

УДК 62-932.2

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.4.5>

О. В. ПАВЛЕНКО

Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського  
ORCID: 0000-0001-8277-340X

Ю.Ф. ХОЛОДНИЙ

ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»

О.А. ХАРЬКОВ

Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського  
ORCID: 0000-0003-2561-4837

О. І. ШЕВЧЕНКО

Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського  
ORCID: 0000-0002-5125-6861

## ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗРОБКИ ЄДИНИХ ПІДХОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІДМІТАЛЬНО-ПРИБИРАЛЬНИХ МАШИН ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Роботи з утримання міських вулиць і доріг є невід'ємною частиною робіт по експлуатації об'єктів дорожнього господарства. Основне завдання літнього прибирання полягає у видаленні всіх видів забруднень, які накопичуються на поверхні проїзної частини, тротуарів, зупинок громадського транспорту і які є джерелом запиленості повітря, засмічення міських територій. У різних країнах вводяться нормативні документи з вимогами щодо утримання автомобільних доріг. В першу чергу якість механізованого прибирання залежить від рівня показників ефективності прибирання машинами.*

*Аналіз інформаційних ресурсів показав відсутність єдиного підходу до визначення показників якості механізованого прибирання вулиць. Це робить неможливим для споживачів порівняння і вибір підмітально-прибиральних машин.*

*У даній роботі запропонована методика тестування підмітально-прибиральних машин. Для імітації найбільш поширених видів сміття на дорозі запропоновано використовувати в якості типового тестового матеріалу пісок, щебінь і тирсу деревного виробництва.*

*Розроблену методику було апробовано під час тестування нової підмітально-прибиральної машини КВБЗ-4002. Проведені випробування показали можливість застосування даної методики для визначення коефіцієнта ефективності прибирання та інших показників якості роботи підмітально-прибиральних машин. Запропоновану методику тестування підмітально-прибиральних машин можна розглядати як варіант вирішення проблеми типізації різних видів забруднень на вулиці.*

*Ключові слова: підмітально-прибиральна машина, забруднення на дорозі, прибирання, тестовий матеріал, показники якості прибирання, методика тестування, коефіцієнт ефективності прибирання.*

А. В. ПАВЛЕНКО

Кременчугский национальный университет  
имени Михаила Остроградского  
ORCID: 0000-0001-8277-340X

Ю.Ф. ХОЛОДНИЙ

ПАТ «Крюковский вагоностроительный завод»

О.А. ХАРЬКОВ

Кременчугский национальный университет  
имени Михаила Остроградского  
ORCID: 0000-0003-2561-4837

О. І. ШЕВЧЕНКО

Кременчугский национальный университет  
имени Михаила Остроградского  
ORCID: 0000-0002-5125-6861

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ЕДИНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОДМЕТАЛЬНО-УБОРОЧНЫХ МАШИН ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Работы по содержанию городских улиц и дорог является неотъемлемой частью работ по эксплуатации объектов дорожного хозяйства. Основная задача летней уборки заключается в удалении всех видов загрязнений, скапливающихся на поверхности проезжей части, тротуаров, остановок*

общественного транспорта которые являются источником запыленности воздуха, замусоривания городских территорий. В разных странах вводятся нормативные документы с требованиями по содержанию автомобильных дорог. В первую очередь качество механизированной уборки зависит от уровня показателей эффективности уборки машинами.

Анализ информационных ресурсов показал отсутствие единого подхода к определению показателей качества механизированной уборки улиц. Это делает не возможным для потребителей сравнение и выбор подметально-уборочных машин.

В данной работе предложена методика тестирования подметально-уборочных машин. Для имитации наиболее распространенных видов мусора на дороге предложено использовать в качестве типового тестового материала песок, щебень и опилки древесного производства.

Разработанная методика была апробирована во время тестирования новой подметально-уборочной машины КВСЗ-4002. Проведенные испытания показали возможность применения данной методики для определения коэффициента эффективности уборки и других показателей качества работы подметально-уборочных машин. Предложенную методику тестирования подметально-уборочных машин можно рассматривать как вариант решения проблемы типизации разных видов загрязнений на улице.

