

ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТИПОВИХ ТА КОМПОЗИТНИХ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ

Олексій Фомін

доктор технічних наук, професор кафедри «Вагони та вагонне господарство»

Державний університет інфраструктури та технологій, вул. І. Огієнка, 19, Київ, Україна, 03049,
fominaleksejviktorovic@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2387-9946

Олександр Козинка

аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство»

Державний університет інфраструктури та технологій, вул. І. Огієнка, 19, Київ, Україна, 03049,
kozynka1520mm@gmail.com

ORCID: 0009-0009-3012-581X

У статті розглянуто засоби контролю типових і композитних кузовів напіввагонів, які дозволяють запобігти можливій втраті сипучих вантажів та підвищити рівень безпеки руху поїздів. Для розширення функціональних можливостей напіввагонів шляхом їх адаптації до перевезень вантажів, що потребують захисту від атмосферних впливів, запропоновано використання зйомного даху з композитного матеріалу. При проектуванні високонавантажених деталей з комплексною геометрією розглянуто застосування комбінованих рішень. Також були розглянуті типові та перспективні (композитні) конструкції кузовів напіввагонів. У роботі розглянуто пристрої для контролю геометрії в різних галузях виробництва. Розглянуто популярну тенденцію використання ручних 3D-сканерів за допомогою спеціального програмного забезпечення для 3D-сканування ScanViewer, завдяки чому інженери зможуть зіставляти 3D-модель з оригінальною САД-моделлю для встановлення відхилень. 3D-сканери використовуються для вимірювання геометрії кузова у різних видах виробничої діяльності. Технологія великогабаритного промислового 3D-сканування не має конкурентів як за швидкістю обробки даних, так і за точністю одержуваної моделі. Наше дослідження буде особливо корисним для організацій, що виробляють та експлуатують великогабаритну техніку, а також відстежують процес експлуатації будівель. Тривимірні моделі зручно розсортувати в різні каталоги та зберігати їх у цифрових архівах – безпечних файлоховищах на сьогоднішній день. Тривимірне сканування об'єктів значно спрощує контроль продукції та відбраковування неякісних деталей. 3D-сканування дозволяє знімати показники з деталей дрібного розміру з огляду на найменші особливості їхньої геометрії. Проведено дослідження з контролю кузова, які сприятимуть підвищенню ефективності експлуатації напіввагонів, а також створенню напрацювань щодо проектування інноваційних конструкцій рухомого складу. Проведено аналіз засобів контролю типових і композитних кузовів напіввагонів. Розглянуто посилення металевих деталей у машинобудуванні. Досліджено типові та перспективні (композитні) конструкції кузовів напіввагонів. Розглянуто пристрої для контролю геометрії в різних галузях виробництва.

Ключові слова: вантажний вагон, кузов напіввагона, пристрої для контролю, універсальний напіввагон, безпека руху поїздів.

Вступ. Протягом тривалого часу найбільш затребуваним типом вантажного вагона в експлуатації є напіввагон. Несуча конструкція цього вагона складається з рами та кузова. Найбільш навантаженим режимом її експлуатації є маневрове співударяння вагонів. Варто сказати, що внаслідок періодичної дії повздовжніх навантажень на раму піввагона та кузов, підвищених швидкостей співударянь в умовах маневрових робіт та інших експлуатаційних режимів можуть ставатися такі пошкодження, як тріщини, деформації, обриви зварювальних швів тощо.

Актуальність роботи. Справний стан рухомого складу, що перебуває в експлуатації, – невідмінна умова його нормального функціонування

[1–5]. Відповідальність за якість виконаного технічного обслуговування, ремонту та безпеку руху вагонів покладається як на працівників, які безпосередньо здійснюють технічне обслуговування та ремонт, так і на майстрів, начальників заводів, депо, майстерень, пунктів підготовки вагонів до перевезень та пунктів технічного обслуговування.

Питання оптимізації та удосконалення кузовів вантажних вагонів висвітлюються у публікаціях [6–10]. Зазначені удосконалення орієнтовані на подовження строку експлуатації вагонів. Автори статті провели аналітичний огляд публікацій із питань забезпечення міцності несучих конструкцій вагонів за експлуатаційних режимів навантажень [6–9].

