

Міністерство промислової політики України
Державне підприємство
“Український науково-дослідний інститут вагобудування”

Збірник наукових праць

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Випуск 2

Кременчук 2010

УДК 656:62

Збірник наукових праць Державного підприємства “Український науково-дослідний інститут вагонобудування”: Збірник наукових праць “Рейковий рухомий склад”. Кременчук.: ДП “УкрНДІВ”, 2010. - 85 с.

Збірник містить статті, присвячені теоретичним, методологічним та прикладним проблемам галузі залізничного транспорту. У статтях збірника розглядаються питання щодо конструкцій рухомого складу залізниць, технології та організації транспортних процесів, математичного моделювання об’єктів залізничного транспорту, екологічної безпеки на транспорті, економіки транспортного машинобудування.

Для науковців, дослідників, конструкторів та інженерно-технічних працівників транспорту та зв’язку.

Редакційна колегія:

Донченко А.В., кандидат технічних наук, ст. науковий співробітник, член-кореспондент Транспортної Академії України, академік Міжнародної академії наук житлово-комунального господарства (*головний редактор*);

Водянніков Ю.Я., кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник;

Олещак В.С., кандидат технічних наук;

Речкалов С.Д., кандидат технічних наук;

Ільчишин В.В.;

Ольгард Л.Ш.;

Троцький М.В.;

Холод Ю.О.;

Гладкіх І.В., відповідальний секретар;

Донченко Д.А., комп’ютерна верстка.

Статті збірника рецензували члени Редакційної колегії, друкуються мовою оригінала

Рекомендовано до друку Редакційною колегією ДП “УкрНДІВ” (протокол № 1 від 06.01.2010 р.)

Засновник і виконавець - Державне підприємство “Український науково-дослідний інститут вагонобудування”

E-mail: office@ukrndiv.com.ua

www.ukrndiv.com.ua

Зміст

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

<i>А.В. Донченко, М.В. Троцький, В.О. Подзоров, Г.С. Ігнатов</i> Дослідження та розробка технічних вимог до двоповерхових вагонів для експлуатації на залізницях України.....	4
<i>М.В. Атлас, А.В. Донченко, Ю.Я. Водяников, Т.В. Шелейко</i> Дослідження конструкції рами візка вагона метрополітену з метою визначення надійності її елементів	13
<i>В.С. Василенко</i> Автоматизация проведения поездных тормозных испытаний железнодорожного подвижного состава методом “бросания”.....	18
<i>С.В. Бондарев, С.А. Гаврилов, Н.Т. Ольгард, С.А. Чебуров</i> Исследования сопротивлению усталостиосей вагонов типов РУ1 и РУ1Ш колесных пар грузовых вагонов, восстановленных методом плазменно-дуговой металлизации шеек и подступичных частей.....	23
<i>Р.І. Візняк, А.О. Ловська, О.А. Угніч, М.В. Павлюченков</i> Фактори, що впливають на безпеку руху при перевезенні вагонів залізничними поромними суднами в міжнародному сполученні	28
<i>Ю.Я. Водяников, Т.В. Шелейко, А.М. Сафронов</i> Математическая обработка результатов стендовых испытаний тормозного блока дискового тормоза.....	42
<i>Ю.Я. Водяников, В.Р. Распопин, Л.Ю. Снитко</i> Алгоритм расчета показателей надежности.....	46
<i>В.И. Ткачев, В.А. Середя, В.С. Речкалов, С.В. Мурчков, В.А. Литвин</i> Модернизация двухосной тележки для грузовых вагонов модели 18-100 путем использования радиальных рычагов и элементов модернизации А.Стаки.....	51
<i>А.В. Донченко, М.В. Троцький</i> Залізничні перевезення контейнерів з завантаженням на рухомий склад в два яруси	59
<i>В.І. Мороз, О.В. Фомін, В.В. Фомін, К.В. Сидоренко, В.П. Білаш</i> Удосконалення конструкції вітчизняних напіввагонів на основі використання сучасних підходів до їх проектування.....	64
<i>А.В. Донченко, В.В. Ільчишин, О.М. Білецький</i> Оцінка якості руху вітчизняних візків з навантаженням 25 тс/вісь.....	69
<i>А.П. Киницкая, М.И. Яланский, Т.В. Шелейко</i> Аналитические и экспериментальные исследования характеристик авторежимов 265а-4 и 265а-4м.....	79

УДК 656.2.08:656.66

Р.І. Візник, А.О. Ловська, О.А. Угніч, М.В. Павлюченков

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАГОНІВ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПОРОМНИМИ СУДНАМИ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

В статті досліджується історичний розвиток залізнично-поромного сполучення України з іншими країнами чорноморського басейну. Проведено аналіз технологій закріплення вагонів відносно палуб залізнично-поромних суден. Виявлено основні недоліки типових схем закріплення вагонів, які використовуються в практиці вітчизняних міжнародних залізнично-поромних перевезень. Досліджено їх силовий вплив на елементи конструкції кузовів вагонів, за які відбувається закріплення, в умовах хвилювання моря з урахуванням гідрометеорологічного характеру акваторії плавання суден.

Постановка проблеми. Вигідне географічне положення України, територією якої проходять основні міжнародні транспортні коридори, забезпечує зростання її зовнішньоекономічної взаємодії з багатьма країнами Євразійського простору.

Важливе визначальне значення в транспортних потоках вантажів належить залізнично-водному сполученню, однією з головних складових якого є морські та річкові порти, а також міжнародні поромні переправи.

На сьогоднішній день злагоджена взаємодія на основі логістичних принципів залізничного та водного (морського, річкового) видів транспорту має велике значення при підвищенні ефективності роботи транспортного комплексу держав СНД.

Функціонування безперевалкового змішаного міжнародного залізнично-водного сполучення України та Росії, як республік СРСР, почалося з 1955 р., саме тоді почала експлуатацію залізнично-поромна переправа “Крим – Кавказ” [1, 2]. Ця подія не стала випадковістю, оскільки через Керченську протоку з’єднувалися берега двох важливіших регіонів, причому здійснювалося скорочення руху в прямому залізничному сполученні приблизно на 1000 км. Відомо, що Керч на протязі тривалого історичного періоду була перехрестям великих торгівельних шляхів з Європи до Азії, із варяг в греки та Великого Шовкового шляху.

Поромне сполучення “Крим – Кавказ” є ланкою транспортного коридора, який з’єднує Україну з Росією, Казахстаном, країнами Кавказа та Центральної Азії через морські залізнично-поромні маршрути на Каспійському морі: Махачкала – Актау, Махачкала – Туркменбаши [3].

