

**Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.В. Зубрицький**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ  
КАРБЮРАТОРНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ  
БІОЕТАНОЛУ**

*На сьогоднішній час дефіцит моторних палив для двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) вимагає їх удосконалення з метою зменшення витрати палива при максимальних потужностях двигунів, а також використання поряд із звичайними паливами на нафтовій основі біопалива та різних їх сумішей.*

*В автомобільних двигунах реакція горіння перетворює енергію нафтового палива в теплоту, а потім в механічну роботу. В результаті реакції горіння утворюються токсичні компоненти. Вони викидаються двигунами в складі відпрацьованих газів. Відпрацьовані гази доповнюються побічними продуктами горіння, які є в паливах нафтового походження або в присадках до енергоносіїв і олив. Частково ця проблема вирішується шляхом використання біопалив, які згорають краще, і в продуктах їхнього згорання міститься менше шкідливих речовин.*

*В статті пропонуються аналітичні дослідження основних техніко-експлуатаційних показників роботи карбюраторного двигуна ЗМЗ-66 на біоетанолі та його сумішах з бензиновим паливом.*

*Зроблені висновки та аналіз отриманих результатів можна використати для подальших лабораторних та експлуатаційних досліджень.*

*Ключові слова: біопаливо, біоетанольне паливо, суміш, дослідження, ефективна потужність, крутний момент, питома ефективна витрата палива, годинна витрата палива, техніко-експлуатаційні показники, аналітичні розрахунки.*

**Т.В. Дикун, Л.И. Гаева, В.В. Зубрицкий**

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ  
КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЭТАНОЛА**

*На сегодняшнее время дефицит моторного топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) требует их совершенствования с целью уменьшения расхода топлива при максимальных мощностях двигателей, а также использования наряду с обычными топливами на нефтяной основе биотоплива и различных их смесей.*

*В автомобильных двигателях реакция горения превращает энергию нефтяного топлива в теплоту, а затем в механическую работу. В результате реакции горения образуются токсичные компоненты. Они выбрасываются двигателями в составе отработавших газов. Отработанные газы дополняются побочными продуктами горения, которые есть в топливах нефтяного происхождения или в присадках к энергоносителям и масел. Частично эта проблема решается путем использования биотоплива, которые сгорают лучше, и в продуктах их сгорания содержится меньше вредных веществ.*

*В статье предлагаются аналитические исследования основных технико-эксплуатационных показателей работы карбюраторного двигателя ЗМЗ-66 на биоэтаноле и его смесях с бензиновым топливом.*

*Сделанные выводы и анализ полученных результатов можно использовать для дальнейших лабораторных и эксплуатационных исследований.*

*Ключевые слова: биотопливо, биоэтанольное топливо, смесь, исследования, эффективная мощность, крутящий момент, удельный эффективный расход топлива, часовой расход топлива, технико-эксплуатационные показатели, аналитические расчеты.*

**T.V. Dykun, L.I. Haieva, V.V. Zubrytskyi**

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**ANALYSIS OF TECHNICAL AND OPERATIONAL PERFORMANCE INDICATORS OF THE  
CARBURETTOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES WHEN USING THE BIOETHANOL**

**Вступ.** Швидкі темпи розвитку науки і техніки вимагали від людства винайдення якісного палива, яке належним чином забезпечувало б роботу нових механізмів. Не є секретом, що енергетика України значною мірою залежить від імпортованих енергоносіїв, серед яких особливе місце займають нафта, газ, бензин чи дизельне паливо. Якщо врахувати те, що ці ресурси не відновлюються, а їх природні запаси з року в рік постійно зменшуються, настане час, коли видобуток викопних джерел енергії буде скорочуватись, а ціни в найближчій перспективі інтенсивно зростатимуть. Оскільки запаси нафти є вичерпними то постає проблема заміни нафтового палива на альтернативні, одними з яких є біопалива. На сьогодні розроблено безліч методів зниження витрати палива і забруднення атмосфери викидами автомобільних двигунів.

**Аналіз сучасних закордонних та вітчизняних досліджень.** Світовими лідерами з використання рідкого біопалива є три країни: Бразилія, США і ЄС. Так із досвіду Європи відомо,

що у Франції, віддають перевагу виробництву етанолу із зернових культур, оскільки середні врожаї кукурудзи, пшениці і тритикале переважають 80 ц/га, а також із цукрового буряка, в Німеччині поки що більше орієнтуються на біодизель з ріпаку. Щоб не залежати від імпорту нафти, Бразилія використовує етанол з дешевої цукрової тростини.

