УДК 629.016

© В.І.Захарчук, д.т.н., Захарчук О.В, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ У ЗАСОБАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Статтю присвячено визначенню економічного ефекту від використання альтернативних моторних палив. Проаналізовано останні дослідження і публікації, в яких започатковано розв'язання завдання оцінки економічної ефективності використання інвестицій. Ранжуванням визначені моторні палива для подальших досліджень. Визначено показники економічної ефективності експлуатації колісного трактора на природному газі та біодизельному паливі. Найбільший економічний ефект має використання природного газу.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, АЛЬТЕРНАТИВНІ МОТОРНІ ПАЛИВА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ТРАНСПОРТ.

Постановка проблеми. В даний час перед людством стоять дві глобальні проблеми: світовий дефіцит нафти та забруднення навколишнього середовища викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами (ВГ) різних видів техніки. Суттєво вирішити ці проблеми можна використанням альтернативних моторних палив [1].

На сьогоднішній день у нашій державі є великий парк колісних транспортних засобів та мобільної сільськогосподарської техніки, які працюють на паливі нафтового походження. Але вартість палива весь час зростає, погіршується також екологічна ситуація в країні. Одним з основних шляхів виходу з цієї ситуації є адаптація техніки до роботи на альтернативних паливах.

Значна частина колісних тракторів (зокрема класу 1,4) в сільськогосподарському виробництві, комунальному господарстві та промисловості використовується в якості технологічного транспорту. Можливість застосування певного виду альтернативного моторного палива (АМП) визначається його регіональними ресурсами, співвідношенням цін між альтернативними та традиційними паливами, витратами на адаптацію двигунів для роботи на АМП, на інфраструктуру доставки, зберігання та заправки техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед найбільш відомих дослідників проблем використання альтернативних палив у транспортних засобах слід відзначити науковців з України і країн

пострадянського простору Ю. Гутаревича і А. Корпача [2], Ф. Абрамчука і А. Кабанова [3], А. Говоруна [4], А. Полякова [5], С. Гусакова [6], С. Девяніна [7], В. Єрохова [8], В. Луканіна і А. Хачіяна [9], В. Маркова і А. Гайворонського [10], А. Уханова [11], Г. Савельєва [12], Б. Базарова [13] та ін. Вирішенню цих проблем присвячено й чимало праць західних вчених, серед яких Хамлінг P. Hamling [14], N. Nuland [15], M. Karabektas [16], A. Murugesan [17]. Найбільш поширеними питаннями, які досліджувались в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених є показники роботи двигунів та автомобілів під час роботи на альтернативних паливах. Тільки в деяких роботах досліджувалась економічна ефективність використання окремих видів альтернативних палив.

Аналіз публікацій засвідчив, що оцінка економічної ефективності використання альтернативних палив у засобах технологічного транспорту, внаслідок його специфіки, є складним науково-технічним завданням, яке не вирішене дотепер. Для того щоб успішно вирішувати проблеми залучення та реалізації інвестицій, в тому числі на переобладнання транспортних засобів для роботи на альтернативних паливах, слід застосовувати достовірні методи визначення економічної ефективності інвестиційних проектів. Ті методики, що розроблялись і затверджувались у радянський період, мали силу офіційних документів, згідно з якими на підприємствах, в проектних і наукових організаціях виконувалися розрахунки економічної ефективності капітальних вкладень і технічних заходів [18].

Але з 90-х років минулого століття почала використовуватись нова для нас методика, запозичена на Заході, і хоча попередня, традиційна методика офіційно не була скасована, її застосування звужувалося.

Нова методика визначає економічну ефективність інвестицій за допомогою показників чистої приведеної вартості NHV, дисконтованого строку окупності DPB, внутрішньої норми прибутку IRR, індексу прибутковості (коефіцієнта рентабельності інвестицій) PI. Ці показники ґрунтуються на теорії вартості грошей у часі.