Ключевые слова: подметально-уборочная машина, загрязнение на дороге, уборка, тестовый материал, показатели качества уборки, методика тестирования, коэффициент эффективности уборки.

O.V. PAVLENKO

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

ORCID: 0000-0001-8277-340X

K.F. KHOLODNYI

PJSC «Kryukovsky railway car building works»

O.A. KHARKOV

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

ORCID: 0000-0003-2561-4837

O.I. SHEVCHENKO

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

ORCID: 0000-0002-5125-6861

## PROPOSALS FOR DEVELOPING A UNIFIED APPROACH TO ASSESSMENT OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF DOMESTIC-PRODUCED SWEEPERS

*Maintenance of city streets and roads is an integral part of the road infrastructure operation. The main task of summer roads cleaning is to remove all types of pollution that accumulate on a roadway surface, sidewalks, public transport stops, which are a source of dusty air and littering urban areas. Regulatory documents are introduced in different countries with the roads maintenance requirements. First of all, the mechanized sweeping quality depends on the machines sweeping efficiency indicators level.*

*Analysis of information resources showed the lack of a unified approach to determining the quality indicators of mechanized street sweeping. This makes it impossible for consumers to compare and choose new street sweepers.*

*This paper proposes a methodology for testing street sweepers. To simulate the most common types of garbage on the road, it was proposed to use sand, crushed stone and sawdust from wood production as a typical test material.*

*The developed technique was tested during testing of a new sweeping machine KBC3-4002 produced by "Kryukovsky Railway Car Building Works". The carried out tests have shown the possibility of using this technique to determine the cleaning efficiency coefficient (cleaning efficiency) and other indicators of a sweeping machines work quality. The proposed sweepers testing method can be considered as a solution of the problem of typing different street pollution types.*

*Key words: street sweeper, road pollution, cleaning, test material, cleaning quality indicators, testing methodology, cleaning efficiency.*

### Постановка проблеми

Підтримання чистоти дорожнього покриття є невід'ємною частиною процесу його експлуатації. Процес утримання проїжджої та пішохідної частин вулиць у кожній країні урегульовується відповідним законодавством. Не винятком є і Україна. Так, етапи, вимоги до робіт з утримання вулиць та доріг, а також їх періодичність наведено у [1], вимоги щодо експлуатаційного стану дорожнього покриття вулиць і доріг населених пунктів вказано у ДСТУ 3587-97 [2]. У той же час тенденції останніх 10-15 років, які

зумовлені загальною тенденцією зменшення об'ємів ручної праці, змусили громади міст почати приділяти значно більше уваги до механізованого прибирання вулиць і, відповідно, призвели до збільшення кількості запитів на тендерні закупівлі [3]. В той же час вказане спонукало до розвитку ринку прибиральної техніки різного призначення (у більшості випадків за рахунок іноземних виробників, наприклад [4, 5]). Проте вітчизняні машинобудівні підприємства також спроможні виробляти аналогічну техніку і розпочати конкурентну боротьбу за споживача [6].

Роботи з утримання вулиць та доріг наприкінці весни, літній період, та частково восени, поділяють на такі групи, як підмітання, поливання та миття [1]. Тому наразі дуже затребуваними на цьому ринку є підмітально-прибиральні машини (ППМ), які в залежності від їх конструкції поділяються на два види – з механічним (щіткові) та з вакуумним підбором.

Основними показниками, які характеризують якість робочого процесу прибирання є [7]:

- продуктивність;
- коефіцієнт ефективності підмітання (у рекламних матеріалах частіше використовують таке поняття, як ефективність);
- коефіцієнт перекриття швидкостей (виробники частіше вказують робочу швидкість усієї машини, або швидкість прибирання).

Також важливими показниками є геометричні розміри технологічного обладнання, які завжди наводяться у рекламних матеріалах виробників підмітально-прибиральних машин.

