

OZNACZENIE LEPKOŚCI KINEMATYCZNEJ I GĘSTOŚCI MIESZANINY OLEJU NAPĘDOWEGO Z ETANOLEM I DODATKIEM DODECANOLU

KRZEMIŃSKI Artur, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, artkrzem@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0003-4733-7308

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ І ГУСТИНИ СУМІШІ ДИЗЕЛЯ З ЕТАНОЛОМ І ДОБАВКОЮ ДЕКАНОЛУ

КШЕМИНЬСКИ Артур, Жешувська Політехніка, Жешув, Польща, artkrzem@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0003-4733-7308

DETERMINATION OF THE KINEMATIC VISCOSITY AND DENSITY OF THE MIXTURE OF DIESEL WITH ETHANOL AND DODECANOL

KRZEMIŃSKI Artur, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, artkrze@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0003-4733-7308

WSTĘP

Z uwagi na ochronę środowiska wprowadza się coraz bardziej rygorystyczne wymagania odnośnie toksyczności spalin. Spełnienie tych norm przyczynia się z jednej strony do doskonalenia rozwiązań konstrukcyjnych silników spalinowych, a z drugiej strony są prowadzone prace nad udoskonaleniem paliwa, którym zasilane są te silniki. W tym zakresie prowadzone są również badania nad nowymi paliwami alternatywnymi dla silników o zapłonie samoczynnym [5]. Najpopularniejszą grupę paliw alternatywnych stanowią te pochodzące ze źródeł odnawialnych. Do tej grupy paliw zaliczamy [3]:

- oleje roślinne i ich pochodne np. estry wyższych kwasów karboksylowych,
- alkohole np. etanol i metanol,
- etery np. eter metylo tert butylowy, eter etylo tert butylowy,
- ciekłe produkty przeróbki biomasy tzw. paliwa syntetyczne.

Wśród tej grupy dużym zainteresowaniem cieszą się alkohole, a w szczególności etanol. Jest to podyktowane tym, że etanol w porównaniu do metanolu posiada lepsze właściwości fizykochemiczne. Może on być wytwarzany ze źródeł odnawialnych, a proces technologiczny jego produkcji nie jest skomplikowany. Zastosowanie alkoholu umożliwi również obniżenie emisji dwutlenku węgla (CO₂) oraz związków toksycznych, m.in. cząstek stałych oraz tlenków azotu (NO_x), które generują silniki o zapłonie samoczynnym. Stosując paliwa alternatywne można uniknąć kosztownych zmian w konstrukcji silnika i dokonać jedynie zmian regulacyjnych [2, 9, 8].

Na mieszalność etanolu z olejem napędowym ma wpływ zawartość wody oraz temperatura. Przy temperaturze około 10 °C dochodzi do rozwarstwienia mieszaniny [6]. Jednym z dodatków, który może być stosowany jako stabilizator mieszaniny etanolu z olejem napędowym, jest dodecanol (C₁₂H₂₆). Uzyskuje się go metodą redukcji estrów metylowych [13]. W temperaturze 24 °C dodecanol jest ciałem stałym nierozpuszczalnym w wodzie oraz dobrze miesza się z olejem napędowym i alkoholem etylowym [4].

Aby tego typu paliwa mogły być wykorzystywane do zasilania silników o zapłonie samoczynnym, konieczne jest poznanie ich właściwości fizykochemicznych, ponieważ mają one znaczący wpływ na prawidłową pracę silnika spalinowego, parametry operacyjne oraz czystość emitowanych do otoczenia spalin. Dodanie etanolu do oleju napędowego wpływa na kluczowe właściwości, a w szczególności na lepkość kinematyczną i gęstość.

Lepkość oddziałuje na rozpylenie i charakterystykę rozpylania w komorze spalania. Niższa wartość lepkości powoduje według Sautera mniejsze średnice kropeł, zwiększając w ten sposób pole powierzchni kropeł, co znacząco wpływa na czas parowania kropeł. Mając na uwadze procesy zachodzące w układach wtryskowych, dobór paliwa o optymalnej lepkości musi stanowić kompromis pomiędzy sprzecznymi wymaganiami. Wzrost lepkości z jednej strony jest korzystny z uwagi na sprawność i ciśnienie w pompach wysokociśnieniowych oraz warunki smarowania ruchomych współpracujących elementów

układu wtryskowego, ale z drugiej strony prowadzi do zwiększenia energii na przetłaczanie paliwa w układzie zasilania. Wzrost gęstości powoduje natomiast zwiększenie emisji cząstek stałych. Mała gęstość jest powiązana z mniejszą wartością opałową. Będzie to wpływało na pogorszenie mocy i momentu obrotowego. W takim przypadku aby zmniejszyć różnicę należy zwiększyć dawkę paliwa, co spowoduje wzrost zużycia paliwa oraz niweluje korzystny wpływ mniejszej gęstości paliwa na zmniejszenie emisji cząstek stałych [1].

