

УДК 621.436.12
UDC 621.436.12

ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЯ В ГАЗОДИЗЕЛЬ, ЯК МОЖЛИВІСТЬ РОЗШИРЕННЯ ПАЛИВНОЇ БАЗИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Ковбасенко С.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Петренко В.Г., кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Гутаревич С.Ю., кандидат технічних наук, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна

Голик А.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

REFITTING DIESEL FUEL SYSTEM TO DUAL FUEL DIESEL FOR POSSIBLE EXPANSION OF FUEL BASE ROAD TRANSPORT

Kovbasenko S.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Petrenko V.G., Ph.D., National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

Hutarevych S.Y., Ph.D., SD «StatevehicleSRİproject», Kyiv, Ukraine

Holyk A.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ В ГАЗОДИЗЕЛЬ, КАК ВОЗМОЖНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ БАЗЫ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Ковбасенко С.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Петренко В.Г., кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

Гутаревич С.Ю., кандидат технических наук, ГП «ГосавтотрансНИИпроект», Киев, Украина

Гольк А.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

З кожним роком у світі і в Україні зростає кількість автотранспортних засобів, значна частина яких обладнана двигунами, що працюють за дизельним циклом. Крім того, у зв'язку зі збільшенням ціни на дизельне паливо (ДП) приділяється все більше уваги питанням зменшення витрат на експлуатацію автотранспортних засобів. Тому впродовж останніх десятиліть не зменшується інтерес до пошуку палив для часткової або повної заміни традиційних моторних палив та для зменшення шкідливих викидів (ШВ) у відпрацьованих газах (ВГ) [1,2]. Ведуться пошуки різних альтернативних видів палива, які могли б використовувати в двигунах внутрішнього згорання, таких як газохол (90% бензину + 10% етилового спирту), водень, спиртові палива (метанол та етанол), газові палива (етан, пропан, бутан та метан), а також біопалива (біогаз та біодизель, для виробництва якого використовують олії соняшнику, сої, ріжю, льону та ріпаку).

Одним зі способів зниження витрат на експлуатацію дорожніх транспортних засобів (ДТЗ), що працюють за дизельним циклом, є використання стисненого природного газу (СПГ) в якості моторного палива. Використання СПГ дизелями за газодизельним циклом має низку переваг: дозволяє розширити паливну базу автомобільного транспорту (двопаливність системи), є більш екологічним паливом, оскільки містить переважно метан (96-98%), а також є більш безпечним в порівнянні з рідким нафтовим паливом [3]. На рис.1 показано шляхи використання природного газу в якості моторного палива.

Переобладнання дизельного транспортного засобу для роботи за газодизельним циклом полягає у встановленні газобалонного обладнання, яке включає: газові балони, газові форсунки, газовий редуктор, датчики (положення важеля подачі палива, температури відпрацьованих газів тощо), блок управління та додаткові електричні кабелі (за умови використання мікропроцесорної техніки), а також трубопроводи.

