

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

Бурлуцький Олексій Вікторович



УДК 629.46+629.48

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ
ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ШЛЯХОМ НАУКОВОГО ОБҐРУНТУВАННЯ
ТЕРМІЧНОЇ ПРАВКИ ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Севе... - 2018

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, доцент,
ФОМІН Олексій Вікторович
Державний університет інфраструктури та технологій,
кафедра «Вагони та вагонне господарство», професор
кафедри.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
ГОРОБЕЦЬ Володимир Леонідович,
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В.А. Лазаряна, кафедра «Безпека
життєдіяльності», завідувач кафедри;

кандидат технічних наук,
БАГРОВ Олександр Миколайович,
Державне підприємство «Український науково-дослідний
інститут вагобудування», науково-дослідна група наукових
та експериментальних досліджень на статичну міцність та
втому конструкцій залізничної техніки, завідувач групи.

Захист відбудеться «29» вересня 2018 р. о 12-00 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, 19, Державний університет інфраструктури та технологій, аудиторія № 305-а

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

Автореферат розісланий «27» серпня 2018р.

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 29.051.03



О.С. Ноженко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. До однієї з перспективних галузей транспортного машинобудування, якому належить основна роль у прискоренні соціально-економічного розвитку країни, відноситься вагонобудування. Відповідно до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року підвищення ефективності застосування вітчизняного парку вантажних вагонів є актуальною і комплексною проблемою, яка потребує вирішення таких основних завдань, як розроблення і створення більш досконалих конструкцій, удосконалення технології виробництва, ремонту і технічного обслуговування.

Обґрунтування вибору теми дослідження. Збереження провідного місця залізниць при перевезеннях вантажів вимагає постійного покращення ефективності їх функціонування. Одним із ключових моментів забезпечення високого рівня продуктивності роботи залізниць є застосування більш економічних технологій виробництва та ремонту вантажних вагонів. При цьому на етапах життєвого циклу вантажних вагонів (при виготовленні, ремонтах та експлуатації) їх конструкції зазнають різних видів деформацій. Конструкція вантажних вагонів характеризується значними габаритними розмірами та параметрами (ширина понад 3 м, довжина зазвичай понад 12 м, тара близько 25 т). Тому виправлення деформацій їх складових потребує відповідних технічних засобів і витрат. Результати аналізу досвіду експлуатації підтвердили, що серед різних видів правок вагонних металоконструкцій при належній ефективності їх застосування найменших витрат потребує метод термічної правки.

Вищезазначена ситуація обумовила обґрунтованість та важливість теми пов'язаною з удосконалення технологій виробництва та ремонту вантажних вагонів шляхом наукового обґрунтування термічної правки їх елементів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року №1259; Державної Цільової Програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1390.

Наукові результати дисертаційної роботи отримані здобувачем при виконанні планів держбюджетних науково-дослідних робіт: «Створення концептуально нових вантажних вагонів модульного типу, як основа забезпечення позицій України на ринках залізничних вантажоперевезень та машинобудування» (№ ДР 0117U000564); «Заощадження енергетичних та матеріальних ресурсів на тягу поїздів на основі досліджень опору руху залізничного рухомого складу» (№ ДР 0116U004690); «Розвиток наукових принципів діагностування механічних транспортних систем на основі аналізу динамічних коливальних процесів їх елементів» (№ ДР 0116U005509) «Створення багатофункціональних наукомістких методів енергетичного управління інженерією поверхонь контакту «колесо-рейка» для забезпечення еколого-ефективної передачі потужності» (№ ДР 0117U000561).

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає у вирішенні наукового завдання – зниження витрат у технологічних процесах побудови та ремонтів вантажних вагонів за рахунок створення теоретичних положень і практичних рішень виправлення деформацій (виробничих, ремонтних та експлуатаційних) складових їх конструкцій методом термічної правки.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені та вирішені **науково-прикладні задачі**, серед яких можна виділити:

- аналіз деформацій конструктивних складових вантажних вагонів;
- розроблення класифікації методів правки вагонних конструкцій та визначення переваг термічної правки;
- дослідження фізичної сутності й особливості застосування термічної правки вагонних металоконструкцій;
- розроблення узагальненого універсального математичного запису процедури температурної правки деформацій вагонних складових;
- теоретично-експериментальні дослідження структурно-речових перетворень у полях нагрівання вагонних металоконструкцій при термічній правці та після охолодження;
- розроблення математичних залежностей, які пов'язують деформаційні показники та параметри термічної правки для виправлення хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів;
- розроблення практичних способів термічної правки після зварювальних деформацій хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів;
- отримання допоміжних графіків до вибору оптимальних параметрів термічної правки хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів залежно від поширених величин прогину;
- оцінку економічної ефективності від впровадження запропонованих технічних рішень з удосконалення технологій виробництва та ремонту вантажних вагонів.

Об'єкт дослідження – процеси, пов'язані з виправленням виробничих, ремонтних та експлуатаційних деформацій (у тому числі після зварювання) складових конструкцій вантажних вагонів методом їх термічної правки.

Предмет дослідження – метод термічної правки складових вантажних вагонів, деформованих при виготовленні, експлуатації та ремонтах; закономірності геометричних і структурно-речових змін у зонах відповідного нагрівання; моделювання і теоретично-експериментальні дослідження процедури термічної правки; залежності просторово-геометричних змін вагонних металоконструкцій від варіацій температур, кількості та форм зон нагрівання.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційного дослідження використовувались такі методи: правок для усунення після-зварювальних деформацій зварювальних металоконструкцій; динаміки і міцності машин для дослідження напружено-деформованого стану вагонних металоконструкцій; теорії оптимізації при розробленні формалізованого опису завдання термічної правки елементів вантажних вагонів; математичного моделювання для дослідження температурного завдання правки елементів із використанням газового полум'я (усунення деформацій, що виникають після зварювання); скінченних елементів при

моделюванні термічної правки; математичного планування експерименту при виборі геометричних параметрів зон нагріву і температур нагрівання; експериментальних досліджень на натурному зразку.

