

7. Zagoruiko, N. G. Methods of Recognition Based on the Function of Rival Similarity [Text] / N. G. Zagoruiko, I. A. Borisova, V. V. Dyubanov, O. A. Kutnenko // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2008. – Vol. 18, №1. – P. 1–6.
8. Розробка теоретичних засад і методів реалізації відкритих систем автоматичного розпізнавання, що навчаються: способи оптимізації навчаючих вибірок і методи побудови зважених вирішуючих правил класифікації [Текст] / звіт з НДР (заклучний) : Тема GP/F32/130, Грант Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених на 2011 рік; керівник О.В. Волченко. – 0111U007107 – Донецьк, ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 67 с.
9. Волченко, Е. В. Сеточный подход к построению взвешенных обучающих выборок w-объектов в адаптивных системах распознавания [Текст] / Е. В. Волченко // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – 2011. – № 36. – С. 12–22.
10. Волченко, Е. В. О способе определения близости объектов взвешенных обучающих выборок [Текст] / Е. В. Волченко // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – 2012. – № 38. – С. 38–45.

УДК 629.463.004.4:656.211.7

ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЬ НА КУЗОВА ВАГОНІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПОРОМАМИ

А. О. Ловська

Кандидат технічних наук
Кафедра «Вагони»

Українська державна академія залізничного транспорту

пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050
E-mail: alyonaLovskaya@rambler.ru

В статті наведені результати досліджень динаміки несучих конструкцій кузовів вантажних вагонів при перевезенні на залізничних поромах. Розроблені математичні моделі коливань вагонів та отримані прискорення, які діють на них в умовах морського хвилювання. Результати досліджень дозволять забезпечити збереження вагонного парку при його експлуатації на залізничних поромах в міжнародному сполученні

Ключові слова: вагон, динаміка вагона, навантаження конструкції, залізнично-водний транспорт, залізнично-поромні перевезення

В статье представлены результаты исследований динамики несущих конструкций кузовов грузовых вагонов при перевозке на железнодорожных паромах. Разработаны математические модели колебаний вагонов и получены ускорения, которые действуют на них в условиях морского волнения. Результаты исследований позволят обеспечить сохранность вагонного парка при эксплуатации его на железнодорожных паромах в международном сообщении

Ключевые слова: вагон, динамика вагона, нагружение конструкции, железнодорожно-водный транспорт, железнодорожно-паромные перевозки

1. Вступ

Україна є транзитною державою, через територію якої проходять стратегічно-важливі міжнародні транспортні коридори. З метою підвищення об'ємів перевезень вантажів, а також ефективності перевізного процесу, набули розвитку комбіновані транспортні системи. Однією з найбільш перспективних серед таких систем є залізнично-поромні перевезення, що характеризуються перевезеннями вагонів на залізничних поромах (ЗП) морем (рис. 1).



Рис. 1. Залізничні пороми з вагонами на борту: а – “Петровск”; б – “Герои Севастополя”

На рис. 1, а наведений ЗП “Петровск”, що експлуатується на залізнично-поромному маршруті “Крим – Кавказ” (Україна – Росія). На палубі даного ЗП може розміститися 25 залізничних вагонів.

На рис. 2, б наведений ЗП “Герои Севастополя”. Даний паром сполучає Україну з Болгарією за поромним маршрутом “Іллічівськ – Варна” та має вагономісткість 108 вагонів.

Зараз в експлуатації України знаходяться залізнично-поромні маршрути: Крим – Кавказ (Україна – Росія), Іллічівськ – Варна (Україна – Болгарія), Іллічівськ – Поті/Батумі, Керч – Поті (Україна – Грузія), Іллічівськ – Дериндже (Україна – Туреччина). Враховуючи прискорені темпи інтеграції України в систему міжнародних транспортних коридорів в перспективі прогнозується розширення географії поромного сполучення з іншими державами чорноморського басейну.

Статистичні дані пошкоджень несучих конструкцій кузовів вагонів при слідуванні їх ЗП показали, що кожного року близько 10 % вагонів від загального вагонообігу в міжнародному залізнично-водному сполученні (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.

