

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ЗБИРАННІ ПШЕНИЦІ ПО КРИТЕРІЮ ВИТРАТ ПАЛИВА

**Барабаш Григорій Іванович**

кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0003-1075-479X  
e-mail: barabashgi@ukr.net

**Мікуліна Марина Олександрівна**

кандидат економічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0002-6918-5192  
e-mail: marinamikulina1@ukr.net

**Поливаний Антон Дмитрович**

студент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0001-8363-7186  
e-mail: polivanui1@gmail.com

*В запропонованій статті наведені методичні підходи стосовно визначення основних техніко-експлуатаційних показників вантажних автомобілів та автопоїздів при транспортуванні зерна від комбайна при збиранні озимої пшениці, що дає можливість визначити в подальшому безпосередньо ефективність їх використання в виробничих умовах.*

**Ключові слова:** пшениця, збирання, комбайн, автомобіль, автопоїзд, швидкість руху, продуктивність, витрати палива.

DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.2.12>

**Постановка проблеми.** Проблема полягає в тому, що при відсутності в господарстві нормативів на показники використання автотранспорту при перевезенні зерна від комбайна, то ці показники можна визначити аналітичним шляхом і використати їх для оплати праці виконавців та списання палива.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Із підручників та інших літературних джерел по машиновикористанню у рослинництві відомо, як визначаються показники використання автомобільного транспорту при відомих їх технічних характеристиках та умовах їх використання при збиранні різних зернових культур. Однак, аналітичних досліджень стосовно того як насправді визначаються зазначені показники в конкретних умовах нами виявлено не було.

**Формулювання цілей статті та мета досліджень.** Надати методичні підходи по визначенню основних техніко-експлуатаційних показників і, зокрема продуктивність та витрати палива вантажних автомобілів та автопоїздів при транспортуванні зерна від зернозбиральних комбайнів при збиранні пшениці, що дасть можливість дати їм порівняльну оцінку та більш правильно організувати їх роботу в виробничих умовах. Розглянемо це на конкретному прикладі.

**Вихідні дані:**

Зернозбиральний комбайн ПАЛЕССЕ GS 12.(рис.1)

Вантажний автомобіль КамАЗ – 45143-11 (рис.2)

Автомобільний причіп НЕФА3-8560-02 (рис.2)

Розміри поля: площа поля  $F=200$  га; довжина  $L =2000$ м; ширина  $B=1000$ м.

Рівень врожайності зерна,  $У_з = 75$ ц/га = 7,5 т/га

Загальна відстань перевезень –  $l_n = 4$ км. В т.ч.:

- виробничою територією – 0,5 км;

- по трасі – 2,5 км;
- по полю.- 1 км. (половина довжини поля)

Варіанти:

А – автомобіль без причепа;

Б – автомобіль з причепом (автопоїзд).



Рис.1.Зернозбиральний комбайн ПАЛЕССЕ GS 12

Техніко-експлуатаційні показники використання комбайна наведені в таблиці 1, які визначені за відомими формулами [ 1,2,3,4 ].

**Послідовність розрахунків.**

1. Тривалість заповнення бункера зерном,  $t_6$ , год.

$$t_6 = m_6 / \omega_0 \quad (1)$$

де  $m_6$  – маса зерна в бункере, т.  $m_6 = 5,3$  т;

$\omega_0$  – продуктивність комбайна за 1 год. основного часу,  
 $\omega_0 = 21,8$  т/год.

Тоді  $t_6 = 0,24$  год.



