

Винахід відноситься до сумішевих палив рослинного і нафтового походження, які призначені для використання в дизелях.

У даний час ведуться розробки по використанню рослинних олій і їхніх похідних у якості дизельного палива замість нафтового, котрі сприяють рішенню енергетичної й екологічної проблем, які стоять перед людством.

Проблема викликана тим, що світові енергетичні запаси, особливо нафти, у значній мірі вичерпані, а в теж час близько 90% усій споживаної енергії виробляється двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ), що спалюють у своїх циліндрах рідке паливо. З іншого боку, катастрофічне погіршення екологічної обстановки на Землі пов'язано з величезною кількістю шкідливих речовин ( $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , твердих часток і ін.) і діоксиду вуглецю, що викидаються в атмосферу з відпрацьованими газами ДВЗ. Зокрема, накопичення  $\text{CO}_2$  в атмосфері Землі приводить до необоротних негативних процесів, обумовлених так названим парниковим ефектом.

Світовий досвід (Франція, Німеччина, Чехія, Польща й ін.) показує, що при використанні палив рослинного походження, поряд з економією нафтових палив, удається поліпшити екологічні характеристики ДВЗ.

Відомі альтернативні сумішеві палива, що складаються з інгредієнтів нафтового та рослинного походження. Так, у журналі «Тракторы и сельскохозяйственные машины», 1997, №5, с. 11-12, - В. М. Фомин, И. В. Ермолович, Халиль А. Сатер «Использование рапсового масла как моторного топлива для дизелей» розглянута можливість роботи передкамерного дизеля на суміші дизельного палива і ріпакової олії (співвідношення інгредієнтів сумішевого альтернативного палива 1:1). У дослідженнях, що проводилися на дизелі Д-243, використовувалися суміші ріпакової олії (у кількості 10, 20 і 30%) з дизельним паливом (див. журнал «Автошляховик України», 1999р., №1, с. 4-6, - А. М. Редзюк, В. О. Рубцов, Ю. Ф. Гутаревич «Проблеми та перспективи використання рослинної олії як моторного палива»). Однак, як відзначається в статті, опублікованій в журналі «Наука и жизнь», 1993г., №6, с. 26-30, - А. Куликов «Дизели меняют рацион» для роботи на чистій ріпакової олії потрібно значна переробка дизельного двигуна.

Більш перспективним, для сучасних дизельних двигунів з безпосереднім упорскуванням, є застосування альтернативного палива рослинного походження «биодизель» - метилові ефіри жирних кислот ріпакової олії (МЕРО). Це зв'язано з тим, що МЕРО по своїх фізичних показниках значно ближче до дизельного палива (ДП), чим ріпакова олія (див. О. Адаменко, В. Височанский, В. Лютко, М. Михайлов. Під ред. докт. техн. наук проф. В. Лютко. - Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії. - Івано-Франківськ, «Полум'я», 2000, с. 41-88). У статті, що опублікована в газеті «Світ», №27-28 липень 1999, с. 7 - «Двигуни на рослинній олії: правда і вимисел», автори В. Криворотько, Ю. Сухенко докладно розглянуті основні характеристики МЕРО (його фізико-хімічні властивості, результати іспитів, переваги і недоліки його застосування як дизельного палива й ін.)

За прототип узята суміш на основі дизельного палива з 5-20% добавкою МЕРО, яка описана в журналі «Автомобильная промышленность США», 1997г., с. 5-9, Ксавье Монтаня «Широкомасштабные эксперименты по введению рапсового масла в дизельное топливо». До недоліків прототипу відноситься наступне:

- при виробництві МЕРО використовують сорти низькоерукового ріпаку, що містить ерукову кислоту ( $\text{C}_{22:1}$ ) до 5% (див. В. Лютко, Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії, с. 48, табл. 1.13), що знижує нижчу теплоту згоряння  $Q_n$  МЕРО і призводить до підвищення питомої ефективної витрати палива  $g_e$  г/(кВт·год);

- при одержанні паливної суміші з дизельного палива і МЕРО виходить суміш, фізичні показники якої - щільність, в'язкість вище, ніж у дизельного палива (див. табл. 1).

Задача винаходу: розробка альтернативного палива для дизеля на основі палив рослинного і нафтового походження.

