

УДК 629.113
UDC 629.113

PROBLEMY TECHNICZNO-EKSPLOATACYJNE DWUPALIWOWEGO SILNIKA
O ZAPŁONIE ISKROWYM ZASILANEGO BENZYNA I ETANOLEM

LEJDA Kazimierz, Prof. dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
KONIECZNY Dariusz, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПРОБЛЕМИ БІПАЛИВНОГО ДВИГУНА З ІСКРОВИМ
ЗАПАЛЮВАННЯМ ПРИ ЖИВЛЕННІ БЕНЗИНОМ ТА ЕТАНОЛОМ

ЛЕЙДА Казімеж, Професор, Доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
КОНЄЧНИ Даріуш, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

TECHNICAL AND OPERATING PROBLEMS OF BI-FUEL SPARK-IGNITION ENGINE
FUELED WITH PETROL AND ETHANOL

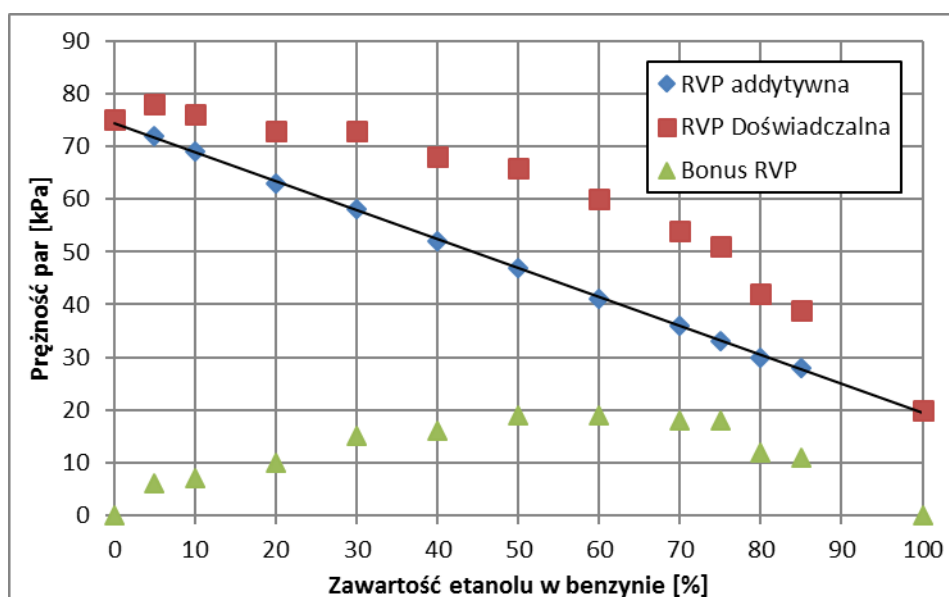
LEJDA Kazimierz, Prof. DSc, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
KONIECZNY Dariusz, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

WSTĘP

Paliwa alternatywne w wyniku rosnących cen ropy naftowej i kurczących się zasobów tego surowca, zyskują coraz większe znaczenie ekologiczne. Jednym z paliw alternatywnych jest etanol który można wykorzystać do zasilania pojazdów w różnych proporcjach. Zastosowanie paliwa z udziałem do 10% etanolu nie wymaga żadnych zmian konstrukcyjnych układu paliwowego. W celu stosowania paliw zawierających więcej niż 20% etanolu, wymagane są zmiany w układzie paliwowym i jednostce sterującej pracą silnika.

PROBLEMY MIESZANIA PALIW BENZYNOWYCH Z ETANOLEM

W Polsce występuje powszechnie paliwo E10 z 10% dodatkiem bioetanolu który stosuje się od 2013 roku zgodnie z normą PN-EN-228-2013 i obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z 09.12.2008r. dotyczące wymagań dla paliw ciekłych. Z badań nad mieszaninami benzyny i etanolu wynika, iż właściwościami fizykochemicznymi najtrudniejszymi do przewidzenia są: prężność par i liczba oktanowa. W trakcie tych badań zostało zaobserwowane występowanie pożądaných jak i negatywnych zmian wyżej wymienionych parametrów mieszaniny benzynowo-etylowej nieaddytywnych do udziałów [1,5].