Рис.2. Автопоїзд КамАЗ – 45143-11+ НЕФАЗ-8560-02

Таблиця 1. Показники використання комбайна

№ п/п	Показники	Одиниці виміру	Значення показників
1	Продуктивність за 1 год. основного часу	т/год.	21,8
2	Робоча швидкість	км/год	3,8
4	Продуктивність за одну годину змінного часу	т/год.	20,3

2. Шлях заповнення бункера зерном,  $l_6$ , год.

$$l_6 = V_p \cdot t_6. \quad (2)$$

Після підрахунків  $l_6 = 0,91 \text{ км} = 910 \text{ м.}$ , що приблизно дорівнює половині довжини поля. Показники  $l_6$ ,  $t_6$  потрібні водію автомобіля для орієнтури в просторі і в часі по відношенню до комбайна.

3. Тривалість циклу вантажного автомобіля (автопоїзда),  $t_{\Sigma}$  складається з наступних елементів: холостий рух автомобіля (виїзд з виробничої території, рух по трасі, в'їзд на поле); завантаження зерном; очікування чергового завантаження; рух завантаженого автомобіля (виїзд з поля, рух по трасі, в'їзд на виробничу територію), зважування та розвантаження автомобіля:

$$t_{\Sigma} = t_{6e} + t_3 + t_{03} + t_{p3} + t_e + t_{3p} \quad (3)$$

де  $t_{6e}$  – тривалість руху автомобіля без вантажу, год.;

$t_3$  – тривалість завантаження кузова автомобіля зерном, год.;

$t_{03}$  – тривалість очікування чергового завантаження, год.;

$t_{p3}$  – тривалість руху автомобіля між черговими завантаженнями, год.;

$t_e$  – тривалість руху автомобіля з вантажем, год.;

$t_{3p}$  – тривалість зважування та розвантаження, год.;

3.1 Тривалість руху без вантажу,  $t_{6e}$ , год.:

$$t_{6e} = l_n / V_n + l_{an} / V_{an} + l_e / V_e \quad (4)$$

Швидкість руху автомобіля без вантажу:

- по полю – 30 км/год.;

- по асфальтовій дорозі – 70 км/год.;

- по виробничій території – 5 км/год.

Для обох варіантів приймемо  $t_{6e} = 0,17$  год.

3.2 Тривалість завантаження автомобіля зерном (вивантажування бункера, коли комбайн зупиняється, очікує тра-

нспортний засіб (1хв.) і вивантажує зерно (2 хв.), то для одного бункера  $t_n = 3 \text{ хв.} = 0,05$  год.

Варіант А:  $t_n = 6 \text{ хв.} = 0,1$  год.

Варіант Б:  $t_n = 12 \text{ хв.} = 0,2$  год.

Тривалість руху автомобіля між черговими завантаженнями,  $t_{p3}$ , год.;

$$t_{p3} = l_{p3} / V_n, \quad (5)$$

де  $l_{p3}$  – відстань між черговими заправками, км.  $l_{p3} = l_6$ .

Варіант А:  $t_{p3} = 0,91 \text{ км.}$  Варіант Б:  $t_{p3} = 0,91 \cdot 3 = 2,73 \text{ км.}$

Варіант А:  $t_n = 0,05$  год. Варіант Б:  $t_{p3} = 0,14$  год.

3.3. Тривалість руху з вантажем  $t_e$ , год.

Складається із: виїзду за межі поля  $l_n$  ( $l_n = 1 \text{ км}$  половина довжини поля), рухові по дорозі з асфальтовим покриттям  $l_{an}$  ( $l_{an} = 2,5 \text{ км}$ ), рухові господарською територією  $l_e$  ( $l_e = 0,5 \text{ км}$ ), год.:

$$t_e = l_n / V_n + l_{an} / V_{an} + l_e / V_e \quad (6)$$

Швидкість руху автомобіля з вантажем: по полю – 20 км/год., по асфальтовій дорозі – 60 км/год., по господарській території – 5 км/год.

Для обох варіантів приймемо  $t_e = 0,19$  год.

3.4. Очікування чергового завантаження кузова автомобіля дорівнює тривалості заповнення бункера зерном  $t_6$ .

