

УДК 629.3.07

**В. І. ЗАХАРЧУК**, канд. техн. наук, доц. Луцький НТУ

## **ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕВЕДЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА З ТЕХНІЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЗИЦІЙ**

Наведено результати розрахункових досліджень перспективності застосування альтернативних моторних палив в засобах технологічного транспорту методом інтегральної оцінки рівня екологічної безпеки та технічної досконалості транспортних засобів.

**Ключові слова:** альтернативне паливо, транспортний засіб, екологічні показники

**Вступ.** Нафта є основною сировиною для виробництва моторних палив (на потреби автомобільного транспорту тратиться більше 50% від загальної кількості її видобутку). Прогнозована у зв'язку зі скороченням запасів нафти нестача палива нафтового походження може бути компенсована застосуванням його альтернативних видів. Переведення дизелів, які знаходяться в експлуатації, на альтернативні палива призводить до зміни ряду їх експлуатаційних якостей [1], в тому числі екологічних характеристик відпрацьованих газів (ВГ). В цьому випадку підбір палива на основі екологічних характеристик ВГ дозволяє вирішити зразу дві задачі: знизити екологічну небезпеку транспортних засобів (ТЗ) та скоротити використання нафти на потреби транспорту.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Численними дослідженнями, проведеними в останні роки різними авторами, виявлені такі особливості роботи двигунів та транспортних засобів на альтернативних паливах: зменшення потужності двигунів у порівнянні з базовими, зменшення вантажопідйомності та запасу ходу, збільшення витрати палива та ін.[1, 2, 3]. Не дивлячись на накопичений численний матеріал по застосуванню альтернативних палив на автомобільному та інших видах транспорту, використання цього матеріалу для порівняльної оцінки ефективності транспортного процесу утруднено. Це обумовлено неоднаковими умовами проведення експериментів і практичної експлуатації транспортних засобів, а часто і суперечними результатами. Тому комплексне та системне вирішення питань, пов'язаних з покращенням експлуатаційних показників транспортних засобів, дозволить виявити раціональні шляхи розширення використання альтернативних моторних палив.

**Мета дослідження, постановка задачі.** Метою роботи є дослідження зміни екологічних характеристик такого виду технологічного транспорту, як колісний трактор МТЗ-80, при його роботі на альтернативних моторних паливах: природному газі та новому біодизельному паливі – ізопропіловому ефірі ріпакової олії.

**Матеріали досліджень.** Аналіз кількісних характеристик відпрацьованих газів ТЗ, які оцінюються пробіговими викидами шкідливих речовин (ШР), дозволяє встановити їх склад, вміст окремих речовин та пріоритетність речовин за масою викиду. Але речовини, які входять до складу ВГ, чинять різний вплив на організм людини. Тому за кількісними характеристиками неможливо скласти уявлення про екологічну небезпеку ВГ.

Комплексним показником екологічної небезпеки ВГ є категорія небезпеки

© В. І. Захарчук, 2013

ТЗ [4]:

$$KHT = \sum_{i=1}^n KHD_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (1)$$

де  $KHD_i$  – категорія небезпеки  $i$ -ої речовини, м<sup>3</sup>/с;

$M_i$  – кількість викидів  $i$ -ої речовини, г/с;

$ГДК_i$  – середньодобова гранично-допустима концентрація  $i$ -ої речовини, г/м<sup>3</sup>;

$\alpha_i$  – безрозмірна константа, яка дозволяє співставити класи небезпеки  $i$ -ої речовини і діоксиду сірки (III клас небезпеки);

$n$  – кількість шкідливих речовин у ВГ.

КНТ включає кількості викидів всіх нормованих шкідливих речовин, які містяться у відпрацьованих газах, та характеристики їх токсичності, тому виражає абсолютну екологічність ВГ.

Важливою перевагою такого підходу до інтегральної оцінки ВГ є той факт, що КНТ дозволяє порівнювати між собою небезпеку транспортного засобу і промислового підприємства (стаціонарного джерела забруднення атмосфери).

