

**Надточій О.В.,
Войтюк В.Д.**
Національний університет
біоресурсів і
природокористування
України, м. Київ, Україна
E-mail: o.nad@ukr.net

**МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N
ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІНА
В РУЛОНАХ**

<https://doi.10.5281/zenodo.15427748>

УДК 629.3.016:629.3.018.7

Надточій О.В., Войтюк В.Д. Модель визначення експлуатаційних показників транспортних засобів категорії N процесу транспортування сіна в рулонах.

Анотація. Розкрито особливості методичного обґрунтування експлуатаційних показників транспортних засобів категорії N при транспортуванні сіна в рулонах. Транспортування грубих кормів здійснюється по широко застосовується в даний час прямої схемою, що включає операції очікування транспортним засобом завантаження, завантаження рулонів навантажувачем, переїзд транспортного засобу з поля до місця зберігання рулонів, очікування навантажувача для розвантаження рулонів, у випадку використання не самоскидного транспортного засоби, розвантаження, переїзд до місця завантаження рулонів.

Ключові слова: автомобіль, експлуатація, транспортування, сіно.

Nadochiy O.V., Voytyuk V.D. Model for determining the performance indicators of category N vehicles in process of transporting hay in rolls.

Abstract. The article describes the features of methodological substantiation of performance of vehicles of category N when transporting hay in rolls. Transportation of coarse feed is carried out on a widely used direct scheme, which includes operations of waiting for the vehicle, loading rolls by a loader, moving the vehicle from the field to the storage location of rolls, waiting for the loader for unloading rolls, in case of use of non-self-esteem vehicles, unloading, unloading.

Key words: vehicle, operation, transportation, hay.

Постановка проблеми

В даний час підбирачі-транспортувальники випускають як великі фірми-виробники сільськогосподарської техніки Сполучених Штатів, Німеччини, Швеції, Канади та інших країн, так і самі фермери [1]. Зокрема, фірма Cook випускає самозавантажний транспортувальник одного рулону моделей В, А, L, E, Biggy VBI-20NS і VBI-20 H, фірма Vale Shunter – на 5 рулонів довжиною 1,2 м або 4 рулони довжиною 1,5...1,8 м, фірма Traileyre Systems – на 4, 5 і 8 рулони [2]. Огляд досліджень показує, що використання технологій заготівлі сіна в тюках і рулонах великих розмірів і маси має суспільних переваги в порівнянні з технологіями заготівлі сіна в розсипному вигляді і в пресованому вигляді в тюки і рулони малих розмірів і маси:

1) висока продуктивність навантажувачів і транспортних засобів; близькою до стандартної 17% з допустимим відхиленням не більше 3-5%, що не завжди можливо виконати через часто змінюються погодні умови [3];

2) у разі відсутності можливості забезпечення необхідної вологості сіна шляхом ворошіння, впусування і валкування спеціальними машинами, забезпеченість господарств якими вельми низька, потрібно використання дорогих консервантів [4];

3) низька забезпеченість господарств спеціальними подрібнювачами і розмотувальник тюків і рулонів [5];

4) низький ступінь реалізації приватним подвір'ях [6].

У зв'язку з цим, в господарствах Київської області в більшій мірі використовуються прес-підбирачі, формують рулони масою до 250 кг.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На наш погляд, ефективність впровадження нової або модернізованої техніки недостатньо оцінювати лише з економічної точки зору, оскільки, як зазначалося в роботі [7] ефективність будь-якого технологічного процесу або впровадження нової техніки оцінюється ступенем відповідності реального результату $y(u)$ необхідному $u_{тр}$.

Для опису цього пропонується використовувати числову функцію відповідності результату безлічі операцій [8]. Це формально можна записати в такий спосіб:

$$\rho = \rho(y(u), u_{тр}). \quad (1)$$

В даному випадку функція відповідності, виражена в числовому вигляді, приймається як приватний показник ефективності даного процесу [9]. Вона повинна бути змістовною, інтерпретується і вимірної [10].

Крім того, оскільки ефективність розглянутого в даній роботі процесу транспортування рулонів сіна передбачається оцінювати декількома приватними показниками, які залежать від безлічі факторів, які, як правило, носять випадковий характер, і визначають в кінцевому підсумку результат процесу транспортування рулонів сіна $y(u)$, то $y(u)$ – випадкова функція.

Тоді, відповідно до положень роботи [11] математичне очікування даної числової функції є показником ефективності транспортування рулонів сіна

$$\Pi(i) = m [\rho(y(u), u_{тр})], \quad (2)$$

Оцінка ефективності транспортування рулонів сіна може бути здійснена з урахуванням як одиничних (приватних) показників ефективності, так узагальнюючих показників і комплексного критерію.

Одиничні (частинні) та узагальнюючі показники ефективності визначаються на різних рівнях, можуть перебувати в складному взаємозв'язку.