З початку маршрут обслуговували чотири залізничних дизель-електричних порома: “Южный”, “Северный”, “Восточный” та “Заполярный”, класу Морського Регістру КМ★Л4Ш¹.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

У 1986 р. переправу закрили через падіння об'ємів перевезень і незадовільного технічного стану. Лише у жовтні 2004 р. спільними зусиллями ВАТ «Російські залізниці», «Укрзалізниці», компаній «Аншип» і «Техинвестсервіс» залізнично-поромне сполучення було відновлено.

Зараз на лінії працюють однопалубні пороми “Петровск” та “Анненков”, класу Російського Річкового Регістру КМ★Л4⁰СП², здатні перевозити по 25 залізничних вагонів. Обробка поромних суден здійснюється у відповідності з [4].

Не менш важливе значення в транспортному симбіозі залізнично-водного сполучення має друга в Україні міжнародна поромна лінія “Іллічівськ – Варна”, що вступила в експлуатацію в листопаді 1978 р.

Одним з головних критеріїв успішного функціонування Іллічівського морського торговельного порту (ІМТП) є його географічне положення на стику транспортних коридорів між Європою і Азією, країнами півночі і півдня, центральної і східної Європи, а також промислово розвиненими регіонами Росії і України і морськими комунікаціями, що мають вихід в Атлантичний і Індійський океани через Середземне море [5].

Через ІМТП проходять наступні міжнародні транспортні коридори:

- ТРАСЕКА;
- Критський коридор №9;
- транспортний коридор Балтика – Чорне море.

На даний час на переправі експлуатуються чотири трьохпалубні пороми: “Герои Шипки” та ”Герои Плевны” – з боку України (клас Морського Регістру КМ★ЛЗ⁰ А2³), ”Герои Севастополя” та ”Герои Одессы” – з боку Болгарії.

У 1994 р. відкрився новий поромний маршрут: “Іллічівськ – Поті”, а в 1996 – “Іллічівськ – Батумі”, який дозволив з'єднати береги України і Грузії. На лінії експлуатується вантажопасажирський пором “Грейфсвальд”, який знаходиться під класифікаційним Регістром Німецького Ллойда. Пором має дві вантажні палуби, розраховані на розміщення 50 залізничних вагонів і 50 великовантажних автомобілів.

З 2001 р. почала діяти переправа “Іллічівськ – Дериндже” (Україна – Туреччина), яку обслуговують пороми “Герои Шипки” та ”Герои Плевны”. Обробка поромних суден на ст. “Іллічівськ – Поромна” здійснюється відповідно до існуючої технології [6].

¹ самохідне судно з льодовим посиленням, призначене для прибережного, рейдового та портового плавання, в межах встановлених Регістром в кожному випадку.

² самохідне судно з льодовим посиленням, єдиним відсіком по довжині, призначене для експлуатації на внутрішніх водних шляхах, а також в морських районах при хвилюванні моря не більше 6 балів та віддаленням від місця сховища;

³ самохідне судно з льодовим посиленням третьої категорії, єдиним відсіком по довжині та другим об'ємом автоматизації;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Вагонообіг по типах вантажних вагонів відносно вказаних залізнично-поромних переправ має наступний вигляд. Процентне співвідношення вагонів по типах, які здійснювали обіг в залізнично-поромному сполученні “Крим – Кавказ” за даними 2008 р.: у транзитному напрямку – 89,6% складають вагони-цистерни, 16,4% – вагони-хопери; у експортному напрямку – 15,4% – вагони-цистерни, 80,6% – вагони-хопери, 4% – піввагони; у імпортному напрямку в основному експлуатуються вагони-цистерни.

Процентне співвідношення вагонів по типах, які здійснювали обіг через Іллічевський поромний комплекс в 2008 р. має наступний вигляд: у сполученні “Іллічівськ – Варна”, в експортному та імпортному напрямках піввагони складають більш 30%, криті – 20%, близько 10% складають платформи і вагони-цистерни; у напрямку “Іллічівськ – Поті/Батумі” піввагони складають близько 40%, криті вагони – більш 30%; “Іллічівськ – Дериндже” – криті вагони складають більше 30%, ізотермічні – більше 20%.

Доцільно звернути увагу на технічний бік питання взаємодії залізничного і водного видів транспорту, який є одним з основних критеріїв, які впливають на успішне функціонування поромних маршрутів.

В цьому випадку для забезпечення стійкості кузова вагону проти зміщення та перекидання в умовах хвилювання моря відбувається його закріплення на палубі поромного судна за традиційним способом, з використанням ланцюгових стяжок з талрепами та упор-домкратами; щоб уникнути перекошування вагонів відносно рейок під поверхні кочення коліс встановлюються гальмівні башмаки, а в подовжньому напрямку крайні в батогах вагони з'єднуються з тупіковими упорами, обладнаними стандартними автозчепами рухомого складу СА-3 (рис. 1) Крім того, з метою гальмування колісних пар гальмівна система вагонів підключається до спеціальних рукавів системи для подачі стислого повітря.

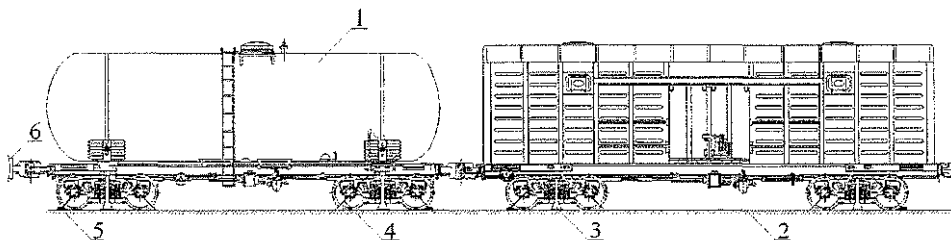


Рис. 1. Схема закріплення батога вагонів відносно палуби поромного судна за традиційною технологією

1 – вагон; 2 – палуба поромного судна; 3 – механічний упор-домкрат;
4 – ланцюгова стяжка; 5 – гальмівний башмак; 6 – тупіковий упор.

