

УДК 621.43.01

**А.П. Поляков, д.т.н., професор, О.О. Галушак, аспірант, С.О. Квасневський, студент**  
Вінницький національний технічний університет  
Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, Україна, 21021  
vntu@vntu.edu.ua

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДІГРІВУ ПАЛИВА НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ В'ЯЗКОСТІ І ГУСТИНИ

*Розглядався вплив підігріву палива на його в'язкість та густину при різних співвідношеннях дизельного та біодизельного палив шляхом початкового підігрівання біодизельного палива. Визначено температуру біодизельного палива при якій в'язкість двокомпонентного палива залишиться на рівні в'язкості дизельного палива*

**Ключові слова:** в'язкість, густина, біодизель, дизель, двигун, сумішеве паливо, альтернативне паливо, двокомпонентне паливо.

**Постановка проблеми.** Все більших масштабів для сучасного суспільства набувають проблеми, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища та з обмеженістю кількості викопних джерел енергії. Одним з найбільших забрудників середовища та споживачем рідких нафтових палив є автомобільний транспорт, зокрема, такий його елемент, як двигун внутрішнього згорання. Тому досить актуальним є питання використання альтернативних видів палива [1]. Основним завданням сучасності є пошук альтернативних відновлюваних видів палива, які б могли частково, а в подальшому повністю, замінити традиційні палива викопного походження. Для дизельних ДВЗ перспективним є використання біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом. Біодизельне паливо з хімічної точки зору – це метиловий ефір рослинних олій, який являється екологічно чистою альтернативою рідкого нафтового палива. Проте, воно відрізняється від дизельного палива за багатьма параметрами. Один з найважливіших, на який можна впливати, є в'язкість.

**Постановка задач.** Дана робота має на меті дослідження впливу температури палива на його в'язкість та в'язкість суміші, в якій одне з палив підігрівається. Вплив підігріву на зміну густини та, відповідно, і на масу палива, що впорскується в циліндр.

**Матеріали і результати досліджень.** При переведенні дизельного двигуна на чисте біодизельне паливо або на двокомпонентне паливо необхідно дослідити характеристики палива. Однією з основних характеристик, яка суттєво відрізняється, є в'язкість палив. В'язкість дизельного палива (ДП) на 20-60% менша за в'язкість БД. Така велика різниця в значеннях матиме ряд негативних явищ: зменшення ресурсу елементів системи подачі палива із-за збільшення навантаження на них, погіршення процесу розпилювання та згорання палива.

Вирішити проблему великої в'язкості можна за допомогою використання сумішевих палив з невеликим вмістом БП або використанням підігрівача палива, який буде забезпечувати необхідну температуру, відповідно і в'язкість, в залежності від палива, яке використовується. Проте, використовуючи підігрів палива необхідно врахувати той факт, що його густина зміниться. Це, в свою чергу, змінить масу палива, яке впорскується в циліндр при подачі того ж об'єму палива.

В роботі [2] були проведенні дослідження, в результаті якого було встановлено залежність зміни в'язкості палива від температури для ряду палив серед яких БП і ДП. Отримані залежності – степеневі рівняння: для ДП  $y = 53,1 \cdot x^{-0,81}$ ; для БП  $y = 106,1 \cdot x^{-0,85}$ . Їх графічне зображення наведено на рис. 1.

