УДК 620.178.4:621.878.2

РОЗРОБКА ВИПРОБУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ ШИН В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Н.С. Керекелиця[1], К.М. Медведський[2], М.М. Балака[3]
[1]студент групи БМО-22, e-mail: kerekelytsia_ns-2022@knuba.edu.ua
[2]студент групи БМО-22, e-mail: medvedskyi_km-2022@knuba.edu.ua
[3]доцент кафедри будівельних машин, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua
[1,2,3]Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. У роботі розглянуто питання підвищення достовірності результатів дослідження абразивного зносу протектора шин самохідних транспортно-технологічних машин шляхом удосконалення випробувальної бази. Запропоновано конструктивне рішення випробувального комплексу, який поєднує самохідний скрепер та стаціонарний стенд, оснащений інформаційно-вимірювальною системою збору і обробки даних.

Ключові слова: знос шин, самохідний скрепер, експлуатація, взаємодія, ґрунт, стаціонарний стенд, випробувальний комплекс.

DEVELOPMENT OF TESTING COMPLEX FOR TIRE WEAR RESEARCH DURING OPERATION

Nikita Kerekelytsia[1], Kostiantyn Medvedskyi[2], Maksym Balaka[3]
[1]Student of BMO-22 group, e-mail: kerekelytsia_ns-2022@knuba.edu.ua
[2]Student of BMO-22 group, e-mail: medvedskyi_km-2022@knuba.edu.ua
[3]Associate Professor of Construction Machinery Department, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua
[1,2,3]Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. The paper considers the issue of increasing the reliability of abrasive wear research results for tire tread of self-propelled transport and technological machines by improving the testing base. The constructive decision for the testing complex combining the self-propelled scraper and the stationary stand equipped with an information and measuring data collection and processing system is proposed.

Keywords: tire wear, self-propelled scraper, operation, interaction, soil, stationary stand, testing complex.

Вступ. Адекватність узагальненої моделі абразивного зносу протектора шин самохідних транспортно-технологічних машин (кар'єрних автомобілів-самоскидів, землерийно-транспортних і навантажувальних машин, тягачів) значною мірою визначається достовірністю вихідних даних. Насамперед це стосується параметрів реологічних моделей пневматичних шин та ґрунтів [1–3], а також характеристик процесу стирання протекторної гуми [4–7].

Дослідження параметрів реологічних моделей шин залежно від конструктивних особливостей і внутрішнього тиску доцільно здійснювати у стаціонарних умовах – на стендах або лабораторних установках. У свою чергу, вивчення впливу експлуатаційних факторів на знос шин більш ефективне при використанні мобільних випробувальних комплексів.

У науково-технічній літературі та патентних джерелах описано низку схем стендових установок, призначених для випробування одинарних коліс з пневматичними шинами. Незважаючи на те, що кожна з них реалізує окремі аспекти процесу кочення еластичного колеса, зазначені рішення, за умови відповідної модифікації, можуть бути використані як основа для створення спеціалізованого випробувального комплексу для дослідження зносу протектора шин в процесі експлуатації.

Мета роботи полягає в розробці конструктивного рішення випробувального комплексу для дослідження зносу шин самохідних транспортно-технологічних машин і впливу експлуатаційних факторів на цей процес.

Матеріал і результат досліджень. На основі проведеного аналізу технічних рішень існуючих на сьогодні стендів для дослідження та випробування пневматичних шин розроблено їх класифікацію за функціональними ознаками та принципами реалізації дослідних процесів [5, 8].

Для забезпечення комплексного вивчення зносу протектора шин, а також оцінювання впливу на нього параметрів реологічних моделей шин, характеристик ґрунтів і умов експлуатації самохідного скрепера, випробувальний комплекс, на нашу думку, має реалізовувати повний набір взаємозв'язків типу «ознака – характеристика» [6, 8–13]. Тому найбільш повно вказаним вимогам, очевидно, відповідатиме наступна структура:

1) для дослідження зносу шин в процесі експлуатації – самохідний скрепер, оснащений інформаційно-вимірювальною системою;

2) для дослідження параметрів реологічних моделей шини і ґрунту – стаціонарний стенд із встановленим на ньому скрепером, який обладнано аналогічною інформаційно-вимірювальною системою.

