

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Коваленко Вячеслав Валерійович



УДК 629.463.65

**ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ
ПРИСТРОЇВ НАПІВВАГОНІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ
КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДІВ РОЗРАХУНКІВ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Сєверодонецьк – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
ГОРБУНОВ Микола Іванович,
Східноукраїнський національний університет імені
Володимира Даля Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри залізничного, автомобільного
транспорту та підйомно-транспортних машин.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
МАСЛІЄВ Вячеслав Георгійович,
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки
України, професор кафедри електричного транспорту та
тепловозобудування;

кандидат технічних наук,
БАГРОВ Олександр Миколайович,
Державне підприємство «Український науково-дослідний
інститут вагобудування» Міністерства економічного
розвитку і торгівлі України, завідувач науково-дослідної
групи наукових та експериментальних досліджень на
статичну міцність та втому конструкцій залізничної
техніки.

Захист відбудеться «07» грудня 2019 р. о 14-00 годині на виїзному засіданні спеціалізованої вченої ради Д 29.051.03 при Східноукраїнському національному університеті імені Володимира Даля за адресою: 03049, м. Київ, вул. Івана Огієнка, 17, Державний університет інфраструктури та технологій, аудиторія № 6 а.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля за адресою: 93400, м. Северодонецьк, пр. Центральний, 59а.

Автореферат розісланий «30» жовтня 2019р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 29.051.03



О.С. Ноженко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах високої конкуренції на ринку вантажоперевезень та євроінтеграції України важливою проблемою є вдосконалення процесів транспортування вантажів, у тому числі таких що не потребують захисту від атмосферних опадів (на їх долю припадає більше ніж 70 % від загального об'єму вантажоперевезень), засобами залізничного транспорту. Для сталої безперебійності відповідного перевізного процесу необхідним є забезпечення залізниць справним та конкурентоспроможним рухомим складом. Однак сучасний вітчизняний парк напіввагонів, якими забезпечується перевезення вантажів що не потребують захисту від атмосферних опадів, більше ніж на 90 % складається з фізично та морально застарілих зразків. Результати аналізу можливих напрямків удосконалення напіввагонів дозволив зробити висновок, що особливої уваги заслуговують питання з поліпшення кришок люків які є основою їх розвантажувальних пристроїв та утворюють в конструкції підлогу. Це обумовлено значним впливом досконалості їх конструкції на безпеку руху, а також економічним урахуванням їх затребуваності (комплект становить 14 кришок люків на один напіввагон, при цьому одна кришка люка має масу в середньому 170-200 кг) при виробництві та ремонтах. Особливістю сучасних методів проведення науково-дослідних та конструкторських робіт із удосконалення кришки люка є традиційний предметний підхід з окремим розглядом її елементів. Сказане не дозволяє врахувати особливості взаємодії конструктивних складових кришки люка між собою і дотичними елементами та, відповідно, зробити точний аналіз функціонування цього конструктиву. На сучасному рівні для створення інноваційних конструкцій розвантажувальних пристроїв необхідно розробити і застосувати адаптивні методи їх проектування на основі системного підходу та формалізації процесів функціонування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності Законом України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» Статтею 4 а також відповідно з діючими Державними програмами і концепціями: Стратегічні пріоритетні напрями інноваційної діяльності на 2011-2021 роки; Транспортною стратегією України на період до 2020 року, затвердженою на засіданні Кабінету Міністрів України 20 жовтня 2010 року; Стратегією розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року № 1555-р; Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року № 1259. Дисертація відповідає основним напрямкам реформування транспортного сектору України, а також програмі підвищення безпеки руху на залізницях України, яку затверджено наказом Укрзалізниці № 547-Ц від 15.10.2001 р.

Дослідження за темою дисертації виконувалися автором в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Створення концептуально нових вантажних вагонів модульного типу, як основа забезпечення позицій України на ринках залізничних вантажоперевезень та машинобудування» (№ ДР 0117U000564); «Розвиток наукових принципів діагностування механічних транспортних систем на основі аналізу динамічних коливальних процесів їх елементів» (№ ДР 0116U005509); «Фундаментальні основи створення адекватно-спрямованого напружено-деформованого стану мульти-

функціональних модулів вагоноконструкцій з можливостями перспективного широкого машинобудівного застосування» (№ ДР 0119U100437).

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає у вирішенні наукового завдання – поліпшення техніко-економічних показників залізничних універсальних напіввагонів вітчизняного виробництва за рахунок удосконалення їх розвантажувального пристрою на основі створення та використання нових методів та засобів для структурно-параметричних, експериментальних досліджень та реалізації в їх конструкціях інноваційних принципів функціонування.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені та вирішені **науково-прикладні задачі**, серед яких можна виділити: дослідження та аналіз сучасних конструкцій розвантажувальних пристроїв напіввагонів, особливостей та недоліків їх функціонування та відмінностей; відшукування та наукове обґрунтування визначальних режимів/випадків конструктивного функціонування розвантажувальних пристроїв напіввагонів; розроблення формалізованого фонду конструктивних виконань базових та перспективних конструктивів розвантажувальних пристроїв напіввагонів; розроблення структурно-функціонального описання розвантажувальної системи напіввагонів; розроблення математичного описання для визначення деформованого стану базових та перспективних кришок люків напіввагонів; розроблення математичних залежностей для визначення довговічності базової та перспективних конструкцій кришок люків; створення інноваційних конструктивних виконань розвантажувальних пристроїв напіввагонів та визначення характеристик їх функціонування (зокрема: динамічні показники, міцність, втомна міцність); розроблення способів зі зменшення напружень які виникають в кришках люка при експлуатації; експериментальне підтвердження запропонованих теоретичних положень; оцінка економічного ефекту від реалізації запропонованих технічних рішень з удосконалення розвантажувальних пристроїв напіввагонів.

Об'єкт дослідження – процеси структурно-параметричних аналізу та синтезу розвантажувальних систем рухомого складу залізниць.

Предмет дослідження – принципи, закономірності та нормовані режими функціонування (зокрема розвантаження сипучих вантажів) типового та інноваційного конструктивів розвантажувальних пристроїв напіввагонів; причинно-наслідкові залежності їх несправностей; процедура генерування їх рівноміцнісного конструктиву.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційного дослідження використовувались такі методи та теорії: теорія вирішення винахідницьких задач; методи динаміки і міцності машин; теорія оптимізації; числові методи механіки твердих та деформованих тіл; методи математичного та комп'ютерного моделювання; метод скінченних елементів; математичного планування експерименту; сучасні методи експериментальних досліджень рухомого складу залізниць.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, дисертаційної роботи обумовлені використанням новітніх та загальноприйнятих методів математичного та комп'ютерного моделювання, застосуванням фундаментальних методів аналітичної та прикладної механіки, коректними та виваженими допущеннями, достовірність результатів підтверджується задовільною збіжністю розрахункових і експериментальних даних (розбіжність не перевищує 8 %), адекватністю розроблених моделей.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше: - науково обґрунтовано перспективні напрямки поліпшення техніко-економічних показників напіввагонів за рахунок удосконалення їх розвантажувальних систем та запропоновано науково-прикладний комплекс відповідних рішень з покращення конструктивів, що дозволяє створювати розвантажувальні модулі для вагонів нового покоління;

- встановлено причину наднормативного навантаження кришок люків напіввагонів в середніх частинах повздовжніх обв'язувань, що призводить до виникнення тріщин в цих місцях. Яка полягає в тому, що безторсійний (торсіон відсутній в наслідок вандалізму) розвантажувальний пристрій при вивантаженні сприймає ударне навантаження від одного з упорів (які розташовані не в одній площині). При цьому рівень максимальних еквівалентних напружень досягає критичних значень (в окремих випадках перевищує границі текучості (плинності) та міцності матеріалу);

- розроблено математичну залежність для визначення деформованого стану базових та перспективних конструктивів кришки люка, використання якої дозволяє на теоретичному рівні визначати доцільність впровадження інноваційних конструкцій. Така модель може бути основою для розрахунків деформованого стану і інших вагонних складових, які виконуються як каркасно-підкріплені та безкаркасні оболонки (порожні та з різнофункціональним наповнювачем – типу «сендвіч»);

- розроблено математичні залежності для визначення довговічності (в циклах навантаження) конструкції кришки люка напіввагонів базової та перспективних конструкцій, використання якої дозволяє з достатньою точністю визначити гарантійний термін її функціонування.