2. Літературний огляд

З метою забезпечення безпеки руху вагонів на ЗП в умовах хвилювання моря необхідним є дослідження зусиль, які діють на них під час перевезень. Одним з найбільш визначальних зусиль при цьому є інерційні, зумовлені коливаннями ЗП в умовах морського хвилювання.

Методика визначення зусиль, зокрема інерційних, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП наведена в трудах ВНДІЗТа [1]. При цьому визначення прискорень, що виникають відносно штатних місць розміщення вагонів відносно палуб, проводилося на підставі диференціювання закону руху морської хвилі. Розрахунки проведені стосовно ЗП “Советский Азербайджан”, який сполучав Азербайджан з Дагестаном та Туркменістаном (Баку з Махачкалою, Баку з Туркменбаши). Отримані при цьому результати були покладені в п. 2.18 “Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)” [2]. Необхідно зауважити, що у зв'язку з інтенсифікацією розвитку залізнично-поромних перевезень, створенням нових ЗП, різних гідрометеорологічних характеристик акваторій плавання ЗП необхідним є розширення п. 2.18 “Норм...”.

Визначення динамічних особливостей залізничного рухомого складу при взаємодії його з колією наведено в [3, 4]. Однак дослідженню динаміки кузовів вагонів при перевезенні їх ЗП в умовах морського хвилювання в зазначених наукових працях уваги не приділяється.

Дослідження динаміки вантажного вагона на візках, удосконаленої конструкції, наводиться в [5]. При цьому моделювання динаміки виконувалося для вантажних вагонів Shimmns, обладнаних візками Y25. В ході до-

сліджень визначалися динамічні зусилля в зоні взаємодії колеса з рейками.

Математична модель коливань кузова вантажного вагона при взаємодії з рейковою колією наведена в [6]. Дослідження виконувалися в середовищі програмного забезпечення GENSYS.

Необхідно зауважити, що моделі, наведені в [5, 6] можуть застосовуватися тільки при дослідженні коливань кузова вагона відносно рейкової колії.

Математичні моделі коливань кузова вагона при взаємодії його з рейковою колією наведені в [7, 8]. В цих працях розглядаються основні види коливального руху вагона та проводиться визначення інерційних навантажень в умовах експлуатації.

Дослідження повздовжньої динаміка вагона відносно рейкової колії у складі поїзда розглядається в [9]. При цьому дослідження здійснювалися експериментальним шляхом з використанням спеціальних візків. Питанням дослідження динаміки кузовів вагонів при перевезенні ЗП в зазначених роботах уваги не приділяється.

Конструкційні особливості вагонів нового покоління з підвищеними техніко-економічними параметрами наведені в [10, 11]. При цьому в зазначених працях не оговорюється, чи здійснювалося на стадії проектування та розрахунку урахування навантажень, які можуть діяти на їх несучу конструкцію при перевезенні ЗП, оскільки у відповідності з [2] ці навантаження перевищують ті, що діють на вагони при експлуатації на магістральних коліях.

3. Постановка проблеми

На підставі аналізу літературних джерел, присвячених питанням динаміки несучих конструкцій кузовів вагонів в умовах експлуатації встановлено, що дослідженню динаміки та міцності вагонів при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря досі не приділялося належної уваги. Тому, метою статті є оцінка динамічних зусиль, які діють на несучу конструкцію кузовів вагонів при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря.

З метою досягнення поставленої мети визначені наступні задачі:

- складання математичної моделі коливань кузова вагона при перевезенні ЗП з урахуванням “жорсткого” закріплення його відносно палуби;
- складання математичної моделі коливань кузова вагона при перевезенні ЗП з урахуванням його можливих переміщень відносно палуби;
- дослідження прискорень, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП з урахуванням циклічності збурюючої дії.