В результаті пропонується схема випробувального комплексу «стаціонарний стенд – скрепер самохідний» (рис. 1), на якій позначено: 1 – стійка-ліжко; 2 – плита опорна передня; 3 – гідроциліндр управління передньою

опорною плитою; 4 – плита опорна задня; 5 – ємність з ґрунтом; 6 – тяга динамометрична; 7 – гідроциліндр навантажувальний; 8 – муфта «миттєвого» розвантаження; 9 – самохідний скрепер.

Підготовка випробувального комплексу до роботи полягає в наступному. Скрепер 9 заїжджає на стаціонарний стенд своїм ходом і встановлюється над стійкою-ліжком 1 поперечним відносно поздовжньої осі тягача циліндричним шарніром O_1. До напірної та зливної магістралей гідросистеми управління робочим обладнанням скрепера через спеціальні пристрої, що запобігають розгерметизації гідросистеми, приєднуються трубопроводи (напірний та зливний) гідросистеми стенду [14, 15]. За допомогою двох гідроциліндрів управління 3 передніми опорними плитами 2 при втягуванні їх штоків шарнір O_1 тягача «сідає» на стійку-ліжко 1 і передній міст тягача розвантажується від вертикального навантаження.

До точки O_2 буферної рами скрепера 9 шарнірно кріпиться муфта «миттєвого» розвантаження 8. Навантажувальний гідроциліндр 7 підключається до гідросистеми стенда, а вільний кінець штока, обладнаний спеціальним наконечником, вводиться в центральний отвір муфти «миттєвого» розвантаження 8 і при висування штока – жорстко зіштовхується з муфтою. Після цього стенд підготовлений до проведення досліджень параметрів реологічної моделі пневматичної шини, а за необхідності, і ґрунтів.

На стенді, шляхом навантаження шини гідроциліндром 7, можуть знiматися статичні характеристики нормальної жорсткості шини, тобто залежності $P_z = P_z(z)$. При цьому вертикальне навантаження на шину вимірюється тензометричними датчиками, встановленими на динаметричній тязі 6, а деформація шини – багатофункціональним датчиком.

При знятті кривих загасаючих коливань шини шляхом спрацьовування муфти «миттєвого» розвантаження 8 під дією максимального навантаження на штоку гідроциліндра 7 на реєструвальному приладі стенда записуються сигнали відповідних вимірювальних пристроїв (табл. 1).

Слід мати на увазі, що в конструкції стаціонарного стенда передбачена установка в задній опорній плиті 4 ємності з ґрунтом 5. Це дає можливість проведення досліджень на різних за фізико-механічними властивостями ґрунтах при динамічному впливі пневматичних шин [6, 11]. При визначенні параметрів реологічної моделі шини ємність з ґрунтом 5 знімається з плити 4 і шина взаємодіє з жорсткою плитою (див. виносний елемент *А* на рис. 1), в якій розміщується датчик нормальних контактних напружень.