До недоліків даного способу закріплення і комплексу пристроїв взаємодії вагонів з палубою залізнично-поромних суден, які перешкоджають отриманню необхідного технічного результату надійності закріплення залізничних вагонів, зменшен-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ню трудомісткості технологічного процесу, збереженню елементів кузовів вагонів необхідно віднести наступні: низька надійність ланцюгових стяжок в експлуатації; постійне нестикування спеціальних кріпильних скоб вагонів з римами, розміщеними на палубах порома, що вже не лише не гарантує правильного закріплення вагонів, а викликає нерівномірне завантаження їх конструкційних зон, а також знижує упевненість в забезпеченні стійкості при хитавиці судна; відсутність в самій конструкції вагонів місць закріплення ланцюгових стяжок за їх елементи, які відповідають цим умовам за міцністю, а, у свою чергу, викликають порушення технології при закріпленні відносно палуби; витискування башмаків з-під коліс вагонів на палубу або їх виліт при збільшенні навантажень; падіння тиску в гальмівній магістралі, в наслідок чого стає неможливим загальмовування коліс вагонів при підвищенні величин кутів диференту поромного судна; велика трудомісткість процесу закріплення за рахунок використання ручної праці.

Аналіз останніх досліджень. Зміщення вантажу відносно штатних місць на судні є частою причиною зниження метацентричних висот, втрати остійності і загибелі морських суден.

Таким чином, 22 жовтня 2002 р., під час шторму в Каспійському морі загинув залізничний пором “Меркурій – 2”, на борту якого знаходилося 16 вагонів-цистерн з нафтопродуктами. Пором слідував за маршрутом “Актау – Баку” і здійснював 12–15 рейсів у місяць.

Найбільш вірогідною версією загибелі порома є зсув вагонів відносно палуби, в наслідок чого судно отримало критичний кут крену.

Відомий випадок коли в наслідок ненадійного закріплення в Середземному морі під час шторму 8 грудня 1966 р. на грецькому поромному судні “Теракліон”, зірвався з кріплення трейлер-рефрижератор і пошкодив ворота порома, через які вода стала поступати на вантажну палубу. За лічені секунди судно втратило остійність, перекинулося на борт і затонуло.

Раніше в хронологічному порядку, а саме 26, вересня 1954 р., під час тайфуну “Марія”, який обрушився на Японію, затонуло п'ять поромних суден компанії Seikan N.L.: Hidaka Maru, Kitami Maru, No. 11 Seikan Maru, Tokachi Maru та Toya Maru. Перші чотири з них – залізничні, які були здатні прийняти на свій борт по 44 вагони [7].

Не рідко причиною аварій залізнично-поромних суден є людський чинник. Наприклад, 8 вересня 1966 р. в протоці Скагеррак через пошкодження вантажних воріт норвезький пором “Скагеррак” в наслідок перекидання вагонів втратив остійність і ліг на борт [8].

Трагічні випадки наведені вище поповнилися ще однією катастрофою, а саме, 5 серпня 2009 р. поблизу о. Тонго загинув вантажопасажирський пором “Принцесса Ашика”. Причиною перекидання порома став зсув вантажу на один бік або неправильне його закріплення ще в порту. На палубі судна знаходилося 117 чоловік і вантаж (устаткування, декілька машин швидкої допомоги і вантажівок) [9].

Як видно, перевезення вантажів в поромному сполученні, а тим більше залізничними-поромними суднами, зв'язана з рядом небезпек, які мають бути вирішені в сучасному технологічному полі.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Формулювання цілей статті. Дослідження динаміки і напружено-деформованого стану кузовів вагонів при перевезенні їх залізничними поромами з врахуванням існуючої технології закріплення їх відносно палуб з метою підвищення рівня надійності і безпеки при перевезенні.

Виклад основного матеріалу статті. Аналіз вантажопотоків через комплекси морських залізнично-поромних переправ станції “Іллічівськ – Поромна” та ДП ТИС “Крим” показав, що найбільш поширеними видами вантажів, що перевозяться у вагонах морем, є насипні та наливні, у зв'язку з цим першочерговим етапом дослідження був розгляд двох типів вагонів – універсального піввагона і вагону-цистерни для світлих нафтопродуктів, із сполученням на магістральних лініях СНД та ОСЗ.

З метою забезпечення безпеки руху вагонів морем досліджувалася динаміка і силовий вплив на кузов універсального суцільнометалевого піввагона нового покоління моделі 12-7023 побудови ВАТ “КВБЗ” (м. Кременчук) з врахуванням гідрометеорологічних чинників акваторії Чорного моря.

Для дослідження стійкості кузова вагону відносно палуби судна і забезпечення безпеки руху в умовах хвилювання моря склалися диференціальні рівняння руху поромного судна з врахуванням курсових кутів хвилі по відношенню до його корпусу і рішення їх здійснювалося за допомогою програмного комплексу Mathcad, таким чином були визначені прискорення відносно штатних місць вагонів на палубі поромного судна. При цьому окремо розглядався кожен вид коливального процесу, тривалість якого приймалася рівною періоду хвилі, характер збурюючої дії задавався трохойдальним, амплітуда збурення приймалася рівній максимальній висоті хвилі для акваторії моря, а частота визначалася курсовим кутом хвилі по відношенню до корпусу поромного судна.

Найбільші величини прискорень при вертикальній хитавиці залізнично-поромного судна діють на вагони верхньої палуби (рис. 2, а)), при кильовій та бортовій – на найбільш віддалені від точки дії збурюючого зусилля кузова вагонів (рис. 2, б), в)).

В наслідок порівняно великих розмірів геометрії поромних суден типа “Герои Шипки” залізнично-поромних переправ “Іллічівськ – Варна” (Україна – Болгарія), “Іллічівськ – Поті/Батумі”, “Керч – Поті”, (Україна – Грузія), “Іллічівськ – Дериндже” (Україна – Туреччина), які враховувалися при побудові математичної моделі коливань кузова вагону, отримані величини прискорень – незначні. Загальна величина прискорення включала складову прискорення вільного падіння і прискорення отримані в заданій зоні поромного судна.

Для дослідження напружено-деформованого стану (НДС) кузова універсального піввагона була створена його просторова модель в графічному середовищі PROENGINEER та кінцево-елементна модель в програмному комплексі PROMECHANICA.

При цьому розглядалися три основні схеми взаємодії піввагона з ланцюговими стяжками, які в даний час все ще використовуються для забезпечення закріплення вагонів на палубах порома при перевезенні морем:

– несиметричне, на підставі натурних досліджень, проведених на палубі українських залізничних поромів (рис. 3);

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

– закріплення в точці за схемою, наведеною в “Наставлении по креплению генеральных грузов при морской перевозке для т/х “Герои Плевны” [10];

– закріплення стяжок за кути вузлів заділок шворневих балок рами вагону та вертикальними стійками обшивки кузова (рис. 4).