4. Визначення прискорень, які діють на несучу конструкцію кузовів вагонів при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря

4.1. Визначення прискорень, які діють на несучу конструкцію кузовів вагонів при перевезенні ЗП в випадку “жорсткого” закріплення кузова відносно палуби

Для визначення інерційних зусиль, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП на кафедрі “Вагони”

УкрДАЗТ розроблено математичну модель коливань кузова вагона, яка описує його переміщення в умовах бортової хитавиці (1), як випадку коливального руху, який здійснює найбільший вплив на стійкість кузова відносно палуби.

При складанні математичної моделі не враховано ударну дію морських хвиль на корпус ЗП з вагонами, розміщеними на його борту.

$$\left(\frac{D}{12 \cdot g} (B^2 + 4z_g^2) \right) \ddot{q} + \left(\Lambda_\theta \cdot \frac{B}{2} \right) \dot{q} = \rho' \cdot \frac{h}{2} + \Lambda_\theta \cdot \frac{B}{2} \cdot \dot{F}(t), \quad (1)$$

де $q = \theta$ – узагальнена координати, що відповідає кутовому переміщенню ЗП з вагонами на його борту навколо повздовжньої вісі. Початок системи координат розміщений в центрі мас ЗП; D – вагове водовитіснення, кН; B – ширина ЗП, м; h – висота борта ЗП, м; Λ_θ – коефіцієнт опору коливанням, кН·с·м⁻¹; z_g – координата центру ваги ЗП, м; ρ' – вітрове навантаження, кН; $F(t)$ – закон дії зусилля, яке збурює рух ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на його палубах.

Коефіцієнт опору кутовим переміщенням ЗП відносно повздовжньої вісі визначений за формулою [12, 13]:

$$\Lambda_\theta = \int_{-L/2}^{L/2} l' \cdot \rho \cdot \omega \cdot T^2 dl, \quad (2)$$

де l' – безрозмірний коефіцієнт демпфірування, що приходить на одиницю довжини ЗП та визначається за довідковою літературою в залежності від технічних характеристик ЗП; ρ – щільність морської води, кН/м³; ω – частота збурюючої дії, с⁻¹; T – осадка ЗП, м.

Вхідні параметри математичної моделі: геометричні характеристики ЗП [14, 15], гідрометеорологічні характеристики акваторії Чорного моря [16], координати розміщення кузовів вагонів відносно центру коливань ЗП [14, 17]. Розрахунки проведені на прикладі ЗП типу “Герой Шипки”, що сполучає Україну з Болгарією, Туреччиною та Грузією через акваторію Чорного моря.

Закон дії зусилля, яке збурює рух ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на його палубах прийнятий троїдальним [18], тобто:

$$\begin{aligned} x &= a + Re^{kb} \sin(ka + \omega t) \\ z &= b - Re^{kb} \cos(ka + \omega t) \end{aligned} \quad (3)$$

де a та b – горизонтальна та вертикальна координати центра траєкторії, за якою обертається частинка, що має на даний час координати x та z ; R – радіус траєкторії, за якою здійснюється оберт частинки, м; ω – частота морської хвилі, А⁻¹; k – частота траєкторії збурюючого зусилля.

При цьому тривалість коливального процесу прийнята рівною періоду хвилі, амплітуда – рівною максимальній висоті хвилі для заданої акваторії моря, а частота визначена курсовим кутом хвилі по відношенню до корпусу ЗП.

Для розв'язання диференціальних рівнянь руху кузова вагона складено програму розрахунку в середовищі пакету Mathcad [19, 20], для чого вони зводилися до нормальної форми Коші, після чого інтегрувалися за методом Рунге – Кутта. Отримані результати представлені на рис. 2.

При цьому, загальна величина прискорення кузова вагона дорівнює сумі прискорення, яке діє відносно штатного місця вагона на палубі ЗП та горизонтальної складової прискорення вільного падіння, обумовленої кутом крену ЗП:

$$a_\theta = \ddot{q} + g \sin \theta. \quad (4)$$

Рис. 2, а відображає прискорення вагонів, розміщених на крайній від фальшборта колії верхньої палуби ЗП при кутових переміщеннях навколо повздовжньої вісі. Найбільша величина прискорення вагонів виникає при $\chi = 120^\circ$. В інших випадках величина прискорення має менше значення. Найбільша періодичність зміни прискорення спостерігається при $\chi = 120^\circ$.

