

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.4.021.24-027.45:656.211.7

А. О. ЛОВСЬКА^{1*}

^{1*}Каф. «Вагони», Українська державна академія залізничного транспорту, майдан Фейербаха, 7, Харків, Україна, 61500, тел. +38 (057) 730 10 35, ел. пошта alyonaLovskaya@rambler.ru, ORCID 0000-0002-8604-1764

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ ЗА ВТОМНОЮ МІЦНІСТЮ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ ВАГОНІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПОРОМАМИ

Мета. У роботі необхідно здійснити визначення коефіцієнту запасу за втомною міцністю несучих конструкцій кузовів вагонів при перевезенні залізничними поромами. **Методика.** Для досягнення зазначеної мети досліджено умови експлуатації вагонів у міжнародному залізнично-водному сполученні. Проведені дослідження динамічних особливостей кузовів вагонів при перевезенні залізничними поромами в умовах хвилювання моря. Складено математичну модель переміщень кузовів вагонів та визначено прискорення, які діють на них відносно штатних місць розміщення на палубах. При визначенні прискорень враховано дійсні гідрометеорологічні характеристики акваторії Чорного моря під час шторму. Визначено коефіцієнт запасу за втомною міцністю несучих конструкцій кузовів вагонів при перевезенні залізничними поромами та встановлено, що при регулярному навантаженні кузова вагона $n \approx 2,0$, що вище допустимого значення. **Результати.** Порівняння отриманих величин прискорень із прискореннями, які діють на кузова вагонів при експлуатації на магістральних коліях, показало, що вони перевищують зазначені у нормативних документах прискорення майже на 40 %. Це доводить необхідність урахування навантажень, які діють на кузова вагонів в умовах перевезень на залізничних поромах, при проектуванні вагонів нового покоління. **Наукова новизна.** Запропоновано математичну модель переміщень кузова вагона при перевезенні залізничним поромом в умовах хвилювання моря, яка надає можливість визначення прискорень кузовів вагонів, розміщених на багатопалубних залізничних поромах, з урахуванням гідрометеорологічних характеристик акваторії. **Практична значимість.** Результати проведених досліджень можуть використовуватися при проектуванні вагонів нового покоління з метою забезпечення їх міцності при комбінованих залізнично-водних перевезеннях. Це дасть можливість розробити заходи щодо адаптації кузовів вагонів до взаємодії з засобами закріплення залізничних поромів шляхом оснащення їх несучих конструкцій спеціальними вузлами для закріплення. Таке технічне рішення дозволить зменшити витрати на позапланові види ремонту вагонів при перевезенні їх на залізничних поромах, а також забезпечити безпеку руху комбінованого транспорту.

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

Вступ

Прискорені темпи інтеграції України в систему міжнародних транспортних коридорів зумовлюють створення систем комбінованого транспорту. У зв'язку з цим набули розвитку залізнично-поромні перевезення. Процес перевезення вагонів морем на залізничних поромах (ЗП) супроводжується виникненням та дією на несучу конструкцію кузовів різних типів зусиль, визначальними серед яких є динамічні. Тому, з метою забезпечення безпеки руху вагонів ЗП необхідним є дослідження динамічних зусиль, які діють на несучу конструкцію кузовів при перевезенні морем в умовах його хвилювання.

Особливості визначення динамічних зусиль, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП

в умовах хвилювання моря наведено в [7]. Недоліками цієї методики є неможливість урахування курсового кута хвилі по відношенню до корпусу ЗП, а також вітрового зусилля, яке діє на надводну проекцію ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на його верхній палубі. Крім того, ця методика може враховуватися тільки для плоских морських хвиль.

Питанням удосконалення комбінованих перевезень, зокрема контейнерних, присвячені праці вчених ДНУЗТ [11], де розглянуті особливості кріплення контейнерів на вагонах-платформах. З метою підвищення техніко-економічних показників вагонів при перевезенні контейнерів різного типорозміру виконано обґрунтування удосконалення конструкцій довгобаз-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

них вагонів-платформ та вагонів-платформ зеленяного типу для цих перевезень.

Важливо зазначити, що в цих працях дослідженню умов експлуатації вагонів та удосконаленню їх несучих конструкцій при перевезенні ЗП увага не приділяється.

