

## АНОТАЦІЯ

Фоміна А.М. Удосконалення конструкцій вантажних вагонів шляхом розроблення їх мультифункціональних складових – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт». – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Сєверодонецьк, 2021.

На основі аналізу світових тенденцій розвитку транспортних засобів з'ясовано, що перспективним напрямком їх конструктивного удосконалення є впровадження в складові інноваційних принципів функціонування. Сказане підтверджується визначенням відповідних трендів у різного рівня стратегіях та програмах розвитку транспорту. При цьому особливої актуальності та важливості набувають питання щодо вирішення відповідних завдань для несівних систем засобів транспорту. Серед засобів залізничного транспорту, при розвитку зазначеного напрямку, слід виключну увагу приділити вантажним вагонам, конструкції яких переважно представляють собою загальнонесівні механічні системи. З урахуванням того, що вагон є зручним прикладом для вирішення відповідних загальнотранспортних науково-технічних проблем (тому що він взаємодіє з іншими видами транспорту за рахунок їх інтеперабельності та інтермодальності), можна стверджувати, що отримані наукові напрацювання будуть корисними і для вирішення подібних завдань для інших засобів транспортного машинобудування.

Мета роботи полягає у вирішенні наукового завдання – наукове обґрунтування доцільності розроблення та впровадження мультифункціональних складових вантажних вагонів для поліпшення їх техніко-економічних показників на основі створення та використання в їх конструкціях інноваційних принципів функціонування за умов забезпечення безпеки руху. Впровадження інноваційних принципів функціонування як основи мультифункціональних складових вантажних вагонів дозволить покращити їх роботу по сприйняттю та перерозподілу експлуатаційних

навантажень та суттєво зменшити обсяги негативного накопичення напружень, і як наслідок скоротити різні види пошкоджень.

Наукова новизна цінність дисертаційного дослідження полягає в наступному.

Вперше:

- науково обґрунтовано доцільність розроблення та впровадження мультифункціональних складових вантажних вагонів з метою поліпшення їх техніко-економічних та експлуатаційних показників, що на відміну від традиційного підходу до їх створення дозволяє генерувати їх структурно – параметричні конструктиви зі збільшеною кількістю корисних функцій. Зокрема запропоновано ряд удосконалень концептуального рівня для несівних конструктивів: відкритих та критих вагонів, вагонів-цистерн. Впровадження яких дозволить суттєво зменшити витрати на їх виготовлення та експлуатацію при забезпеченні умов безпеки руху, та створювати їх зразки нового покоління;

- розроблено узагальнюючий універсальний математичний запис (включає визначені: головний критерій пошуку – сумарний вектор дії корисного попередньо-напруженого і/ або деформованого стану; сформовано область допустимих показників, шляхом виділення границь змін їх основних техніко-економічних та експлуатаційних показників; та визначені змінні параметри: величини та напрямки корисних попередніх напружень, величини та напрямки корисних попередніх деформацій) процедури реалізації корисного попередньо-напруженого і/ або деформованого стану в складові вагонних конструкцій. Використання такого запису дозволить визначати оптимальні характеристики для відповідних елементів.

Дістали подальшого розвитку структурно-функціональні конструктивні описи вантажних вагонів за рахунок сформованого блочно-ієрархічного описання місць впровадження мультифункціональних складових в їх несівні системи. Застосування такого описання є ґрунтовним фундаментом для виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з метою суттєвого покращення конструктивної досконалості та функціональності вагонів.

Удосконалено фонд конструктивних виконань окремих складових та загальних конструкцій вантажних вагонів за рахунок розроблення їх мультифункціональних (пружно-дисипативних, нежорстких шарнірних, мультиматеріальних, корисно попередньо-напружених і / або деформованих) концептуальних відображень, що створює наукові передумови для проведення відповідних процедур аналізу та синтезу.