Розглядаючи особливості обох методик, можна відзначити як перевагу традиційної надійність і простоту розрахунків, доступність і достовірність вихідних даних, практичну відсутність потреби в прогнозуванні поточних витрат, цін, строку дії проекту.

Метою дослідження є оцінка економічної ефективності використання альтернативних моторних палив у використовуваному в якості технологічного транспорту колісному тракторі.

Результати дослідження. Замінниками нафтового дизельного палива (ДП) в даний час є диметилефір (ДМЕ), біопалива, зокрема метиловий ефір ріпакової олії (МЕРО) та горючі гази (природний газ (ПГ) та зкраплений нафтовий газ (ЗНГ). Вирішальне значення мають фізико-хімічні властивості моторних палив, оскільки вони визначають їх сумісність з двигуном [4].

Обґрунтування вибору дизельних палив для дослідження отримано ранжуванням (порівнянням варіантів використання палив за десятибальною шкалою) з врахуванням трьох чинників. Значимість (вага) кожного чинника неоднакова і прийнята на основі даних роботи [5].

З результатів ранжування слідує такий факт: перше місце в пріоритетному ряду займає біодизельне паливо, що пояснюється значними його ресурсами та хорошою пристосованістю техніки до цього палива, друге місце – природний газ.

Важливим чинником розширення використання АМП в умовах ринкової економіки є наявність економічного ефекту при їх використанні. Більшість АМП відрізняються від традиційних палив експлуатаційними властивостями, що призводить до зміни експлуатаційних якостей самого транспортного засобу. Для оцінки економічної ефективності експлуатації використовуваного в якості технологічного транспорту колісного трактора МТЗ-80 на альтернативних паливах проводився розрахунок порівняльної економічної ефективності, який включає в себе розрахунок необхідних капітальних вкладень, економію експлуатаційних витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності капітальних вкладень.

Капітальні вкладення K в переобладнання транспортних засобів (ТЗ) визначаються за формулою, грн.:

$$K = C_0 + C_M + C_{\text{ТР}}, \quad (1)$$

де C_0 – вартість комплекту додаткового обладнання, грн;

C_M – витрати на монтаж і ремонт устаткування, грн;

$C_{\text{ТР}}$ – транспортні витрати, грн.

Під час розрахунку капіталовкладень приймалось, що переобладнуваний транспортний засіб перебуває у справному стані.

Економія поточних витрат пов'язана головним чином з економією витрат на паливо в собівартості перевезень, у зв'язку з нижчою ціною альтернативних видів палива в порівнянні з нафтовим дизельним паливом. В той же час, вона має бути зменшена (збільшена) на розмір додаткових експлуатаційних витрат, пов'язаних з

амортизацією технічним обслуговуванням і поточним ремонтом додаткового устаткування.

Під час виконання таких досліджень суттєву трудність представляє розрахункове визначення витрати альтернативних палив (які часто перебувають у різних агрегатних станах) транспортним засобом. Сумарна лінійна витрата палива трактора МТЗ-80, яка враховує також витрату палива на виконання транспортної роботи, визначена за значеннями питомої шляхової витрати палива, яка визначена математичним моделюванням руху трактора за їздовим циклом [19].

Річна витрата палива визначається з врахуванням сумарної лінійної витрати, додаткової витрати на часті зупинки і внутрішньогаражні потреби за формулою:

$$Q_i = H_l \cdot l_{сд} \cdot Д \cdot К_0 \cdot К_Г/100, \quad (2)$$

де Q_i – витрата палива і-го виду, л (м^3);

$l_{сд}$ – середньодобовий пробіг транспортного засобу, км;

$Д$ – тривалість періоду експлуатації, днів;

$К_0$ – коефіцієнт, що враховує додаткову витрату палива на часті зупинки;

$К_Г$ – коефіцієнт, що враховує додаткову витрату палива на внутрішньогаражні потреби;

H_l – сумарна лінійна витрата палива, л/100 км (м^3/100 км).

