

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0259**

Výskum a vývoj technológie spaľovania na báze riadeného samovznietenia homogénnej palivovej zmesi pomocou kompresie pre redukciu emisií oxidov dusíka motorových vozidiel.

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Michal Puškár, PhD.**

Príjemca **Technická univerzita v Košiciach - Strojnícka fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

—

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Patenty (číslo prihlášky / názov / dátum podania):

1. PP 101-2017: Systém riadenia procesu samovznietenia homogénnej palivovej zmesi pomocou kompresie, 13.10.2017, dátum zverejnenia prihlášky: 06.05.2019
2. PP 50046-2018: Spaľovací priestor s implementáciou homogenizácie a riadeného samovznietenia palivovej zmesi pomocou kompresie, 27.09.2018, dátum zverejnenia prihlášky: 02.04.2020
3. PP 50050-2018: Systém korekčnej analýzy pre algoritmus riadenia spaľovacieho procesu motora, 03.10.2018, dátum zverejnenia prihlášky: 04.05.2020
4. PP 50043-2019: Duálny systém ejektorovej homogenizácie palivovej zmesi, 30.08.2019
5. PP 50045-2019: Hybridný systém tryskového riadenia spaľovacieho procesu pre HCCI motor, 11.09.2019

Úžitkové vzory (číslo prihlášky / názov / dátum podania):

6. PUV 220-2017: Systém na redukciu emisií oxidov dusíka spaľovacích motorov, 13.10.2017, dátum zápisu a číslo úžitkového vzoru: 28.05.2018, UV 8168
7. PUV 50092-2018: Spaľovací priestor na redukciu emisií spaľovacích motorov, 27.09.2018, dátum zápisu a číslo úžitkového vzoru: 19.07.2019, UV 8548
8. PUV 50094-2018: Systém na meranie riadiacich parametrov spaľovacieho procesu motora, 03.10.2018, dátum zápisu a číslo úžitkového vzoru: 18.07.2019, UV 8537
9. PUV 50071-2019: Variabilný homogenizačný systém na redukciu emisií spaľovacích motorov, 30.08.2019, dátum zverejnenia prihlášky: 03.03.2020
10. PUV 50077-2019: Systém pneumatického fázovania spaľovania na redukciu emisií

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch:

1. PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar: System based on thermal control of the HCCI technology developed for reduction of the vehicle NOX emissions in order to fulfil the future standard Euro 7 / - 2018. In: Science of the Total Environment. Vol. 643 (2018), p. 674-680. - ISSN 0048-9697, Q1, (počet citácií podľa SCI: 9)
2. PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar - PUŠKÁR, Dušan - LUMNITZER, Ján - FALTINOVÁ, Eva: Method for reduction of the NOX emissions in marine auxiliary diesel engine using the fuel mixtures containing biodiesel using HCCI combustion / - 2018. In: Marine Pollution Bulletin. Vol. 127 (2018), p. 752-760. - ISSN 0025-326X , Q1, (počet citácií podľa SCI: 10)
3. SINAY, Juraj - PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar: Reduction of the NOx emissions in vehicle diesel engine in order to fulfill future rules concerning emissions released into air / - 2018. In: Science of The Total Environment. Vol. 624 (2018), p. 1421-1428. - ISSN 0048-9697, Q1, (počet citácií podľa SCI: 10)
4. FABIAN, Michal - PUŠKÁR, Michal - BOSLAI, Róbert - KOPAS, Melichar - KENDER, Štefan - HUŇADY, Róbert: Design of experimental vehicle specified for competition Shell Eco-marathon 2017 according to principles of car body digitisation based on views in 2D using the intuitive tool Imagine and Shape CATIA V5 / - 2018. In: Advances in Engineering Software. Vol. 115 (2018), p. 413-428. - ISSN 0965-9978 , Q1, (počet citácií podľa SCI: 1)
5. PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar - KÁDÁROVÁ, Jaroslava - KENDER, Štefan - SABADKA, Dušan - PUŠKÁR, Dušan - LUMNITZER, Ján: Possibilities for reducing combustion engine fuel consumption and gas emissions / - 2018. In: Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 27, no. 4 (2018), p. 1691-1698. - ISSN 1230-1485, Q4
6. PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar - KÁDÁROVÁ, Jaroslava: Ecological analysis related to creation of gaseous emissions within transport focused on fulfilment of the future emission standards / - 2017. In: Transportation Research Part D. Vol. 57 (2017), p. 413–421, Q1, (počet citácií podľa SCI: 2)
7. PUŠKÁR, Michal - FABIAN, Michal - KÁDÁROVÁ, Jaroslava - BLIŠŤAN, Peter - KOPAS, Melichar: Autonomous vehicle with internal combustion drive based on the homogeneous charge compression ignition technology / - 2017. In: International Journal of Advanced Robotic Systems. Vol. 14, no. 5 (2017), p. 1-8. - ISSN 1729-8814, Q4, (počet citácií podľa SCI: 2)
8. PUŠKÁR, Michal; ... [et al.]: Environmental study focused on the suitability of vehicle certifications using the new European driving cycle (NEDC) with regard to the affair “dieselpgate” and the risks of NOx emissions in urban destinations / - 2019. In: Air Quality, Atmosphere and Health. - DORDRECHT (Holandsko) : Springer Nature Roč. 12, č. 2 (2019), s. 251-257 , ISSN 1873-9318, Q2, (počet citácií podľa SCI: 4)
9. PUŠKÁR, Michal; ... [et al.]: Complex analysis focused on influence of biodiesel and its mixture on regulated and unregulated emissions of motor vehicles with the aim to protect air quality and environment / - 2019. In: Air Quality, Atmosphere and Health. - DORDRECHT (Holandsko) : Springer Nature Roč. 12, č. 7 (2019), s. 855-864, ISSN 1873-9318, Q2, (počet citácií podľa SCI: 1)
10. BRESTOVIČ, Tomáš; PUŠKÁR, Michal; ... [et al.] : Operating parameters at hydrogen

