *Vstrekovanie vody a metanolu Snow Performance* [online]. Dostupné na internete: <https://www.tuningcardesign.sk/vstrekovanie-vody-a-metanolu-snow-performance-stage-1-diesel/> (citované 2020-03-28)
- [20] Wikipedia: MW 50. [online]. Dostupné na internete: [https://en.wikipedia.org/wiki/MW\\_50](https://en.wikipedia.org/wiki/MW_50) (citované 2020-03-28)
- [21] [21] JÄÄSKELÄINEN, H. –MAJEWSKI, W. A. 2020. *Turbocompounding.* [online]. [cit. 2020. 02. 02] Dostupné na internete: <[https://dieselnet.com/tech/engine\\_whr\\_turbocompound.php](https://dieselnet.com/tech/engine_whr_turbocompound.php)>.
- [22] Wikipedia: Turbo-compound engine. [online] Dostupné na internete: [https://en.wikipedia.org/wiki/Turbo-compound\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Turbo-compound_engine) (cit. 2020. 03. 13)
- [23] CARSDIRECT, 2012. *The Benefits of Forged Pistons.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <[https://www.carsdirect.com/aftermarket-parts/why-install-forged-pistons?fbclid=IwAR30e-ZYeNF3b-7GhP69oipj9twK53Tj9GYhSm9\\_VNAXKuJU11AqJxqz8](https://www.carsdirect.com/aftermarket-parts/why-install-forged-pistons?fbclid=IwAR30e-ZYeNF3b-7GhP69oipj9twK53Tj9GYhSm9_VNAXKuJU11AqJxqz8)>.
- [24] TUNING SK. 2016. *Nitrous Oxide System (NOS). Čo to vlastne je ?* [online]. [cit. 2020. 02. 02] Dostupné na internete: <<https://www.autodoplnky.cz/tuning-sk/nitrous-oxide-system-nos-co-to-vlastne-je-a308033>>.
- [25] Wikipedia: Nitrous oxide engine. [online] Dostupné na internete: [https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrous\\_oxide\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrous_oxide_engine) (cit. 2020. 03. 13)
- [26] ČERŇAN, J., JANOVEC, M., HOCKO, M., & CÚTTOVÁ, M. 2018. Damages of RD-33 Engine Gas Turbine and their Causes. *Transportation Research Procedia* 35, pages 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.028>
- [27] NOVÁK, A., TOPOLEČÁNY, R., BRACINÍK, T. 2009. Výcvik leteckých posádok s využitím nových technológií. Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2009. - 94 s. ISBN 978-80-554-0108-9.
- [28] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [29] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [30] HOLODA, Š., PECHO, P., JANOVEC M. & BUGAJ, M. 2017. Modification in Structural Design of L-13 "blanik" Aircraft's Wing to Obtain Airworthiness. *Transport Problems* 7(1), pages 77-86
- [31] BUGAJ, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. *Promet - Traffic - Traffico*, 17(4), pages 231-234.
- [32] BUGAJ, M., URMINSKY, T., JURÁK, P. & PECHO, P. 2018. *Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October*, pages 1174-1178.
- [33] JANOVEC, M., SMETANA, M., & BUGAJ, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage Riveted Joints. *Transportation Research Procedia* 40, pages 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042>

## OBRÁZKY

- [1] [Zdroj: [https://www.researchgate.net/profile/Salah\\_Elmoselhy/publication/320369913/figure/fig1/AS:672921697677324@1537448443661/e-Schematic-diagram-of-the-supercharging-centrifugal-compressor-with-vaneless-diffuser.ppm](https://www.researchgate.net/profile/Salah_Elmoselhy/publication/320369913/figure/fig1/AS:672921697677324@1537448443661/e-Schematic-diagram-of-the-supercharging-centrifugal-compressor-with-vaneless-diffuser.ppm)] [cit. 2020. 02. 02]
- [2] [Zdroj: [https://www.samarins.com/check/images/direct-fuel-injection.jpg?fbclid=IwAR3nJrkjQmh8kiG2uO3zxElxpx91dgbnTcpgghgQ0xDoAgh\\_-4kziS7I2zFY](https://www.samarins.com/check/images/direct-fuel-injection.jpg?fbclid=IwAR3nJrkjQmh8kiG2uO3zxElxpx91dgbnTcpgghgQ0xDoAgh_-4kziS7I2zFY)] [cit. 2020. 02. 02]

- [3] [Zdroj:  
<https://i.pinimg.com/originals/d8/a0/4d/d8a04db79d9c90a30afa359c0e8b4c.jpg?fbclid=IwAR3zqFoSelagCmoVJkSvue5JPvDLHFy1q2fOdmk0wDch1zMEoFUsGdP7gcs>  
[cit. 2020. 02. 02]
- [4] [Zdroj:[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Bent\\_connecting\\_rod\\_2.JPG/450px-Bent\\_connecting\\_rod\\_2.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Bent_connecting_rod_2.JPG/450px-Bent_connecting_rod_2.JPG)] [cit. 2020. 02. 02]

Jakub Goldschmidt –narodený v Revúcej absolvoval v roku 2017 Evanielické Gymnázium Tisovec v Tisovci, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.