Наукова новизна отриманих результатів роботи полягає у вирішенні наукового завдання – удосконалення технологій виробництва та ремонту вантажних вагонів шляхом наукового обґрунтування термічної правки їх елементів.

У дисертаційній роботі одержані такі наукові результати:

- вперше науково обґрунтовано ефективність застосування методу термічної правки для виправлення деформованих вагонних металоконструкцій, що включає до себе: визначені позиціонування його в розробленій загальній класифікації методів правки вагонних складових і фізичну сутність; технічне та економічне обґрунтовані ефективності його застосування, у тому числі виділений діапазон сприятливих випадків деформацій; визначені переваги за експлуатаційними, конструкційними та організаційними параметрами. Таке обґрунтування є достатнім науково-практичним фундаментом для застосування методу термічної правки у вантажному вагонобудуванні та вагоноремонті;

- вперше розроблено узагальнений універсальний математичний запис (включає до себе визначені: головний критерій оптимізації– виправлення деформацій , сформульовану область допустимих показників і визначені границі варіювання змінних параметрів: температура, кількість, місця розташування і форми зон нагрівання) процедури термічної правки виробничих, ремонтних та експлуатаційних деформацій складових конструкцій вантажних вагонів, що надає вичерпні можливості для відшукування оптимальних характеристик правки залежно від особливостей деформацій;

- дістала подальшого розвитку наукова база знань про усунення деформацій за рахунок дослідження структурно-речових перетворень у полях нагрівання вагонних металоконструкцій шляхом проведення металографічного (розгляд фазових перетворень і мікроскопія) та механічного аналізів відповідних ділянок. Результати цих досліджень вказують на забезпечення необхідного рівня механічних характеристик виправлених термічним впливом конструкцій протягом всього життєвого циклу вагона;

- удосконалені технологічні процедури виробництва та ремонтів вагоноконструкцій за рахунок створених математичних залежностей для термічної правки хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів, які пов'язують показники деформаційного прогину з відповідними геометричними параметрами зон (полів) нагрівання для його усунення при різних температурних режимах. Такі залежності були отримані методом математичного планування експерименту на основі визначених комп'ютерним моделюванням і підтверджених результатами натурних випробувань характеристик.

Практичне значення одержаних результатів. До основних практичних результатів дисертаційної роботи можна віднести:

- розроблені та запатентовані способи термічної правки після зварювальних деформацій хребтової балки (патент України на корисну модель № 118285) та верхнього обв'язування (патент України на корисну модель №122862) конструкцій універсальних напіввагонів;

- допоміжні графіки до вибору оптимальних параметрів проведення термічних правок хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів;
- розроблені скінченно-елементні моделі хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів, які в подальшому можна використовувати при проведенні різних наукових і практичних досліджень;
- запропоновані та впроваджені у виробничі процеси (у філії «Панютинський вагоноремонтний завод» ПАТ «Укрзалізниця», м. Лозова, Харківська область) рекомендації та практичні засоби термічної правки вагонних металоконструкцій;
- отримані результати теоретично-експериментальних досліджень термічної правки включені до курсу лекцій, практичних та лабораторних занять дисциплін: «Методи наукових досліджень», «Організація і проведення експериментальних досліджень на залізничному транспорті». Окремі положення дисертації використовуються при виконанні курсових проєктів та магістерських атестаційних робіт при навчанні студентів спеціальності 273 – «Залізничний транспорт»

Впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, які наведено у додатках до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі основні наукові результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримано особисто автором або за його безпосередньої участі. Наукові роботи [1, 2, 32] опубліковано без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить: [3] – розроблення структурно-логічної схеми процесу проектування конструкцій кузовів напіввагонів; [4] – визначення після зварювань деформацій хребтової балки напіввагона; [5, 18] – побудова математичної залежності температурного поля нагрівання при правці деформацій та перевірка її достовірності; [6, 7] – опис структурно-речових перетворень, що відбуваються у несучих системах вантажних вагонів; [8, 9] – розгляд процедури правки технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій та аналіз причин виникнення після зварювальних деформацій; [10, 19] – побудова допоміжних графіків до вибору оптимальних параметрів п'ятен нагрівання; [11] – запропоноване технічне рішення у заміні зетових профілів; [12] – визначення напружень від усадочної сили при зварюванні зетових профілів; [14, 24, 29] – аналіз сучасних методів дослідження втомленості металевих деталей; [15] – розроблення функціональної структури універсальних напіввагонів; [16] – аналіз факторів, що впливають на міцність кузовів напіввагонів; [13, 25, 26, 30] – збирання статистичних даних по відмовам кузовів напіввагонів, а також їх обробка; [17, 20, 21, 22] – аналіз існуючих методів з усунення після зварювальних деформацій; [23] – аналіз блочно-ієрархічного опису напіввагонів 12-9745; [27] – розроблене програмне забезпечення визначення математичних моделей зміни основних показників хребтової балки та самі моделі; [28] – аналіз масивів патентів і тенденцій розвитку конструкцій кузовів напіввагонів; [31] – проробка питань коригування методики технології поточного ремонту; [32] – аналіз перспективних профілів складових елементів несучих систем одиниць рухомого складу; [34] – виділення напрямків щодо зниження матеріаломісткості; [35] – запропоновані технічні рішення з удосконалення рами; [36] – запропоноване технічне рішення виготовлення стін бокового піввагона-хопера; [37]