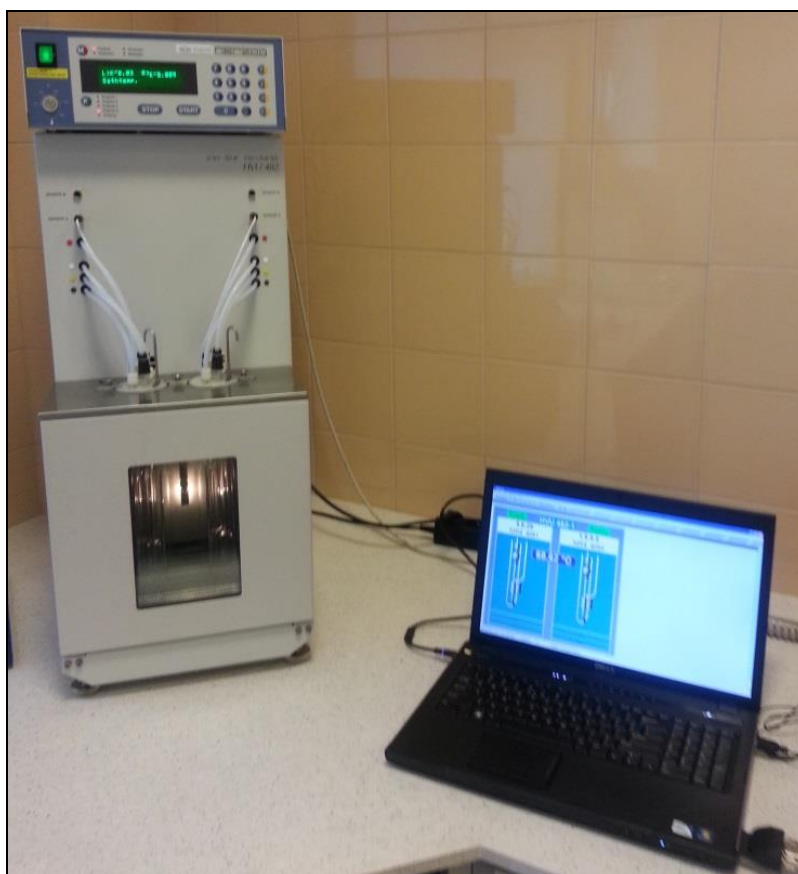
Przedstawiona problematyka uzasadnia konieczność pomiaru lepkości kinematycznej oraz gęstości dla mieszanin oleju napędowego z etanolem i dodecanolem. Wyniki pomiarów lepkości mogą służyć wnioskowaniu dotyczącemu parametrów wtrysku i makrostruktury strugi rozpylonego paliwa.

STANOWISKO BADAWCZE I METODYKA BADAŃ

Określenie lepkości kinematycznej przeprowadzono z wykorzystaniem aparatury badawczej znajdującej się na wyposażeniu laboratorium materiałów eksploatacyjnych środków transportu w Katedrze Pojazdów Samochodowych i Inżynierii Transportu Politechniki Rzeszowskiej.

Do badań lepkości wykorzystano automatyczny wiskozymetr HVU 482 (rysunek 1) firmy Herzog skonstruowany w oparciu o lepkościomierz Ubbelohde'a. Jest to wiskozymetr ze szklaną kapilarą, który charakteryzuje się następującymi parametrami:

- zakres temperatury od -40 do $+100$ °C,
- zakres pomiarowy od $1 \div 50000$ mm²/s,
- układ termostatyczny,
- dokładność stabilizacji temperatury $\pm 0,01$ °C.



Rysunek 1 – Stanowisko do określenia lepkości kinematycznej
Figure 1 – Stand to determine the kinematic viscosity

Kapilary Ubbelohde'a w aparacie HVU 482 posiadają czwartą dodatkową rurkę, której zadaniem jest umożliwienie automatyzacji mycia po zrealizowaniu testu. W czasie badań wykorzystano dwie wbudowane w aparat kapilary. Charakterystyki kapilar wraz z ich zakresem pomiarowym przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1 – Charakterystyka kapilar Ubbelohde’a wykorzystanych w pomiarach [10]
 Table 1 – Characteristics of Ubbelohde’a capillaries used in the measurements