Аналіз літературних джерел [1–10] дозволяє зробити висновок, що досі питання покращення міцності несучих конструкцій вагонів шляхом удосконалення основних несучих елементів кузовів і використання наповнювачів в їх складових частинах не висвітлювалися. Це зумовлює необхідність здійснення відповідних досліджень та напрацювань у зазначеному напрямі.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є аналіз засобів контролю типових і композитних кузовів напіввагонів. Для досягнення поставленої мети треба виконати низку завдань, зокрема дослідити посилення металевих деталей у машинобудуванні, типові та перспективні (композитні) конструкції кузовів напіввагонів, пристрої для контролю геометрії в різних галузях виробництва.

Матеріали і результати дослідження. Усі вагони піддаються технічному обслуговуванню в пунктах підготовки вагонів до перевезень, на станціях формування та розформування поїздів, а в дорозі на станціях, передбачених у графіку руху поїздів. Правила технічної експлуатації забороняють подачу під навантаження вантажів та посадку людей без пред'явлення вагонів до технічного обслуговування та запису у спеціальному журналі про визнання їх придатними. Мета технічного обслуговування та контролю – підтримання залізничних засобів у технічно справному стані та належному зовнішньому вигляді, забезпечення надійності, економності, безпеки руху та екологічної безпеки.

Посилення металевих деталей у машинобудуванні. Під час проектування високонавантажених деталей з комплексною геометрією доцільно застосовувати комбіновані рішення, зокрема

посилення несучої металевої конструкції композитними елементами (рис. 1).

Так, посилення алюмінієвого підрамника матеріалами Hexcel дозволило досягти зниження маси на 50% порівняно з рівною за міцністю металевою конструкцією. Крім цього, випробування показали значне зниження низькочастотних вібрацій кузова при використанні такого способу посилення.

Magneti Marelli інтегрували композитний елемент у поперечну балку несучої конструкції кузова з метою оптимального розподілу навантаження та зниження маси на 30%.

Коли необхідно домогтися посилення кузова та збільшення жорсткості на кручення без збільшення маси, використовуються елементи з вугле-наповненого поліаміду. Таке рішення обкатане як на легкових автомобілях, так і на позашляховиках класу SUV.

Типові та перспективні (композитні) конструкції кузовів напіввагонів. Типові напіввагони використовують для перевезення вантажів, переважно не чутливих до кліматичних впливів. Найчастіше цей тип залізничних вагонів використовують для перевезення вугілля, руди чорних металів, зерна, гравію та щебеню.

З кожним роком спостерігається ширше застосування деталей з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) (рис. 2) у різних галузях виробництва. Все частіше можна побачити композитні деталі у виробках не лише авіаційної чи космічної промисловості, а й автомобілебудування.

Для розширення функціональних можливостей напіввагонів шляхом їх адаптації до перевезень вантажів, що потребують захисту від атмосферних впливів, застосовують зйомні дахи.



а – поперечна балка Magneti Marelli, посилена ПКМ



б – сталевий кузов автомобіля, посилений елементами із ПКМ

Рис. 1. Посилення несучої металевої конструкції композитними елементами



а – вагонне укриття з поліпропілену



б – двошаровий вагонний вкладиш

Рис. 2. Застосування деталей з полімерних композиційних матеріалів

Також для функціональних можливостей є технологія вагонного укриття (рис. 2а).

Вагонне укриття виготовляється з ламінуючого поліпропілену з використанням технології герметизації швів. Даний варіант укриття більш доцільний у використанні для транспортування вантажів у відкритому напіввагоні насипом «з гіркою». Це пояснюється тим, що за рахунок такого виду завантаження укриття натягується на вантажі, тому накопичення опадів і потрапляння вологи на вантаж під час проміжного простою вагона виключене.

Можна використовувати вагонні вкладиші, які призначені для напіввагонів для перевезення сипких вантажів насипом у відкритих залізничних напіввагонах. Вони забезпечують захист вантажу від впливу навколишнього середовища, виключають його розпилення шляхом прямування, не допускають забруднення як вантажу, так і рухомого складу. На рис. 2 представлений двошаровий вагонний вкладиш (рис. 2б) із ламінованого поліпропіленового полотна високої щільності (зовнішній шар) та поліетиленової плівки (внутрішній цільнозварний шар). Зовнішні шви вкладки додатково захищені липкою вологостійкою стрічкою.

