

Міністерство інфраструктури України
Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного
транспорту України»

ЛОВСЬКА АЛЬОНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 629.463.65:656.211.7

**УДОСКОНАЛЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇХ КРІПЛЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПОРОМАХ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту,
Міністерство освіти і науки України.

кандидат технічних наук, доцент

Візняк Руслан Іванович,

Українська державна академія залізничного транспорту,
Міністерство освіти і науки України
кафедра «Вагони», доцент кафедри

Науковий керівник –

доктор технічних наук

Горобець Володимир Леонідович,

Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В.А. Лазаряна,
кафедра «Будівельна механіка»
головний науковий співробітник

Офіційні опоненти –

кандидат технічних наук, ст. наук. співробітник, доцент

Черняк Ганна Юріївна,

ДП «Державний науково-дослідний центр залізничного
транспорту України»

начальник відділу динаміки та міцності

Захист відбудеться «27» червня 2013 р. о 14:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К26.885.01 в Державному підприємстві «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» Міністерства інфраструктури України, 03038 м. Київ, вул. Федорова, 39.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» Міністерства інфраструктури України, 03038 м. Київ, вул. Федорова, 39.

Автореферат розісланий «27» травня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С. Г. Грищенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вигідне географічне положення України, територією якої проходять основні міжнародні транспортні коридори, забезпечує зростання щільності її зовнішньоекономічних зв'язків з багатьма державами через акваторії Чорного та Азовського морів. З метою підвищення загальних обсягів перевезень через територію України отримала поширеного розвитку взаємодія між окремими видами транспорту. Однією з найбільш перспективних складових в цьому напрямку виступає сполучення залізничного та водного транспорту, похідною роботи яких є залізнично-поромні перевезення вантажних вагонів, у більшості напіввагонів з вантажем.

Розвиток залізнично-поромного сполучення на Чорному морі розпочався з середини ХХ сторіччя. Зараз в експлуатації України знаходяться поромні маршрути: Крим – Кавказ (Україна – Росія), Іллічівськ – Варна (Україна – Болгарія), Іллічівськ – Поті/Батумі, Керч – Поті (Україна – Грузія), Іллічівськ – Дериндже (Україна – Туреччина).

На підставі проведених досліджень динаміки та міцності несучих конструкцій кузовів напіввагонів при експлуатації в міжнародному залізнично-водному сполученні (МЗВС), було встановлено, що напруження в зонах взаємодії елементів кузовів вагонів з багатообертовими засобами закріплення відносно палуб та у прилеглих зонах перевищують допустимі для існуючих марок сталей металоконструкції кузовів. Це викликає пошкодження відповідних конструкційних зон кузовів напіввагонів, втрату стійкості відносно палуби залізничного порому (ЗП) та, взагалі, остійності ЗП з вагонами на його борту, що впливає на безпеку руху комбінованого транспорту.

Результати досліджень, проведених в Українській державній академії залізничного транспорту показали, що кожного року близько 10% вагонів від загального вагонообігу в МЗВС України за маршрутом “Іллічівськ – Варна” (Україна – Болгарія), який є одним з найбільш перспективних, потребують ремонту з відчепленням. Найбільший відсоток пошкоджень вагонів приходить на напіввагони та криті вагони. За останні роки кількість пошкоджених напіввагонів у МЗВС складає 50 – 56% від загальної кількості пошкоджених вагонів в МЗВС або 7% від загальної кількості напіввагонів, які оберталися через переправу.

Основними пошкодженнями напіввагонів є деформація та відрив елементів конструкції кузовів за які відбувається закріплення їх відносно палуб ЗП, що перш за все пов'язано з конструкційною непристосованістю кузовів вагонів до надійної взаємодії із засобами закріплення відносно палуб.

Це визначає актуальність теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами.

Дисертаційна робота виконана згідно діючої Державної цільової програми “Реформування залізничного транспорту на 2010 – 2015 р.”, затвердженої Кабінетом Міністрів України від 16.12.2009 р.; Державної програми “Комплексна програма утвердження України, як транзитної держави у 2002 – 2010 р.”, затвердженої Законом України від 7.02.2002р; науково-дослідними роботами УкрДАЗТ “Забезпечення надійності роботи та збереження пасажирських і вантажних вагонів при перевезенні на поромах” (ДР 0107U000340); “Підвищення ефективності взаємодії залізничного і морського транспорту в умовах міжнародних поромних перевезень” (ДР 0108U088652).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є вирішення наукової проблеми з удосконалення несучих конструкцій кузовів напіввагонів для підвищення надійності їх кріплення на залізничних поромах.

З метою досягнення зазначеної мети були визначені задачі:

- дослідити дані щодо пошкоджень вагонів при експлуатації їх в умовах залізнично-водного сполучення та провести аналіз найбільш пошкоджуваних деталей і зон кузовів напіввагонів при перевезеннях на ЗП;
- провести аналіз існуючих технологічних схем закріплень вагонів відносно палуб;
- скласти математичну модель щодо визначення характеру та особливостей переміщень системи “вагон-поромне судно-море” з урахуванням збурень, що викликані хвилюванням акваторії моря;

– розробити скінчено-елементну модель (СЕМ) кузова напіввагону, яка дозволяє враховувати зусилля, що діють на несучу конструкцію при взаємодії з багатообертовими засобами закріплення, та опрацювати розрахункові схеми для дослідження напружено-деформованого стану (НДС) кузова напіввагона, що враховують зусилля, які діють на нього при перевезенні на ЗП в умовах морського хвилювання;

– дослідити міцність елементів конструкції кузова напіввагона з урахуванням особливостей силової взаємодії з багатообертовими засобами закріплення відносно палуб ЗП;

– спроектувати та розробити вузол кузова напіввагона для закріплення відносно палуб;

– розробити СЕМ шворневої балки кузова напіввагону з урахуванням обладнання вузлами для закріплення відносно палуб та дослідити її міцність в умовах морського хвилювання;

– провести натурні та стендові експериментальні дослідження з метою підтвердження адекватності результатів моделювання міцності конструкційних елементів кузова напіввагону при перевезенні ЗП.

Об'єкт дослідження – процес динамічного навантаження несучих конструкцій кузовів напіввагонів в умовах перевезень залізничними поромами.

Предмет дослідження – несучі конструкції кузовів напіввагонів.

Методи дослідження. В дисертаційній роботі були використані такі методи досліджень: при обробці даних щодо пошкоджень несучих конструкцій кузовів напіввагонів в МЗВС та існуючих технологічних схем закріплень напіввагонів відносно палуб ЗП – методи теорії ймовірностей і математичної статистики; з метою визначення інерційних навантажень, які діють на кузова напіввагонів при перевезенні в умовах хвилювання моря – методи теорії коливань; при дослідженні НДС несучої конструкції кузова напіввагону – метод скінчених елементів (МСЕ); при розрахунку на міцність спеціального вузла кузова для закріплення відносно палуб ЗП – методи опору матеріалів, теоретичної і будівельної механіки; при проведенні експериментальних досліджень міцності кузова напіввагону на ЗП – методи експериментальних досліджень (натурні та стендові випробування).