Крім того, в роботах [12, 13] показано, що показники ефективності відносяться до векторних величин $\Pi(i)$, $i = 1, m$.

Тому показник

$$\Pi_i(i) = m [\rho_i(y_i(u), u_{ітр})], \quad i = 1, m \quad (3)$$

Функція агрегування може бути:

- адитивною

$$\varphi(W) = \sum_{i=1}^m \gamma_i W_i$$

- мультиплікативною

$$\varphi(W) = \prod_{i=1}^m W_i^{\gamma_i}$$

- агрегуючою

$$\varphi(W) = \min_i \left\{ \frac{W_i}{\gamma_i} \right\}$$

- степеневую

$$\varphi(W) = \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m W_i^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

де γ_i – коефіцієнт відносної важливості розглянутого одиничного (приватного) показника W_i , m – число приватних показників ефективності; p – показник, що відображає допустиму ступінь компенсації малих значень одних рівноцінних показників великими значеннями інших показників.

Агрегированную функцію у вигляді адитивної використовувати для оцінки ефективності транспортування рулонів сіна не можемо, так як в нашому випадку не прийнятна компенсація абсолютного зменшення одного з одиничних показників сумарним абсолютним збільшенням інших через використання неоднорідних одиничних (приватних) показників [14].

У нашому випадку застосовним видом функції агрегування може бути функція, що представляє собою відношення твори одиничних (приватних) показників, значення яких необхідно збільшувати в процесі впровадження нових машин або технологій, до твору одиничних (приватних) показників, значення яких необхідно зменшувати:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} W_i}{\prod_{i=m_1+1}^{m_i} W_i}$$

Таким чином, для оцінки ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах слід використовувати функцію агрегування, що враховує сукупність одиничних (частинних) показників.

Формулювання мети досліджень

Метою дослідження є методичне обґрунтування покращення експлуатаційних показників транспортних засобів категорії N при транспортуванні сіна в рулонах.

Методичний підхід в проведенні досліджень

З метою оцінки рівня ефективності використання машин по транспортуванні грубого корму в рулонах спочатку встановили основної принцип, що визначає загальний підхід для досягнення поставленої мети – комплексна оцінка рівня ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах повинна ґрунтуватися на результатах оцінки одиничних (приватних) показників.

З огляду на сформульований принцип, необхідно, по-перше, вибрати фактори, що впливають на ефективність використання машин з транспортування грубого корму в рулонах, дати їх аналіз, по-друге, вибрати сукупність одиничних (приватних) показників, що дають можливість виконати диференціальну оцінку ефективності за результатами Експериментальні досліджень, по-третє, використовуючи сукупність обраних одиничних (приватних) показників ефективності та можливі форми когось комплексний критерій ефективності, а також мета дослідження вибрати комплексний критерій ефективності використання машин по транспортування грубого корму в рулонах і розрахувати його значення, по-четверте, дати аналіз ефективності використання машин з транспортування грубо-го корму в рулонах, на підставі якого запропонувати технічні або (і) технологічні рішення по підвищенню ефективності збирання сіна. Подальші теоретичні та експериментальні дослідження передбачають виконання всіх представлених на схемі (рис. 1) етапів оцінки ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах.