leak from a metal hydride container applied in automotive industry and pressure effects of an explosion on the environment / - 2019. In: Journal of Molecular Liquids. - Amsterdam (Holandsko) : Elsevier Roč. 290 (2019), s. 11206-11206, ISSN 0167-7322, Q1

11. ŽIVČÁK, Jozef; PUŠKÁR, Michal; ... [et al.] : Development and Application of Advanced Technological Solutions within Construction of Experimental Vehicle / - 2020. In: Applied Sciences. - Basel (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute Roč. 10, č. 15 (2020), s. [1-22] [online]. - ISSN 2076-3417, Q2

12. PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar - SABADKA, Dušan - KLIMENT, Marek - ŠOLTÉSOVÁ, Marieta: Reduction of the Gaseous Emissions in the Marine Diesel Engine Using Biodiesel Mixtures / - 2020. In: Journal of Marine Science and Engineering. - Basel (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute Roč. 8, č. 5 (2020), s. [1-11] . - ISSN 2077-1312, Q2

13. BRESTOVIČ, Tomáš; PUŠKÁR, Michal; ... [et al.] : Analysis of the fast hydrogen release from the metal hydride container applied in automotive industry / - 2020. In: Fire Safety Journal : an international journal devoted to research on fire safety science and engineering. - Kidlington (Veľká Británia) : Elsevier Roč. 111 (2020), s. [1-9] [print]. - ISSN 0379-7112 , Q2

14. MALÁKOVÁ, Silvia;... [et al.] : A case study of gear wheel material and heat treatment effect on gearbox strength calculation / - 2019. In: Journal of Mechanical Science and Technology: Springer Roč. 33 č. 12 (2019), s. 1-11, ISSN: 1738-494X, Q3

Publikácie v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach WOS alebo SCOPUS:

15. PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar - PUŠKÁR, Dušan: Diagnostic and management system specified for control of engine equipped with the HCCI combustion technology / - 2018. In: Diagnostyka. Vol. 19, no. 4 (2018), s. 39-44 [print]. - ISSN 1641-6414

16. PUŠKÁR, Michal - FABIAN, Michal - TOMKO, Tomáš: Application of multidimensional statistical model for evaluation of measured data obtained from testing of the HCCI engine prototype / - 2018. In: Diagnostyka. Vol. 19, no. 1 (2018), p. 19-24. - ISSN 1641-6414

17. PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar - PUŠKÁR, Dušan: Possibilities to reduce emissions of nitrogen oxides from combustion engines specified for experimental vehicles / - 2018. In: International Journal of Vehicle Performance. - Genève (Švajčiarsko) : Inderscience Publishers Roč. 4, č. 4 (2018), s. 403-415 . - ISSN 1745-3208