Numer kapilary	Ułożenie w łaźni	System detekcji	Zakres pomiaru [mm ² /s]	Stała korekcji Hagenbacha [mm ² •s]	Stała kapilary [mm ² /s ²]	Przyspieszenie ziemskie w miejscu wzorcowania [m/s ²]	Rekomendowany zakres czasu przepływu [s]
1	lewa strona	NIR	5,8÷29,0	51,328	0,0288410	9,80989	200÷1000
2	prawa strona	NIR	1,9÷9,5	102,820	0,0094893	9,80989	200÷1000

W czasie oznaczenia lepkości kinematycznej bardzo ważne jest precyzyjne utrzymanie temperatury w łaźni, ponieważ lepkość uzależniona jest od temperatury. W czasie pomiarów lepkości aparat był sterowany za pomocą dedykowanego oprogramowania HLIS 32. Zaletą tego oprogramowania jest wspomaganie procedury uruchamiania testu oraz archiwizacja i obróbka wyników pomiaru.

Kolejnym krokiem był pomiar gęstości badanych paliw. W tym celu wykorzystano aparat DMA 4500 M (rysunek 2) charakteryzujący się następującymi parametrami:

- zakres pomiarowy: gęstość od 0 do 3 g/cm³, temperatura od 0 do 90 °C,
- dokładność: 5·10⁻⁵ g/cm³, 0,03°C,
- objętość próbki; min. 1 ml.



Rysunek 2 – Aparat do pomiaru gęstości paliwa
 Figure 2 – Apparatus for measuring the density of fuel

Określenie wartości lepkości oraz gęstości zostało przeprowadzone dla siedmiu próbek o różnym udziale objętościowym odwodnionego etanolu, którego właściwości przedstawiono w tabeli 2. Dodatek dodecanolu dla odwodnionego etanolu wynosił 5% ponieważ dopiero przy takim stężeniu udało się uzyskać jednorodną mieszaninę [7]. Właściwości użytego dodecanolu przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 2 – Podstawowe właściwości alkoholu etylowego odwodnionego na podstawie [11]
Table 2 – Basic characteristics of dehydrated ethyl alcohol (ET), based on [11]

Parametr	Wartość	Jednostka
Zawartość alkoholu w temp. 20°C	99,9	%
Gęstość	0,7897	g/cm ³
Zawartość estrów	<0,2	mg/100 cm ³
Zawartość metanolu	<0,6	mg/100 cm ³
Zawartość benzoesu denatonium	1	g/100 dm ³
Zawartość wody	≤0,1	%(m/m)
Temperatura samozapłonu	425	°C

Tabela 3 – Podstawowe właściwości dodecanolu na podstawie [12]
Table 3 – Basic dodecanol characteristics, based on [12]

Nazwa parametru	Wartość	Jednostka
Gęstość w temperaturze 16°C	0,9	g/cm ³
Rozpuszczalność w wodzie w temp. 25°C	0,037	g/l
Temperatura samozapłonu	275	°C
Temperatura zapłonu przy ciśnieniu 101,3 kPa	134,8	°C
Temperatura topnienia/krzepnięcia przy ciśnieniu 101,3 kPa	24	°C

Do przygotowania mieszanin wykorzystano handlowy zimowy olej napędowy, który mógł zawierać zgodnie z normą do 7% FAME oraz do 200 mg/kg wody. Mieszaniny przygotowane do oznaczenia lepkości kinematycznej i gęstości przechowywano w temperaturze 20±2°C, w zamkniętych pojemnikach ze względu na higroskopijność alkoholu.