Пристрої для контролю геометрії в різних галузях виробництва. Тривимірний контроль геометрії деталей сьогодні є дуже затребуваною послугою. За його допомогою можна гарантовано отримувати оптимальний результат, що дозволяє виготовляти найбільш стійкі до зносу деталі. Технології постійно розвиваються, тому доцільно завжди користуватися передовими підходами, за допомогою яких буде можливість покращувати якість виробленої продукції.

Контроль якості спрямований на вимір габаритів виробничих частин. Це необхідне, але складне для виробників завдання у процесі виробництва.

Що стосується забезпечення якості точних механічних частин, то перевірка якості є виключно важливою.



Рис. 3. Ручний 3D-сканер Scantech

Технолог контролю якості несе відповідальність за виявлення помилок, що виникають у процесі виробництва, та здійснення коригуючої дії для усунення дефектів. Традиційний вимірювальний прилад (координатний вимірювальний прилад) не лише дорогий, а й стикається з кількома перешкодами. Що стосується вигнутої та м'якої поверхні, деформованих та великогабаритних предметів, то повні тривимірні дані важко виходять, процес виміру може бути швидким внаслідок механічного руху. Такий контактний вимір викликає механічне зношування зондів і поверхні предметів.

Ручні 3D-сканери Scantech (рис. 3) є рішенням, поки технологія лазерного тривимірного вимірювання точно та ефективно не вирішила зазначені проблеми. Такі безконтактні лазерні 3D-сканери здійснюють захоплення точних даних. За допомогою спеціального програмного забезпечення для 3D-сканування ScanViewer інженери можуть зіставляти 3D-модель з оригінальною CAD-моделлю для встановлення відхилень. Акт перевірки автоматично сформований для моніторингу виробничого процесу.

3D-сканування забезпечує досить високу точність порівняно із застарілими технологіями обмірювання автомобілів. Тимчасові витрати на проведення вимірювальних робіт скорочуються лише до кількох годин. 3D-сканування дозволяє зробити цифрову копію машини як невеликого розміру, так і великогабаритної техніки цілком або у розборі. Завдяки новим технологіям стало набагато простіше здійснювати контроль продукції, що випускається, за винятком бракованих елементів. Віртуальне складання з комплектуючих економить час та витрати. Також з'явилася можливість автоматизувати контроль якості на виробництві за допомогою установки на конвеєр 3D-сканера на роботі-маніпуляторі.

Тривимірне сканування об'єктів значно спрощує контроль продукції та відбраковування неякісних деталей. 3D-сканування дозволяє знімати показники з деталей дрібного розміру з огляду на найменші особливості їхньої геометрії.

Висновок. Основними причинами несправностей кузовів є порушення правил навантаження та вивантаження вантажів, порушення правил маневрових робіт та порушення технологічного процесу ремонту та контролю.

Нині екологічність, зниження викидів та зниження маси транспортних засобів є необхідним для залізниці України. Широке використання полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) у масовому вагонобудуванні та автомобільному виробництві пов'язане з появою нових матеріалів та засобів контролю. Однак у боротьбі за мінімальну масу та передові матеріали не слід забувати про екологію. Розвиток вторинної переробки композитів – завдання не менш важливе, ніж досягнення виняткових показників конструкцій.

Розглянуто пристрої для контролю геометрії в різних галузях виробництва, використання ручних 3D-сканерів. За допомогою спеціального програмного забезпечення для 3D-сканування ScanViewer інженери зможуть зіставляти 3D-модель з оригінальною CAD-моделлю для встановлення відхилень.