Удосконалено структурно-функціональні описання вантажних вагонів за рахунок розроблення структурно-функціональної моделі розвантажувального пристрою, яка відображає взаємозв'язки основних елементів (блоків) конструкції та функцій, які вони виконують. Застосування такої моделі на відміну від традиційних відображень їх конструкцій дозволяє з максимальною повнотою врахувати основні фактори їх функціонування на етапах життєвого циклу. Розроблену модель доцільно використовувати при застосуванні сучасних наукових та інженерних підходів, творчих і пошукових методів для дослідження існуючих та створення перспективних зразків розвантажувальних пристроїв.

Дістали подальший розвиток формалізовані описання вантажних вагонів шляхом:

- розроблення блочно-ієрархічних описань базових виконань кришок люків напіввагонів у вигляді «І»-дерев. Які є ґрунтовною основою для проведення відповідних науково-практичних досліджень з вивчення принципів їх функціонування та конструктивної побудови;

- розроблення варіаційного описання існуючих та перспективних виконань кришок люків напіввагонів, що відображено у вигляді «І-АБО» – дерева, та є виділенням типових та інноваційних функціональних елементів кришки люка і її конструктивних ознак (конструктивні матеріали, конфігурації форми, способи виконання) та особливостей. Представляє собою наочний, зручний засіб компактного представлення та зберігання інформації про великий фонд існуючих, а також патентоспроможних виконань кришок люків. Розроблене варіаційне описання може бути використане для проведення конструктивного морфологічного аналізу, тобто за допомогою методів комбінаторики дозволяє генерувати можливі варіанти кришок люків та

суміжного устаткування з втіленням обраної головної функції (конструктивно-орієнтованої, технологічно-орієнтованої чи ресурсно-орієнтованої).

До основних практичних рішень дисертаційної роботи можна віднести:

- отримані теоретичні та експериментальні результати аналізу міцності (в тому числі з урахуванням статичної та динамічної навантаженості) за типовими і запропонованими розрахунковими режимами базової та перспективних конструкцій розвантажувальних пристроїв напіввагонів;

- запропоновані способи (включення гумових елементів до складу упорів рами та/або відповідних ділянок кришок люків) зменшення виникаючих напружень в розвантажувальних пристроях напіввагонів при вивантаженнях;

- розроблені адекватні скінчено-елементні моделі кришок люків базової та перспективних конструкцій, які можуть бути використанні при проведенні відповідних теоретично-експериментальних досліджень;

- розроблені та запатентовані інноваційні конструкції кришок люків універсальних напіввагонів та способів покращення їх функціонування (патенти України: № 115659, № 115661, № 117537), а також технічні рішення з удосконалення відповідних систем інших вагонів (патенти України: № 122540, № 124715, № 123750);

- запропоновані доповнення нормативного документу (ДСТУ 7598:2014) врахуванням додаткових розрахункових режимів, що відповідає: розкриттю кришки люка при вивантаженні вантажу без торсіону з неодноразовим ударом по одному з упорів поперечних балок рами; неодноразовому відкриттю кришки люка – обпирання кришки люка завантаженого вагону на одну закидку за один кронштейн; силовому підтягуванню (закриттю) кришки люка вивантаженого вагону механізованим пристроєм;

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

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримано особисто автором або за його безпосередньої участі. Наукова робота [3] опублікована без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить: [1] – запропоновані теоретичні положення створення концептуально нових модулів розвантажувальних пристроїв універсальних напіввагонів; [2, 4, 14, 15] – теоретичні та методичні основи впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових в розвантажувальних пристроях напіввагонів; [5, 6] – теоретичні основи параметричного синтезу розвантажувальних пристроїв напіввагонів; [7] – визначені фактори впливу універсального вантажного складу на тягові властивості локомотивів при їх взаємодії; [8, 9, 10, 19] – отримані формалізовані описання конструкцій кришок люків напіввагонів; [11] – результати комплексного розрахунку виконання кришки люка напіввагона з різнотипних матеріалів із проміжним ш-подібним обв'язуванням; [12, 13, 16] – результати визначення перспектив покращення динамічних якостей вантажних вагонів шляхом удосконалення їх конструктивних зв'язків; [17] – результати створення імітаційно-розрахункової комп'ютерної моделі розвантажувальних пристроїв базової конструкції напіввагонів; [18] – теоретичні основи проектування

розвантажувальних пристроїв напіввагонів; [20-25] – запропоновані розрахункові режими дослідження розвантажувальної системи та відповідні технічні рішення.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, доповідались, обговорювались та отримали схвалення на 8 конференціях: XVII міжнародній науково-практичній конференції «Безопасность движения поездов», Московський державний університет шляхів сполучень, 2016 р.(Росія, м. Москва); Всеросійській науково-практичній конференції «Повышение эксплуатационной эффективности подвижного состава и технологических машин», Дальнесхідний державний університет шляхів сполучень, 2016 р.(Росія, м. Хабаровськ); XLI міжнародній науково-практичній конференції «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», Казахстанська академія транспорту та комунікацій імені М.Тинишпаєва, 2017 р., (Казахстан, м. Алмати); VII міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми розвитку транспорту і логістики», Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2017 р.(Україна, м. Одеса); Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та молодих вчених, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2017 р.(Україна, м. Лиман); VIII міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми безпеки на транспорті», Білоруський державний університет транспорту, 2017 р. (Білорусь, м. Гомель); LXXIV науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, Національний транспортний університет, 2018 р. (Україна, м. Київ); VIII міжнародній науково-практичній конференції, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2018 р.(Україна, м. Одеса).

У повному обсязі результати дисертаційної роботи доповідались і були схвалені на розширеному засіданні кафедри «Залізничний, автомобільний транспорт та підйомно-транспортні машини» за участю членів спеціалізованої вченої ради Д29.051.03.

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень опубліковані у: 25 наукових працях, з них 1 англomовна монографія, 10 наукових статей у наукових фахових виданнях України та виданнях які включені до міжнародних наукометричних баз (10 статей за основним змістом дисертації, 1 – без співавторів, 5 – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз (зокрема одна з них входять до Scopus), 8 наукових праць апробаційного характеру, 6 патентів України на корисну модель, які вказані у списку опублікованих праць за темою дисертації.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота має вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел із 149 найменувань і 4 додатки. Повний обсяг дисертації складає 230 сторінки, у тому числі 154 сторінки основного тексту, 6 таблиць, 161 рисунок, 40 сторінок додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, розкрито суть і стан завдання, показано зв'язок роботи з державними науковими програмами, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено його об'єкт і предмет, викладено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, подано інформацію про апробацію роботи і публікації основних результатів.