– запропонований спосіб термічної правки верхнього обв’язування напіввагона; [38]
] – запропонований спосіб термічної правки хребтової балки напіввагона; [39]
 – реалізація способу виготовлення зварювальної конструкції надп’ятника напіввагона.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та отримали схвалення на: 8-й міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасних наук - 2012», 2012 р. (Польща, м. Перемишль); 9-й міжнародній науково-практичній конференції «Наука та освіта – 2012/2013», 2013 р. (Чехія, м. Прага); міжнародній науково-технічній конференції «Втома та термовтома матеріалів і елементів конструкцій» в Інституті проблем міцності імені Г.С. Писаренка, 2013 р. (Україна, м. Київ); VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Wykstalcenie i nauka bez granic», 2011 р. (Польща, м. Перемишль); 9-й міжнародній науково-практичній конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології – 2013» у Миколаївському національному аграрному університеті, 2013 р. (Україна, м. Миколаїв); 79-й міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» в Українському державному університеті залізничного транспорту, 2017 р. (Україна, м. Харків); international scientific conference «Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects», 2017, Dresden (Germany) - Paris (France); 7-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми розвитку транспорту і логістики» в Одеському національному морському університеті, 2017 р. (Україна, м. Одеса); 8-й міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні наукові досягнення – 2017», 2017 р. (Чехія, м. Прага); XIII International scientific and practical Conference «Trends of modern science - 2017». Technical science, 2017 (Sheffield, S Yorkshire, England); науково-практичній конференції студентів і молодих вчених «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», 2017 р. (Україна, м. Лиман).

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: 39 наукових працях, з них 22 наукові статті у наукових фахових виданнях України та інших держав (10 статей за основним змістом дисертації, 2–без співавторів, 10–у закордонних виданнях та у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз (зокрема дві з них входять до «Scopus»)), 2 патенти України на винахід, 4 патенти на корисну модель, 11 праць апробаційного характеру, які вказані у списку опублікованих праць за темою дисертації.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота має вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел із 110 найменувань і 5 додатків. Повний обсяг дисертації складає 208 сторінки, у тому числі 173 сторінка основного тексту, 5 таблиць, 68 рисунки, 35 сторінка 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 перспективних напрямків виправлення деформацій в металоконструкціях вантажних вагонів, які виникають при їх виробництві, ремонті та експлуатації.

Завданням удосконалення технологій виробництва та ремонту вантажних вагонів, а також покращенню методів їх проектування присвячена велика кількість наукових праць. Найбільший внесок у цьому напрямку зробили: Багров О.М., Боднар Б.Є., Бубнов В.М., Вовк Р.В., Горбунов М.І., Горобець В.Л., Голубенко О.Л., Дьомін Ю.В., Панченко С.В., Маслієв В.Г., Мороз В.І., Марченко Д.М., Мямлін С.В., Прохоренко О.В., Прохоренко В.М., Пузир В.Г., Кельріх М.Б., Мартинов І.Е., Сафронов О.М., Сапронова С.Ю., Тартаковський Е.Д., Ткаченко В.П., Тимофєва Л.А., Устенко О.В., Устич П.А., Фомін О.В та інші.

Проте питання застосування для виправлення деформованих вагонних металоконструкцій термічної правки не були достатньо вирішені.

На даний час основним технологічним процесом у вагонобудуванні при виробництві та подальшому ремонті вантажних вагонів є зварювання, на частку якого припадає близько 80% усіх робіт. Усунення деформацій вагонних елементів, які виникають після зварювання, є невід'ємною складовою процесу їх виготовлення і ремонту, а його результати мають безпосередній вплив на безпеку руху.

Проаналізовано існуючі методи з визначення зварювальних деформацій конструктивних складових вантажних вагонів. Отримано розрахункові прогини основних елементів напіввагонів, а саме хребтової балки (прогин складає близько 120 мм) та верхнього обв'язування (прогин складає близько 500 мм). Відмічено недопустимість експлуатації цих елементів з такими величинами прогинів.

Розглянуто причини появи у зварювальних металоконструкціях вантажних вагонів деформацій та виконано огляд методів, скерованих на виправлення їх. Обґрунтовано доцільність їх усунення за допомогою використання методів правки. Запропоновано класифікацію методів правок несучих металоконструкцій вантажних вагонів та їх елементів.

На основі класифікації методів існуючих правок проведено порівняльний аналіз холодної і термічної правок, а також визначено їх переваги за експлуатаційними, конструкційними та організаційними параметрами. Виділено основні переваги термічної правки: універсальність (виправлення металоконструкцій, які мають складну конфігурацію і великі габаритні розміри), не має потреби у громіздкому стаціонарному обладнанні (достатньо використання газового різака), не відбувається суттєвого погіршення властивостей основного металу, простота технологічного процесу, зручність використання, достатня маневреність і точність, економія і діапазон сприятливих випадків усунення деформацій при проведенні правок.

На (рис. 1) наведено принципову схему виникнення і виправлення після зварювальних деформацій термічною правкою в умовній балці вантажного вагону.

Рис. 1. Принципова схема виникнення і виправлення після зварювальних деформацій термічною правкою в умовній балці вантажного вагона. Отримані результати використано для подальших етапів роботи.

У другому розділі наведено результати досліджень із підвищення ефективності термічної правки на основі математичного моделювання. Розглянуто фізичну сутність процесів, які відбуваються при температурній правці. Відмічено, що нагрів ділянки матеріалу елемента конструкції, який розглядається, призводить до появи пластичного стану, при якому зменшується міцність і підвищується пластичність. Отже, нагрів до пластичного стану виділеної ділянки елемента буде викликати спочатку пружно-пластичну деформацію скорочення волокон по довжині ділянки, що нагрівається, потім після охолодження – пружно-пластичну деформацію подовження волокон всього елемента напруженнями розтягу, які дорівнюють границі текучості. Ці фізичні явища закладені в основу процесу термічної правки.