Використання приладів та пристроїв для контролю геометрії кузовів на залізниці суттєво економить час та мінімізує трудовитрати персоналу, скорочує витрати на технічне обслуговування та ремонт вантажних вагонів, а також покращує умови роботи оглядачів-ремонтників вагонів та слюсарів з ремонту рухомого складу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сосунов Н.Н. Підвищення ефективності процесів експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу у системі ремонтних підприємств галузі. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. Луганськ, 2006. С. 219–223.
2. Load of a semi-car having the dismountable roof of composites / O.V. Fomin, A.O. Lovska, A.M. Fomina, L.O. Vasylieva, R.V. Sushchenko. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2023. Issue 1, 94–98 p. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/094>.
3. Дослідження динамічної навантаженості несучої конструкції піввагона з пружно-в'язким наповнювачем у хребтовій балці. *Наука та прогрес транспорту / А.О. Ловська, О.В. Фомін, А.В. Рибін. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2021. С. 59–66. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2021/242038>.
4. Визначення динамічної навантаженості напіввагона із замкненою хребтовою балкою, заповненою наповнювачем / А.О. Ловська, О.В. Фомін, А.В. Рибін, Г.О. Лебідь. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. ТНУ імені В.І. Вернадського. Київ, 2021. Том 32 (71) № 4. С. 247–251. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.4/38>.
5. О.В. Фомін, М.І. Горбунов, А.О. Ловська, А.В. Рибін. Визначення навантаженості концепту несучої конструкції напіввагона з випуклою обшивкою та наповнювачем в хребтовій балці. *Залізничний транспорт України*. 2021. № 4. С. 30–37.
6. Залізничний піввагон з глухим кузовом Україна: пат. України на винахід № 110571, МПК (2015.01) B61D 3/00 B61D 7/06 (2006.01) B61 D 17/08 (2006.01) / Фомін О.В., Фоміна Ю.В. власник: автори. № a201411018; заявка 09.10.2014; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1. URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=219272>.
7. Моделювання технологічних деформацій конструкційних елементів з композитних матеріалів / А.Е. Ушаков, А.А. Сафонов, І.В. Сергеичев, А.Ю. Константинов, Ф.К. Антонов. *Проблеми машинобудування та надійності машин*. 2014. № 1. С. 46–52.
8. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015. 250 с.
9. Лаврухін О.В. Вантажні перевезення на залізничному транспорті : підручник. Харків : УкрДУЗТ. 2015. Ч. 1. 260 с., рис. 43, табл. 52. ISBN 978-617-654-037-3.
10. Борзилов І.Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів : підручник : 2-ге вид., перероб. та доп. Харків : ТО «Ексклюзив», 2011. 256 с.

MEANS OF CONTROL OF TYPICAL AND COMPOSITE GONDOLAS BODIES

Oleksiy Fomin

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department “Cars and Carriage Facilities”
State University of Infrastructure and Technologies, 19 I. Ohienko istr., Kyiv, Ukraine, 03049,
fominaleksejvictorovic@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2387-9946

Oleksandr Kozynka

Postgraduate student of the Department “Cars and Carriage Facilities”
State University of Infrastructure and Technologies, 19 I. Ohienko istr., Kyiv, Ukraine, 03049,
kozynka1520mm@gmail.com
ORCID: 0009-0009-3012-581X

The means of control of typical and composite bodies of gondolas, which will prevent the possible loss of bulk cargoes and increase the level of train traffic safety, are considered. Methodology. To expand the functionality of gondolas by adapting them to the transportation of goods that require protection from atmospheric influences, the use of a removable roof made of composite material is proposed. When designing highly loaded parts with complex geometry, the application of combined solutions is considered. Typical and prospective (composite) designs of gondolas bodies were also considered. The work examines devices for geometry control in various branches of production. Findings. A popular trend is the use of hand-held 3D scanners, with the help of special 3D-scanning software ScanViewer, thanks to which engineers will be able to compare the 3D model with the original CAD model to establish deviations. 3D-scanners are used to measure body geometry in various types of production activities. Originality. The technology of large-scale industrial 3D-scanning has no competitors both in the speed of data processing and in the accuracy of the resulting model. It will be especially useful for organizations that manufacture and operate large-sized equipment, as well as monitor the process of building operation. Three-dimensional models can be conveniently sorted into different catalogs and stored in digital archives – safe file storages for today. Three-dimensional scanning of objects greatly simplifies product control and rejection of low-quality parts. 3D-scanning allows you to take indicators from small-sized parts, taking into account the smallest features of their geometry. Practical value. Conducted studies on body control, which will contribute to the improvement of the efficiency of the operation of gondolas, as well as the creation of studies on the design of innovative structures of rolling stock. Conclusions. Analysis of means of control of typical and composite gondolas bodies was carried out. The strengthening of metal parts in mechanical engineering has been considered. Typical and prospective (composite) designs of gondolas bodies are considered. The considered devices for geometry control in various branches of production.

Key words: freight car, gondolas body, control devices, universal gondola, train traffic safety.