У першому розділі проведено аналіз сучасних конструкцій розвантажувальних пристроїв напіввагонів, особливостей їх функціонування та відмінностей. Питанням поліпшення розвантажувальних систем рухомого складу та покращенню методів їх проектування присвячена значна кількість наукових праць. Найбільший внесок у цьому напрямку зробили: Амосов Ю.Г., Багров О.М., Бубнов В.М., Горбенко А.П., Горбунов М.І., Горобець В.Л., Голубенко О.Л., Донченко А.В., Дьомін Ю.В., Кельріх М.Б., Мартинов І.Е., Маслієв В.Г., Мороз В.І., Мямлін С.В., Панченко С.В., Сафронов О.М., Сапронова С.Ю., Тартаковський Е.Д., Ткаченко В.П., Устич П.А., Шадур Л.А., Шевченко П.В. та інші. Проте питання покращення розвантажувальних систем мають значний потенціал розвитку. Для оцінки впливу зміни основних параметрів (висоти гофр, товщини листа, кількості та ширини гофр) гофрованого листа на міцнісні якості кришки люка були проведені чисельні розрахункові дослідження в комп'ютерному програмному комплексі. При цьому варіювалися значення наведених параметрів та визначалися значення основних показників: напружень (рисунки 1 а та б).

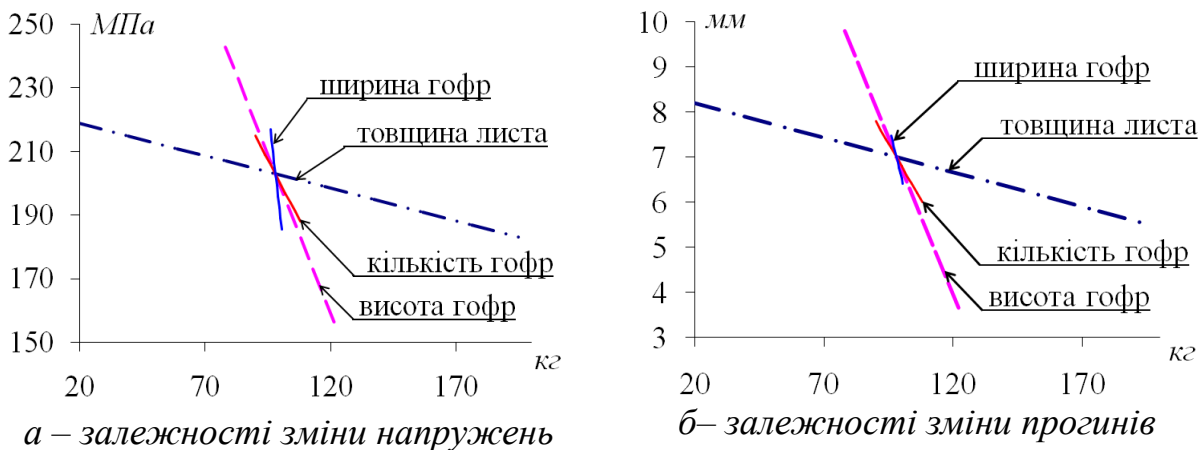


Рисунок 1 – Усереднені графічні залежності зміни основних показників полотна кришки люка від варіювання змінних параметрів

Варіювання проходило наступним чином: за початкові показники висоти гофр, товщини листа, кількості та ширини гофр були обрані значення стандартного полотна кришки люка і для такого розрахункового варіанту визначені максимальні значення напружень та прогинів які виникають в конструкції кришки люка при базовому розрахунковому режимі. В подальшому були створені конструктивні варіанти кришки люка де змінювались значення змінних параметрів полотна кришки люка шляхом їх збільшення на 100% та зменшення на 80 %. Створювались декілька проміжних варіантів конструктивних виконань та були проведені розрахунки з визначення максимальних напружень та прогинів. При проведенні досліджень були отримані залежності, які в усередненому вигляді графічно наведені на рисунку 1. Дослідження отриманих графічних залежностей дозволили зробити наступні висновки: збільшуючи висоту гофр можливо досягти значного збільшення жорсткості без значного збільшення маси; збільшення кількості гофр менш ефективно впливає на збільшення жорсткості ніж зміна їх висоти; зменшуючи

товщину листа можна досягти суттєвого зниження маси при незначній зміні жорсткості; збільшення ширини гофр майже не впливає на зміну жорсткості.

Отримані результати використано в подальших етапах роботи.

У другому розділі наведено розроблені формалізовані та функціональні описання кришок люків. В рамках таких досліджень представлено: конструктивний облік сучасного розвантажувального пристрою напіввагонів; «І-АБО» – дерева (рисунок 2) кришки люка напіввагона; структурно-функціональне описання (рисунок 3) конструкції кришки люка напіввагона; математичне описання для визначення деформованого стану базових та перспективних (рисунок 4) кришок люків напіввагонів; математичні залежності для визначення довговічності базової та перспективних конструкцій кришок люків; запропоновані до врахування додаткові експлуатаційні режими навантаження кришки люка.

Побудова зазначеного «І-АБО» – дерева ґрунтується на застосуванні принципів блочності, ієрархічності, варіативності. Вищезазначені принципи в повній мірі віддзеркалюються у варіаційній блочно-ієрархічній моделі кришки люка напіввагона, яка найбільш інформативно відображається у вигляді «І-АБО» – дерева, та є виділенням функціональних елементів кришки люка, її конструктивних ознак. У загальному випадку при розробці «І-АБО» – дерева кришки люка необхідно дослідити її проект, виділити основні функціональні елементи та їх істотні конструктивні ознаки і особливості. При цьому доцільно виділяти наступні конструктивні ознаки та особливості: Конструктивні матеріали; конфігурації форми; спосіб виконання.

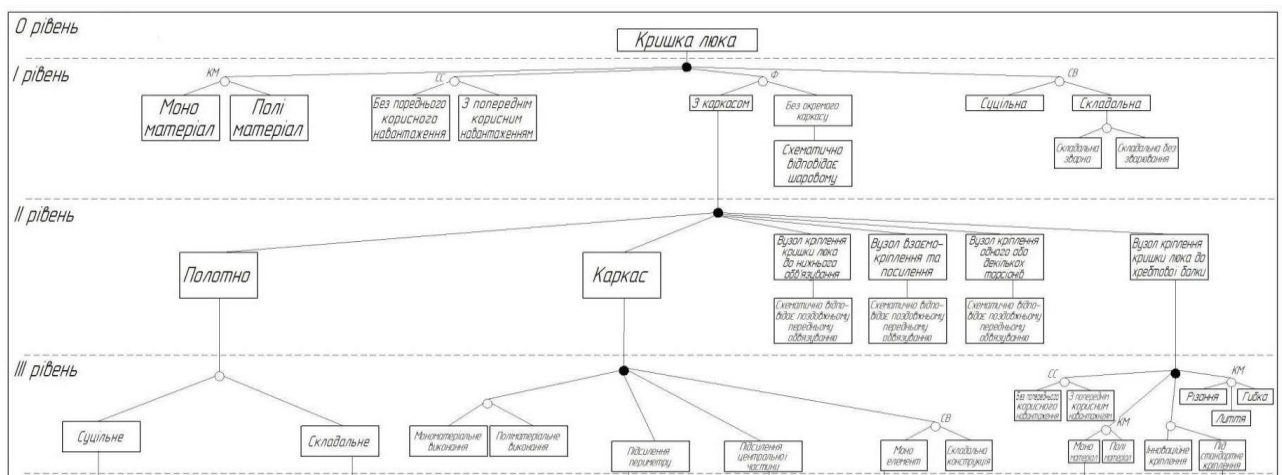


Рисунок 2 – «І-АБО» – дерево конструктивних виконань кришки люка напіввагона (*у зв'язку з обмеженнями друку наведено тільки перші три рівні з семи загальних)

Структурно-функціональне описання кришок люків – відображення його основних елементів (блоків конструкції) і функціональних зв'язків між ними, яке дозволить формалізувати (розширити) описання характеристик функціонування кришок люків напіввагонів та відповідних підсистем, а також використовувати при його конструюванні елементи творчих і пошукових методів, які забезпечують отримання нових патентоспроможних технічних рішень.