При розрахунку категорії небезпеки на основі даних виконаних випробувань виникає необхідність в обчисленні кількостей викидів окремих речовин  $M_i$ . Вказаний розрахунок виконується за виразом (2):

$$M_i = \frac{M_i^L \cdot L}{t} = \frac{M_i^I}{t}, \quad (2)$$

де  $M_i^L$  – питомий викид  $i$ -ї речовини, г/км;

$M_i^I$  – питомий викид  $i$ -ї речовини, г/випробування;

$L$  – протяжність їздового циклу, км;

$t$  – час циклу, с.

Аналіз отриманих інтегральних характеристик ВГ дозволяє визначити кількісні вирази їх абсолютної екологічної небезпеки, визначити найбільш небезпечні речовини в них, оцінити вплив виду палива на екологічну небезпеку ВГ. Але КНТ не дає уявлення про ступінь екологічної небезпеки ВГ і ступінь технічної досконалості ТЗ, працюючого на альтернативних паливах, з позиції екологічної небезпеки.

Технічна готовність двигуна до роботи на альтернативних паливах оцінюється за критерієм  $T$ , який дозволяє визначити рівень пристосованості двигуна до альтернативних палив за екологічними характеристиками ВГ:

$$T = \frac{KHT}{KHT_0}, \quad (3)$$

де  $KHT$  - категорія небезпеки ТЗ, який працює на альтернативному виді палива,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $KHT_0$  - категорія небезпеки ТЗ, що працює на базовому виді палива,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

За виразом (3) з використанням розрахованих значень КНТ, знаходяться числові значення критерію  $T$ , за якими робиться висновок про рівень технічної пристосованості двигуна до даного альтернативного палива, тобто про те наскільки розглядана сумісність виду палива и конструкції двигуна відрізняється від базового варіанту з позиції екологічної безпеки.

Але розглянуті критерії не дозволяють судити про відповідність ВГ даного транспортного засобу діючим нормам на викиди ШР.

Критерій  $K_e$ , який визначається за виразом (4), дозволяє оцінити рівень екологічної небезпеки та технічної досконалості ТЗ з позиції екологічної безпеки. Даними для розрахунку значень  $K_e$  є результати визначення КНТ.

$$K_e = \frac{KHT}{KHT_{\text{евро}}}, \quad (4)$$

де  $KHT$  – категорія небезпеки досліджуваного транспортного засобу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$KHT_{\text{евро}}$  – категорія небезпеки транспортного засобу, що задовольняє найжорсткіші діючі норми на викиди (на сьогодні це ЄВРО-V),  $\text{м}^3/\text{с}$ .

З формули (4) видно, що якщо виконується умова  $K_e < 1$ , то транспортний засіб можна допускати до подальшої експлуатації, а якщо ж  $K_e > 1$ , то технічний стан такого засобу з позиції екологічної безпеки варто вважати незадовільним і виникає потреба в прийнятті певних заходів для виправлення такого стану.

Аналіз наявних запасів та експлуатаційних властивостей різних видів палив, які можуть застосовуватись в дизелях, показав, що найбільш перспективними альтернативними паливами для нашої держави є біодизельне паливо та природний газ. Проведемо оцінку перспективності їх використання на прикладі колісного трактора МТЗ-80, який є найпоширенішим засобом технологічного транспорту в сільському господарстві та промисловості.

Технічна пристосованість трактора до різних видів палива оцінювалась за зміною його експлуатаційних параметрів. Необхідні для оцінки дані були отримані нами в ході експериментальних та теоретичних досліджень [5] трактора за їздовим циклом.

Так, перехід з нафтового дизельного палива на біодизельне паливо супроводжується зростанням питомої ефективної витрати палива, зменшенням

ефективної потужності та крутного моменту. Перехід з дизельного палива на природний газ супроводжується зростанням ефективної витрати палива та деяким збільшенням потужності та крутного моменту. Таким чином, двигун Д-240 з позиції тягової динамічності та паливної економічності пристосований до природного газу та мало пристосований до біодизельного палива.