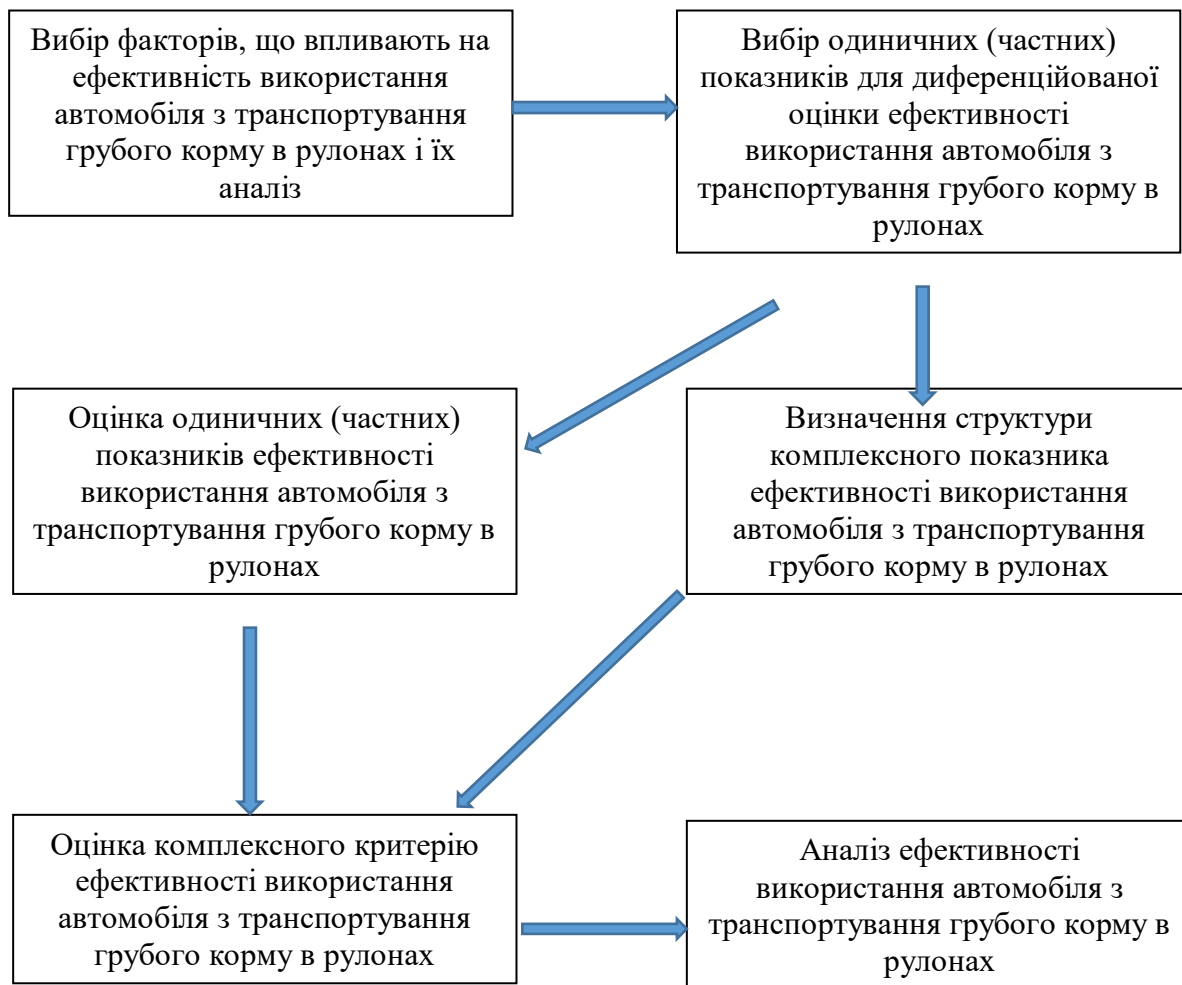


Рис. 1. Схема оцінки ефективності використання автомобіля з транспортування грубого корму в рулонах.

На ефективність використання машин з транспортування сіна в рулонах впливає сукупність різних факторів (рис. 2). Всі фактори можна поділити на дві основні групи: конструктивно-технологічні і експлуатаційно-організаційні.

Конструктивно-технологічні чинники залежать, перш за все, від конструктивних особливостей транспортного засобу: вантажопідйомності і можливості її використання, обсягу кузова і можливості його зраді-ня, швидкісних можливостей, маневреності, прохідності по різних видах доріг, стійкості до перекидання, конструктивних особливостей вивантажного пристрої (самоскидну або з використанням додаткових коштів), технічної та технологічної надійності транспортного засобу, можливості транспортування рулонів сіна, збереження форми рулонів, їх обов'язки і інших чинників.

Експлуатаційно-організаційні чинники визначаються показниками використання транспортних засобів в заданих умовах, що залежать від кваліфікації обслуговуючого персоналу, середньої швидкості транспортування, величина якої визначається як характеристиками потужності і швидкісними можливостями самохідного транспортного засобу або тягача транспортного засобу, так і кваліфікацією водія, станом доріг. Крім того, до цієї групи факторів можна віднести середня відстань перевезення рулонів, яке визначається, зокрема, розмірами господарства і відстанях до

місця реалізації, стан доріг як ґрунтових, так і з твердим покриттям, частка шляху, що відноситься до транспортування рулонів по дорогах з твердим покриттям і до переїздів по полю, форма організації роботи (індивідуальна, ланкова, бригадна), навантаження на один транспортний засіб, що залежить від обсягу перевезень і кількості транспортних засобів різної вантажопідйомності і обсягу кузова, потоковість збирально-транспортно-розвантажувальних робіт, залежна від якості роботи персоналу, що управляє щодо забезпечення узгодженої роботи всіх ланок, що виконують технологічний процес і інші.

