

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКОЛОГІЧНОБЕЗПЕЧНОГО ЗНЕШКОДЖЕННЯ СИВУШНИХ МАСЕЛ НА ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ

В.М.Мельник

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 45560
e-mail: v a s j a m e l @ m a i l . r u

Одним из важных аспектов применения сивушных масел в эквивалентном топливе является экономическая эффективность. При расчетах экономической эффективности использования сивушных масел как добавок к дизельным топливам необходимым техническим условием является обеспечение одинаковых цетановых чисел эквивалентного топлива по сравнению с товарным дизельным топливом. Выведена зависимость изменения цены используемого дизельного топлива от процентного содержания в нем сивушных масел. Следовательно, с увеличением процентного содержания сивушных масел в эквивалентном топливе достигается увеличение экономической эффективности за счет использования в эквивалентном топливе дизельного топлива с низким цетановым числом.

One of prominent aspects of application of fusel oils in equivalent fuel is economic efficiency. In calculations of economic efficiency of use of fusel oils as additives to the diesel fuel, the necessary specification takes maintenance identical cetane numbers of equivalent fuel in comparison with commodity diesel fuel. In an end result the author had been calculated dependences of change of the price of used diesel fuel depending on percentage in it of fusel oils. Hence, for the accepted prices for diesel fuel and fusel oils from the lead calculations it is visible, that with increase in percentage of fusel oils in equivalent fuel the increase in economic efficiency due to use in equivalent fuel of diesel fuel with low cetane number is reached.

Спиртова промисловість України — одна з найбільших галузей за утворенням відходів і стічних вод. В Україні працює понад 80 спиртозаводів загальною потужністю виробництва понад 66 млн. дал. етилового спирту на рік, де протягом року утворюється близько 4 млн. м³ мелясної та 3,6 – 3,8 млн. м³ зернової барди, а також близько 8 млн. м³ слабкозабруднених стічних вод, що не можуть без очищення скидатися у водойми. Мелясна барда на більшості заводів не утилізується і без очищення разом зі стічними водами скидається у відстійники, де загниває, забруднюючи ґрунтові води і повітря.

На даний час утилізація і переробка відходів спиртової промисловості створює ряд труднощів пов'язаних з тим, що в Україні немає достатній кількості налагоджених ліній з їх переробки.

Для організації переробки відходів спиртової промисловості починаючи з 1998 року було переобладнано вісім підприємств державного концерну “Укрспирт” для виробництва високооктанової кисневмісної добавки (ВКД) до палив на основі етанолу. За цей час ними вироблено 28,2 тис. тон ВКД, однак підприємства виробники ВКД стикаються з великими труднощами, пов'язаними із збутом продукції, оскільки остання є новою і дорогою.

На основі проведених досліджень сумішей дизельного палива ДП і сивушних масел СМ автором визначено оптимальні склади паливних сумішей та досліджено екологічні показники роботи дизеля на режимах холостого ходу і під навантаженням [3, 4]. А тому, на даний час актуальним є дослідження питання економічної ефективності утилізації СМ на дизельному двигуні.

До основного показника дизельного палива (ДП), що суттєво впливає на його вартість, відноситься цетанове число (ЦЧ). Цей показник характеризує здатність ДП до самозаймання після його впорскування в камеру згорання двигуна і визначає період затримки самозаймання суміші від моменту впорскування в циліндр до початку горіння. Чим вище ЦЧ, тим легше паливо займається, тим коротший період затримки самозаймання і тим більш м'яко і плавно горить паливна суміш [1].

Більшість виробників двигунів рекомендує використовувати ДП з ЦЧ не менше 40. В Європі випускають дизельне паливо з ЦЧ близько 51, в Японії – приблизно 50 [2], проте збільшення ЦЧ понад 60 призводить до негативного впливу на потужності двигуна та його техніко-експлуатаційні показники роботи.