**Результати досліджень.** Результати досліджень трактора на токсичність ВГ показані в табл. 1. Відпрацьовані гази трактора, працюючого на природному газі, містять в 1,03 рази менше оксидів азоту  $\text{NO}_x$ , в 1,75 рази більше оксиду вуглецю  $\text{CO}$ , в 9,3 рази більше вуглеводнів  $\text{CH}$ , зовсім не містять твердих частинок  $\text{ТЧ}$  у порівнянні з відпрацьованими газами трактора, працюючого на дизельному паливі. Перехід з дизельного палива на біодизель дає менше зниження викидів ШПР.

За сумарним показником кількості шкідливих викидів (табл. 1) лідирує природний газ. Друге місце займає нафтове дизельне паливо. Третє місце визначено за біодизелем.

Аналіз отриманих даних показав, що ШПР у відпрацьованих газах трактора МТЗ-80 в середньому на 46% складаються з  $\text{CO}$ , на 36% складаються з  $\text{NO}_x$ , та на 39% з вуглеводнів. Тобто за кількістю шкідливих викидів найбільш значимим компонентом є оксид вуглецю  $\text{CO}$ .

Кількісний аналіз складу відпрацьованих газів дає уявлення про кількість викидів окремих шкідливих речовин, сумарній їх кількості та дозволяє виявити найбільш значимі за масою компоненти. Але дати оцінку екологічній безпеці на основі такого аналізу неможливо, так як не враховуються токсичність та клас небезпеки шкідливих речовин. Тому нами проведена комплексна оцінка екологічної небезпеки ВГ трактора МТЗ-80 на основі категорії небезпеки транспортного засобу (табл. 2). Фактично КНТ являє собою кількість повітря в  $\text{м}^3/\text{с}$ , яке необхідне для того, щоб токсичну речовину розбавити до безпечної концентрації.

Найбільш екологічно небезпечними є відпрацьовані гази трактора МТЗ-80, працюючого на дизельному паливі. Категорія небезпеки трактора, працюючого на біодизелі в 1,05 рази менша, а на природному газі в 1,16 рази менша, ніж на дизельному паливі. Причому екологічна небезпека відпрацьованих газів для всіх видів палива в середньому на 92% визначається небезпекою оксидів азоту  $\text{NO}_x$ , масовий вміст яких не самий великий. Значить, оксиди азоту є найбільш небезпечною речовиною ВГ. На частку інших шкідливих речовин приходить не більше 8% категорії небезпеки транспортного засобу.

За екологічними характеристиками ВГ нами проведена оцінка технічної пристосованості двигуна Д-240 до альтернативних палив. Даний двигун пристосований як до природного газу ( $\text{Tг}=0,798$ ), так і до біодизельного палива ( $\text{Tбд}=0,91$ ). Рівень технічної пристосованості двигуна Д-240 до природного газу (ПГ) вищий, ніж до біодизельного палива.

Таблиця 1 - Викиди ШР (г/км і %) колісним трактором МТЗ-80 при роботі двигуна з різними видами паливами

Вид палива	Кількість викидів ШР колісним трактором									
	NO <sub>x</sub>		CO		CH		ТЧ		Всього	
	г/км	г/с	г/км	г/с	г/км	г/с	г/км	г/с	г/км	г/с
Дизельне паливо	6,1	0,038	5,6	0,035	0,6	0,003	0,77	0,0048	13,0	0,081
Природн. газ	5,9	0,036	9,8	0,064	5,6	0,036	-	-	21,3	0,136
Біодизель	5,8	0,037	8	0,051	1,3	0,008	0,62	0,0039	15,7	0,1

Таблиця 2 - Категорія небезпеки ВГ колісного трактора при роботі його двигуна на різних паливах