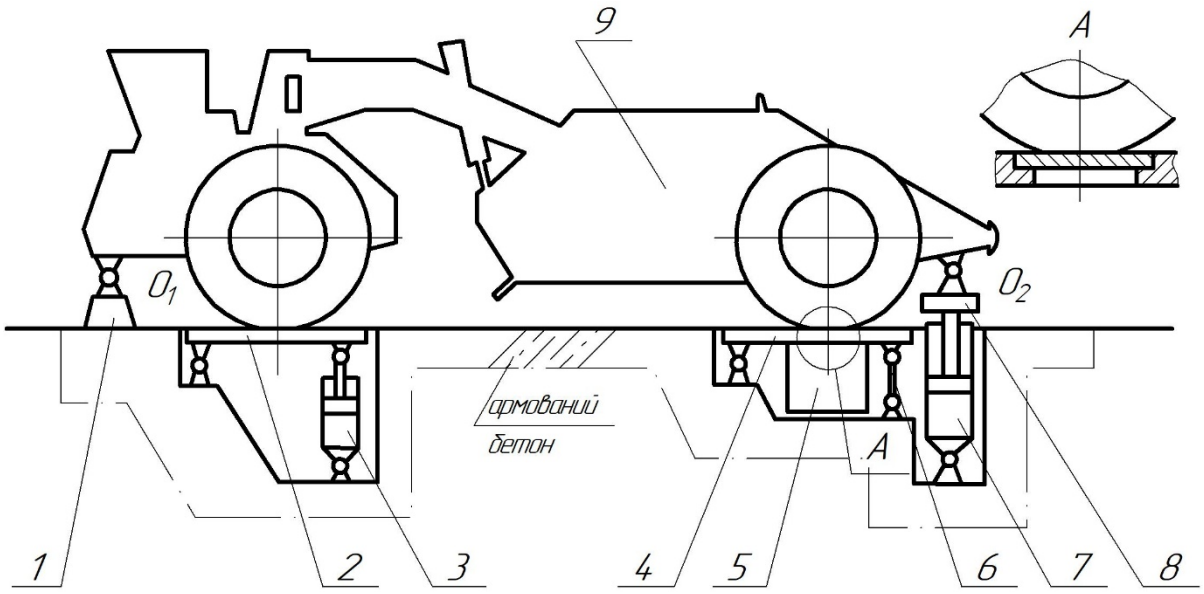

Рис. 1. – Схема випробувального комплексу «стаціонарний стенд – скрепер самохідний»; виносний елемент *А* при взаємодії шини з опорою, що не деформується (ємність з ґрунтом 5 знята)

Таблиця 1. – Інформаційно-вимірювальна система

Завдання	Вимірювальний пристрій (ВП)	Місце розміщення	
		ВП	РП
Дослідження взаємодії шини з опорною поверхнею, що не деформується	датчик нормальних напружень (ДНН)	еталонна ділянка опорної поверхні	поруч з еталонною ділянкою
	датчик проковзування (ДП1)		
	датчик деформацій шини (ДДШ)	внутрішня поверхня шини	на скрепері (зв'язок РП з ВП, розміченими на частинах, що обертаються, через струмознімальний пристрій
	датчик крутного моменту на півосі (ДКМ)	піввісь тягача	
	датчик кутової швидкості ведучого колеса (ДКШ)	те саме	
	датчик лінійної швидкості скрепера (ДЛШ)	мірне колесо	
Дослідження взаємодії шини з деформівною опорною поверхнею	ДП2	еталонна ділянка опорної поверхні	поруч з еталонною ділянкою
	ДНН	протектор шини	на скрепері (зв'язок РП з ВП, розміченими на частинах, що обертаються, через струмознімальний пристрій
	ДДШ	внутрішня поверхня шини	
	ДКМ	піввісь тягача	
	ДКШ	те саме	
	ДЛШ	мірне колесо	

Дослідження зносу шини при контрольних пробігах	датчик зносу шини (ДЗШ)	протектор шини (на всіх колесах)	лабораторія
Збір статистичної інформації щодо тривалості операцій робочого циклу скрепера	хронометри (8 шт)	кабіна машиніста скрепера	
Дослідження параметрів реологічної моделі шини	ДНН	задня опорна плита стенда	поруч із випробувальним комплексом
	багатофункціональний датчик	зовнішня поверхня шини	
	датчик вертикальних прискорень осі колеса	диск колеса	
	датчик нормального навантаження	тяга між задньою опорною плитою і рамою стенда	
Дослідження параметрів реологічної моделі ґрунту	експрес-лабораторія	еталонна ділянка земляної споруди	—

На скрепер як елемент випробувального комплексу залежно від поставлених дослідницьких завдань встановлюються різні вимірювальні (ВП) та реєструвальні пристрої (РП) (див. табл. 1). Загальну характеристику вимірювальних пристроїв випробувального комплексу наведено в [3, 14, 15]. Основу датчиків, що використовуються для вимірювання різних параметрів при взаємодії пневматичної шини з опорною поверхнею, становлять перетворювачі механічних величин в електричні сигнали.

У складі випробувального комплексу в якості реєструвальних і допоміжних пристроїв використовуються: цифровий осцилограф з високим рівнем віброзахищеності, що живиться від бортової мережі; підсилювач для роботи з датчиком прискорень; спеціальний блок балансування та налаштування вимірювального моста при використанні напівпровідникових тензорезисторів; аналого-цифровий і цифро-аналоговий перетворювач; ноутбук та інші засоби та технічні рішення.

Висновки. Запропонована конструкція випробувального комплексу забезпечує повний набір вимірювань і досліджень абразивного зносу шин самохідних транспортно-технологічних машин та впливу експлуатаційних факторів на цей процес. Разом з тим, використання сучасних вимірювальних пристроїв у складі комплексу дозволяє досягти точних показників та достовірності результатів досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балака М. М. Вплив умов експлуатації на довговічність великогабаритних шин. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків,

2014. Вип. 65–66. С. 79–86. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2014_65-66_15 (дата звернення: 14.04.2025).

