

УДК 62-19:519.8

DOI 10.36910/775.24153966.2022.73.32

О.О. Налобіна¹, О.З. Бундза¹, М.В. Голотюк¹, В.С. Пуць², В.Л. Мартинюк²*Національний університет водного господарства та природокористування¹
Луцький національний технічний університет²***КОНЦЕПТУАЛЬНЕ КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМУНАЛЬНИХ МАШИН**

У статті викладено результати дослідження сукупності часткових показників, якими можна оцінити ефективність використання комунальних прибиральних машин із щітковим робочим органом; представлено функціональну схему формування узагальненого критерію ефективності та отримано математичний вираз для його визначення.

Ключові слова: критерій, показники, комунальна машина, ефективність використання

Е.А. Налобина, О.З. Бундза, Н.В. Голотюк, В.С. Пуць, В.Л. Мартинюк**КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМУНАЛЬНЫХ МАШИН**

В статье изложены результаты исследования совокупности частичных показателей, которыми можно оценить эффективность использования коммунальных уборочных машин со щеточным рабочим органом; представлено функциональную схему формирования обобщённого критерия эффективности и получено математическое выражение для его расчёта.

Ключевые слова: критерий, показатели, коммунальная машина, эффективность использования.

O.O. Nalobina, O.Z. Bundza, M.V. Holotiuk, V.S. Puts, V.L. Martyniuk**CONCEPTUAL COMPREHENSIVE EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF MUNICIPAL MACHINES**

The results of a preliminary analysis of current research of use of municipal vehicles, allowed to establish that in order to ensure the efficiency and to evaluate different options for organizing the working process we need an indicator by the numerical value of which it's possible to conclude how effective the result or decision is. This indicator is called the criterion of efficiency.

The article presents the results of a conceptual study of a set of technical - economic and qualitative indicators that reflect the main aspects of the operation of municipal vehicles designed for cleaning roads and territory, taking into account the characteristics of the external environment. During research the algorithm of complex estimation of efficiency of use of municipal cars is offered. A functional diagram is proposed for visual perception of the sequence of formation of a complex efficiency indicator.

Key words: criterion, indicators, municipal machine, efficiency of use.

Постановка проблеми. Комунально-дорожня техніка має значний попит, розвивається в різних напрямках, постійно удосконалюється й представляє інтерес для машинобудівних підприємств. Зокрема в Україні відомими виробниками даної техніки є: «Альфатекс», «ГлобусАвто», ПМК «Спецмаш», Тов «Білоцерківський механічний завод», «ВІВА».

Згідно прийнятої класифікації [1] комунально-дорожні машини поділяють за призначенням, за типом робочого обладнання та за типом робіт, які вони виконують.

Зростання протяжності доріг, а також зростання вимог до якості їхнього обслуговування, зокрема очищення, привело до того, що дорожні роботи й техніка для їхнього проведення є об'єктом підвищеної уваги як виробничників так й науковців.

Для обслуговування доріг і міських територій використовують підмітальні машини, підмітально-збиральні машини, вакуумно-підмітальні й вакуумно-збиральні машини.

Робочим органом підмітальної машини є циліндрична або конічна щітка які відділяють бруд і переміщують його вбік від переміщення машини. Бруд і сміття такі машини не збирають. Застосовують їх, в основному, для прибирання замських доріг, міських дворів.

Підмітально-збиральні машини призначено для видалення бруду та сміття з території міста, з твердих дорожніх і аеродромних покриттів, збору видаленого бруду й його транспортування до сміттєзбірників.

