

А. О. ЛОВСЬКА

УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО НАДІЙНОСТІ ЗАКРІПЛЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ ВАГОНІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПОРОМАХ

В статті проводиться дослідження динаміки кузова вагона з урахуванням заходів щодо удосконалення його несучої конструкції для забезпечення надійності закріплення на залізничному поромі. Розроблено математичну модель коливань кузова вагона для визначення динамічних навантажень, що діють на нього при перевезенні залізничним поромом в умовах морської хитавиці.

Отримані результати дозволять забезпечити міцність несучих конструкцій кузовів вагонів при перевезенні залізничними поромами в міжнародному сполученні.

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

В статье проводится исследование динамики кузова вагона с учетом мероприятий по усовершенствованию его несущей конструкции для обеспечения надежности закрепления на железнодорожном пароме. Разработана математическая модель колебаний кузова вагона для определения динамических нагрузок, которые действуют на него при перевозке железнодорожным паромом в условиях морской качки.

Полученные результаты позволят обеспечить прочность несущих конструкций кузовов вагонов при перевозке железнодорожными паромами в международном сообщении.

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

The article analyzes standard wagon fixation schemes on the desks of train ferries and deals with main reasons of wagon body damages during sea transportation regarding the existing fixation technologies. It proposes measures aimed at higher reliability of fixation of wagons on desks of train ferries by adopting their structure to interaction with chain binders. Besides it proposes introduction of viscous connection between the wagon body and the train ferry desk. A mathematical model for investigation into wagon body accelerations in the new fixation scheme on the desk has been developed. Angular displacements of the body relative to the cross axis (roll) as an example of oscillation process mostly influencing its loading and stability relative to the desk have been considered. It has been established that according to the accepted engineering solutions the accelerations influencing the wagon body in heavy sea nearly 50% lower than those influencing it in a standard fixation scheme.

The results obtained make it possible to provide stability of supporting structures of the wagon body during sea transportation, and also increase the efficiency of international rail-sea transportation.

Key words: wagon, the dynamic's of wagon, loading of construction, railway-ferry transport, railway-ferry boat transportation.

Вступ. Процес інтеграції України в систему міжнародних транспортних коридорів зумовлює перспективи її участі у перевезеннях європейських країн. Для підвищення об'ємів перевезень вантажів через територію України, як зв'язуючого ланцюга між країнами Європи та Азії, дістали поширення комбіновані транспортні системи. Однією з найбільш перспективних серед таких систем є залізнично-поромні перевезення, які успішно функціонують на території України ще з ХХ сторіччя.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. З метою забезпечення стійкості вагона відносно палуби залізничного порому (ЗП) здійснюється його закріплення за допомогою комплексу багатообертових засобів закріплення [1]. Важливо зазначити, що внаслідок відсутності технічної пристосованості несучої конструкції кузова вагона до взаємодії з засобами закріплення його відносно палуби воно здійснюється за елементи конструкції, які не призначені для цього. Це зумовлює пошкодження конструкційних елементів кузова вагона, оскільки вони не призначені для сприйняття підвищених навантажень, які переви-

щують ті, що діють на вагони при експлуатації відносно магістральних колій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом для закріплення вагонів відносно палуб ЗП їх кузови почали оснащувати спеціальними конструкційними елементами для взаємодії з гаками ланцюгових стяжок (рис. 1). Наприклад, вагони побудови ПАТ «КВБЗ» (м. Кременчук).

Для дослідження міцності конструкційних елементів кузовів для закріплення відносно палуб в умовах морської хитавиці побудовані їх просторові моделі та проведений розрахунок, який дозволив зробити висновок, що напруження в елементах взаємодії вагонів з багатообертовими засобами закріплення при кутових переміщеннях ЗП навколо повздовжньої осі (крен), як випадку найбільшої навантаженості кузова вагона, перевищують допустимі, тому таке технологічне закріплення не є надійним [2].

Для забезпечення безпеки руху вагонів на ЗП морем в умовах його хвилювання на кафедрі вагонів УкрДУЗТ розроблений вузол несучої конструкції кузовів вагонів для взаємодії з засобами закріплення ЗП (рис. 2).