Розрахунок додаткових експлуатаційних витрат, пов'язаних з амортизацією, технічним обслуговуванням і поточним ремонтом додаткового устаткування починається з обчислення річної суми амортизаційних відрахувань:

$$A_p = H_a \cdot 1000 \cdot \frac{K}{100} \cdot L_p, \quad (3)$$

де A_p – річна сума додаткових амортизаційних відрахувань, грн;

H_a– норма амортизації, % на 1000 км пробігу;

L_p– річний пробіг ТЗ, км.

Річна сума економії експлуатаційних витрат $E_{е.в.}$ складається з економії у витратах на паливо $E_п$, економії на платі за забруднення атмосферного повітря $E_{пз}$ (зараз враховується акцизним збором на паливо) за вирахуванням додаткової суми експлуатаційних витрат A_p, пов'язаних з амортизацією, технічним обслуговуванням і поточним ремонтом додаткового устаткування. Термін окупності капітальних вкладень на переобладнання ТЗ визначається за формулою:

$$T = \frac{K}{E_{е.в.}}, \quad (4)$$

де $E_{е.в.}$ – економія експлуатаційних витрат під час використання альтернативних палив.

Найбільш ефективне рішення щодо вибору палива буде відповідати мінімуму річних приведених витрат B_p:

$$B_{pi} = C_i - i \cdot K_i \rightarrow min, \quad (5)$$

де C_i– собівартість перевезень з використанням певного виду палива, грн;

i – постійна норма дисконту.

Економічна ефективність використання АМП оцінюється критерієм економічної ефективності:

$$K_{ек} = \frac{B_{pi}}{B_{pmax}}. \quad (6)$$

Позитивний економічний ефект від використання альтернативних палив має місце завдяки таким факторам: менша вартість палив, зменшення експлуатаційних витрат внаслідок збільшення моторесурсу, міжремонтних пробігів двигуна та витрати моторного масла, зменшення збитку від забруднення атмосфери.

Нафтове дизельне паливо, природний газ та біодизельне паливо мають різну ціну, що визначає різну собівартість перевезень. Інші чинники на собівартість перевезень впливають в незначній мірі. Крім того, різна вартість переобладнання трактора для роботи на цих паливах визначає різний рівень капітальних вкладень в переобладнання. Найбільшою є вартість переобладнання трактора для роботи на природному газі.

Капітальні вкладення К в переобладнання визначаються за формулою (1). Транспортні витрати приймаються в розмірі 10 % від вартості комплекта додаткового обладнання для адаптації роботи ТЗ на альтернативних паливах. Капітальні вкладення в переобладнання одного трактора приведені в табл. 1.

Розрахунок економії поточних витрат при експлуатації виконується для одного колісного трактора МТЗ-80, постійно працюючого в якості технологічного транспорту. Економія експлуатаційних витрат пов’язана зі зменшенням витрат на паливо в собівартості перевезень та економії завдяки зменшенню екологічного збитку. Ефект від збільшення міжремонтних пробігів і термінів заміни масла частково нівелюється збільшенням витрат на технічне

обслуговування (ТО) і ремонт додаткового обладнання, а також надбавкою до заробітної плати водіїв газобалонного транспорту. Отримані розрахунком на математичних моделях шляхові витрати палив переведені в лінійну витрату палив. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності експлуатації трактора МТЗ-80 на альтернативних паливах зведені в табл. 2.