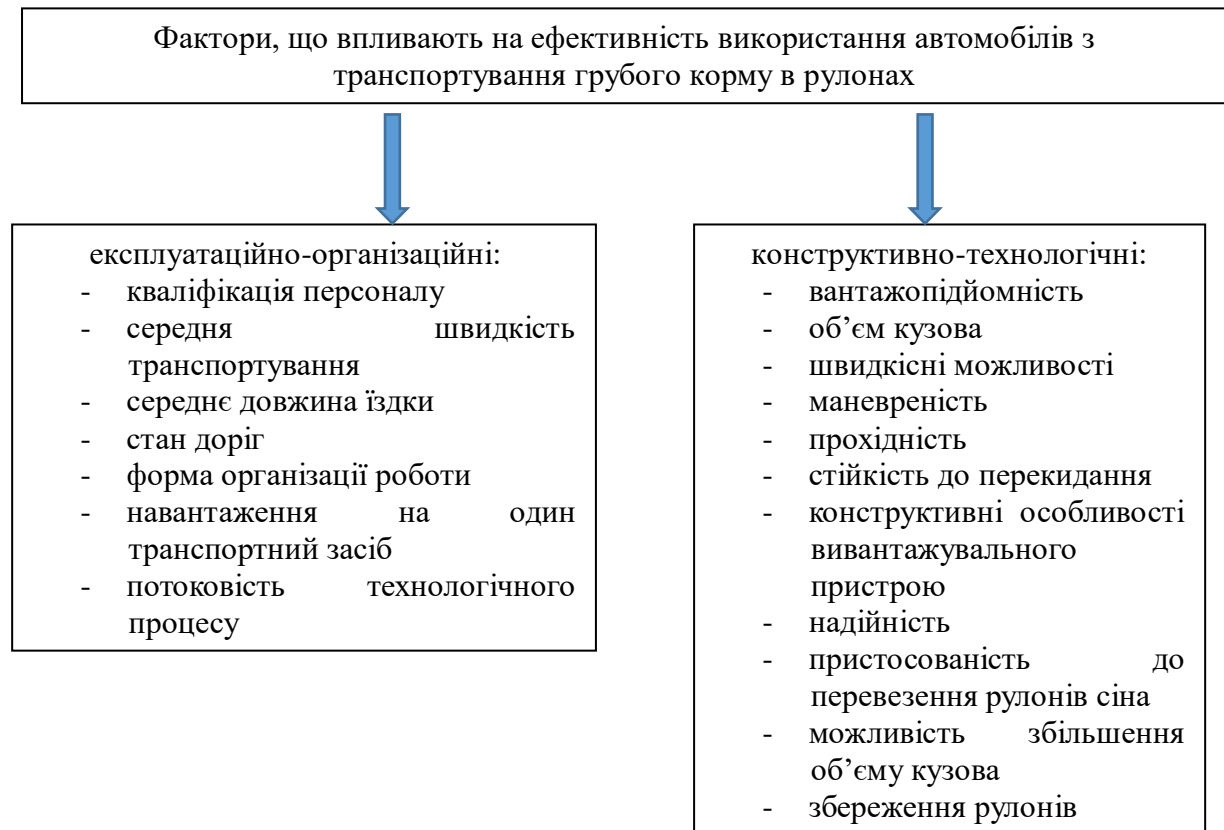


Рис. 2. Фактори, що впливають на ефективність використання машин з транспортування грубого корму в рулонах.

Таким чином, для оцінки рівня ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах необхідно враховувати вплив як окремих факторів, так і їх сукупності, на поодинокі (приватні) показники і на комплексний критерій ефективності. Розглянемо, наприклад, вплив одного з найважливіших чинників - відстань від місця збирання сіна та формування рулонів до місця їх вивантаження, на показники застосування автотранспортних засобів при перевезенні сіна або соломи в рулонах в господарствах незалежно від їх форми власності.

Результати досліджень

Вивантаження рулонів може здійснюватися або на місці їх зберігання в господарстві, або місці їх реалізації. У даній роботі розглянемо перший випадок, коли рулони перевозяться автотранспортом до місця їх зберігання в господарстві.

Обраний фактор, як випливає з огляду наукових досліджень, впливає на продуктивність транспортних засобів і питомі витрати, в тому числі і грошові, пов'язані з транспортуванням рулонів сіна.

Продуктивність транспортних засобів за підсумковим показником – обсягом Q перевезень в t за 1 год часу циклу визначається за формулою:

$$W_{\text{тр}} = \frac{q_n \gamma}{t_{\text{ц}}}$$

де q_n – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т,

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності (при транспортуванні рулонів сіна або соломи $\gamma = 1$ при використанні спеціальної вантажної платформи [12]);

$t_{\text{ц}}$ – тривалість циклу, год.

Продуктивність прес-підбирача по площі в га за 1 год змінного часу визначається за формулою

$$W_{\text{п-п}} = 0,1 B_p v_p \tau$$

де B_p – робоча ширина захвату косарки при скошуванні сіна, м;

v_p – робоча швидкість прес-підбирача, км/год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни;