Європейський Союз, впроваджуючи біопаливні технології, переслідує відразу кілька цілей: ліквідація залежності від імпорту нафти, запобігання глобальному потеплінню клімату, виконання зобов'язань за Кіотським протоколом щодо викидів діоксиду вуглецю в атмосферу, а також розвиток аграрного сектора.

Провідними країнами з видобутку біоетанолу в ЄС являються Німеччина, Іспанія, Франція, Швеція, Італія, Польща. На вимогу європейського співтовариства до 2020 року 20% вмісту кожного бензобака повинен становити спирт.

**Мета статті**–встановити переваги та недоліки використання біоетанолу та їх сумішей з бензином, проаналізувати техніко-експлуатаційні показники роботи бензинового двигуна на біоетанолі та їх сумішей з бензиновим паливом.

**Основний матеріал.** Біопаливо-це паливо, яке отримують, як правило, з біологічної сировини (картоплі, пшениці, топінамбуру, кукурудзи). Можуть також використовуватися целюлоза і різні типи органічних відходів. Біопаливо поділяють на тверде (дрова, солома), рідке (етанол, метанол, біодизель), і газоподібне (біогаз, водень). Для двигунів внутрішнього згорання використовують рідке та газоподібне біопаливо.

Рідке паливо вважається кращим за газоподібне не тільки через більш об'ємну теплоту згорання, але й тому, що воно є найбільш сумісним з існуючими системами живлення в двигунах.

Біоетанол може використовуватись самостійно або в суміші зі звичайним бензиновим паливом. Для позначення палива, що містить біоетанол, застосовується літера «Е» від англійського Ethanol.

Порівняльні характеристики бензину та етанолу наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

## Порівняльні характеристики етанолу і бензину

Показник	Базовий бензин	Етиловий спирт
Хімічна формула	C <sub>4</sub> -C <sub>12</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Молекулярна маса	100-105	46,04
Сполука, мас. %:		
вуглець	85-88	52,2
водень	12-15	13,2
кисень	0	34,78
Густина при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	700-780	789,3
Температура кипіння, °C	35-205	78,4
Температура застигання, °C	-40	-114,1
Теплота, кДж/кг:		
випаровування	180-306	839,3
згорання	42500	26945
Тиск насичених парів при 38°C, кПа	35-100	15,9
В'язкість, мм <sup>2</sup> /с (при 20°C)	0,37-0,44	1,19
Електропровідність, ом/см <sup>2</sup>	1·10 <sup>-14</sup>	1,35·10 <sup>-9</sup>
Температура самозаймання, °C	257-300	423
Межі займистості, об. %:		
нижня	1,4	4,3
верхня	7,6	19,0
Крапка іскри, °C	-43	13
Стехіометричне відношення – повітря:паливо	14,7-15,5	9,0
Розчинність у воді при 20 °C, %	нерозчинний	необмежено
Октанове число:		
за дослідницьким методом	75-98	108
за моторним методом	72-86	92

Важливою перевагою двигунів, які працюють на біоетанольному паливі, є їх антидетонаційна стійкість (детонація – латинське *detonate* – гриміти) – поширення полум'я з великою швидкістю, близькою до швидкості звука в даному середовищі. Підсумовуючи сказане можна зробити такі висновки.

Суттєве підвищення якості роботи двигуна при використанні біоетанольного моторного палива досягається за рахунок знайденого підвищувача тиску насичених парів - вуглеводневої фракції (п.к. - 60°C) - алканів C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub>, використання яких дозволяє підвищити ефективність роботи двигуна. Багатофункціональність дії біоетанольного моторного палива ґрунтується на наступних принципах:

1) максимальна енергетична дія палива при оптимальному вмісті складових сполук досягнута за рахунок енергетичного посилення їх дії проміжними органічними сполуками класу органічних амінів та їх похідних;

2) висока ефективність і низька вартість біоетанольного моторного палива забезпечує максимальну рентабельність при виробництві екологічно чистих палив;

3) пари етанолу розсіюються швидше, ніж пари бензину;

4) етанол менш токсичний, ніж бензин, не містить канцерогенних речовин;

5) пара етанолу менш вогнебезпечна, ніж пари бензину, через більш високу температуру самозаймання;

6) октанові числа етанолу вищі, ніж бензину.

