

УДК 662.758.2

**В.М.Мельник**

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
ПРО ДЖЕРЕЛА ОТРИМАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНІВ  
ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

*У роботі розглянуто питання впливу добавок сивушних масел до товарних палив, досліджено основні експлуатаційні показники утворених паливних сумішей. Досліджено вплив використання сивушних масел у товарних паливах на екологічні показники роботи бензинового і дизельного двигуна на режимі холостого ходу.*

**Ключові слова:** альтернативні палива, змішування, двигуни внутрішнього згорання, перспектива, економія, екологія, покращення.

*Рис 6. Табл 9. Форм 7. Літ 10*

**В.М.Мельник**

**ОБ ИСТОЧНИКАХ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

*В работе рассмотрены вопросы влияния добавок сивушных масел к товарным топливам, исследованы основные эксплуатационные показатели образованных топливных смесей. Исследовано влияние использования сивушных масел в товарных топливах на экологические показатели работы бензинового и дизельного двигателя на режиме холостого хода.*

**Ключевые слова:** альтернативные топлива, смешивания, двигатели внутреннего сгорания, перспектива, экономия, экология, улучшение.

**V.Melnyk**

**A SOURCE OF ALTERNATIVE FUEL FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

*Reduction of oil and gas, raising its price, energy crisis, catastrophic pollution by exhaust gases, the dependence of many countries on imports of raw materials is growing, accelerating global warming - these are the circumstances that forced to seek non-traditional motor fuels and renewable energy.*

*In Ukraine today is following main promising source of alternative fuel for internal combustion engines: biological methane, biological diesel, hydrogen, alcohols and additives.*

*A promising alternative fuel for use in engines are alcohols and waste from their production in pure form and in mixtures of gasoline and diesel fuel in certain proportions.*

*The problem of processing distilleries secondary products including fusel oil is extremely high given attention.*

*Research performance properties of fusel oils and their blends with diesel fuel and gasoline were conducted by the author determined the optimal composition of the fuel mix for use as a fuel for engines.*

*With modern methods of cleaning exhaust gases of petrol and diesel engines, and given the small power loss when using fusel oils as additives to commodity fuels savings can last up to 20%.*

**Keywords:** alternative fuels, mixing, internal combustion engines, the prospect of saving, ecology, improvement.

**Постановка проблеми**

Більшість автомобілів використовує сьогодні як паливо продукти переробки нафти - бензин і дизельне паливо, а також газоподібне паливо у стиснутому та зрідженому стані.

Якщо збільшення кількості автомобілів йтиме нинішніми темпами, то розвіданих запасів нафти і газу (за даними фірми British Petroleum) вистачить приблизно на 40 років.

Скорочення запасів нафти і газу, підвищення її ціни, енергетичні кризи, катастрофічне забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами, залежність багатьох країн від імпорту цієї сировини, що постійно зростає, прискорення глобального потепління - ось основні обставини, які примушують шукати нетрадиційні моторні палива і відновлювані джерела енергії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Для України на сьогодні є такі основні перспективні джерела альтернативного палива для ДВЗ: біометан, біодизельне паливо, водень, спирти та їх добавки [1-5].

Основні переваги та недоліки даних напрямків подано у табл. 1.

Виробництво біодизельного палива на приклад з ріпакової олії вимагає досить великих земельних площ під його посіви, а сам по собі ріпак виснажує землю і в результаті вона знижує родючість. Також біодизельне паливо має і певні недоліки [1, 2]:

- використання біодизельного палива не дає гарантії скорочення викидів в атмосферу токсичних і парникових газів. Викиди від згорання біодизельного палива, виготовленого з кукурудзи або насіння ріпаку, є більш руйнівними для атмосфери планети, ніж викиди від згорання аналогічної кількості нафти і газу. Біодизельне паливо створює від 50% до 70% парникових газів, які ведуть до розігрівання атмосфери;

- олії з ріпаку має так званий показник свіжості - «кислотне число». Термін зберігання біодизеля не більше 3 місяців, що обмежує його вживання;
- агресивніше щодо гумових та полімерних деталей двигунів, ніж звичайне нафтове паливо;
- біодизель є дорожчим, ніж дизельне паливо. Взимку, при мінусових температурах, у чистому вигляді біодизельне паливо застигає.