На рис. 2, б наведено прискорення вагонів, розміщених на другій від фальшборта колії верхньої палуби ЗП. Максимальні прискорення виникають при $\chi = 60^\circ$. Найбільша періодичність прискорення виникає при $\chi = 60^\circ$.

На рис. 2, в, наведено прискорення вагонів, розміщених на середній колії верхньої палуби ЗП. Максимальна величина прискорення виникає при $\chi = 120^\circ$. В інших випадках в початковий момент часу процесу прискорення має приблизно однакову величину. Найменша періодичність прискорення простежується при $\chi = 180^\circ$ та $\chi = 150^\circ$, а найбільша – при $\chi = 120^\circ$. Отже, величина прискорення кузовів вагонів при кутових переміщеннях ЗП навколо повздовжньої вісі залежить від розміщення їх відносно діаметральної площини.

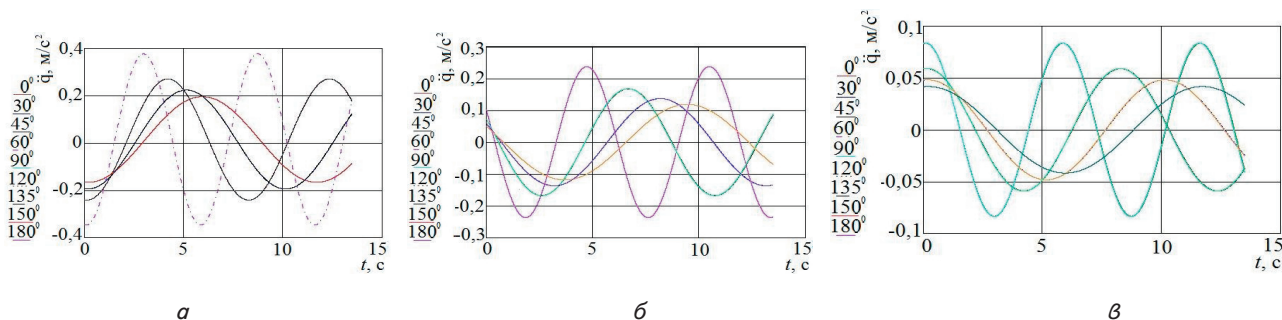


Рис. 2. Прискорення кузова вагону при кутових переміщеннях ЗП навколо повздовжньої вісі: а – для вагонів, розміщених на крайній від фальшборта колії верхньої палуби; б – для вагонів, розміщених на другій від фальшборта колії верхньої палуби; в – для вагонів, розміщених на середній колії верхньої палуби ЗП

4. 2. Визначення прискорень, які діють на несучу конструкцію кузовів вагонів при перевезенні ЗП в випадку можливих переміщень кузова відносно палуби

Дослідження схем закріплень вагонів відносно палуб українських ЗП на станціях “Іллічівськ-Поромна” та ДП “ТИС – Крим”, відповідно Одеської та Придніпровської залізниць, показали, що при перевезенні вагонів на ЗП морем може мати місце переміщення їх кузовів відносно палуб. Дані переміщення можуть бути обумовлені:

- нерівністю палуби ЗП;
- несправністю пристроїв взаємодії вагонів з палубою ЗП;
- відхиленнями в геометрії кузовів та їх деформації;
- несиметричністю завантаження кузова вантажем та ін.

Для визначення прискорень, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП з урахуванням можливих переміщень їх відносно палуб в умовах хвилювання моря, розроблена математична модель (5). Перше рівняння математичної моделі характеризує переміщення ЗП в умовах хвилювання моря, а друге – кузова вагона відносно палуби.

$$\begin{cases} \left(\frac{D}{12 \cdot g} (B^2 + 4z_g^2) \right) \ddot{q}_1 + \left(\Lambda_\theta \cdot \frac{B}{2} \right) \dot{q}_1 = p' \cdot \frac{h}{2} + \Lambda_\theta \cdot \frac{B}{2} \cdot \dot{F}(t), \\ I_y^k (\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) = p'_k \cdot \frac{h_k}{2}, \end{cases} \quad (5)$$