До основних практичних рішень дисертаційної роботи можна віднести:

- отримані результати аналізу міцності за розрахунковими режимами базової та перспективних конструкцій вантажних вагонів;

- запропоновані способи (корисно попередньо-напружений і / або деформований, пружно-дисипативний, нежорсткий шарнірний, мультиматеріальний) зменшення виникаючих напружень в конструкціях вантажних вагонів при їх експлуатації;

- розроблені адекватні скінчено-елементні моделі перспективних конструкцій вантажних вагонів, які можуть бути використанні при проведенні відповідних теоретично-експериментальних досліджень;

- розроблені та запатентовані інноваційні конструкції вантажних вагонів (патенти України: № 129970, № 129971, № 129972, №122862, № 214487, № 130206, № 130207, № 130258, № 131586, №131587, № 134401, №134983, № 134986, №135562, № 139756, № 142162, № 142163);

- положення та рекомендації дисертаційної роботи прийняті до розгляду і впровадження на філії «Панютинський вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця», а також використовуються у навчальному процесі Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля при підготовці фахівців спеціальності 273 – «Залізничний транспорт», що підтверджується відповідними документами.

**Ключові слова:** залізничний транспорт, рухомий склад залізниць, вантажні вагони, мультифункціональні складові.

## ABSTRACT

Fomina A.M. Improvement of constructions of freight wagons by developing their multifunctional components.– Qualifying scientific work on the rights of manuscript.

Thesis for a Doctor of Philosophy Degree in Specialty 273 «Railway transport»; Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, 2021.

Based on the analysis of world trends in the development of vehicles, it was found that a promising area for their constructive improvement is the introduction of innovative principles of operation. This is confirmed by the definition of relevant trends in various levels of strategies and programs for transport development. At the same time, the issues of solving the relevant tasks for non-seeded vehicle systems become especially relevant and important. Among the means of railway transport, in the development of this direction, special attention should be paid to freight wagons, the designs of which are mainly general mechanical systems. Given that the car is a convenient example for solving the relevant general transport scientific and technical problems (because it interacts with other modes of transport due to their interoperability and intermodality), it can be argued that the scientific findings will be useful for similar tasks for others. means of transport engineering.

The purpose of the work is to solve the scientific problem – scientific substantiation of the feasibility of developing and implementing multifunctional components of freight wagons to improve their technical and economic performance based on the creation and use in their designs of innovative principles of operation under traffic safety. The introduction of innovative principles of operation as the basis of multifunctional components of freight wagons will improve their performance in the perception and redistribution of operating loads and significantly reduce the negative accumulation of stress, and as a result reduce various types of damage.

The scientific novelty of the value of the dissertation research is as follows.

For the first time:

- scientifically substantiated the feasibility of development and implementation of multifunctional components of freight wagons in order to improve their technical, economic and operational performance, which in contrast to the traditional approach to their creation allows to generate their structural - parametric designs with increased useful functions. In particular, a number of conceptual level improvements for non-seeded structures have been proposed: open and covered wagons, tank wagons. The introduction of which will significantly reduce the cost of their manufacture and operation while ensuring traffic safety conditions, and create their new generation models;

- developed a generalized universal mathematical record (includes defined: the main search criterion – the total vector of useful pre-stressed and / or deformed state; formed a range of allowable indicators by highlighting the limits of changes in their main technical, economic and operational indicators; magnitude and direction of useful pre-stresses, magnitudes and direction of useful pre-deformations) procedures for the implementation of useful pre-stressed and / or deformed state in the components of car structures. Using such a record will determine the optimal characteristics for the respective elements.

Structural and functional constructive descriptions of freight wagons were further developed due to the formed block-hierarchical description of places of introduction of multifunctional components in their non-sowing systems. The application of such a description is a solid foundation for the implementation of research and development work in order to significantly improve the design perfection and functionality of wagons.

The fund of constructive executions of separate components and general constructions of freight wagons has been improved due to the development of their multifunctional (elastic-dissipative, non-rigid hinged, multi-material, useful pre-stressed and / or deformed) conceptual mappings, which creates scientific preconditions for analysis and preconditions for analysis and preconditions.