Таблиця 1

Основні переваги та недоліки перспективні джерела альтернативного палива для ДВЗ

Джерела альтернативного палива			
Біометан	Біодизельне паливо	Водень	Спирти
<ul style="list-style-type: none"> <li>- для виробництва використовуються побутові відходи, законсервовані сміттєзвалища, відходи рослинництва, птахівництва, тваринництва;</li> <li>- отриманий газ аналогічний природному;</li> <li>- безпечний для довкілля;</li> <li>- джерело відновлюване.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- для виробництва використовують олійні рослини;</li> <li>- отримане паливо має наближені до дизельного палива властивості;</li> <li>- для використання у чистому виді необхідно переобладнувати двигун;</li> <li>- джерело відновлюване.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- добувають в основному з природного газу, води;</li> <li>- отримане паливо має високу теплоту згоряння;</li> <li>- дороге виробництво;</li> <li>- безпечний для довкілля;</li> <li>- великі запаси.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- виробляється з цукрового буряка;</li> <li>- нижча теплотворна здатність;</li> <li>- безпечні для довкілля;</li> <li>- для використання у чистому виді необхідно переобладнувати двигун;</li> <li>- джерело відновлюване.</li> </ul>

Посіви ріпаку все частіше стали піддаватися агресії з боку низки захворювань і природних споживачів. При цьому хвороби, які стали масово поширюватися на ріпак, раніше на території України не спостерігалися. Поява хвороб потребує інтенсивного застосування отрутохімікатів, що призводить як до негативних екологічних наслідків, так і до зростання собівартості вирощування культури [1].

Тому для нашого регіону перспективним моторним паливом є біогаз, що є аналогом природного газу. Добувати біогаз в Україні можна з декількох джерел: побутові відходи, відходи тваринництва (птахівництва), відходи рослинництва та законсервовані сміттєзвалища. Але оскільки біогаз має низьку теплоту згоряння то ефективність роботи двигунів внутрішнього згоряння на біогазі буде низькою. Тому, ефективніше буде використовувати не біогаз, а отриманий з нього біометан. Для цього з біогазу вилучають CO<sub>2</sub> та інші складові. Отриманий при цьому газ має практично однорідний склад (біометан) з теплою згоряння 35-40 МДж/м<sup>3</sup> [2].

Використання біометану в бензинових системах живлення у стиснутому чи зрідженому вигляді проблем не створює оскільки вітчизняна та зарубіжна автопромисловість на сьогодні випускає автомобілі з штатними системи живлення для газового палива [1, 5].

Більше проблем виникає під час використання біометану на дизелях, тому що необхідно переобладнувати систему живлення. Але і дана проблема вже вирішена, так наприклад розробка інституту газу НАН України (О.І.П'ятничко та ін.) дозволяє використовувати біометан для живлення переобладнаних за їхньою технологією дизельних двигунів на газодизелі. На сьогодні в Україні уже працює ряд комерційних фірм, що переобладнують системи живлення дизелів на газодизельний цикл, наприклад компанія ТОВ «АГАТЕМ» є першим національним оператором за наданням послуг переобладнання автотранспорту фізичних і юридичних осіб на системи ГБО всіх поколінь і різновидів, включаючи газодизельні системи [6].

Принцип роботи газодизеля наступний. Газ подається в циліндри двигуна через впускний колектор разом з повітрям, а в кінці такту стиску через форсунки впорскується дозована кількість дизельного палива необхідна для запалювання газоповітряної суміші. Витрата палива напряму залежить від умов експлуатації автомобіля. На холостому ходу автомобіль працює тільки на дизельному паливі, при збільшенні обертів і навантаження відбувається заміщення вказане на графіку.

Проте, існують деякі проблеми з генерації біогазу [5]:

©В.М.Мельник

- хімізма та кінетика процесу бродіння;
- пошук та визначення оптимальних технологічних параметрів для отримання максимального виходу метану.