Суть винаходу полягає в тому, що альтернативне паливо для дизеля, що містить метилові ефіри жирних кислот ріпакової олії і паливо нафтового походження, згідно винаходу, містить, метилові ефіри жирних кислот високоерукової ріпакової олії і газовий конденсат у наступній кількості (об'ємні %):

метилові ефіри ерукової кислоти	27-30
метилові ефіри інших жирних кислот	23-30
газовий конденсат	решта.

Справа в тім, що у відмінності від дизельного палива МЕРО є утримуючим кисень паливом (кількість кисню в МЕРО складає 9.8 - 10.9%, у залежності від вихідного складу жирних кислот ріпакової олії). МЕРО одержують шляхом етерифікації ріпакової олії метиловим спиртом у присутності каталізатора. З технічного опису процесу «Одержання биодизельного палива» з насінь ріпаку по стандарту Німеччини DIN 51606 впливає, що склад жирних кислот ріпакової олії наступний (див. табл. 2). Тому що МЕРО є утримуючим кисень паливом, те ясно, чим вище порядок кислоти (зміст вуглецю), тим менше процентний вміст кисню в кислоті і, отже, вище нижча теплота згоряння палива  $Q_n$  (визначається по загальновідомій формулі Д. І. Менделєєва). Отже, використання високоерукової ріпакової олії при виробництві МЕРО дозволяє одержати паливо з більш високим енергетичним потенціалом (збільшення змісту метилових ефірів ерукової кислоти з 0.6 до 53.5% дозволяє підвищити  $Q_n$  зі

Таблиця 1 – Показники робочого процесу дизеля

Показники	$\rho_{50}$ кг/л <sup>3</sup>	$\nu_{50}$ мм <sup>2</sup> /с	$\mu_{50} \cdot 10^3$ Па·с	$U_0$ м/с	$D_{32}$ мкм	$\gamma_s$ град	$\sigma_0$	$\sigma_c$	$V_u$ град <sup>-1</sup>	$\eta_e$	$Q_H$ МДж/кг
Паливо											
ДП	805	2.11	1.70	255	22.7	23.8	0.41	0.59	403	0.3855	42.50
МЕРО	836	4.25	3.64	279	24.8	21.7	0.21	0.79	326	0.3759	37.53
ГК	750	0.70	0.35	235	20.9	24.9	0.58	0.42	442	0.3798	43.50

Таблиця 2 – Склад ріпакової олії \*

Найменування кислоти	Формули	Молекулярна маса, кг/кмоль	Процентний вміст кислот %	
			Низькоерукова олія	Високоерукова олія
Пальмітинова - кислота C16:0 - ефір	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	256 270	5.0	3.5
Стеаринова - кислота C18:0 - ефір	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	284 298	1.8	2.2
Олеїнова - кислота C18:1 - ефір	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	282 296	57.9	13.8
Лінолева - кислота C18:2 - ефір	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	280 294	21.0	11.7
Ліноленова - кислота C18:3 - ефір	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	278 292	10.3	15.0
Ейкозенова - кислота C20:1 - ефір	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub> C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	310 324	1.4	-
Ерукова - кислота C22:1 - ефір	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub> C <sub>23</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	338 352	0.6	53.5
Інші кислоти й ефіри	-	-	2.0	0.3

\* Допуск 5% щодо кожної з кислот.

Таблиця 3 – Емісія токсичних компонентів відпрацьованих газів дизеля

Компоненти	CO %	CO <sub>2</sub> %	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> %	NO <sub>x</sub> %	PM %	C %
Паливо						
ДП	100	100	100	100	100	100
ГК	100	100	98	96	95	92
МЕРО	90	89	90	112	76	48

значення 37.53 МДж/кг до 38.13 МДж/кг, що приведе до поліпшення економічності дизеля на 1.5-1.6%).

У таблиці 2 наведено процентний вміст жирних кислот у низькоеруковій (харчовій) і високоеруковій (технічній) ріпаковій олії. Високоерукова олія (див. В. Г. Щербаков. Біохімія і товароведення масличного сир'я. - Учебное пособие для вузов. - Пищепромиздат, М:1963, с. 276) міститься в насіннях, наприклад, ріпаку озимого: сорту «Благодатний», «Київський 14». Як видно, основна відмінність низькоерукової і високоерукової ріпакової олії у змісті олеїнової і ерукової кислот. Процентний вміст кисню От у метиловому ефірі олеїнової кислоти - 10.8%, а в метиловому ефірі ерукової кислоти - 9.1%, і якщо запропоноване альтернативне паливо для дизеля містить 50-60% МЕРО, то питома ефективна витрата пального зменшується на 0.75 - 0.95%.