Робоче обладнання машин – циліндричні, конічні щітки під час експлуатації зношуються, що приводить до потреби у їхній заміні. Витрати на заміну щіткового обладнання складають 25% загальних витрат на експлуатацію машини

Очищення дорожнього полотна проводять комунальні машини, в основному, з щітковими робочими органами. Ефективність роботи машин залежить від багатьох факторів. Зокрема на ефективність прибирання дорожнього покриття впливає величина плями контакту із ним щіткового обладнання. Величина плями контакту, у свою чергу, залежить від форми щітки, фізико – механічних властивостей матеріалу ворсинок, нерівностей дорожнього полотна, тощо. Пляма контакту не має постійних розмірів, що обумовлено порушенням контакту дорожнього покриття та поверхні щітки внаслідок зношення останньої [2]. Крім того, під час роботи таких машин значним чином забруднюється навколишнє середовище через створення пилу.

Застосовують також вакуумно-збиральні та вакуумно-підмітальні машини, які оснащено вакуумним підбирачем. Даний тип машин забезпечує більш якісне очищення.

Бачимо, що на ринку представлено різні моделі комунальних машин, призначених для очищення поверхонь. Господарствам складно обирати моделі машин із можливістю прогнозування ефективної їхньої експлуатації. Це потребує проведення системного оцінювання підметальних комунальних машин у декількох напрямках. По-перше, встановлення й дослідження часткових показників, які глибоко відображають основні аспекти їхньої експлуатації. По – друге, дослідження якісних показників технологічних процесів, які здійснює машина із врахуванням впливу характеристик зовнішнього середовища.

Порівняння отриманих результатів з нормативними або бажаними дасть можливість підприємствам прийняти обґрунтоване рішення щодо вибору машин базуючись на оціночних показниках їхньої роботи у різних умовах експлуатації. Метою даної роботи є формування алгоритму комплексного оцінювання ефективності використання комунальних підмітальних машин із щітковим робочим органом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані з підвищенням ефективності роботи комунальних машин, є предметом досліджень таких вчених як Баловнев В.І., Березюк О.В., Лепеша А. Г., Лепеша Г.В., Кусков М.П. та багатьох інших [1 - 7].

Зокрема, Г.В. Лепеш, А.Г. Лепеш [4] дослідили сутність процесу силової взаємодії щіткового агрегату комунальної машини з поверхнею, що підлягає очищенню. Авторами встановлено взаємозв'язки між параметрами щітки та параметрами її роботи.

Авторами також розроблено методику вибору характеристик робочого процесу щітки комунальної машини. Також виконано практичну перевірку розробленої методики та надано рекомендації щодо вибору раціональних характеристик робочого процесу [5]. Експериментальним шляхом також доведено, що для здійснення ефективного робочого процесу очищення дорожнього покриття швидкість руху комунальної машини повинна знаходитись у діапазоні 6-12 км/год. [5].

У ході досліджень встановлено, що ефективність процесу очищення поверхні дорожнього покриття залежить не лише від параметрів машини та параметрів робочого процесу, а й від величини плями контакту ворсу щітки та покриття [7]. З іншого боку дослідники розглядають у якості фактору впливу на ефективність роботи комунальної щіткової машини стан поверхні дорожнього покриття.

Зокрема Беляков В.В. [8] та інші для оцінювання взаємодії поверхні щіткового робочого органу, його зношування розглядали різні моделі поверхонь доріг. Авторами [8, 9] обґрунтовано перелік статистичних характеристик, якими можна оцінити нерівність дороги, а саме: середня ордината мікропрофілю або математичне очікування, середнє квадратичне відхилення або дисперсія, кореляційна функція і спектральна щільність.

Тетерина І.А. та ін. [9] стверджують, що ефективність процесу прибирання дорожнього покриття залежить від декількох факторів які визначаються конструкцією щітки, характеристиками волокнистого матеріалу та умовами її експлуатації, а саме швидкості взаємодії з поверхнею, яка очищується.

Лінійна та кутова швидкості щітки, а також її конструктивні параметри, як основні фактори впливу на ефективність процесу прибирання доріг, обрано також у роботі Єрмілова А.Б. [10].

Задачу підвищення ефективності процесу прибирання доріг Кусков М.П. запропонував вирішити за рахунок застосування широкого діапазону режимних параметрів [7].