WYNIKI BADAŃ

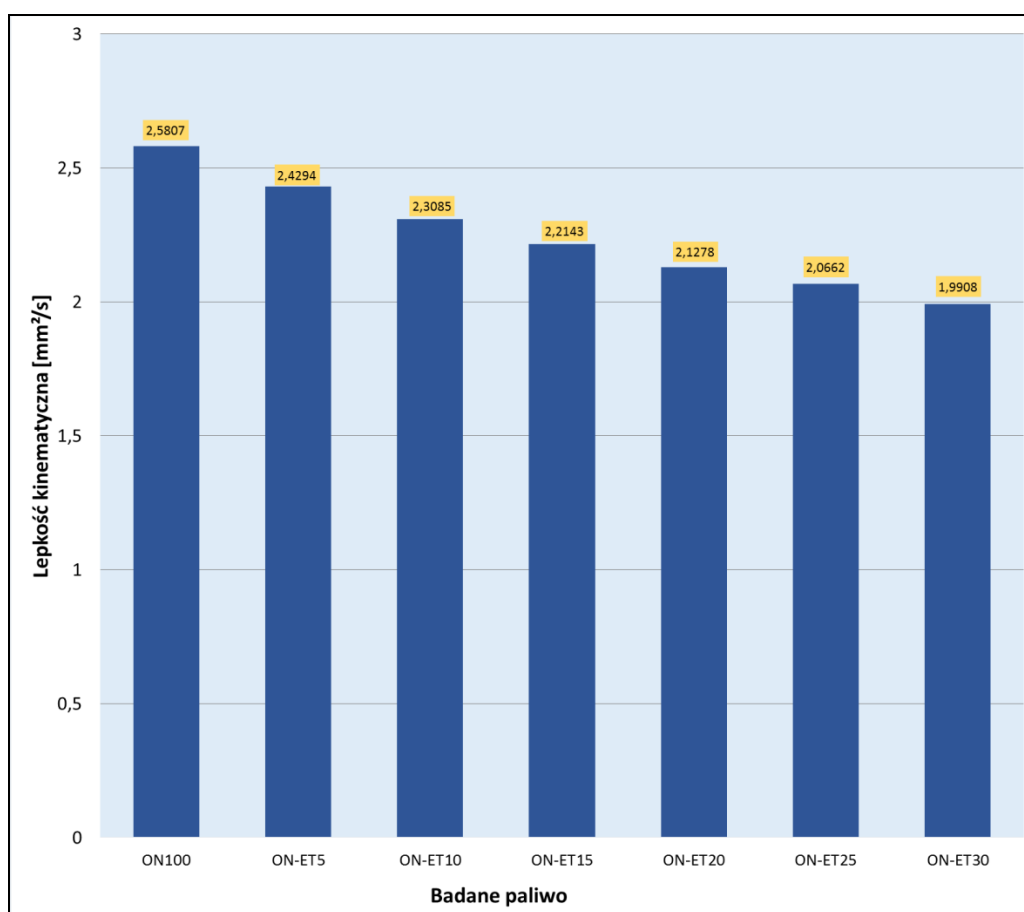
Pomiary lepkości kinematycznej przeprowadzono w temperaturze 40 °C, natomiast oznaczenie gęstości badanych paliw zostało zrealizowane w temperaturze 15 °C. Przeprowadzenie pomiarów w tych temperaturach umożliwia odniesienie uzyskanych wyników do wymagań odpowiednich norm. Wyznaczenie lepkości kinematycznej w temperaturze 40 °C przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 3104:2004, z kolei gęstość mieszanin określono wg. normy PN-EN ISO 12185:2002 pt. „Ropa naftowa i przetwory naftowe – Oznaczanie gęstości – Metoda oscylacyjna z U- rurką”.

Paliwa, dla których przeprowadzono pomiary zostały przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4 – Rodzaje paliw poddanych badaniu lepkości i gęstości
Table 4 – Types of fuels tested for kinematic viscosity and density

Oznaczenie paliwa	Udział [% obj.]		
	Olej napędowy	Etanol odwodniony	Dodecanol
ON 100	100	0	0
ON-ET5	90	5	5
ON-ET10	85	10	5
ON-ET15	80	15	5
ON-ET20	75	20	5
ON-ET25	70	25	5
ON-ET30	65	30	5