Дослідження впливу добавок сивушних масел (СМ) на ЦЧ та техніко-економічні показники ДП, а також оцінка можливості використання даних паливних сумішей на дизелі наводиться в наших роботах [3, 4, 5].

На економічну ефективність утилізації СМ після додавання їх добавці до ДП з подальшим спалюванням на двигуні внутрішнього згорання (ДВЗ) впливають здебільшого фінансові витрати на паливо, оскільки інші витрати (на оливу, амортизаційні відрахування і т.д.) як під час роботи автомобіля на ДП, так і на суміші ДП з СМ є практично однаковими [6].

Техніко-економічна ефективність утилізації СМ на дизельному двигуні визначається за методикою [5,6] якщо

$$C_{\text{ДП}} \geq (C_{\text{ДП}} \cdot q_{\text{ДП}} + C_{\text{СМ}} \cdot q_{\text{СМ}}) \cdot k \quad (1)$$

Таблиця 1 – Значення коефіцієнта k залежно від масової частки СМ у паливних сумішах

q_{CM}	0,02	0,04	0,06	0,08	10	12
k	1,004	1,008	1,012	1,016	1,02	1,024

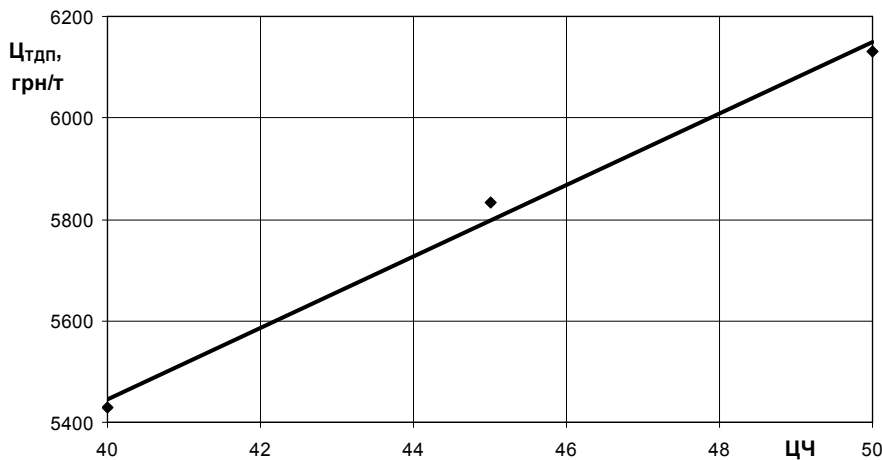


Рисунок 1 – Залежність зміни ціни товарного ДП ($C_{тдп}$) залежно від цетанового числа ($ЦЧ$)

де: $C_{тдп}$ – роздрібна ціна однієї тонни товарного ДП, грн /т;

$C_{дп}$ – роздрібна ціна однієї тонни ДП, що використовується в паливних сумішах, грн /т;

$C_{см}$ – роздрібна ціна однієї тонни сивушних масел, грн /т;

$q_{дп}$ – масова частка ДП у паливних сумішах;

$q_{см}$ – масова частка сивушних масел у паливних сумішах;

k – коефіцієнт, який враховує збільшення витрати паливної суміші, і визначається з рівняння балансу теплоти, яка міститься в товарному ДП та паливних сумішах ДП і СМ[6].

Нижчу теплоту згоряння паливних сумішей знаходимо за формулою [2]:

$$h_{нпс} = h_{ндп} \cdot Q_{дп} + h_{нсм} \cdot q_{см} \quad (2)$$

де: $h_{нсм}$ – нижча теплота згоряння СМ, яка згідно проведених розрахунків складає $h_{нсм} = 34240$ кДж/кг, для СМ густиною $\rho_{см} = 832$ кг/м³ та середньою молекулярною масою $M_{см} = 73,44$ кг/моль[5];

$h_{ндп}$ – нижча теплота згоряння ДП, $h_{ндп} = 42600$ кДж/кг [2].