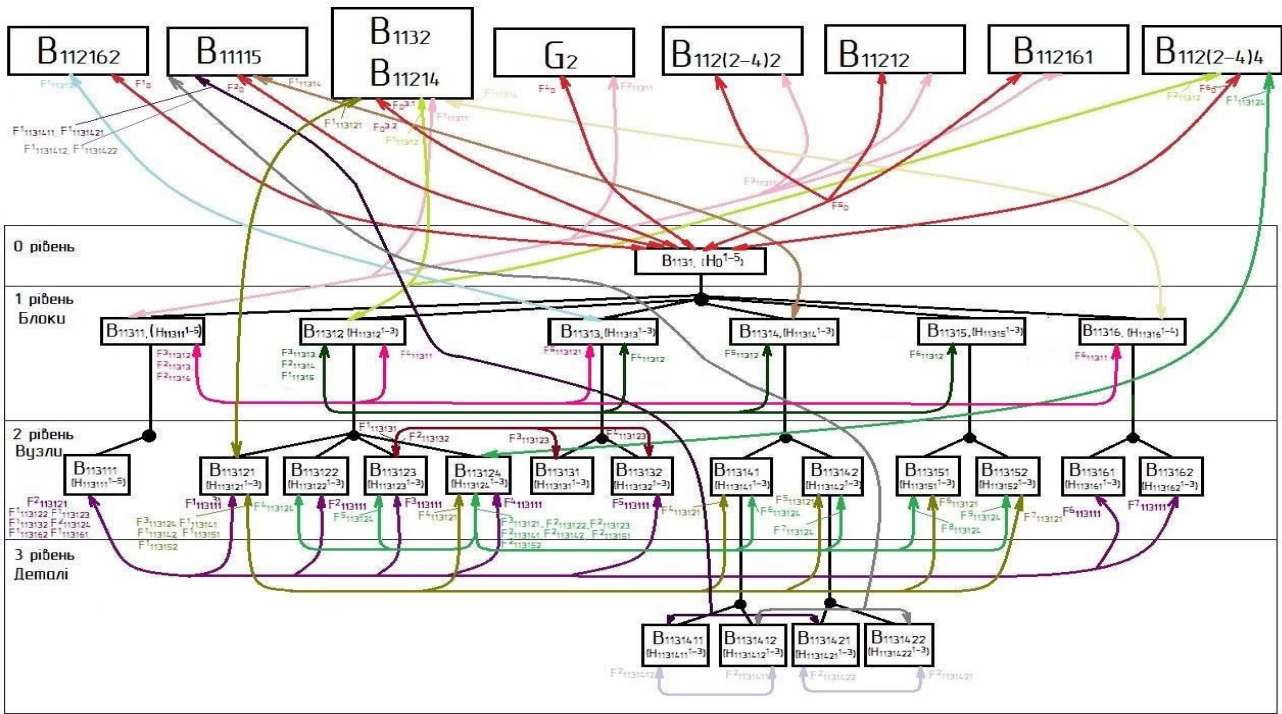


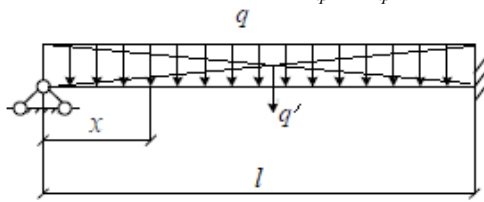
Рисунок 3– Структурно-функціональна модель кришки люка напіввагону

З метою зменшення навантаженості кришки люка напіввагону при дії на неї експлуатаційних навантажень пропонується удосконалення її конструкції шляхом підвищення жорсткості її перерізу.

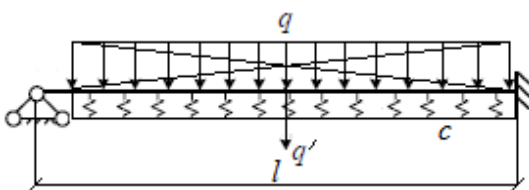
Для визначення прогину кришок люків типової та удосконаленої конструкції проведемо розрахунок. Будемо розглядати кришку люка як прямокутну пластину, дві суміжні частини якої защемлені (зона розміщення запірної механізми), а дві інші – шарнірно обперті (закріплення кришки люка до рами вагона).

Розрахункові схеми кришок люків наведені на рисунках 4 а та б. Прогин V_i в перерізі x визначається:

$$V_i = \frac{l^4 \cdot (1 - \nu_{np}^2)}{24E_{np} \cdot J_{np}} \cdot \left(\frac{x}{l} - 2\frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right) - \frac{l^3 \cdot (1 - \nu_{np}^2)}{48E_{np} \cdot J_{np}} \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x^2}{l^2} \right), \quad (1)$$



а – типова конструкція



б – перспективна конструкція

де $E_{np} \cdot J_{np}$ – згинальна жорсткість; ν_{np} – коефіцієнт Пуасона. Для середини прольоту: $v_i = \frac{l^4 \cdot (1 - \nu_{np}^2)}{192E_{np} \cdot J_{np}}$. Прогин кришки

під дією зовнішнього навантаження $q' = 1$ визначається:

$$\frac{E_{non} \cdot J_{non}}{1 - \nu_{non}^2} \cdot \delta = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot (3 \cdot \xi^2 - 8 \cdot \xi^3 + 6 \cdot \xi^4 - \xi^6),$$

де $\xi = \frac{y}{b}$ – відносна відстань до точки прикладення навантаження.

Рисунок 4 – Розрахункові схеми кришок люків

Довговічність кришки люка (рисунок 5) при симетричному циклі навантаження можна визначити за коефіцієнтом запасу опору втоми:

$$N = N_0 \cdot n^m, \quad (2)$$

де N_0 – база випробувань; n – коефіцієнт запасу опору втоми; m – параметр кривої втоми:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a}, \quad (3)$$

де σ_{-1} – межа витривалості, МПа; σ_a – амплітудне напруження, МПа.

$$m = \frac{\ln N_0 - \ln N}{\ln \sigma_a - \ln \sigma_{-1}}, \quad (4)$$

де N – число циклів до руйнування. Значення межі витривалості: $\sigma_{-1} \approx (0,1 - 0,5) \cdot \sigma_{BP}$, де

σ_{BP} – межа міцності, МПа. Вважаючи, що

Рисунок 5 – Місця встановлення тензорезисторів такою ж властивістю буде володіти коефіцієнт запасу і при несиметричному навантаженні, можна записати:

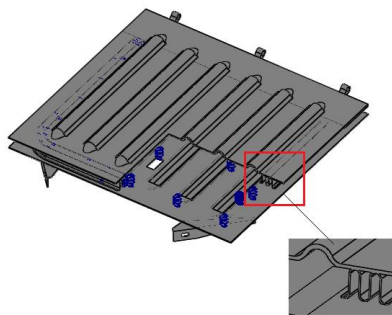
$$N = \begin{cases} N_0 \cdot \left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a + \psi_1 \cdot \sigma_m} \right)^m, & \text{при } 0 \leq \sigma_m \leq \sigma^*, \quad \sigma_{-1} - \psi_1 \cdot \sigma_m < \sigma_a \leq \sigma_{T.P.} - \sigma_m; \\ N_0 \cdot \left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a + \psi_1 \cdot \sigma_m} \right)^m, & \text{при } 0,5 \sigma_{-\infty} \leq \sigma_m \leq \sigma_{\Delta}, \quad \sigma_{-1} - \psi_2 \cdot \sigma_m < \sigma_a \leq \sigma_m + \\ + |\sigma_{T.CЖ.}|, & \text{а також при: } \sigma_{\Delta} < \sigma_m \leq 0; \quad \sigma_{-1} - \psi_1 \cdot \sigma_m < \sigma_a < \sigma_{T.P.} - \sigma_m, \end{cases} \quad (5)$$