18. MEDVECKÁ-BEŇOVÁ, Silvia: Designing pitch curves of non-circular gear / - 2018. In: Scientific Journal of Silesian University of Technology : Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej : Series Transport : Seria Transport. - Katowice (Poľsko) : Faculty of Transport Silesian University of Technology č. 99 (2018), s. 105-114 [print, online]. - ISSN 0209-3324

19. PUŠKÁR, Michal - KOPAS, Melichar - PUŠKÁR, Dušan - ŠOLTÉSOVÁ, Marieta: Influence of various homogenisation system configurations on output parameters of an experimental engine. / - 2020. In: Scientific Journal of Silesian University of Technology = Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej : Series Transport : Seria Transport. - Katowice (Poľsko) : Wydział Transportu Roč. 107 (2020), s. 135-152 [print, online]. - ISSN 0209-3324,

Vedecká monografia:

20. PUŠKÁR, Michal: Inovačné riešenia spaľovacích motorov / - 1. vyd. - Košice : Technická univerzita v Košiciach - 2020. - 104 s. [print]. - ISBN 978-80-553-3394-6.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky výskumu získané počas riešenia projektu, nachádzajú medzinárodný citačný ohlas

a predstavujú prínos pri riešení emisnej problematiky vozidiel a aplikačných problémov HCCI technológie. Medzi zásadné problémy tejto technológie patrí riadenie procesu samovznietenia zmesi. Výskum a vývoj realizovaný v rámci projektu priniesol viaceré nové riešenia. Medzi najvýznamnejšie výstupy patrí „Spaľovací priestor s implementáciou homogenizácie a riadeného samovznietenia palivovej zmesi pomocou kompresie“ (PP 50046-2018). Riešenie umožňuje lepšiu zapaliteľnosť zmesi pomocou riadeného samovznietenia a zapaľovacia sviečka sa využíva len pri studených štartoch pre dosiahnutie optimálnej pracovnej teploty. Zároveň bol navrhnutý „Hybridný systém tryskového riadenia spaľovacieho procesu pre HCCI motor“ (PP 50045-2019). Prínosom tohto systému je, že zápalná zmes vzduchu a paliva je v spaľovacom priestore HCCI motora zapaľovaná pomocou kompresie vysokotlakového prúdu vzduchu, čo umožňuje presné riadenie fázovania spaľovania. Okrem toho bol vyvinutý a testovaný systém na báze tepelného riadenia, ktorý pod názvom „Systém riadenia procesu samovznietenia homogénnej palivovej zmesi pomocou kompresie“ je taktiež predmetom patentovej prihlášky (PP 101-2017). Aplikácia tohto riešenia bola tiež publikovaná v karentovanom časopise. Pri vývoji ovládacieho algoritmu vznikla potreba riešiť problematiku odchýlok reálnych výstupných hodnôt zapaľovacej krivky a s tým súvisiacej palivovej mapy, ktoré boli síce nepatrné, ale hlavne vo vyššom otáčkovom spektre motora mali zásadný vplyv na stabilitu HCCI spaľovacieho procesu. Preto bolo navrhnutý „Systém korekčnej analýzy pre algoritmus riadenia spaľovacieho procesu motora“ (PP 50050-2018), ktorý zabezpečoval spätnú väzbu pri vývojových prácach. V rámci výskumných aktivít bol tiež vyvinutý „Duálny systém ejektorovej homogenizácie palivovej zmesi“, (PP 50043-2019). Tento systém s využitím ejektorovej sústavy a zásobníka vzduchu prispieva k homogenizácii palivovej zmesi. Výsledky experimentálnych meraní potvrdili prínos tohto konceptu. Výsledky výskumu realizovaného v rámci projektu našli uplatnenie pri stavbe experimentálnych vozidiel a ich pohonných jednotiek pre súťaž „Shell Eco marathon“, ktorá predstavuje výrobnú platformu pre realizáciu a prezentáciu motorových inovácií. Výskum, vývoj a aplikácia patentovaných riešení prebiehal aj motore pretekárskeho motocykla, kde boli testované jednotlivé koncepty v rôznych prevádzkových režimoch. Medzi výsledky projektu, ktoré môžu nájsť uplatnenie v praxi patrí aj výskum zameraný na redukciu emisií pomocou experimentálnych palív. Podrobné výsledky boli predmetom viacerých karentovaných publikácií a sú predmetom záujmu odbornej verejnosti o čom svedčia citácie v zahraničných karentovaných časopisoch.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