Щодо виробництва біогазу на території Івано-Франківської області, то на сьогодні будується дві біогазові установки на базі ТОВ "Даноша" з метою утилізації відходів виробництва та переробки їх на біогаз та мінеральне добриво.

Виробництва біометану із законсервованих смітт'єзвалищ, то відзначу, що є позитивний в цьому плані досвід Польщі.

У наш час досить вагомим конкурентом вуглеводневих палив для ДВЗ стає водень в продуктах згорання якого не міститься токсичних продуктів неповного згорання вуглеводневих палив ( $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ ,  $\text{NO}$ ) [4].

Проте, для масштабного використання водню як палива для автомобільного транспорту необхідно вирішити дві основні задачі:

- потрібно організувати його масове та дешеве виробництво;
- створити ефективні та надійні засоби зберігання запасів водневого палива на борту автомобіля в кількості, необхідній для забезпечення потрібної дальності автономного пробігу. Вирішення даних проблем зробить водень серйозним конкурентом вуглеводневих палив.

Перспективним альтернативним паливом для використання в двигунах є спирти та відходи від їх виробництва у чистому вигляді, та в сумішах з бензинами та дизельними паливами у певних співвідношеннях [2, 8].

Використання спиртів та сполук на їх основі на серійних бензинових двигунах без суттєвих змін в конструкції можливе лише при обмеженому додаванні їх до основного палива.

У ряді країн світу вже застосовуються бензини з 10-15% різних паливних домішок. Зокрема суміш бензину з етанолом (10-12%) успішно використовується у США та Канаді, а також у Бразилії, де її виробництво здійснюється на основі національної програми. У США 80% виробленого етанолу використовується як паливо. У Франції застосовується пальне з вмістом у ньому 5% етанолу.

У наш час для зменшення обсягу імпорту нафти та нафтопродуктів доцільно організувати виробництво паливного спирту при додаванні якого у кількості 6-12% до бензину не потрібно вносити зміни в конструкції ДВЗ [8].

У зв'язку з тим, що в етанолу, в порівнянні з бензином, вище ОЧ, при переведенні двигуна на живлення етанолом можна суттєво підвищити міру стиску і таким чином збільшити коефіцієнт корисної дії ДВЗ і покращити його паливну економічність.

Таким чином, можна стверджувати, що етиловий спирт як моторне паливо в ДВЗ може використовуватись двома шляхами: в суміші з бензином та в чистому вигляді.

У 1998-1999 роках ДержавтотрансНДІпроектотом Мінтрансу України та УкрНДІНП "МАСМА" Мінпаливенерго проведено випробування високооктанової кисневмісної добавки до бензинів (ВКД) українського виробництва – аналогу паливної етанолової добавки до бензинів, яка використовується у світі. Внаслідок цього було затверджено галузевий стандарт ГСТУ 320.00149943.015-2000 " Бензини моторні сумішеві. Технічні умови " згідно яких сумішеві бензини з вмістом ВКД до 6 % виробляються і використовуються в Україні як автомобільне паливо. До основних недоліків ВКД належать такі: нижча у порівнянні з бензином, теплота згорання, а також вища собівартість виготовлення [9].

**Мета роботи** – комплексний аналіз можливості використання сивушних масел – відходів спиртової промисловості у якості добавок до моторних палив для ДВЗ.

**Обладнання і методика експерименту.** Октанове та цетанове число, визначали за допомогою приладу „Октанометр” ПЭ – 7300 згідно інструкції для експлуатації, сертифікат відповідності якого №РОСС RU.ME 48.H01329.