Визначення динамічних особливостей залізничного рухомого складу при взаємодії його з колією наведено в [1, 6, 15, 18]. Необхідно зазначити, що питання дослідження динаміки кузовів вагонів при перевезенні їх ЗП в умовах морського хвилювання в зазначених наукових працях не розглядаються.

Дослідження динаміки вантажного вагона на візках, удосконаленої конструкції, наводиться в [17]. При цьому моделювання динаміки виконувалося для вантажних вагонів Shimmns, обладнаних візками Y25. В ході досліджень визначалися динамічні зусилля в зоні взаємодії колеса з рейками.

Математична модель коливань кузова вантажного вагона при взаємодії з рейковою колією наведена в [16]. Дослідження виконувалися в середовищі програмного забезпечення GENSYS.

Необхідно зауважити, що моделі, наведені в [16, 17], можуть застосовуватися тільки при дослідженні коливань кузова вагона відносно рейкової колії.

На цей час парк вантажних вагонів поповнюється новими конструкціями вагонів, які мають підвищені динамічні показники та техніко-економічні параметри [4, 8, 10, 13, 19].

Необхідно зазначити, що під час проектування цих типів вагонів до уваги не взяті величини навантажень, які можуть діяти на них при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря.

Мета

Визначення коефіцієнта запасу за втомною міцністю несучих конструкцій кузовів вагонів при перевезенні ЗП.

Методика

Для визначення інерційної складової навантаження, яке діє на несучу конструкцію кузовів вагонів при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря, складено математичну модель переміщень вагона ЗП при кутових переміщеннях навколо повздовжньої осі (крен), оскільки цей вид коливального процесу здійснює найбіль-

ший вплив на стійкість кузовів вагонів відносно палуб:

$$\left(\frac{D}{12g}(B^2 + 4z_g^2)\right)\ddot{q}_1 + \left(\Lambda_\theta \frac{B}{2}\right)\dot{q}_1 = p' \frac{h}{2} + \Lambda_\theta \frac{B}{2} \dot{F}(t), \quad (1)$$

де $q_1 = \theta$ – узагальнена координата, що відповідає кутовому переміщенню навколо повздовжньої осі θ . Початок системи координат розміщений в центрі мас ЗП; D – вагове водовитіснення ЗП, кН; B – ширина ЗП, м; h – висота борта ЗП, м; Λ_θ – коефіцієнт опору коливанням ЗП, кН·с·м⁻¹; z_g – координата центру ваги ЗП, м; p' – 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 осі визначений за формулою:

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

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

Під час складання рівняння (1) 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. Під час розробки моделі враховано троходальний закон руху збурюючої дії (морської хвилі) на ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на його палубах та дисипативну складову, яка виникає при коливаннях ЗП в умовах морського хвилювання, що викликає опір його руху, курсові кути морської хвилі по відношенню до корпусу ЗП та вітрове навантаження, що діє на надводну проекцію ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на верхній палубі.

Вхідними параметрами моделі є технічні характеристики ЗП, а також гідрометеорологічні характеристики акваторії плавання. Гідроме-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

теоретичні параметри акваторії плавання ЗП визначені за даними довідкової літератури. За розробленою моделлю розраховані прискорення, які діють відносно штатних місць вагонів на палубах ЗП.

При визначенні параметрів збурюючої дії враховані дійсні гідрометеорологічні характеристики хвилювання моря, які зафіксовані під час шторму в Чорному морі [2, 9]. Оскільки шторм відбувався у II районі Чорного моря, то в розрахунках врахована довжина поромних маршрутів, які проходять через цей район – «Іллічівськ–Поті», «Іллічівськ–Батумі» (рис. 1). В статті наведені результати розрахунків для поромного маршруту «Іллічівськ–Поті», для якого час руху через штормовий район Чорного моря складає близько 4 год, при русі з конструкційною швидкістю 18,6 вузлів (9,6 м/с).