де $q_1 = \theta_1, q_2 = \theta_2$ – узагальнені координати, які відповідають: θ_1 – кутовому переміщенню ЗП відносно позадвожньої осі, яка проходить через його центр ваги; θ_2 – кутовому переміщенню кузова вагона відносно позадвожньої осі, яка проходить через його центр ваги; D – вагове водовитіснення ЗП, кН; B – ширина ЗП, м; z_g – координата центру ваги ЗП, м; h – висота борта ЗП, м; Λ_θ – коефіцієнт опору коливанням, кН·с·м⁻¹; p' – вітрове навантаження на надводну проекцію ЗП, кН; $F(t)$ – закон дії зусилля, яке збуджує рух ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на його палубах; I_y^k – момент інерції кузова вагона відносно його позадвожньої осі, т·м²; p'_k – вітрове навантаження на бокову стіну кузова вагона, розміщеного на верхній палубі ЗП, кН; h_k – висота кузова вагона, м.

Вхідними параметрами математичної моделі є технічні характеристики ЗП, кузова вагона, а також гідрометеорологічні характеристики акваторії плавання. Початкове переміщення та швидкість ЗП прийняті рівними нулю, для вагона початкове переміщення визначено можливою податливістю його вузлів відносно палуби (буксовий вузол відносно осі колісної пари, рама візка відносно осі буксового вузла, фрикційний клин відносно середини боковини, надресорна балка відносно фрикційного клина, п'ятник по підп'ятнику [21]) та склало 31 мм, початкова швидкість прийнята рівною нулю.

В розробленій математичній моделі не враховано ударну дію морських хвиль на корпус ЗП з вагонами, розміщеними на його борту.

Результати проведених розрахунків наведені на рис. 3. Загальна величина прискорення, яке діє на крайній від фальшборта кузов вагона, склало 0,3 g (рис. 3, а), кузов вагона, розміщений на другій від фальшборта колії – 0,24 g (рис. 3, б), кузов вагона, розміщений на середній колії – 0,22 g (рис. 3, в).

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що дані величини прискорень перевищують прискорення, які діють на кузова вагонів з урахуванням “жорсткого” закріплення їх відносно палуб майже на 20 %, а прискорення, які діють на кузова вагонів при експлуатації на магістральних коліях [2] більше ніж на 40 %.

4. 3. Визначення прискорень, які діють на несучу конструкцію кузовів вагонів при перевезенні ЗП з урахуванням циклічності коливального процесу та “жорсткого” закріплення кузова відносно палуби

При дослідженні динамічних особливостей кузовів вагонів під час перевезень їх ЗП до уваги також прийнятий випадок циклічних навантажень. Для цього в розробленій математичній моделі (1) враховані дійсні гідрометеорологічні характеристики хвилювання моря, які зафіксовані під час шторму в Чорному морі [22, 23].

Оскільки шторм відбувся у ІІ районі Чорного моря, то в розрахунках врахована довжина поромних маршрутів, які проходять через цей район – “Іллічівськ – Поті”, “Іллічівськ – Батумі” (рис. 4). В статті наведені результати розрахунків для поромного маршруту “Іллічівськ – Поті”. При цьому час руху ЗП через штормовий район Чорного моря складає близько 4 год., при русі з конструкційною швидкістю 18,6 вузлів (9,6 м/с).

