

УДК 629.92

Фомін О.В.¹, Козинка О.С.², Безлуцький В.О.³

¹ д-р техн. наук, проф. НТУ

² асп. НТУ

³ асп. СНУ ім. В. Даля

ВПЛИВ ДЕМПФУВАЛЬНИХ ТА ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ВІБРАЦІЙНУ ПОВЕДІНКУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Підвищення ефективності функціонування та надійності вантажних вагонів є одним із ключових завдань сучасного залізничного транспорту. В умовах зростання швидкостей руху, підвищення осьових навантажень та інтенсивності експлуатації особливого значення набуває забезпечення стабільних динамічних характеристик рухомого складу. Віб्राційні процеси, що виникають під час руху вагонів, безпосередньо впливають на довговічність конструкції, безпеку руху, а також економічні показники експлуатації.

Динамічна поведінка вантажного вагона визначається складною взаємодією масових, жорсткісних і демпфувальних параметрів конструкції, а також умовами контакту коліс з рейками та характеристиками підвіски. У процесі тривалої експлуатації ці параметри змінюються під впливом зношування, корозійних процесів, втоми матеріалів і дії зовнішніх факторів. Це призводить до зміни власних частот коливань, появи додаткових резонансних явищ і зростання рівня динамічних навантажень.

Одним із ефективних напрямів підвищення експлуатаційних характеристик вагонів є застосування захисних і демпфувальних покриттів. Такі покриття виконують не лише функцію захисту від корозії, але й здатні змінювати трибологічні, механічні та динамічні властивості елементів конструкції. Їх використання дозволяє забезпечити більш стабільні умови роботи вузлів і агрегатів, зменшити інтенсивність деградаційних процесів і підвищити ресурс конструкції.

Вплив покриттів на динамічні характеристики вагонів має комплексний характер і проявляється через декілька основних механізмів. По-перше, зміна умов тертя в контактних вузлах. Нанесення покриттів на поверхні, що взаємодіють, призводить до зниження коефіцієнта тертя та стабілізації

контактних характеристик [1]. Це особливо важливо для елементів підвіски, шарнірних з'єднань і опорних вузлів. Зменшення тертя сприяє більш плавній роботі системи та зниженню випадкових імпульсних навантажень, які можуть виступати джерелом додаткових коливань.

По-друге, покриття впливають на жорсткісні характеристики конструкції. У процесі експлуатації корозія та мікропошкодження призводять до локального зменшення жорсткості елементів. Захисні покриття запобігають розвитку таких дефектів, забезпечуючи збереження геометричних параметрів і однорідності матеріалу [2]. Це дозволяє уникнути небажаного перерозподілу напружень і зміщення власних частот коливань, що є критично важливим для забезпечення динамічної стійкості.

По-третє, суттєвим є вплив покриттів на демпфувальні властивості системи. Деякі полімерні та композиційні матеріали мають здатність поглинати та розсіювати енергію коливань [3]. Це призводить до зменшення амплітуди вібрацій, особливо в резонансних зонах. Підвищення демпфування є одним із найбільш ефективних способів зниження динамічних навантажень, які діють на елементи конструкції вагона. Окрім цього, нанесення покриттів супроводжується незначною зміною масових характеристик конструкції. Додаткова маса може впливати на зниження власних частот системи, що, у свою чергу, змінює спектр динамічного відгуку [4]. У деяких випадках це може призводити до зміни форми коливань і перерозподілу участі окремих мод у загальному динамічному процесі. Водночас поєднання ефектів збільшення маси та підвищення демпфування зазвичай має позитивний вплив на загальну вібраційну поведінку системи.

Особливу увагу слід приділити умовам експлуатації, в яких проявляється ефективність покриттів. При русі вагона по нерівностях колії, проходженні стрілочних переводів або дії змінних навантажень виникають складні коливальні процеси [5]. У таких умовах здатність покриттів поглинати енергію коливань дозволяє зменшити пікові значення прискорень, напружень і переміщень, що безпосередньо впливає на довговічність конструкції.

Проведений аналіз показує, що використання захисних і демпфувальних покриттів сприяє: зниженню інтенсивності зношування та корозії; стабілізації жорсткісних характеристик конструкції; підвищенню рівня демпфування; зменшенню амплітуд коливань; зниженню динамічних навантажень на основні елементи вагона; підвищенню загальної надійності та ресурсу рухомого складу.

Таким чином, застосування сучасних покриттів є ефективним інженерним рішенням для покращення динамічних характеристик вантажних вагонів. Комплексний вплив на механічні, трибологічні та демпфувальні властивості дозволяє не лише підвищити довговічність конструкції, але й

забезпечити більш безпечну та стабільну експлуатацію в умовах сучасного залізничного транспорту. Подальші дослідження в цьому напрямі доцільно спрямувати на експериментальну оцінку параметрів демпфування та розробку оптимальних конфігурацій покриттів з урахуванням реальних умов експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jing Li et al. Reinforcement of graphene and its derivatives on the anticorrosive properties of waterborne polyurethane coatings. *Composites Science and Technology*. P. 30-37. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2016.04.017>
2. Ustinov A., Polishchuk S., Kremenchutskyi O., Skorodzievskii V. The influence of the axial texture of ferromagnetic Co–Fe alloys on their damping capacity // *Metallophysics and Advanced Technologies*. 2025. Vol. 47, No. 2. P. 135–147. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.47.02.0135>.
3. Павленко В. М. / та ін. Новітні технології в екологічно безпечних полімерних покриттях: дослідження, технології, перспективи. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2024. №1 (19). С. 85–94. doi: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-85-94>
4. Павленко В. М. / та ін. Дослідження методів випробування лакофарбового покриття на стійкість до корозії. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2023. №2 (18). С. 127–133. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-127-133>
5. Sagin, S.; Kuropyatnyk, O.; Sagin, A.; Tkachenko, I.; Fomin, O.; Píštěk, V.; Kučera, P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022. 10, 1331. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10091331>