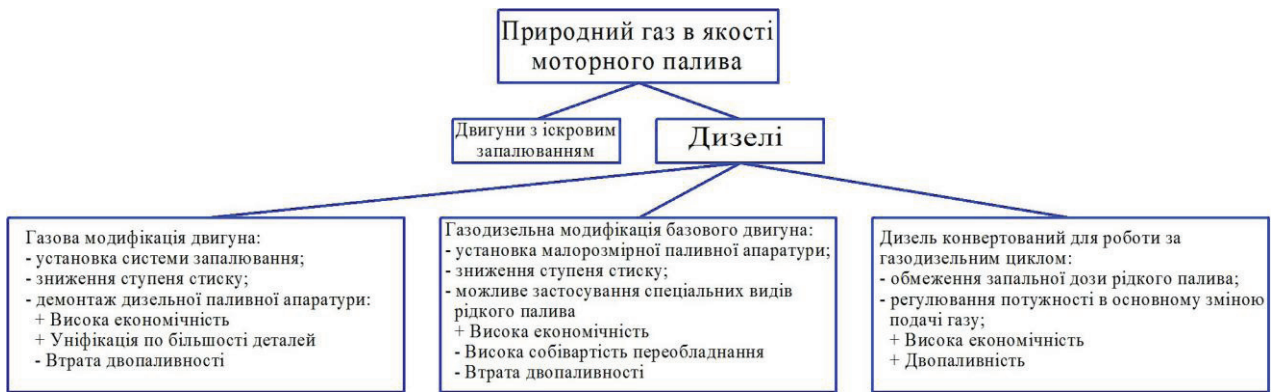


Рисунок 1 – Шляхи використання природного газу в якості моторного палива

Важливою і актуальною науково-технічною задачею є дослідження можливості часткової заміни дизельного палива стисненим природним газом шляхом переобладнання дизеля в газодизель в умовах експлуатації та визначення паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників ДТЗ.

Для вирішення цієї задачі в Україні і світі тривають дослідження щодо можливості використання СПГ для часткової заміни ДП та поліпшення паливно-економічних та екологічних показників ДТЗ. Дослідження використання стисненого природного газу в Національному транспортному університеті проводяться впродовж багатьох років [4]. Вони засвідчили, що використання СПГ дозволяє зменшити споживання ДП на 70%. Для прикладу на рис. 2 наведено навантажувальні характеристики роботи дизельного двигуна Д245.7 при частоті обертання $n_d=2200 \text{ хв}^{-1}$ за дизельним і газодизельним циклами.

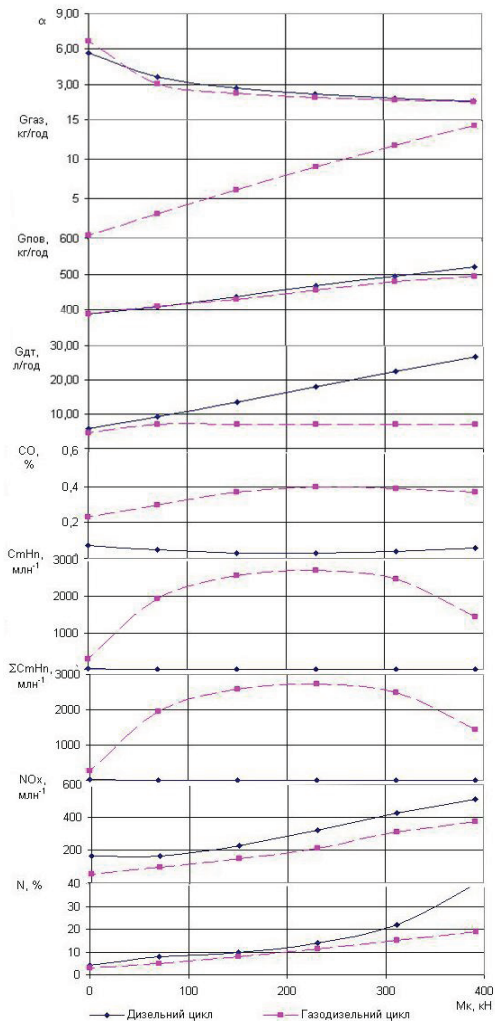


Рисунок 2 – Порівняльні навантажувальні характеристики дизеля при роботі за дизельним та газодизельним циклами ($n_d=2200 \text{ хв}^{-1}$)

Як видно з характеристики, годинна витрата ДП ($G_{ДП}$) при максимальному крутному моменті та частоті обертання $n_d=2200 \text{ хв}^{-1}$ менша на 57% при роботі за газодизельним циклом, ніж при роботі за дизельним циклом. Годинна витрата повітря за дизельним та газодизельним циклом майже не відрізняється. Спостерігається збільшення викидів вуглеводнів за обома методами вимірювання (полум'яно-іонізаційного допалювання та інфрачервоної спектроскопії), але переважно вуглеводні складають метан, який є екологічно безпечним газом. Концентрація оксидів азоту NO_x зростає зі збільшенням крутного моменту, як за дизельним так і за газодизельним циклом. Однак, концентрація NO_x за газодизельним циклом менша на 25%, ніж за дизельним циклом. Також спостерігається зменшення димності відпрацьованих газів на 21% при роботі за газодизельним циклом, що свідчить про більш краще згоряння робочої суміші. Щодо концентрації CO , то при роботі за дизельним циклом їх кількість становить 0,07%, а при роботі за газодизельним циклом 0,26%.