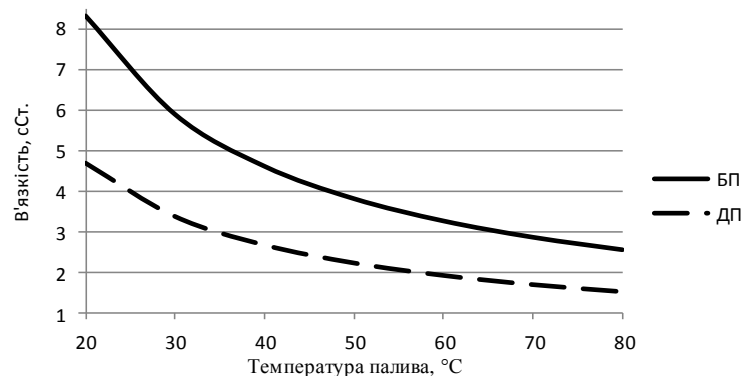


Рисунок 1 - В'язкість БП та ДП в залежності від його температури

Для забезпечення допустимої в'язкості двокомпонентного палива в широких межах змісту БД потрібно змінювати його температуру. Відповідно для кожного значення вмісту БД в суміші необхідно забезпечити певну температуру двокомпонентного палива. Враховуючи динамічність зміни відсоткового складу двокомпонентного палива та інерційність системи підігріву палива підтримувати однакову в'язкість палива досить важко. Тому доцільно підігрівати лише БП до певної температури, що забезпечить зі збільшенням вмісту БП в двокомпонентному паливі збільшення його температури, відповідно, забезпечення в'язкості на одному рівні. Тому необхідно провести дослідження для визначення температури БП, яка забезпечить необхідні показники в'язкості при різних концентраціях БП в двокомпонентному паливі, якщо це можливо.

Визначимо вплив температури БП на загальну температуру двокомпонентного палива. Зважаючи на те, що хімічний склад БП та ДП дуже схожий будемо вважати, що значення їх теплоємностей настільки однакові, що це вплине на результати розрахунків і буде в межах допустимої похибки. Розрахуємо температуру двокомпонентного палива враховуючи, що початкова температура БП – 50 °С, ДП – 20 °С:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{БП}} &= c \cdot m_{\text{БП}} \cdot (T_{\text{БП}} - T_{\text{ДКП}}); \\ \Delta Q_{\text{ДП}} &= c \cdot m_{\text{ДП}} \cdot (T_{\text{ДКП}} - T_{\text{ДП}}). \end{aligned} \quad (1)$$

З чого отримуємо:

$$T_{\text{ДКП}} = \frac{m_{\text{БП}} \cdot T_{\text{БП}} + m_{\text{ДП}} \cdot T_{\text{ДП}}}{m_{\text{БП}} + m_{\text{ДП}}}. \quad (2)$$

де  $\Delta Q_{\text{БП}}$  – втрата енергії БП;  $\Delta Q_{\text{ДП}}$  – приріст енергії ДП;  $m_{\text{БП}}$ ,  $m_{\text{ДП}}$ ,  $T_{\text{БП}}$ ,  $T_{\text{ДП}}$  – маса і температура БП та ДП відповідно;  $T_{\text{ДКП}}$  – температура двокомпонентного палива.

Як видно з формули 2, температура двокомпонентного палива змінюється за лінійним законом зі зміною відсоткового вмісту в ньому БП за умови, що вхідні температури палив сталі (рис.2).

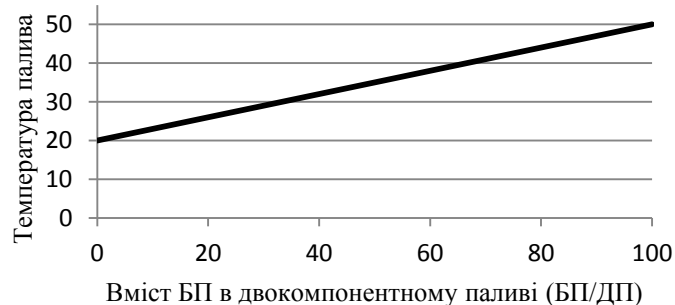


Рисунок 2 - Температура двокомпонентного палива в залежності від відсоткового вмісту в ньому БП

Для розрахунку в'язкості двокомпонентного палива Ф. Р. до Кармо запропонував модель на основі принципу відповідних станів [3]:

$$\begin{aligned} \nu = \frac{\left(\frac{p_{\text{сум}}}{p_1}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{A_{r,\text{сум}}}{A_{r,1}}\right)^{1/2}}{\left(\frac{T_{\text{сум}}}{T_1}\right)^{1/6}} \cdot \nu_1(T_1, p_1) \cdot \left[ \frac{\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{A_{r,1}}{A_{r,2}}\right)^{1/2}}{\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{1/6}} \cdot \frac{\nu_2(T_2, p_2)}{\nu_1(T_1, p_1)} \right]^K \end{aligned} \quad (3)$$