Узагальнений універсальний математичний запис оптимізаційного дослідження термічної правки для будь-якої вагонної металокопструкції має такий вигляд:

(1)

де – головний критерій оптимальності.

Проведені попередні дослідження показали, що стосовно задачі оптимізаційного дослідження процесу термічної правки вагонних металокопструкцій з метою виправлення їх деформацій, головним (основним) критерієм оптимізації обирається деформація(прогин) .

З урахуванням обраного критерію узагальнений універсальний математичний запис оптимізаційного дослідження термічної правки з метою виправлення деформацій буде мати такий вигляд:

(2)

де область можливих рішень визначається границями відповідних значень змінних факторів (параметричними обмеженнями):

, , – змінні параметри, які характеризують геометричні розміри зон нагрівання, а саме висоту, довжину та ширину;

– змінний параметр, який характеризує кількість зон нагрівання;

– змінний параметр, який характеризує температуру нагрівання при термічній правці.

Область допустимих рішень D_x , в якій знаходиться шукане рішення, виділяється із області D функціональними вимогами (обмеженнями вторинних критеріїв). Попередні дослідження показали, що як зазначені критерії та відповідні їм обмеження доцільно розглядати:

– найбільше напруження у небезпечному перерізі металокопструкції, яке не повинне перевищувати допустимого напруження для обраного матеріалу;

– жорсткість, значення якої не повинне перевищувати допустимого ;

- стійкість, значення якої не повинне перевищувати допустимого ;
 - коефіцієнт пропорційності, який обирається залежно від матеріалу і для сталі дорівнює ;
 - ефективний ККД нагрівання металоконструкції.
- Запис області можливих та допустимих рішень буде мати такий вигляд:

(3)

(4)

На основі узагальненого математичного запису термічної правки створено математичні залежності для термічної правки хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів, які пов'язують показники деформаційного прогину з відповідними геометричними параметрами зон нагрівання (прогину хребтової балки та профілю обв'язування верхнього) залежно від варіювання керованих змінних (геометричних параметрів трикутника – ширини та висоти , а також температури нагрівання).

(5)

(6)

Для термічної правки хребтових балок і верхнього обв'язування С подібної конструкції універсальних напіввагонів наведені різні форми нагрівання. Зазначено доцільність використання як форми нагрівання рівнобедреного трикутника (що отримав назву «клин»), вершина якого спрямована у бік подальшого прогину балки. На (рис. 2 і рис. 3) наведено приклади отриманих допоміжних графіків (бінарних перерізів), аналіз яких дозволяє виконувати обґрунтований вибір геометричних параметрів зон нагрівання. Так, наприклад, для хребтової балки при прогині у 100 мм оптимальними параметри будуть такі: температура нагрівання складає 800 °С, $h = 107$ мм, $b = 85$ мм. Для верхнього обв'язування при прогині у 380 мм температура нагрівання становить 600 °С, $h = 78$ мм, $b = 65$ мм.

*

*

Рис. 2. Допоміжний графік до вибору розмірів «клина» для правки балки хребтової при

Рис. 3. Допоміжний графік до вибору розмірів «клина» для правки обв'язування верхнього при

Допоміжні графіки на практиці дозволяють персоналу ефективно та швидко підібрати параметри правки та реалізувати такий метод в існуючих виробничих умовах. Розроблені та запатентовані способи: термічної правки після зварювальних

деформацій хребтової балки—патент № 118285, верхнього обв'язування—патент №122862, конструкцій універсальних напіввагонів (рис. 4 і рис. 5). Реалізація таких способів при виробництві та ремонтах вантажних вагонів дозволяє значно скоротити витрати часу і коштів у відповідних технологічних процесах.

*

Рис. 4. Спосіб термічної правки хребтової балки напіввагона

*

Рис. 5. Спосіб термічної правки верхнього обв'язування напіввагона
Розроблені теоретичні положення стали основою для розв'язання завдань третього розділу дисертаційного дослідження.

У третьому розділі наведено результати експериментального дослідження термічної правки металоконструкцій вантажних вагонів, проведеної оптичної мікроскопії та механічних випробувань матеріалу, виконано оцінювання економічної ефективності від впровадження запропонованих технічних рішень. Викладено результати і наведено етапи комп'ютерного моделювання процесу термічної правки в середовищі SolidWorks та експериментального дослідження з вивчення ефективності теплової правки вагонних металоконструкцій (рис. 6)

*

Рис. 6. Етапи моделювання процесу термічної правки комп'ютерного та експериментального досліджень вагонних металоконструкцій.

За результатами проведеного експериментального дослідження натурального зразка верхнього обв'язування напіввагона була підтверджено доцільність і точність вищезазначеного моделювання. Наведені опис структурно-речових перетворень у несучих системах вантажних вагонів, які мають місце при термічних впливах у процесі правочних робіт; результати оптичної мікроскопії дослідних зразків зі сталі 09Г2С та їх мікроструктури (залежно від температури нагрівання основного металу) до і після термічної правки (рис. 7 і рис.8).

*

Рис. 7. Мікроструктура сталі 09Г2С до виконання процесу правки

Рис. 8. Мікроструктура сталі 09Г2С

Збільшено у 500 разів

и

Отримані механічні характеристики металу в зоні нагрівання після зварювання і правки натурального зразка вагонної металоконструкції підтвердили їх незначне відхилення від 6-7,5 % тих, що були визначені до правки (рис. 9).