де σ_m – середнє значення напруження, МПа; $\sigma_{T.P.}$ – межа плинності при розтягненні, МПа; $\psi_1 = \frac{2 \cdot \sigma_{-1} - \sigma_0}{\sigma_0}$; $\psi_2 = \frac{\sigma_{-\infty} - 2 \cdot \sigma_{-1}}{|\sigma_{-\infty}|}$; $\sigma_{T.CЖ.}$ – межа плинності при стисненні, МПа; $\sigma_{-\infty}$ – межа витривалості при віднульовому від'ємному режимі навантаження, МПа; σ_{Δ} – максимальне значення напруження, МПа. Розроблені теоретичні положення стали основою для розв'язання завдань третього розділу дисертаційного дослідження.

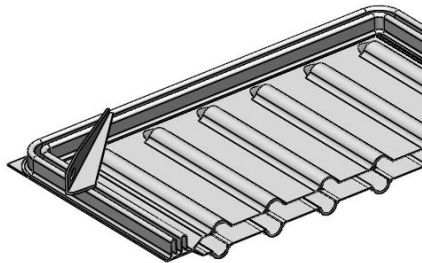
У якості додаткових експлуатаційних режимів навантаження до уваги прийняті схеми її навантаження: 1) імітація розкриття кришки люка (рисунок 8) при вивантаженні вантажу – безторсійний (без урахування роботи торсіону (-ів) неодноразовий (спочатку на один із упорів) удар кришки люка об упори проміжних балок рами вагону з максимальним кутом відкриття; 2) неодноразове відкриття закидок – обпирання кришки люка завантаженого вагону на одну закидку за один кронштейн (випадок коли вже вибили одну закидку, а іншу ще

не встигли); 3) абразивний знос поверхні кришки люка при вивантаженні насипного вантажу; 4) підтягування (закриття) кришки люка вивантаженого вагону ломиком.

У третьому розділі наведено розроблені інноваційні конструкції та способи функціонування кришок люків. Так наведені: узагальнений аналіз напружено-деформованого стану інноваційних кришок люків; способи виготовлення кришки люка напіввагона з зчленованих листів та з обв'язкою з одного профілю сформованого шляхом згинання; спосіб зниження механічного її зношення (рисунок 7); особливості та результати досліджень міцності базового, поліматеріального каркасного з міжлистовим Ш-подібним обв'язуванням (рисунок 6 а), поліматеріального каркасного з поверхлистовим Ш-подібним обв'язуванням (рисунок 6 б), попередньо навантаженого виконань (рисунок 9) конструкції кришки люка напіввагона при основних та додаткових експлуатаційних режимах навантаження.



а - міжлисто́ве



б - поверхлисто́ве

Рисунок 6 – Комп'ютерні розрахункові моделі поліматеріальних каркасних виконань кришок люків з Ш-подібним обв'язуванням

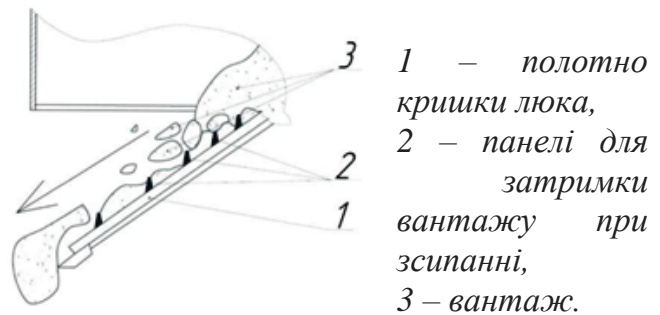
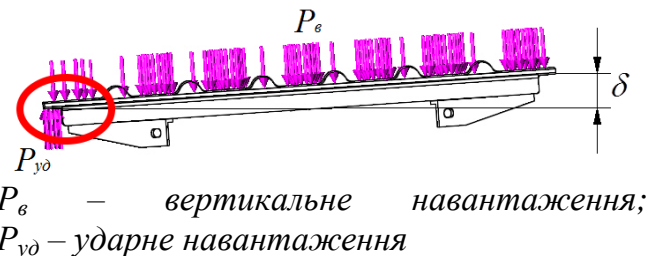
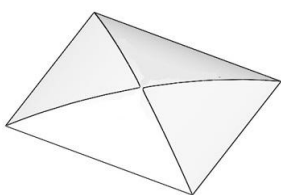


Рисунок 7 – Пояснення способу зниження зношення кришки люка

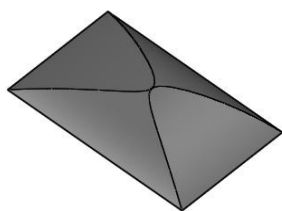


P_v – вертикальне навантаження;
 $P_{уд}$ – ударне навантаження

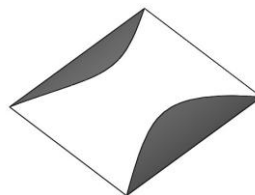
Рисунок 8 – Розрахункова модель при безторсійному розвантаженні



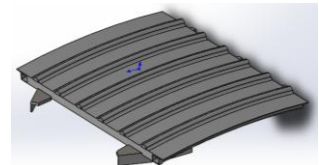
а



б



в



г

Рисунок 9 – Варіанти створення попереднього навантаження в кришці люка

Запропоновано спосіб виготовлення кришки люка напіввагона шляхом спрощення процедури формування обв'язок згинанням одного профілю. При цьому пропонується декілька способів формування обв'язки: формується по контуру гофрованого полотна та по одній з діагоналей гофрованого полотна; формується по контуру гофрованого полотна та по діагоналям гофрованого полотна; формується по контуру гофрованого полотна та зигзагами на гофрованому полотні; у вигляді Ш-подібного профілю.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено актуальне та важливе наукове завдання – поліпшено техніко-економічні показники залізничних універсальних напіввагонів вітчизняного виробництва за рахунок удосконалення їх розвантажувального пристрою на основі створення та використання нових методів та засобів для структурно-параметричних, експериментальних досліджень та реалізації в їх конструкціях інноваційних принципів функціонування. Основні результати, висновки та рекомендації дисертації полягають у такому:

1. З'ясовано, що: збільшуючи висоту гофр полотна кришки люка можливо досягти значного збільшення жорсткості конструкції без значного збільшення маси; збільшення кількості гофр менш ефективно впливає на збільшення жорсткості ніж зміна їх висоти; зменшуючи товщину листа можна досягти суттєвого зниження маси при незначній зміні жорсткості; збільшення ширини гофр майже не впливає на зміну жорсткості.

2. В результаті комплексу досліджень сучасних конструктивних виконань базових проектів кришок люків побудовано їх формалізовані описання в вигляді «I»-дерев. При цьому з'ясовано, що в загальній ієрархічній побудові («I»-дерев) на блочному рівні вони мають однаковий конструктив, який включає такі 6 блоків: лист кришки люка, каркас, блок кріплення кришки люка до хребтової балки, блок кріплення кришки люка до нижньої обв'язки напіввагона, блок взаємокріплення та посилення, блок кріплення торсіонного пристрою. Розроблені блочно-ієрархічні описання існуючих кришок люків у вигляді «I»-дерева доцільно використовувати при проведенні відповідних інженерних та наукових досліджень.