REFERENCES

1. Sosunov N.N. (2006). Pidvyshchennia efektyvnosti protsesiv ekspluatatsii ta tekhnichnoho obsluhovuvannia rukhomoho skladu u systemi remontnykh pidpriemstv haluzi. [Improvement of the efficiency of operational processes and maintenance of rolling stock in the system of repair enterprises of the branch.] *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia. Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after V. Dalia*, pp. 219–223. [in Ukrainian].
2. Fomin O.V., Lovska A.O., Fomina A.M., Vasylieva L.O., Sushchenko R.V. *Load of a semi-car having the dismountable roof of composites. Scientific Bulletin of National Mining University*. 2023. Issue 1, 94–98 p. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/094>.
3. Lovska, A.O., Fomin, O.V., Rybin, A.V. (2021). Doslidzhennia dynamichnoi navantazhenosti nesuchoi konstruktsii pivvahona z pruzhno-viazkym napovniuvachem u khrebtovii baltsi. Nauka ta prohres transportu. [Study of the dynamic loading of the bearing structure of a gondola with an elastic-viscous filler in the backbone beam. Science and progress of transport.] *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu. Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, pp. 59–66. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2021/242038> [in Ukrainian].
4. Lovska A.O., Fomin O.V., Rybin A.V., Lebid G.O. (2021). *Vyznachennia dynamichnoi navantazhenosti napivvahona iz zamknenoiu khrebtovoiu balkoiu, zapovnenoio napovniuvachem. [Determination of the dynamic load capacity of a gondola with a closed backbone beam filled with filler.] Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho: Serii: Tekhnichni nauky. [Scholarly notes of the Tavri National University named after V.I. Vernadskyi: Series: Technical sciences]. TNU imeni V.I. Vernadskoho. Kyiv: TNU named after V.I. Vernadskyi. Volume 32(71) No. 4. (pp. 247–251.) URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.4/38> [in Ukrainian].*
5. Fomin O. V., Gorbunov M. I., Lovska A. O., Rybin A. V. (2021). *Vyznachennia navantazhenosti kontseptu nesivnoi konstruktsii napivvahona z vypukloiou obshyvkoio ta napovniuvachem v khrebtovii baltsi. [Determination of the loading capacity of the concept of the non-loading structure*

of a gondola with convex skin and filler in the backbone beam]. Railway transport of Ukraine. No. 4. (pp. 30–37.) [in Ukrainian].

6. Fomin O.V., Fomina Y.V. (2016). *Zaliznychnyi pivvahon z hlukhym kuzovom Ukraina: pat. Ukrainy na vynakhid – Railway gondola with a hollow body Ukraine: pat. of Ukraine for invention* No. 110571, IPC (2015.01) B61D 3/00 B61D 7/06 (2006.01) B61 D 17/08 (2006.01) owner: authors. No. a201411018. application 09.10.2014; publ. 12.01.2016, Bull. No. 1. URL: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=219272> [in Ukrainian].

7. Ushakov A.E., Safonov A.A., Sergeychyev I.V., Konstantinov A.Y., Antonov F.K. (2014). *Modeliuvannia tekhnolohichnykh deformatsii konstruktsiinykh elementiv z kompozytnykh materialiv. [Modeling of technological deformations of structural elements from composite materials]*. Problems of machine construction and machine reliability. No. 1. (pp. 46–52.) [in Ukrainian].

8. Vahony vantazhni. Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh vahoniv kolii 1520 mm (nesamokhidnykh). [General requirements for calculations and design of new and modernized wagons of 1520 mm gauge (non-self-propelled)]. Wagons. (2015). DSTU 7598:2014. [Effective from 2015-07-01]. Kyiv. [in Ukrainian].

9. Lavrukhin O.V. etc. (2015). *Vantazhni perevezennia na zaliznychnomu transporti: pidruchnyk. [Freight transportation by rail transport: a textbook.]* Kharkiv : UkrDUZT. Part 1. 260 p., fig. 43, tab. 52. ISBN 978-617-654-037-3 [in Ukrainian].

10. Borzilov I.D. (2011). *Tekhnolohiia tekhnichnoho obsluhovuvannia ta remontu vahoniv: pidruchnyk dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv. [Technology of maintenance and repair of wagons: a textbook for higher educational institutions]*. 2nd ed., revision. and add. Kharkiv: TO “Exclusive”. [in Ukrainian].

Стаття надійшла 13.04.2023