Ряд авторів задачу підвищення ефективності процесу прибирання дорожнього полотна вирішували за рахунок обґрунтування нових конструктивних рішень елементів.

Постановка завдання. Метою даної роботи є формування алгоритму комплексного оцінювання ефективності використання комунальних підмітальних машин із щітковим робочим органом.

Викладання основного матеріалу. Процес прибирання дорожнього полотна характеризується впливом багатьох зовнішніх факторів на комунальну машину в цілому й на її робочі органи, зокрема. До них віднесемо: стан забруднення поверхні, характеристики забруднення (вологість, щільність, питома вага, тощо), нерівності мікрорельєфу поверхні дороги. Відносно до ефективності технологічного процесу очищення перераховані фактори за умови їхнього зростання є негативними, т. т. що призводять до зменшення якості виконання процесу.

З метою забезпечення ефективного протікання процесу та оцінювання різних варіантів організації процесу роботи комунальної машини необхідним є критерій, за числовою величиною якого можна зробити висновок про те, наскільки результат або прийняте рішення є ефективними. Цей показник називається критерієм ефективності.

З врахуванням [11] сформуємо основні вимоги до критерію.

1. Критерій повинен бути комплексним, тобто відображати вплив всіх параметрів зовнішнього і внутрішнього середовища системи, яку він оцінює.

2. Повинен залежати від структури системи.

3. Критерій повинен легко обчислюватись (оцінюватись експериментально або внаслідок обробки статистичних даних).

4. Узагальнюючий критерій не повинен формуватись із дублюванням одного й того ж самого часткового фактора впливу, так як це не правомірно підніме його вагомість і негативно вплине на формування напрямків зростання ефективності процесу, який підлягає оцінюванню.

Враховуючи вище означене, робимо припущення, що основний принцип комплексного оцінювання ефективності комунальної підмітальної машини має базуватись на результатах значень сукупності часткових показників.

Розглянемо фактори, які впливають на ефективність використання комунальної підмітальної машини ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_k; y_1, y_2, y_3, \dots, y_n; z_1, z_2, z_3, \dots, z_m$). Це дасть можливість обрати часткові показники ефективності Y_i , оцінити їхню вагомість та сформувати функцію агрегування.

Далі шляхом опрацювання результатів експериментальних досліджень роботи комунальних підмітальних машин (певного типу) або на підставі експертного оцінювання часткових показників ефективності здійснимо розрахунок узагальненого критерію $K_{узг}$.

Для наочного представлення взаємозв'язків факторів, які впливають на часткові показники ефективності використання комунальної підмітальної машини, з узагальненим критерієм ефективності використання сформуємо функціональну схему. (рис. 1).

Прибирання доріг є доволі складним технологічним процесом, результат якого багато в чому залежить від ефективності застосування технічних засобів. Оцінити ефективність машини можна лише через сукупність кількісних, а також якісних показників. Ефективність використання комунальної прибиральної машини, як ми побачили вище, можна оцінити певним переліком часткових показників. Це дає нам можливість застосувати диференціальний метод, який полягає у порівнянні рекомендованих значень часткових показників із фактично отриманими їхніми значеннями за певних умов. Вибір часткових показників оцінювання ефективності використання комунальних прибиральних машин ми проводили з урахуванням рекомендацій, наданих у [12] щодо часткових критеріїв ефективності використання технічних систем:

- частковий показник має мати певну важливість і під час формування комплексного показника до його складу необхідно ввести лише найбільш важливі часткові;

- часткові показники ефективності повинні бути однорідними в групі показників, без якісного повтору;

- повинна бути забезпечена можливість перевірки часткових показників ефективності;

- всі часткові показники повинні бути сумісні з показниками якості технологічного процесу.

Всі часткові показники ефективності використання комунальних прибиральних машин являють собою сукупність показників якості роботи машини та техніко-економічних показників. Вибір показників базувався на рекомендаціях експертів.