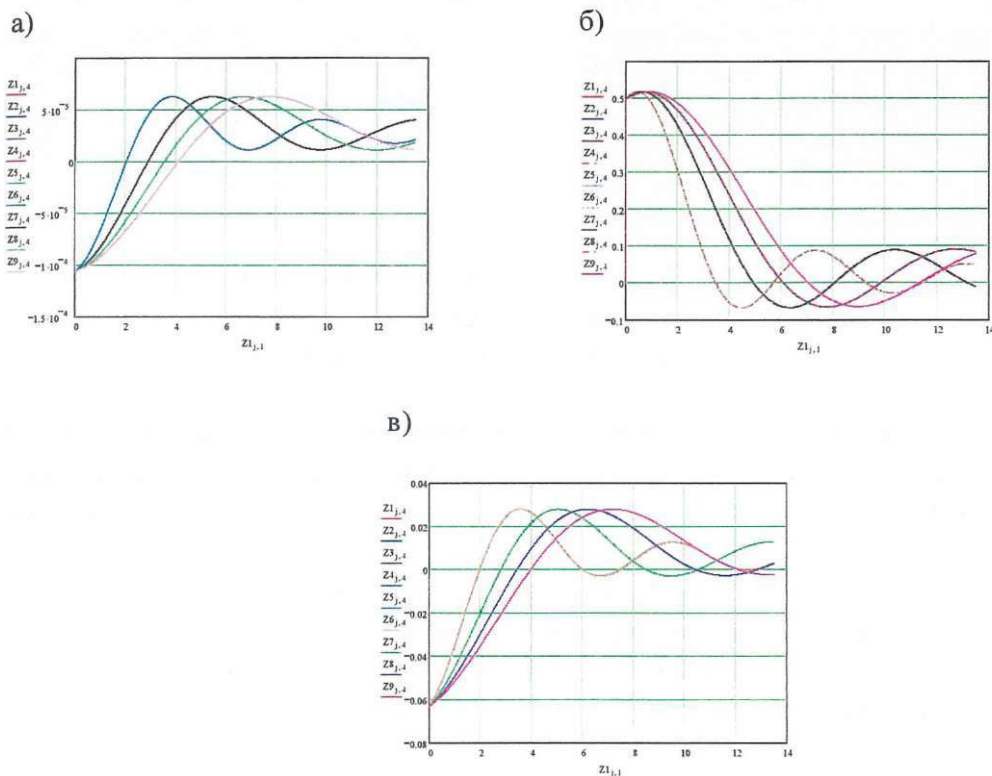


Рис. 2. Прискорення кузова вагону при хитавиці залізнично-поромного судна
 а) при вертикальній хитавиці для піввагона, розміщеного на верхній палубі поромно-го судна; б) при кільовій хитавиці для крайнього від ахтерштевня піввагона в) при бортовій хитавиці для крайнього від фальшборту піввагона

Курсові кути хвилі по відношенню до корпусу поромного судна:

$$z1_{\gamma,4}=0^{\circ}; z2_{\gamma,4}=30^{\circ}; z3_{\gamma,4}=45^{\circ}; z4_{\gamma,4}=60^{\circ}; z5_{\gamma,4}=90^{\circ}; z6_{\gamma,4}=120^{\circ}; z7_{\gamma,4}=135^{\circ}; z8_{\gamma,4}=150^{\circ}; z9_{\gamma,4}=180^{\circ}$$

$z1_{\gamma,i}$ - час процесу

На підставі досліджень НДС кузова універсального піввагона моделі 12-7023 з врахуванням реального (несиметричного) і симетричного закріплення ланцюгових стяжок відносно площини кузова можна провести наступний аналіз.

При вертикальній хитавиці залізнично-поромного судна максимальні напруження в конструкції вагону при несиметричному закріпленні спостерігаються в зоні взаємодії гака ланцюгової стяжки з елементом конструкції піввагона (буксирною скобою) і мають величину в зоні прикладення навантажень більше 1000 МПа (рис. 5, а)), деформація у вузлі складає порядку 54 мм, характер деформованого стану конструкції найбільш стосується бічної стіни кузова від шкворневої до кутової стійок.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

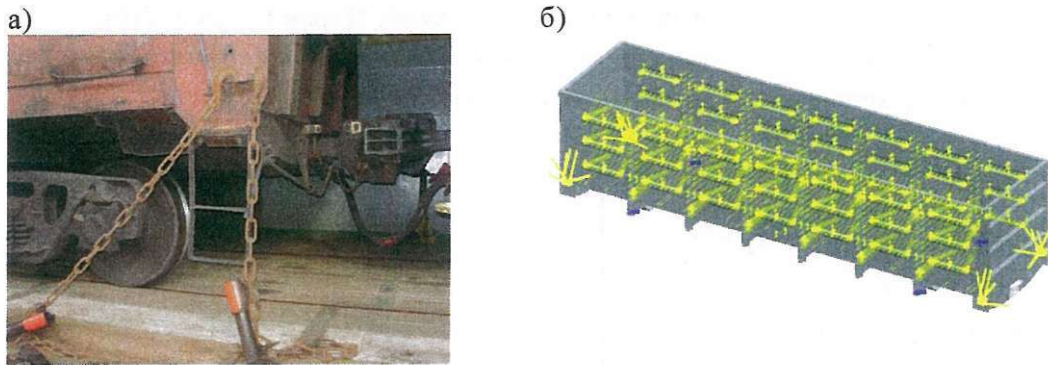


Рис. 3. Розрахункова схема закріплення кузова вагона

а) реальна схема закріплення вагона; б) схема прикладення навантажень до кузова вагона через ланцюгові стяжки

За схемою, яка зазначена в “Наставлении по креплению генеральных грузов при морской перевозке для т/х “Герои Плевны”, просліджуються залишкові деформації нижньої частини шкворневих стійок і листів шкворневих балок (рис. 5, б)).

При закріпленні ланцюгових стяжок за кути, утворені шкворневою балкою і вертикальними стійками кузова вагону, напруження складають понад 480 МПа (рис. 5, в)), деформація конструкції вагону виникає у вузлах заділок стійок і рівна 77 мм.