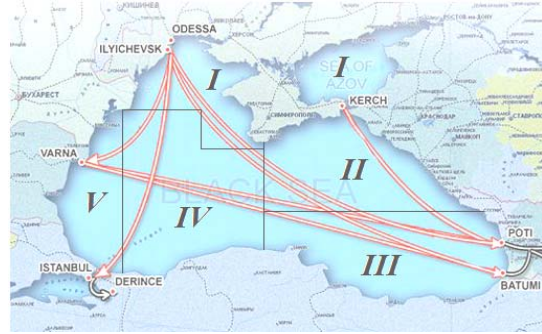


Рис. 1. Схема залізнично-поромних маршрутів України

Fig. 1. Diagram of train-ferry routes of Ukraine

Вирішення диференціального рівняння здійснювалося в середовищі програмного забезпечення MATHCAD. Для врахування змінних параметрів збурюючої дії використано теорію рядів Фур'є, тобто

$$F(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} C_i \cos(\omega_i t + \beta_i) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cos(\omega_i t) + \sum_{i=1}^{\infty} b_i \sin(\omega_i t); \quad (3)$$

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{T} \int_0^T F(t) dt; \quad (4)$$

$$a_i = \frac{2}{T} \int_0^T F(t) \cos(\omega_i t) dt; \quad (5)$$

$$b_i = \frac{2}{T} \int_0^T F(t) \sin(\omega_i t) dt. \quad (6)$$

Після виконання відповідних розрахунків, отримано:

$$\begin{aligned} F(t) = & a - \frac{2R e^{kb}}{\omega t} (\cos(k a + \omega t) - 1) + 2b - \frac{2R e^{kb}}{\omega t} \sin(k a + \omega t) + \\ & + \sum_{i=1}^n \left(\frac{2a}{t \omega} \sin \omega t + \frac{R e^{kb}}{t} \left(t \sin(k a) - \frac{1}{2\omega} (\cos(k a + 2\omega t) - \cos(k a)) \right) \right) + \\ & + \frac{2b}{t \omega} \sin(\omega t) - \frac{R e^{kb}}{t} \left(t \cos(k a) + \frac{1}{2\omega} (\sin(k a + 2\omega t) - \sin(k a)) \right) \Bigg) + \\ & + \sum_{i=1}^n \left(-\frac{2a}{t \omega} (\cos(\omega_i t)) + \frac{R e^{kb}}{t} \left(t \cos(k a) - \frac{1}{2\omega} (\sin(k a + 2\omega t)) \right) \right) - \\ & - \frac{2b}{t \omega} (\cos(\omega_i t)) + \frac{R e^{kb}}{t} \left(t \sin(k a) - \frac{1}{2\omega} (\cos(k a + 2\omega t)) \right) \Bigg), \quad (7) \end{aligned}$$

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

де R – радіус траєкторії, за якою здійснюється оберт кузова вагона у заданий інтервал часу, м; k – частота траєкторії збурюючого зусилля; a та b – горизонтальна та вертикальна координати центру траєкторії, за якою обертається кузов вагона, закріплений відносно палуби ЗП, що має на даний час координати x та z ; ω – частота збурюючого зусилля у заданий інтервал часу, c^{-1} .

На підставі виконаних розрахунків отримані прискорення, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря. Результати розрахунків наведені на рис. 2.

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

З метою забезпечення міцності несучих конструкцій кузовів вагонів при дії циклічних навантажень в умовах морської хитавиці виконано розрахунок коефіцієнта запасу за втомною міцністю.

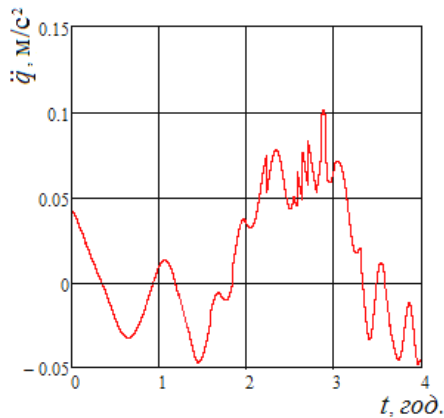


Рис. 2. Прискорення, які діють на крайній від фальшборта кузов вагона, розміщений на верхній палубі ЗП

Fig. 2. Acceleration acting on the extreme from the hull skirting of the car body, placed on the upper deck of a rail-ferry

При цьому використано методику розрахунку, запропоновану МДТУ ім. Н. С. Баумана [14], згідно з якою коефіцієнт запасу за втомною міцністю при багатовісному напруженому стані визначається:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{екв} K_{\delta}}, \quad (8)$$

де σ_{-1} – межа витривалості, МПа; $\sigma_{екв}$ – еквівалентні напруження, МПа; K_{δ} – коефіцієнт, який враховує характеристики матеріалу.