а



б

Рисунок 1 – Вузли для закріплення гаків ланцюгових стяжок на вагонах:
а – на напіввагоні; б – на пасажирському вагоні



а



б

Рисунок 2 – Розміщення вузлів для закріплення вагонів відносно палуб на шворневих балках напіввагонів:
а – вид спереду; б – вид збоку

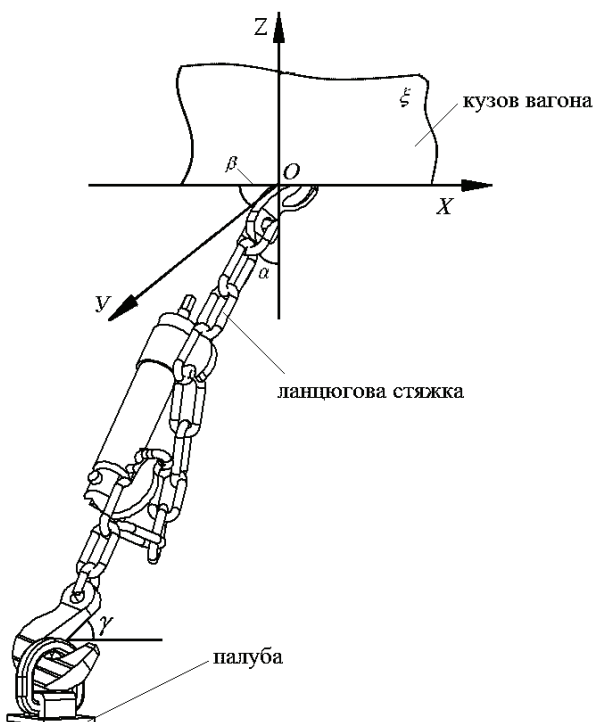


Рисунок 3 – Просторове розміщення ланцюгової стяжки відносно кузова вагону. α, β, γ – кути розміщення ланцюгової стяжки відносно площин кузова вагону

Дослідження НДС несучої конструкції кузова напіввагону з урахуванням закріплення його відносно палуби ЗП за розроблені вузли дозволило зробити висновок, що міцність його забезпечується. Запропоновані заходи, щодо удосконалення несучої конструкції кузовів напіввагонів при перевезенні ЗП в умовах морської хитавиці дозволять забезпечити їх міцність та підвищити безпеку руху комбінованого транспорту [3].

Важливо зазначити, що при жорсткій схемі закріплення кузова вагону відносно палуби (відсутність власних переміщень) він повторює траєкторію переміщень ЗП при коливаннях, а ланцюгова стяжка розглядається як жорсткий стрижень, що з'єднує кузов вагону з палубою ЗП (рис. 3).

Мета статті. Удосконалення заходів щодо надійності закріплення несучих конструкцій кузовів вагонів на ЗП.

Викладення основного матеріалу статті. З метою пом'якшення дії навантажень від ланцюгових стяжок на кузов вагону пропонується здійснювати не жорсткий зв'язок між ними, а в'язкий, посередництвом встановлення демфера, як конструкційного вузла закріплення вагону або в самій стяжці. При цьому коефіцієнт в'язкого опору елемента між кузовом та палубою повинен бути підібраний таким чином, щоб

він починав працювати при навантаженні на стяжку, яке перевищує зусилля її натягіння.

До складу вузла входить корпус нижньої частини, що включає напрямну гака 1 (рис. 4), яка повністю відображає геометрію контуру зачеплення гака ланцюгової стяжки та призначена для взаємодії його з вузлом закріплення, радіальний прилив 2, призначений для зменшення концентрації навантажень в зоні взаємодії вузла з опорною частиною, циліндричну частину 3, яка забезпечує чітку взаємодію гака з вуз-

лом, а також корпус верхньої частини, який складається з призматичної частини 4, призначеної для об'єднання робочої частини вузла з допоміжною, до складу якого входить технологічне посилення 5. Опорні частини 6 вузла призначені для закріплення його на шворневій балці вагона. Для підвищення жорсткості шворневої балки в зонах розміщення вузлів встановлюються підсилюючі діафрагми, що складаються з підсилюючих накладок 7 та з'єднувальної накладки 8.

