

УДК 629.4.027.5 – 047.37

А. К. Сандлер, доцент, доцент кафедри теорії автоматичного управління та обчислювальної техніки,
e-mail: albertsand4@gmail.com

О. Ю. Карпілов, старший викладач кафедри теорії автоматичного управління та обчислювальної техніки
e-mail: kau.onma@gmail.com

Національний університет «Одеська морська академія»
вул. Дідріхсона, 8, м. Одеса, 65029, Україна

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ВАГИ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПОРОМІВ

Підвищення вимог до безпеки судноплавства та морських поромних перевезень потребує постійного моніторингу процесів завантаження потягів на борт спеціалізованих суден. *International Maritime Organization* вважає найбільш доцільним запобігти аварійним ситуаціям з морськими суднами, які є наслідком втрати суднами остійності. За результатами досліджень ІМО, чисельні аварії з поромами були спричинені саме тим, що неправильно була зазначена вага. Зважування всіх потягів, які транспортуються морськими поромами, стане в найближчому майбутньому реальністю для компаній-операторів вантажних перевезень.

Для пошуку шляхів поліпшення ситуації з вагоконтрольними операціями на морських поромах було проаналізовано конструкції найпоширеніших типів вагометричних пристроїв.

Передбачається, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних і механічних елементів має забезпечити вимірювальному пристрою: відсутність додаткових заходів щодо захисту поверхні ваговимірювального датчика в умовах динамічних деформацій корпусу судна при завантаженні; можливість компенсації коливань температури зовнішнього середовища; збереженість надійності, чутливості та простоти схемотехнічних рішень пристроїв відомих типів.

Було розроблено схемотехнічне рішення ваговимірювального пристрою, спрямоване на подальше вдосконалення процесу автоматизації вагоконтрольних операцій. Запропонований судовий ваговимірювальний пристрій відрізняється тим, що ваговимірювальний датчик, який являє собою циліндричний герметичний корпус з інвару з заглушками, в якому містяться компенсаційна та вимірювальна волоконно-оптичні катушки, розташований у штатному свердленні залізничної рейки.

Застосування запропонованої системи зважування, крім того, дасть змогу підвищити рівень автоматизації процесу вимірювання та контролю ваги, дисципліну вантажних перевезень, ефективність технологічних вагоконтрольних процесів і безпеку морського судноплавства в цілому.

Ключові слова: контроль ваги, пором, потяг.

Вступ. Зважування всіх потягів, які транспортуються морськими поромами, стане в найближчому майбутньому реальністю для компаній-операторів вантажних перевезень. Яке ж підґрунтя для впровадження правил щодо зважування потягів вимагає *International Maritime Organization* (ІМО)? ІМО, по-перше, вважає найбільш доцільним запобігти аварійним ситуаціям з морськими суднами, які є наслідком втрати суднами остійності. За результатами досліджень ІМО, численні аварії з поромами були спричинені саме тим, що була неправильно вказана вага. Таким чином, в ІМО були всі підстави обговорити нові пра-

вила зважування та запровадити їх як обов'язкові.

Як приклад доцільно розглянути результати двох багатофакторних досліджень. Головне дослідження було проведено університетом *Jadehochschule* в 2012 та 2013 рр. Зважувались (випадкова вибірка) понад 6500 контейнерів на Одеському контейнерному терміналі. Отримано такі результати:

1) середнє відхилення за вагою становило 3,8 %;

2) 15 % контейнерів відрізнялися за вагою в той чи інший бік на 1 т;

3) 0,5 % контейнерів відрізнялися за вагою більш ніж на 10 т.

Інше дослідження було проведено у 2010 р. World Shipping Council та International Chamber of Shipping. Результати цього дослідження продемонстрували, що загальна вага вантажу на борту судна практично регулярно перевищує заявлену на 3–7 %, а в деяких особливо небезпечних випадках навіть на 10 % [1, 2, 3]. Таким чином, є підстави вважати, що аналогічна ситуація існує при транспортуванні залізничних потягів на морських поромках [1, 2, 3, 4].

Для пошуку шляхів поліпшення ситуації з вагоконтрольними операціями на морських поромках було проаналізовано конструкції найпоширеніших типів вагометричних пристроїв.

Відомим є пристрій, що включає ваговий термінал та встановлений у міжрейковому просторі замість однієї шпали ваговимірювальний вузол, який складається з опори зі стояком, тензометричного датчика з циліндричним роликом та подвійної балки з консольними стрижнями (рис. 1) [5].