Вид палива	Категорія небезпеки різних речовин ВГ								Категорія небезпеки трактора (КНТ)	
	NO <sub>x</sub>		CO		CH		ТЧ			
	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%
дизельне паливо	2789,1	87,8	9,1	0,29	1,9	0,06	377,5	11,9	3177,6	100
природний газ	2599,8	98,7	15,1	0,57	17,4	0,66	-	-	2632,9	100
біодизель	2694,1	89,8	12,8	0,42	4,5	0,15	288,2	9,6	2999,6	100

Наступним етапом було визначення рівня екологічної небезпеки та технічної досконалості трактора МТЗ-80 при роботі на різних паливах за критерієм Ка(таблиця 3). Значення КНТ<sub>євро</sub> розраховані за виразом (1) та нормами Євро-5 пробігових викидів ШР дизельних транспортних засобів.

Таблиця 3 – Оцінка екологічної небезпеки трактора МТЗ-80 при роботі на різних паливах

Вид палива	Ke	Рівень екологічної небезпеки
дизельне паливо	2,98	Помірно небезпечний
природний газ	2,38	
біодизель	2,7	

Не дивлячись на те, що рівень екологічної небезпеки трактора МТЗ-80 при переході з дизельного палива на альтернативні палива зменшується, він залишається небезпечним джерелом забруднення атмосфери. Цей факт пояснюється недосконалістю

конструкції дизеля Д-240, транспортний засіб з яким за європейськими екологічними нормами не може бути допущений до експлуатації.

**Висновки.** Узагальнивши вищевикладене, можна стверджувати, що саме критерій екологічної безпеки ТЗ дозволяє не тільки об'єктивно оцінювати як ТЗ в цілому діє на навколишнє середовище, але і вирішувати багато екологічних та технічних задач, пов'язаних з експлуатацією ТЗ. Найбільш небезпечною речовиною ВГ автотракторного двигуна при його роботі на різних паливах є оксиди азоту. Тому для двигунів технологічного транспорту, який певний час працює в приміщеннях з обмеженим повітрообміном важливим є застосування нейтралізаторів ВГ, які зменшують викиди саме цієї речовини.

**Список літератури:** 1.Марков В.А., Ефанов А.А., Девянин С.Н. Альтернативные топлива и методика оценки их экологических качеств//Грузовик. - 2007. - №6. - с. 27-34. 2.Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив. – М.: РУДН, 2008. – 248 с. 3. Использование альтернативных топлив в самоходной технике. Научно-информационный материал//М., Московский государственный агроинженерный университет им. В.П.Горячкина, 2010. - 95 с. 4. Цыцюра А.А., Дворников Г.П., Бондаренко Е.В. Оценка влияния автомобильного транспорта на качество воздушной среды Оренбуржья//Вестник ОГУ. – 2000. - №1, с. 47-49. 5.V.Zaharchuk, V.Tkachuk, O.Zaharchuk. Estimation of biodiesel fuel on the basis of rape oil and isopropyl alcohol// Polish academy of sciences, branch in Lublin, volume XI, Lublin, 2011, p. 450-456.

*Надійшла до редколегії 12.05.2013*

УДК 629.3.07

**Оцінка доцільності переведення транспортних засобів на альтернативні палива з технічної та екологічної позицій / В. І. Захарчук // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 30 (1003). – С. 79–84. – Бібліогр.: 5 назв.**

Приведены результаты расчетных исследований перспективности применения альтернативных моторных топлив в средствах технологического транспорта методом интегральной оценки уровня экологической безопасности и технического совершенства транспортных средств.

**Ключевые слова:** альтернативное топливо, транспортное средство, экологические показатели.

Suggested the results of rated investigations of perspectiveness of use of alternative motor fuels in means of technological transport by method of integral estimate of level of ecological safety and technical ideality of vehicles.

**Key words:** alternative fuel, vehicle, ecological indices.