Таблиця 1 – Капітальні вкладення в переобладнання трактора МТЗ-80 для роботи на альтернативних паливах

Найменування витрат, грн.	Природний газ	Біодизель
Покупне обладнання	6230	2486
Виготовлення оригінальних вузлів	622	-
Монтаж і налагодження елементів адаптування техніки до АМП	3050	500
Транспортні витрати	990	250
Всього	10892	3236

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності експлуатації трактора МТЗ-80 на альтернативних паливах

№ з/п	Показник	Одиниця вимірюв.	Базова модель	Альтернативне паливо	
				ПГ	Біо-дизель
1.	Кількість одиниць техніки	шт.	1	1	1
2.	Середньодобовий пробіг	км	82	82	82
3.	Дні роботи за рік $Д_р$	дні	305	305	305
4.	Коефіцієнт випуску	-	0,82	0,82	0,82
5.	Коефіцієнт використання пробігу	-	0,5	0,5	0.5
6.	Сумарна лінійна витрата палива	л/100 км ($м^3$/100 км)	16.0	19.0	17,5
7.	Ціна палива (за даними поч. 2017 р.)	грн.за 1л (грн. за $м^3$)	19.6	13.5	18.0
8.	Додаткові витрати на ТО і ПР	грн.	-	1089,2	-

Витрати на ТО і ремонт додаткового обладнання прийняті в розмірі 7 % від вартості переобладнання. Річна економія експлуатаційних витрат складається з економії витрат на паливо за мінусом витрат, пов'язаних з ТО і ремонтом додаткового обладнання. Термін окупності капітальних вкладень в переобладнання трактора для роботи на альтернативних паливах визначається за формулою (4).

Результати розрахунку показників економічної ефективності експлуатації трактора МТЗ-80 як технологічного транспорту на альтернативних паливах зведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Економічна ефективність експлуатації трактора МТЗ-80 на альтернативних паливах

№ з/п	Показник	Одиниця вимірюв.	Базова модель	Альтернативне паливо	
				ПГ	Біодизель
1.	Річний пробіг трактора, використовуваного в якості технологічного транспорту	тис. км	25	25	25
2.	Річна витрата палива	л ($м^3$)	2320	2984	2508
3.	Витрати на паливо за рік	грн.	45797	36996	45135
4.	Витрати на ТО і ПР	грн.	7000	8090	7000
5.	Річні експлуатаційні витрати	грн.	52797	45086	52135
6.	Економія експлуатаційних витрат	грн.	-	7712,1	662,3
7.	Термін окупності капіталовкладень на переобладнання		-	1,41	4,9
8.	Річний економічний ефект від використання альтернативних палив	грн.	-	6078,3	177,3
9.	Критерій економічної ефективності використання АМП	-	-	0,71	0,2

З наведених даних видно, що в якості АМП найбільш економічно вигідним є застосування природного газу. Але

переобладнання двигунів для роботи на цьому паливі вимагає більших, у порівнянні з іншими паливами, капіталовкладень. При виконанні розрахунків прийнято, що заробітна плата оператора трактора, працюючого на газі, буде такою ж, як і при роботі на дизельному паливі, заправка трактора ПГ буде здійснюватись на підприємстві. Для роботи на природному газі найбільш економічно вигідно переобладнувати дизелі, які потребують ремонту. В цьому випадку витрати на переобладнання будуть частково покриватись витратами на ремонт: зношена дизельна паливна апаратура демонтується, а зменшити ступінь стиску двигуна можна під час ремонту його циліндро-поршневої групи.

Отримані результати узгоджуються з даними, отриманими іншими авторами [12].

Висновки. Експлуатація трактора МТЗ-80 в якості технологічного транспортного засобу на газовому паливі в порівнянні з дизельним паливом забезпечить річний економічний ефект 6,078 тис. грн, а термін окупності витрат на переобладнання для роботи на газі складе 1,41 року. При експлуатації на біодизельному паливі річний економічний ефект складе 0,177 тис. грн, а термін окупності витрат на переобладнання 4,9 року.

Визначення економічного ефекту від використання альтернативних моторних палив технологічним транспортом з врахуванням зменшення екологічного збитку.

Література

1. Льотко В. Применение альтернативных топлив в ДВС / В. Льотко, В.Н. Луканин, А.С. Хачиян. – М.: МАДИ (ТУ). – 2000. – 331 с.