Використання лише механічних способів регулювання подачі палива не дозволяє знизити частку запальної дози ДП менше 30%.

В останніх дослідженнях наведених в роботі [5], встановлено, що при переведенні дизелів транспортних засобів на роботу за газодизельним циклом частка запальної дози ДП в сучасних системах Common Rail може складати 15%. В дослідженні розглядається не тільки використання СПГ в якості моторного палива в дизельному двигуні, що працює за газодизельним циклом, а також і використання інших газів, таких як етан та пропан. На рис.3 показано вплив кута випередження впорскування палива (θ) та частки запальної дози ДП ($U_{ДП}$) на концентрацію ШВ у відпрацьованих газах [5].

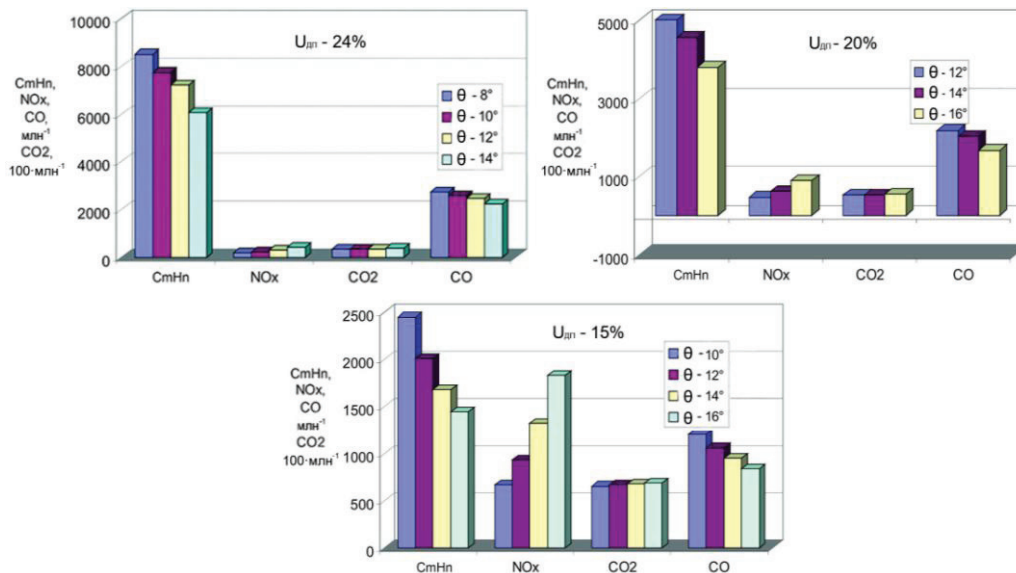


Рисунок 3 – Вплив кута випередження впорскування запальної дози ДП на концентрацію ШВ у ВГ при частоті обертання 3000 хв^{-1}

Як видно з рис.3 зміна кута випередження впорскування палива суттєво впливає на концентрацію ШВ. Збільшення кута випередження впорскування палива призводить до значного зниження концентрації вуглеводнів та CO , але в той же час збільшується концентрація оксидів азоту NO_x у ВГ. На рис.4 [5] показано вплив зміни частки запальної дози ДП та кута випередження впорскування палива на крутний момент та ККД двигуна.