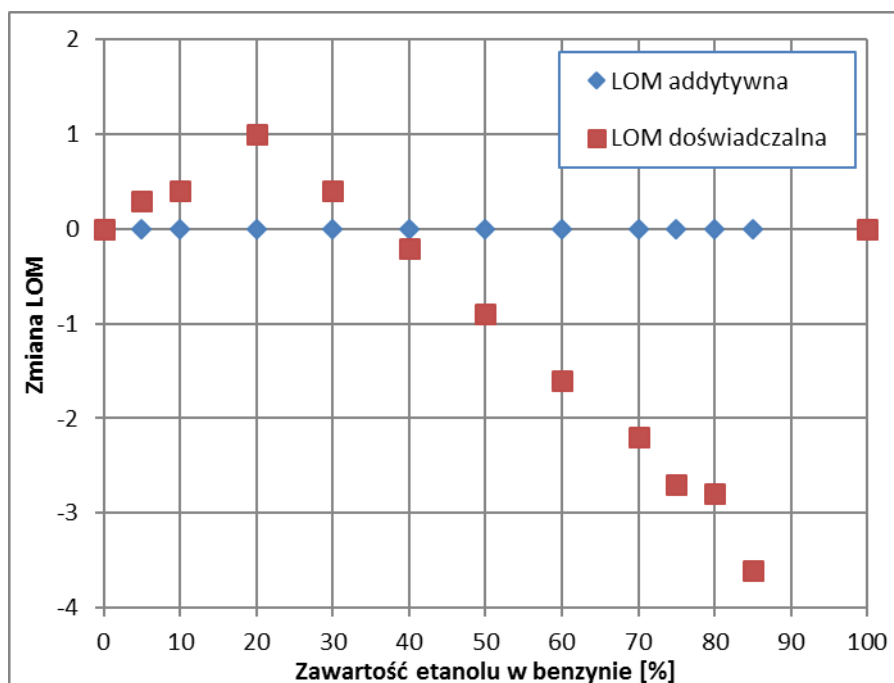


Rys. 1. Zmiana prężności par paliwa w zależności od udziału etanolu w benzynie z ETBE [1]

Jednym z parametrów, które ulegają nieaddytywnej zmianie jest prężność par. Parametr ten decyduje o możliwości uruchomienia silnika i uzyskania jego stabilnej pracy. Ma również wpływ na spełnienie norm emisyjnych. Badania wskazują, że prężność par paliwa E85 jest ściśle powiązana z zawartością etanolu w benzynie silnikowej. Rynkowa analiza danych pokazała, że w odniesieniu do warunków zimowych, niezbędne może być stosowanie systemów ogrzewania lub zastosowanie paliwa o wyższych wartościach prężności par. W przypadku paliw letnich należało uwzględnić nieoczekiwane ryzyko wystąpienia temperatury poniżej 0°C w okresie letnim w niektórych regionach i dostosować prężność par do tych warunków [2].

Etanol jako komponent cechuje się niską wartością prężności par, lecz po dodaniu go w ilości 5% do benzyny silnikowej, następuje nieaddytywny przyrost tego parametru rys. 1. Wyżej opisany efekt charakteryzuje się nieliniowym dodatnim przyrostem prężności par mieszaniny [1].