Знаючи врожайність культури (Y) і продуктивність прес-підбирача за площею ($W_{\text{п-п}}$), визначимо продуктивність прес-підбирача по масі сформованого сіна в рулони:

$$W_{\text{пр-п}} = W_{\text{п-п}} Y.$$

Припустимо, що в ланці з прибирання сіна використовуються $n_{\text{пр-п}}$ прес-підбирачів однієї марки, а в транспортному – $n_{\text{тр}}$ автомобілів однакової вантажопідйомності. Тоді, для забезпечення потоковості процесу збирання сіна на етапі «підбір сіна з формуванням рулонів - транспортування рулонів з поля до місця вивантаження», необхідно дотримуватися рівність сумарної годинної продуктивності всіх прес-підбирачів ланки і всіх транспортних засобів:

$$W_{\text{пр-п}} n_{\text{пр-п}} = W_{\text{тр}} n_{\text{тр}}$$

$$0,1 B_p v_p \tau Y n_{\text{пр-п}} = \frac{q_n \gamma}{t_{\text{ц}}} n_{\text{тр}}$$

Отримуємо формулу для розрахунку довжини їздки автомобіля:

$$l_r = \frac{q_n v_{\text{г-х}}}{2} \left[\frac{\gamma n_{\text{тр}}}{0,1 B_p v_p \tau Y n_{\text{пр-п}}} - \frac{2}{W_{\text{п-п}}} \right]$$

Ефективність використання машин з транспортування сіна в рулонах
 Ефективність використання машин з транспортування сіна в рулонах можливо оцінювати за сукупністю одиничних (приватних) показників, визначення значень яких є метою диференційованого методу. Даний метод полягає в зіставленні значень одиничних (приватних) показників ефективності використання машин з транспортування грубих кормів в рулонах з аналогічними показниками, найкращими, прийнятними для порівняння.

При виборі одиничних (частинних) показників ефективності використання автомобілів з транспортування грубого корму в рулонах до них пред'являють такі вимоги:

1. Важливість кожного показника в сукупності показників. При цьому слід вибрати і надалі використовувати найбільш суттєві показники, тобто ті, які в більшій мірі впливають на рівень транспортування грубого корму в рулонах.

2. Оцінку одиничних (частинних) показників ефективності слід вести з урахуванням досягнутого рівня відповідних показників.

3. Враховувати можливість підвищення значень одиничних (частинних) показників шляхом різних заходів, в тому числі технічних, як на стадії розробки проекту технологічного процесу, так і на стадії його реалізації.

4. Можливість розширення сфери використання обраних показників на аналогічні технологічні сільськогосподарські процеси.

5. Стрункість структури. Всі одиничні (частинні) показники повинні бути однорідними в даній групі показників, не допускати їх якісно-ного повторення при оцінці ефективності транспортування грубого корму в рулонах і використання зайвих показників.

6. Сумісність одиничних (частинних) показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах з деякими показниками якості технологічного процесу.

7. Можливість оцінки одиничних (частинних) показників ефективності і перевірки результатів оцінки при повторних дослідженнях.

8. Можливість практичного застосування.

З урахуванням зазначених вимог визначається склад і структура одиничних (частинних) показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах.

При виборі сукупності одиничних показників, які відповідали б цілям практичної оцінки ефективності транспортування грубого корму в рулонах, використовувався відомий метод експертних оцінок. Він дозволив врахувати як якісний характер оцінюваних показників, так і професійний і науковий досвід фахівців з прибирання грубих кормів.

В експертизі брали участь інженери, агрономи і економісти, які пов'язані з проблемою прибирання сіна, формування рулонів і транспортування їх до місця зберігання або реалізації.

Всі експерти були розділені на групи, але кожна група формувалась з осіб різних спеціальностей. Кожна група експертів виконувала інтуїтивно-логічний аналіз питань, поставлених перед ними.

Мета експертизи – отримання корисної інформації, що дозволяє ка-кількісний судити про вплив обраних одиничних (частинних) показників на ефективність транспортування грубого корму в рулонах.

Попереднє опитування експертів – фахівців в області збирання сільськогосподарських культур, в основному, сіна, з безлічі можливих показників, що впливають на ефективність використання машин з транспортування грубого корму в рулонах обрано такі приватні показники: продуктивність транспортного засобу; собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр; використання вантажопідйомності транспортного засобу; трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу; металоємність транспортного засобу, яка припадає на один рулон сіна при перевезенні його на один кілометр – питома металоємність транспортного засобу; пошкоджуваність рулонів; втрати сіна.

Однак подальший аналіз перерахованих вище показників показав, що при виборі в якості одиничних (частинних) показників виробника транспортного засобу і використання його вантажопідйомності відходить якісне повторення цих показників, тому що вони взаємозалежні.

Продуктивність транспортного засобу – найважливіший показник його використання. Але при цьому даний показник залежить від вантажопідйомності транспортного засобу і коефіцієнта використання вантажопідйомності. Крім того, застосування зайвих показників при оцінці ефективності будь-якого технологічного процесу не припустимо.

Крім того, застосування зайвих показників при оцінці ефективності будь-якого технологічного процесу не припустимо.