Рис. 9. Механічні характеристики металу в зоні нагрівання після правки

За результатами оцінки економічної ефективності встановлено, що за рахунок впровадження запропонованих технічних рішень із процедури термічної правки елементів вантажних вагонів виробництва філії «Панютинський вагоноремонтний завод» ПАТ «Укрзалізниця» при виготовленні 100 одиниць напіввагонів можливо отримати економічний ефект у розмірі 677 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне та важливе наукове завдання, скероване на створення теоретичних положень і практичних рішень виправлення виробничих, ремонтних та експлуатаційних деформацій складових конструкцій вантажних вагонів методом термічної правки. Впровадження матеріалів дисертації дозволяє суттєво знизити витрати у технологічних процесах виробництва та ремонту вантажних вагонів. Основні результати, висновки та рекомендації дисертації полягають у такому:

1. Результати аналізу можливих деформацій конструктивних складових вантажних вагонів підтвердили, що основними причинами їх виникнення є порушення вимог керівництва з експлуатації та умов технологічного процесу. Зокрема з'ясовано, що при виробництві понад 80 % деформацій спричинено порушеннями технологій зварювальних робіт. Так, невиконання відповідних умов при виробництві хребтової балки універсальних напіввагонів викликає її прогин розміром близько 120 мм при тому, що він зовсім є недопустимим; а невиконання відповідних умов технологічного процесу зварювання верхнього обв'язування призводить до його прогину розміром близько 500 мм, що також недопустимо.
2. Розроблення класифікації методів правок вагонних конструкцій повною мірою охоплює і структурує всі їх сучасні різновиди. При цьому серед методів правок вагонних конструкцій особливі переваги за економічними характеристиками має метод термічної правки.
3. Результати дослідження фізичної сутності та особливостей застосування термічної правки вагонних металоконструкцій обґрунтували доцільність її застосування для каркасних елементів. Найбільшої ефективності використання можливо досягти при виправленні після зварювальних деформацій у балках і рамах несучої системи.
4. Розроблений узагальнений універсальний математичний запис процедури термічної правки вагонних складових є ефективним при застосуванні. Це підтверджується практичним досвідом використання розроблених на його основі відповідних математичних залежностей.
5. Результати металографічного (структурно-речових перетворень) та механічного досліджень у полях нагрівання вагонних металоконструкцій при термічній правці обґрунтували можливість використання термічно правлених елементів протягом всього життєвого циклу вантажних вагонів. Це аргументується забезпеченням необхідного рівня характеристик матеріалу, а саме зниженням границі текучості на 6-7,5 %, зміною твердості на 8 %.
6. Розроблені математичні залежності варіювання геометричних параметрів зон нагрівання для термічної правки хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів є адекватними (похибка знаходиться у межах 7,5 %) і їх доцільно використовувати при вирішенні відповідних завдань з усунення після зварювальних деформацій.
7. Для термічної правки хребтових балок і верхніх обв'язувань (С подібної конструкції) універсальних напіввагонів доцільно використовувати запропонований метод "клинів". При цьому зона нагрівання виконується у формі рівнобедреного трикутника, вершина якого спрямована у бік подальшого вигину балки.
8. Поля нагрівання при термічній правці хребтової балки та верхнього обв'язування необхідно наносити симетрично та одночасно з двох сторін. Найбільш

раціональні параметри термічної правки для хребтової балки: оптимальна температура нагрівання варіюється у межах від 800 °С до 850°С, висота трикутника нагрівання - від 100 мм до 120 мм, а ширина - від 80 мм до 100 мм. Для верхнього обв'язування: оптимальна температура - від 600 °С до 650°С, висота трикутника нагрівання - від 50 мм до 90 мм, а ширина - від 40 мм до 80 мм. При цьому кількість зон нагрівання варіюється у межах від 3 до 5 з кожної сторони.

9. Розроблені допоміжні графіки доцільно використовувати при пошуку оптимальних геометричних параметрів зон нагрівання хребтової балки та верхнього обв'язування універсальних напіввагонів залежно від початкового деформаційного прогину. Так, наприклад, для хребтової балки при найбільш поширеному прогині в 100 мм оптимальні параметри будуть такими: температура нагрівання 800 °С, висота трикутника нагрівання $h = 107$ мм, ширина $b = 85$ мм. Для верхнього обв'язування при найбільш поширеному прогині в 380 мм оптимальні параметри такі: температура нагрівання 600 °С, висота трикутника $h = 78$ мм, ширина $b = 65$ мм.

10. Запропоновані методи термічної правки несучих конструкцій вантажних вагонів також будуть ефективними при застосуванні їх для інших металоконструкцій транспортного та загального машинобудування. У результаті впровадження запропонованих технічних рішень із процедури термічної правки конструкцій вантажних вагонів виробництва філії «Панютинський вагоноремонтний завод» ПАТ «Укрзалізниця» для напіввагонів можливо отримати економічний ефект у розмірі 677 тис. грн. при виготовленні 100 одиниць.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковані у наступних наукових працях:

1. Бурлуцький О. В. Особливості методу визначення динамічного навантаження кузова піввагону [Текст] / О. В. Бурлуцький // Вост.-Европ. журн. передових технологій– Х., 2012. Вип. 4/7. С. 47-50. (*представлений у міжнародних наукометричних базах даних Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory*)
2. Burlutskiy O.V. Application methods changes plastic deformation after welding sill gondola cars [Текст]/O.V. Burlutskiy // Metallurgical and mining industry (Machine building). – Dnipropetrovsk, 2015. – No.10. – P. 190-197. (*включений до н.м.б.д. SCOPUS*)
3. Fomin O.V. Development and application of cataloging in structural design of freight car building [Текст] / O.V. Fomin, O.V. Burlutsky, Yu.V. Fomina // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, no. 2, pp. 250-256. (*включений до н.м.б.д. SCOPUS*)
4. Бурлуцький О.В. Визначення зварювальних деформацій які виникають під час життєвого циклу піввагона [Текст] / О.В. Бурлуцький, Н.С. Кочешкова // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту (серія «Транспортні системи і технології») – ДЕТУТ, 2015. – № 26-27 – С. 92-101.
5. Бурлуцький О.В. Застосування математичного моделювання процесів правки при виготовленні елементів піввагонів [Текст] / О.В. Бурлуцький, О.А. Логвіненко // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту – : ДЕТУТ, 2016. – № 28. – С. 110-123.
6. Бурлуцький О. В. Формалізація структурноречових перетворень в несучих системах вантажних вагонів у результаті термічних впливів у процесі зварювальних і правочних робіт [Текст] / О. В., Бурлуцький, О. В. Фомін, В. П. Ткаченко // Збірник

- наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту (серія «Транспортні системи і технології»). – Київ: ДЕТУТ, 2016. – № 29. – С. 54-71.
7. Фомін О.В. Наукове обґрунтування вибору геометричних параметрів зон нагрівання при термічній правці елементів несучих систем вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.А. Логвіненко, О.В. Бурлуцький // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. – Северодонецьк: СХУ ім. В.Даля, 2017. – N 4(234). - С. 227-232.
8. Фомін О.В. Процедура правки технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій шляхом створення внутрішнього напруженого стану термічним впливом [Текст] / О.В. Фомін, О.А. Логвіненко, О.В. Бурлуцький // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. – Северодонецьк: СХУ ім. В. Даля, 2017. – N 3(233). - С. 234-238
9. Фомін О.В. Термічна правка технологічно-деформованих верхніх обв'язувань піввагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький, М.І. Горбунов, О.А. Логвіненко, А.М. Фоміна // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка та міцність машин. – Харків: НТУ(ХПІ), 2017 – № 39(1261) - С. 76-78. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-9130.2017.39.115771> (включений до науково метричної бази *Index Copernicusma інші*)
10. Фомін О. В. Математичне модулювання варіаційних характеристик пятен нагрівання при термічній правці каркасних елементів піввагонів [Текст] О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький, М.І. Горбунов, О.А. Логвіненко, А.М. Фоміна // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій (серія «Транспортні системи і технології»). – Київ: ДЕТУТ, 2018. – № 31. – С. 186-195.
11. Патент України на винахід № 99052, МПК (2012.01) B61D 3/00 B61D 17/04 (2006 .01) B61F 1/00 Залізничний піввагон універсальний / О.В. Фомін, В.В. Фомін, О.В. Бурлуцький (Україна); власник: автори. – №а201104152; заявка 06.04.2011; публ. 25. 08.2011, бюл. №16.
- Наукові праці апробаційного характеру:**
12. Фомін О.В. Уточнений метод для дослідження напруженого стану хребтової балки [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький / *Materialy VIII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Aktualne problemy nowoczesnych nauk - 2012» Volume 45. Techniczne nauki.:Przemyśl.Nauka i studia* – С.42-43
13. Фомін О.В. Особливості визначення та прогнозування показників надійності вантажних вагонів на основі цензурування вибірки даних експлуатації [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький / *Materialy IX mezinárodní vědecko – praktická konference «Věda a vznik – 2012/2013» – Díl 35. Technické vědy: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o.*47-50.
14. Фомін О.В. Аналіз існуючих підходів до оцінювання втомленості декомпозиційних складових кузовів залізничних піввагонів [Текст] / О.В.Фомін, О.В. Бурлуцький, В.В.Фомін// Міцність матеріалів та елементів конструкцій Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Втома та термовтома матеріалів та елементів конструкцій» Інституту проблем міцності ім. Г.С.Писаренка (Київ, Україна 28-31 травня 2013 року). – С. 312-314
15. Fomin O *Funktsionalnyy analysis of universal gondola domestic production* [Текст]/ O .V. Fomin, O.V. Burlutskiy, V.V. Fomin / *Przemyśl, Nauka i studia NR7(75)2013, 2013,*

P.48-53.

16. Фомін, О.В. Аналіз факторів що визначають міцність та надійність кузовів піввагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький // Матеріали ІХ міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології – 2013» Миколаївського національного аграрного університету (24-26 вересня 2013 року). – Миколаїв. – С. 124-131.

17. Fomin O., Synopsis Of The Thermal Method For Straightening Technological-Deformed Car Parts/ Fomin O., Logvinenko O., Burlutskiy O. // Theses of international scientific conference «Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, Experience, Prospects» 3-12 May 2017, Dresden (Germany) - Paris (France) - Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2017. P. 201-204.

18. Фомін О.В. Особливості використання математичних моделей для отримання характеристик пятен нагрівання при термічній правці несучих систем вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький, О.А. Логвіненко // Збірник тез VII-ї міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми розвитку транспорту і логістики (26-28 квітня 2017 р. м. Одеса Одеський національний морський університет) Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. – С.113- 115

19. Бурлуцький, О.В. Допоміжний графік для визначення геометричних параметрів пятна нагрівання типу "клин" при термічній правці несучих вагоно конструкцій [Текст] / О.В. Бурлуцький, О.В. Фомін, М.ІГорбунов, О.А. Логвіненко // Materialy XIII mezinárodní vědecko – praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy - 2017», 22 - 30 června 2017 г. on Technické vědy . Moderních informačních technologií .Volume 6 Geografie a geologie Matematika. –Praha.– С.24-27.