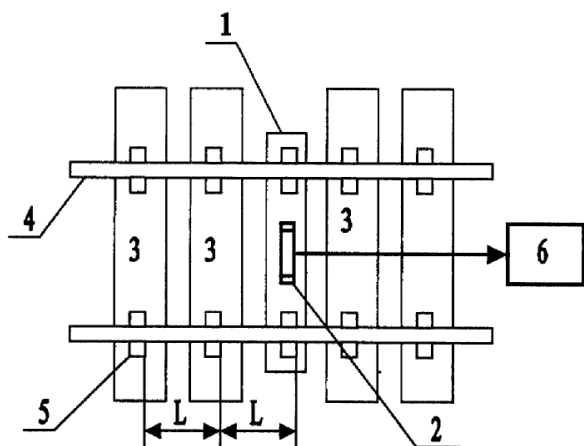


Рисунок 1 – Вагометричний пристрій:

1 – балка; 2 – тензодатчики типу «подвійна балка», змонтовані з інтервалом L ; 3 – шпала; 4 – рейка; 5 – підкладка; 6 – ваговий термінал

Недоліки пристрою, які обумовлені застосуванням тензометричного датчика з циліндричним роликом та подвійної балки з консольними стрижнями:

- надвелика похибка вимірювання ваги на кожен вісь при нерівномірному розподіленні вантажу відносно поперечної осі вагона;
- необхідність постійного захисту і підтримання геометрії ваговимірювального вузла

в умовах впливу кліматичних та експлуатаційних факторів;

- складність заміни пошкоджених ваговимірювальних вузлів у суднових умовах.

Меншою мірою експлуатаційні та конструктивні фактори впливають на характеристики пристрою, що містить опору, ваговимірювальний тензометричний датчик, вагоприймальну платформу і ваговий термінал (рис. 2) [6].

Недоліки пристрою, що обумовлені розташуванням тензометричного ваговимірювального датчика між рейкою та опорою:

- необхідність вживання додаткових заходів щодо захисту поверхні ваговимірювального датчика в умовах динамічних деформацій корпусу судна при завантаженні;
- неможливість урахування впливу кліматичних та експлуатаційних факторів на результати вимірювання.

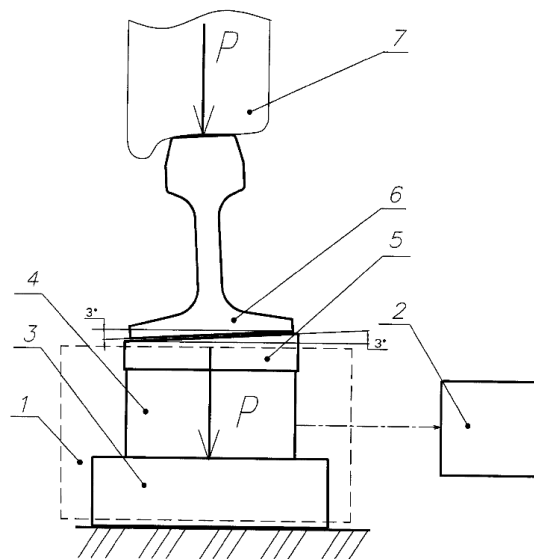


Рисунок 2 – Ваговимірювальний пристрій:

1 – ваговимірювальний вузол; 2 – ваговий термінал; 3 – опора; 4 – ваговимірювальний тензометричний датчик; 6 – рейка; 7 – колесо

Метою статті є подальше вдосконалення процесу автоматизації вагоконтрольних операцій шляхом розробки нового схематичного рішення вагометричного пристрою. Розробка та впровадження таких пристроїв у вагоконтрольні комплекси морських поромів дасть можливість запобігати перевантаженню суден, що, безумовно, буде сприяти підвищенню безпеки морських перевезень.

Основна частина. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волокон-

но-оптичних і механічних елементів має забезпечити вимірювальному пристрою:

- відсутність додаткових заходів щодо захисту поверхні ваговимірювального датчика в умовах динамічних деформацій корпусу судна при завантаженні;
- можливість компенсації коливань температури зовнішнього середовища;
- збереженість надійності, чутливості та простоти схемотехнічних рішень пристроїв відомих типів.

Суть запропонованого схемотехнічного рішення пояснюється кресленням (рис. 3).

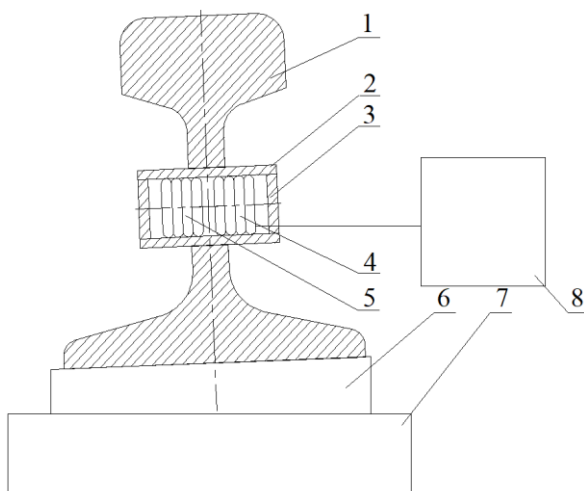


Рисунок 3 – Ваговимірювальний пристрій для залізничних поромів:

- 1 – рейка; 2 – корпус ваговимірювального датчика; 3 – герметичні кришки корпусу з гермовводами; 4 – компенсаційна світловодна котушка; 5 – вимірювальна світловодна котушка; 6 – вагоприймальна платформа; 7 – опора; 8 – ваговий термінал

Рейка, що встановлена з нахилом 3° відносно горизонтальної проекції, та вагоприймальна платформа з кутом нахилу, що дорівнює нахилу рейки, утворюють статично врівноважену систему, в якій платформа, ваговимірювальний датчик і опора перебувають на вертикальній осі.