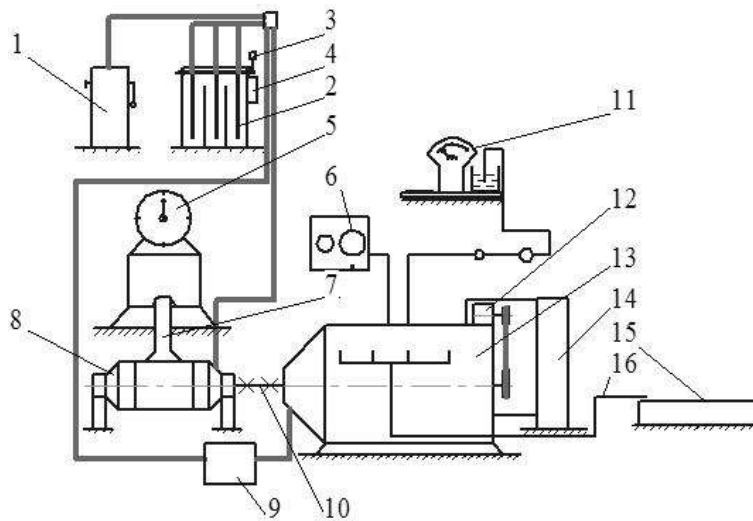
Кінематичну в'язкість палив вимірювали з максимальною похибкою  $\pm 3\%$  згідно ГОСТ 33-66 капілярним віскозиметром ВПЖ-2 в комплекті з рідинним термостатом моделі СЖМЛ-19 /2,5-И1.

Густину палив та паливних сумішей визначали ареометром з максимальною похибкою  $\pm 1\%$  згідно ГОСТ 3900-85.

Для проведення екологічних досліджень використано дослідні установки (рис. 1, 2), а також інше допоміжне обладнання: барометр моделі М-67, прилад для визначення вмісту  $\text{CO}$  моделі 121ФА-01, вмісту  $\text{C}_n\text{H}_m$  моделі 123ФА-01, вмісту  $\text{NO}$  моделі 344 ХЛ 14 та секундомір.

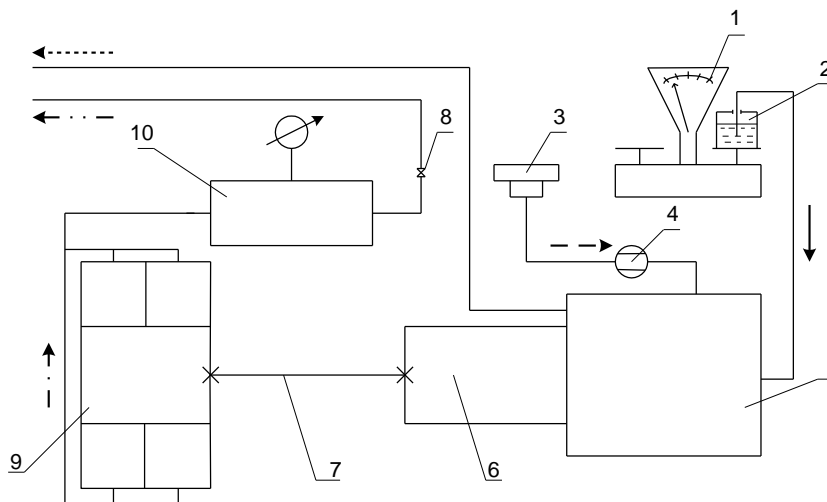
Основні фізико-технічні властивості сумішей товарних палив з СМ – густина, кінематична в'язкість, октанове число та ін. досліджувалися експериментальним шляхом. Під час проведення

експериментальних досліджень та обробки результатів застосовувалися методи найменших квадратів та математичної статистики.



1- шафа силова; 2- реостат; 3- регулятор глибини занурення електродів; 4- мішалка електрична; 5- вага ВКМ-32; 6- панель приладів; 7- важіль; 8- двигун навантажувальний; 9- блок живлення двигуна ЗИЛ-130; 10- передача карданна; 11- вага аналітична; 12- тахометр; 13- двигун ЗИЛ-130; 14- радіатор системи охолодження двигуна; 15- майданчик для визначення впливу відпрацьованих газів ДВЗ на ґрунт; 16-трубопровід для відводу відхідних газів ДВЗ

Рис. 1. Схема експериментальної установки для дослідження екологічних показників роботи двигуна ЗИЛ-130