The main practical solutions of the dissertation include:

- the results of strength analysis according to the calculated modes of basic and advanced designs of freight wagons;

- the proposed methods (useful pre-stressed and / or deformed, elastic-dissipative, non-rigid hinged, multi-material) reduction of emerging stresses in the structures of freight wagons during their operation;

- adequate finite-element models of perspective designs of freight wagons are developed, which can be used in carrying out the corresponding theoretical and experimental researches;

- developed and patented innovative designs of freight wagons (patents of Ukraine: № 129970, № 129971, № 129972, № 122862, № 214487, № 130206, № 130207, № 130258, № 131586, № 131587, № 1344086, № 134983 , № 135562, № 139756, № 142162, № 142163);

- provisions and recommendations of the dissertation are accepted for consideration and implementation at the branch "Panyutyn Wagons Repair Plant" JSC "Ukrzaliznytsia", and are also used in the educational process of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University in training specialists 273 – "Railway Transport", which is confirmed by relevant documents .

**Keywords:** railway transport, railway rolling stock, freight wagons, multifunctional components.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

### Основні наукові результати дисертації опубліковані в наступних наукових працях:

1. Fomin, Oleksij, Juraj Gerlici, Alyona Lovska, Kateryna Kravchenko, Pavlo Prokopenko, Anna Fomina, and Vladimir Hauser. "Durability Determination of the Bearing Structure of an Open Freight Wagon Body Made of Round Pipes during its Transportation on the Railway Ferry." *Communications-Scientific letters of the University of Zilina* 21, no. 1 (2019): 28-34. <https://doi.org/10.26552/com.C.2019.1.28-34> (періодичне іноземне (словацьке) наукове видання, яке проіндексоване у базі даних Scopus та віднесене до другого квартилю – Q 2)
2. Фомін, О.В. Експериментальне оцінювання показників якості руху вагона-платформи в умовах експлуатації / О.В. Фомін, П.М. Прокопенко, А.М. Фоміна // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій: Серія «Транспортні системи і технології». – Київ: ДУІТ, 2018. – Вип. 32-33. – С. 135-146 (наукове фахове видання України)
3. Фомін, О.В. Математичне моделювання процесу термічної правки балки хребтової вантажних вагонів-платформ / Фомін О.В., Логвіненко О.А., Бурлуцький О.В, Шелест Д.А., Фоміна А.М. // Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Сєверодонецьк: СНУ ім. В.Даля, 2019. – № 3(251) – С. 186-190 (наукове фахове видання України)
4. Фомін О.В. Контрольні випробування вантажного вагона з метою оцінки залишкового ресурсу несучих конструкцій / Фомін О.В., Прокопенко П.М., Бурлуцький О.В., Фоміна А.М. // «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». Том 30 (69) Ч. 2 № 3, 2019 – С. 177-182 DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/31> (наукове фахове видання України)

### Наукові праці апробаційного характеру:

5. Oleksij Fomin, Juraj Gerlici, Alyona Lovskaya, Kateryna Kravchenko, Pavlo Prokopenko, Anna Fomina and Vladimír Hauser Research of the strength of the bearing structure of the flat wagon body from round pipes during transportation on the railway ferry// MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 235. 00003 (DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201823500003>) (*матеріали міжнародної науково-практичної конференції, видання проіндексоване у базі даних Scopus*).
6. Фомін О.В., Математичні моделі варіації характеристик пятен нагріву при термічній правці верхніх обв'язувань піввагонів // Фомін О.В., Бурлуцький О.В., Горбунов М.І., Логвіненко О.А., Фоміна А.М. // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих вчених, Сєверодонецьк-Лиман, 5-7 жовтня 2017 року – Сєверодонецьк: вид-во Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2017. –С. 180 – 184
7. Фомін, О.В., Ключові аспекти ідеології створення перспективних конструкцій рухомого складу / О.В. Фомін, М.І. Горбунов, А.М. Фоміна // Тези LXXIV-ої наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – К.: НТУ, 2018. – 298 с.
8. Фомин, А.В. Экспериментальная оценка показателей качества движения вагонов в составе поезда / А.В. Фомин, П.Н. Прокопенко, А.Н. Фомина // РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «МОЛОДЕЖЬ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ» (с международным участием, «Академия «Болашак», Казахстан, 2019
9. Фомін, О.В. Технічне оцінювання залишкової несівної здатності металоконструкцій напіввагона / Фомін О.В., Прокопенко П.М., Фоміна А.М. // Транспортні системи та технології: проблеми та перспективи розвитку.