$$K_{\delta} = \frac{1-R}{2} \left[\frac{1}{n_{-1} \varepsilon_{\sigma}} + \left(\frac{1}{\beta} - \beta \right) \frac{1}{\alpha_{\sigma}} \right] \frac{1}{\beta_y} + \frac{1+R}{2\alpha_{\sigma}} \psi_{\sigma}, \quad (9)$$

де R – коефіцієнт асиметрії циклу напружень; n_{-1} – коефіцієнт, який характеризує чутливість матеріалу до концентрації напружень; ε_{σ} – масштабний коефіцієнт; β – коефіцієнт якості поверхні; β_y – коефіцієнт зміцнення поверхні; α_{σ} – теоретичний коефіцієнт концентрації напружень; ψ_{σ} – коефіцієнт, який враховує вплив асиметрії циклу.

Коефіцієнти R та n_{-1} розраховуються, а інші складові формули (9) знаходяться за довідковою літературою.

Під час виконання розрахунків для металоконструкції кузова вагона прийнято: $\sigma_{-1} = 245$ МПа [12]; $\sigma_{екв} = 280$ МПа [3] (при $\sigma_{\sigma} = 490$ МПа; $\sigma_T = 345$ МПа для бази 10^7 циклів) [5].

На підставі виконаних розрахунків отримано значення коефіцієнта запасу за втомною міцністю при регулярному навантаженні кузова вагона $n \approx 2,0$, що вище допустимого значення.

У ході досліджень прийнято припущення про відсутність накопичень напружень від втоми в несучій конструкції кузовів вагонів при накопичуванні на ЗП та слідуванні морем. Тому на практиці значення коефіцієнта запасу за втомною міцністю буде меншим.

Результати

Порівняння отриманих величин прискорень з прискореннями, які діють на кузова вагонів при експлуатації на магістральних коліях, виявило, що вони перевищують зазначені у нормативних документах прискорення майже на 40 %. Це доводить необхідність урахування навантажень, які діють на кузова вагонів в умовах перевезень на ЗП, при проектуванні вагонів нового покоління.

Наукова новизна та практична значимість

Запропоновано математичну модель перемішень кузова вагона при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря, яка надає можливість визначення прискорень кузовів вагонів, розміщених на багатопалубних ЗП, з урахуванням гідрометеорологічних характеристик акваторії.

Результати виконаних досліджень можуть використовуватися під час проектування вагонів нового покоління з метою забезпечення їх міцності при комбінованих залізнично-водних перевезеннях.

Висновки

Виконані дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. На сучасному етапі розвитку комбінованих перевезень доцільною є систематизація характеристик динамічних процесів, яким піддаються вагони при перевезенні конкретним типом ЗП і відповідної морської акваторії плавання, крім того доцільним є удосконалення кузовів вагонів спеціальними конструкційними вузлами для закріплення відносно палуб ЗП.

2. Виконані дослідження сприятимуть підвищенню безпеки руху вагонів на ЗП морем, а також розширенню п. 2.18 «Норм...» [12], з урахуванням внесення уточнених величин прискорень, які діють на кузова вагонів при перевезенні різними типами ЗП та відповідних характеристик акваторій їх плавання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бубнов, В. М. Динамические показатели грузовых вагонов на тележках модели 18-1711 / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. В. Манкевич // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. – 2013. – № 4 (46). – С. 118–126.
2. Ветер и волны в океанах и морях : справоч. данные / [под. ред. И. Н. Давидана]. – Ленинград : Транспорт, 1974. – 360 с.
3. Визняк, Р. И. Уточнение величин усилий, которые действуют на кузова вагонов при их перевозке железнодорожными паромными / Р. И. Визняк, А. А. Ловская // Вестн. ВНИИЖТа. – 2013. – № 2. – С. 20–27.
4. Восьмиосные вагоны / В. И. Филиппов, М. П. Козлов, В. А. Котуранов, А. Г. Маслов // Ж.-д. трансп. – 2007. – № 11. – С. 64–66.