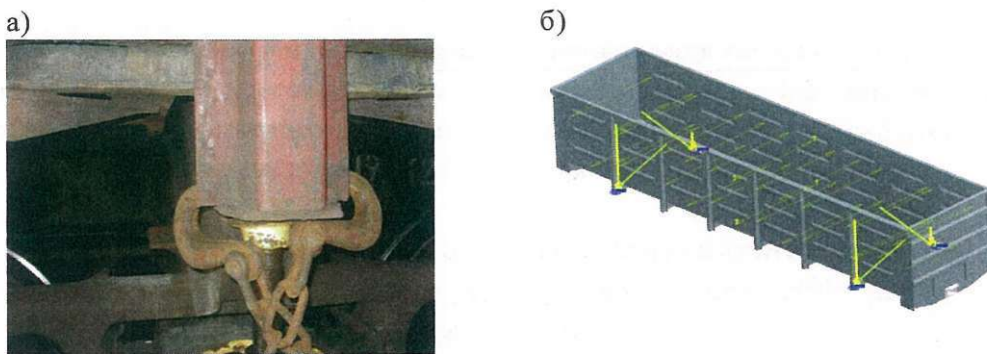


Рис. 4. Розрахункова схема закріплення кузова вагону при вертикальній хитавиці поромного судна

а) реальна схема закріплення вагона; б) схема прикладення навантажень до кузова вагона через ланцюгові стяжки

В умовах бортової хитавиці залізнично-поромного судна при несиметричному розміщенні ланцюгових стяжок відносно площини кузова вагону максимальні напруження в конструкції знаходиться в межах 295 МПа в зоні взаємодії гака ланцюгової стяжки з буксирною скобою, величина деформації вузла закріплення складає 37 мм (рис. 6, а)).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Відповідно до схеми, яка зазначена в “Наставлении...”, напруження в конструкції складають більше 500 МПа, деформація вузла – порядка 34 мм (рис. 6, б)).

При закріпленні ланцюгових стяжок за кути, утворені шкворневою балкою і вертикальними стійками кузова вагону, максимальні напруження складають близько 290 МПа, величина деформації – 33 мм (рис. 6, в)).

При кільовій хитавиці залізнично-поромного судна максимальні еквівалентні напруження при всіх трьох варіантах закріплення не перевищують ті, що допускаються (рис. 7).

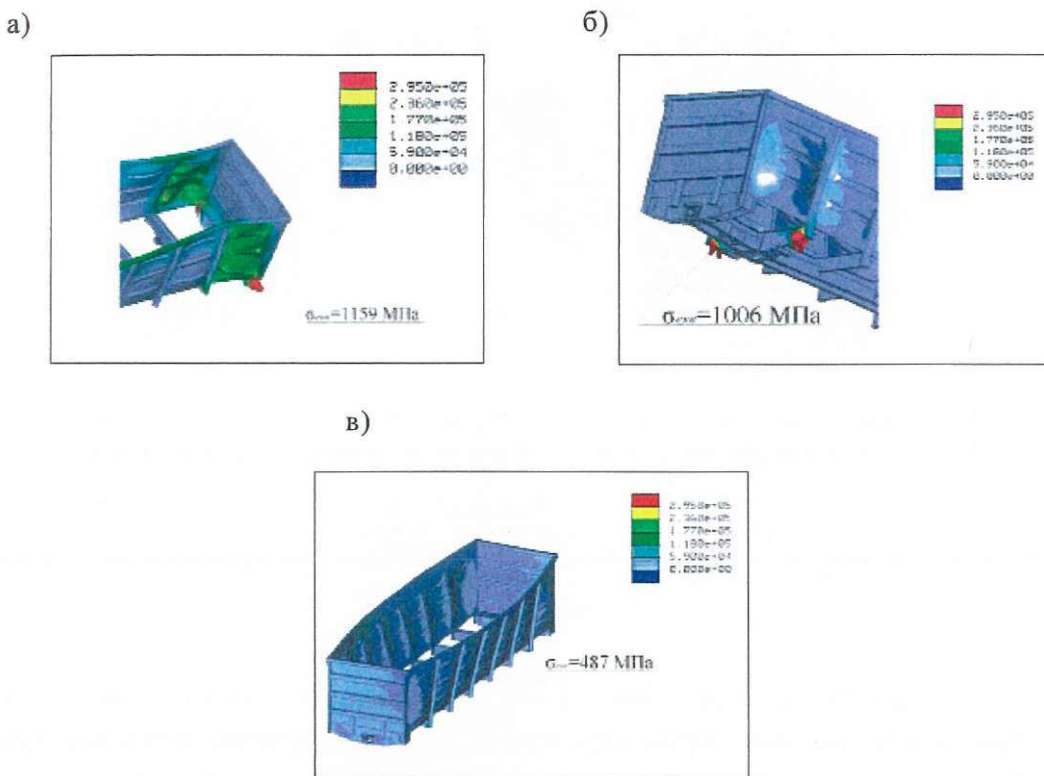


Рис. 5. Напружено-деформований стан універсального піввагона моделі 12-7023 при взаємодії його з ланцюговими стяжками в умовах вертикальної хитавиці поромного судна

- а) несиметричне закріплення ланцюгових стяжок відносно кузова піввагона;
б) закріплення ланцюгових стяжок відповідно до “Наставления...”; в) закріплення ланцюгових стяжок за кути, утворені шкворневою балкою і вертикальними стійками кузова вагону