У той же час будь який споживач буде мати можливість здійснити обґрунтований вибір прибиральної техніки лише попередньо ознайомившись з усіма вказаними параметрами. Проте виробники (або фірми-посередники з реалізації машин) далеко не завжди вказують усі параметри, що оцінюють процес прибирання у своїх специфікаціях чи проспектах. І навіть більше, узагалі не вказують жодного із цих показників [8]. Найбільш поширеним є випадок, коли в матеріалах наводиться продуктивність і (або) швидкість руху машини під час прибирання [9-12]. Дуже рідко виробники вказують просто ефективність прибирання [13]. І ще рідше вказують відповідність сертифікату РМ10 [14]. Таким чином споживачу практично не можливо порівняти продукцію різних виробників за показниками, що оцінюють основну функцію підмітально-прибиральної машини – очищення поверхні від бруду.

В основі вказаних проблем лежить відсутність єдиного стандарту для визначення параметрів, що оцінюють робочий процес прибирання. У різних країнах (Канада, США, Германия та ін. країни Євросоюзу) ефективність роботи прибиральних машин визначають за окремо розробленими протоколами тестувань [16]. Наразі триває процес розвитку національних стандартів [15].

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Наявність стандартного підходу до визначення показників ефективності прибирання є на сьогодні актуальним для визначення оптимальної конструкції ППМ на етапі її конструювання і необхідним для представлення характеристик готового виробу на ринку. Це, в свою чергу, дасть можливість потенційному покупцю провести адекватний порівняльний аналіз експлуатаційних показників ППМ.

Не зважаючи на те, що поняття «ефективність підмітання (прибирання)» має зрозумілий фізичний зміст, наявність переліку різних тестів пояснюється, у першу чергу, різними підходами до формування тестового матеріалу-імітатора сміття, який машина буди прибирати під час випробувальних заїздів. Тому, з метою надання тестовому матеріалу, який розподіляють на тестовій ділянці [16], типового вигляду, дослідники проявляють творчий підхід відносно визначення його параметрів.

Так, під час розроблення вітчизняними інженерами щіткової ППМ (рис. 1) [6] для визначення її експлуатаційних характеристик було розроблено та випробовано методику щодо визначення наступних показників:

- визначення ширини прибирання;
- визначення необхідного діапазону робочих швидкостей в залежності від щільності забруднення;
- визначення технічної продуктивності;
- визначення коефіцієнта ефективності підмітання (з урахуванням видів і щільності забруднення, а також робочої швидкості машини).



Рис. 1. Зовнішній вигляд щіткової ППМ КВСЗ-4002 «Чистий шлях» [6]

Найбільш складним є визначення коефіцієнта ефективності підмітання, оскільки отримане під час дослідів значення суттєво залежить від таких чинників, як:

1. Маса та щільність одиниці забруднення (фракцій піску, щебню, пилу, продуктів зносу шин тощо).

2. Абсолютні розміри та пропорції одиниці забруднення.

3. Гігроскопічність та вологість забруднення.

Наприклад, у [16] для дослідів з метою оптимізації параметрів ППМ було обрано такі матеріали для тестування, як листя, земля і каміння. Для цього автори визначили середньостатистичне значення довжини, ширини, товщини і вологості опалого листя; діаметр каміння на території кампусу університету Shanghai Dian Jii (КНР).

У [15] у якості вимог до тестового матеріалу при випробуваннях машини з вакуумним підбором було прийнято, що це мають бути тверді частинки аеродинамічним діаметром менше 10 мкм, які позначались як  $PM_{10}$ . А також частинки, що мають аеродинамічний розмір менший за 2,5 мкм позначені як  $PM_{2,5}$ . Для імітації забруднення використовувався наповнювач для фарби з середнім діаметром 3 мкм. У той же час використання таких дрібнодисперсних матеріалів для тестування викликає низку ускладнень, наслідком яких є необхідність застосування як засобів особистого захисту так і захист від можливого впливу на результати випробувань факторів навколишнього середовища, рис. 2.



Рис. 2. Захисне обладнання, необхідне для тестування за  $PM_{10}$  and  $PM_{2,5}$  Street Sweeper Efficiency Test Protocol [15]

#### Формулювання мети дослідження

Як бачимо, розробники методик тестувань розв'язують завдання типізації широкого асортименту матеріалів із яких складається забруднення на реальній дорозі так, як вважають за доцільне.