$$K = \frac{A_{r,\text{сум}} - A_{r,1}}{A_{r,2} - A_{r,1}}$$

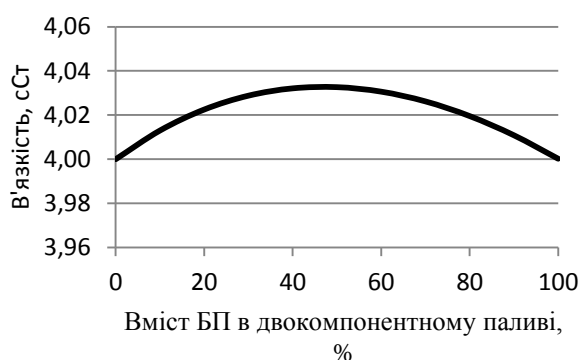
де  $\nu$ ,  $\nu_1$ ,  $\nu_2$ ,  $p_{\text{сум}}$ ,  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $T_{\text{сум}}$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $A_{r,\text{сум}}$ ,  $A_{r,1}$ ,  $A_{r,2}$ , – в'язкість, тиск, температура та молекулярна маса суміші першого та другого палив відповідно.

Після проведених розрахунків по даній математичній моделі були отримані значення в'язкості двокомпонентного палива при змінній концентрації БП та зміні його температури (табл. 1), при цьому температура ДП до змішування завжди складала 20°C. З табл.1 видно, що існує така початкова температура БП при якій в'язкість двокомпонентного палива буде майже однакою при всіх концентраціях БП в ньому. Ці дані наведені на рис.4а. В'язкість чистого БП та ДП при відповідних температурах однакові, проте при їх змішуванні, із-за різної хімічної будови (молекулярної маси) їх спільна в'язкість збільшується. Збільшення складає менше одного відсотка, що не буде істотно впливати на робочі процеси та надійність двигуна.

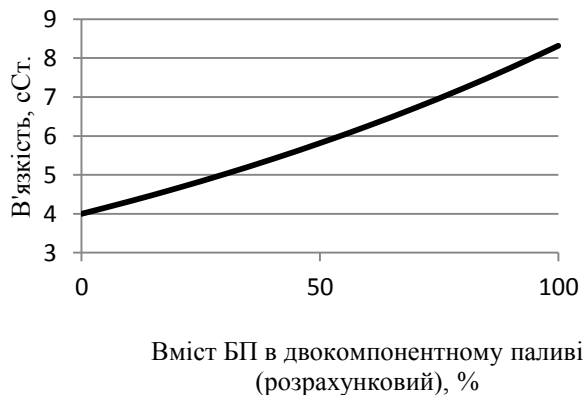
На рис. 4б показана в'язкість двокомпонентного палива в залежності від відсоткового вмісту в ньому БП. В'язкість змінюється за експоненційною залежністю.

Таблиця 1 – Залежність в'язкості двокомпонентного палива від температури та відсоткового вмісту БП в ньому

температура БД концентрація БП, %	в ньому							
	20	30	40	47,3	50	60	70	80
0	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
10	4,32	4,17	4,07	4,01	3,99	3,93	3,88	3,84
20	4,66	4,35	4,14	4,02	3,98	3,86	3,76	3,68
30	5,02	4,53	4,21	4,03	3,97	3,79	3,64	3,52
40	5,40	4,71	4,27	4,03	3,96	3,72	3,53	3,37
50	5,81	4,89	4,33	4,03	3,94	3,64	3,41	3,22
60	6,25	5,08	4,39	4,03	3,92	3,57	3,30	3,08
70	6,72	5,28	4,45	4,03	3,90	3,49	3,19	2,94
80	7,22	5,48	4,51	4,02	3,87	3,42	3,08	2,81
90	7,75	5,68	4,56	4,01	3,84	3,34	2,97	2,68
100	8,31	5,89	4,61	4,00	3,82	3,27	2,87	2,56



а



б

Рисунок 4 - В'язкість двокомпонентного палива в залежності від відсоткового вмісту в ньому БП

а: при температурах палив до змішування рівних: ДП - 20°C, БП - 47,3 °C

б: при температурах палив до змішування рівних: ДП - 20°C, БП - 20 °C

При збільшенні температури густина палива зменшуються, а об'єм зростає. Зміну густини при зміні температури можна визначити користуючись формулою, запропонованою Д.І. Менделєєвим:

$$\rho_x = \rho_{20} - a(t - 20), \quad (5)$$

де  $\rho_x$  - відносна густина нафтопродуктів при температурі  $x$ , °C;  $a$  - температурна поправка до густини.