5. ГОСТ 25.504-82. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. – Введ. 1983–07–01. – Москва : ИПК стандартов, 1983. – 55 с.
6. Дьомін, Ю. В. Основи динаміки вагонів : навч. посібник / Ю. В. Дьомін, Г. Ю. Черняк. – Київ : КУЕТТ, 2003. – 270 с.
7. Землезин, И. Н. Методика расчета и исследования сил, действующих на вагон при транспортировке на морских паромных / И. Н. Землезин. – Москва : Транспорт, 1970. – 104 с.
8. Инновационный грузовой подвижной состав: технико-экономические параметры / А. А. Романова, Е. А. Жарова, В. А. Решетов, С. В. Хохлов // Трансп. Рос. Федерации. – 2011. – № 3. – С. 16–20.
9. Кабатченко, И. М. Моделирование ветрового волнения. Численные расчеты для исследования климата и проектирования гидротехнических сооружений : автореф. дис. ... д-ра географ. наук : 25.00.28 / Кабатченко Илья Михайлович ; Государств. океанограф. ин-т. – Москва, 2006. – 41 с.
10. Корникова, Т. И. Конкуренция подстегивает производителей / Т. И. Корникова, А. Е. Афанасьев // Вагоны и вагон. хоз-во. – 2009. – № 1. – С. 6–9.
11. Мямлин, С. В. Подвижной состав для перевозки контейнеров железнодорожным транспортом / С. В. Мямлин, А. В. Шатунов, А. В. Сороколет // Сб. науч. тр. ДонИЖТ. – Донецк, 2010. – Вып. 22. – С. 125–132.
12. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – Москва : ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
13. Определение по результатам ходовых испытаний усталостной прочности несущих конструкций железнодорожных вагонов / Е. П. Блохин, Ю. М. Черкашин, Л. А. Манашкин [и др.] // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. 8. – С. 23–26.
14. Ширшов, А. А. Об определении коэффициента запаса по усталостной прочности при регулярном нагружении / А. А. Ширшов // Машиностроение. – 2013. – № 8. – С. 35–39.
15. Andersson, E. Rail Vehicle Dynamics, KTH Railway Technology / E. Andersson, M. Berg, S. Stichel. – Stockholm : Royal Institute of Technology, 2007. – 378 p.
16. Berghuvud, Ansel. Dynamic modelling of freight wagons : Master's Degree Thesis / Ansel Berghuvud. – Karlskrona : Blekinge Institute of Technology, 2011. – 80 p.
17. Buonsanti, M. Dynamic modelling of freight wagon with modified bogies / M. Buonsanti //

- European J. of Scientific Research. – 2012. – Vol. 86, № 2. – P. 274–282.
18. Wickens, A. H. The dynamics of railway vehicle – From Stephenson to Carter / A. H. Wickens // Proc. of the Institution of Mechanical Engineers. – 1999. – № 212 (Part F). – P. 209–217.
19. New livery for tarmac wagons [Електронний ресурс]. – 2011. – Iss. 17. – P. 2. – Режим доступу: <http://www.vtg-rail.co.uk/v/s/download/pdf>. – Назва з екрана. – Перевірено: 29.06.2011.

А. А. ЛОВСКАЯ^{1*}

^{1*}Каф. «Вагоны», Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, пл. Фейербаха, 7, Харьков, Украина, 61500, тел. +38 (057) 730 10 35, эл. почта alyonaLovskaya@rambler.ru, ORCID 0000-0002-8604-1764

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПО УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КУЗОВОВ ВАГОНОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМИ ПАРОМАМИ

Цель. В работе необходимо осуществить определение коэффициента запаса по усталостной прочности несущих конструкций кузовов вагонов при перевозке железнодорожными паромками. **Методика.** Для достижения поставленной цели исследованы условия эксплуатации вагонов в международном железнодорожно-водном сообщении. Проведены исследования динамических особенностей кузовов вагонов при перевозке железнодорожными паромками в условиях волнения моря. Составлена математическая модель перемещений кузовов вагонов и определены ускорения, которые действуют на них относительно штатных мест размещения на палубах. При определении ускорений учтены действительные гидрометеорологические характеристики акватории Черного моря во время шторма. Определен коэффициент запаса по усталостной прочности несущих конструкций кузовов вагонов при перевозке железнодорожными паромками и установлено, что при регулярном нагружении кузова вагона $n \approx 2,0$, что выше допустимого значения.