Тому однією із головних проблем залишається визначення виду (або видів) тестового матеріалу, що імітує забруднення дорожнього покриття. Тестові матеріали мають представляти найбільш типові види забруднень, які будуть накопичуватись на дорозі після тривалого проміжку часу з останнього прибирання. Тому головними вимогами до тестових матеріалів є:

- їх фізичні параметри повинні бути практично однаковими незалежно від партії постачання;
- кількість матеріалу повинна легко піддаватися вимірюванню.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

Враховуючи сказане, з метою визначення експлуатаційних показників роботи прибирального обладнання, вітчизняними спеціалістами (ПАТ «КВБЗ») було розроблено відповідну програму-методику контрольних випробувань. У вказаній програмі-методиці сформульовано: вимоги до тестової ділянки дороги; параметри оточуючого середовища; вид, кількість та спосіб нанесення на ділянку дороги тестового матеріалу; вимоги до прибирального обладнання та його налаштування; вимоги до вимірювального обладнання та методики визначення величин, які потрібно визначити.

У якості тестової ділянки запропоновано використовувати частину будь-якої дороги з асфальтним або бетонним покриттям шириною не менше 3,5 м і довжиною не менш 8-10 м. Збільшена (в порівнянні з поперечним габаритним розміром автомобіля-тягача) ширина тестової ділянки дозволяє водієві (оператору) ППМ вільніше себе почувати не побоюючись вийти за габарити смуги, що прибирається і яка є більшою за габарити автомобіля. У той же час збільшення довжини ділянки тільки позитивно позначиться на точності визначення характеристик ППМ і може бути обмежене лише прямолінійно прилеглими розгінною і гальмівною ділянками.

Виходячи з даних продуктивності сучасних моделей ППМ і їх максимальних робочих швидкостей руху, була розрахована середня теоретична поверхнева щільність засміченості дорожнього покриття, яка склала 3 кг/м<sup>2</sup>. Звідси для проведення тестування на тестовій ділянці (розміри якої наведено вище) було прийнято рішення рівномірно розміщувати матеріал, який імітуватиме сміття, у кількості 84 кг.

У якості тестового матеріалу використовувались:

- пісок річковий для будівельних робіт за ГОСТ 8735-88;
- щебінь фракції 3-25 мм;

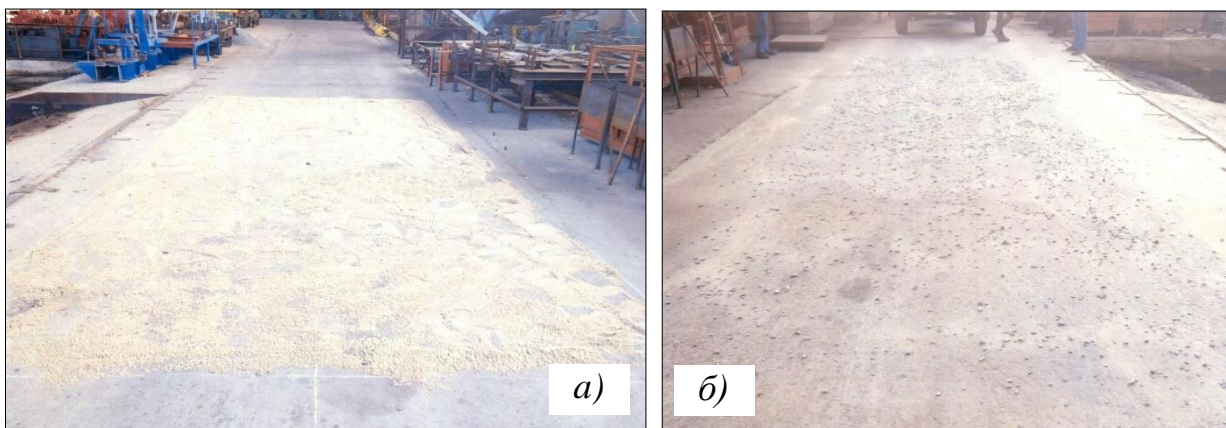
а для імітації опалого листя

- деревна тирса розміром 3-10 мм;

Саме використання тирси в якості імітатора опалого листя дозволяє проводити випробування незалежно від пори року та наявності останнього.