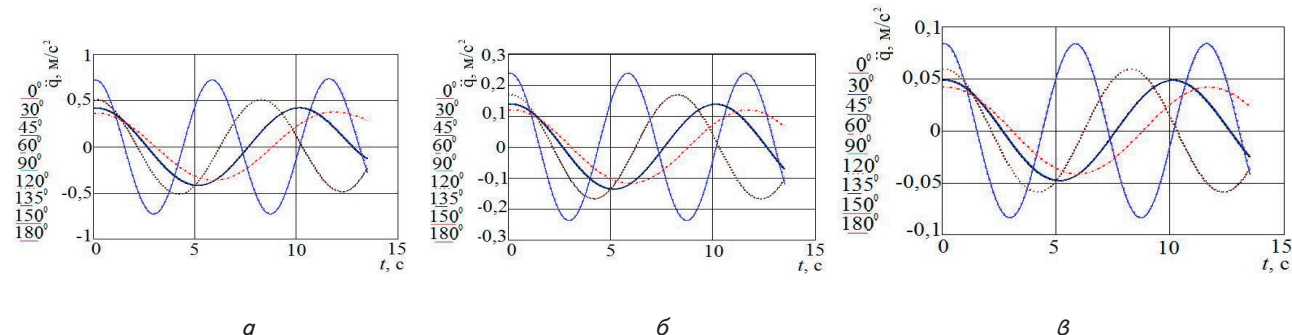


Рис. 3. Прискорення, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП: а – кузов вагона, розміщений на крайній від фальшборта колії; б – кузов вагона, розміщений на другій від фальшборта колії; в – кузов вагона, розміщений на середній колії

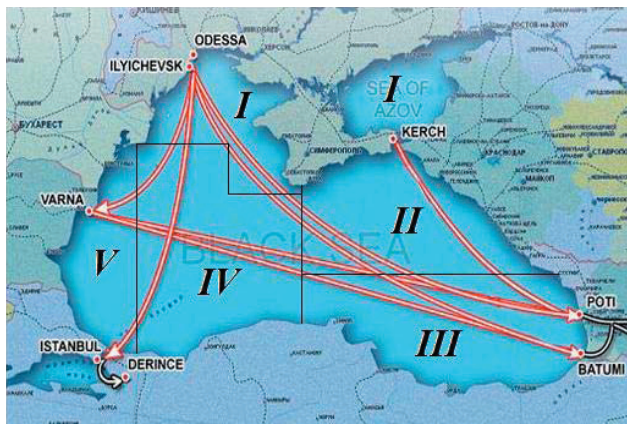


Рис. 4. Схема районів Чорного моря та залізнично-поромних маршрутів, які проходять через його акваторію

Вирішення поставленої задачі здійснено в середовищі програмного забезпечення MATHCAD. Для урахування змінних параметрів збурюючої дії використано теорію рядів Фур'є [13], тобто

$$F(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} C_i \cos(\omega_i t + \beta_i) = \tag{6}$$

$$= \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cos(\omega_i t) + \sum_{i=1}^{\infty} b_i \sin(\omega_i t);$$

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{T} \int_0^T F(t) dt; \tag{7}$$

$$a_i = \frac{2}{T} \int_0^T F(t) \cos(\omega_i t) dt; \tag{8}$$

$$b_i = \frac{2}{T} \int_0^T F(t) \sin(\omega_i t) dt; \tag{9}$$

де ω_i – частота елементарної гармоніки, s^{-1} ; T – інтервал часу коливального процесу, s .

Після проведення відповідних розрахунків, отримано:

$$F(t) = a - \frac{2R \cdot e^{kb}}{\omega \cdot t} (\cos(k \cdot a + \omega \cdot t) - 1) + 2b - \frac{2R \cdot e^{kb}}{\omega \cdot t} \sin(k \cdot a + \omega \cdot t) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{2a}{t \cdot \omega} \sin \omega t + \frac{R \cdot e^{kb}}{t} (t \cdot \sin(k \cdot a) - \frac{1}{2\omega} (\cos(k \cdot a + 2\omega \cdot t) - \cos(k \cdot a))) \right) + \frac{2b}{t \cdot \omega} \sin(\omega \cdot t) - \frac{R \cdot e^{kb}}{t} \left(t \cdot \cos(k \cdot a) + \frac{1}{2\omega} (\sin(k \cdot a + 2\omega \cdot t) - \sin(k \cdot a)) \right) + \sum_{i=1}^n \left(-\frac{2a}{t \cdot \omega} (\cos(\omega \cdot t)) + \frac{R \cdot e^{kb}}{t} \cdot \left(t \cdot \cos(k \cdot a) - \frac{1}{2\omega} (\sin(k \cdot a + 2\omega \cdot t)) \right) - \frac{2b}{t \cdot \omega} (\cos(\omega \cdot t)) + \frac{R \cdot e^{kb}}{t} \cdot \left(t \cdot \sin(k \cdot a) - \frac{1}{2\omega} (\cos(k \cdot a + 2\omega \cdot t)) \right) \right) \tag{10}$$

Результатами розрахунків є прискорення, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря рис. 5.