Значення температурної поправки розраховуємо з залежності (5) для густини біодизельного палива, яка складає 0,885 г/см<sup>3</sup> [2].

$$a = -0,00132 \cdot \rho + 0,0018342, \quad (5)$$

$$a = 0,000666.$$

Тому густина біодизельного палива буде складати:

$$\rho_{47,3} = 0,885 - 0,000666 \cdot (47,3 - 20) = 0,867$$

Як видно з розрахунків, густина палива зменшується на 2%. Маса прямо-пропорційно залежить від густини палива, відповідно, маса впорскуваного палива зменшиться на 2%, що суттєво не вплине на роботу двигуна. При використанні двокомпонентного палива з різними концентраціями палив немає необхідності змінювати циклову подачу палива при зміні його температури. Основною причиною зміни циклової подачі є зміна загальної нижчої теплотворної здатності

**Висновки.** При використанні БД або його суміші з ДП потрібно враховувати збільшення в'язкості палива, що негативно вплине на роботу біодизельного двигуна. Для вирішення проблеми високої в'язкості потрібно встановити підігрівач БП. Як видно з розрахунків, при збільшенні температури БП до 47,3 °С його в'язкість стає аналогічною в'язкості ДП. При змішуванні БД (47,3°С) та ДП (20°С) до різних концентрацій в'язкість суміші майже не змінюється – збільшення складає менше 1%. При підігріванні палива немає важко змінювати циклову подачу палива, оскільки при впорскуванні палива в циліндр неможливо забезпечити таку точність.

#### *Бібліографічний список використаної літератури*

1. Васильов Р.Г. Перспективи розвитку производства биотоплива в России. Сообщение 1: биодизель / Р.Г. Васильов. – Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2007. – Т. 3. – № 1. – С. 47–54.
2. Васильев И. П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля: монографія / И. П. Васильев – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2009. - 240 с. ISBN 978-966-590-726-8.
3. Семёнов В.Г. Оценка влияния физико-химических показателей биодизельного топлива на параметры дизеля и его эколого-эксплуатационные характеристики / В.Г. Семёнов, М.Н. Лылка, вісник аграрної науки причорномор'я спеціальний випуск 2(41) – Миколаїв – 2007. – С. 11.
4. Mesquita F. M. R. Viscosities and viscosity deviations of binary mixtures of biodiesel + petrodiesel (or n-hexadecane) at different temperatures / Mesquita F. M. R., Feitosa F. X., F. R. do Carmo, R. S. de Santiago-Aguiar – Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol. 29, No. 03, pp. 653 - 664, July - September, 2012. ISSN 0104-6632

#### **А.П. Поляков, А.А. Галушчак, С.О. Квасневський Исследования влияния подогрева топлива на его характеристики вязкости и плотности**

*Рассматривалось влияние подогрева топлива на его вязкость и плотность при различных соотношениях дизельного и биодизельного топлив путем начального подогрева биодизельного топлива. Определены температуры биодизельного топлива при которой вязкость двухкомпонентного топлива останется на уровне вязкости дизельного топлива*

*Ключевые слова: вязкость, плотность, биодизель, дизель, двигатель, смесевое топливо, альтернативное топливо, двухкомпонентное топливо.*

#### **A.P. Poliakov, O.O. Galushchak, S.O. Kwasniewskiy. Research effect of heating fuel to its viscosity and density**

*The work is to determine the effect of heating fuel for viscosity and density at different ratios of diesel and biodiesel fuels by heating of biodiesel. The temperatures at which the biodiesel viscosity two-component fuel will remain at the level of viscosity of diesel fuel*

*Keywords: viscosity, density, biodiesel, diesel, engine, composite fuel, alternative fuel, two-component fuel.*