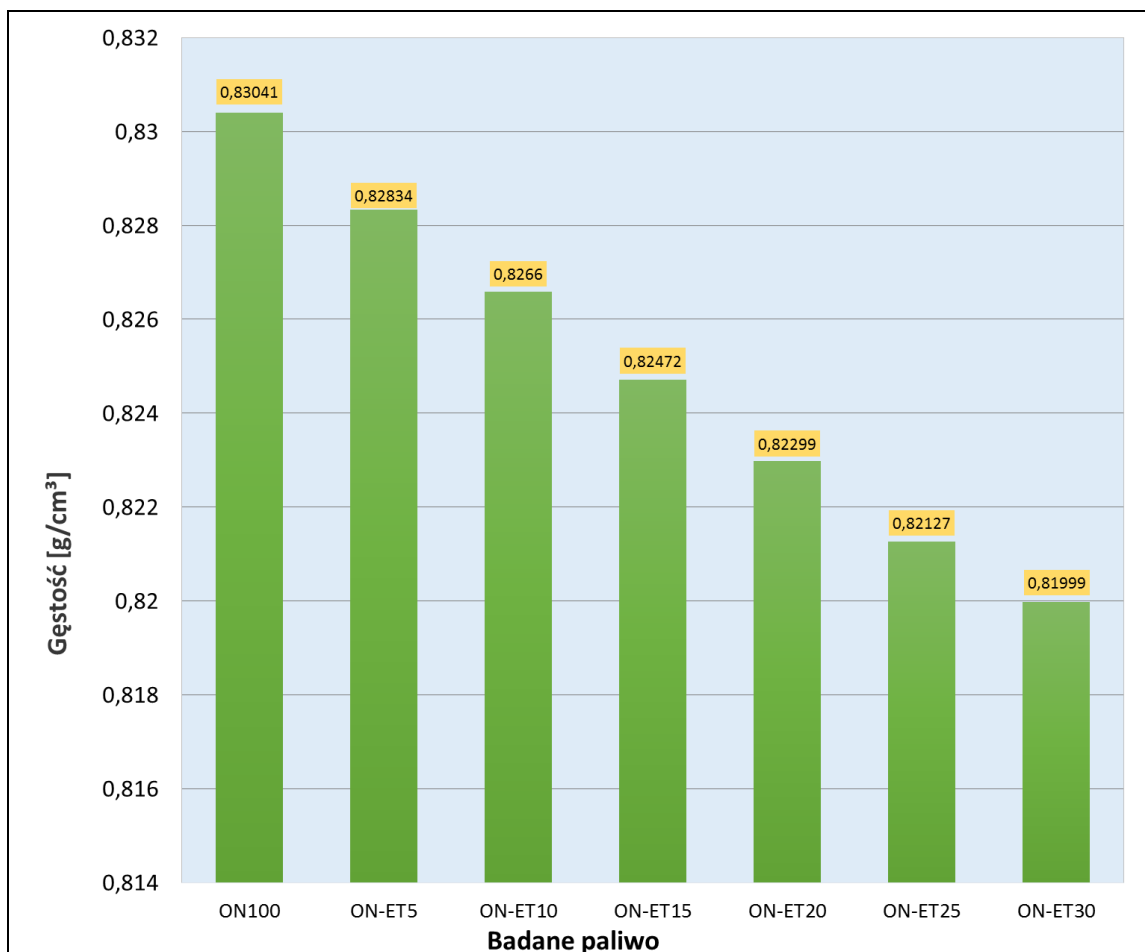
Wyniki pomiarów lepkości kinematycznej przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3 – Uzyskane wyniki pomiarów wartości lepkości kinematycznej
Figure 3 – The obtained results of measurements of the kinematic viscosity value

Jak widać na wykresie (rysunek 3), najmniejszą lepkością charakteryzuje się paliwo ON-ET30, czyli olej napędowy zawierający 30% etanolu i 5% dodecanolu, natomiast największą lepkość posiada ON 100. Zastosowanie dodatku etanolu i 5% dodecanolu do ON 100 skutkowało spadkiem lepkości.

Kolejnym badaniem było oznaczenie gęstości. Wyniki pomiaru przedstawiono na rysunku 4. Gęstość mieszaniny wraz ze wzrostem stężenia etanolu z dodatkiem dodecanolu zmniejsza się. Najniższą wartość osiągnęła mieszanina ON100 z 30 % dodatkiem etanolu i 5% dodatkiem dodecanolu. Najwyższą gęstość posiada ON100, czyli olej napędowy bez dodatku etanolu i dodecanolu.



Rysunek 4 – Uzyskane wyniki pomiarów gęstości
Figure 4 – The obtained results of measurements of the density value

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Spośród paliw, dla których wykonano oznaczenie lepkości kinematycznej i gęstości, jedynie mieszanina o oznaczeniu ON-ET30 nie spełniła wymagań odnośnie lepkości kinematycznej i gęstości określonych normą PN-EN 590+A1:2017-06.

Obniżenie lepkości kinematycznej następuje wraz ze wzrostem udziału etanolu w mieszaninie z olejem napędowym. Powinno wpłynąć to na poprawę rozpylenia paliwa oraz skrócenie okresu jego samozapłonu. Aby to osiągnąć, wymagane jest uzyskanie wyższego ciśnienia wtrysku paliwa do komory spalania w porównaniu do zasilania standardowym olejem napędowym. Z drugiej jednak strony niska lepkość może powodować obniżenie wartości maksymalnych ciśnienia wtrysku.

W przypadku gęstości również następuje obniżenie jej wartości wraz ze wzrostem stężenia etanolu. W warunkach eksploatacyjnych będzie to skutkowało pogorszeniem mocy i momentu obrotowego. W celu zniwelowania pogorszenia parametrów technicznych silnika, konieczne będzie zwiększenie dawki paliwa, co spowoduje wzrost zużycia paliwa.