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

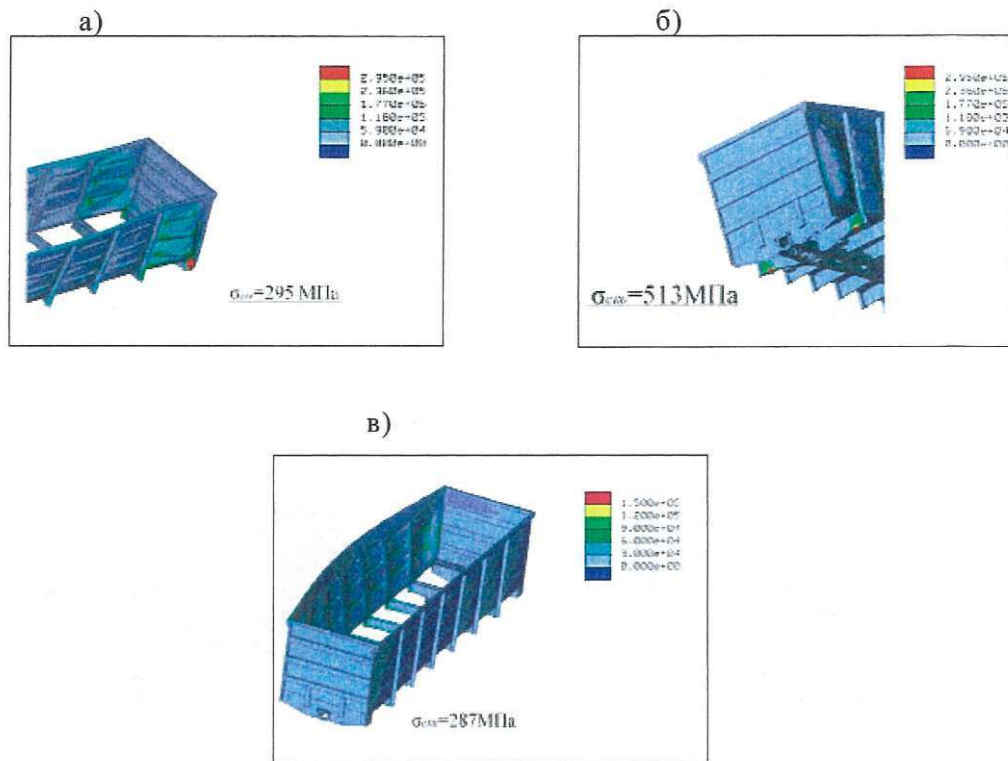


Рис. 6. Напружено-деформований стан універсального піввагона моделі 12-7023 при взаємодії його з ланцюговими стяжками в умовах бортової хитавиці поромного судна
а) несиметричне закріплення ланцюгових стяжок відносно кузова піввагона;
б) закріплення ланцюгових стяжок відповідно до “Наставлення...”;
в) закріплення ланцюгових стяжок за кути, утворені шкворневою балкою і вертикальними стійками кузова вагону

Для забезпечення міцності вагонів-цистерн при перевезенні їх поромним судном в умовах хвилювання моря досліджувалися динамічні умови, що впливають на величину силових дій, прикладених до вагонів з врахуванням гідрометеорологічних чинників акваторії Чорного моря.

Для цього були складені системи диференціальних рівнянь руху поромного судна і наливного вантажу з врахуванням недоливу котла та різних курсових кутів хвилі по відношенню до корпусу поромного судна для основних видів морської хитавиці (вертикальної, кільової та бортової), розв’язання яких здійснювалося за допомогою розробленого алгоритму в середовищі програмного забезпечення Mathcad. При вирішенні даних систем рівнянь приймалися ті ж параметри збудовуючої дії, що і в попередньому варіанті розрахунку.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

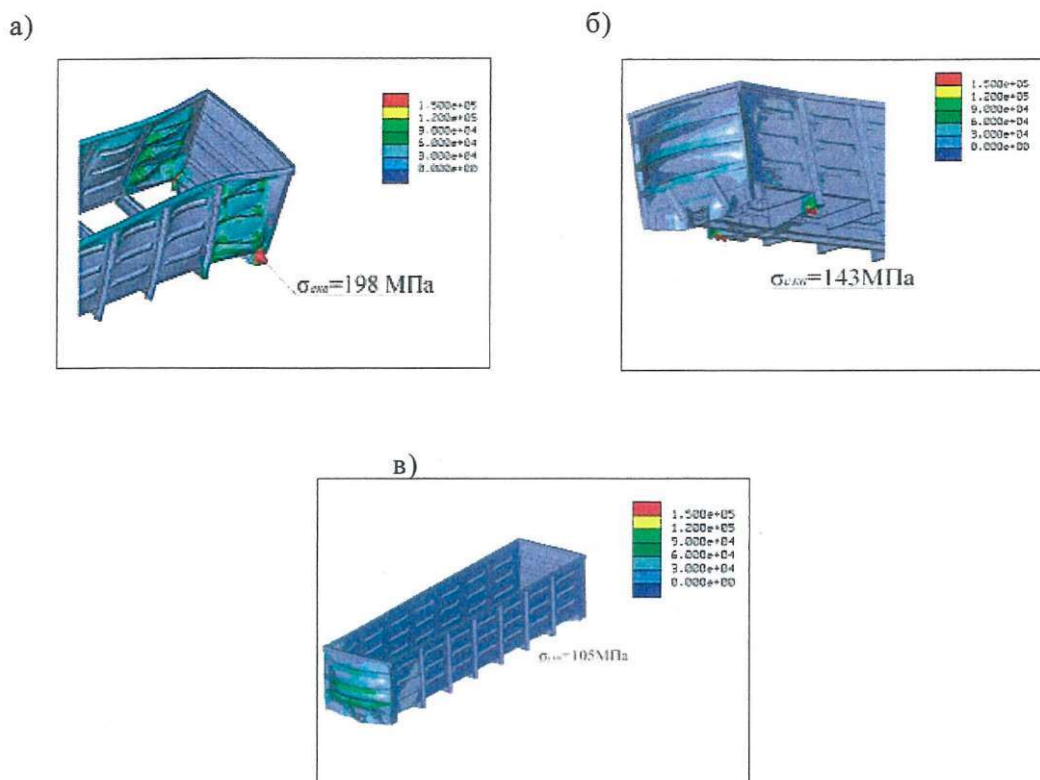


Рис. 7. Напружено-деформований стан універсального піввагона моделі 12-7023 при взаємодії його з ланцюговими стяжками в умовах кільової хитавиці поромного судна

- а) несиметричне закріплення ланцюгових стяжок відносно кузова піввагона;
- б) закріплення ланцюгових стяжок відповідно до "Наставления...";
- в) закріплення ланцюгових стяжок за кути, утворені шкворневою балкою і вертикальними стійками кузова вагону

Відповідно до статистичних досліджень Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту (ДНУЗТ) величина недоливу котлів вагонів-цистерн наливним вантажем в експлуатації складає близько 0,1 – 0,5 їх радіусу, тому величина недоливу варіювалася в цій межі. Як наливний вантаж розглядався бензин.