Варіант А  $t_n = 0,24$  год. (один бункер)

Варіант Б  $t_n = 0,72$  год. (три бункери)

Підрахунки показують, що тривалість рейсу автомобіля-самоскида та тривалість заповнення бункера комбайна зерном практично співпадають. Тобто, для обслуговування зернозбирального комбайна марки ПАЛЕССЕ GS 12 достатньо мати один автомобіль марки КамАЗ – 45143-11. Ті декілька хвилин (близько двох хвилин), протягом яких комбайн буде очікувати транспорт, потрібні комбайнеру для огляду комбайна або перевірки якості обмолоту.

3.5. Спостереження в виробничих умовах свідчать, що на зважування транспортного засобу та вивантаження зерна з кузова триває близько 5 хв.

Для обох варіантів приймемо  $t_{3p} = 0,08$  год.

Тоді загальна тривалість циклу буде дорівнювати:

Варіант А:  $t_{\Sigma} = 0,83$  год. Варіант Б:  $t_{\Sigma} = 1,50$  год.

4. Продуктивність транспортного засобу  $\omega_{\Sigma}$ , т/год.

$$\omega_{\Sigma} = m_6 \cdot n_6 / t_{\Sigma}, \quad (7)$$

де  $n_6$  – кількість вивантажень зерна із бункера.

Варіант А:  $\omega_u=12,8$  т/год. Варіант Б:  $\omega_u=14,1$  т/год.  
5. Кількість рейсів за зміну  $n_u$ :

$$n_p = T_{зм} / t_u \quad (8)$$

При тривалості зміни,  $T_{зм} = 10$  год.-

Варіант А:  $n_u = 12$ ; Варіант Б:  $n_u = 7$ .

6. Перевезено зерна за зміну,  $m_{зм}$ , т:

Варіант А:  $m_{зм}=127,2$  т. Варіант Б:  $m_{зм}=148,4$  т.

Потужність двигуна автомобіля при виконанні транспортних процесів витрачається на: привід механізмів трансмісії, перекочування автомобіля.

7. Втрати потужності в трансмісії, кВт:

$$N_{mp} = N_{ен} \cdot (1 - \eta_{mp}), \quad (9)$$

де  $N_{ен}$  – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт.  
 $N_{ен}=176$  кВт.

$\eta_{mp}$  – ККД трансмісії:  $\eta_{mp} = 0,95$ .

Для обох варіантів прийmemo  $N_{ен} = 8,8$  кВт.

8. Втрати потужності на перекочування автомобіля, кВт

$$N_f = \frac{G_a \cdot f \cdot V_p}{3,6}, \quad (10)$$

де  $G_a$  – вага автомобіля (автопоїзда), кН;

$f$  – коефіцієнт опору перекоченню;

Вага автомобіля (автопоїзда) без вантажу:

Варіант А  $G_{ас} = 87,4$ кН;

Варіант Б  $G_{асп} = 87,4+51,6 = 139$ кН

Повна вага автомобіля (автопоїзда):

Варіант А  $G_{ас} = 87,4+104 = 191,4$ кН;

Варіант Б  $G_{асп} = 139 + 208 = 347$ кН.

(вага зерна одного бункера дорівнює 104 кН)

Коефіцієнт опору перекоченню;

- при русі автомобіля по полю  $f = 0,07$ ;

- при русі по асфальтовій дорозі  $f = 0,02$

8. Баланс потужності двигуна автомобіля,  $N_e$ , (кВт):

$$N_e = N_{mp} + N_f, \quad (11)$$

9. Коефіцієнт завантаженості двигуна по потужності,

$\eta_N$ :

$$\eta_N = \frac{N_e}{N_{ен}} \quad (12)$$

Оптимальна величина завантаження дизельних двигунів  $\eta_N = 0,70 \dots 0,85$ .

10. Погодинна витрата палива,  $G_2$ , кг/год.

$$G_2 = N_{ен} \cdot q \cdot \eta_N / 1000, \quad (13)$$

де  $q$  – питома витрата палива двигуно, г/кВт-год.  
 $q=236$  г/кВт-год.