3. В результаті аналізу конструктивних виконань основних сучасних проектів кришок люків з'ясовано, що вони мають традиційно-базову основу (каркасно-підкріплене полотно) сформовану в 70-х рр. минулого століття, характеризується масою від 165 кг до 201 кг, включають понад 20 складових елементів, та мають 2 ключові відмінні особливості: спосіб кріплення петель (зварювальне чи заклепкове з'єднання), гофроване чи плоске виконання полотна.

4. На основі аналізу особливостей функціонування розвантажувальних пристроїв вантажних вагонів, їх конструктивних особливостей, загальноприйнятих трендів розвитку механічних та несівних конструктивів, визначені перспективні напрямки їх розвитку та науково обґрунтовані шляхи їх реалізації. До таких шляхів віднесено: створення рівномісних конструктивів; відшукування безкаркасних виконань зі зменшеною кількістю елементів; конструктивне впровадження до кришки люка та/або опорних поверхонь адаптивно-демфуючих блоків; введення засобів протидії абразивному та корозійному зносам; конструктивне поліпшення вузлів кріплення та фіксації, а також торсійного механізму; створення їх оболонкових конструктивів як «сандвіч» виконань з комплексними пружно-дисипативними властивостями.

5. В результаті аналізу особливостей функціонування розвантажувальних пристроїв напіввагонів з'ясовано, що доцільними для врахування, з точки зору виникнення максимальних напружень в конструктивні, є визначені додаткові розрахункові режими, що відповідає: - безторсійному розкриттю кришки люка при вивантаженні вантажу з неодноточасним ударом по одному з упорів (площі опорних поверхонь не співпадають – розташовані в різних рівнях) поперечних балок рами (значення напружень досягає 215,3 МПа); - неодноточасному відкриттю закидок розвантажувальних пристроїв напіввагонів – обпирання кришки люка завантаженого вагону на одну закидку за один кронштейн (рівень напружень досягає 90,3 МПа); - силовому підтягуванню (закриттю) кришки люка вивантаженого вагону механізованим пристроєм (рівень напружень досягає 60 МПа);- урахування негативної дії абразивного та корозійного зносів полотна кришки люка, який може досягти 0,4 мм/рік.

6. Розроблене варіаційне описання кришки люка універсальних напіввагонів включає декомпозицію на 7 ієрархічних рівнях та понад 80 виділених елементів. Результати перевірки працездатності запропонованого методу варіаційних описань засвідчили його ефективність та доцільність застосування у відповідних передпроектних та проектних процедурах. Так, розроблене та представлене у роботі варіаційне описання кришки люка напіввагону у вигляді «І-АБО» – дерева дозволило згенерувати нові патентоспроможні технічні рішення, також воно може бути використане для проведення морфологічного аналізу, тобто за допомогою методів комбінаторики дозволяє генерувати нові можливі варіанти кришок люків з втіленою головною функцією (конструктивно-орієнтованою, технологічно-орієнтованою чи ресурсно-орієнтованою).

7. При створенні структурного-функціонального описання розвантажувального пристрою напіввагонів з'ясовано, що воно включає 32 взаємодіючих елемента, 3 головних функцій, понад 10 допоміжних функцій. Результати його аналізу дозволили обґрунтувати наступне твердження: полотно кришки люка є основним елементом, структурно-параметричні та функціональні властивості якого визначають відповідні характеристики (форма, принцип дії, матеріал та інше) інших вузлових та базових елементів її конструкції. А каркас характеризується такою основною функцією, як силове підкріплення полотна та є базою для розміщення вузлів кріплення кришки люка до хребтової балки, до нижнього обв'язування. Це свідчить про те, що при умові включення основних функцій каркасу до полотна шляхом конструктивного удосконалення можливо створити безкаркасне виконання кришки люка. Наприклад, властивості кришки люка окрім сприйняття без ушкоджень експлуатаційних навантажень розширити пружно-демпфуючими властивостями за рахунок використання мультиматеріального підходу.

8. Розроблені математичні залежності та комп'ютерні скінчено-елементні моделі визначення деформованого стану та довговічності конструкцій кришок люків напіввагонів є адекватними (величина середньо квадратичних відхилень не перевищує 8 %) і їх доцільно використовувати при проведенні відповідних науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт.

9. В результаті конструктивного та міцнісного аналізів запропонованих і запатентованих інноваційних кришок люків універсальних напіввагонів з'ясовано, що їх впровадження дозволить суттєво (понад ніж на 40 %) знизити собівартості їх виготовлення та експлуатації при виконанні умов міцності.

10. При визначенні економічної ефективності впровадження інноваційного розвантажувального пристрою з'ясовано, що економічний ефект в розрахунку на одну кришку люка складатиме 2462 грн, а на один вагон – 34468 грн.

11. Запропоновані теоретичні положення, методологічні основи та практичні засоби оптимізації вагонів та їх складових доцільно використовувати для вирішення аналогічних задач і для інших типів рухомого складу, а також об'єктів транспортного машинобудування. Окрім цього, ці підходи можна використовувати не лише під час проектування, але й для аналізу наявних рішень.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковані у наступних наукових працях:

1. Theoretical foundations for conceptually new rolling stock modules. Part 1: monograph / Gorbunov M. I, Fomin O. V, Kovalenko V. V, Domin R. Yu.; Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. – Dnipro : Aksept PP, 2017. – 100 p.
2. Фомін, О.В. Можливості застосування попередньо напружених конструкцій в залізничному машинобудуванні / О.В. Фомін, М.І. Горбунов, А.А. Стецько, В.В. Коваленко // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Київ: ДЕТУТ, 2016. – Вип. 29. – С. 37-53
3. Kovalenko, V. Structural and functional analysis of tank containers/ V. Kovalenko / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2017, No. 1 – P. 26-31. (включений до міжнародних наукометричних баз *Index Copernicus, eLibrary*)
4. Фомін, О.В. Систематизація конструктивно-технологічного впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових вантажних вагонів за критерієм діючих навантажень на етапах життєвого циклу / Фомін О.В., Стецько А.А., Коваленко В.В. // Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Северодонецьк: СХУ ім. В.Даля, 2017. – № 4(234) – С. 219-226.
5. Фомін, О.В. Сучасний стан конструктивної досконалості бункерних вагонів для перевезення зернових та перспективи їх розвитку / Фомін О.В., Мурашова Н.Г., Воропай В.С., Коваленко В.В. // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Вип. 34. – Маріуполь: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2017.– С. 192 -201.
6. Фомін, О.В. Теоретичний базис параметричного синтезу несучих систем вагонів/ О.В. Фомін, О.М. Горобченко, Н.С. Кочешкова, В.В. Коваленко// Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: науковий журнал. – м. Дніпро: ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2017. – Вип. 4(70) – С. 117-128. doi 10.15802/stp2017/109641(Журнал зареєстрован: в міжнародних каталогах періодичних видань: *Ulrichsweb TM, Global Serials Directory, OCLC WorldCat; наукометричних системах Google Scholar, DOAJ, Index Copernicus та ін.*)
7. Gorobchenko, O. Study of the influence of electric transmission parameters on the efficiency of freight rolling stock of direct current [Text] / O. Gorobchenko, O. Fomin, V. Fomin, V. Kovalenko// Eastern-European journal of enterprise technologies. 2018. – 1/3(91). – P. 60-67 (DOI: 10.15587/1729-4061.2018.121713) (журнал включений до наукометричних баз: *Scopus, CrossRef, American Chemical Society, EBSCO, Index Copernicus та інші.*)
8. Фомін, О.В. Формалізовані описання конструкцій кришок люків напіввагонів (частина 2) / Фомін О. В., Горбунов М. І., Коваленко В.В., Флярковська В.О. // Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Северодонецьк: СХУ ім. В.Даля, 2018. – № 1(242) – С. 145-152.