Наукову новизну дисертаційної роботи складають наведені нижче наукові результати:

Вперше:

– проведено систематизацію технологій розміщення та закріплення вагонів на палубах ЗП, а також пристроїв, які забезпечують взаємодію несучих конструкцій кузовів вагонів з палубою;

– математичну модель переміщень кузова напіввагона за умови комбінованих залізнично-водних перевезень, яка надає можливість визначення прискорень кузовів вагонів, розміщених на багатопалубних ЗП, з урахуванням гідрометеорологічних характеристик, зокрема, курсових кутів хвилі по відношенню до корпусу ЗП та вітрового навантаження, що діє на надводну проекцію ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на верхній палубі. При складанні моделі враховано трохоїдальний закон руху збурюючої дії (морської хвилі) на ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на його палубах, а також дисипативну складову, яка виникає при коливаннях ЗП в

умовах морського хвилювання та викликає опір його руху;

– побудовано скінчено-елементну модель шворневої балки кузова напіввагона з вузлами для закріплення відносно палуби ЗП, що відображає особливості взаємодії кузова з ланцюговими стяжками на палубі, та проведено оцінку НДС балки.

Доопрацьовано:

– метод визначення зусиль розпору насипного вантажу на стіни кузова напіввагона, що ґрунтується на принципі Кулона з корегуванням В.В. Синельникова, й враховує інерційну складову навантаження напіввагона, яка в разі перевезення його ЗП здійснює значний вплив на величину тиску вантажу на стіни кузова вагона.

Практичне значення отриманих результатів. Результати проведених досліджень рекомендовано до впровадження проектно-конструкторським управлінням ПАТ “Крюківський вагонобудівний завод”.

Також результати дисертаційної роботи прийнято до розгляду з метою подальшого впровадження на станції “Іллічівськ-Поромна” та ДП “ТИС – Крим”, відповідно Одеської та Придніпровської залізниць.

Основні положення дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі УкрДАЗТ для підготовки спеціалістів за спеціальністю “Вагони та вагонне господарство” при викладанні дисциплін “Динаміка вагонів”, “Основи теорії коливань та стійкості руху вагонів”, “Вагони (конструювання та розрахунки)” та на факультеті підвищення кваліфікації фахівців залізниць України.

Особистий внесок здобувача. Усі положення та результати, які виносяться на захист, були отримані автором самостійно та проводились в Українській державній академії залізничного транспорту. В роботах, які опубліковані у співавторстві, дисертанту належить:

– в статтях [2, 4] визначення зусиль, що діють на кузова напіввагонів при перевезенні їх морем;

– в працях [2, 3, 9] експериментальне дослідження міцності кузова напіввагону;

– в працях [2, 5, 13] складання математичної моделі коливань напіввагонів в умовах морського хвилювання;

– в працях [6, 8, 11] складання розрахункових схем кузовів напіввагонів при взаємодії з ланцюговими стяжками;

– в працях [7, 10, 12] розрахунки на міцність та оцінка НДС шворневої балки напіввагона з урахуванням навантаження її через вузли для закріплення;

– в праці [14] аналіз літературних джерел із даної тематики;

– в статті [15] розрахунок на міцність пристрою для закріплення вагонів відносно палуб ЗП.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідалися на наступних науково-практичних конференціях:

– 70 міжнародній науково-практичній конференції кафедр і фахівців залізничного транспорту “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”, 2010 р. (Україна, м. Дніпропетровськ);

– 71 міжнародній науково-практичній конференції кафедр і фахівців залізничного транспорту “Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту”, 2011 р. (Україна, м. Дніпропетровськ);

- V міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка та технології”, 2011 р. (Україна, м. Київ);
- V международной научно-практической конференции “Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami”, 2009 г. (Polsce, m. Przemysl);
- V международной научно-практической конференции “Moderni vymozenosti vedy”, 2010 г. (Ceska republika, s. Praha).
- IX научно-практической конференции “Безопасность движения поездов”, 2008 г. (Россия, г. Москва).

Повністю дисертаційна робота доповідалася на розширеному засіданні кафедри “Вагони” УкрДАЗТ та на науковому семінарі ДП “ДНДЦ УЗ” у 2013 р. за участю членів спеціалізованої вченої ради.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 7 наукових працях, а також у 2 працях, які додатково відображають результати роботи.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота має вступ, п’ять розділів та чотири додатки. Повний обсяг дисертації складає 219 сторінок, в тому числі 151 сторінку основного тексту. Робота містить: чотири додатки, 96 рисунків, 47 таблиць, список використаних джерел із 149 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми удосконалення несучих конструкцій кузовів напіввагонів для підвищення надійності їх кріплення на ЗП. У зв’язку з чим була запропонована розробка та впровадження нових науково-технічних рішень, що спрямовані на адаптацію напіввагонів до взаємодії їх з багатообертовими засобами закріплення ЗП. Науково обґрунтовано необхідність удосконалення конструкції кузова напіввагона при перевезенні ЗП. Представлений зв’язок роботи з науковими програмами, планами та темами; визначено мету та задачі дослідження, перелічено методи дослідження, які використані при написанні дисертаційної роботи, сформульовано наукову новизну отриманих результатів, приведено загальну характеристику дисертаційної роботи. Зазначено науково-практичне значення роботи, особистий внесок здобувача, апробацію результатів, публікації та структуру дисертації.

У **першому розділі** розглянуто стан досліджень динаміки та міцності вагонів при експлуатації в умовах залізнично-водного сполучення, проаналізовано пошкоджуваність кузовів напіввагонів при взаємодії з багатообертовими засобами закріплення ЗП.

Вирішенню проблем експлуатації вагонів в умовах МЗВС присвячені труди ВНДІЗТ (м. Москва); МДУ ШС (м. Москва); ОНМА (м. Одеса); УкрДАЗТ (м. Харків); Dalavan Munson Baldwin (США), Wietfeld Mavfred (Німеччина) та ін.

У теперішній час для забезпечення стійкості кузова вагона проти зміщення та перекидання в умовах хвилювання моря відбувається його закріплення на палубі ЗП

з використанням ланцюгових стяжок з талрепами та упор-домкратами; щоб уникнути перекошування вагонів відносно рейок під поверхні кочення коліс встановлюються гальмівні башмаки, а в повздовжньому напрямку крайні в плетях вагони з'єднуються з тупиковими упорами, обладнаними стандартними автозчепами рухомого складу СА-3 (рис. 1). Крім того, з метою загальмовування колісних пар гальмівна система вагонів підключається до спеціальних рукавів системи для подачі стисненого повітря.

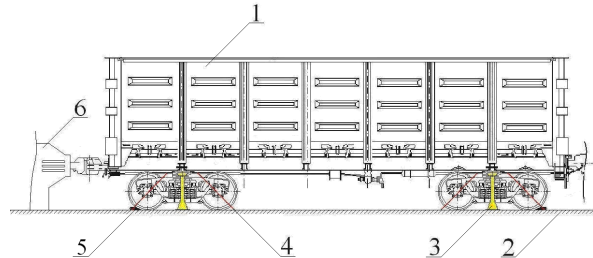


Рис. 1. Схема закріплення плеті вагонів відносно палуби ЗП за існуючою технологією:

1 – вагон; 2 – палуба ЗП; 3 – механічний упор-домкрат; 4 – ланцюгова стяжка; 5 – гальмівний башмак; 6 – тупиковий упор

На підставі проведених досліджень типових схем закріплень вагонів відносно палуб на станціях “Іллічівськ – Поромна” та ДП “ТІС – Крим”, було встановлено реальні зони елементів несучої конструкції кузовів вагонів, за які відбувається закріплення. Дослідження міцності цих елементів в умовах морського хвилювання з урахуванням гідрометеорологічних факторів акваторії Чорного моря показав, що напруження в них та у прилеглих зонах несучої конструкції кузовів напіввагонів у декілька разів перевищують допустимі, що спричиняє виникнення залишкових деформацій, а відповідно, знижує їх міцність, збільшуючи фінансові відрахування у позапланові ремонти при відновленні вагонів. На підставі даних “Книги перед’яви вагонів вантажного парку до технічного обслуговування” форми ВУ-14, яка використовується на станції “Іллічівськ-Поромна” для запису відомостей про технічний стан вагонів, що прибули ЗП, були виявлені основні пошкодження елементів кузовів напіввагонів при взаємодії з засобами закріплення відносно палуб в умовах хвилювання моря. Відсоткове співвідношення пошкоджень несучих конструкцій кузовів напіввагонів до загальної кількості напіввагонів, які оберталися через станцію “Іллічівськ – Поромна” за останні роки наведено на рис. 2. Найбільший відсоток пошкоджень приходить на обшивку кузовів напіввагонів, що обумовлено частістю закріплень ланцюгових стяжок за конструкційні елементи, які взаємодіють з нею (рис. 3).