11. Витрата палива за один цикл,  $G_{1ц}$ , кг.

Варіант А:  $G_{1ц}=4,28$  кг. Варіант Б:  $G_{1ц}=5,4$  кг.

12. Витрата палива за зміну,  $G_{зм}$ , кг.

Варіант А:  $G_{зм}=51,4$  кг. Варіант Б:  $G_{зм}=37,8$  кг.

13. Витрата палива на одну тону перевезеного зерна,

$G_m$ , кг/т:

Варіант А:  $G_m = 0,40$  кг/т. Варіант Б:  $G_m = 0,25$  кг/т.

Визначені показники наведені в таблиці 2

Таблиця 2. Показники використання автомобілів (Варіант А/Варіант Б)

№ п/п	Елементи часу зміни	$N_e$ , кВт	$\eta_N$	$G_{1ц}$ , кг	$G_{зм}$ , кг
1	Холостий рух автомобіля:				
	-по виробничій території	11,2/12,7	0,06/0,07	0,25/0,29	3,0/2,0
	-по трасі	42,8/63,4	0,24/0,36	0,40/0,60	4,8/4,2
	-по полю	63,9/89,6	0,34/0,51	0,45/0,64	5,1/4,5
2	Напівпорожній рух по полю	90,4/103	0,51/0,36	0,75/0,75	7,8/5,3
3	Рух завантаженого автомобіля:				
	-по полю	121/144	0,69/0,82	1,44/1,70	17,2/11,9
	-по трасі	84,0/124	0,41/0,70	0,68/0,87	8,2/6,1
	-по виробничій території	14,2/18,9	0,08/0,10	0,33/0,42	4,0/2,9
4	Вивантаження зерна із кузова автомобіля	-	0,05/0,06	0,10/0,17	1,2/1,2
5	Всього за фактичну тривалість зміни	-	-	-	51,3/38,1

7. Тривалість простоїв комбайна в очікуванні транспортних засобів,  $t_{ок}$ , год.

$$t_{ок} = (t_б - t_p) (n_p - 1)$$

Тоді: варіант А:  $t_{ок} = 2,2$  год.; варіант Б:  $t_{ок} = 1,2$  год..

Тобто, при використанні автопоїзда простої комбайна зменшаться на 1,0 год.

8. Умовний намолот за час очікування,  $\omega_{оч}$ , т/год.

$$\omega_{оч} = t_{ок} \cdot \omega_о,$$

де  $\omega_о$  – продуктивність комбайна за 1 год. основного часу, т/год.

$$\omega_о = 21,8 \text{ т/год.}$$

Тоді: варіант А:  $\omega_{оч} = 48$  т.; варіант Б:  $\omega_{оч} = 26$  т.

Тобто, при використанні автопоїзда комбайн зміг би намолотити зерна більше на  $48-26 = 22$  т. в порівнянні з автомобілем.

Результати розрахунків по порівняльній оцінці роботи транспортних засобів на відвезенні зерна від комбайна дозволяють зробити наступні висновки:

#### Висновки.

1. Якщо використовувати автомобіль-самоскид КамАЗ – 45143-11 як самостійну транспортну одиницю, то за зміну тривалістю 10 годин він зможе перевезти від комбайна 127,2 т. зерна, автопоїзд в складі цього ж автомобіля та автопричепа НЕФА3-8560-02 за той же час - 148,4 т зерна, тобто на

21 т більше. Тобто, по цьому критерію перевагу слід віддати другому варіанту.

2. При використанні автопоїзда на перевезенні зерна витрачається дизельного палива 0,25 грн. на кожен тону, а при використанні автомобіля без причепа – 0,40 грн. Тобто, на кожній тоні економиться 15 коп. При площі поля в 200 га та врожайністю 75 ц/га, то економія в цілому складе 225 грн. По великому рахунку по цьому критерію оцінки використання транспорту обидва варіанти рівнозначні. Пояснення цьому просте – коефіцієнт завантаження двигуна в першому варіанті значно менший ніж у другому (таблиця 2).