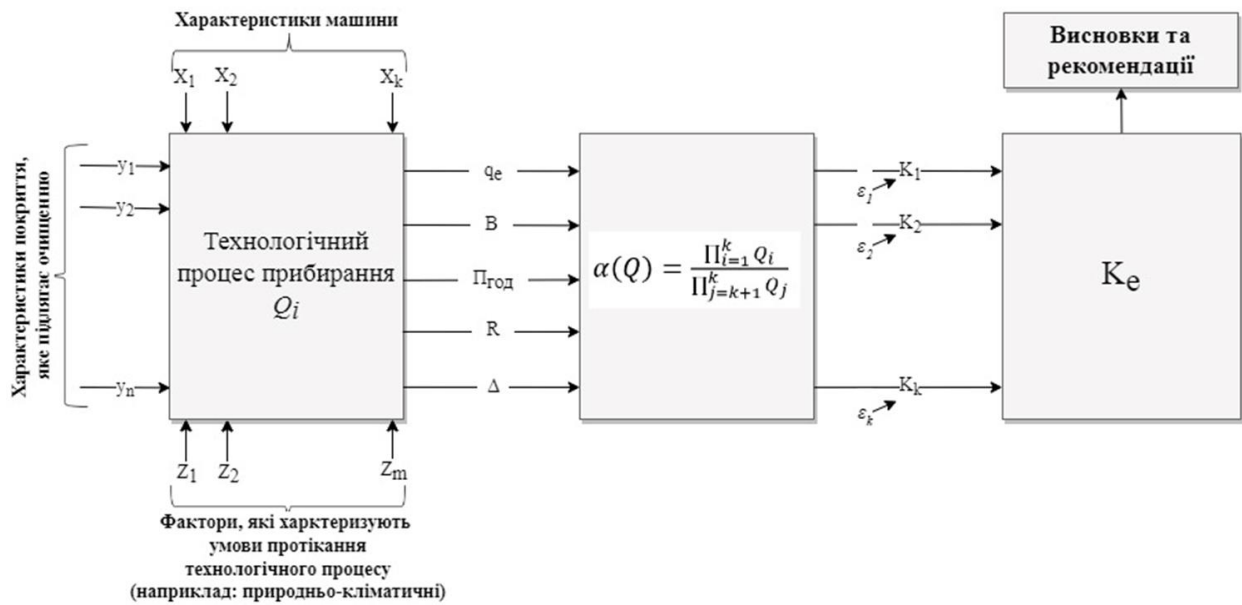


Рис 1. Схема формування узагальненого критерію ефективності використання комунальних машин із щітковим робочим органом

Мета проведеної експертизи - отримання інформації щодо впливу обраних часткових показників на ефективність використання комунальних прибиральних машин (розглядаємо машини з щітковим робочим органом). З попередньо сформованої множини часткових техніко – економічних показників роботи було обрано наступні показники:

- експлуатаційна витрата палива q_e , кг/м²;
- продуктивність виконання робіт $\Pi_{год}$, м²/год;
- витрати на технічне обслуговування і ремонт елементів щіткового робочого обладнання B , грн.;
- собівартість прибирання фіксованої одиниці площі дороги (території міської).

З показників якості роботи комунальної щіткової машини остаточно у якості часткових показників обрано наступні: радіальне зношування ворсу щітки R , мм; відносна зміна плями контакту Δ .

Аналіз часткових показників виявив, що продуктивність комунальної машини за годину основного часу та експлуатаційна витрата палива машиною взаємопов'язані з собівартістю прибирання фіксованої одиниці площі дороги (території міської), що не задовольняє вимогам до часткових показників ефективності. Враховуючи, що продуктивність комунальної машини за годину часу та експлуатаційна витрата палива можливо оцінити з високою точністю, то дані показники будемо враховувати у подальших дослідженнях, а собівартість відкидаємо. Було проведено ранжування показників ефективності використання комунальної машини. Усім частковим показникам було надано ранг у вигляді натуральних чисел від одиниці до k (k – число часткових показників ефективності).