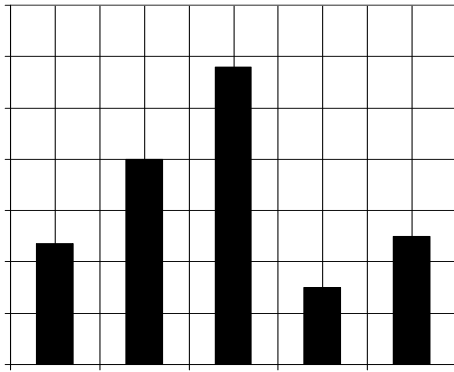


Рис. 2. Відсоткове співвідношення пошкоджень несучих конструкцій кузовів напіввагонів до загальної кількості напіввагонів, які експлуатувалися в МЗВС

Тому важливим та необхідним є удосконалення несучих конструкцій кузовів напіввагонів з метою забезпечення надійної взаємодії з засобами закріплення відносно палуб ЗП.

У другому розділі наведений напрям та загальна методика досліджень динаміки та міцності несучих конструкцій кузовів напіввагонів при перевезенні на ЗП. Проведений порівняльний аналіз методів досліджень, які використовувалися в роботах попередників та визначені похибки, обумовлені спрощеннями при побудові математичної моделі коливань кузова вагона при перевезенні його ЗП в умовах хвилювання моря та зусиль розпору насипного вантажу на бокові стіни кузова напіввагону. Встановлено, що питанням дослідження міцності несучої конструкції кузовів вагонів при перевезенні їх морем уваги не приділялося.

Наведені методи досліджень, які пропонується застосувати в роботі з метою дослідження умов експлуатації напіввагонів в МЗВС.

У третьому розділі наведено результати досліджень динаміки та міцності кузовів напіввагонів при взаємодії з багатообертовими засобами закріплення ЗП.

З метою визначення розрахункових зусиль, які діють на кузова напіввагонів під час перевезення ЗП, досліджено гідрометеорологічні фактори акваторії Чорного моря та визначено максимальні кути крену та диференту за умов морського хвилювання, які сягають відповідно та .

Для визначення інерційних зусиль, які діють на кузов напіввагона при перевезенні його ЗП в умовах морського хвилювання розроблено математичну модель коливань кузова. При цьому враховано, що кузов вагона жорстко закріплений відносно палуби і здійснює переміщення разом з нею. Ударна дія морських хвиль на корпус ЗП з вагонами, розміщеними на його борту не враховувалася. Рівняння переміщень кузова напіввагона при перевезенні його ЗП в умовах морського хвилювання мають вигляд

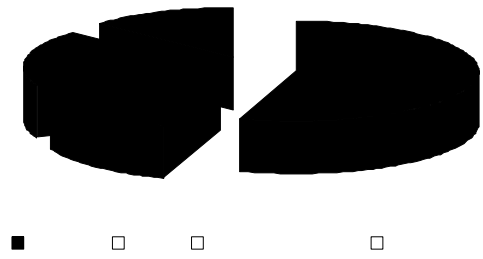


Рис. 3. Відсоткове співвідношення найбільш частих пошкоджень елементів кузовів напіввагонів в МЗВС

де i – узагальнені координати, що відповідають: x – переміщенню кузова відносно вертикальної вісі, яка проходить через його центр мас, φ – кутовому переміщенню навколо поперечної вісі, ψ – кутовому переміщенню навколо повздовжньої вісі. Початок координат системи розміщений в центрі мас ЗП.

параметри ЗП: D – водовитіснення, т; L, B – відповідно довжина та ширина, м; H – висота борта, м; K – безрозмірний коефіцієнт, який визначається за графічними залежностями А.3. Салькаєва в залежності від коефіцієнта повноти шпангоута; z – координата центру ваги, м; Fr – число Фруда, що характеризує швидкість руху; α – коефіцієнт, який визначається за спеціальною номограмою та залежить від відношення B/T ; I – момент інерції маси ЗП відносно повздовжньої вісі, β ; γ – коефіцієнт опору коливанням, δ .

параметри збурюючої дії: ρ – густина морської води, т/м³; ω – частота хвилі, σ ; μ – приєднаний момент інерції маси рідини, τ ; F – вітрове навантаження, т; P – зусилля, яке діє на ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на його палубах.

Розв'язання рівнянь здійснено за допомогою методу варіації довільних постійних

$$, \quad (4)$$

де f_1, f_2, f_3 – функції, які підлягають визначенню; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – розв'язки рівнянь (1 – 3), з урахуванням зведення їх до однорідних.

Переміщення системи у вертикальному напрямку та кутові навколо поперечної вісі як загальні рішення мають вигляд

$$\begin{aligned}
 & + \\
 & + \\
 & + \\
 & ;
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

EMBED Equation.3

$$\begin{aligned}
 & + \\
 & + \quad + \quad + \\
 & + \quad + \quad + \\
 & + \quad + \quad +
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

де a та b – горизонтальна та вертикальна координати центру траєкторії за якою обертається кузов напіввагона, закріплений відносно палуби ЗП, що має на даний час координати x та z ; R – радіус траєкторії, за якою здійснюється оберт кузова напіввагона, м; ω – частота траєкторії збурюючого зусилля; ω_0 – частота вільних коливань ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на палубах, с-1; I – момент інерції маси ЗП відносно поперечної вісі,

Переміщення системи при кутових коливаннях навколо повздовжньої вісі визначаються за формулою (6) з урахуванням відповідних чисельних значень параметрів ЗП та збурюючої дії. Розроблена математична модель дозволила отримати прискорення кузовів вагонів з урахуванням різних технічних характеристик ЗП та параметрів акваторії моря. Загальна величина прискорення кузова напіввагона включає складову прискорення, що залежить від місця розміщення вагона на палубі, та складову прискорення вільного падіння. Для уточненого визначення прискорень, які діють відносно місць розміщень напіввагонів на палубі ЗП, враховано курсові кути хвилі по відношенню до його борту (). Найбільшу величину прискорень при переміщеннях ЗП у вертикальному напрямку мають вагони верхньої палуби (рис. 4, а)), при кутових навколо поперечної та повздовжньої вісей – найбільш віддалені від точки дії збурюючої сили кузова вагонів (рис. 4, б), в)). Таким чином, загальна величина прискорення, яке діє відносно місця

розміщення вагона на палубі ЗП складала: при переміщеннях в вертикальному напрямку – $8,2 \text{ м/с}$, при кутових відносно поперечної вісі – $0,6 \text{ м/с}$, при кутових навколо повздовжньої вісі – $2,4 \text{ м/с}$