LITERATURA

1. Baczewski K., Kałdoński T. (2004): Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym WKŁ, Warszawa 2004.
2. Brzeżański M. (2007): Emisja dwutlenku węgla w aspekcie stosowanych paliw silnikowych. Combustion Engines PTNSS – 2007-SS4-225.
3. Chłopek Z. (2010): Paliwa alternatywne do silników spalinowych a emisja dwutlenku węgla, Wydawnictwo ITS, Transport Samochodowy 2010, z.2.
4. Di Y., Cheung C.S, Huang Z., Di Y. (2009): Experimental study on particulate emission of a diesel engine fueled with blended ethanol-dodecanol-diesel, Aerosol Science 40/2009.
5. Górska M., Czerwonka D., Hernik A. (2017): Ocena wybranych właściwości fizykochemicznych mikroemulsji paliwowych zawierających olej rycynowy, Autobusy 12/2017, 131-134.
6. Hansen A.C., Zhang Q., Lyne P. W. L. (2005): Ethanol - diesel fuel blends - a review, Bioresource Technology 96/2005, 277-285.

7. Kuszewski H., Krzemiński A., Ustrzycki A. (2018): Wpływ zawodnienia alkoholu na pochodną liczbę cetanową mieszaniny oleju napędowego z etanolem oraz dodatkiem dodekanolu. Monografia pod redakcją naukową K. Lejdy, Seria: Transport, Nr, 9, Rzeszów 2018.

8. Lejda K. (2004): Selected problems of fuel supply in high – speed Diesel engines, Published by Meta Lvov 2004 (pp.225).

9. Lotko W. (1997): Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami węglowodorowymi i roślinnymi. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1997.

10. Dokumentacja techniczna wiskozymetru HVU 482. Inkrom Instruments Co., Warszawa 2011.

11. Karta charakterystyki (2016): Alkohol etylowy całkowicie skażony. Alpinus 2016.

12. Karta charakterystyki (2016): 1–Dodekanol $\geq 98\%$ do syntezy. Carl Roth GmbH + Co KG. Karlsruhe 2016.

13. <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0011626>

STRESZCZENIE

KRZEMIŃSKI Artur. Oznaczenie lepkości kinematycznej i gęstości mieszaniny oleju napędowego z etanolem i dodatkiem dodekanolu / Artur KRZEMIŃSKI // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NTU, 2021. – № 3 (50).

W artykule przedstawiono wyniki badań lepkości kinematycznej i gęstości mieszanin oleju napędowego z etanolem i dodekanolem. Oznaczenie lepkości zostało przeprowadzone na automatycznym aparacie HVU 482 wyposażonym w kapilary Ubbelohde'a. Oznaczanie przeprowadzono w temperaturze 40 °C. Pomiar gęstości zrealizowano w temperaturze 15 °C za pomocą aparatu DMA 4500 M. Określenie wartości lepkości oraz gęstości zostało przeprowadzone dla siedmiu próbek o różnym udziale objętościowym etanolu odwodnionego i stałym dodatkiem dodekanolu.

РЕФЕРАТ

Кшемінські А. Визначення кінематичної в'язкості і густини суміші дизеля з етанолом і добавкою деканолу / А. Кшемінські // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – К.: НТУ, 2021. – Вип. 3 (50).

Найпопулярнішою групою альтернативних видів палива є ті, що отримуються з відновлюваних джерел. До цієї групи палива входить: рослинні олії та їх похідні (наприклад, ефіри вищих карбонових кислот); спирти (наприклад, етанол та метанол); ефіри (наприклад, метил-трет-бутиловий ефір, етил-трет-бутиловий ефір); рідкі продукти переробки біомаси (синтетичне паливо). Серед цієї групи найбільший інтерес представляють спирти, особливо етанол. Це пов'язано з тим, що етанол має кращі фізико-хімічні властивості, ніж метанол. Його можна виробляти з відновлюваних джерел, і технологічний процес його виробництва не є складним. Вживання спирту також зменшує викиди вуглекислого газу (CO₂) та токсичних сполук, наприклад тверді частинки та оксиди азоту (NO_x), що утворюються в дизелях.

Використовуючи альтернативні види палива, можна уникнути дорогих змін у конструкції двигуна та вносити лише нормативні зміни.

На змішуваність етанолу з дизельним паливом впливають вміст води та температура. При температурі близько 10 °C суміш розшаровується. Однією добавкою, яку можна використовувати як стабілізатор для етанолово-дизельної суміші, є додеканол (C₁₂H₂₆). Його отримують шляхом відновлення метилових ефірів. Додеканол при температурі 24 °C є твердим, нерозчинним у воді і добре змішується з дизельним паливом та етиловим спиртом.