Kolejnym efektem trudnym do przewidzenia jest zmiana liczby oktanowej. Liczba oktanowa jest jednym z najważniejszych parametrów paliw stosowanych do zasilania silników spalinowych o zapłonie iskrowym. Liczba ta decyduje o odporności paliwa na spalanie stukowe. Im wyższa wartość liczby oktanowej, tym paliwo jest bardziej odporne na ten efekt i można zwiększać kąt wyprzedzenia zapłonu, co skutkuje wzrostem mocy silnika [2]. Zmiana wartości liczby oktanowej ma również charakter nieliniowy przyjmując wartość dodatnią dla mieszaniny z przewagą benzyny i ujemny przy większych udziałach metanolu. Zmiany liczby oktanowej motorowej w mieszaninie etanowo-benzynowej przedstawiono na rys. 2 [1].



Rys.2. Zmiana liczby oktanowej paliwa w zależności od udziału etanolu w benzynie z ETBE [1]

Aby biopaliwo składające się z mieszaniny etylowo-benzynowej mogło być stosowane do zasilania silników samochodowych musi spełnić szereg wymagań jakościowych. Pomimo pozornie prostej technologii produkcji tego paliwa, polegającej na zmieszaniu dwóch komponentów w odpowiednich proporcjach, w praktyce mogą wystąpić znaczne kłopoty z uzyskaniem wymaganej jakości finalnego produktu [1].

Innym problemem stosowania paliw etylowo-benzynowych jest zawartość wody, która doskonale rozpuszcza się w alkoholu etylowym. Niska zawartość wody zabezpiecza paliwo przed ryzykiem wystąpienia problemów z rozdziałem faz oraz zmniejsza skłonność części do korozji. Etanol ma właściwości higroskopijne i wchłania wodę zarówno z systemu dystrybucyjnego, jak i z otaczającego powietrza. Mieszanka etylowo-benzynowa cechuje się ograniczoną rozpuszczalnością wody w zależności od zawartości etanolu i temperatury oraz zawartości związków aromatycznych. W niesprzyjających warunkach nastąpi rozdział faz z utworzeniem dolnej fazy etanolowo-wodnej, zarówno w zbiorniku magazynowym jak i w zbiorniku pojazdu, co może powodować problemy z pracą silników. Wzrost poziomu wody w dystrybucji, może przyczynić się do rozpuszczania zanieczyszczeń oraz kwaśnych składników, co może zwiększać skłonność do korozji materiałów konstrukcyjnych. Zawartość wody może mieć również wpływ na prężność par paliwa [2].

PROBLEMY TECHNICZNO-EKSPLOATACYJNE ZASILANIA SILNIKA MIESZANINĄ ETYLOWO-BENZYNOWĄ

Mieszanka etanolu z benzyną silnikową może powodować różne problemy techniczne w pracy silnika, ponieważ etanol, w niektórych kluczowych właściwościach, różni się od benzyny silnikowej. Stanowi to wyzwanie w zakresie stosowania go jako paliwa. Z badań doświadczalnych wynika, iż silniki zasilane mieszanką zawierającą do 20% etanolu nie mają problemów z rozruchem i równomiernością pracy w dodatnich temperaturach otoczenia. Natomiast silniki zasilane paliwem zawierającym 30% etanolu wymagają wzbogacania mieszanki paliwowo-powietrznej. Zmiana ta jest wymuszana dwukrotnie niższą wartością opalową etanolu w porównaniu do benzyny, to wymusza większą ilość mieszanki jaka powinna być dostarczana dla prawidłowej pracy silnika [6].



Rys.3. Osady utworzone na zaworze dolotowym [3]

Szczególnie istotne jest tworzenie osadów na zaworach dolotowych (rys. 3), w układzie dolotowym (rys.4), na końcówkach wtryskiwaczy (rys.5) i w komorach spalania (rys. 6). Osady te powodują problemy w postaci zawieszania zaworów, utrudniają rozruch silnika w niskich temperaturach, powodują korozję układu paliwowego oraz prowadzą do zatykania filtra paliwa. Są również przyczyną zwiększonego zużycia paliwa [3].

