

акціонерного товариства «Українська залізниця».

8. (Наказ ПАТ «Укрзалізниця» № 526 від 30.08.2016 р.).

9. Кобзарь А.И. / Прикладная математическая статистика / М., ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Чмельова Ольга Сергіївна,

кандидат економічних наук, доцент кафедри «Організація виробництва та управління персоналом» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Вул. Кирпичова, 2 м. Харків, Україна, 61002.
Тел.: +38 063 922 08 40.

E-mail: Deity777@ukr.net.

Шапірко Віталій Геннадійович,

магістр з кваліфікацією «менеджер-економіст», інженер відділу неруйнівного контролю структурного підрозділу «Дорожній експертно-технічний центр» Регіональної філії «Південна залізниця» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. Холодногірська, буд. 8, кв. 41, м. Харків, Україна, 61098.

Тел.: +38 093 149 29 79.

E-mail: Sh_vg@ukr.net.

Транспортні системи та логістика

УДК 629.463.004.4:656.211.7

Канд. техн. наук А. О. Ловська

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ З КОНТЕЙНЕРАМИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПОРОМІ

Ключові слова: вагон-платформа, контейнер, прискорення, динаміка, залізнично-поромні перевезення.

Постановка проблеми. Угода про зону вільної торгівлі України з країнами ЄС зумовлює перспективи розвитку її участі у морських перевезеннях європейських країн.

У відповідності до постанови КМУ № 1390-2009-п від 16.12.2009 «Про затвердження Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010 – 2019 роки», метою якої є розвиток конкурентного середовища на ринку залізничних послуг, підвищення ефективності його функціонування, а також задоволення потреб національної економіки та населення в перевезен-

нях, необхідним є створення рухомого складу нового покоління з підвищеними техніко-економічними показниками, а також комбінованих систем транспорту, що забезпечить підвищення об'ємів перевезень вантажів через міжнародні транспортні коридори. Позитивний досвід експлуатації таких систем відомий на прикладі перших залізнично-поромних маршрутів між країнами Європи та Азії на початку минулого року (рис. 1).

Аналіз публікацій. Визначення динамічних особливостей залізничного рухомого складу при взаємодії його з рейковою колією наведено в роботах [1, 2].

Дослідження динаміки вантажного вагона на візках, удосконаленої конструкції, наводиться в [3]. При цьому моделювання динаміки виконувалося для вантажних вагонів Shimmns, обладнаних візками Y25. В ході досліджень визначалися динамічні зусилля в зоні взаємодії колеса з рейками.

Однак дослідженню динаміки кузовів вагонів при перевезенні їх залізничними поромми в умовах морської хитавиці в зазначених наукових працях уваги не приділяється. Дослідження динамічних навантажень, які діють на кузова вагонів при перевезенні їх морем наведені у [4].



а)



б)

Рис. 1 – Перевезення вагонів-платформ, завантажених контейнерами на залізничних поромках
 а) завантаження вагонів-платформ з контейнерами на залізничний пором;
 б) розміщення вагонів-платформ з контейнерами на залізничному поромі

В роботі приводиться математична модель для визначення прискорень, що діють на кузова вагонів при основних видах коливань залізничного порому.

Також питанню визначення прискорень, які діють на кузова вагонів при перевезенні їх через акваторію Каспійського моря присвячені праці ЦНИИ МПС (ВНИИЖТа). Визначення прискорень, проведено шляхом диференціювання закону збудуючої дії (морської хвилі) [5].

Оцінка зовнішніх зусиль, які діють на вагони при перевезенні залізничним поромом наведена в [6]. При цьому прискорення, які діють на кузова вагонів в умовах хвилювання моря визначаються на підставі розрахунку хитавиці залізничного порому, яка відбувається з шістьма ступенями вільності в умовах нерегулярного трьохвимірного хвилювання при русі зі швидкістю 6,5 вузлів. Однак дана методика може бути використана для однопалубного залізничного порому обмеженого району плавання.

Дослідженню динамічних навантажень, які діють на вагон-платформу з контейнерами при перевезенні їх на залізничному поромі досі належної уваги не приділялося.

Формулювання цілей статті. Дослідження динамічної навантаженості вагона-платформи з контейнерами при перевезенні на залізничному поромі.