Для того, щоб цей вид палива використовувався для живлення дизелів, необхідно знати їх фізико-хімічні властивості, оскільки вони мають значний вплив на правильну роботу двигуна внутрішнього згоряння, експлуатаційні параметри та чистоту відпрацьованих газів до навколишнього середовища.

Додавання етанолу до дизельного палива впливає на ключові властивості, зокрема на кінематичну в'язкість та щільність. В'язкість впливає на розпилення та характеристики розпилення камери згоряння. На думку Сотера, менша величина в'язкості призводить до менших діаметрів крапель, таким чином збільшуючи площу поверхні крапель, що суттєво впливає на час випаровування крапель. Беручи до уваги процеси, що відбуваються в системах упорскування, вибір палива з оптимальною в'язкістю повинен бути компромісним варіантом. З одного боку, збільшення в'язкості є сприятливим за рахунок ефективності та тиску в насосах високого тиску та умов змащення рухомих взаємодіючих елементів інжекторної системи, але з іншого боку це призводить до збільшення енергії для перекачування палива в систему подачі. З іншого боку, збільшення щільності спричинює збільшення викидів твердих частинок. Низька щільність пов'язана з нижчою теплотворною здатністю. Це вплине на погіршення потужності та крутного моменту. У такому

випадку, щоб зменшити різницю, слід збільшити дозу палива, що збільшить споживання палива та усуне сприятливий вплив нижчої щільності палива на зменшення викидів твердих частинок.

У статті представлені результати дослідження питання обґрунтованої необхідності вимірювання кінематичної в'язкості та щільності сумішей дизельного палива з етанолом та додеканолом. Результати вимірювань в'язкості можуть бути використані для визначення параметрів впорскування та макроструктури потоку розпиленого палива.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО, ЕТИЛОВИЙ СПИРТ, ДОДЕКАНОЛ, КІНЕТИЧНА В'ЯЗКІСТЬ.

ABSTRACT

Krzemiński A. Determination of the kinematic viscosity and density of a mixture of diesel fuel with ethanol and the addition of dodecanol. *Visnyk of National Transport University. Series «Technical sciences»*. Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 3 (50).

The most popular group of alternative fuels is that derived from renewable sources. This group of fuels includes: vegetable oils and their derivatives (for example, esters of higher carboxylic acids) alcohols (for example, ethanol and methanol) ethers (for example, methyl tert-butyl ether, ethyl tert-butyl ether) liquid biomass processing products (synthetic fuel). Among this group, the most interesting are alcohols, especially ethanol. This is due to the fact that ethanol has better physicochemical properties than methanol. It can be produced from renewable sources and the manufacturing process is not complicated. Drinking alcohol also reduces emissions of carbon dioxide (CO₂) and toxic compounds such as particulate matter and nitrogen oxides (NO_x) from diesel engines.

By using alternative fuels, costly engine design changes can be avoided and only regulatory changes can be made.

The miscibility of ethanol with diesel is influenced by water content and temperature. At a temperature of about 10 ° C, the mixture stratifies. One additive that can be used as a stabilizer for an ethanol-diesel mixture is dodecanol (C₁₂H₂₆). It is obtained by reduction of methyl esters. Dodecanol is solid at a temperature of 24 ° C, insoluble in water and mixes well with diesel fuel and ethyl alcohol.

In order for this type of fuel to be used to power diesel engines, it is necessary to know their physicochemical properties, since they have a significant impact on the correct operation of the internal combustion engine, operational parameters and the purity of exhaust gases into the environment.

The addition of ethanol to diesel fuel affects key properties such as kinematic viscosity and density. Viscosity affects the atomization and atomization characteristics of the combustion chamber. According to Soter, a lower viscosity value leads to smaller droplet diameters, thus increasing the surface area of the droplets significantly affects the evaporation time of the droplets. Taking into account the processes occurring in the injection systems, the choice of fuel with the optimal viscosity should be a compromise option. On the one hand, the increase in viscosity is favorable due to the efficiency and pressure in the high-pressure pumps and the lubrication conditions of the moving interacting elements of the injection system, but on the other hand, it leads to an increase in energy for pumping fuel into the supply system. On the other hand, an increase in density leads to an increase in particulate emissions. Low density is associated with lower heating value. This will affect the degradation of power and torque. In such a case, in order to reduce the difference, the fuel dose should be increased, the fuel consumption will be increased and the beneficial effect of low fuel density on the reduction of particulate matter emissions will be eliminated.

The article presents the results of the study of the issue substantiated the need to measure the kinematic viscosity and density of mixtures of diesel fuel with ethanol and dodecanol. The results of the viscosity measurements can be used to determine the injection parameters and the macrostructure of the atomized fuel flow.