З огляду на можливість оцінки коефіцієнта використання вантажопідйомності транспортного засобу та перевірки результатів його оцінки при повторних дослідженнях, прийшли до висновку застосовувати вказаний показник в якості одиничного (приватного) показника ефективності.

Як відомо, продуктивність транспортного засобу необхідно збільшувати з метою мінімізації собівартості транспортних операцій. При цьому слід враховувати обмеження щодо використання вантажопідйомності. Коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу не повинен перевищувати одиниці.

При виборі бажаного значення даного коефіцієнта слід враховувати, що обмежувальними факторами є максимально можливі (за вимогами правил дорожнього руху) габаритні розміри, можливість втрати керованості і перекидання транспортного засобу.

У зв'язку з тим, що максимально допустима швидкість руху транспортного засобу, що визначається типом дороги і неприпустимістю випадання рулонів сіна з кузова при русі машини, то можна припустити, що втрат рулонів сіна при їх доставці до місця зберігання або до місця реалізації не буде.

Дане припущення підтвердив аналіз багаторічних спостережень за транспортуванням рулонів сіна. Втрати рулонів зафіксовані в одиничних випадках, в основному, при доставці їх з поля до місця зберігання, коли вони не закріплені і транспортний засіб перевантажено. Втрат рулонів сіна до місця їх реалізації не спостерігалось.

У зв'язку з цим, як одиничного (приватного) показника втрати сіна надалі розглядати не будемо.

Таким чином, обрані наступні одиничні (приватні) показники ефективності транспортування грубого корму в рулонах з урахуванням їх ранжирування:

- 1) собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр, С, грн. / км · рул.;
- 2) використання вантажопідйомності транспортного засобу, γ ;
- 3) трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу, Т, чол. · год;
- 4) питома металоємність транспортного засобу, $M_{\text{пит}}$, кг / км · рул.;
- 5) пошкодзованість рулонів, П, %.

Результати інформації, отриманої від експертів, були оброблені. При цьому використовувався відповідний математичний апарат. При оцінці показників, що характеризують транспортування рулонів сіна, експерти виконували «вимір» важливості всіх одиничних (приватних) показників. Потім виконувалася аналіз отриманої від експертів інформації, і її обробка. Після чого проводилося узгодження думок окремих експертів і формувалося колективна думка.

Експертна оцінка важливості одиничних (приватних) показників ефективності включала такі основні етапи:

- 1) обґрунтування мети і завдань дослідження;
- 2) розробка методики отримання вихідної інформації;
- 3) вибір методів обробки вихідної інформації;
- 4) формування груп експертів;
- 5) підготовка анкет для опитування експертів;
- 6) опитування експертів;
- 7) обробка отриманих результатів;
- 8) аналіз отриманих результатів експертизи;
- 9) інтерпретація результатів.

При ранжируванні одиничних (частинних) показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах всі експерти мали оцінювані показники в порядку їх зростання по їх переваги з точки зору експерта і приписували кожному одиничному (частинному) показником ранги у вигляді натуральних чисел. Нами використовувалося пряме ранжування показників, відповідно до якого більш кращий

показник мав ранг 1, а менш краший – ранг m .

Потім здійснювалася обробка переваг кожного експерта і аналіз рангів одиничних (приватних) показників, після чого визначалося перевагу групи експертів по відношенню до досліджуваних одиничним (приватним) показниками.

В результаті прямого ранжирування одиничних (приватних) показників ефективності транспортування грубого корму в рулонах було отримано розподіл розглянутих за важливістю. При цьому враховували результати ранжування одиничних (приватних) показників тих експертів, думки яких були незалежними.

Розраховувалися коефіцієнти рангової кореляції ρ Спірмена, за значеннями яких оцінювалася незалежність думок експертів:

$$\rho = 1 - \frac{6}{m(m^2 - 1)} \sum_{i=1}^m (r_{1i} - r_{2i})^2,$$

де m – число показників; r_{1i} і r_{2i} – ранг, віднесений відповідно першим і другим експертом до i -того показника.

Значення коефіцієнтів ρ змінюються від -1 до +1. Якщо $\rho = +1$, то ранжування однакові, якщо $\rho = -1$ – протилежні, при $\rho = 0$ ранжування лінійно не корельовані.

$$\alpha = \{Sp < S\alpha / m\} = P\{Sp \geq S_{\max} - S\alpha / m\}.$$

Значення S_{\max} і S_{\min} табличні. Чим більша ймовірність P на прийнятому 5%, тобто $\alpha = 0,05$ рівні значущості, тим вірніше гіпотеза про незалежність думок експертів.

Моделювання показали, що для всіх варіантів $\alpha_i > \alpha = 0,05$. Групова думка експертів, отримане за результатами індивідуальних переваг, оцінювалося за середнім значенням коефіцієнтів Спірмена:

$$\rho = 2 \sum \rho_i / n(n - 1).$$

Визначено, що $\rho = 0,818$. Застосувавши метод відносних частот, були визначені коефіцієнти важливості кожного одиничного (приватного) показника ефективності транспортування грубого корму в рулонах:

$$\alpha_i = \sum_{l=1}^n r_j^l / \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^m r_j^l,$$

де r_j^l – ранг, присвоєний j -му одиничного (окремого) показника l – m експертом.