З урахуванням формули (2) отримуємо:

$$k = \frac{h_{ндп}}{h_{ндп} \cdot q_{дп} + h_{нсм} \cdot q_{см}} \quad (3)$$

Значення коефіцієнта k залежно від масової частки сивушних масел в паливних сумішах наведені в табл. 1.

Для розрахунку економічної ефективності утилізації СМ на дизельному двигуні необхідно мати залежність зміни ціни товарного ДП від ЦЧ. Виходячи з роздрібних цін на товарне ДП на час проведення розрахунків, вартість однієї тонни ДП в залежності від ЦЧ становила для ДП з ЦЧ не менше 40 – 5428 грн /т, при ЦЧ не менше 45 – 5833 грн /т, для ДП з ЦЧ не менше 50 – 6131 грн /т, що зображено графічно на рис. 1.

Наведена на рис.1 залежність апроксимується поліномом першого степеня:

$$C_{тдп} = 70,3ЦЧ_{тдп} + 2633,8, \quad (4)$$

де $ЦЧ_{тдп}$ – цетанове число товарного ДП. При цьому коефіцієнт кореляції даної залежності складає $R^2=0,99$.

Необхідне ЦЧ дизельного палива для змішувати з СМ і одержання еквівалентного за ЦЧ палива розраховують за допомогою:

$$ЦЧ_{дп} = ЦЧ_{тдп} - \Delta ЦЧ, \quad (5)$$

де $\Delta ЦЧ$ – приріст цетанового числа суміші ДП і СМ, що визначається за відсотковим масовим вмістом СМ у паливних сумішах, і розраховується за формулою (8).

Економічна ефективність застосування паливних сумішей оцінюється різницею цін однієї тонни товарного ДП і відповідної за теплоотою згоряння кількості паливної суміші СМ і ДП та визначається за залежністю:

$$\Delta E_k = C_{тдп} - (C_{дп} \cdot Q_{дп} + C_{см} \cdot q_{см}) \cdot k. \quad (6)$$

В розрахунках прийнято вартість однієї тонни СМ на рівні 1200 грн /т (за даними Державного концерну “Укрспирт”)[5].

Під час розрахунку економічної ефективності утилізації СМ, після додавання до ДП і

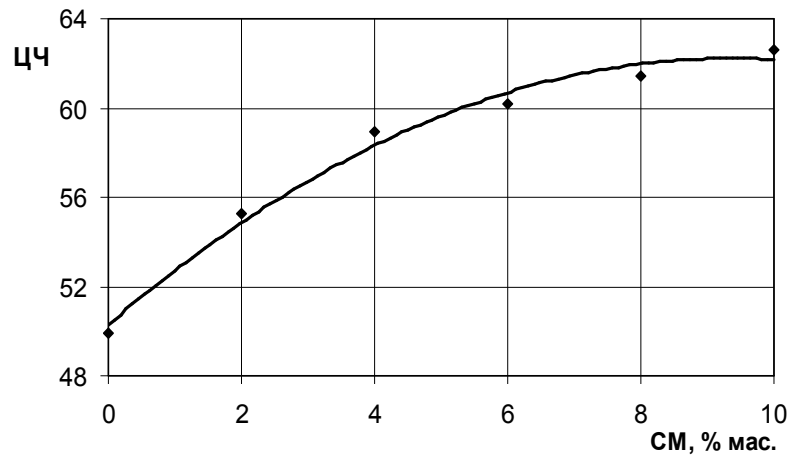


Рисунок 2 – Залежність зміни цетанового числа (ЦЧ) паливних сумішей від відсоткового масового вмісту в них сивушних масел (СМ)