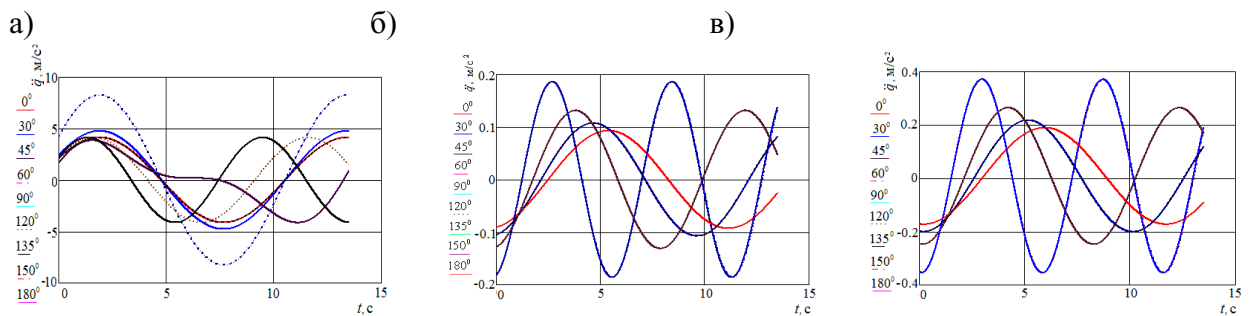


Рис. 4. Характер зміни прискорень кузова напіввагона при переміщенні ЗП:

а) у вертикальному напрямку; б) при кутових навколо поперечної вісі; в) при кутових навколо повздовжньої вісі

На підставі отриманих величин прискорень визначено інерційні зусилля, які діють на кузов напіввагона при перевезенні його ЗП в умовах хвилювання моря, що враховано при дослідженні міцності кузова напіввагона. Розрахунок зусиль, які діють на кузов напіввагона в умовах морського хвилювання, показав, що вони перевищують зусилля при експлуатації вагонів на магістральних коліях: при переміщеннях у вертикальному напрямку – на 52%, при кутових навколо повздовжньої вісі – на 40 %. Значний вплив на величину зусиль, які діють на кузов вагонів при перевезенні ЗП в умовах морського хвилювання, здійснюється через ланцюгові стяжки . Внаслідок того, що вони мають просторове розміщення відносно площин кузовів вагонів, то для визначення зусиль, які будуть передаватися через ланцюгові стяжки на несучу конструкцію кузовів використано залежності

(7)

де $F_{\text{скл}}^i$ – складові зусилля, що діє на кузов напіввагона через ланцюгову стяжку, кН; $F_{\text{кузов}}^i$ – зусилля, що діє на кузов напіввагона, кН; n – кількість ланцюгових стяжок, через які передаються зусилля на кузов напіввагона в умовах морського хвилювання; α_i – кути розміщення ланцюгової стяжки відносно системи координат з центром у точці взаємодії гака ланцюгової стяжки з кузовом.

На підставі досліджень щодо перевезень вантажів напіввагонами в МЗВС встановлено, що одними з найбільш поширених типів вантажів є насипні (близько 10% від загального вантажооберту), які обумовлюють підвищену дію на кузов. Зусилля розпору насипного вантажу на стіни кузова напіввагона визначалися за методом, що ґрунтується на принципі Кулона, який використовується для розрахунку підпірних стін, з корегуванням В. В. Синельникова. Цей принцип дозволяє отримати уточнену величину тиску насипного вантажу з урахуванням невеликої протяжності його відносно повздовжньої вісі. При переміщенні напіввагона ЗП в умовах хвилювання моря до уваги також необхідно брати величину прискорень, які діють на нього.

Тоді, формула для визначення тиску насипного вантажу буде мати вигляд

(8)

де V – об'ємна маса вантажу, т/м³; H – висота кузова напіввагону, м; α – кут внутрішнього тертя (для ідеально сипучого середовища дорівнює куту природного відкосу); β – кут нахилу напіввагона відносно повздовжньої вісі, град.; p – додатковий тиск, обумовлений інерційною складовою, яка діє на насипний вантаж в умовах кутових переміщень ЗП відносно повздовжньої вісі, кПа.

Зусилля розпору насипного вантажу на бокові стіни кузова напіввагону приймалося у вигляді розподіленого навантаження за законом трикутника з максимумом у основи, що притаманне для звичайних умов експлуатації вагонів.

Підхід до визначення тиску насипного вантажу на стіни кузова напіввагону при перевезенні його ЗП в умовах хвилювання моря відрізняється від відомих способом визначення інерційної складової, а також законом розподілення зусилля розпору на бокову стіну кузова напіввагону. На підставі проведених розрахунків при $\beta = 10^\circ$, було отримано максимальне значення тиску насипного вантажу на бокову стіну кузова напіввагона близько 15 кПа.

Для дослідження НДС кузовів напіввагонів при взаємодії з багатообертовими засобами закріплення в умовах морського хвилювання побудована просторова СЕМ кузова напіввагона, яка складається з трикутних елементів у кількості – 10120; чотирикутних – 7375; тетраедрів – 8345; кромки – 42532; граней – 36674; зв'язків кромка-грань – 16. Кількість вузлових точок в сукупності складає 13839.

При побудові моделі (рис. 5) не враховувалися повздовжні зусилля, які діють на кузов напіввагона через автозчепний пристрій, оскільки вони будуть обмежуватися тупиковим упором, встановленим в торці зчепу вагонів та гальмівними башмаками. Закріплення кузова напіввагона в моделі імітувалося постановкою додаткових зв'язків у зонах обпирання кузова вагона на підп'ятники візків, ковзуни та упор-домкрати. У зв'язку з тим, що при перевезенні вагонів ЗП на їх несучу конструкцію діють навантаження, які відрізняються від тих, що виникають при звичайних умовах експлуатації вагонів, при складанні розрахункової моделі враховано такі навантаження:

вертикальне статичне G , вітрове F , розпору насипного вантажу P , інерційне I та навантаження, які діють на кузов вагона через ланцюгові стяжки S . Внаслідок просторового розміщення ланцюгових стяжок зусилля, які будуть передаватися на несучу конструкцію кузова напіввагону через них розкладалися на складові G, F, P, I, S . Кути розміщення ланцюгових стяжок у просторі визначені на підставі натурних досліджень типових схем закріплень вагонів відносно палуб ЗП. Обраний найбільш несприятливий з технологічної точки зору випадок закріплення напіввагона відносно палуби, що враховано при розрахунку на міцність несучої конструкції кузова. Визначення напружень в несучій конструкції кузова напіввагона за умови закріплення його відносно палуби ЗП в умовах хвилювання моря здійснювалось за формулою

(9)

де σ – головні напруження, які виникають в конструкції кузова напіввагона, МПа

Розрахунок на міцність кузова напіввагона проведений з урахуванням схем закріплення його відносно палуби ЗП за трьома типами: дійсного (несиметричного), що застосовується на палубах ЗП й встановлене на підставі натурних спостережень; регламентованого (симетричного) у відповідності з нормативно-технічною документацією; регламентованого (симетричного) із закріпленням стяжок у зонах взаємодії шворневих балок рами вагона із вертикальними стійками каркасу кузова.