3. Найбільше палива на одиницю довжини шляху витрачається при рухові його по полю з повністю заповненим кузовом, де завантаженість двигуна найбільша – 0,69...0,82.

4. Більш повну і правильну оцінку використання цих двох варіантів можна дати, якщо за критерії взяти економічні показники.

### Пропозиції.

1. Якщо в даній ситуації за головний критерій оцінки транспортних засобів брати більш ефективне використання комбайна через зменшення простоїв, перевагу слід віддати автопоїзду: комбайн буде простоювати на 1,0 год. менше ніж при використанні одного автомобіля. За цей час він зможе намолотити три бункери зерна.

2. Для усунення або зменшення простоїв комбайна можна застосувати декілька заходів:

- придбати і використати так званий перезавантажувач зерна. Це такий самохідний технічний засіб, з допомогою якого при відсутності транспортного засобу він завантажується зерном від комбайна, а потім при його появі вивантажує зерно;
- на полі можна мати транспортний засіб в складі малопотужного трактора і автомобільного причепа, який би завантажувався при відсутності автопоїзда.

### Список використаної літератури.

1. Мельник І.І., Тивоненко І.Г., Фришев С.Г. та ін. Інженерний менеджмент / За ред. І.І.Мельника. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2007. - 536 с.
2. Г.І. Барабаш, М.О. Мікуліна / Залежність техніко-економічних показників використання зернозбиральних комбайнів від рівня врожайності озимої пшениці // Вісник Сумського Національного Аграрного Університету, серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – 2019. – №3 (37). - С. 31-33
3. Орманджи К.С. Методика разработки операционной технологии механизированных полевых работ//К.С.Орманджи, Ю.К.Киртбая, Г.И.Барабаш.- М.:ПМУ ЦОПКБ ВИМ, 1982.- 192 с.
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1971.- 248 с.(Вып.1).
5. М.О. Мікуліна, Г.І. Барабаш / Вплив типу рушія трактора на показники використання орних агрегатів плугів, // Збірник тез доповідей по матеріалах 25-ї міжнародної наукової конференції «Технології XXI века», (15-20 вересня 2019 р., м. Суми, м. Одеса) / ч.1. - Суми: СНАУ, 2019. С.-35
6. Г.І. Барабаш, М.О. Мікуліна / Залежність техніко-експлуатаційних показників орних агрегатів // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні моделі розвитку агропромислового виробництва : виклики та перспективи», Випуск 2 Глухів : ГАТІ ім. С.А. Ковпака СНАУ, 2019. С. 10-16

**Barabash G.I., Sumy National Agrarian University (Ukraine)**

**Mikulina M.A., Sumy National Agrarian University (Ukraine)**

**Polivanui A.D., Sumy National Agrarian University (Ukraine)**

### **Comparative assessment of the work of vehicles during wheat harvesting according to the criterion of fuel consumption**

*The problem is that in the absence of standards for the use of vehicles in the transportation of grain from the combine, these indicators can be determined analytically and used to pay for contractors and write off fuel.*

*From textbooks and other literature sources on machine use in crop production, it is known how to determine the indicators of the use of road transport with their known technical characteristics and conditions of their use in the harvesting of various cereals. However, we have not found any analytical studies on how these indicators are actually determined in specific conditions.*

*Provide methodological approaches to determine the main technical and operational indicators and, in particular, productivity and fuel consumption of trucks and trains when transporting grain from combine harvesters when harvesting wheat, which will give them a comparative assessment and better organize their work in production conditions. Consider this with a specific example.*

**Key words:** wheat, harvesting, combine, car, road train, speed, productivity, fuel consumption.

Дата надходження до редакції: 28.05.2021