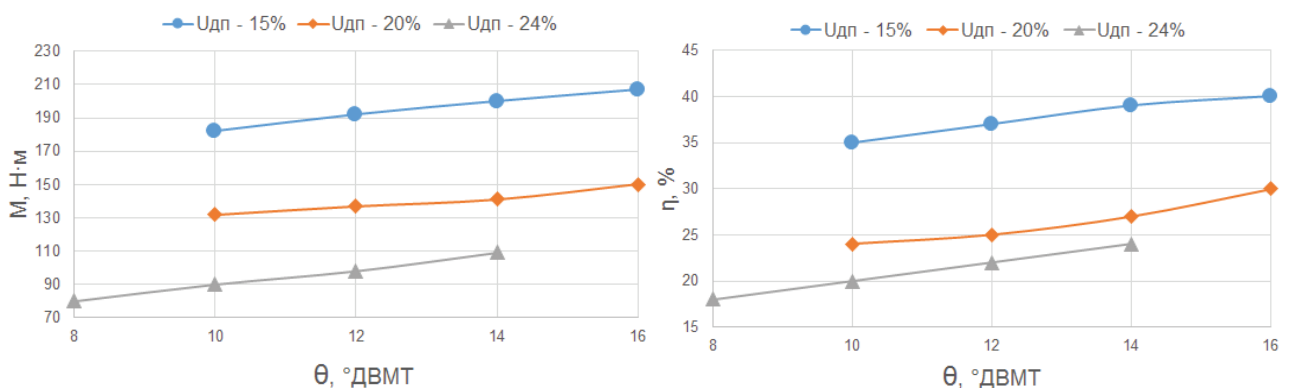


Рисунок 4 – Вплив кута випередження впорскування ДП на крутний момент та ККД

З представлених характеристик видно, що зменшення частки ДП і збільшення кута випередження впорскування палива призводить до збільшення крутного моменту двигуна та його ККД. Отже, для отримання вищого крутного моменту та збільшення ККД двигуна доцільно зменшувати частку ДП та збільшувати частку СПГ.

Зменшити частку ДП можна за допомогою використання модуляторів імпульсу тиску (МІТ), які дають змогу зменшити запальну дозу ДП до 5% в судових газодизель-генераторах [6]. Також для забезпечення належної роботи двигуна за газодизельним циклом в залежності від режимів його роботи необхідно використання мікропроцесорної техніки та розробка програмного забезпечення для систем автоматичного регулювання частоти обертання колінчастого вала дизеля [7,8]. Важливим питанням є налаштування пропорційно-інтегрально-диференціального регулятора (ПІД регулятора) при використанні мікропроцесорних систем керування, оскільки від його налаштування змінюється кут нахилу та зміщення, наприклад, кривої спрацювання газових електромагнітних форсунок.

Тому для подальших досліджень слід розробити газодизельну систему з використанням мікропроцесорної техніки, яка дозволить налаштувати систему на роботу за певним алгоритмом в залежності від умов експлуатації ДТЗ. Запропонована система має покращити процес згоряння робочої суміші на часткових навантаженнях, а саме за рахунок зміни фази впорскування циклової порції газового палива залежно від навантаження, а також забезпечити живлення газових форсунок змінним тиском залежно від режиму роботи двигуна. Також система перевіряє роботоздатність всіх датчиків (датчик тиску, температури, положення важеля подачі палива тощо) та форсунок, узгоджує роботу системи в залежності від режиму роботи двигуна та налаштувань ПІД регулятора. Наприклад, розрахунок частоти обертання колінчастого вала та узгодження частоти з датчиком фази розподільчого вала та датчиком положення важеля подачі палива здійснюється за наступною схемою.