Тези доповідей Регіональної науково-практичної конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів і учнів 12 квітня 2019 року [Електронний ресурс] / – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019 – С.24–26.

10. Фомін, О.В. Ключові особливості методики проведення експлуатаційних динамічних випробувань легковагового вантажного вагона / Фомін О.В., Горбунов М.І., Прокопенко П.М., Фоміна А.М. // Тези LXXV-ої наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – К.: НТУ, 2019. – 298

11. Фомін, О.В. Теоретичне оцінювання залишкового ресурсу вагопвірного вагона / Фомін О.В., Прокопенко П.М., Сова С.С., Фоміна А.М. // Транспортні технології та безпека дорожнього руху. Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції, Запоріжжя, 14–15 квітня 2020 р. [Електронний ресурс] / Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. С. 47-49

#### **Додатково відображають наукові результати дисертації:**

12. Фомін, О.В. Удосконалення несучої конструкції вагона-хопера з метою конструктивної протидії виникненню пошкоджень / Фомін О.В., Прокопенко П.М., Фоміна А.М., Омельченко В.О. // Вісник сертифікації залізничного транспорту, - м. Дніпро: ДП «ДОСЗТ», 2019. – № 02/54 (12/2019). – С. 5-16

13. Патент України на корисну модель № 129970, МПК (B61D 5/06 (2006.01)) Залізнична цистерна / Горбунов М.І., Фомін О.В., Прокопенко П.М., Кара С.В., Фоміна А.М., (Україна); власник: СНУ ім. В. Даля. – № u201804499; заявка 24.04.2018; публ. 26.11.2018, Бюл.№ 22/2018.

14. Патент України на корисну модель № 129971, МПК (B61D 5/06 (2006.01)) Залізнична цистерна / Горбунов М.І., Фомін О.В., Прокопенко П.М., Кара С.В., Фоміна А.М., (Україна); власник: СНУ ім. В. Даля. – № u201804500; заявка 24.04.2018; публ. 26.11.2018, Бюл.№ 22/2018.

15. Патент України на корисну модель № 129972, МПК (B61D 5/06 (2006.01)) Залізнична цистерна / Горбунов М.І., Фомін О.В., Прокопенко П.М., Кара С.В., Фоміна А.М., Лебедєв В.С. (Україна); власник: СНУ ім. В. Даля. – № u201804502; заявка 24.04.2018; публ. 26.11.2018, Бюл.№ 22/2018.
16. Патент України на корисну модель №122862, МПК (2017.01) B21D 1/00 B61D 3/00 Спосіб термічної правки обв'язування верхнього піввагона // Фомін О.В., Горбунов М.І., Бурлуцький О.В., Логвіненко О.А., Фоміна А.М. (Україна); власник: автори – № u 2017 08878; заявка 05.09.2017; публ. 25.01.2018, Бюл.№ 2
17. Патент України на корисну модель № 214487 МПК (2018.01) B61D 17/00 /Спосіб виготовлення зварювальної конструкції надп'ятника піввагона// Фомін О.В., Бурлуцький О.В., Логвіненко О.А., Горбунов М.І., Фоміна А.М. (Україна); власник: автори. – № a2017 10934; заявка 09.11.2017; публ. 10.04.2018, Бюл.№ 7.
18. Патент України на корисну модель № 130206, МПК (2018.01) B61D 17/00 (2018.01) B61D 3/00 Кришка люка універсального піввагона / Горбунов М.І., Кара С.В., Фомін О.В., Коваленко В.В., Ловська А.О., Фоміна А.М. (Україна); власник: СНУ ім. В. Даля. – № u 2018 06586; заявка 11.06.2018; публ. 26.11.2018, Бюл.№ 22.
19. Патент України на корисну модель № 130207, МПК (2018.01) B61D 17/00 B61D 17/16 (2018.01) B61D 3/00 Кришка люка універсального піввагона / Горбунов М.І., Кара С.В., Фомін О.В., Коваленко В.В., Ловська А.О., Фоміна А.М. (Україна); власник: СНУ ім. В. Даля. – № u 2018 06587; заявка 11.06.2018; публ. 26.11.2018, Бюл.№ 22.
20. Патент України на корисну модель № 130258, МПК (2018.01) B61D 3/00, Піввагон глуходонний // Фомін О.В., Горбунов М.І., Прокопенко П.М., Цимбалюк А.В., Фоміна А.М., (Україна); власник: автори – № u 2018 07212; заявка 26.06.2018 ; публ. 26.11.2018, Бюл.№ 22