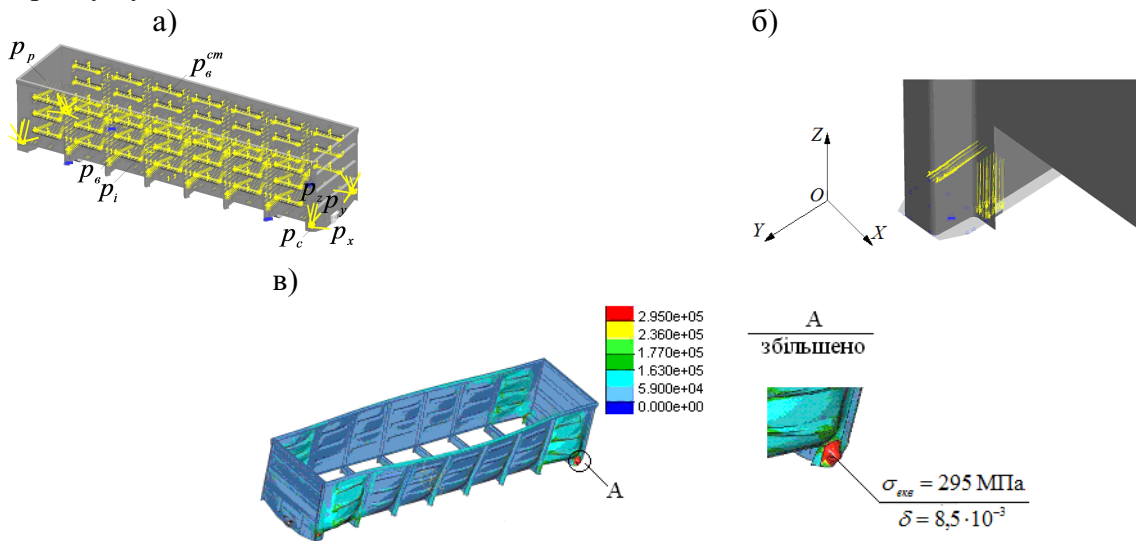


Рис. 5. Модель міцності та НДС кузова напіввагону при взаємодії з багатообертovими засобами закріплення в умовах хвилювання моря:

а) модель міцності кузова напіввагону; б) моделювання реальних зон прикладення навантажень до кузова напіввагону через ланцюгові стяжки; в) НДС кузова напіввагону

Відмінність цієї моделі від відомих полягає в тому, що в зонах прикладення навантажень, які передаються на кузов через ланцюгові стяжки встановлювалися накладки, конфігурація яких подібна до геометрії контактної зони взаємодії гака (рис. 5, б). Таким чином розроблена СЕМ дозволяє проводити розрахунки на міцність не тільки при звичайних умовах експлуатації вагонів, а і в МЗВС, враховуючи різні умови навантажень при залізнично-поромних перевезеннях. Розрахунок на міцність проведено методом скінчених елементів й аналіз результатів розрахунків показав, що максимальні еквівалентні напруження в конструкції напіввагонів виникають в умовах кутових переміщень навколо повздовжньої вісі ЗП. Так, при несиметричному розміщенні ланцюгових стяжок максимальні еквівалентні напруження дорівнюють 295 МПа, переміщення в вузлах кузова склали 15 мм, деформації – $8,5 \cdot 10^{-3}$.

Четвертий розділ присвячений вирішенню питань удосконалення конструкцій кузовів напіввагонів для підвищення надійності їх кріплення на палубі ЗП. З метою забезпечення міцності вагонів, які обертаються у МЗВС, запропоновано оснащення їх несучих конструкцій спеціальними конструкційними елементами або вузлами для взаємодії з багатообертovими засобами закріплення

Складні геометричні параметри вузла проектувалися з урахуванням розмірів шворневої балки вагона та гака ланцюгової стяжки. З метою забезпечення чіткої взаємодії робочої частини вузла для закріплення вагона відносно палуби ЗП з ланцюговими стяжками конфігурація цієї частини розроблена у відповідності з геометричними параметрами гака ланцюгової стяжки.

Вузол для закріплення гака ланцюгової стяжки, наведений на рис. 6, складається з прямої гаку ланцюгової стяжки 1, приливу радіального 2, опори циліндричної 3, призматичної частини 4, посилення протилежного 5, опорної частини 6.

а)

б)

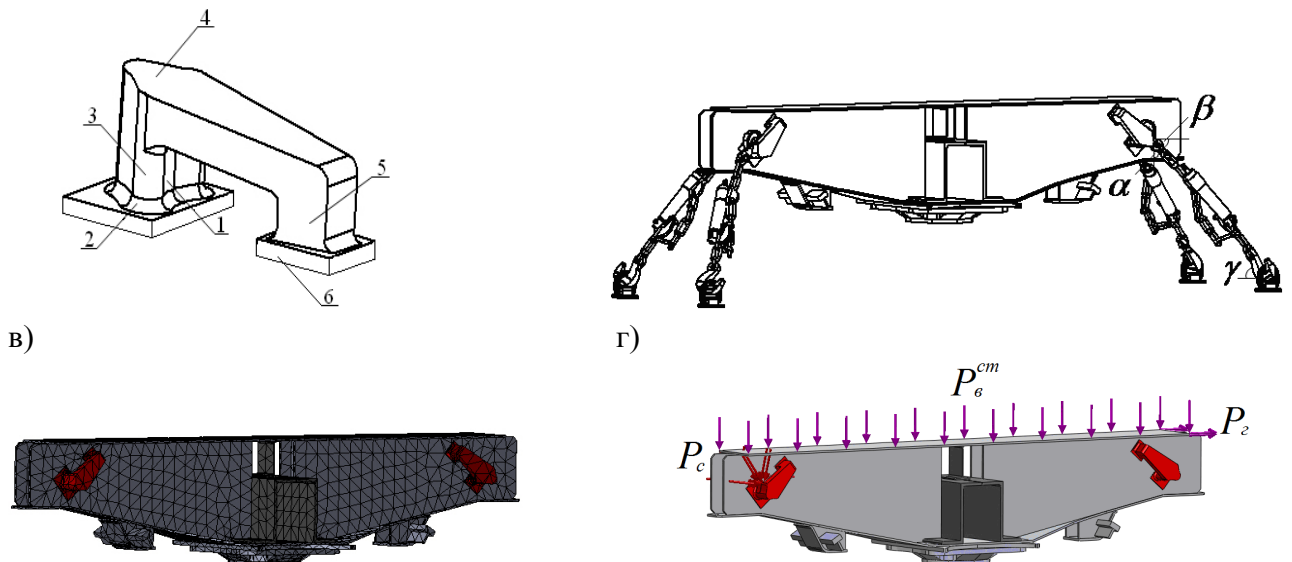


Рис. 6. Вузол для закріплення гака ланцюгової стяжки:

а) конструкційні особливості вузла для закріплення гака ланцюгової стяжки; б) розміщення вузла на шворневій балці напіввагона з урахуванням взаємодії з ланцюговими стяжками; в) СЕМ шворневої балки напіввагона з вузлами для закріплення ланцюгових стяжок; г) модель міцності шворневої балки напіввагона

Встановлення цих вузлів на напіввагонах передбачається на шворневих балках, оскільки ланцюгові стяжки, якими відбувається закріплення кузовів відносно палуб, у відповідності з нормативною документацією повинні мати просторове розміщення та кути їх нахилу () дорівнювати встановленим. З метою підвищення жорсткості перетину шворневої балки напіввагона в зоні розміщення вузла для закріплення гака ланцюгової стяжки запропоновано встановлення підсилюючих діафрагм.

При побудові СЕМ шворневої балки кузова напіввагона з урахуванням розміщення на ній вузлів для закріплення відносно палуб ЗП кількість елементів сітки складала 14792, вузлів – 29265. В якості скінчених елементів були використані ізопараметричні тетраедри з трьома ступенями вільності.