2. Pelevin L. E., Abrashkevich Yu. D., Balaka M. N., Arzhaev G. A. Modeling of the interaction process of an elastic wheel with a deformable support surface. *Mining equipment and electromechanics.* 2013. Vol. 7. P. 10–16.

3. Балака М. М., Пелевін Л. Є., Аржаєв Г. О., Василенко А. В. Експериментальні дослідження роботи колеса з пневматичною шиною на опорній поверхні, що деформується. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії.* Херсон, 2013. № 1(8). С. 132–139.

4. Balaka M., Mishchuk D., Palamarchuk D. Suchasni uiavlennia pro mekhanizm znosu protektornykh hum [Modern understanding of the tread rubbers wear mechanism]. *Girnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny.* 2021. No. 98. P. 30–36. URL: https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.98.0302 (дата звернення: 14.04.2025).

5. Балака М. М., Бабський В. Р., Міщук Д. О., Санкін І. Є. Дослідження зносу шин скрепера в експлуатаційних умовах. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2024):* матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф. (23–24 трав. 2024 р.). Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2024. Т. 1. С. 83.

6. Балака М. М. Дослідження часового фактору зносу протектора шин самохідного скрепера. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.* Харків, 2021. Вип. 92, т. 2. С. 116–121. URL: https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.2.116 (дата звернення: 14.04.2025).

7. Балака М. Н., Антонков М. А. Проявление различных видов износа при эксплуатации пневматических шин. *Нефть и газ Западной Сибири:* материалы Междунар. науч.-техн. конф. (17–18 окт. 2013 г.). Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. Т. 4. С. 14–16.

8. Пелевін Л. Є., Аржаєв Г. О., Балака М. М. Аналіз технічних рішень випробувальних стендів для дослідження роботи колеса з пневматичною шиною. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини.* Київ, 2007. Вип. 69. С. 64–70.

9. Балака М. М., Міщук Д. О., Гох В. В., Кібаленко В. С. Обґрунтування факторів підвищення ефективності використання самохідних скреперів. *Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн:* тези доп. XXIII Міжнар. онлайн-конф. наук.-пед. працівників, наук. співробітників та аспірантів (11–12 квіт. 2024 р.). К.: НУБіП України, 2024. С. 22–24.

10. Пристайло М. О., Балака М. М., Щербина Т. Ф. Технічні засоби навчання. К.: КНУБА, 2020. 108 с.

11. Balaka M., Gorbatyuk Ie., Mishchuk D., Prystailo M. Characteristic properties of support surfaces for self-propelled scrapers motion. *Fundamental and applied research in the modern world:* Abstracts of the 6th International scientific and practical conference (January 20–22, 2021). Boston, USA, 2021. 53–58.

12. Побийпеч М. О., Хорошун А. В., Балака М. М. Визначення розрахункових зусиль в елементах тягової рами скрепера. *Інноваційні технології підготовки кадрів для промисловості та транспорту 2023:* матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. (28–29 квіт. 2023 р.). Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2023. С. 69–75. URL: https://okmm.nmu.org.ua/ua/2023/ITPTIT2023.pdf (дата звернення: 14.04.2025).

13. Балака М. М., Кім А. О., Міщук Д. О., Ходневич М. М. Особливості робочого циклу і організації скреперних робіт. *Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України:* тези доповідей Міжнар. наук.-практ. онлайн конф. (23–24 верес. 2021 р., м. Київ). К.: НУБіП України, 2021. С. 16–18.

14. Пелевін Л. Є., Балака М. М., Аржаєв Г. О. Мехатронні системи гідропневмоавтоматики. К.: Аграр Медіа Груп, 2014. 192 с.

15. Pelevin L. Ye., Balaka M. M., Prystailo M. O., Machyshyn H. M., Arzhaiev H. O. Teoretychni osnovy vzaiemodii pruzhno-deformovanykh vykonavchykh elementiv budivelnoi tekhniky i robochoho seredovyscha z vrakhuvanniam termoreolohichnykh protsesiv [Interaction theoretical foundations of elastically deformed actuating elements for construction equipment and working environment taking into account thermorheological processes]: monograph. Kyiv: Interservis, 2015. 232.