Результаты. Сравнение полученных величин ускорений с ускорениями, которые действуют на кузова вагонов при эксплуатации на магистральных путях, показало, что они превышают указанные в нормативных документах ускорения почти на 40 %. Это доказывает необходимость учета нагрузок, которые действуют на кузова вагонов в условиях перевозки на железнодорожных паромках, при проектировании вагонов нового поколения. **Научная новизна.** Предложена математическая модель перемещений кузова вагона при перевозке железнодорожным паромом в условиях волнения моря, которая предоставляет возможность определения ускорений кузовов вагонов, размещенных на многопалубных железнодорожных паромках, с учетом гидрометеорологических характеристик. **Практическая значимость.** Результаты проведенных исследований могут использоваться при проектировании вагонов нового поколения с целью обеспечения их прочности при комбинированных железнодорожно-водных перевозках. Это даст возможность разработать мероприятия по адаптации кузовов вагонов к взаимодействию со средствами закрепления железнодорожных паромов путем оснащения их несущих конструкций специальными узлами для закрепления. Такое техническое решение позволит уменьшить расходы на внеплановые виды ремонта вагонов при перевозке их на железнодорожных паромках, а также обеспечить безопасность движения комбинированного транспорта.

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

А. А. LOVSKAYA^{1*}

^{1*}Dep. «Cars», Ukrainian State Academy of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61500, tel. +38 (057) 730 10 35, e-mail alyonaLovskaya@rambler.ru, ORCID 0000-0002-8604-1764

DETERMINATION OF ASSURANCE COEFFICIENT BY SUPPORTING STRUCTURES FATIGUE OF CAR BODIES DURING TRANSPORTATION BY THE RAILWAY FERRIES

Purpose. To determine assurance coefficient by supporting structures fatigue of car bodies during transportation by the railway ferries. **Methodology.** The operating conditions of cars in international railway-water communication

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

have been investigated in previous works for the solution of this problem. To solve the problem there were conducted researches of dynamic features of car bodies transporting by the railway ferries in conditions of the sea storm. A mathematical model of car bodies movement was made up and accelerations acting on them in placements on the decks were determined. During determination of accelerations the actual meteorological characteristics of the Black Sea during a storm were taken into account. The assurance coefficient fatigue by supporting structures of car bodies by the railway ferries was determined and it was found that under regular loading of the car body $n \approx 2,0$. It is higher than the admissible value. **Findings.** Comparison of obtained acceleration values with the accelerations acting on car bodies when operating on main-line routes showed that they have exceeded the acceleration specified in the regulations approximately on 40%. It proves the need of accounting the loads acting on car bodies during transportations by the railway ferries when designing new generation cars. **Originality.** There was proposed a mathematical model of car bodies movement by the railway ferries in the conditions of sea storm. It gives the possibility of determining the accelerations of car bodies placed on the decker rail ferries taking into account the hydro-meteorology characteristics. **Practical value.** The results of researches can be used when designing new generation cars to provide their strength during the combination of railway and water transportation. It gives an opportunity to develop measures as to the adaptation of cars bodies to the interaction with the fastenings of railway ferries by means of equipping their bearing constructions with special fastening assembly units. Such technical solution will allow decreasing expenses for unscheduled repair of cars while transporting them by railway ferries and providing safety of combined transport traffic.

Keywords: car; car dynamics; construction loading; railway-ferry transport; railway ferry-boat transportation