З іншого боку, тому що метилові ефіри містять вуглеводні з підвищеної (чим у дизельного палива) молекулярною масою (наприклад, метилові ефіри олеїнової кислоти C<sub>19</sub>H<sub>36</sub>O<sub>2</sub>, лінолевої - C<sub>19</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub> та ін.), молекулярна маса метилових ефірів знаходиться на рівні 300 - 320 кг/кмоль, а дизельного палива - 180 - 200 кг/кмоль. У зв'язку з цим і основні фізичні показники метилових ефірів і дизельного палива відрізняються

(наприклад, щільність  $\rho_T$ , кінематична  $\nu_T$  та динамічна  $\mu_T$  в'язкість). Через підвищену щільність і в'язкість метилових ефірів виникають проблеми з випаром і раціональним розподілом упорскуваного палива в об'ємі камери згоряння дизеля, що в залишковому підсумку приводить до деякого погіршення тепловиділення в циліндрі дизеля. Результати розрахунково - експериментального дослідження робочого процесу в циліндрі дизеля СМД-31 (64Н12/14, потужність 191 кВт і частоті обертання колінчастого вала  $n=2000$  хв<sup>-1</sup>) при роботі на дизельному паливі, МЕРО та газовому конденсаті (ГК) приведені в таблиці 1.

Аналізуючи показники, приведені в таблиці 1, можна зробити наступні висновки. Збільшені значення

$\rho_{50}, \nu_{50}$  і динамічної в'язкості  $\mu_{50}$  для метилових ефірів приводять до збільшення початкової швидкості впорскування палива  $U_0$ , росту діаметра крапель розпиленого палива  $D_{32}$ , зменшенню кута розкриття паливного факела  $\gamma_s$ , і як слідство, зменшення палива, що випаровувалося в об'ємі камери  $\sigma_0$  і росту кількості палива, що

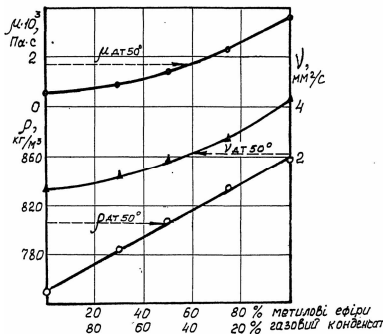
досягло поверхні камери згоряння  $\sigma_c$  і стінки гільзи циліндрів. При цьому частина палива знімається поршневыми кільцями і потрапляє в картер. Це явище й одночасне при цьому зменшення константи випару  $V_u$  приводить до зниження ефективного коефіцієнта корисної дії  $\eta_e$  дизеля та підвищення витрати пального.

У таблиці 3 приведені порівняння емісії токсичних компонентів відпрацьованих газів дизеля, що працює на ДП, ГК та МЕРО. З таблиці 3 випливає, що використання МЕРО приводить до зниження емісії токсичних компонентів відпрацьованих газів, таких як оксид СО та діоксид CO<sub>2</sub> вуглецю, вуглеводнів C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, твердих часток РМ і сажі С.

Виходячи з таблиці 1 і малюнка, можна зробити висновок про те, що для одержання фізичних показників (щільність і в'язкість) запропонованого альтернативного палива близьких до дизельного палива

необхідно до МЕРО додати 40-50%(по об'єму) газового конденсату. Використання газового конденсату як нафтового палива пов'язано з його фізико-хімічними властивостями (щільність  $\rho_{20} = 772 \text{ кг/м}^3$ , кінематична в'язкість  $V_{20} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$ , динамічна в'язкість  $\mu_{20} = 0.77 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ , цетанове число більш 45, нижча теплота згоряння  $Q_n = 43.5 \text{ МДж/кг}$ , молекулярна маса 100-120 кг/кмоль, температура застигання - мінус  $28^\circ\text{C}$ ). Більш докладно про газовий конденсат див. (Свиридов Ю. Б., Малявинский Л. В., Вихерт М. М. - Топливо и топливоподача автотракторних дизелей. - Л.: Машиностроение. Ленингр. от-ние, 1979, с. 184-187).