Для дослідження НДС відповідних зон шворневої балки кузова напіввагона з урахуванням встановлення на неї вузлів для закріплення відносно палуби ЗП, побудовано модель міцності та проведений розрахунок. При складанні розрахункової моделі враховано такі навантаження:

горизонтальне , до складу якого входить інерційне та вітрове, вертикальне статичне та навантаження, які діють на шворневу балку через вузол закріплення гака ланцюгової стяжки . Результати розрахунків показали, що напруження в шворневій балці не перевищують допустимі та знаходяться в межах 155 МПа, переміщення в вузлах конструкції склали близько 1 мм, деформації

– . Встановлено, що з урахуванням закріплення напіввагонів відносно палуб ЗП за новою схемою, стає можливим підвищити життєвий цикл кузовів на 5,2 роки, за умов постійної експлуатації в МЗВС, а з дотриманням відповідної системи технічного обслуговування та діагностування даних строк може бути збільшений.

В п'ятому розділі наведено результати експериментальних досліджень НДС елементів кузова напіввагона при перевезенні ЗП та з урахуванням обладнання вузлами для закріплення ланцюгових стяжок методом тензометрування. З метою визначення НДС елементів кузовів напіввагонів за які відбувається закріплення відносно палуб ЗП в умовах морського хвилювання, дослідження проводилося методом тензометрування на ЗП "Герои Шипки" під час слідування його за маршрутом "Іллічівськ – Поті" з проміжним заходженням на поромний комплекс станції "Крим". На підставі проведених досліджень визначено напруження в зонах взаємодії елементів конструкції кузова напіввагона з гаками ланцюгових стяжок (рис. 7). Найбільші величини відносних деформацій були зафіксовані тензодатчиками, встановленими на запірні кутники

кришок люків та скобу для підтягування вагона, при цьому напруження в них склали, відповідно 178 МПа та 203,4 МПа. Розбіжність між теоретичними та експериментальними даними при цьому склала близько 20%.

Для забезпечення міцності елементів кузова з урахуванням оснащення вагона вузлами для закріплення ланцюгових стяжок при перевезенні ЗП в умовах морського хвилювання, проведено стендові експериментальні випробування. Початковим етапом дослідження стало створення моделі вузла для закріплення ланцюгових стяжок. Для чого на підставі робочих креслень спроектовано та виготовлено роз'ємну дерев'яну модель вузла, за якою створено сталеві виливки. Закріплення вузлів на шворневих балках вагону відбувалося зварюванням. При розрахунку зварного шва на міцність враховано, що він сприймає деформацію зрізу та повздовжнє зусилля. З метою дослідження міцності кузова вагона у зонах розташування вузлів для закріплення ланцюгових стяжок було обрано напіввагон моделі 12-1505. Для визначення відносних деформацій у шворневій балці використаний метод тензометрування. Максимальні відносні деформації зафіксовані в вертикальному листі шворневої балки, напруження склали близько 70 МПа. З метою перевірки адекватності теоретичних результатів досліджень щодо експериментальних, проведений порівняльний аналіз (рис. 8). Розбіжність між теоретичними та експериментальними даними склала близько 10%.

Для перевірки адекватності розроблених моделей міцності кузова напіввагона з урахуванням схем закріплення його відносно палуби та шворневої балки кузова напіввагона з урахуванням встановлення на неї вузлів для закріплення відносно палуб ЗП проведений розрахунок за критерієм Фішера, який дозволив зробити висновок, що гіпотеза про адекватність розроблених моделей не заперечується.

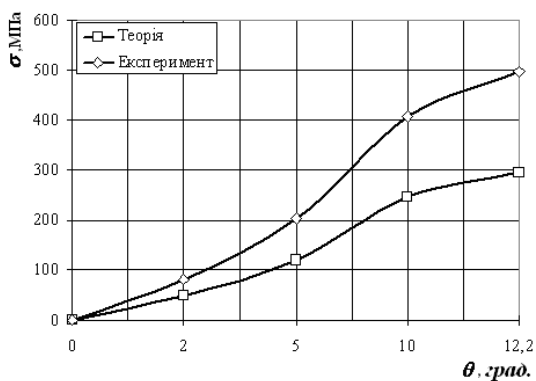


Рис. 7. Залежність напружень в зонах закріплення кузова напіввагону від кута крену ЗП

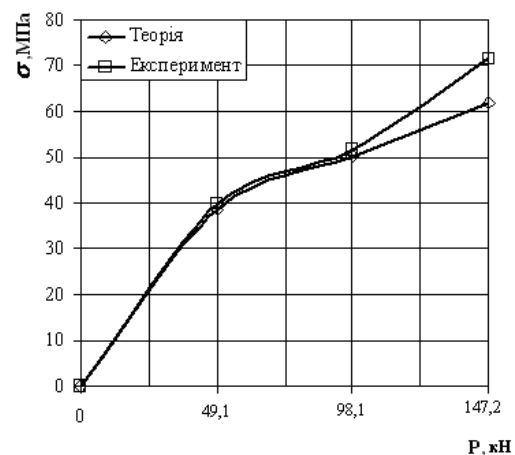


Рис. 8. Залежність напружень в вертикальному листі шворневої балки напіввагону від навантаження, що передається посередництвом вузла для закріплення гака ланцюгової стяжки

Прогнозований економічний ефект від удосконалення несучих конструкцій кузовів напіввагонів з урахуванням обладнання 108 вагонів вузлами для закріплення відносно палуб ЗП (загальна вагономісткість ЗП типу "Герои Шипки") складає 161 тис.грн. та здійснюється за рахунок зменшення витрат на позапланові ремонти вагонів.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми, що виявляються в удосконаленні несучих конструкцій кузовів напіввагонів для підвищення надійності їх кріплення на ЗП. Науково обґрунтовано та запропоновано оснащення несучих

конструкцій кузовів напіввагонів, які експлуатуються на ЗП, спеціальними вузлами для надійного закріплення відносно палуб, що дозволить забезпечити їх міцність при взаємодії з багатообертовими засобами закріплення в умовах морського хвилювання.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень отримано такі результати:

1. Досліджено дані щодо пошкоджень вагонів при експлуатації їх в умовах залізнично-водного сполучення та проведено аналіз найбільш пошкоджуваних деталей і зон кузовів напіввагонів при перевезеннях на ЗП. Встановлено, що основний відсоток пошкоджень пов'язаний з відсутністю в самій конструкції кузовів вагонів місць закріплення ланцюгових стяжок, які використовуються в практиці перевезень вагонів морем для забезпечення їх стійкості в умовах хвилювання. Кожного року близько 10% вагонів від загального вагонообігу в МЗВС потребують ремонту з відчепленням. За останні роки кількість пошкоджених напіввагонів у МЗВС склала 50 – 56% від загальної кількості пошкоджених вагонів або 7% від загальної кількості напіввагонів, які оберталися через переправу.

2. Проведено аналіз існуючих технологічних схем закріплень вагонів відносно палуб. На підставі чого, отримано коефіцієнти нерівномірності розміщення ланцюгових стяжок відносно основних конструкційних площин кузовів. Ці коефіцієнти дозволяють отримати уточнене значення зусиль, що діють на кузов вагона через ланцюгові стяжки, які на практиці мають нерівномірність розміщення за висотою кузова вагона та від палубного рима до вертикальної площини кузова. Коефіцієнт нерівномірності розміщення ланцюгових стяжок за висотою кузова напіввагона склав \dots та від палубного рима до вертикальної площини кузова напіввагона \dots

3. Складено математичну модель щодо визначення характеру та особливостей переміщень системи “вагон-поромне судно-море” з урахуванням збурень, що викликані хвилюванням акваторії моря. Визначено максимальні прискорення, які діють на кузова напіввагонів відносно місць розміщень на палубах ЗП: при переміщенні кузова в вертикальному напрямку – $8,2 \text{ м/с}^2$, при кутовому відносно поперечної вісі – $0,6 \text{ м/с}^2$, при кутовому навколо повздовжньої вісі – $2,4 \text{ м/с}^2$.