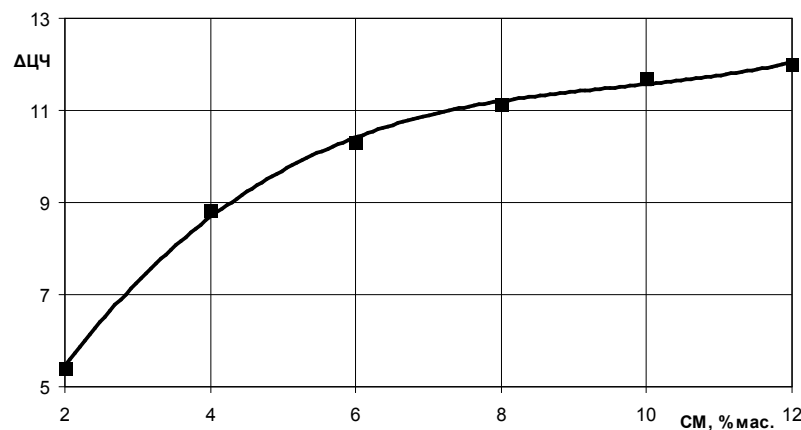


Рисунок 3 – Залежність приросту цетанового числа (ΔЦЧ) паливних сумішей від відсоткового масового вмісту в них сивушних масел (СМ)

спалювання на ДВЗ, необхідною умовою має бути забезпечення однакових ЦЧ паливних сумішей порівняно з товарним ДП. За результатами дослідження побудовано графічну залежність зміни ЦЧ ДП від відсоткового масового вмісту в ньому СМ (рис. 2).

Дана залежність описується таким поліномом:

$$ЦЧ = -0,1126(\%СМ)^2 + 2,2677(\%СМ) + 50,862 \quad (7)$$

де ЦЧ – цетанове число суміші СМ і ДП. Коефіцієнт кореляції для аналітичної залежності (7) рівний $R^2 = 0,98$.

Залежність приросту ΔЦЧ ДП (визначеного з рис. 2) від відсоткового вмісту в ньому СМ зображено на рис. 3.

Аналітично залежність описується поліномом такого вигляду:

$$\Delta ЦЧ = 0,0111(\%СМ)^3 - 0,319(\%СМ)^2 + 3,2168(\%СМ) + 0,2033. \quad (8)$$

Для оцінювання економічної ефективності утилізації СМ на дизельному двигуні було розраховано залежності зміни ціни використовуваного ДП (Ц_{ДП}) згідно з методикою [5,6] в залежності від відсоткового вмісту СМ (рис. 4).

Дана залежність описується степеневим рівнянням:

$$Ц_{ДП} = 5326,5(\%СМ)^{-0,0871}. \quad (9)$$

Коефіцієнт кореляції для рівняння (9) рівний $R^2 = 0,99$.

Застосування різних паливних сумішей забезпечується додаванням до ДП різної кількості СМ, а тому економічна ефективність утилізації різних паливних сумішей буде різною. Щоразу після додавання порції СМ до палива було проведено розрахунок економічної ефективності, за даними розрахунку побудовано графічні залежності її зміни від відсоткового вмісту в паливних сумішах СМ (рис. 5).

Одержана графічна залежність економічної ефективності утилізації СМ в еквівалентному паливі описується таким рівнянням:

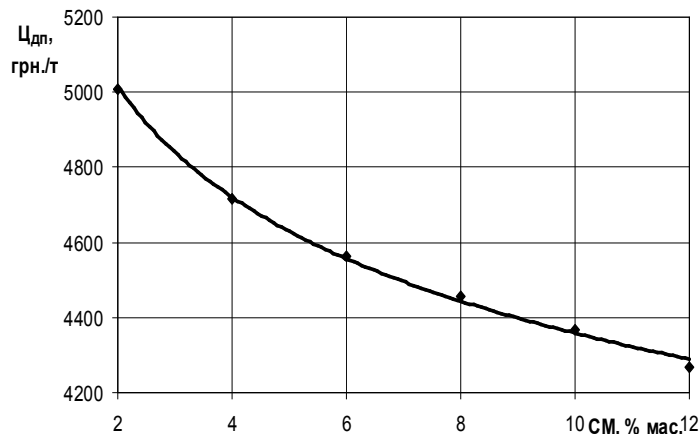


Рисунок 4 – Залежність зміни ціни ДП(Ц_{ДП}) використовуваного в паливних сумішах від відсоткового вмісту в них сивушних масел (СМ)