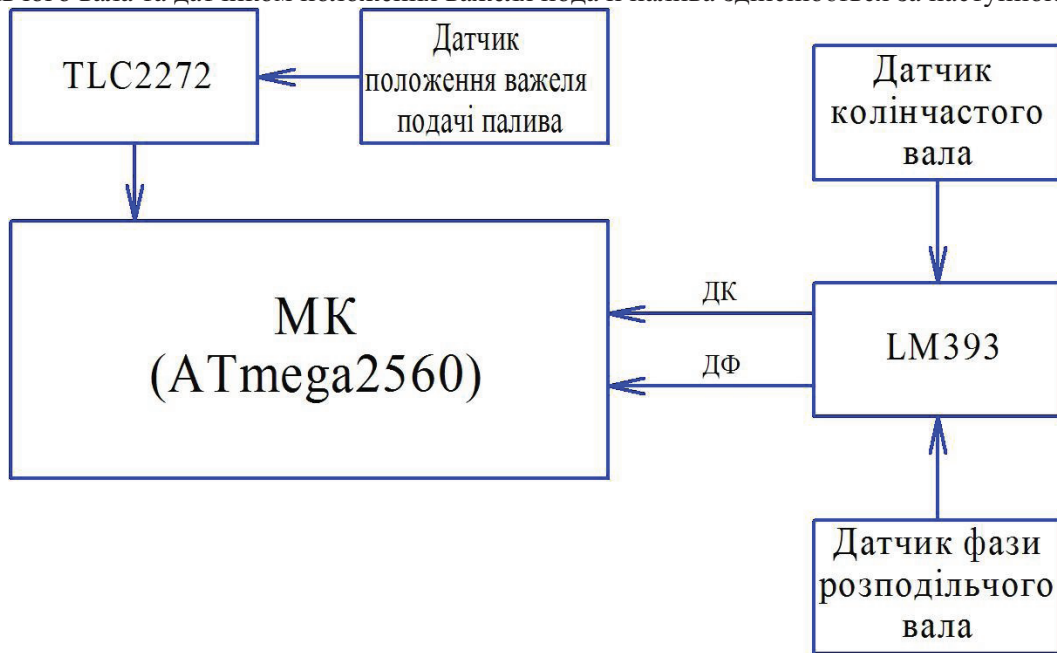


Рисунок 5 – Структурна схема регулятора частоти обертання

Схема працює наступним чином: робота газодизельної системи живлення та регулювання подачі палива відбувається в залежності від отриманих і узгоджених даних від датчиків колінчастого вала, розподільчого вала та положення важеля подачі палива. Отримані дані узгоджуються мікроконтролером АТmega2560, який керує всією мікропроцесорною системою живлення. В залежності від отриманих даних мікроконтролер обчислює реальну частоту обертання вала двигуна, згідно з якою регулюється фаза впорскування циклової подачі газового палива та подача запальної дози ДП. Така система живлення не потребує значної зміни в дизельній системі живлення, що суттєво впливає на час встановлення та вартість системи і відповідно на термін її окупності.

В результаті проведеного аналізу встановлено, що використання стисненого природного газу ДТЗ є одним зі способів часткової заміни ДП та покращення паливно-економічних та екологічних показників. Переведення дизеля в газодизель та використання мікропроцесорної техніки дозволяє більш точно налаштувати систему в залежності від режиму роботи дизеля ДТЗ в умовах експлуатації та знизити частку ДП менше 30%. Тому для зменшення запальної дози ДП та поліпшення екологічних показників ДТЗ необхідна розробка нової мікропроцесорної системи живлення для проведення подальших досліджень дизелів, переобладнаних в газодизелі в умовах експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Scott P. Jensen. A Retrofit System To Convert A Locomotive To Natural Gas Operation [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.energyconversions.com/ASMEpaperconversion.pdf>.
2. Microprocessor Dual-Fuel Diesel Engine Control System / L.E. Gettel, G.C. Perry, J. Boisvert, P.J. O'Sullivan – SAE Techn. Paper Ser, 1986. –№861577. –р. 1-10.
3. Ковбасенко С. Перспективи використання природного газу двигунами транспортних засобів в Україні/ С.Ковбасенко, М.Назаренко, В.Петренко, А.Голик// Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia / pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy Monographia nr 7 ; Seria: Transport ; Politechnika Rzeszywska im. Ignacego Łukasiewicza. –Rzeszów : 2016. –С. 159–164.
4. Назаренко М.Б. Покращення екологічних показників КТЗ переобладнанням дизелів в газодизелі в умовах експлуатації: дис.канд. техн. наук – К: НТУ, 2009.
5. Mikulski Maciej, Wierzbicki Sławomir, Ambrosewicz-Walacik Marta, Duda Kamil and Piętak Andrzej. Combustion of Gaseous Alternative Fuels in Compression Ignition Engines [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.5772/61663>.
6. Доценко С.М. Підвищення паливної економічності суднових газодизель-генераторів шляхом інтенсифікації впорскування запального палива: дис.канд. техн. наук – Миколаїв: НУК, 2006.
7. До Ань Туан. Методи підвищення технічних характеристик паралельно працюючих газодизель-генераторних агрегатів: дис.канд. техн. наук – Херсон: ХНТУ, 2008.
8. Лісовал А.А. Теоретичні основи управління подачею палива і повітря в дизелях з газотурбінним наддувом: дис.докт. техн. наук – К: НТУ, 2011.