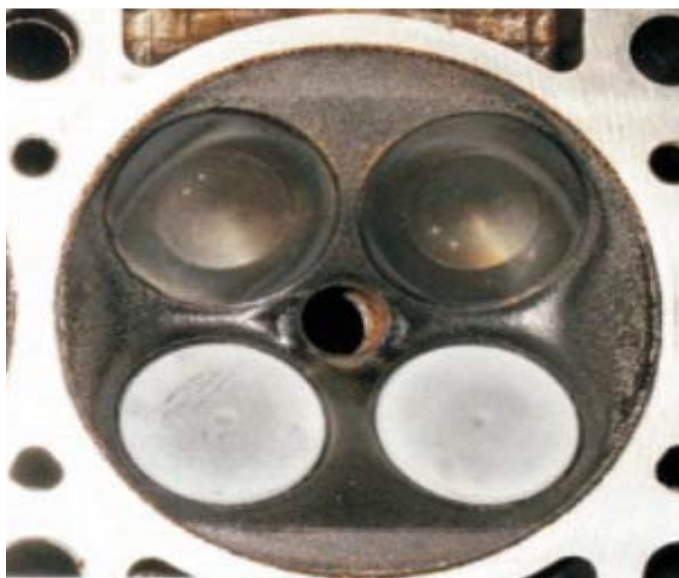
Etanol cechuje się ciepłem parowania większym niż benzyna. To wyższe ciepło parowania, przy zastosowaniu E85 powoduje lepsze chłodzenie ładunku mieszanki paliwowo-powietrznej, co umożliwia zwiększenie stopnia sprężania z jednocześnie większym kątem wyprzedzenia zapłonu. Zwiększone zapotrzebowanie paliwa na ciepło wraz z większą jego ilością w kanale dolotowym, powoduje bardzo silny efekt chłodzenia, a tym samym zwiększa gradient temperatury w głowicy, który nakładając się na naprężenia mechaniczne, zwiększone ciśnienie spalania i resztkowe naprężenia cieplne, prowadzą do pęknięć w najbardziej obciążonych strefach głowicy silnika [4].



Rys.4. Osady utworzone w układzie dolotowym [3]



Rys.5. Osady utworzone na końcówkach wtryskiwaczy [4]



Rys.6. Osady utworzone w komorze spalania [3]

Ważnym problemem są siarczany zawarte w paliwach etanolowych. Siarczany są zanieczyszczeniami pochodzącymi z procesu fermentacji bioetanolu, ale mogą również pochodzić z pewnych rodzajów inhibitorów korozji stosowanych w E85. Siarczany te rozpuszczają się w etanolu, lecz mogą ulec wytrąceniu podczas mieszania etanolu z benzyną, powodując zatykanie filtra oraz wtryskiwaczy paliwa, jak również do osadzania się na zaworach dolotowych i w komorach spalania [4]. Wiadomo, że w silnikach o zapłonie iskrowym mogą tworzyć się osady przy zastosowaniu pośredniego, jak i bezpośredniego wtrysku paliwa. Osady te powodują zwiększenie zużycia paliwa i wyższą emisję gazów spalinowych a w konsekwencji prowadzą do pogorszenia osiągnięć silnika i właściwości użytkowo- eksploatacyjnych. Dlatego producenci samochodów w Światowej Karcie Paliw (WWFC) zalecają stosowanie detergentowych dodatków do benzyny celem poprawy jej właściwości. Jednak mieszaniny paliw etanolowych tworzą unikalne wyzwania dla dodatków do paliwa. Chociaż paliwa zawierające duże ilości etanolu spalają się „czysto”, osady mogą się nadal tworzyć w silniku, szczególnie w kanałach dolotowych, na końcówkach wtryskiwaczy i na zaworach dolotowych. Etanol odparowuje w dużo wyższych temperaturach niż benzyna, powoduje to odpowiednio większe chłodzenie układu dolotowego oraz zaworów dolotowych. Uważa się, że temperatura zaworu odgrywa podstawową rolę w tworzeniu osadów na ich powierzchni. Ponadto klasyczne dodatki detergentowe