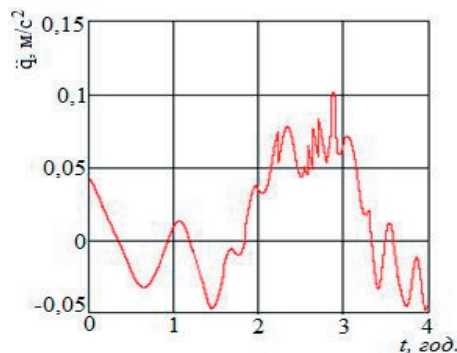


Рис. 5. Прискорення, які діють на крайній від фальшборта кузов вагона, розміщений на верхній палубі ЗП

З рис. 5 видно, що максимальне значення прискорення складає близько $0,1 \text{ м/с}^2$ (з урахуванням горизонтальної складової прискорення вільного падіння $-2,17 \text{ м/с}^2$ ($0,22 \text{ g}$)).

5. Апробація результатів досліджень

Отримані результати досліджень покладені в визначення напружено-деформованого стану кузовів вагонів при перевезенні їх ЗП в умовах хвилювання моря. При цьому для визначення напружень в несучій конструкції кузова напіввагону, як одного з найбільш поширених типів вагонів, що перевозяться на ЗП, використаний метод скінчених елементів. На підставі проведених теоретичних досліджень отримані еквівалентні напруження в конструкції кузова вагону, максимальні значення яких склали близько 295 МПа. Для експериментальних досліджень міцності кузова напіввагону використаний метод електричного тензотрування. Дослідження проводилися 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 напіввагону з гаками ланцюгових стяжок. При цьому максимальні напруження склали 203,4 МПа.

Для перевірки адекватності розроблених моделей міцності кузова напіввагону проведений розрахунок за критерієм Фішера, який дозволив зробити висновок, що гіпотеза про адекватність розроблених моделей не заперечується.

Результати проведених досліджень рекомендовано до впровадження проектно-конструкторським управлінням ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" (Україна).

6. Висновки

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Розроблені математичні моделі щодо визначення характеру та особливостей переміщень кузовів ваго-

нів при перевезенні на ЗП морем надають можливість визначення прискорень кузовів вагонів, розміщених на багатопалубних ЗП, з урахуванням курсових кутів хвилі по відношенню до корпусу та вітрового навантаження, що діє на надводну проекцію ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на палубах.

2. Для дійсних умов хвилювання акваторії Чорного моря отримано величини максимальних прискорень, які діють на кузова вагонів, розміщених відносно палуб ЗП, що склали: при кутовому переміщенні кузова навколо повздовжньої вісі для крайнього від

фальшборта кузова вагону з урахуванням “жорсткого” закріплення відносно палуби ЗП – 0,24 g; з урахуванням можливих переміщень відносно палуби – 0,3 g; з урахуванням циклічності збуджуючої дії максимальні прискорення склали 0,22 g.

3. Проведені дослідження сприятимуть підвищенню безпеки руху вагонів на ЗП морем, а також розширенню п. 2.18 “Норм...” [2], з урахуванням внесення уточнених величин прискорень, які діють на кузова вагонів при перевезенні різними типами ЗП та відповідних характеристик акваторій їх плавання.