У зв'язку з тим, що деревна тирса має дуже малу об'ємну масу, то було прийнято, що під час дослідів її об'єм буде дорівнюватиме об'єму щебеню, тобто 8,9 кг на тестову ділянку. Для зручності нанесення на дорогу тестових матеріалів їх кількість було перераховано у одиниці об'єму.

Тестові матеріали-імітатори на тестову ділянку достатньо наносити вручну, а рівномірність їх розподілу контролювати візуально, намагаючись більш менш рівномірно розподілити їх по загальній поверхні ділянки, рис. 3.



*a* – використання піску ; *б* – використання щебеню

**Рис. 3. Приклад розміщення матеріалів-імітаторів на ділянці дороги**

Коефіцієнт ефективності підмітання необхідно визначати після не менш, ніж двох робочих проходів ППМ по тестовій ділянці. На рис. 4 видно смугу прибраної ділянки дороги після проходу ППМ.

І саме після такого проходу (рис. 4) дуже зручно вимірювати ширину полоси прибирання машини (між двох бічних смуг с залишками сміття-імітатора).



Рис. 4. Вигляд тестової ділянки після проходу ППМ

Коефіцієнт ефективності підмітання проходом визначається за формулою:

$$K_{\text{еф}} = \frac{m_{\text{подн}}}{m_{\text{нач}}} \cdot 100\%,$$

де  $m_{\text{подн}}$  - маса піднятого ППМ тестового матеріалу, який було зібрано у кузові самоскида;  $m_{\text{нач}}$  – маса тестового матеріалу, яку було спочатку розподілено на прибраній поверхні дороги (на смугі прибирання ППМ):

$$m_{\text{нач}} = m_{\text{уч}} - m_{\text{бок}},$$

де  $m_{\text{уч}}$  – маса тестового матеріалу, яку перед початком тестування було розподілено по поверхні дороги в межах тестової ділянки;

$m_{\text{бок}}$  – маса тестового матеріалу, що залишилася в межах тестової ділянки, і яка перебуває поза межами очищеної смуги після проходу ППМ.

Масу прибраної кількості тестового матеріалу  $m_{\text{подн}}$  визначають за формулою

$$m_{\text{подн}} = m_{\text{нач}} - m_1,$$

де  $m_1$  – маса залишків тестового матеріалу, що залишився на смугі прибирання.

Розроблену методику було використано для дослідження показників ефективності прибирання ППМ моделі КВС3-4002, використовуючи у якості тестового матеріалу пісок, щебінь і тирсу. Результати досліджень залежно від швидкості руху ППМ надано у табл. 1.

Таблиця 1

Результати визначення коефіцієнта ефективності підмітання

Тестовий матеріал	Швидкість руху, км/год	Коефіцієнт ефективності підмітання, %
Пісок	3,99	99,467
	6,10	99,112
	7,89	96,844
	14,12	70,472
Щебінь	3,66	99,229
	4,78	96,189
	6,78	98,814
	9,66	99,599
	15,91	98,948
Тирса	3,81	98,965
	8,52	98,855
	13,09	99,061

#### Висновки

Аналізуючи наведені матеріали можна зробити наступні висновки:

З метою визначення показників, що оцінюють якість роботи ППМ в якості тестових матеріалів-імітаторів сміття можуть бути використані: пісок річковий для будівельних робіт за ГОСТ 8735-88; щебінь фракції 3-25 мм і деревна тирсу розміром 3-10 мм. Запропоноване є варіантом розв'язання проблеми типізації різних видів забруднень, які ППМ машини мають гарантовано прибирати з дорожнього покриття.

Деякі види забруднень дорожнього покриття (наприклад, пісок) мають гранично допустимі швидкості їх збирання після перевищення яких ефективність ППМ значно падає (табл. 1). Це може бути пояснено рядом фізико-механічних їх властивостей, як мала маса окремих частинок, значний аеродинамічний опір в процесі "закидання" частинок та ін.