Викладення основного матеріалу статті. З метою визначення прискорень, як складової динамічного навантаження, які діють на вагон-платформу з контейнерами при перевезенні на залізничному поромі, складено математичну модель, яка враховує кутові переміщення елементів системи (“залізничний пором – вагон-платформа – контейнер”) навколо повздовжньої вісі (крен), як випадку найбільшої навантаженості несучої конструкції вагона при перевезенні залізничним поромом, а також забезпечення його стійкості відносно палуби:

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

$$I_{\text{впф}}^\theta (\ddot{q}_1 - \ddot{q}_2) = p' \cdot \frac{h_{\text{впф}}}{2} + M_{\text{впф}}^\theta, \quad (2)$$

$$I_{\text{к}}^\theta (\ddot{q}_1 - \ddot{q}_3) = p' \cdot \frac{h_{\text{к}}}{2} + M_{\text{к}}^\theta, \quad (3)$$

де q_i – узагальнені координати, що відповідають кутовому переміщенню навколо повздовжньої вісі, відповідно, залізничного порому, вагона-платформи та контейнера. (початок системи координат розміщений в центрі мас залізничного порому);

для залізничного порому:

D – вагове водовитіснення; B – ширина; h – висота борта; Λ_θ – коефіцієнт опору коли

ванням; z_g – координата центру ваги; p' – вітрове навантаження на надводну проекцію; $F(t)$ – закон дії зусилля, яке збурює рух залізничного порому з вагонами, розміщеними на його палубах.

для вагона-платформи з контейнерами:

I_i^θ – момент інерції, відповідно, вагона-платформи та контейнера; h_i – висота бокової поверхні, відповідно, вагона-платформи та контейнера; M_i^θ – момент сил, що виникає при взаємодії вагона-платформи та контейнерами.

Визначення коефіцієнту опору коливанням залізничного порому здійснено за методикою, наведеною у [7].

При складанні математичної моделі враховано, що вагон-платформа має власну ступінь вільності відносно палуби залізничного порому, яка може бути обумовлена:

- нерівністю палуби;
- несправністю пристроїв взаємодії вагона з палубою;
- можливими відхиленнями в геометрії кузова;
- несиметричністю закріплення вагона-платформи, тощо.

Також модель враховує можливі переміщення контейнера відносно рами вагона-платформи при кутових переміщеннях відносно повздовжньої вісі, які обумовлені наявністю зазора в парі “фітинговий упор – фітинг” [8-10].

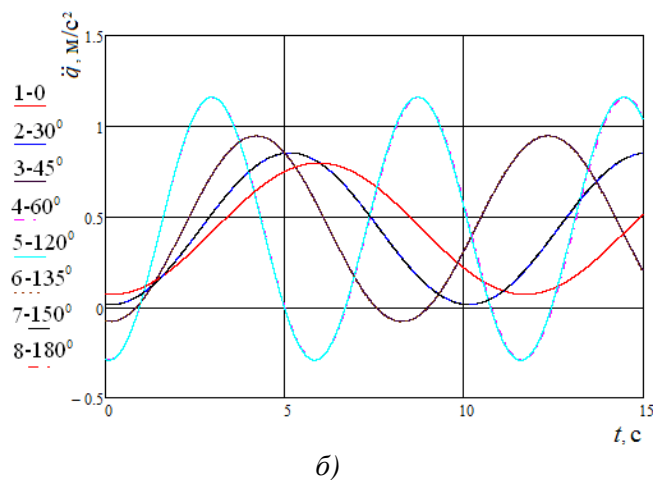
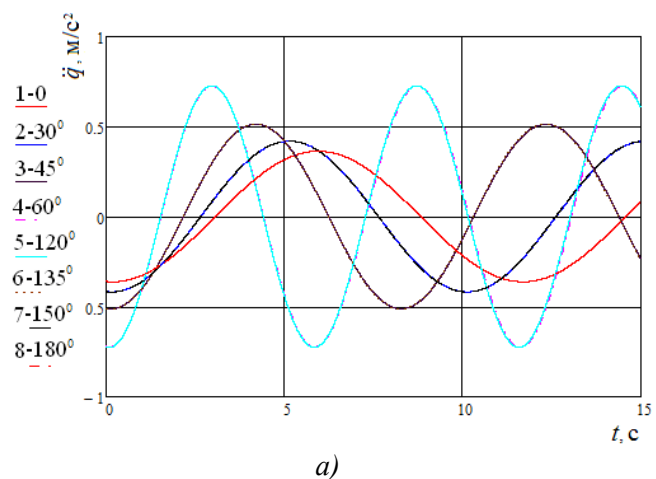
Ударна дія морських хвиль на корпус залізничного порому з вагонами, розміщеними на його борту до уваги не приймалася. При складанні моделі враховано трохоїдальний закон руху збурюючої дії (морської хвилі) на залізничний пором з вагонами, розміщеними на його палубах та дисипативну складову, яка виникає при коливаннях залізничного порому в умовах морської хитавиці, що викликає опір його руху, а також курсові кути морської хвилі по відношенню до корпусу залізничного порому та вітрове навантаження, що діє на надводну проекцію залізничного порому, вагона-платформи, розміщеного відносно верхньої палуби та контейнерів.