21. Патент України на корисну модель № 131586, МПК (2006): В61D 7/00, В61D 17/00, Критий вагон-хопер для перевезення зерна // Фомін О.В., Горбунов М.І., Прокопенко П.М., Цимбалюк А.В., Фоміна А.М., (Україна); власник: автори – № у 2018 07208; заявка 26.06.2018; публ. 25.01.2019, Бюл.№ 2/2019
22. Патент України на корисну модель №131587, МПК (2016) В61D 7/00, В61F 1/14 (2006.01) Критий вагон-хопер для перевезення мінеральних добрив // Фомін О.В., Горбунов М.І., Прокопенко П.М., Цимбалюк А.В., Фоміна А.М., (Україна); власник: автори – № у 2018 07209; заявка 26.06.2018; публ. 25.01.2019, Бюл.№ 2/2019
23. Патент України на корисну модель № 134401, МПК (2006), В61D 3/00, Піввагон глуходонний// Фомін О.В., Прокопенко П.М., Обуховський В.В., Фоміна А.М. (Україна); власник: автори – № у2018 12990; заявка 27.12.2018; публ. 10.05.2019, Бюл. № 9
24. Патент України на корисну модель №134983, МПК В61D 3/08 (2006.01) Універсальний вагон-платформа // Фомін О.В., М.І. Горбунов, Прокопенко П.М., О.О. Євсєєва, О.В. Бурлуцький, Фоміна А.М. (Україна); власник: автори – № у 201900302; заявка 11.01.2019; публ. 10.06.2019, Бюл. № 11
25. Патент України на корисну модель № 134986, МПК (2006) В61D 7/00 В61D 17/00, Критий вагон-хопер для перевезення зерна // Фомін О.В., М.І. Горбунов, Прокопенко П.М., О.О. Євсєєва, О.В. Бурлуцький, Фоміна А.М. (Україна); власник: автори – № у 201900306; заявка 11.01.2019; публ. 10.06.2019, Бюл. № 11
26. Патент України на корисну модель №135562, МПК (2006): В61D 7/00, В61D 17/00, Критий вагон-хопер для перевезення мінеральних добрив // Фомін О.В., М.І. Горбунов, Прокопенко П.М., О.О. Євсєєва, О.В. Бурлуцький, Фоміна А.М. (Україна); власник: автори – № у 201900308; заявка 11.01.2019; публ. 10.07.2019, Бюл. № 13.
27. Патент України на корисну модель № 139756, МПК 5/06 (2006.01) Залізнична цистерна // Фомін О.В., М.І. Горбунов, Прокопенко П.М.,

О.О. Євсєєва, О.В. Бурлуцький, Фоміна А.М. (Україна); власник: автори – № у 2019 00309; заявка 11.01.2019 ; публ. 27.01.2020, Бюл.№ 2.

28. Патент України на корисну модель № 142162 МПК (2020.01) В61D 3/00 В61D 3/18 (2006.01) 4-х вісний думпкар // Фомін О.В., Склярєнко І.Ю., Левченко О.В., Фоміна А.М., Прокопенко П.М. (Україна); власник: Державний університет інфраструктури та технологій – № у 2019 07841; заявка 11.07.2019; публ. 25.05.2020, Бюл.№ 10

29. Патент України на корисну модель № 142163, МПК (2020.01) В61D 3/00 В61D 3/18 (2006.01) Універсальний критий вагон // Фомін О.В., Склярєнко І.Ю., Скок П.А., Фоміна А.М., Прокопенко П.М. (Україна); власник: Державний університет інфраструктури та технологій – № у 2019 07842; заявка 26.03.2019 ; 25.05.2020, Бюл.№ 10