do benzyny mogą być trudno rozpuszczalne w paliwach zawierających etanol i prowadzić do tworzenia osadów. Także pewne związki chemiczne, które zawierają klasyczne dodatki stwarzają problemy w mieszaninach zawierających jedynie 10% (V/V) etanolu. Badania silnikowe prowadzone w INiG zgodnie z procedurą testową CEC F-20-98 wykazały, że mieszanina 10% (V/V) etanolu w standardowej benzynie wraz z niedostosowanym pakietem dodatków powoduje przyspieszone wytrącania się osadów na zaworach dolotowych (rys. 7) [4].



Rys. 7. Osady utworzone na powierzchni zaworu dolotowego z silnika zasilanego mieszaniną etyloowo-benzynową [3]

Mieszaniny etyloowo-benzynowe, w tym najbardziej popularna E85, która składa się z 70% do 85% etanolu, zawierają niewielkie ilości lub nie zawierają żadnych dodatków detergentowych. Ponadto większość istniejących dodatków do benzyny jest w niewielkim stopniu kompatybilna z E85, a także mogą być one częściowo nierozpuszczalne, wytrącając się z roztworu w formie osadu, lub osadzać na filtrze paliwa powodując jego zatkanie. Zazwyczaj osady koksowe tworzą się na końcówkach wtryskiwaczy paliwa, na zaworach dolotowych i w kanałach dolotowych silników Flexifuel, co zostało potwierdzone w badaniach prowadzonych przez INiG na stanowiskach badawczych silników spalinowych. Te osady mogą przyczynić się do zawieszania zaworów, zwiększonego zużycia paliwa i emisji gazów spalinowych, a w konsekwencji do pogorszenia osiągnięć i właściwości użytkowo-eksploatacyjnych pojazdu samochodowych. Na rys. 8 przedstawiono osady na zaworze dolotowym w wyniku źle dobranych dodatków detergentowych [4].



Rys.8. Osady na zaworze dolotowym silnika zasilanego paliwem E85 [4]

Obecnie stosowane dodatki do benzyn nie są kompatybilne z E85, więc nie nadają się do stosowania z tym rodzajem paliwa. Również problemy z rozpuszczalnością wykluczają korzystanie z tych dodatków do benzyn w paliwie E85. Niewiele jeszcze wiadomo na temat reakcji pomiędzy różnymi mieszaninami benzyna–etanol i dodatkami w aspekcie ich skłonności do formowania osadów w silnikach FFV. Jednak za pomocą odpowiednio dobranych dodatków oraz ich ilości można ograniczyć ilość osadów, a tym samym poprawić właściwości użytkowo-eksploatacyjne przeciwdziałając wyżej wymienionym problemom [4].

PODSUMOWANIE

Etanol jako paliwo alternatywne jest już stosowany w dwóch wariantach. W pierwszej jest jako dodatek do konwencjonalnego paliwa ropopochodnego w ilości do pierwotnie jako 5 % dodatek a od 2013 roku jego zawartość w paliwie bazowym nie może przekraczać 10%.

Jak wykazują badania, paliwem tym można zasilać silniki bez jakiegokolwiek ingerencji w ich konstrukcję nawet do 20% udziału.

Stosowanie E85, która zawiera od 70% do 85% etanolu wymaga szeregu zmian konstrukcyjnych silnika, niezbędnych do dostosowania paliwa o znacznie innych właściwościach fizyko-chemicznych.

Ważnym aspektem jest higroskopijność alkoholu etylowego, który dzięki tej właściwości może chłonać wodę z powietrza w systemie dystrybucyjnym jak i w zbiorniku paliwa pojazdu

Największymi wyzwaniami z jakimi spotykamy się stosując paliwa etylowe są osady które gromadzą się na końcówkach wtryskiwaczy, kanałach dolotowych oraz na zaworach i w samej komorze spalania. Problemy te można usunąć stosując odpowiednie dodatki detergentowe. Wybór dodatku o niewłaściwym składzie chemicznym może prowadzić do podobnych problemów, jeśli dodatek nie jest całkowicie rozpuszczalny w paliwie.