4. Розроблено СЕМ кузова напіввагону, яка дозволяє враховувати зусилля, що діють на несучу конструкцію при взаємодії з багатообертовими засобами закріплення, та опрацьовано розрахункові схеми для дослідження НДС кузова напіввагона, що враховують зусилля, які діють на нього при перевезенні на ЗП в умовах морського хвилювання.

5. Досліджено міцність елементів конструкції кузова напіввагона з урахуванням особливостей силової взаємодії з багатообертовими засобами закріплення відносно палуб ЗП. Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що при використанні існуючої технології закріплення мають місце підвищені напруження в зонах взаємодії кузовів з ланцюговими стяжками. В умовах переміщень ЗП в вертикальному напрямку при несиметричному закріпленні ланцюгових стяжок максимальні еквівалентні напруження в конструкції кузова склали більше ніж 1000 МПа , що перевищують напруження плинності майже на 300%, деформації – $1,3 \cdot 10^{-3}$, при кутових переміщеннях навколо повздовжньої вісі, відповідно, 295 МПа , що менше на 10%, та $8,5 \cdot 10^{-3}$.

6. Спроектовано та розроблено вузол кузова напіввагона для закріплення відносно палуб. Пропонується створення спеціалізованого парку напіввагонів, обладнаного вузлами для закріплення відносно палуб та призначеного для експлуатації в МЗВС.

7. Розроблено СЕМ шворневої балки кузова напіввагону з урахуванням обладнання вузлами для закріплення відносно палуб та досліджено її міцність в умовах морського хвилювання. Проведені розрахунки дозволили зробити висновок, що при оснащенні напіввагонів вузлами для закріплення ланцюгових стяжок відносно палуб ЗП напруження в зонах закріплення не перевищують допустимі для марок сталей конструкції кузовів. Максимальні еквівалентні

напруження в умовах кутових переміщень ЗП навколо повздовжньої вісі знаходяться в межах 155 МПа, що менше на 50%, деформації складають

8. Проведено натурні та стендові експериментальні дослідження з метою підтвердження адекватності результатів моделювання міцності конструкційних елементів кузова напіввагону при перевезенні ЗП. Визначено напруження в елементах кузова напіввагону за які відбувається закріплення та встановлено, що в умовах підвищених кутів крену ЗП (більш ніж 10°) їх максимальні значення складають близько 500 МПа, деформації – приблизно 2500 одиниць відносної деформації (ОВД), переміщення – близько 18 мм. Досліджено міцність елементів кузова напіввагону з урахуванням оснащення його вузлами для закріплення ланцюгових стяжок. Максимальні напруження, які виникають в елементах кузова напіввагона склали близько 70 МПа, деформації – приблизно 340 ОВД, переміщення – близько 1 мм.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Ловська А. О. Особливості визначення зусиль, що діють на вагон при його взаємодії з багатообертовими засобами закріплення залізнично-поромних суден / А. О. Ловська // Зб. наук. праць. Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 25 – С. 157 – 161.
 2. Визняк Р. И. Уточнение величин усилий, которые действуют на кузова вагонов при их перевозке железнодорожными парами / Визняк Р. И., Ловская А. А. // Вестник ВНИИЖТ, 2013. – №2 – С. 20 – 27.
 3. Визняк Р. И. О сохранности грузовых вагонов / Р. И. Визняк, А. А. Ловская // Железнодорожный транспорт – 2011. – № 12. – С. 48 – 49.
 4. Візняк Р. І. Дослідження умов експлуатації вагонів при перевезенні їх залізнично-поромним судном / Р. І. Візняк, В. В. Шевченко, А. О. Ловська, О. А. Угніч // Залізничний транспорт України, 2009. – № 1 – С. 16 – 19.
 5. Візняк Р. І. Дослідження динаміки кузова вагона при перевезенні його залізнично-поромним судном / Р. І. Візняк, В. В. Шевченко, А. О. Ловська // Зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 107. – С. 117 – 124.
 6. Візняк Р. І. Дослідження напружено-деформованого стану кузовів піввагонів при перевезенні їх залізничними поромами / Р. І. Візняк, А. О. Ловська // Зб. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111 – С. 189 – 197.
 7. Візняк Р. І. Удосконалення конструкції вантажних вагонів з метою адаптації їх до взаємодії із залізнично-поромною складовою комбінованого транспорту / Р. І. Візняк, О. Г. Красюк, А. О. Ловська, О. А. Шкабров // Залізничний транспорт України, 2011. – № 3 – С. 13 – 17.
- Праці апробаційного характеру:
8. Візняк Р. І. Дослідження напружено-деформованого стану кузовів вагонів при перевезенні залізничними поромами у міжнародному сполученні та розробка заходів щодо забезпечення їх збереження / Р. І. Візняк, А. О. Ловська // Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта: междунар. науч.-техн. конф., 15 – 16 квітня, 2010 р.: тези доповідей. – Д., 2010. – С. 67.
 9. Візняк Р. І. Експериментальні дослідження міцності елементів кузовів вагонів при взаємодії їх з багатообертовими засобами закріплення залізничних поромів в умовах хвилювання моря / Р. І. Візняк, А. О. Ловська // Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта: междунар. науч.-техн. конф., 14 – 15 квітня, 2011 р.: тези доповідей. – Д., 2011. – С. 67.
 10. Візняк Р. І. Удосконалення конструкції вантажних вагонів з метою підвищення їх збереження в міжнародному залізнично-поромному сполученні / Р. І. Візняк, А. О. Ловська // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного

транспорту: управління, економіка і технології: міжнар. наук.-техн. конф., 24 – 25 березня, 2011 р.: тези доповідей. – К., 2011. – С. 25 – 26.

11. Визняк Р. И. Исследование напряженно-деформированного состояния вагонов при перевозке их железнодорожными паромными в условиях волнения моря / Р. И. Визняк, А. А. Ловская // Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami: междунар. науч.-техн. конф., 7 – 15 октября, 2009 г.: тезисы докл. – Przemysl, 2009. – С. 33 – 35.

12. Визняк Р. И. Разработка мероприятий, направленных на обеспечение сохранности грузовых вагонов при перевозке их железнодорожно-паромными судами в условиях морского волнения / Р. И. Визняк, А. А. Ловская // Moderni vymozenosti vedy: междунар. науч.-техн. конф., 27 февраля – 5 марта, 2010 г.: тезисы докл. – Praha., 2010. – С. 21 – 23.

13. Визняк Р. И. Исследование динамики и силового нагружения вагонов при перевозке железнодорожно-паромным судном / Р. И. Визняк, А. А. Ловская // Безопасность движения поездов: науч.-практ. конф., 30 – 31 октября, 2008 г.: тезисы докл. – М., 2008. – С. VII-39.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

14. Пат. 91712 Україна, МПК В63В25 / 00. Пристрій для закріплення вагона відносно палуби залізнично-поромного судна / Головка В. Ф., Візняк Р. І., Ловська А. О.; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту; заявл. 28.02.08; опубл. 25.08.10, Бюл. №16.

15. Визняк Р. И. Перевозки вагонов в международном железнодорожно-паромном сообщении / Р. И. Визняк, А. А. Ловская // Железнодорожный транспорт – 2010. – №3. – С. 34 – 36.