9. Фомін, О.В. Формалізовані описання конструкцій кришок люків напіввагонів (частина 1) / Фомін О.В., Горбунов М.І, Коваленко В.В., Мішук І.Р. // Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Северодонецьк: СХУ ім. В.Даля, 2018. – № 2(243) – С. 216-224.

10. Фомін, О.В. Структурно-функціональне описання конструкції кришки люка / О.В. Фомін, М.І. Горбунов, Н.С. Кочешкова, В.В. Коваленко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: науковий журнал. – м. Дніпро: ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2018. – Вип. 2(74) – С. 133-146. doi: 10.15802/stp2018/130014 (Журнал зареєстрован: в міжнародних каталогах періодичних видань: Ulrichsweb TM, Global Serials Directory, OCLC WorldCat; наукометричних системах Google Scholar, DOAJ, Index Copernicus та ін.)

11. Горбунов, М.І. Комплексний розрахунок виконання кришки люка напіввагона з різномісних матеріалів із проміжним ш-подібним обв'язуванням / М.І. Горбунов, О.В. Фомін, А.О. Ловська, В.В. Коваленко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: науковий журнал. – м. Дніпро: ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2018. – Вип. 3(75) – С. 138-148. Doi: 0.15802/stp2018/132863 (Журнал зареєстровано: в міжнародних каталогах періодичних видань Ulrichsweb TM, Global Serials Directory, OCLC WorldCat; Google Scholar, DOAJ, Index Copernicus та ін.)

Наукові праці апробаційного характеру:

12. Фомин, А.В. Инновационные конструктивные решения в модернизированных вагонах для перевозки окатышей модели 20-9749 / А.В. Фомин, Н.И. Горбунов, В.В. Фомин, В.В. Коваленко // Сборник научных трудов по итогам XVII научно-практической конференции «БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ Поездов» 27-28 октября 2016 г. – г. Москва: МГУПС (МИИТ), 2016 – С. II-76.

13. Фомин, А.В. Определение перспектив улучшения динамических свойств грузовых вагонов путем совершенствования их конструктивных связей / А.В. Фомин, Н.И. Горбунов, А.В. Гостра, В.В. Коваленко // Вестник Института тяги и подвижного состава: материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Повышение эксплуатационной эффективности подвижного состава и технологических машин», посвященной памяти д-ра техн. наук, проф. В.Г. Григоренко (23 ноября 2016 г.) / под ред. А.Е. Стецюка. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2016. – № 12, – С. 70-72

14. Фомин, А.В. Обобщающее структурно-логическое поле определения компенсационной направленности внедрения предварительно напряженного и/или деформированного состояния в вагонные конструкции в зависимости от расчетных случаев в жизненном цикле / А.В. Фомин, А.А. Стецько, В.В. Коваленко // Материалы ХLI Международной научно-практической конференции на тему «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», 3-4 апреля 2017 года – г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, 2017 – С. 311-316.

15. Фомін О.В., Теоретичні та методичні основи впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових в вагонні конструкції // Фомін О.В., Стецько А.А., Коваленко В.В. // Проблеми розвитку транспорту і логістики: Збірник наукових праць за матеріалами VII-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Северодонецьк-Одеса, 26-28 квітня 2017р. – Северодонецьк: вид-во Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2017. – 115 – 117

16. Фомін О.В., Підсилення хребтової балки вагонів-зерновозів з метою ресурсозбереження // Фомін О.В., Прокопенко П.М., Коваленко В.В., Сапронова С.Ю. // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих вчених, Сєвєродонецьк-Лиман, 5-7 жовтня 2017 року – Сєвєродонецьк: вид-во Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2017. – С. 175 – 180
17. Фомин, А.В. Создание имитационно-расчетной компьютерной модели базовой конструкции полувагонов / А.В. Фомин, Г.А. Ковальчук, В.В. Фомин, В.В. Коваленко // Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки: в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж.д., Белорус. Гос. ун-т трансп.; под общ. ред. Ю.И. Кулаженко.– Гомель.: БелГУТ, 2017. – С. 168, 169.
18. Фомін, О.В., Теоретичні основи оптимізаційного проектування несучих вагонних складових / О.В. Фомін, М.І. Горбунов, В.В. Фомін, В.В. Коваленко // Тези LXXIV-ої наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – К.: НТУ, 2018. – 298 с.
19. Фомін, О.В. Блочно-ієрархічні описання конструкцій кришок люків напіввагонів / Фомін О.В., Горбунов М.І., Коваленко В.В., Міщук І.Р. // Проблеми розвитку транспорту і логістики: Збірник наукових праць за матеріалами VIII-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Сєвєродонецьк-Одеса, 23-25 травня 2018р. – Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Одеський національний морський університет – Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2018. – С. 129 - 131

Додатково відображають наукові результати дисертації:

20. Патент України на корисну модель № 115659 Україна, МПК (2017.01) B61D 3/00 B61D 17/00 Кришка люка піввагона / Горбунов М.І., Кара С.В., Фомін В.В., Анофрієв А.Д., Мостович А.В., Коваленко В.В. (Україна); власник: СНУ ім. В. Даля. – № у 2016 10836; заявка 28.10.2016; публ. 25.04.2017, Бюл.№ 8
21. Патент України на корисну модель № 115661 Україна, МПК (2017.01) B61D 3/00 B61D 17/00 Кришка люка піввагона / Горбунов М.І., Анофрієв А.Д., Кара С.В., Фомін В.В., Мостович А.В., Коваленко В.В. (Україна); власник: СНУ ім. В. Даля. – № у 2016 10838; заявка 28.10.2016; публ. 25.04.2017, Бюл.№ 8
22. Патент України на корисну модель № 115661 Україна, МПК (2017.01) B61D 3/00 B61D 17/00 Спосіб зниження механічного зношення кришки люка піввагона / Горбунов М.І., Кара С.В., Фомін В.В., Анофрієв А.Д., Мостович А.В., Коваленко В.В. (Україна); власник: СНУ ім. В. Даля. – № у 2017 01093; заявка 06.02.2017; публ. 26.06.2017, Бюл.№ 2
23. Патент України на корисну модель №122540, МПК (2017.01) B61D 17/00 B61D 3/00 Залізничний напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату // Фомін О.В., Фоміна Ю.В., Коваленко В.В., Горбунов М.І., Фомін В.В., Бурлуцький О.В. (Україна); власник: автори – № у 2017 08482; заявка 18.08.2017 ; публ. 10.01.2018, Бюл.№ 1
24. Патент України на корисну модель № 124715, МПК (2018.01) B61D 7/00, B61D 3/00, Критий вагон-хопер для перевезення мінеральних добрив // Фомін О.В., Коваленко В.В., Ковальчук Г.О., Кульбовський І.І., Горбунов М.І., Фомін В.В. (Україна); власник: автори – № у 2017 09271; заявка 21.09.2017 ; публ 25.04.2018, Бюл.№ 8.
25. Патент України на корисну модель № 123750, МПК (2018.01) B61D 7/00, B61D 3/00, Критий вагон-хопер для перевезення зерна // Фомін О.В., Коваленко В.В., Ковальчук Г.О., Фомін В.В. (Україна); власник: автори – № у 2017 08477; заявка 18.08.2017 ; публ 12.03.2018, Бюл.№ 5.