→ - напрямок руху палива в систему живлення; - - → - напрямок руху повітря в систему живлення; - · - → - рух повітря до ресивера; ← · - - - - рух повітря в навколишнє середовище; ← · · · · · - рух відхідних газів в навколишнє середовище; 1- вага аналітична; 2- ємність для палива; 3- фільтр повітряний; 4- лічильник газовий; 5- двигун дизельний; 6- коробка передач; 7- карданна передача; 8- вентиль; 9- компресор; 10- ресивер

Рис. 2. Схема експериментальної установки для дослідження екологічних показників роботи дизельного двигуна Д21А1

**Результати досліджень та їх аналіз.** За результатами дослідження можливості використання сивушних масел – відходів спиртової промисловості у якості добавки до

традиційних товарних палив було встановлено їх основні фізико-технічні характеристики з бензином А-80 та дизельним паливом: октанове і цетанове число, густину, в'язкість (рис. 3-6).

Одержані графічні залежності на рис. 5 описуються апроксимаційними рівняннями – поліномами другого порядку відносно об'ємного вмісту СМ у сумішах:

$$ОЧ_M = 76 - 0,1113V_{CM}^2 + 2,9V_{CM}, \quad (1)$$

$$ОЧ_D = 80 - 0,0744V_{CM}^2 + 2,5786V_{CM}, \quad (2)$$

де  $ОЧ_M$  – визначене октанове число суміші за моторним методом;

$ОЧ_D$  – визначене октанове число суміші за дослідним методом;

$V_{CM}$  – об'ємний вміст СМ в паливних сумішах, %.

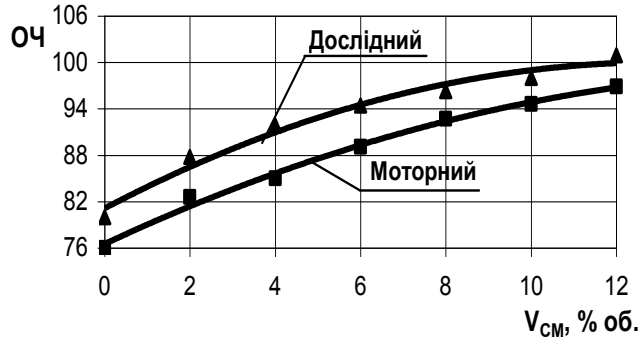


Рис. 3. Залежність октанового числа ОЧ бензину А-80 від об'ємного вмісту СМ,  $V_{CM}$

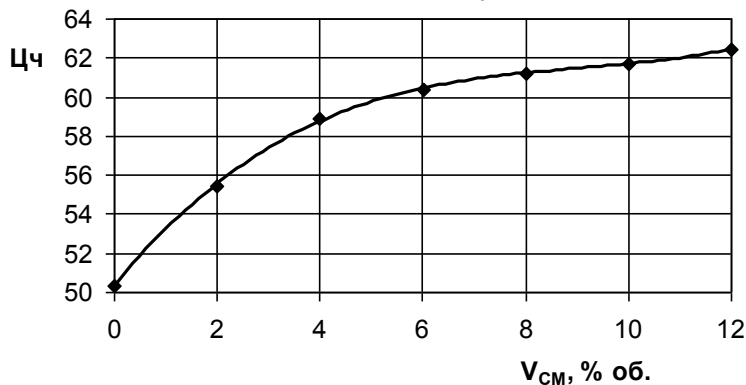
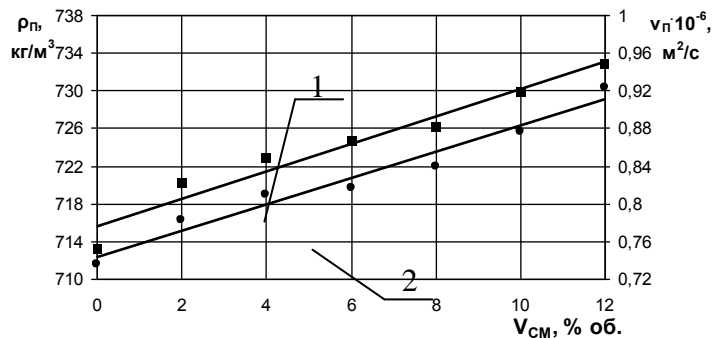