2. Гутаревич Ю.Ф. Дослідження впливу біодизельного палива на паливно-економічні та екологічні показники вантажного автомобіля / Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, О.О. Левківський // Вісник СевНТУ. – 2012. Випуск 134. – С. 32–35.

3. Абрамчук Ф.І. Методика розрахунку випробувального їздового циклу автомобіля повною масою до 3,5 т / Ф.І. Абрамчук, А.М. Кабанов // Вісник НТУ. – 2012. Випуск 25. – С. 201–206.

4. Говорун А.Г. Сумішеві біодизельні палива для дизелів / А.Г. Говорун, М.В. Павловський, П.В. Куций // Вісник НТУ. – 2014. – Випуск 30. – С. 63–68.

5. Poliakov A.P. Provision of required viscosity index for bipropellant fuel / A.P. Poliakov, O.O. Galushchak, D.O. Galushchak // New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies, Tehnomus. Suceava, Romania, 2013. – №20. – P. 254–257.

6. Гусаков С.В. Перспективы применения в дизелях альтернативных топлив из возобновляемых источников / С.В. Гусаков. – М.: ИПК РУДН, 2008. – 318 с.

7. Девянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов – Х.: Новое слово, 2007. – 452 с.

8. Ерохов В.И. Теоретические и методологические аспекты построения целевой комплексной программы применения альтернативных видов топлива на автомобильном транспорте / В.И. Ерохов, Е.В. Бондаренко // Вестник ОГУ. – 2010. – №35. – С. 22–30.

9. Луканин В.Н. Сравнительный анализ способов конвертации жидкотопливных двигателей в двигатели, питаемые природным газом / В.Н. Луканин, А.С. Хачиян, В.Е. Кузнецов, В.М. Федоров // Экология двигателей и автомобиля: Сборник научных трудов. – М.: Изд. НАМИ. – 2001. – С. 97–103.

10. Марков В.А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах / В.А Марков, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов. – М.: Изд-во «Легион-Автодата». – 2008. – 464 с.

11. Уханов А.П. Рапсовое биотопливо / А.П. Уханов, В.А. Рачкин, Д.А. Уханов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – 229 с.

12. Савельев Г.С. Технологии и технические средства адаптации автотракторной техники к работе на альтернативных видах топлива: автореф. дис. на соискание наук. степени докт. техн. наук / Г.С. Савельев. – М., 2011. – 42 с.

13. Базаров Б.И. Работа поршневых двигателей на альтернативных видах топлива / Б.И. Базаров. – Ташкент: ТАДИ, 2001. – 238 с.

14. Hamling P. “Down Under” success with natural gas buses / P. Hamling // NGV Worldwide. – 2002. – February. – P. 11.

15. Nylund N.O. Pathways For Natural Gas Into Advanced Vehicles / N.O Nylund, J. Laurikko, M. Ikonen. – Brussel: IANGV. – 2002. – 105 p.

16. Karabektas M. The effects of preheated cottonseed oil methyl ester on the performance and exhaust emissions of a diesel engine / M. Karabektas, G. Ergen, M. Hosoz // Applied Thermal Engineering. – 2008. – 28(17–18). P. 2136–2143.

17. Murugesan A. Biodiesel as an alternative fuel for diesel engines / A. Murugesan, C. Umarani, R. Subramanian, N. Nedunchezhian // A review. Renew sust energy rev. – 2009. – Pp. 653–662.

18. Бень Т. Методи визначення економічної ефективності інвестицій: порівняльний аналіз / Т. Бень // Економіка України. – 2006 – № 6. – С. 41–46.

19. Захарчук В.І. Оцінка перспективності застосування альтернативних палив в технологічних транспортних засобах / В.І. Захарчук // Вісник НТУ »ХПІ». – 2015. – №8 (1117). – С. 76–81.