20. Фомін, О.В. Термічний вплив на мікроструктуру несучих елементів вантажних вагонів від процесів зварювання та правки [Текст] / О.В. Фомін, М.ІГорбунов, О.В. Бурлуцький, О.А. Логвіненко // Materialy of the XIII International scientific and practical Conference «Trends of modern science - 2017», Volume 15 : Technical science . Sheffield. Science and education LTD -72 p. –Sheffield– С.38-41.

21. Логвіненко, О.А. Особливості технологічного контролю при виготовленні основних елементів конструкцій рухомого складу [Текст] / О.А. Логвіненко, О.В. Бурлуцький // Матеріали 79-ї науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» УкрДУЗТ 2017 Зб. наук. праць. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 169. – С. 131-134.

22. Фомін О.В. Математичні моделі варіації характеристик пятен нагрівання при термічній правці верхніх обв'язувань піввагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький, М.І. Горбунов, О.А. Логвіненко, А.М. Фоміна // Збірник тез міжнародної науково-технічної конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» (5-7 жовтня 2017р. м. Лиман (Україна)) – Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. – С.180-184.

Додатково відображають наукові результати дисертації:

23. Фомін. О.В Блочно-ієрархічне описання конструкції сучасних спеціалізованих вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький // Зб. наукових. праць Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. – № 4/4(52)2011.- С. 32-35.

24. Фомін. О.В Сучасні методи оцінки опору втомленості несучих елементів вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2012. – Вип. 26 – С. 288-295.

25. Фомін О.В. Метод оцінки показників надійності елементів кузовів сучасних залізничних піввагонів з урахуванням цензурування вибірки [Текст] / О.В. Фомін, О. В. Бурлуцький // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк: ДонІЗТ, 2012. – Вип. 29. – С. 215-221. – (Серія «Технические науки»).
26. Фомін О.В. Аналіз класифікація пошкоджень універсальних піввагонів, які виникають за час їх життєвого циклу [Текст] / О. В. Фомін, О. В. Бурлуцький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2012. - № 4. - С. 163-167.
27. Фомін О.В. Математичні моделі зміни основних показників базових несучих елементів кузовів піввагонів / [Текст] О. В. Фомін, О. А. Логвіненко, Р. Ю. Дьомін, В. В. Фомін, Г. П. Бородай, О. В. Бурлуцький // Залізн. трансп. України. - 2013. – Вип. 5/6. - С. 95-104.
28. Fomin O Prediction trends exterior designs gondola by analyzing arrays infringement [Текст] / O.V. Fomin, O. V. Burlutsky / ТЕКА. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin: RZESZOW, 2013. – Vol. 13. No. 3. – PP. 51-55.
29. Фомін О.В. Особливості методики визначення втомної довговічності напіввагону з урахуванням експлуатаційних ушкоджень [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький // Східно-Європейський журнал передових технологій. –Х., 2013. – Вип. 2/7. – С. 12-16 .(представлений у базах даних *Index Copernicus*,).
30. Фомін О.В. Аналіз експлуатаційних пошкоджень кузовів залізничних напіввагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький, В.В. Фомін // Будівництво України: науково-виробничий журнал. – 2013. – №3. – С. 37-48.
31. Тартаковський Е. Д. Методика формування технології ТО, ПР локомотивів у післянормативний термін експлуатації [Текст] / Е. Д. Тартаковський, О. С. Крашенінін, О. В. Бурлуцький // Вестник Харьковського національного автомобільно-дорожного університета : сб. науч. тр. ХНАДУ ; редкол.: В. А. Богомоллов [гл. ред.] и др. - Х., 2013. - Вып. 60. - С. 66-71. (включений до міжнародних науково метричних баз *Index Copernicus*, *eLibrary*)
32. Фомін О.В. Аналіз існуючих та перспективних профілів складових елементів несучих систем одиниць рухомого складу залізниць [Текст] / О.А. Логвіненко, О.В. Бурлуцький, А.М. Фоміна // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка та міцність машин. – Харків: НТУ(ХПІ), 2016. – Т. 1, N 46. - С. 66-72. – Режим доступу: DOI: <http://dx.doi.org/10.20998/2078-9130.2016.46.88052>. (включений до міжнародної науково метричної бази *Index Copernicus*, *Index Copernicus Value* та *Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)*)
33. Бурлуцький А.В. Формализация структурно-вещественных преобразований в несущих системах грузовых вагонов в результате термических воздействий в процессе сварочных и правочных работ [Текст] / А.В Бурлуцкий // Вагонный парк. - 2016. - № 11/12. - С.15-22.
34. Фомін О.В. Сучасні підходи та методи використання конструкційних резервів зниження матеріалоемності кузовів вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – № 33. – С. 35-39.
35. Патент України на винахід № 99055, МПК (2012.01) B61D 7/00 B61D 9/00 B61D 17/04(2006.01) Залізничний універсальний вагон-хопер / О.В.Фомін, В.В.Фомін, О.В. Бурлуцький (Україна); власник: автори. – №а201104707; заявка 18.04.2011; публ. 25

.08.2011, бюл. №16.

36. 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 – № 2017 08482; заявка 18.08.2017 ; публ. Бюл.№ 1

37. 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 – №и 2017 08878; заявка 05.09.2017 ; публ.25.01.2018, Бюл.№ 2

38. Патент України на корисну модель № 118285, МПК (2017.01) B61F 1/02 (2006.01) B61D 3/00 Спосіб термічної правки балки хребтової піввагона/ Фомін О.В., Логвіненко О.А., Бурлуцький О.В. (Україна); власник: автори. – № a2017 02689; заявка 22.03.2017; публ. 25.07.2017, Бюл.№ 14.