Рис. 4. Експериментальна залежність цетанового числа ЦЧ суміші дизельного палива з СМ від об'ємного вмісту СМ,  $V_{CM}$

Відповідно до результатів визначення цетанового числа сумішей дизельного палива та СМ (рис. 6) отримано наступне апроксимаційне рівняння:

$$ЦЧ = 49,9 - 0,1366V_{CM}^2 + 2,5532V_{CM}, \quad (3)$$

де ЦЧ – цетанове число суміші дизельного палива і СМ.



1 – густина паливних сумішей; 2 – кінематична в'язкість паливних сумішей  
Рис. 5. Вплив об'ємного вмісту сивушних масел  $V_{CM}$  на кінематичну в'язкість  $\nu_n$  і густину  $\rho_n$  паливних сумішей

Зображені на рис. 5 криві зміни густини та в'язкості описуються наступними апроксимаційними залежностями з коефіцієнтами кореляції 0,954 та 0,963 відповідно:

$$\rho_{п} = a + b \cdot V_{СМ}, \quad (4)$$

$$v_{п} = a_1 + b_1 \cdot V_{СМ}, \quad (5)$$

де  $a, b, a_1, b_1$  – експериментальні коефіцієнти, що наведені в табл. 2 та визначалися за методом найменших квадратів.

Таблиця 2 – Експериментальні значення коефіцієнтів в рівняннях (4) та (5)

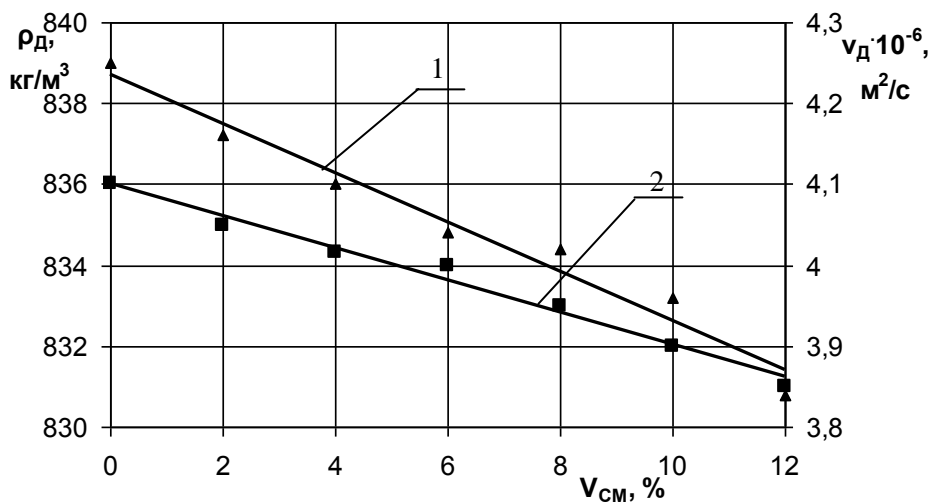
Значення коефіцієнтів			
$\rho_{п}, \text{кг/м}^3$		$v_{п}, \text{м}^2/\text{с}$	
a	b	$a_1$	$b_1$
715,55	1,14554	$0,7426 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-8}$

Експериментальні залежності густини сумішей дизельного палива та СМ від об'ємного вмісту СМ (рис. 6) апроксимуються наступними рівняннями з коефіцієнтами кореляції  $\rho = 0,93$  та  $\rho = 0,99$  відповідно:

$$v_{д} = 4,236 \cdot 10^{-6} - 3,05 \cdot 10^{-8} V_{СМ}, \quad (6)$$

$$\rho_{д} = 836 - 0,398 V_{СМ}, \quad (7)$$

де  $v_{д}$  – кінематична в'язкість суміші дизельного палива і СМ,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  
 $\rho_{д}$  – густина суміші дизельного палива і СМ,  $\text{кг/м}^3$ .