АНОТАЦІЯ

Ловська А. О. Удосконалення несучих конструкцій кузовів напіввагонів для підвищення надійності їх кріплення на залізничних поромах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Державне підприємство “Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України”, Київ, 2013.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі на залізничному транспорті – забезпеченню міцності напіввагонів при експлуатації їх у міжнародному залізнично-водному сполученні. Для вирішення поставленої задачі були досліджені особливості даних умов експлуатації вагонів, що у сукупності дозволило стверджувати про їх негативний вплив на міцність вагонів. У зв'язку з цим, у дисертаційній роботі розроблено заходи, спрямовані на адаптацію конструкцій напіввагонів до перевезень залізничними поромами в міжнародному сполученні – вузол кузова для закріплення гаку ланцюгової стяжки. Доцільність та економічна ефективність запропонованої розробки обґрунтована результатами теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи та техніко-економічними розрахунками.

Ключові слова: напіввагон, динаміка вагона, міцність, напружено-деформований стан, адаптація конструкції, комбінований залізнично-поромний транспорт, залізнично-поромне сполучення.

АННОТАЦИЯ

Ловская А. А. Усовершенствование несущих конструкций кузовов полувагонов для повышения надежности их крепления на железнодорожных паромах. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. – Государственное предприятие

“Государственный научно-исследовательский центр железнодорожного транспорта Украины”, Киев, 2013.

Повышение объемов перевозок грузов между странами Европы и Азии в последнее время создает возможность для расширения международных транспортных коридоров. При этом важное значение в транспортных потоках принадлежит железнодорожно-водному сообщению, одной из главных составляющих которого являются международные железнодорожно-паромные переправы. Исследования условий эксплуатации вагонов в международном железнодорожно-водном сообщении (МЖВС) показали, что имеют место повреждения кузовов вагонов, обусловленные конструкционной непригодностью их к взаимодействию со средствами закрепления относительно палуб железнодорожных паромов (ЖДП) в условиях волнения моря. В связи с этим, необходимым является усовершенствование несущих конструкций кузовов полувагонов для повышения надежности их крепления на ЖДП. Расчеты проводились на примере кузова универсального полувагона.

С целью определения углов крена и дифферента ЖДП с вагонами на его борту изучены гидрометеорологические условия акватории Черного моря, которой проходят основные железнодорожно-паромные маршруты Украины. Для определения инерционных усилий, которые действуют на кузова вагонов в условиях волнения моря, рассчитаны ускорения, возникающие относительно штатных мест расположения их относительно палуб с учетом различных курсовых углов волны по отношению к корпусу ЖДП. На основании чего установлено, что наибольшие ускорения приходятся на наиболее удаленные от центра колебаний кузова вагонов.

Для определения усилий, которые действуют на кузова вагонов через цепные стяжки в условиях волнения моря, проведены исследования неравномерности размещения цепных стяжек относительно кузовов вагонов на палубах украинских ЖДП. На основании чего определены коэффициенты неравномерности расположения цепных стяжек в пространстве, что позволяет получить более уточненную величину усилия, действующего на вагон через средства закрепления в условиях волнения моря.

Для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) несущих конструкций кузовов полувагонов при перевозке их ЖДП в условиях волнения моря построены конечно-элементные модели, которые позволяют проводить расчеты на прочность не только при обычных условиях эксплуатации вагонов, а и в МЖВС. Во внимание приняты три основные схемы взаимодействия полувагонов с цепными стяжками, которые используются для обеспечения устойчивости кузовов вагонов при перевозке морем: несимметричное (реальное), на основании натурных исследований, проведенных на палубах ЖДП; симметричное закрепление; симметричное закрепление стяжек в углах узлов заделок шкворневых балок рамы вагона и вертикальных стоек каркаса кузова. Результаты расчетов на прочность несущих конструкций кузовов полувагонов при перевозке их ЖДП показали, что максимальные эквивалентные напряжения в конструкции при всех трех схемах взаимодействия полувагонов с цепными стяжками превышают допускаемые для заданных марок сталей металлоконструкции. Данное обстоятельство может привести к нарушению устойчивости кузовов вагонов относительно палуб ЖДП.

С целью экспериментальных исследований прочности кузова полувагона проведены натурные испытания на палубе ЖДП “Герои Шипки” во время следования его по маршруту “Ильичевск – Потти” (Украина – Грузия) с промежуточным заходом на станцию “Керчь”. Для определения относительных деформаций в зонах закрепления кузова полувагона относительно палубы ЖДП использован метод тензометрирования. На основании проведенных исследований установлено, что расхождение между теоретическими и экспериментальными данными составляет около 20%.

Для обеспечения надежности закрепления несущих конструкций кузовов полувагонов относительно палуб ЖДП предлагается оснащение парка полувагонов, которые оборачиваются в МЖВС, узлами для взаимодействия с многооборотными средствами закрепления вагонов относительно палуб ЖДП. Целесообразность предложенного внедрения обоснована теоретическими исследованиями, представленными в диссертационной работе.

С целью проведения экспериментальных исследований НДС элементов кузовов полувагонов с учетом установки на них узлов для закрепления проводились стендовые испытания. Стальные отливки узлов для закрепления вагона относительно палуб ЖДП изготовлены из стали марки 32Х06Л. Для исследования прочности кузова вагона в зонах размещения узлов для закрепления цепных стяжек выбран глухонный полувагон модели 12-1505. Определение относительных деформаций в зонах шкворневой балки проводилось методом тензометрирования. На основании проведенных исследований установлено, что расхождение между теоретическими и экспериментальными данными составляет около 10%.

С учетом закрепления полувагонов относительно палуб ЖДП по новой схеме становится возможным повысить жизненный цикл их кузовов в МЖВС на 5,2 года, а с соблюдением соответствующей системы технического обслуживания и диагностики данный срок может быть увеличен. Проведенные исследования позволят обеспечить надежность закрепления несущих конструкций кузовов полувагонов на ЖДП.

Ключевые слова: полувагон, динамика вагона, прочность, напряженно-деформированное состояние, адаптация конструкции, комбинированный железнодорожно-паромный транспорт, железнодорожно-паромное сообщение.

THE SUMMARY

Lovskaya A. A. Development of a carrying structure of open-top car bodies to improve their reliability of fastening on railway ferry-boat. – The Manuskript.

Thesis for the degree of candidate of sciences, speciality 05.22.07 – Rolling Stock And Train Traction. – State enterprise “State Research and Development Center of Railway Transport of Ukraine”, Kiev, 2013.

Analysis of car fixing technologies on deck of railway-ferry vessels is carried-out. The analyses the efforts effecting strength characteristics of bearing elements of open-top car bodies and the stability factor for the ferry-boat deck. The great affection is paid to the allocation of cars along the boat deck, to increase the stability and maintain the freight and passenger cars fleet in international rail-and-water transportation. Heavily deformed car bodies condition while their interaction with fastenings concerning ferry's deck at the conditions of rough waves was studied. Ways for car structures adaptation for operation in international railway-ferry communication were developed. It provides the safety of car-fleet while operating in rail-and-water transportation.

Key words: open-top car, the dynamics of car, stress-deformed state, adaptation of construction, railway-ferry transport, railway ferry-boat transportation.

Ловська Альона Олександрівна

УДК 629.463.65:656.211.7

**УДОСКОНАЛЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇХ КРІПЛЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПОРОМАХ**

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 «22» травня 2013р.
Формат 60x84 1/16. Папір для множних апаратів.
Умовн. друк. арк. 1,0. Обл.-вид. арк.1,1.
Замовлення № 200. Тираж 100 екз.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК №2874 від 12.06.2007р.
Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7