V súlade so stratégiou RIS3 bol hlavným cieľom riešeného projektu výskum a vývoj technológie spaľovania na báze riadeného samovznietenia homogénnej palivovej zmesi pomocou kompresie (HCCI) pre redukciu emisií oxidov dusíka motorových vozidiel. Dôraz bol kladený aj na znižovanie emisií s využitím experimentálnych palív v reálnych motoroch. Vzhľadom k stanoveným cieľom bol urobený teoretický rozbor zameraný na možnosti redukcie spotreby paliva, emisií a bola vykonaná analýza vplyvu jednotlivých komponentov na samovznietenie zmesi. Výskum a vývojové práce prebiehali na viacerých typoch motorov vrátane automobilových pohonných jednotiek. K najvýznamnejším výsledkom projektu patria hlavne nové riešenia zamerané na riadenie procesu samovznietenia zmesi, ktoré sú zároveň predmetom viacerých patentových prihlášok. V súlade s parciálnymi cieľmi projektu bola pozornosť orientovaná aj na súťaž „Shell Eco marathon“, kde okrem na základe výsledkov výskumu vzniklo niekoľko prototypov vozidiel a viacero motorových verzií. Medzi najdôležitejšie výstupy dosiahnuté pri riešení projektu možno tiež zaradiť 14 publikácií v zahraničných karentovaných časopisoch. Medzi zásadné výsledky patrí aj 27 citácií v zahraničných karentovaných časopisoch na publikácie vytvorené v rámci riešenia projektu (bez autocitácií). Medzi ďalšie výstupy a prínosy možno zaradiť 7 publikácií v recenzovaných vedeckých časopisoch v SR a 8 vedeckých prác publikovaných v recenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí, z ktorých 7 je zároveň registrovaných v databázach WOS alebo SCOPUS. Výstupy tiež zahŕňajú aj 13 vedeckých prác publikovaných v nerecenzovaných odborných časopisoch a zborníkoch v SR a 11 v nerecenzovaných odborných časopisoch a zborníkoch v zahraničí. Medzi výstupy a prínosy projektu možno zaradiť aj vedeckú monografiu. Tieto výstupy je možné doplniť o oblasť

špeciálnych výstupov vo forme bakalárskych, diplomových a dizertačných prác, ktoré boli riešené v rámci projektu. Medzi prínosy projektu možno zaradiť aj popularizačné aktivity, ako sú prezentácie na podujatiach „Európska Noc výskumníkov“ alebo „Medzinárodný strojársky veľtrh.“ Možno konštatovať, že stanovené ciele boli splnené v plnom rozsahu.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

In accordance with the RIS3 strategy, the main goal of the solved project was research and development of the combustion technology based on the controlled self-ignition of homogeneous fuel mixture by the compression (HCCI) in order to reduce the nitrogen oxide emissions arising from the motor vehicles. The emphasis was also placed on reduction of engine emissions using the experimental fuels applied in the real engines. With regard to the defined goals, there was realised a theoretical analysis focused on the possibilities of fuel consumption reduction, emission reduction as well as analysis of influence of the individual components on the fuel mixture self-ignition. The research and development activities were carried out on the several types of engines, including the automotive driving units. The most important results of the project include mainly the new solutions developed for control of the fuel mixture self-ignition process, which are also the subject of several patent applications. Taking into consideration the partial goals of the project, the attention was also paid on the "Shell Eco marathon" competition, where, in addition to the results of the performed research, several prototype vehicles as well as various engine versions were created. 14 publications in the foreign peer-reviewed professional (CC) journals can also be included among the most important outputs achieved during solution of this project. The important results also include 27 citations in the foreign peer-reviewed professional(CC) journals relating to the publications created within the project solution (without self-citation). Other outputs and benefits include 7 publications in the peer-reviewed scientific journals in the Slovak Republic and 8 scientific papers published in the peer-reviewed scientific journals abroad, 7 of which are also registered in the WOS or SCOPUS databases. The outputs also include 13 scientific papers published in the non-peer-reviewed professional journals and proceedings in the Slovak Republic and 11 in the non-peer-reviewed professional journals and proceedings abroad. A scientific monograph can be included among the fundamental outputs and benefits, as well. These outputs can be supplemented by the area of special outputs presented in the form of bachelor's works, diploma works and dissertation theses, which were solved within the project. The benefits of the project also include various popularization activities, such as presentations at the events "European Researchers' Night" or "International Engineering Fair." It can be stated that the determined goals have been fully met.