LITERATURA

[1] Rogowska D.: Problem nieadytywnych efektów mieszania dla parametru „prężność par” w trakcie blendingu biopaliwa E85. Nafta-gaz 2010

[2] Pałuchowska M., Jakóbiec J.: Wybór parametrów jakościowych do specyfikacji technicznej paliwa etanol (E85) stosowanego do zasilania silników samochodów FFV. Zeszyty naukowe instytutu pojazdów 1(87)/2012

[3] Stępień Z.: Multidirectional investigations of high-ethanol fuels on deposit formation in spark ignition engines. Combustion Engines 3/2015

[4] Pałuchowska M.: The prospects for the use of ethanol as a fuel component and its potential in the reduction of exhaust emissions. Combustion Engines 3/2014

[5] Zastempowski M., Kaszkowiak J., Borowski S., Bochat A., Świeca A.: Wpływ zastosowania paliwa z dodatkiem alkoholu na efektywność pracy silników spalinowych. Logistyka 2/2012

[6] Biernat K., Jeziorkowski A.: Problemy zasilania współczesnych silników spalinowych wybranymi biopaliwami. Studia Ecologiae et Bioethicae 6/2008

STRESZCZENIE

LEJDA Kazimierz. Problemy techniczno-eksploatacyjne dwupaliwowego silnika o zapłonie iskrowym zasilanego benzyną i etanolem / LEJDA Kazimierz, BALAWENDER Krzysztof, KONIECZNY Dariusz // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NTU, 2016. – № 35.

W artykule przedstawiono najważniejsze problemy związane z uzyskaniem wymaganych parametrów paliwa alternatywnego jakim jest etanol lub mieszanina paliw kopalnych z etanolem. Przedstawiono najistotniejsze problemy z jakimi związane jest zasilanie silnika mieszaninami benzynowo-etylowymi.

РЕФЕРАТ

ЛЕЙДА Казімеж. Техніко-експлуатаційні проблеми біпаливного двигуна з іскровим запалюванням при живленні бензином та етанолом / ЛЕЙДА Казімеж, БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, КОНЄЧНИ Даріуш // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. – Вип. 2 (35).

У статті представлені найважливіші проблеми, пов'язані з отриманням необхідних параметрів альтернативних палив, яким є етанол або суміш традиційних палив з етанолом. Охарактеризовано найсуттєвіші питання щодо живлення двигуна бензино-етиловими сумішами.

ABSTRACT

LEJDA Kazimierz, BALAWENDER Krzysztof, KONIECZNY Dariusz. Technical and operating problems of bi-fuel spark-ignition engine fueled with petrol and ethanol. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2016. – Issue 2 (35).

The article presents the most important problems associated with obtaining the required parameters which alternative fuel is ethanol or a mixture of fossil fuels with ethanol. It has been shown the most important problems which is related to the motor power supply mixtures of ethyl gasoline.

AUTORZY:

LEJDA Kazimierz, Prof. dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

KONIECZNY Dariusz, Mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

АВТОРИ:

ЛЕЙДА Казімеж, Професор, Доктор габілітований, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

КОНЄЧНИ Даріуш, Магістр інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

AUTHORS:

LEJDA Kazimierz, Prof. DSc, Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

KONIECZNY Dariusz, Master engineer, Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Корпач А.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри двигунів та теплотехіки, Київ, Україна.

Бойченко С.В., доктор технічних наук, професор, Національний Авіаційний Університет, завідувач кафедри екології, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Korpach A.O., Ph.D in Technical Science, National Transport University, Professor of Department of Engines and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.

Boichenko S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Aviation University, Head of the Department of Ecology, Kyiv, Ukraine.