АНОТАЦІЯ

Коваленко В.В. Покращення функціонування розвантажувальних пристроїв напіввагонів шляхом удосконалення їх конструкції та методів розрахунків. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису..

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів (273 – Залізничний транспорт); Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Северодонецьк, 2019.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого та актуального наукового завдання – поліпшення техніко-економічних показників залізничних універсальних напіввагонів вітчизняного виробництва за рахунок удосконалення їх розвантажувального пристрою.

В дисертації вперше науково обґрунтовано перспективні напрямки поліпшення техніко-економічних показників напіввагонів за рахунок удосконалення їх розвантажувальних систем та запропоновано науково-прикладний комплекс відповідних рішень з покращення конструктивів. Також встановлено причину наднормативного навантаження кришок люків напіввагонів в середніх частинах повздовжніх об'язувань, що призводить до виникнення тріщин в цих місцях. Розроблено математичну залежність для визначення деформованого стану базових та перспективних конструктивів кришки люка, використання якої дозволяє на теоретичному рівні визначати доцільність впровадження інноваційних конструкцій. Розроблено математичні залежності для визначення довговічності (в циклах навантаження) конструкції кришки люка напіввагонів базової та перспективних конструкцій. Створено блочно-ієрархічні описання базових виконань кришок люків напіввагонів у вигляді «І»-дерев. Розроблено варіаційне описання існуючих та перспективних виконань кришок люків напіввагонів, що відображено у вигляді «І-АБО» – дерева. Сформовано структурно-функціональну модель розвантажувального пристрою напіввагону, яка відображає взаємозв'язки основних елементів (блоків) конструкції та функцій, які вони виконують.

При визначенні економічної ефективності впровадження інноваційного розвантажувального пристрою з'ясовано, що економічний ефект в розрахунку на одну кришку люка складатиме 2462 грн, а на один вагон (комплект з 14 кришок люків) – 34468 грн.

Ключові слова: рухомий склад, вантажні вагони, універсальні напіввагони, кришка люка, транспортна механіка, удосконалення конструкції.

АННОТАЦИЯ

Коваленко В.В. Улучшение функционирования разгрузочных устройств полувагонов путем усовершенствования их конструкции и методов расчетов. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов

(273 – Железнодорожный транспорт); Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, Северодонецк, 2019.

Диссертация посвящена решению важного и актуального научного задания – улучшение технико-экономических показателей железнодорожных универсальных полувагонов отечественного производства за счет совершенствования их разгрузочного устройства.

В диссертации впервые научно обоснованы перспективные направления улучшения технико-экономических показателей полувагонов за счет совершенствования их разгрузочных систем и предложен научно-прикладной комплекс соответствующих решений по улучшению конструктивов. Также установлена причина сверхнормативных нагрузок крышек люков полувагонов в средних частях продольных обвязок, что приводит к возникновению трещин в этих местах. Разработана математическая зависимость для определения деформированного состояния базовых и перспективных конструктивов крышки люка, использование которой позволяет теоретически определять целесообразность внедрения инновационных конструкций. Разработаны математические зависимости для определения долговечности (в циклах нагрузки) конструкции крышки люка полувагонов базовой и перспективных конструкций. Созданы блочно-иерархические описания базовых исполнений крышек люков полувагонов в виде «И» -деревьев. Разработано вариационное описание существующих и перспективных исполнений крышек люков полувагонов, что отражено в виде «И-ИЛИ» - дерева. Сформирована структурно-функциональная модель разгрузочного устройства полувагона, которая отражает взаимосвязи основных элементов (блоков) конструкции и функций, которые они выполняют.

При определении экономической эффективности внедрения инновационного разгрузочного устройства выяснено, что экономический эффект в расчете на одну крышку люка составит 2462 грн, а на один вагон (комплект из 14 крышек люков) - 34468 грн.

Ключевые слова: подвижной состав, грузовые вагоны, универсальные полувагоны, крышка люка, транспортная механика, совершенствование конструкции.

SUMMARY

Kovalenko V.V. Improvement of the operation of gondola open box-type by improving their design and calculation methods.– Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for a Candidate of Engineering in Speciality 05.22.07 – Rolling Stock of Railways and Train Traction (273 – Railway transport); The V. Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, 2019.

The dissertation is devoted to the solution of the important and actual scientific problem – improvement of technical and economic indicators of railroad universal gondola cars of domestic production by improving their unloading device on the basis of creation and use of new methods and tools for structural-parametric, experimental research and implementation in their constructions of innovative principles of functioning.

In the thesis for the first time scientifically grounded perspective directions of improvement of technical and economic indicators of gondola due to improvement of their unloading systems, and the scientific and applied complex of corresponding decisions on improvement of constructs is offered that allows to create unloading modules for new generation cars. The reason for the excessive loading of hatches of gondola wings in the middle parts of longitudinal straps is established, which leads to cracks in these places. Which consists in the fact that the non-moving (torjusion is absent as a result of vandalism), the unloading device during unloading perceives a shock load from one of the stops (which are located not in one plane). The mathematical dependence for the determination of the deformed state of the basic and perspective structures of the hatch cover, the use of which allows theoretical level to determine the feasibility of introducing innovative designs. Such a model can be the basis for calculations of the deformed state and other wagon components, which are executed as frame-reinforced and frameless shells (empty and with a multifunctional filler such as "sandwich"). The mathematical dependences for determining the durability (in load cycles) of the design of the hatch of gondola gantries of basic and perspective structures are developed, the use of which allows to determine with a sufficient accuracy the warranty period of its operation. Block-hierarchical descriptions of basic performance of the hatch covers of gondolas in the form of «I» -series were developed. Which is a solid foundation for carrying out relevant scientific and practical research on the study of the principles of their functioning and constructive construction. The variational description of the existing and perspective performances of the hatch covers of gondola cars, which is represented in the form of «I-OR» - trees, is developed, and it is a selection of typical and innovative functional elements of the hatch cover and its structural features (structural materials, form configurations, method of execution) and features. Represents a vivid, convenient means of compact presentation and storage of information about a large fund of existing, as well as patentable performances of constructive components of manhole covers. The developed variation description can be used for carrying out constructive morphological analysis, that is, with the help of combinatorics methods it is possible to generate possible variants of manhole covers and related equipment with the embodiment of the selected main function (constructively oriented, technologically oriented or resource-oriented). The structural-functional model of the gondola unloading device is formed, which reflects the interconnections between the main elements (blocks) of the structure and the functions they perform. The use of such a model, in contrast to the traditional reflections of their designs, allows to take into account, as far as possible, the main factors of their functioning at the stages of the life cycle. The developed model should be used in application of modern scientific and engineering approaches, creative and search methods for research of existing and creation of perspective models of unloading devices.

In determining the economic efficiency of the introduction of innovative unloading device it was found that the economic effect per one hatch cover would be 2462 UAH, and for one wagon (set of 14 hatch covers) - 34468 UAH.

Keywords: rolling stock, freight cars, universal gondola, open box-type, transport mechanics, improvement of design.

Коваленко Вячеслав Валерійович

УДК 629.463.65

**ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ
ПРИСТРОЇВ НАПІВВАГОНІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ
КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДІВ РОЗРАХУНКІВ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



к.т.н. В.С. Ножекно

Підписано до друку 29.10.19 р. Формат 60x90¹/16

Ум. друк. арк. 0,9. Обл-вид. арк 0,9

Наклад 100 прим. Замовлення № 534

Віддруковано на різнографі в видавничому центрі “Принт-центр”

04053, м. Київ, вул. Січових Стрільців, 26А

Тел./факс: 486-50-88, 332-41-10, 277-40-16

<http://www.printc.com.ua>. E-mail printcentr@ukr.net