Дослідним шляхом доведено практичну доцільність запропонованої методики з визначення коефіцієнта ефективності підмітання, що надає додаткові можливості до удосконалення робочого обладнання ППМ.

#### Список використаної літератури

1. Наказ № 54 від 14.02.2012 Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України Про затвердження Технічних правил ремонту і утримання вулиць та доріг населених пунктів. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0365-12#Text> (дата звернення: 29.09.2021).
2. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. Київ. Держстандарт України, 1997. 24 с. URL: <https://ukryama.com/files/DSTU3587-97UA.pdf> (дата звернення: 29.09.2021).
- 3.Тендери Підмітально-прибиральні машини. URL: <https://izi.trade/tenders/categories/34144430-1> (дата звернення: 29.09.2021).
4. Вуличні підмітально-прибиральні машини. URL: <https://prom.ua/ua/Ulichnye-podmetalno-uborochnye-mashiny> (дата звернення: 29.09.2021).
5. Подметально-уборочные машины. URL: <https://kievspecteh.com/ru/catalog/podmetalno-uborochnye-mashiny> (дата звернення: 29.09.2021).
6. Підмітально-прибиральна машина КВСЗ-4002 «Чистий шлях». URL: <https://www.kvsz.com/index.php/ua/produktsiya/mashinobuduvannya/komunalna-tehnika/item/1866-pidmitalno-prybyralna-mashyna-kvsz-4002-chystyi-shliakh> (дата звернення: 29.09.2021).
7. ДСТУ 3062-95. Машини підмітально-прибиральні. Терміни та визначення. Київ. Держстандарт України, 1995. 16 с.
8. Roots RSB 6000 Truck Mounted Road Sweeper. URL: <https://www.rootsmulticlean.com/sweeper/rsb-6000/> (дата звернення: 29.09.2021).
9. Підмітально- прибиральна машина FAUN VIAJET 7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kievspecteh.com/catalog/podmetalno-uborochnye-mashiny/pidmitalno-pribiralna-mashina-faun-viajet-7> (дата звернення: 29.09.2021).
10. CHD5070TSLQLE6 Water Spray Dust Sweeper. URL: <https://www.chinayintl.com/pd-3526> (дата звернення: 29.09.2021).
11. Причіпна підмітально-прибиральна машина «COBRA». URL: <https://autoregion.com.ua/product/prychipna-pidmitalno-prybyralna-mashyna-cobra/?lang=ru> (дата звернення: 29.09.2021).
12. Підмітально-прибиральна машина Pronar AGATA ZM-2000. URL: <https://bshm.com.ua/komunalne-obladnannja-pronar/pidmitalno-pribiralni-mashini-dlja-traktoriv/navisni-pidmitalno-pribiralni-mashini/pidmitalno-pribiralna-mashina-zm-2000-305> (дата звернення: 29.09.2021).
13. Model DST-4<sup>®</sup> DustlessStreetSweepers. URL: <https://www.tymco.com/sweepers/model-dst-4/> (дата звернення: 29.09.2021).
14. Dulevo D6. URL: [https://www.dulevo.com/en/p/Dulevo\\_D6.xhtml](https://www.dulevo.com/en/p/Dulevo_D6.xhtml) (дата звернення: 29.09.2021).
15. The PM10 and PM2.5 Street Sweeper Efficiency Test Protocol. URL: [https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2018/02/94cd-CRCA\\_PM-Efficiency-Protocol-May2016.pdf](https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2018/02/94cd-CRCA_PM-Efficiency-Protocol-May2016.pdf) (дата звернення: 29.09.2021).
16. Studyon Cleaning Performance of Small Road Sweeper Vehicle. URL: [https://www.researchgate.net/publication/327197394\\_Study\\_on\\_Cleaning\\_Performance\\_of\\_Small\\_Road\\_Sweeper\\_Vehicle](https://www.researchgate.net/publication/327197394_Study_on_Cleaning_Performance_of_Small_Road_Sweeper_Vehicle) (дата звернення: 29.09.2021).

#### References

1. Nakaz № 54 vid 14.02.2012 Ministerstvo rehional'noho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy Pro zatverdzhennya Tekhnichnykh pravyl remontu i utrymannya vulyts' ta dorih naselenykh punktiv. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0365-12#Text> (accessed 29 September 2021).