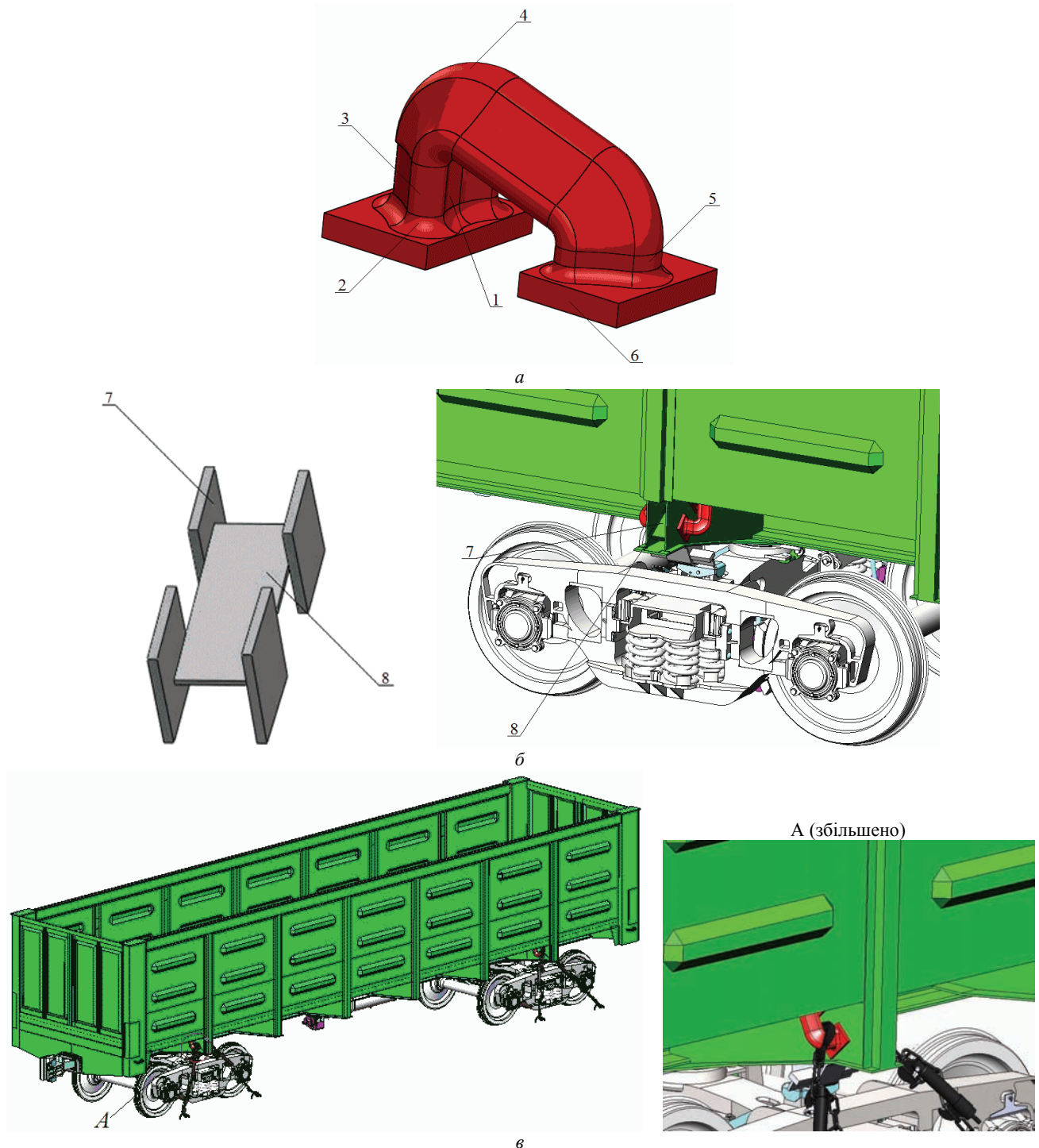


Рис. 4 – Удосконалення несучої конструкції кузова вагона для забезпечення надійності його закріплення відносно палуби: а – вузол для закріплення кузова вагона; б – розміщення підсилюючих діафрагм у перетині шворневої балки; в – закріплення кузова напіввагона відносно палуби ЗП