1- в'язкість паливних сумішей,  $\rho=0,97$ ; 2- густина паливних сумішей,  $\rho=0,98$ ;  $t_{нС}=20^{\circ}\text{C}$ ;  $p_{б}=730 \text{ мм.рт.ст.}$

Рис. 6. Залежність в'язкості  $v_{д}$  і густини  $\rho_{д}$  сумішей дизельного палива та СМ від об'ємного вмісту СМ,  $V_{СМ}$

На вміст  $\text{CO}, \text{NO}$  і  $\text{C}_n\text{H}_m$  у відхідних газах бензинових ДВЗ впливає кут випередження запалення, а тому, з метою виключення впливу цього кута в процесі проведення експерименту він не змінювався.

Результати експерименту наведені в табл. 3-6.

Таблиця 3

Результати визначення вмісту CO у відхідних газах двигуна ЗИЛ-130 на режимі холостого ходу

Вміст СМ, % об.	Вміст CO, % об.			
	1	2	3	Середнє значення
0	1,51	1,52	1,5	1,51
5	1,45	1,45	1,43	1,44
8	1,42	1,41	1,4	1,41
10	1,37	1,35	1,35	1,36

Таблиця 4

Результати визначення вмісту C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> у відхідних газах двигуна ЗИЛ-130 на режимі холостого ходу

Вміст СМ, % об.	Вміст C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , млн <sup>-1</sup>			
	1	2	3	Середнє значення
0	1400	1400	1450	1416
5	1450	1450	1450	1450
8	1450	1500	1500	1483
10	1500	1500	1550	1550

Таблиця 5

Результати визначення вмісту NO у відхідних газах двигуна ЗИЛ-130 на режимі холостого ходу

Вміст СМ, % об.	Вміст NO, млн-1			
	1	2	3	Середнє значення
0	210	200	210	210
5	240	240	230	236
8	260	250	260	257
10	270	280	280	276

Таблиця 6

Результати визначення масової витрати палива, двигуна ЗИЛ-130 при його роботі на режимі холостого ходу

Вміст СМ, % об.	Масова витрата палива G, г/хв.			
	1	2	3	Середнє значення
0	80	81	81	80,7
5	82	83	82	82,3
8	85	84	84	84,3
10	86	86	87	86,3

Як видно з табл. 3-6, у результаті збільшення вмісту СМ в паливі до 10%, спостерігається зростання витрати палива, що пояснюється збільшенням густини паливних сумішей та деяке збільшення концентрації вуглеводнів та оксидів азоту у відпрацьованих газах двигуна ЗИЛ-130. Проте із збільшенням вмісту СМ в паливі спостерігається зменшення концентрації оксидів вуглецю.

Дослідження токсичності роботи дизеля Д21А1 на режимі холостого ходу проводилися при частоті обертання колінчастого вала n=600 об/хв. Результати експерименту наведені у табл. 7 – 9.

Таблиця 7.

Результати визначення вмісту  $C_nH_m$  у відхідних газах двигуна Д21А1 під час роботи на режимі холостого ходу

Вміст $СМ$ , % об.	Вміст $C_nH_m$ , млн. <sup>-1</sup>			
	1	2	3	Середнє значення
0	500	500	500	500
2	500	550	500	516
4	550	550	500	533
6	550	550	550	550

Таблиця 8.

Результати визначення вмісту у відхідних газах двигуна Д21А1 під час роботи на режимі холостого ходу

Вміст $СМ$ , % об.	Вміст $NO$ , млн.-1			
	1	2	3	Середнє значення
0	214	215	214	214
2	216	216	216	216
4	218	218	218	218
6	219	219	220	219

Таблиця 9.

Результати визначення масової витрати палива  $G$  двигуна Д21А1 під час роботи на режимі холостого ходу

Вміст $СМ$ , % об.	Вміст $G$ , г/хв.			
	1	2	3	Середнє значення
0	9,37	9,4	9,41	9,39
2	9,5	9,51	9,5	9,5
4	9,78	9,79	9,77	9,78
6	9,9	10	10,1	10

**Висновки.** За результатами досліджень октанового числа нами встановлено оптимальні склади паливних сумішей  $СМ$  з бензином А-80 можуть містити до 10 %  $СМ$ .