2. DSTU 3587–97 Bezpeka dorozhn'oho rukhu. Avtomobil'ni dorohy, vulytsi ta zaliznychni pereyizdy. Vymohy do ekspluatatsiynoho stanu [State Standard 3587-97. Road traffic safety automobile roads, streets and railway crossings the requirements to operation condition]. Kiev. State Standard of Ukraine, 1997. 24 p. Available at: <https://ukryama.com/files/DSTU3587-97UA.pdf> (accessed 29 September 2021).
3. Tendery Pidmital'no-prybyral'ni mashyny. Available at: <https://izi.trade/tenders/categories/34144430-1> (accessed 29 September 2021).
4. Vulychni pidmital'no-prybyral'ni mashyny. Available at: <https://prom.ua/ua/Ulichnye-podmetalno-uborochnye-mashiny> (accessed 29 September 2021).
5. Podmetal'no-uborochnyye mashyny. Available at: <https://kievspecteh.com/ru/catalog/podmetalno-uborochnye-mashiny> (accessed 29 September 2021).
6. Pidmital'no-prybyral'na mashyna KVSZ-4002 «Chystyy shlyakh». Available at: <https://www.kvsz.com/index.php/ua/produktsiya/mashinobuduvannya/komunalna-tehnika/item/1866-pidmitalno-prybyralna-mashyna-kvsz-4002-chystyi-shliakh> (accessed 29 September 2021).
7. DSTU 3062-95 Mashyny pidmital'no-prybyral'ni. Terminy ta vyznachennya. [State Standard 3062-95 Sweepers. Terms and definitions]. Kiev. State Standard of Ukraine, 1995. 16 p.
8. Roots RSB 6000 Truck Mounted Road Sweeper. Available at: <https://www.rootsmulticlean.com/sweeper/rsb-6000/> (accessed 29 September 2021).
9. Pidmital'no-prybyral'na mashyna FAUN VIAJET 7. Available at: <https://kievspecteh.com/catalog/podmetalno-uborochnye-mashiny/pidmitalno-pribiralna-mashina-faun-viajet-7> (accessed 29 September 2021).
10. CHD5070TSLQLE6 Water Spray Dust Sweeper. Available at: <https://www.chinayintl.com/pd-3526> (accessed 29 September 2021).
11. Prychipna pidmital'no-prybyral'na mashyna «COBRA». Available at: <https://autoregion.com.ua/product/prychipna-pidmitalno-prybyralna-mashyna-cobra/?lang=ru> (accessed 29 September 2021).
12. Pidmital'no-prybyral'na mashyna Pronar AGATA ZM-2000. Available at: <https://bshm.com.ua/komunalne-obladnannja-pronar/pidmitalno-pribiralni-mashini-dlja-tractoriv/navisni-pidmitalno-pribiralni-mashini/pidmitalno-pribiralna-mashina-zm-2000-305> (accessed 29 September 2021).
13. Model DST-4<sup>®</sup> Dustless Street Sweepers. Available at: <https://www.tymco.com/sweepers/model-dst-4/> (accessed 29 September 2021).
14. Dulevo D6. Available at: [https://www.dulevo.com/en/p/Dulevo\\_D6.xhtml](https://www.dulevo.com/en/p/Dulevo_D6.xhtml) (accessed 29 September 2021).
15. The PM10 and PM2.5 Street Sweeper Efficiency Test Protocol. Available at: [https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2018/02/94cd-CRCA\\_PM-Efficiency-Protocol-May2016.pdf](https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2018/02/94cd-CRCA_PM-Efficiency-Protocol-May2016.pdf) (accessed 29 September 2021).
16. Studyon Cleaning Performance of Small Road Sweeper Vehicle. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/327197394\\_Study\\_on\\_Cleaning\\_Performance\\_of\\_Small\\_Road\\_Sweeper\\_Vehicle](https://www.researchgate.net/publication/327197394_Study_on_Cleaning_Performance_of_Small_Road_Sweeper_Vehicle) (accessed 29 September 2021).