В результаті вирішення систем рівнянь були отримані прискорення, що діють на вагон в заданій зоні поромного судна для даних видів морської хитавиці. Найбільша величина прискорень при вертикальній хитавиці поромного судна доводиться на вагони-цистерни, розміщені на його верхній палубі (рис. 8, а)), при кільовій і бортовій на найбільш віддалені від точки прикладення збурюючого зусилля вагони (рис. 8, б), в)). Як видно, максимальна величина прискорення, що діє в заданій зоні поромного судна, виникає при вертикальній хитавиці і складає близько 4,2 м/с (2,5g).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

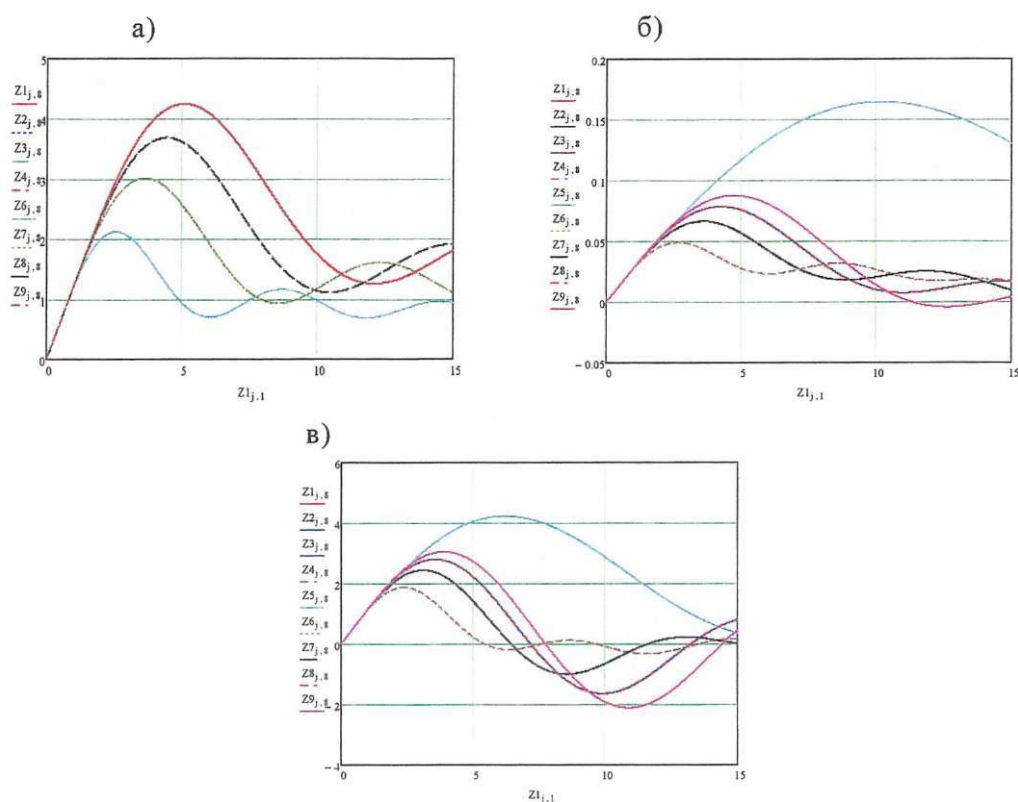


Рис. 8. Прискорення котла вагону-цистерни в умовах хвилювання моря

- а) при вертикальній хитавиці для вагону-цистерни, розміщеного на верхній палубі поромного судна; б) при кільовій хитавиці для крайнього від ахтерштевня вагону-цистерни; в) при бортовій хитавиці для крайнього від фальшборту вагону-цистерни

Курсові кути хвилі по відношенню до корпусу поромного судна:

$$z_{1,8} = 0^{\circ}; z_{2,8} = 30^{\circ}; z_{3,8} = 45^{\circ}; z_{4,8} = 60^{\circ}; z_{5,8} = 90^{\circ}; z_{6,8} = 120^{\circ}; z_{7,8} = 135^{\circ}; z_{8,8} = 150^{\circ}; z_{9,8} = 180^{\circ}$$

$Z_{1,1}$ - час процесу

На рис. 9 представлено схему прикладення навантажень до конструкції вагону-цистерни моделі 15-1443-06.

Отримані результати враховувалися при теоретичному дослідженні напружено-деформованого стану вагону-цистерни, для чого було побудовано тривимірну просторову модель та кінцево-елементну модель вагону-цистерни. Необхідні розрахунки проводилися в програмному комплексі “Ліра” версії 9.2.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 9. Закріплення вагону-цистерни відносно палуби поромного судна

Результати визначення показників напруженого стану і характер деформацій котла сучасного вагону-цистерни моделі 15-1443-06 в умовах вертикальної, бортової і кільової видів хитавиці з врахуванням реальної схеми закріплення відносно палуби залізнично-поромного судна представлені на рис. 10-12.

Еквівалентні напруження, поля яких зображені на рис. 10-12, розраховувалися за енергетичною теорією міцності.

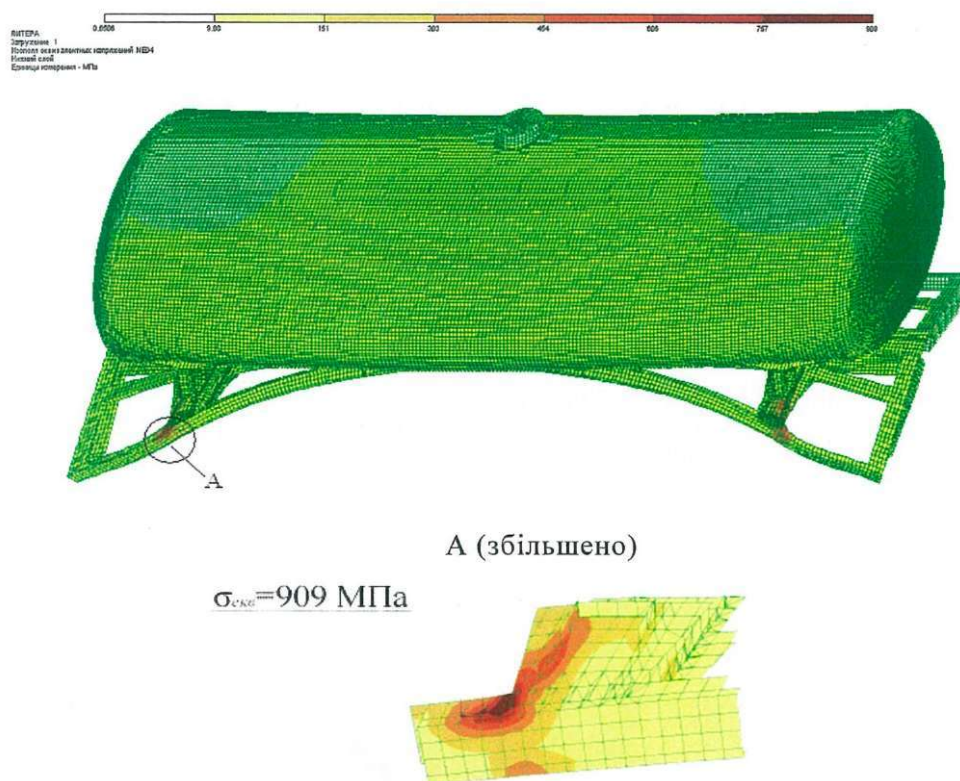
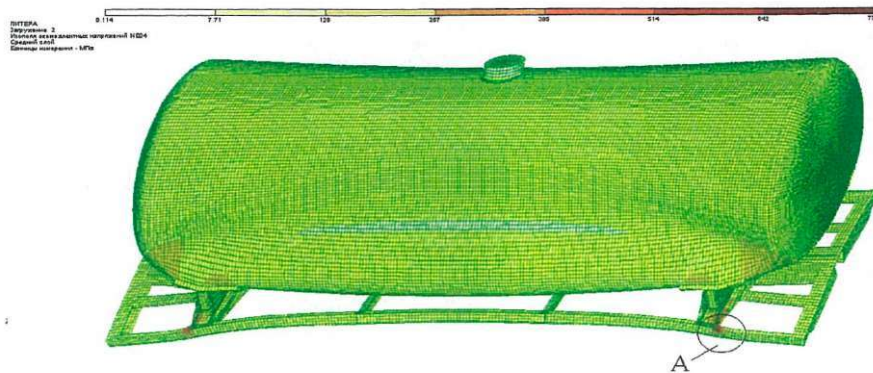