Вхідними параметрами моделі є технічні характеристики залізничного порому, вагона-платформи, контейнера, а також гідрометеорологічні характеристики акваторії плавання.

Розрахунки проведені стосовно залізничного порому “Герой Шипки”, що рухається акваторією Чорного моря. В якості базової моделі вагона-платформи обрана модель 13-4012, а контейнера – модель 1СС, масою бруто 24 т.

Гідрометеорологічні характеристики акваторії Чорного моря визначені за даними, наведеними в [11].

Розв’язання диференціальних рівнянь здійснено за допомогою метода Рунге-Кутта в середовищі програмного забезпечення MathCad [12, 13]. Результати розрахунків наведені на рис. 2.



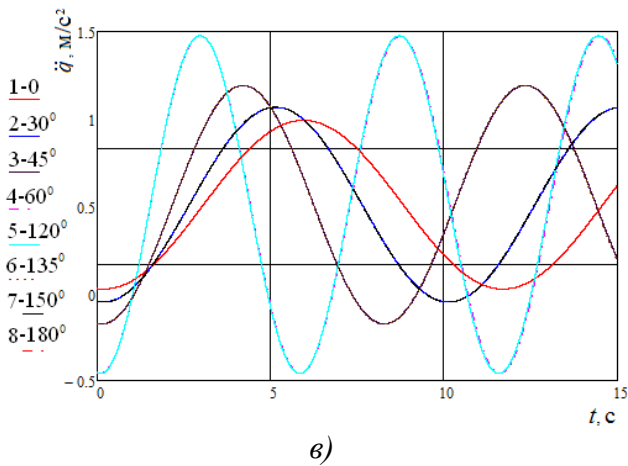


Рис. 2 – Прискорення, які діють на залізничний пором завантажений вагонами-платформами з контейнерами:
 а) залізничний пором; б) вагон-платформа;
 в) контейнер

На підставі наведених залежностей можна зробити висновок, що найбільша величина прискорень при кутових переміщеннях залізничного порому навколо повздовжньої вісі приходить на контейнери при курсовому куті хвилі по відношенню до корпусу залізничного порому $\chi = 60^\circ$ та $\chi = 120^\circ$.

При цьому прискорення, яке діє на контейнер складає близько $1,5 \text{ м/с}^2$, вагон-платформу – $1,2 \text{ м/с}^2$, а на залізничний пором – $0,7 \text{ м/с}^2$ (рис. 3).

Чисельні значення прискорень приведені без урахування складової прискорення вільного падіння.

Для забезпечення стійкості контейнерів відносно рами вагона-платформи проведені дослідження стійкості його рівноваги при кутових переміщеннях залізничного порому відносно повздовжньої вісі.

При визначенні перекидального моменту взяті до уваги величини динамічних навантажень, які розраховані за допомогою математичного моделювання (рис. 2). Результати розрахунку у вигляді графічної залежності наведені на рис. 4.

Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що з урахуванням можливих переміщень фітингів контейнерів відносно фітингових упорів вагона-платформи стійкість контейнера забезпечується при кутах крену залізничного порому до 25° .

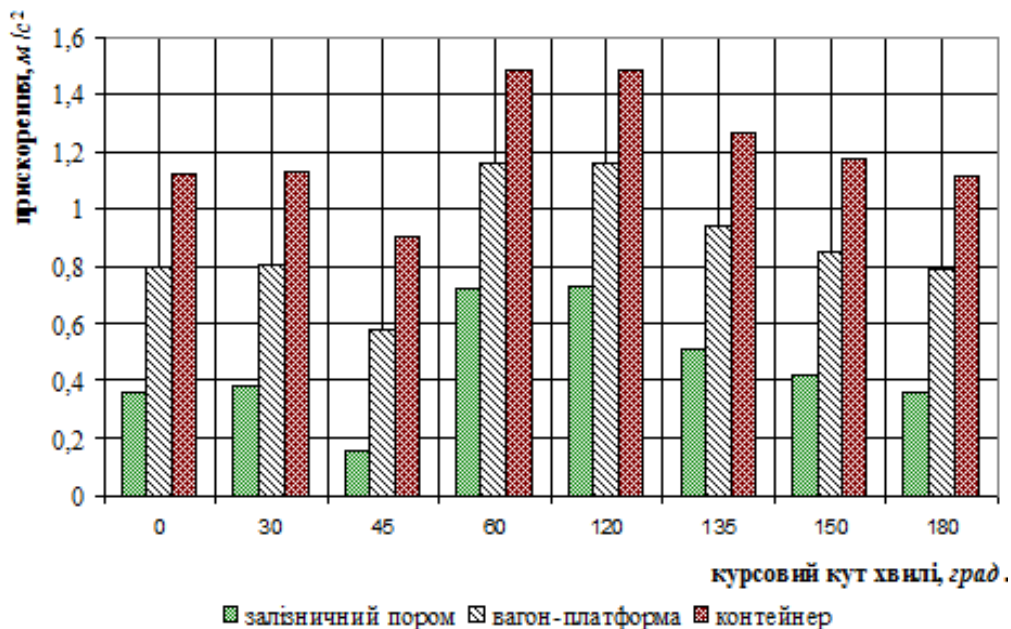


Рис. 3 – Порівняльний аналіз прискорень, які діють на залізничний пором завантажений вагонами-платформами з контейнерами