Для сумішей  $СМ$  з дизельним паливом за цетановим числом оптимальний вміст  $СМ$  в дизельному паливі від 4 до 10 % об'ємних. Але, згідно тенденцій розвитку дизельних двигунів збільшується міра стискування в них, що дозволяє використовувати дизельне паливо з вищим цетановим числом. Тому можна підняти вміст  $СМ$  в дизельному паливі до 12%.

За результатами досліджень двигуна ЗИЛ-130 при додаванні до товарного бензину  $СМ$  у кількості від 2 до 10 % об. знижується вмісту  $CO$  у відхідних газах ДВЗ на 9,3%, зростає витрата палива на 6,5%, вуглеводнів на 10,2% та оксидів азоту на 16,9 %.

У результаті збільшення вмісту  $СМ$  в дизельному паливі від 0 до 6%, спостерігається зростання масової витрати палива до 6,1 %, збільшення концентрації вуглеводнів до 10% та оксидів азоту на 1,9% у відхідних газах двигуна Д21А1.

Слід зауважити, що конструкції сучасних ДВЗ мають високу міру стиску, адаптовану під паливо з високим октановим та цетановим числом та передбачають в своєму складі системи знешкодження шкідливих компонентів відхідних газів, ефективність дії яких становить, в середньому за всіма шкідливими компонентами більше 80%. А отже використання добавок  $СМ$  до товарних палив є досить перспективним і дасть можливість скоротити потребу у товарних паливах до 20%.

Таким чином, як ми бачимо на сьогодні поряд з традиційними паливами для ДВЗ можна досить ефективно використовувати їх альтернативні замітники як у чистому вигляді так і в сумішах з ними, всі передумови для цього в Україні та області є постає питання тільки фінансування даних проєктів.



1. Редзюк А.М., Рубцов В.О. (Державтотрансдипроєкт), Гутаревич Ю.Ф. (УГУ). Проблема та перспективи використання рослинної олії як моторного палива. Автошляховик України. – 1999. – №1. – с. 4-6.
2. Розвиток виробництва та споживання біологічних палив в Україні: зб. матеріалів Всеукраїнської наук.-практ. конф. (К., 2007 р.) / Українська асоц. виробників біоенергетичної сировини, устаткування біопалива та наукового забезпечення розвитку біоенергетичного вир-ва "УКРБІОЕНЕРГО". - К.: Парламентське вид-во, 2007. - 72 с.
3. Широкомасштабные эксперименты по введению рапсового масла в дизельное топливо. Автомобильная промышленность США. – 1997. – №3.– С.5–8.
4. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей / А.И. Мищенко. – К.: Наук. Думка. – 1984. – 134 с.
5. Ратушняк Г. С. Енергозберігаючі відновлювальні джерела тепlopостачання: навч. посібник/ Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 170 с. – ISBN 978-966-641-384-3.
6. Ковальов С.О. Екологічні аспекти переобладнання дизелів у газодизелі / С.О. Ковальов, К.С. Назаренко // Автошляховик України. – 2003. – №5. – С. 15-18.
7. В.М. Мельник. Альтернативні палива дизельних двигунів нафтогазової галузі. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. - №4(17). – с. 92-94.
8. В.М. Мельник, Ф.В. Козак, Л.І. Гаєва. Про альтернативні палива поршневіх двигунів нафтогазової галузі. Науковий вісник.– 2005 р. – №1. – с.137-140.
9. Корпач А.О. Ефективність використання високооктанової кисневмісної добавки до моторних палив / А.О.Корпач, А.Т. Говорун, В.Л. Дяченко // Автошляховик України. – 2004. – №3. – С. 141-144.
10. Мельник В.М. Утилізація сивушних масел у двигунах внутрішнього згорання / В.М.Мельник, Ф.В.Козак, Л.І.Гаєва // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. – №3(32). – С. 93-97.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2014