39. Патент України на корисну модель № 214487 МПК (2018.01) B61D 17/00 /Спосіб виготовлення зварювальної конструкції надп'ятника піввагону/ авторів Фомін О.В., Бурлуцький О.В., Логвіненко О.А., Горбунов М.І., Фоміна А.М. (Україна); власник: автори. – № a2017 10934; заявка 9.11.2017; публ. 10.04.2018, Бюл.№ 7.

АНОТАЦІЯ

Бурлуцький О.В. Удосконалення технологій виробництва та ремонту вантажних вагонів шляхом наукового обґрунтування термічної правки їх елементів. – 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». – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Сєверодонецьк, 2018.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального наукового завдання - вдосконалення технологій виробництва і ремонту вантажних вагонів шляхом наукового обґрунтування термічної правки деформацій в тому числі і після зварювання їх елементів. Обґрунтована доцільність застосування термічної правки в якості після зварювальної обробки зварних металоконструкцій вагонів. Сформульовано задачу оптимізаційного дослідження процесу термічної правки елементів вантажних вагонів в напрямку зниження їх залишкових деформацій, що мають місце при їх виготовленні та ремонті.

Розроблені моделі та способи термічної правки дозволять отримати суттєвий економічний ефект та стійку форму виправлених технологічно-деформованих вагонних металоконструкцій, а також уникнути погіршення властивостей їх основного металу.

Ключові слова: виробництво та ремонт вантажних вагонів, технологічна операція зварювання, залишкові деформації, методи правки, математичне моделювання, експериментальне дослідження.

АННОТАЦИЯ

Бурлуцкий А.В. Совершенствование технологий производства и ремонта грузовых вагонов путем научного обоснования термической правки их элементов. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - «Подвижной состав железных дорог и тяга поездов». - Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля,

Северодонецк, 2018.

Диссертация посвящена решению актуальной научной задачи – совершенствование технологий производства и ремонта грузовых вагонов путем научного обоснования термической правки деформаций в том числе и после сварки их элементов. Научно обосновано перспективные направления по совершенствованию технологий производства и ремонта единиц подвижного состава вагонного парка железных дорог Украины. Проанализированы методы исследования температурных полей, а также соответствующих деформаций и напряжений. Рассмотрены причины возникновения остаточных напряжений и деформаций, которые имеют место в элементах грузовых вагонов в течение жизненного цикла, а также рациональные направления по их снижению. Обоснована целесообразность применения термической правки в качестве после сварочной обработки сварных металлоконструкций вагонов.

Представленные реализации процедуры правки основных элементов (технологически деформированной балки хребтовой и обвязки верхнего) полувагона с использованием тепловой безударной правки, которая получила название метода прогрева «клиньев». Показаны фрагменты программных полей с вычисления математических моделей прогиба вышеупомянутых элементов. Представлена трех факторная обобщенная математическая модель (полученная с использованием метода математического планирования эксперимента), которая описывает изменение основного показателя (прогиба балки или обвязки верхнего) в зависимости от варьирования управляемых переменных, в качестве которых выступают геометрические параметры «клина» (ширина и высота), а также температура нагрева. Построены вспомогательные графики (бинарные сечения), на которых показаны изолинии (линии равных значений) прогиба. По результатам анализа этих графиков установлены оптимальные значения размеров «клина» и температуры нагрева, использование которых позволяет устранять прогибы указанных выше основных элементов полувагонов, которые образовались при их изготовлении.

Разработана конечно-элементная модель обвязывания верхнего полувагона, а также выполнено сравнение результатов моделирования процесса его термической правки, которое выполнялось с использованием специализированного модуля Cosmos программного комплекса систем автоматизированного проектирования SolidWorks, а также экспериментального исследования по определению и устранению остаточных сварочных деформаций на его натурном образце.

Выполнено описание структурно-вещественных преобразований, которые имеют место в несущих системах грузовых вагонов при термических влияниях в процессе сварочных и правочных работ. Представлены результаты исследования структуры металла в зоне нагрева до и после термической правки, а также определены его механические характеристики.

Оценка экономической эффективности использования процедуры термической правки элементов при производстве 100 полувагонов на «Панютинском вагоноремонтном заводе» ПАО Украинские железные дороги, показала что внедрение предложенных технических решений обеспечит годовой экономический эффект в размере 677 000 грн.

Ключевые слова: производство и ремонт грузовых вагонов, технологическая операция сваривания, остаточные деформации, методы правки, математическое

моделирование, экспериментальное исследование.

ABSTRACT

Burlutsky O.V. Improved production and maintenance technologies for freight wagons based on the scientific rationale of the thermal levelling of their elements. – Qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for a Candidate of Engineering in Speciality 05.22.07 – “Rolling Stock of Railways and Train Traction”. The V.Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, 2018.

The methods for the temperature field research as well as appropriate deformations and stresses were analyzed. The usefulness of the thermal levelling as an after-welding treatment of the welded metalwork of wagons was substantiated. The task of optimization research into the thermal levelling process of freight wagon elements towards decreasing their residual deformation under their production and maintenance was formulated.

The will result in a significant economic effect and stable structure of improved technologically-deformed metalwork of wagons; it will also prevent deterioration of the base metal properties.

Keywords: production and maintenance of freight wagons, technological operation of welding, residual deformations, , mathematic modelling, experimental research.

Бурлуцький Олексій Вікторович

УДК 629.46+629.48

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ШЛЯХОМ НАУКОВОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕРМІЧНОЇ ПРАВКИ ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку « 23» серпня 2018 р.
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний
Умовн.- друк арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,1.
Тираж 100 прим.

Надруковано у копії-центрі.
(ФОП Усенко Є.К. Свідоцтво ВОН№970059 від 20.11.2003 р.)
м. Харків, вул. Московський проспект, 65.