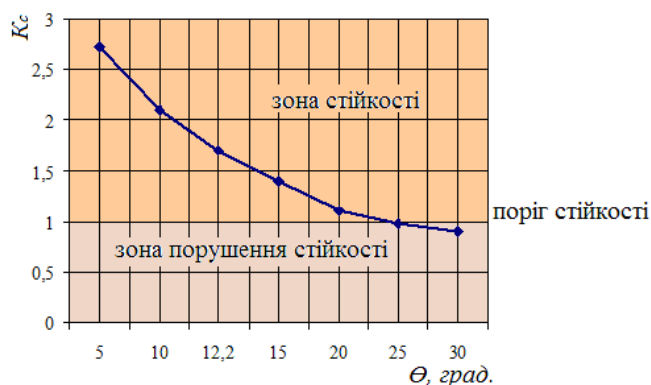


Рис. 4 – Залежність коефіцієнта стійкості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі від кута крену залізничного порому

Висновки

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Визначено максимальні значення прискорень, які діють на вагон-платформу з контейнерами, розміщеними на ньому, при перевезенні залізничним поромом в умовах морської хитавиці;

2. Встановлено, що з урахуванням наявності технологічного зазору між фітінгом контейнера та фітінговим упором вагона-платформи стійкість контейнера при кутових переміщеннях залізничного порому відносно повздовжньої вісі забезпечується при кутах крену до 25°;

3. Проведені дослідження сприятимуть розширенню п. 2.18 “Норм...” [14], з урахуванням внесення уточнених величин прискорень, які діють на кузова вагонів при їх перевезенні залізничним поромом морем;

4. Отримані результати дозволять підвищити ефективність експлуатації комбінованих перевезень в напрямку міжнародних транспортних коридорів.

Література

1. Andersson, E. Rail Vehicle Dynamics [Text] / E. Andersson, M. Berg, S. Stichel. – KTH Railway Technology, Stockholm, 2007.

2. 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.

3. 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.

4. Визняк Р.И. Уточнение величин усилий, которые действуют на кузова вагонов при их перевозке железнодорожными пароммами / Визняк Р.И., Ловская А.А. // Вестник ВНИИЖТа, 2013. – №2 – С. 20 – 27.

5. Землезин И.Н. Методика расчета и исследования сил, действующих на вагон при транспортировке на морских пароммах / И.Н. Землезин – М.: Транспорт, 1970. – 104 с.

6. Наставление по креплению груза для т/х “Петровск” ПР. № 002CNF001 – ЛМПЛ – 805. – Офиц. изд. – Одесса: МИБ, 2005. – 52 с.

7. Благовещенский С.Н. Справочник по статике и динамике корабля. В двух томах. Изд. 2 – е. перераб. и доп. Том 2. Динамика (качка) корабля / С.Н. Благовещенский, А.Н. Холодилин. – Л., “Судостроение”, 1975. – 176 с.

8. Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры. ГОСТ 18477-79. – [Действителен от 11.2004] – М.: ИПК стандартов, 2004. – 11 с.

9. Контейнеры универсальные. Общие технические условия. ГОСТ 20259-80. – [Действителен от 07.2002] – М.: ИПК стандартов, 2002. – 17 с.

10. Фитинги угловые крупнотоннажных контейнеров. Конструкция и размеры. ГОСТ 20527-82. – [Действителен от 26.10.2004] – М.: ИПК стандартов, 2004. – 9 с.

11. Ветер и волны в океанах и морях: справочные данные [под. ред. И.Н. Давидана] – Л.: Транспорт, 1974. – 360 с.

12. Дьяконов В. MATHCAD 8/2000: специальный справочник / В. Дьяконов. – СПб: Питер, 2000. – 592 с.

13. Кирьянов Д. В. Mathcad 13 / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 608 с.

14. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст] / М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ловська Альона Олександрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри «Вагони» Українського державного університету залізничного транспорту
Пл. Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050.
Тел. +38 057 730 10 35
E-mail: alyonaLovskaya@rambler.ru