Згідно [12] ранг 1 присвоюється найбільш впливовому показнику, а менш впливовому – ранг k . Дані, отримані внаслідок ранжування експертами часткових показників, було оброблено і визначені переваги експертів по відношенню до розглянутих часткових показників, а також розраховано коефіцієнти рангової кореляції γ .

$$\gamma = 1 - \frac{6}{k(k^2 - 1)} \sum_{i=1}^k (r_{1i} - r_{2i})^2, \quad (1)$$

де r_{1i}, r_{2i} – ранг, віднесений першим і другим експертами відповідно до i -го показника.

Далі проводили оцінювання часткових показників за коефіцієнтами відносної важливості

$$\varepsilon_i = \sum_{l=1}^n \frac{r_i^l}{\varepsilon_i} = \sum_{l=1}^n r_i^l / \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k r_i^l, \quad (2)$$

де r_i^l – ранг, який присвоєно i -му частковому показнику l експертом m .

Найкращий показник матиме ранг $(m - 1)$, найгірший – відповідно «0».

Аналіз досліджень функціонування й оцінювання ефективності технічних систем [13 -16] виявив, що найбільш часто для формування узагальненого критерію оцінювання ефективності технічних систем використовують функцію агрегування, яка являє собою відношення часткових показників ефективності Q_i , які потребують зростання в ході виконання технологічного процесу прибирання території, до показників Q_m , які потребують зменшення

$$\alpha(Q) = \frac{\prod_{i=1}^k Q_i}{\prod_{j=k+1}^k Q_j}. \quad (2)$$

Функція (2) після приведення до скалярного виду, що дало можливість витримати викладені вище вимоги до часткових критеріїв щодо впливу їхньої розмірності на узагальнюючий критерій, ввели до (2) коефіцієнт важливості часткових показників ефективності та розділили фактичні значення прийнятих часткових показників на їхні бажані значення. При цьому отримали наступний вид функції агрегування

$$\alpha(Q) = \frac{\prod_{i=1}^k \alpha_i \frac{Q_i}{Q_i^{номп}}}{\prod_{j=k+1}^k \alpha_j \frac{Q_j}{Q_j^{номп}}}, \quad (3)$$

де

$$\begin{cases} \prod_{i=1}^k \alpha_i \frac{Q_i}{Q_i^{номп}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{k_1}, \\ \prod_{j=k+1}^k \alpha_j \frac{Q_j}{Q_j^{номп}} = K_{1+k_1} \cdot K_{2+k_1} \cdot \dots \cdot K_k. \end{cases} \quad (4)$$

З урахуванням (3), (4) функція агрегування запишеться

$$\alpha(Q) = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{k_1}}{K_{1+k_1} \cdot K_{2+k_1} \cdot \dots \cdot K_k}. \quad (5)$$

З врахуванням вище викладеного отримано узагальнений критерій ефективності використання комунальних прибиральних машин із щітковим робочим органом

$$K_e = \frac{K_B \cdot K_{\Pi_{200}}}{K_{q_e} \cdot K_R \cdot K_{\Delta}}, \quad (6)$$

де K_B , $K_{\Pi_{200}}$ – коефіцієнт, який оцінює важливість часткового показника, який з метою підвищення ефективності використання машини, бажано підвищувати;

K_{q_e} , K_R , K_{Δ} – коефіцієнти, які оцінюють важливість часткових показників, які з метою підвищення ефективності використання машини, бажано зменшувати.

Внаслідок розрахунку за залежністю (6) може бути отримано коефіцієнт $K_e > 1,0$. За таких умов практично неможливо виконати оцінку степені досягнення бажаного рівня показників ефективності використання комунальних прибиральних машин із щітковим робочим органом. Тому, доречно, використовувати відносний узагальнений коефіцієнт – відношення узагальненого коефіцієнта, обчисленого за (7) до його потрібного (максимально можливого) значення.