При цьому слід враховувати, що найкращий показник буде мати ранг $(m - 1)$, а найгірший – ранг 0, а також, що $\sum \alpha_i = 1$.

Таким чином, оцінку ефективності використання машин з транспортування сіна в рулонах пропонується виконувати як диференційовано, тобто по кожному окремому одиничного показника, так і комплексно, тобто по їх сукупності, сформованих в комплексний критерій з урахуванням важливості кожного одиничного показника ефективності. З огляду на можливість оцінки коефіцієнта використання вантажно-підйомності транспортного засобу та перевірки результатів його оцінки при повторних дослідженнях, прийшли до висновку застосовувати вказаний показник як одиничного (частинного) показника ефективності.

Оцінку ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах пропонується здійснювати з використанням комплексного критерію, що враховує відповідність фактичних значень сукупності одиничних (частинних) показників найкращим, або ідеальним, або бажаним.

З огляду на результати теоретичних і експериментальних досліджень запропоновані етапи оцінки ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах:

- аналіз сукупності факторів, що впливають на ефективність використання

машин з транспортування грубого корму в рулонах;

- вибір сукупності факторів найбільш значущих, що визначаються за результатами експериментальних досліджень і математичної обробки цих результатів;
- обґрунтування одиничних (частинних) показників ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах, їх ранжування за важливістю;
- попередня оцінка ступеня впливу одиничних (частинних) показників на ефективність використання машин з транспортування грубого корму в рулонах;
- експериментальні дослідження з оцінки найважливіших одиничних (частинних) показників;
- вибір бажаних і визначення найкращих значень одиничних (частинних) показників ефективності;
- обґрунтування комплексного критерію ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах, що включає всі вибрані одиничні (частинні) показники ефективності і їх відносну важливість;
- розрахунок комплексного критерію ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах і аналіз результатів виконаного розрахунку;
- розробка практичних рекомендацій як технічних, так технологічних і організаційних, щодо підвищення ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах.

При оцінці ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах найбільш прийнятним видом функції агрегування, як показав огляд досліджень, може бути функція відносини одних одиничних (частинних) показників до інших. Із залежності слід:

- 1) чисельник функції агрегування являє собою цільовий ефект, а знаменник - витрати для досягнення даного цільового ефекту;
- 2) функція агрегування є векторною величиною;
- 3) використання даної функції агрегування можливе за умови однорідності приватних показників першої та другої груп.

Отже, продуктивність транспортного засобу необхідно збільшувати з метою мінімізації собівартості транспортних операцій. При цьому слід враховувати обмеження по використанню вантажопідйомності. Коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу не повинен перевищувати одиниці. При виборі бажаного значення даного коефіцієнта слід врахувати, що обмежувальними факторами є максимально можливі, за вимогами правил дорожнього руху, габаритні розміри, можливість втрати керованості і перекидання транспортного засобу. Тоді функція агрегування має вид:

$$\varphi(W) = \frac{K_y}{K_c K_T K_M K_P}$$

Таким чином, отримано математичний вираз комплексного критерію ефективності використання машин з транспортування грубого корму в рулонах.

Висновки

1. Розроблено схему поетапної оцінки ефективності використання машин на транспортуванні грубого корму в рулонах.
2. Запропоновано класифікацію факторів, що впливають на ефективність використання машин на транспортуванні грубого корму в рулонах, по двом групам: конструктивно-технологічним і експлуатаційно-організаційним.
3. Обґрунтовано одиничні (частинні) показники ефективності експлуатації автомобілів на транспортуванні грубого корму в рулонах. До них віднесені:

собівартість транспортування одного рулону сіна на відстань один кілометр, використання вантажопідйомності транспортного засобу, трудомісткість розвантаження одного рулону сіна з транспортного засобу, питома металоємність транспортного засобу і пошкоджувальність рулонів.

4. Розроблено на основі обраної функції агрегування когось комплексний критерій оцінки ефективності використання машин по транспортування грубого корму в рулонах, що враховує сукупність обраних одиничних (частинних) показників і їх відносну значимість.