Література

1. Землезин, И. Н. Методика расчета и исследования сил, действующих на вагон при транспортировке на морских паромов [Текст] / И. Н. Землезин. – М.: Транспорт, 1970. – 104 с.
2. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст] / М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
3. Andersson, E. Rail Vehicle Dynamics [Text] / E. Andersson, M. Berg, S. Stichel. – KTH Railway Technology, Stockholm, 2007.
4. Wickens, A. H., The dynamics of railway vehicle – From Stephenson to Carter, Proc. Instn. Mech. Engrs. [Text] / Wickens, A. H. – 212 (Part F), 1999. – P. 209 – 217.
5. Buonsanti, M. Dynamic modelling of freight wagon with modified bogies [Text] / M. Buonsanti, G. Leonardi // European Journal of Scientific Research. – 2012. – Vol. 86, № 2. – P. 274–282.
6. Berghuvud, Ansel. Dynamic modelling of freight wagons [Text] / Ansel Berghuvud, Sebastian Stichel, Thomas Nordmark. – Master's Degree Thesis, 2011. – 80 p.
7. Mcclanachan, M. An investigation of the effect of bogie and wagon pitch associated with longitudinal train dynamics, The Dynamics of vehicles on roads and tracks, Vehicle Syst. [Text] / M. Mcclanachan, C. Cole, D. Roach, B. Scown. – Dyn. Suppl. (33), 1999. – P. 374–385.
8. Вершинский, С. В. Динамика вагона [Текст]: уч. для вузов ж.-д. трансп.; / С. В. Вершинский, В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов; под ред. С.В. Вершинского; 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.
9. Дьомін, Ю. В. Основи динаміки вагонів: Навчальний посібник [Текст] / Ю. В. Дьомін, Г. Ю. Черняк. – К.: КУЕТТ, 2003. – 270 с.
10. New livery for tarmac wagons [Text] / Online. – 2011. – Issue 17 summer. – P. 2.
11. Our freight wagons [Text] / DB Schenker, 2013. – 113 p.
12. Благовещенский, С. Н. Справочник по статике и динамике корабля. [Текст] / С. Н. Благовещенский, А. Н. Холодилин; В двух томах. Изд. 2-е. перераб. и доп. Том 2. Динамика (качка) корабля. – Л., “Судостроение”, 1975. – 176 с.
13. Маков, Ю. Л. Качка судов [Текст] / Ю. Л. Маков. – Калининград, “КГТУ”, 2007. – 321 с.
14. Наставление по креплению генеральных грузов при морской перевозке для т/х “Герои Шипки”. Cargo securing manual for m/v “Geroi Shipky” № 2512. 02. – Офиц. изд. [Текст] / Одесса: Мин. транспорта Украины. Гос. департамент морского и речного транспорта. 1997. – 51 с.
15. Васильев, В. Железнодорожные паромы для линии Ильичевск – Варна [Текст] / В. Васильев // Морской флот. – 1976. – № 12. – С. 16.
16. Ветер и волны в океанах и морях: справочные данные [Текст] / под ред. И.Н. Давидана. – Л.: Транспорт, 1974. – 360 с.
17. Суколенов, А. Е. Международная паромная переправа Илличевск – Варна [Текст] / А. Е. Суколенов, Э. Захариев, И. Г. Гутин и др. – М.: Транспорт, 1989. – 103 с.
18. Луговский, В. В. Динамика моря: Избр. вопросы связ. с учением мореходности корабля [Текст] : уч. для вузов / В. В. Луговский. – Л.: Судостроение, 1976. – 199 с.
19. Дьяконов, В. MATHCAD 8/2000: специальный справочник [Текст] / В. Дьяконов. – СПб: Питер, 2000. – 592 с.
20. Кирьянов, Д. В. Mathcad 13 [Текст] / Д. В. Кирьянов. – СПб.: БХВ. Петербург, 2006. – 608 с.
21. Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм. ГОСТ 9238-83. – [Действителен от 01.07.1984] [Текст] / М.: Стандартиформ, 2006. – 28 с.
22. Кабатченко, И. М. Моделирование ветрового волнения. Численные расчеты для исследования климата и проектирования гидротехнических сооружений: автореф. дис. на соискание ученой степени доктора географических наук: спец. 25.00.28 “Океанология” [Текст] / И. М. Кабатченко. – Москва, 2006. – 41 с.
23. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и средиземного морей [Текст] / Санкт-Петербург: Российский морской регистр судоходства, 2006. – 302 с.