Для визначення прискорень, які будуть діяти на кузов вагона з урахуванням запропонованих технічних рішень побудовано математичну модель коливань ЗП з кузовами вагонів в умовах кутових переміщень навколо повздовжньої осі. При цьому перше рівняння системи характеризує переміщення ЗП при кутовому переміщенні відносно повздовжньої осі, а друге – кузова вагона відносно палуби.

$$\begin{cases} \frac{D}{12 \cdot g} \cdot (B^2 + 4 \cdot z_g^2) \cdot \ddot{q} + \left(\Lambda_\theta \cdot \frac{B}{2} \right) \cdot \dot{q} = \\ = p' \cdot \frac{h}{2} + \Lambda_\theta \cdot \frac{B}{2} \cdot \dot{F}(t), & (1) \\ I_k \cdot \ddot{q} + \beta \cdot \frac{6}{2} \cdot \dot{q} = p_k \cdot \frac{h_k}{2}, & (2) \end{cases}$$

де $q = \theta$ – узагальнена координата, що відповідає кутовому переміщенню навколо повздовжньої осі X . 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; I_k – момент інерції несучої конструкції кузова вагона відносно повздовжньої осі, т·м²; β – коефіцієнт в'язкого опору елемента, кН·с·м⁻¹; v – ширина кузова напіввагона, м; p_k – вітрове навантаження на бокову стіну кузова вагону, кН; h_k – висота бокової стіни кузова вагону, м.

Ударна дія морських хвиль на корпус ЗП з вагонами, розміщеними на його борту не враховувалася.

Для розв'язання диференціальних рівнянь руху (1, 2) складено програму розрахунку в середовищі програмного забезпечення Mathcad [4], для чого вони зводилися до нормальної форми Коші, після чого інтегрувалися за методом Рунге – Кутта.

На рис. 5 наведено графічні залежності прискорень, які діють на ЗП з кузовами вагонів при кутових переміщеннях відносно повздовжньої осі. Для порівняльного аналізу на рис. 5, а) наведено прискорення, які діють на ЗП при курсовому куті хвилі по відношенню до його корпусу $\chi = 0^\circ$.

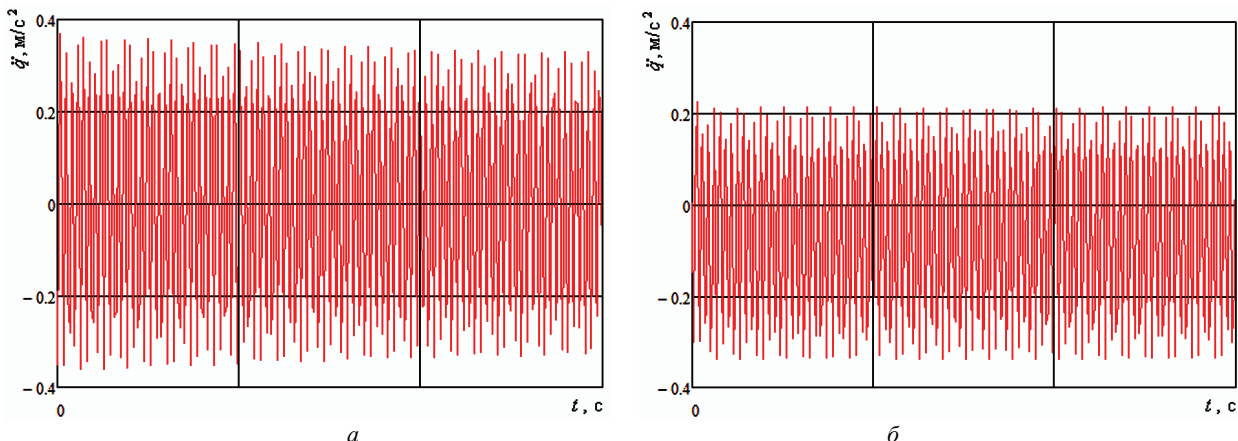


Рисунок 5 – Прискорення, які діють на ЗП з кузовами вагонів при кутових переміщеннях відносно повздовжньої осі: а – ЗП; б – кузов вагона