На фігурі показані залежності фізичних показників альтернативного палива, що заявляється, від складу інгредієнтів при температурі палива  $50^\circ\text{C}$ . По осі абсцис вказано процентний вміст метилових ефірів ріпакової олії і газового конденсату, по осі ординат - нагору (щільність, кінематична і



динамічна в'язкості палива).  $\rho_{dn50^0}, V_{dn50^0}$  і  $\mu_{dn50^0}$  - щільність, кінематична і динамічна в'язкості дизельного палива при  $50^\circ\text{C}$  (орієнтовно така температура палива після насоса високого тиску при надходженні його в циліндр, дизеля).

Опис винаходу містить чотири таблиці.

Таблиця 1 - до неї входять фізичні показники палива ( $\rho_{50}, V_{50}, \mu_{50}$  і  $Q_n$ ), показники процесів випару і сумішоутворення палива ( $U_0, D_{32}, \gamma_s, \sigma_0, \sigma_c, V_U$ ), ефективний к.к.д. дизеля.

Таблиця 2 - до неї входять формули жирних кислот і метилових ефірів, молекулярні маси кислот і ефірів, процентний вміст кислот і ефірів у низькоеруковій та високоеруковій ріпаковій олії.

Таблиця 3 - емісія токсичних компонентів відпрацьованих газів дизеля при його роботі на дизельному паливі, газовому конденсаті і метилових ефірах ріпакової олії. За 100% прийнята емісія кожного компонента у відпрацьованих газах дизеля при його роботі на дизельному пальному. Значення кожного з компонентів чи більше менше 100%, говорить про те, наскільки (у відсотках) збільшуються чи зменшуються викиди шкідливих компонентів.

Таблиця 4 - показники роботи дизеля на різних сумішах. Приведено значення величин метилових ефірів високоерукової ріпакової олії і газового конденсату в інтервалі, що заявляється, питома витрата пального роботі дизеля на розглянутих сумішах (дизель 64Н 12/14,  $N_e = 191 \text{ кВт}$ ,  $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$ ), а також величина паливно-екологічного критерію  $K_{те}$ , що враховує з одного боку, паливну економічність дизеля, а з іншого боку - питому вагу витрат на відшкодування екологічного збитку при експлуатації дизеля стосовно витрат палива. Більші значення  $K_{те}$  говорять про ріст витрат на відшкодування збитку від більшої кількості токсичних компонентів у відпрацьованих газах дизеля.

Приклад.

Для одержання альтернативного палива для дизеля шляхом змішання підготовлені три суміші інгредієнтів, що містять кожна (об'ємні %):

- Метилові ефіри ерукової кислоти високоерукової ріпакової олії відповідно  
27    28.5    30
- Метилові ефіри інших жирних кислот високоерукової ріпакової олії відповідно  
23    26.5    30
- Газовий конденсат - решта.

Застосування отриманих сумішей альтернативного палива дозволяє забезпечити наступні інтегральні показники роботи дизеля.

Таблиця 4 – Показники роботи дизеля на різних сумішах

Метилові ефіри ерукової кислоти	Метилові ефіри інших жирних кислот	Газовий конденсат	g <sub>е</sub> г/(кВт·год)	K <sub>те</sub>
27	23	Решта	242.8	1,22
28,5	26,5	Решта	243.8	1,16
30	30	Решта	245.0	1,12

Аналіз даних таблиці 4 дозволяє зробити наступні висновки. Збільшення процентного вмісту газового конденсату у пропонованому альтернативному паливі сприяє зменшенню витрат пального (за рахунок більш високого значення нижчої теплоти згоряння  $Q_n$ ). Однак, при цьому зростає емісія токсичних компонентів відпрацьованих газів дизеля, що знаходить своє відображення у зростанні паливно-екологічного критерію  $K_{те}$ .

Таким чином, використання винаходу як альтернативи дизельному паливу дозволить заощадити непоновлювальні енергоресурси, поліпшити екологічні характеристики дизеля, і в остаточному підсумку, вирішити важливу народно - господарську задачу - зменшити хоча б частково, енергетичну залежність нашої країни від імпортерів нафтового палива.