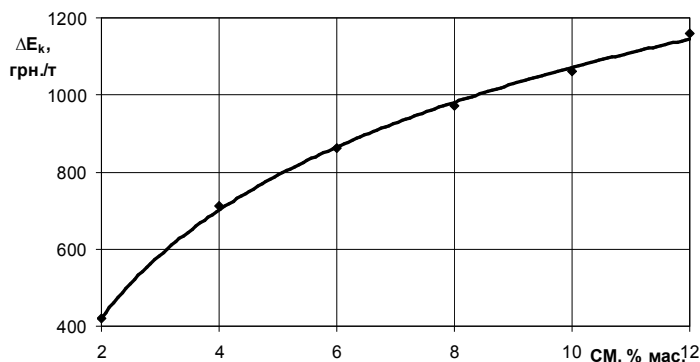


Рисунок 5 – Залежність ефективності застосування еквівалентних палив(ΔE_к) від відсоткового масового вмісту в них сивушних масел (СМ)

$$\Delta E_k = 403,96 \cdot \ln(\%SM) + 141,18. \quad (10)$$

Коефіцієнт кореляції для рівняння (10) рівний $R^2 = 0,99$.

Отже, для прийнятих цін на ДП і СМ та з аналізу результатів проведених розрахунків видно, що із збільшенням відсоткового вмісту СМ в паливних сумішах ДП і СМ досягається збільшення економічної ефективності утилізації СМ за рахунок використання в паливних сумішах ДП з низьким ЦЧ.

Це дає можливість досягнути зниження вартості товарних ДП на 1000-1200 грн /т за масового вмісту у них 10-12% СМ.

Такий ефект у разі використання добавок СМ до ДП вказує на перспективність даного напрямку утилізації СМ та доцільність подальшого його дослідження.

Література

1 Колосюк Д.С. Експлуатаційні матеріали: підручник / Д.С.Колосюк, Д.В.Зеркалов. - К.: Основа, 2003. – 200 с.

2 Гаєва Л.І. Використання експлуатаційних матеріалів і економія паливно-енергетичних ресурсів: Навчальний посібник / Л.І.Гаєва,

М.В.Гордійчук. – Івано-Франківськ: Факел, 2001. – 274 с.

3 Мельник В.М. Альтернативні палива дизельних двигунів нафтогазової галузі / В.М.Мельник // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – №4(17). – С. 92-94.

4 Мельник В.М., Козак Ф.В., Гаєва Л.І., Школьний М.П. Показники роботи дизеля на сумішах дизельного палива і сивушних масел/ В.М.Мельник, Ф.В.Козак, Л.І.Гаєва, М.П.Школьний / Міжнародна науково-технічна конференція [“Ресурсозберігаючі технології у нафтогазовій енергетиці”], (16-20 квітня 2007р.). – ІФНТУНГ.

5 Мельник В.М. Економічна ефективність використання альтернативних палив / В.М.Мельник // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – №1(18). – С. 56-58.

6 Гутаревич Ю.Ф. Оцінка ефективності додавання спиртових сполук до бензину / Ю.Ф.Гутаревич, А.Г.Говорун, А.О.Копач, О.Г.Мороз // Автошляхових України. – 2004. – № 3. – С. 17-19.

7 ДСТУ 3868 – 99. “Дизельне паливо. Технічні умови”. Видання офіційне. – К.: Держстандарт України, 1999. – 11 с.