Рис. 10. Характер напружено-деформованого стану вагону-цистерни при взаємодії його з ланцюговими стяжками в умовах вертикальної хитавиці поромного судна (деформації збільшені в 60 разів)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



А (збільшено)

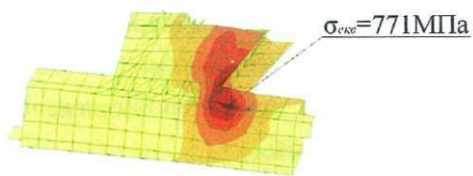
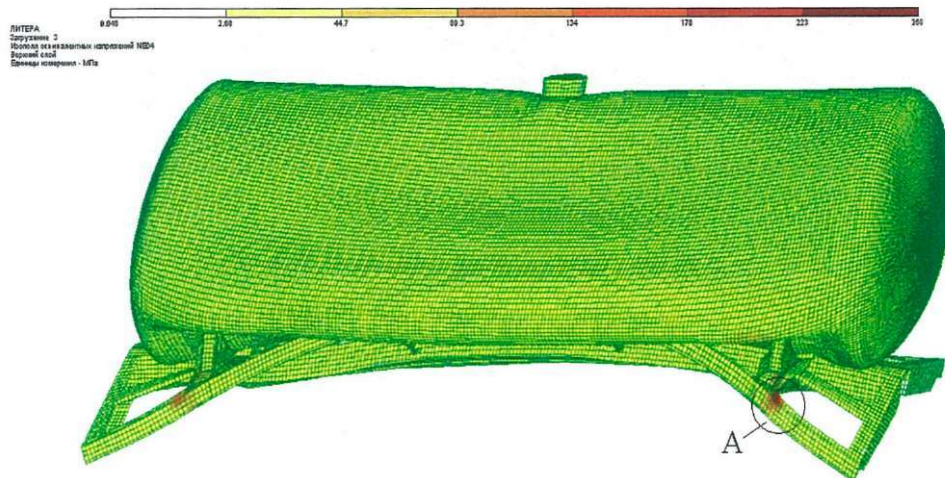


Рис. 11. Характер напружено-деформованого стану вагону-цистерни при взаємодії його з ланцюговими стяжками в умовах бортової хитавиці поромного судна



А (збільшено)

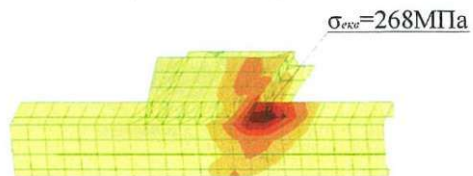


Рис. 12. Характер напружено-деформованого стану вагону-цистерни при взаємодії його з ланцюговими стяжками в умовах кільової хитавиці поромного судна

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Висновки: З проведених теоретичних досліджень можна стверджувати, що при закріпленні вагонів відносно палуб залізнично-поромних суден з використанням існуючих технологій і технічних засобів, напруження в конструкції кузовів перевищують допустимі для марок сталей 09Г2Д і 09Г2С [11] і можуть стати причиною руйнування зв'язків конструкційних зон вагонів з ланцюговими стяжками, подальших кутових переміщень і, зрештою, перекидання відносно палуби, зниження метацентричної висоти порома і втрати його остійності, що порушує безпеку міжнародних залізнично-поромних перевезень на сучасному етапі їх розвитку.

Відчуваючи всю значимість і актуальність даної проблеми на кафедрі “Вагони” Української державної академії залізничного транспорту (м. Харків) були розроблені і запатентовані заходи для закріплення вагонів відносно палуб поромів. Аналіз НДС вагонів при взаємодії з пристроями закріплення їх відносно палуби судна за новою технологією в умовах морського хвилювання показав, що напруження в елементах конструкції не перевищують допустимі (при вертикальній хитавиці максимальні еквівалентні напруження склали порядку 95 МПа, при бортовій – 260 МПа, при кільовій – 40 МПа) і тим самим дозволяють забезпечити збереження вагонів при експлуатації їх в міжнародному залізнично-водному сполученні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тигиранов В. Керченская паромная железнодорожная переправа // Железнодорожный транспорт. – 1955. – № 6. – с. 75 – 77.
2. А. Недосекин. Улучшить работу Керченской паромной переправы // Морской флот. – 1956. – № 2. – с. 7–8.
3. В. Чикановский. Возрождение железнодорожной паромной переправы “Крым – Кавказ” // Порты Украины. – 2004. – № 4. – с. 33 – 34.
4. Технологический процесс работы станции Крым Приднепровской железной дороги и “Комплекса морской железнодорожной паромной переправы” в порту Крым. – Керчь, 2004. – 56 с.
5. www.ilport.com.ua
6. Единый технологический процесс работы берегового паромного комплекса Ильичевск, – Днепр-к.: ДИИТ, 1987 – 126 с.
7. www.inflotforum.ru
8. И.А. Квятковский. Человек и корабль. – Л.: Гидрометиздат, 1972. – 192 с.
9. www.s-cont.ru
10. Наставление по креплению генеральных грузов при морской перевозке для т/х “Герои Плевны”. CARGO SECURING MANUAL for m/v “Geroi Plevny” № 2512. 02. Мин. транспорта Украины. Гос. департамент морского и речного транспорта. – Одесса, 1997. – 51 с.
11. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.