REFERENCES

1. Scott P. Jensen. A Retrofit System To Convert A Locomotive To Natural Gas Operation [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.energyconversions.com/ASMEpaperconversion.pdf>.
2. Microprocessor Dual-Fuel Diesel Engine Control System / L.E. Gettel, G.C. Perry, J. Boisvert, P.J. O'Sullivan – SAE Techn. Paper Ser, 1986. –№861577. –р. 1-10.
3. Kovbasenko S. Prospects Of Natural Gas Using On Engines Of Vehicles In Ukraine/ S.Kovbasenko, M.Nazarenko, V.Petrenko, A.Holyk// Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia / pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy Monographia nr 7 ; Seria: Transport ; Politechnika Rzeszywska im. Ignacego Łukasiewicza. –Rzeszów : 2016. –р. 159–164. (Ukr)
4. Nazarenko M.B. Improving the environmental performance of diesel vehicles into gas refurbishment in operation: dis.PhD – K: NTU, 2009. (Ukr)
5. Mikulski Maciej, Wierzbicki Sławomir, Ambrosewicz-Walacik Marta, Duda Kamil and Piętak Andrzej. Combustion of Gaseous Alternative Fuels in Compression Ignition Engines [Electronic resource] – Access mode: <http://dx.doi.org/10.5772/61663>.
6. Dotsenko S.M. Increasing fuel efficiency of marine gas diesels generators by intensifying the inflammatory fuel injection: dis.PhD – Mykolaiv: NUS, 2006. (Ukr)
7. Do An Tuan. Methods to improve the technical characteristics of parallel working gas diesels generator units: dis.PhD – Kherson: KNTU, 2008. (Ukr)
8. Lisoval A.A. Theoretical foundations of fuel and air feeding in a supercharged diesel gas turbine: dis.PhD – K: NTU, 2011.(Ukr)

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Переобладнання дизеля в газодизель, як можливість розширення паливної бази автомобільного транспорту / С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, С.Ю. Гутаревич, А.В. Голик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті розглянуто доцільність переобладнання дизеля в газодизель з використанням мікропроцесорної техніки, а також можливість використання СПГ для часткової заміни традиційного нафтового палива дизелями ДТЗ.

Об'єкт дослідження – паливно-економічні, екологічні та енергетичні показники дизеля, що працює за газодизельним циклом.

Мета роботи – визначення доцільності переобладнання дизеля в газодизель.

Метод дослідження – аналіз існуючих досліджень та розробка власної системи управління для роботи дизеля за газодизельним циклом.

Використання СПГ, як моторного палива, яке може частково замінити традиційне нафтове паливо, є перспективним і має низку переваг. Встановлено, що при використанні мікропроцесорної техніки частку запальної дози ДП можна знизити менше 30%.

Результати статті можуть бути застосовані для подальшої розробки газодизельної системи живлення з використанням СПГ.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – розробка газодизельної системи живлення для заміни дизельного палива СПГ та поліпшення паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників дизелів ДТЗ в умовах експлуатації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТИСНЕНИЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ПІД РЕГУЛЯТОР, ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ, ВИКИДИ, ЗАПАЛЮВАННЯ ВІД СТИСКУ.

ABSTRACT

Kovbasenko S.V., Petrenko V.H., Hutarevych S.Y., Holyk A.V. Refitting diesel fuel system to dual fuel diesel for possible expansion of fuel base road transport . Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

In the article is considered the expediency of refitting diesel fuel system to dual fuel using microprocessor technology and the use of CNG for partial replacement of the traditional petroleum fuel by vehicles.

Object of the study – the fuel-economic, environmental and energy performance diesel engine that runs on dual fuel system using CNG.

Purpose of the study – determine the expediency of refitting diesel to dual fuel diesel.

Method of the study – analysis of existing research and development of its own management system for diesel that runs on dual fuel system using CNG.

Use of CNG as motor fuel, which may partly replace traditional petroleum fuel is promising and has a number of advantages. Established that the use of microprocessor technology can reduce injection dose the diesel fuel share less than 30%.

The results of the article can be used to further develop dual fuel system using CNG.

Forecast assumptions about the object of the study – develop dual fuel system to replace diesel fuel CNG and improve the economic, environmental and energy performance diesel vehicles in operation.

KEYWORDS: COMPRESSED NATURAL GAS, PID CONTROLLER, DIESEL, DUAL FUEL, EMISSIONS, COMPRESSION IGNITION.