Аналітичні розрахунки техніко-експлуатаційних показників роботи бензинового двигуна ЗМЗ-66 проводимо при його роботі на бензиновому паливі, біоетанолі та суміші бензинового палива з 25% та 75% біоетанолу.

Склад бензинового палива, біоетанолу і їх сумішей наведено в табл.2.

Таблиця 2

#### Хімічний склад бензину, біоетанолу і їх сумішей

Паливо	Елементний склад, масою частки		
	С	Н	О
Бензин	0,855	0,145	0
75% бензину + 25% етанолу	0,772	0,141	0,087
25% бензину + 75% етанолу	0,605	0,134	0,261
Етанол	0,522	0,130	0,348

Основними техніко-експлуатаційними показниками автомобільних двигунів є ефективна потужність  $N_e$ , крутний момент  $M_k$ , питома ефективна витрата палива  $g_e$  та годинна витрата палива  $G_T$ .

Ефективна потужність-це потужність двигуна, що віддається робочій машині безпосередньо або через силову передачу. Вона визначається:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i}{30\tau}, \text{кВт};$$

де  $P_e$ -ефективний тиск в циліндрі двигуна, Па;  $V_h$ -робочий об'єм двигуна, м<sup>3</sup>;  $n$ -оберти колінчастого вала двигуна, хв<sup>-1</sup>;  $i$ -кількість циліндрів;  $\tau$ -тактність двигуна.

Крутний момент двигуна:

$$M_k = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot N_e}{\pi \cdot n}, \text{Нм};$$

Питома ефективна витрата палива:

$$g_e = \frac{3600}{Q_H \cdot \eta_e}, \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{год}};$$

де  $\eta_e$ -ефективний ККД двигуна.

Годинна витрата палива:

$$G_T = N_e \cdot g_e, \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

В результаті аналітичних досліджень отримано значення зміни потужності двигуна  $N_e$ , крутного моменту  $M_k$ , питомої ефективної витрати палива  $g_e$ , годинної витрати палива  $G_T$  від частоти обертання колінчастого вала двигуна  $n$ . Результати аналітичних розрахунків техніко-експлуатаційних покзників двигуна ЗМЗ-66 занесені в табл.3.

Таблиця 3

## Техніко-експлуатаційні показники двигуна ЗМЗ-66 при роботі на етанолі та його сумішей з бензиновим паливом

Тип палива	Оберти колінчастого валу, об/хв	Потужність, кВт	Крутний момент, Нм	Питома витрата палива, г/(кВт год)	Годинна витрата палива, кг/год
Бензин	1000	33.326	318.2414	291.746	9.723
	1220	41.363	323.7569	280.741	11.612
	1440	49.28	326.7961	272.724	13.44
	1660	56.906	327.3589	267.697	15.234
	1880	64.071	325.4454	265.659	17.021
	2100	70.604	321.0555	266.61	18.824
	2320	76.332	314.1892	270.55	20.652
	2540	81.086	304.8466	277.48	22.5
	2760	84.693	293.0277	287.398	24.341
	2980	86.983	278.7324	300.306	26.121
3200	87.784	261.9608	316.202	27.757	
75% бензину + 25% етанолу	1000	33.246	317.4747	324.561	10.79
	1220	41.263	322.9769	312.317	12.887
	1440	49.161	326.0087	303.4	14.915
	1660	56.769	326.5702	297.807	16.906
	1880	63.917	324.6613	295.54	18.89
	2100	70.434	320.2819	296.598	20.89
	2320	76.148	313.4322	300.981	22.919
	2540	80.89	304.1122	308.69	24.97
	2760	84.489	292.3217	319.724	27.013
	2980	86.773	278.0609	334.083	28.989
3200	87.572	261.3296	351.768	30.805	
25% бензину + 75% етанолу	1000	32.831	313.5136	420.215	13.796
	1220	40.748	318.9472	404.363	16.477
	1440	48.548	321.9412	392.817	19.07
	1660	56.061	322.4956	385.576	21.616
	1880	63.12	320.6105	382.641	24.152
	2100	69.555	316.2859	384.011	26.71
	2320	75.198	309.5216	389.686	29.304
	2540	79.881	300.3178	399.666	31.926
	2760	83.435	288.6745	413.952	34.538
	2980	85.69	274.5916	432.543	37.065
3200	86.48	258.0691	455.44	39.386	
Етанол	1000	32.576	311.0821	492.66	16.049
	1220	40.432	316.4735	474.075	19.168
	1440	48.171	319.4443	460.539	22.185
	1660	55.626	319.9945	452.05	25.146
	1880	62.63	318.124	448.608	28.096
	2100	69.015	313.8328	450.214	31.072
	2320	74.615	307.1211	456.868	34.089
	2540	79.261	297.9886	468.569	37.139
	2760	82.787	286.4356	485.318	40.178
	2980	85.026	272.4619	507.114	43.118
3200	85.809	256.0676	533.958	45.818	