З представлених залежностей можна зробити висновки, що при встановленні між кузовом вагона та палубою ЗП в'язкого зв'язку є можливим знизити величини прискорень, які діють на несучу конструкцію кузова майже на 50 %. Важливо зазначити, що при цьому робоча рідина, яка буде створювати в'язкий опір між кузовом та палубою повинна мати коефіцієнт в'язкого опору від 3,5 кН·с/м.

Висновки. На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Запропоновано заходи щодо надійності закріплення несучих конструкцій кузовів вагонів на ЗП. Розрахунок прискорень, які діють на несучу конструкцію кузова вагону з урахуванням нової схеми закріплення його відносно палуби дозволив зробити висновок, що з урахуванням введення в'язкого зв'язку між кузовом та палубою стає можливим знизити величини прискорень майже на 50 %.

2. Проведені дослідження сприятимуть підвищенню безпеки руху вагонів на ЗП морем, а також

розширенню п. 2.18 «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» [5], з урахуванням внесення уточнених величин прискорень, які діють на кузова вагонів при перевезенні ЗП.

Список літератури

1. 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. / Одесса: Мин. транспорта Украины, Гос. департамент морского и речного транспорта, 1997. – 51 с.
2. Візньак Р. І. Дослідження міцності елементів кузовів вагонів при взаємодії їх з засобами закріплення залізнично-поромних суден в умовах хвилювання моря / Р. І. Візньак, А. О. Ловська. // 36. наук. праць ХарДАЗТ. – Х.: ХарДАЗТ, 2011. – Вип. 123. – С. 73-78.
3. Lovskaya A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge / A. Lovskaya // Metallurgical and mining industry. – 2015. - №1. – p. 49 – 54.
4. Кирьянов Д. В. Mathcad 13 / Д. В. Кирьянов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 608 с.

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

References (transliterated)

1. Nastavlenie po krepleniyu generalnykh gruzov pri morskoy perevozke dlya t/h «Geroi Shipki». [Cargo securing manual for m/v «Geroi Shipky»]. № 2512. 02. Ofits. izd. Odessa: Min. transporta Ukrainy. Gos. departament morskogo i rechnogo transporta. 1997. 51 p.

2. Viznyak R. I., Lovska A. O. Doslidzhennya mitsnosti elementiv kuzoviv vagoniv pri vzaemodiyi yih z zasobami zakriplennya zaliznichno-poromnih suden v umovah hvilyuvannya

morya. – Zb. nauk. prats. Kharkiv: HarDAZT. 2011. Vol. 123. pp. 73-78.

3. Lovskaya A. Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge. – Metallurgical and mining industry. 2015. № 1. pp. 49-54.

4. Kiryanov D. V. Mathcad 13. SPb.: BHV-Peterburg, 2006. 608 p.

5. Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnykh). Moscow: GosNIIV – VNIIZhT, 1996. 319 p.

Надійшла (received) 16.09.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Удосконалення заходів щодо надійності закріплення несучих конструкцій кузовів вагонів на залізничних пороммах / А. О. Ловська // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 46 (1218). – С. 39–43. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2078-9130.

Усовершенствование мероприятий по надежности закрепления несущих конструкций кузовов вагонов на железнодорожных пароммах / А. А. Ловская // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 46 (1218). – С. 39–43. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2078-9130.

Improvement of measures for reliable fixation of supporting structures of wagon bodies on train ferries / A. A. Lovskaya // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Dynamics and strength of machines. – Kharkiv: NTU "KhPI", № 46 (1218). – P. 39–43. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2078-9130.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Ловська Альона Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри вагонів, Український державний університет залізничного транспорту, тел.: (057) 730-10-35, e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com.

Ловская Алена Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры вагонов, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, тел.: (057) 730-10-35, e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com.

Lovskaya Alyona Aleksandrovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of wagons, Ukrainian State University of Railway Transport, tel.: (057) 730-10-35, e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com.