REFERENCES

1. Bubnov V.M., Myamlyn S.V., Mankevich N.V. Dinamicheskiye pokazateli gruzovykh vagonov na telezhkakh modeli 18-1711 [Dynamic indicators of freight cars with bogies model 18-1711]. *Nauka ta Progres Transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2013, no. 4 (46), pp. 118-126.
2. Davidan I.N. *Veter i volny v okeanakh i moryakh* [Wind and waves in the oceans and seas]. Leningrad, Transport Publ., 1974. 360 p.
3. Viznyak R.I., Lovskaya A.A. Utochneniye velichin usiliy, kotoryye deystvuyut na kuzova vagonov pri ikh perezovozke zheleznodorozhnyimi paromami [Clarification of the values of efforts, acting on the body of the cars during their transportation with train ferries]. *Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta – Bulletin of All-Russian Research Institute of Railway Transport*, 2013, no. 2, pp. 20-27.
4. Filippov V.I., Kozlov M.P., Koturanov V.A., Maslov A.G. Vosmiosnyye vagony [Eight-axle cars]. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway transport*, 2007, no. 11, pp. 64-66.
5. GOST 25.504-82. *Metody rascheta kharakteristik soprotivleniya ustalosti* [State Standard 25.504-82. The calculation methods of fatigue resistance characteristics]. Moscow, Standartinform Publ., 1983. 55 p.
6. Domin Yu.V., Cherniak H.Yu. *Osnovy dynamiky vagoniv* [The bases of car dynamics]. Kyiv, KUETT Publ., 2003. 270 p.
7. Zemlezyn I.N. *Metodika rascheta i issledovaniya sil, deystvuyushchikh na vagon pri transportirovke na morskikh paromakh* [Calculation methods and the study of forces acting on the car during transportation by sea ferries]. Moscow, Transport Publ., 1970. 104 p.
8. Romanova A.A., Zharova Ye.A., Reshetov V.A., Khokhlov S.V. Innovatsionnyy gruzovoy podvizhnoy sostav: tekhniko-ekonomicheskie parametry [Innovative freight rolling stock: techno-economic parameters]. *Transport Rossiyskoy Federatsii – Transport of Russian Federation*, 2011, no. 3, pp. 16-20.
9. Kabatchenko I.M. *Modelirovaniye vetrovogo volneniya. Chislennyye raschety dlya issledovaniya klimata i proyektirovaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy*. Avtoreferat Diss. [Modeling of wind waves. Numerical calculations for climate research and design of hydraulic structures. Author's abstracts]. Moscow, 2006. 41 p.
10. Korniykova, T.Y., Afanasev A.E. Konkurentsia podstegivayet proizvoditeley [Competition boosts the manufacturers]. *Vagony i vagonnoe khozyaystvo – Cars and car facilities*, 2009, no.1, pp. 6-9.
11. Myamlin S.V., Shatunov A.V., Sorokolet A.V. Podvizhnoy sostav dlya perezovozki konteynerov zheleznodorozhnym transportom [Rolling stock for transportation of containers by railway transport]. *Sbornik nauchnykh trudov DonYZhTa* [Proc. of Donetsk Institute of Railway Transport], 2010, issue 22, pp. 125-132.
12. *Normy dlya rascheta i proyektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [Rules for calculation and design of railways cars of 1520 mm (unpowered)]. Moscow, GosNIIV – VNIIZhT Publ., 1996. 319 p.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

13. Blokhin Ye.P., Cherkashin Yu.M., Manashkin L.A., Korotenko M.L., Myamlin S.V., Granovskiy R.B., Gorobets V.L., Garkavi N.Ya., Fedorov Ye.F. Opredeleniye po rezultatam khodovykh ispytaniy ustalostnoy prochnosti nesushchikh konstruksiy zheleznodorozhnykh vagonov [The definition according to the results of the sea trials of the fatigue strength of bearing constructions of railway cars]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2005, no. 8, pp. 23-26.
14. Shyrshov A.A. Ob opredelenii koeffitsienta zapasa po ustalostnoy prochnosti pri regulyarnom nagruzhennii [Determination of the safety factor for fatigue strength with regular loading]. *Mashinostroyeniye – Mechanical Engineering*, 2013, no. 8, pp. 35-39.
15. Andersson E., Berg M., Stichel S. Rail Vehicle Dynamics, KTH Railway Technology. Stockholm, Royal Institute of Technology Publ., 2007. 378 p.
16. Berghuvud Ansel. Dynamic modelling of freight wagons. Master's Degree Thesis. Karlskrona, Blekinge Institute of Technology Publ., 2011. 80 p.
17. Buonsanti M. Dynamic modelling of freight wagon with modified bogies. *European Journal of Scientific Research*, 2012, vol. 86, no. 2, pp. 274-282.
18. Wickens A.H. The dynamics of railway vehicle – From Stephenson to Carter. *Proc. of the Institution of Mechanical Engineers*, 1999, no. 212 (Part F), pp. 209-217.
19. New livery for tarmac wagons, 2011, issue 17, P. 2. Available at: www.vtg-rail.co.uk/v/s/download/pdf (Accessed 29 July 2011).

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. І. Е. Мартиновим (Україна); д.т.н., проф. С. В. Мямліним (Україна)

Надійшла до редколегії: 20.08.2014

Прийнята до друку: 14.10.2014