На основі отриманого масиву даних побудовано графічні залежності техніко-експлуатаційних характеристик двигуна (рис. 1-4).

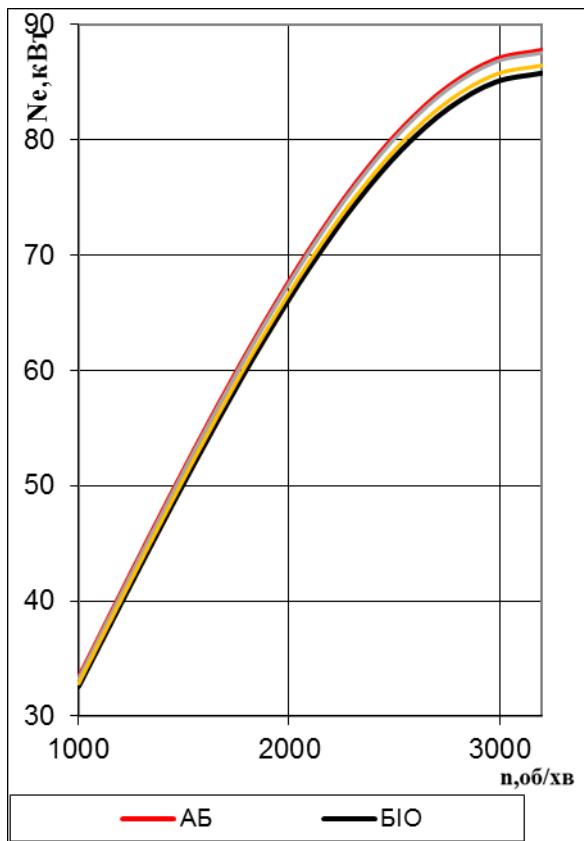


Рисунок 1 – Залежність потужності двигуна витрати від частоти обертання

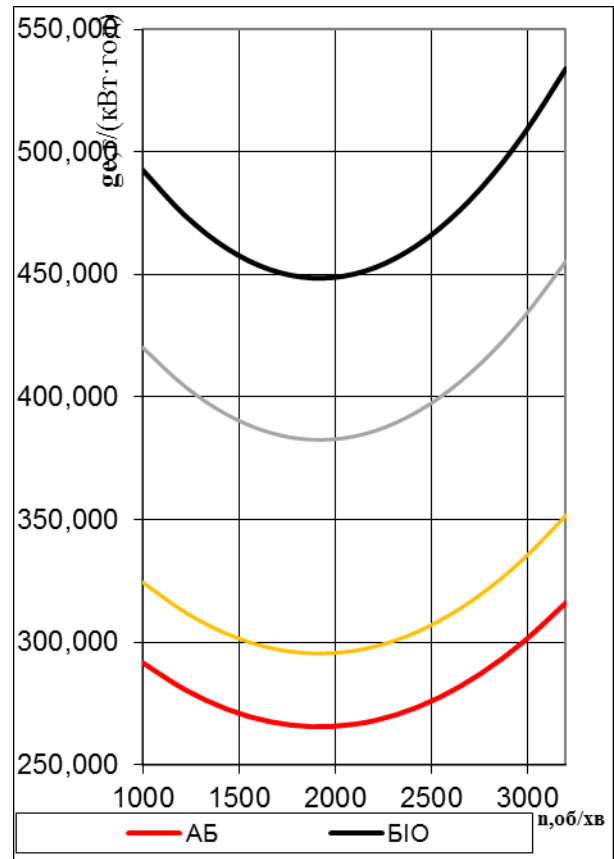


Рисунок 2 – Залежність питомої ефективної палива двигуна від частоти обертання

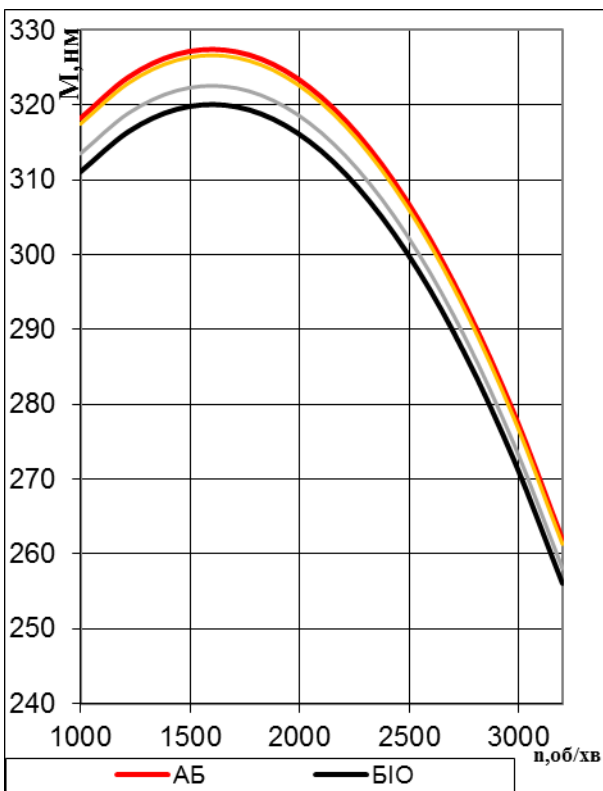


Рис. 3 – Залежність крутного моменту двигуна від частоти обертання

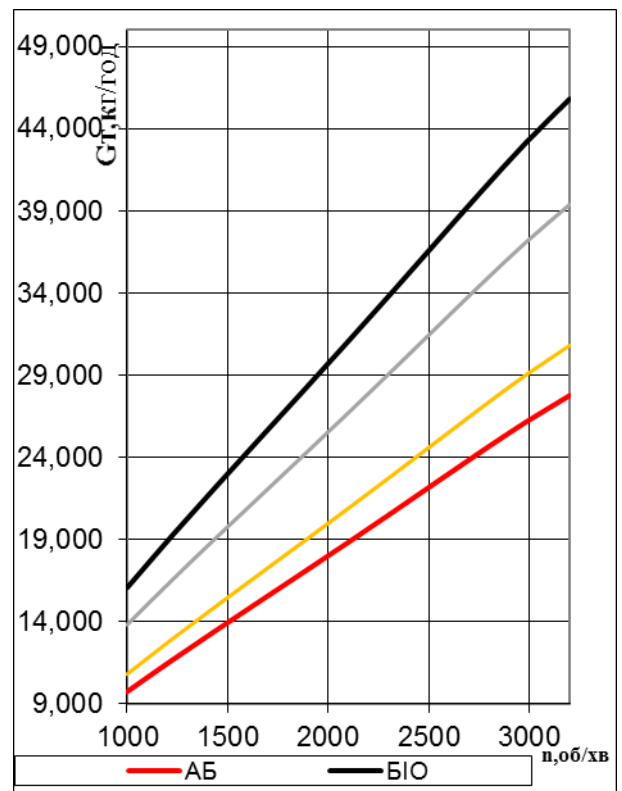


Рис. 4 – Залежність годинної витрати палива двигуна від частоти обертання

**Висновки.** Аналітичні розрахунки показують, що використання біоетанолу та його сумішей з бензиновим паливом суттєво не впливають на потужність та крутний момент, потужність

знижується на 2% при максимальних обертах колінчастого вала, максимальний крутний момент знижується також на 2% при  $n=1660 \text{ хв}^{-1}$ . Проте перехід на біопаливо та його суміші призведе до зростання годинної витрати палива та відповідно питомої ефективної витрати палива. Годинна витрата палива зростає на 65%, питома ефективна витрата палива відповідно зростає на 69% при максимальних обертах колінчастого вала.

#### Література

1. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей/Колчин А.И., В.П. Демидов.- М.:Высшая школа, 1980.-400 с.
2. ДСТУ 4063-2001. Бензини автомобільні. Технічні умови.
3. Захарчук В. І. Использование альтернативных топлив в автотракторах. Энергосбережение/ В.І.Захарчук –2010. - №2. – с. 26-28.
4. Гутаревич Ю.Ф. Екологія автомобільного транспорту : навчальний посібник / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун, А.О. Корпач, Л.П. Мержиєвська.– К.: Основа, 2002. – 312с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016