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Переоборудование дизеля в газодизель как возможность расширения топливной базы автомобильного транспорт / С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, С.Ю. Гутаревич, А.В. Голык // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрена целесообразность переоборудования дизеля в газодизель с использованием микропроцессорной техники, а также возможность использования СПГ для частичной замены традиционного нефтяного топлива дизелями ДТС.

Объект исследования – топливо-экономические, экологические и энергетические показатели дизеля, который работает за газодизельному циклу.

Цель работы – определение целесообразности переоборудования дизеля в газодизель.

Метод исследования – анализ существующих исследований и разработка собственной системы управления для работы дизеля за газодизельным циклом.

Использование СПГ, как моторного топлива, которое может частично заменить традиционное нефтяное топливо, есть перспективным и имеет ряд преимуществ. Установлено, что при использовании микропроцессорной техники долю запальной дозы ДТ можно уменьшить меньше 30%.

Результаты статьи могут быть использованы для дальнейшей разработки газодизельной системы питания с использованием СПГ.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – разработка газодизельной системы питания для замены дизельного топлива СПГ и улучшения топливо-экономических, экологических и энергетических показателей дизелей ДТС в условиях эксплуатации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СЖАТЫЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ПІД РЕГУЛЯТОР, ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ, ВЫБРОСЫ, ЗАЖИГАНІЕ ОТ СЖАТІЯ.

АВТОРИ:

Ковбасенко Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: s-kov@ukr.net, тел. +380503539600, Україна, 02232, м.Київ, бульв. Леоніда Бикова 12, кв. 25.

Петренко Валерій Георгійович, кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», с.н.с. кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, e-mail: petrko@ukr.net, тел. +380957282124, Україна, Київська обл., 07400, м. Бровари, вул. Возз'єднання, 15, кв.40.

Гутаревич Сергій Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», с.н.с., e-mail: sgutarevich@insat.org.ua, тел. +380973699912, Україна, м.Київ, 02068, пр-т Григоренка, 13-Б, кв.56.

Голик Андрій Віталійович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри дорожніх машин, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Україна, 03148, м.Київ, вул. Володимира Покотила 5, кв.56.

AUTHOR:

Kovbasenko Sergii V., PhD, National Transport University, associate professor department of road machines, e-mail: s-kov@ukr.net, tel. +380503539600, Ukraine, 02232, Kyiv, Leonida Bykova Blvd., 12, ap. 25.

Petrenko Valerii H., PhD, associate professor, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», department of theoretical and industrial heat engineering, e-mail: petrko@ukr.net, tel. +380957282124, Ukraine, 07400, Kyiv region, Voziednania street, 15, ap.40.

Hutarevich Serhii Y., PhD, associate professor, SD «StatevehicleSRİproject», senior serearch fellow, e-mail: sgutarevich@insat.org.ua, tel. +380973699912, Ukraine, Kyiv, 02068, av. Hrihorenka, 13-B, ap.56.

Holyk Andrii V., National Transport University, graduate student department of road machines, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Ukraine, 03148, Kyiv, Volodymyra Pokotyła street, 5 ,ap.56.

АВТОРЫ:

Ковбасенко Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожных машин, e-mail: s-kov@ukr.net, тел. +380503539600, Украина, г.Київ, бульв. Леониды Бикова 12, кв. 25.

Петренко Валерий Георгиевич, кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», с.н.с. кафедры теоретической и промышленной теплотехники, e-mail: petrko@ukr.net, тел. +380957282124, Украина, Киевская обл., г. Бровары, ул. Воссоединения, 15, кв.40.

Гутаревич Сергей Юриевич, кандидат технических наук, доцент, ГП «ГосавтотрансНИИпроект», с.н.с., e-mail: sgutarevich@insat.org.ua, тел. +380973699912, Украина, г.Киев, 02068, пр-т Григоренка, 13-Б, кв.56.

Гольк Андрей Виталиевич, Национальный транспортный университет, аспірант кафедры дорожных машин, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Украина, г.Киев, ул. Владимира Покотыла 5, кв.56.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

Пуховий І.І., доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», професор кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Levkivskiy O.P., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of production, repair and materials, Kyiv, Ukraine.

Puhovyi I.I., Engineering (Dr.), professor, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», professor, department of theoretical and industrial heat engineering, Kyiv, Ukraine.