Список використаних джерел

1. Parmenter, D. Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2015.
2. Çemberci, M.; Civelek, M.E.; Canbolat, N. The moderator effect of global competitiveness index on dimensions of logistics performance index. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2015, 195, 1514–1524.
3. Podgórski, D. Measuring operational performance of osh management system—a demonstration of ahp-based selection of leading key performance indicators. *Saf. Sci.* 2015, 73, 146–166.
4. Stević, Ž. Izbor i merenje ključnih indikatora performansi u skladišnom sistemu. In *Proceedings of the Internacionalni Naučni Skup SM 2015 Strategijski Menadžment i Sistemi Podrške Odlučivanju u Strategijskom Menadžmentu*, Subotica-Palić, Serbia, 21 May 2015; pp. 931–938.
5. Riste, R.; Slobodan, O.; Zlatko, Z.; Vasko, G.; Ivona, N.; Vlatka, K. Road safety inspection in the function of determining unsafe road locations. In *Proceedings of the 9th International Conference “Civil Engineering—Science and Practice”*, Kolašin, Montenegro, 5–9 March 2024.
6. Banjanin, M.K.; Bjelošević, R.; Vasiljević, M.; Stojčić, M.; Đukić, A. The Method of the Research Loop of Teletraffic in the Structure of the System of Public Urban Passenger Transport. In *Proceedings of the XIX International Symposium New Horizons 2023 of Transport and Communication*, Dobož, Bosnia and Herzegovina, 24–25 November 2023; pp. 4–15.
7. Andjelković, D.; Antić, B.; Lipovac, K.; Tanackov, I. Identification of hotspots on roads using continual variance analysis. *Transport* 2018, 33, 478–488.
8. Banjanin, M.K.; Stojčić, M.; Danilović, D.; Čurguz, Z.; Vasiljević, M.; Puzić, G. Classification and Prediction of Sustainable Quality of Experience of Telecommunication Service Users Using Machine Learning Models. *Sustainability* 2022, 14, 17053.
9. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., & Lysenko, S. Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington’s desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024, 1(3 (127)), 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.
10. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3 (5 (105)). P. 19–29. doi: 10.15587/1729-4061.2020.206073.
11. Aulin V., Hrynkiv A., Lysenko S., Rohovskii I., Chernovol M., Lyashuk O., Zamota T. Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1.

№ 1/6 (97). P. 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156150>.

12. Rogovskii, I., Lyubarets, B., Borek, K. Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*, 2022, 13(1), pp. 67–76

13. Rogovskii, I.L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*, 2021, 12(1), pp. 137–146.

14. Rogovskii, I.L. Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*, 2021, 12(2), pp. 123–131.

References

1. Parmenter, D. (2015). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2015.

2. Çemberci, M.; Civelek, M.E.; Canbolat, N. (2015). The moderator effect of global competitiveness index on dimensions of logistics performance index. *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 195, 1514–1524.

3. Podgórski, D. (2015). Measuring operational performance of osh management system-a demonstration of ahp-based selection of leading key performance indicators. *Saf. Sci.*, 73, 146–166.

4. Stević, Ž. (2015). Izbor i merenje ključnih indikatora performansi u skladišnom sistemu. In *Proceedings of the Internacionalni Naučni Skup SM 2015 Strategijski Menadžment i Sistemi Podrške Odlučivanju u Strategijskom Menadžmentu*, Subotica-Palić, Serbia, 21 May 2015; pp. 931–938.

5. Riste, R.; Slobodan, O.; Zlatko, Z.; Vasko, G.; Ivona, N.; Vlatka, K. (2024). Road safety inspection in the function of determining unsafe road locations. In *Proceedings of the 9th International Conference “Civil Engineering–Science and Practice”*, Kolašin, Montenegro, 5–9 March 2024.

6. Banjanin, M.K.; Bjelošević, R.; Vasiljević, M.; Stojčić, M.; Đukić, A. (2023). The Method of the Research Loop of Teletraffic in the Structure of the System of Public Urban Passenger Transport. In *Proceedings of the XIX International Symposium New Horizons 2023 of Transport and Communication*, Doboj, Bosnia and Herzegovina, 24–25 November; pp. 4–15.

7. Andjelković, D.; Antić, B.; Lipovac, K.; Tanackov, I. (2018). Identification of hotspots on roads using continual variance analysis. *Transport*, 33, 478–488.

8. Banjanin, M.K.; Stojčić, M.; Danilović, D.; Ćurguz, Z.; Vasiljević, M.; Puzić, G. (2022). Classification and Prediction of Sustainable Quality of Experience of Telecommunication Service Users Using Machine Learning Models. *Sustainability*, 14, 17053.

9. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., & Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(3 (127)), 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.

10. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. (2020). Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3 (5 (105)). P. 19–29. doi: 10.15587/1729-4061.2020.206073.

11. Aulin V., Hrynkiv A., Lysenko S., Rohovskii I., Chernovol M., Lyashuk O.,

Zamota T. (2019). Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 1. № 1/6 (97). P. 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156150>.

12. Rogovskii, I., Lyubarets, B., Borek, K. (2022). Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*, 2022, 13(1), pp. 67–76.

13. Rogovskii, I.L.(2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*, 12(1), pp. 137–146.

14. Rogovskii, I.L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*, 12(2), pp. 123–131.