Враховуючи, що на роботу комунальної машини впливають й умови їхньої експлуатації, то задачу підвищення ефективності її експлуатації можна сформулювати наступним чином:

$$K_{\Pi_{200}}(x, y, z) \rightarrow \max K_e, \quad (7)$$

де x, y, z – характеристики поверхні, яка підлягає очищенню та стану машини, а також природно-кліматичних умов, що впливають на процес прибирання.

Висновки. У статті обрано фактори, які впливають на критерій ефективності використання комунальних прибиральних машин із щітковим робочим органом і які покладено в основу узагальненого критерію ефективності. Отримано вираз для визначення узагальненого критерію ефективності використання комунальних машин, який базується на обраній функції агрегування.

Також для наочного представлення взаємозв'язків факторів, які впливають на часткові показники ефективності використання комунальної підмітальної машини, з узагальненим критерієм ефективності у роботі запропоновано функціональну схему його формування.

Література

1. Баловнев В. И. Дорожно-строительные машины и комплексы. М. – Омск, 2001. – 528 с.
2. Березюк О. В. Методика инженерных расчётов параметров навесного подметального оборудования экологической машины на основе мусоровоза. Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т. 6. № 2. С. 39-45.
3. Лепеш А. Г. Функционирование и ресурс щеток коммунальной уборочной техники. // Вестник Российской академии естественных наук, 2011, вып. 15 № 4, с. 128–130.
4. Лепеш Г.В. Лепеш А.Г. Теоретические и методические основы повышения эффективности щеточных агрегатов коммунальных уборочных машин: монография. – СПб.: изд-во СПбГУСЭ, 2013. – 128 с.
5. Лепеш А.Г., Лепеш Г.В. Петренко Ю.А. Исследование влияния температуры на прочность полипропиленовой лески // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2011.-№4(18). - С. 55 – 59.
6. Куксов М.П., Нижегородов А.И. К построению математической модели рабочего процесса подметально-уборочной машины // Вестник ИрГТУ. 2013. № 12. С. 88-91.
7. Куксов М.П. Определение рациональных режимов работы малогабаритной коммунальной машины для летнего содержания дворовых территорий с использованием математического моделирования // «Вестник Иркутского Государственного Технического Университета». 2015. № 3. С. 44 – 48.
8. Беляков, В.В. Подвижность специальных транспортных средств по дорогам типа «stone-road» / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева. 2012. №1. С. 143–151.
9. Тетерина И.А. Летопольский А.Б. Модель взаимодействия ЩРО с обрабатываемой поверхностью: моногр. Смоленск: ООО «НОВАЛЕНСО», 2016. С. 73–75.
10. Ермилов А.Б. «Расчёт и проектирование машин для летнего содержания дорог». М., «МАДИ», 1989.
11. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. [Текст] / В.В. Налимов, Н.А. Чернова – М.: Наука, 1965. – 310 с.
12. Стативка В.С. Методика обоснования критериев оценки эффективности системы управления автопреприятием / В.С. Стативка, В.Н. Шабаев // Техничко-технологические проблемы сервиса. № 2(12), 2010. – С. 81-86.
13. Дедков В.К. Принципы формирования критериев и показателей эффективности функционирования сложных технических систем / В.К. Дедков // Надежность и качество сложных систем. № 4, 2013. – С. 3-8.
14. Нарусбаев, А.А. Введение в теорию обоснования проектных решений / А.А. Нарусбаев. – Л. : Судостроение, 1976. – 224 с.
15. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В.Е. Кривоножко, А.И. Пропой, Р.В. Сеньков, И.В. Родченков, П.М. Анохин // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
16. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справочник / Ред. совет: В. С. Авдудевский (пред.) и др. В 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.