KEY WORDS: DIESEL FUEL, ALTERNATIVE FUEL, ETHYL ALCOHOL, DODECANOL, KINETIC VISCOSITY.

РЕФЕРАТ

Кшеминьски А. Определение кинематической вязкости и плотности смеси дизеля с этанолом и добавкой деканол / А. Кшеминьски // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 3 (50).

Самой популярной группой альтернативных видов топлива является то, что получаемые из возобновляемых источников. К этой группе топлива входит: растительные масла и их производные (например, эфиры высших карбоновых кислот) спирты (например, этанол и метанол) эфиры (например, метил-трет-бутиловый эфир, этил-трет-бутиловый эфир) жидкие продукты переработки биомассы (синтетическое топливо). Среди этой группы наибольший интерес представляют спирты, особенно этанол. Это связано с тем, что этанол имеет лучшие физико-химические свойства, чем метанол. Его можно производить из возобновляемых источников, и технологический процесс его

производства не является сложным. Употребление спирта также уменьшает выбросы углекислого газа (CO₂) и токсичных соединений, например твердые частицы и оксиды азота (NO_x), образующихся в дизелях.

Используя альтернативные виды топлива, можно избежать дорогостоящих изменений в конструкции двигателя и вносить только нормативные изменения.

На смешиваемость этанола с дизельным топливом влияют содержание воды и температура. При температуре около 10 °С смесь расслаивается. Одной добавкой, которую можно использовать в качестве стабилизатора для этанолового-дизельной смеси, является додеканол (C₁₂H₂₆). Его получают путем восстановления метиловых эфиров. Додеканол при температуре 24 °С является твердым, нерастворимым в воде и хорошо смешивается с дизельным топливом и этиловым спиртом.

Для того, чтобы этот вид топлива использовался для питания дизелей, необходимо знать их физико-химические свойства, поскольку они оказывают значительное влияние на правильную работу двигателя внутреннего сгорания, эксплуатационные параметры и чистоту отработанных газов в окружающую среду.

Добавление этанола к дизельному топливу влияет на ключевые свойства, в частности на кинематическую вязкость и плотность. Вязкость влияет на распыление и характеристики распыления камеры сгорания. По мнению Сотера, меньше величина вязкости приводит к меньшим диаметров капель, таким образом увеличивая площадь поверхности капель, существенно влияет на время испарения капель. Принимая во внимание процессы, происходящие в системах впрыска, выбор топлива с оптимальной вязкостью должен быть компромиссным вариантом. С одной стороны, увеличение вязкости является благоприятным за счет эффективности и давления в насосах высокого давления и условий смазки движущихся взаимодействующих элементов инжекторной системы, но с другой стороны это приводит к увеличению энергии для перекачки топлива в систему подачи. С другой стороны, увеличение плотности приводит к увеличению выбросов твердых частиц. Низкая плотность связана с более низкой теплотворной способностью. Это повлияет на ухудшение мощности и крутящего момента. В таком случае, чтобы уменьшить разницу, следует увеличить дозу топлива, увеличит потребление топлива и устранит благоприятное воздействие низкой плотности топлива на уменьшение выбросов твердых частиц.

В статье представлены результаты исследования вопроса обоснована необходимость измерения кинематической вязкости и плотности смесей дизельного топлива с этанолом и додеканолом. Результаты измерений вязкости могут быть использованы для определения параметров впрыска и макроструктуры потока распыленного топлива.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА, АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА, ЭТИЛОВОГО СПИРТА, ДОДЕКАНОЛ, КИНЕТИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ.

AUTOR:

KRZEMIŃSKI Artur, Politechnika Rzeszowska, Katedra Pojazdów Samochodowych i Inżynierii Transportu, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 2550, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0003-4733-7308.

АВТОР:

КРЕМІЙСЬКИЙ Артур, Жешувський технологічний університет, кафедра автомобільного транспорту та транспортної інженерії, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0003-4733-7308.

AUTHOR:

KRZEMIŃSKI Artur, Rzeszów University of Technology, Department of Automotive Vehicles and Transport Engineering, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 2550, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0003-4733-7308.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Балавендер Кшиштоф, кандидат технічних наук, доцент, Жешувська політехніка, доцент кафедри автомобільного транспорту та транспортного машинобудування, Жешув, Польща.

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Balawender Krzysztof, PhD in Technical Sciences, associate professor, Rzeszow University of Technology, associate professor of the motor vehicles and transport engineering department, Rzeszow, Poland.

Gutarevych Yu.F., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, Head of the Engines and Heating Engineering Department, Kyiv, Ukraine.