Випромінювання почергово надходить до світловодних котушок, що знаходяться в межах датчика. Під впливом або неконтрольованих експлуатаційних і кліматологічних факторів, або навантаження від ваги вантажу у вагоні у межах кожної осі у світловодах, що утворюють котушки, відбувається динамічна деформація вигину.

Внаслідок деформації світловода відбувається зміна показників переломлення світла

як у серцевині, так і в оболонці світловода. Зміни, що відбуваються, спричиняють порушення умов повного відбивання світла у світловоді й ініціюють тунелювання частки випромінювання з серцевини до оболонки світловода.

Таким чином, частка світла випромінюється за межі світловода [6, 7, 8, 9, 10].

У статичному режимі (калібрування при відсутності навантаження на рейку) сигнал опрацьовується тільки від компенсаційної котушки, яка відрізняється від вимірювальної більшою кількістю витків і налаштована на вимірювання малих деформацій. На основі цього інформаційного сигналу у ваговому терміналі фіксуються відповідні дані та поправки, що враховують температуру навколишнього середовища, деформації елементів залізничної колії, корпусу судна та втрати в усіх елементах вимірювальної системи.

У динамічному режимі (вимірювання після надходження потягу на рейки) сигнал від компенсаційної котушки вимикається і до вагового терміналу надходить тільки інформаційний сигнал від вимірювальної котушки. Під впливом деформації рейки під вагою вагона з вантажем у вимірювальній котушці відбувається динамічна деформація вигину світловода, унаслідок чого частка світла випромінюється за межу світловода. Частка випромінювання, що буде зафіксована у такий спосіб, від вимірювальної котушки, з урахуванням поправки, буде пропорційною величині ваги вантажу у вагоні, що припадає на кожне колесо кожної осі. Таким чином, відбувається повний цикл вимірювання.

Запропонований судновий ваговимірювальний пристрій відрізняється тим, що ваговимірювальний датчик, який являє собою циліндричний герметичний корпус з інвару з заглушками, в якому містяться компенсаційна та вимірювальна волоконно-оптичні котушки, розташований у штатному свердленні залізничної рейки.

Висновки. Таким чином, в розробленому пристрої комбінація оптико-механічних елементів забезпечує:

- компенсацію впливу неконтрольованих експлуатаційних та кліматологічних факторів на вимірювальний канал;
- захищеність чутливих елементів пристрою;
- постійне вимірювання у реальному масштабі часу;

– зменшену похибку вимірювання ваги вагону при нерівномірному розподіленні в ньому вантажу;

– підвищену чутливість та точність приладу.

Застосування запропонованої системи зважування, крім того, дасть змогу підвищити рівень автоматизації процесу вимірювання та контролю ваги, дисципліну вантажних перевезень, ефективність технологічних вагоконтрольних процесів та безпеку морського судноплавства в цілому.

Список літератури

1. Власьевский С. В. Автоматизированные весоизмерительные комплексы как инструмент обеспечения комплексной безопасности. *Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2007*: сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. конф. Т. 1. Транспорт. Физика и математика. 2007. С. 47–54.
2. Шмекер К. Взвешивание контейнеров по требованиям ИМО и его возможные последствия. *Порты Украины*. 2014. № 07 (139). URL: <http://portsukraine.com/node/3776>
3. Автоматизированная система взвешивания и идентификации железнодорожных вагонов и составов. URL: http://security-info.com.ua/articles/?ELEMENT_ID=2273
4. Нужна дополнительная диагностика состояния рельсовых плетей. URL: <http://scbist.com/251963-post1.html>
5. Пат. 2239800 Российская Федерация, МПК G 01 G 19/04. Вагонные весы / П. Э. Драчук; заявитель и патентообладатель Драчук П. Э. № 2002135563/28; заявл. 26.12.2002; опубл. 10.11.2004.
6. Пат. 62699 Российская Федерация, МПК G 01 G 19/04. Весоизмерительное устройство / С. В. Власьевский, А. А. Панченко, Дё Ден Бок; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Дальневосточный гос. ун-т путей сообщения» (ДВГУПС); опубл. 20.10.2006.
7. Сандлер А. К., Дрозд О. В. Суднова система зважування контейнерів. *Судовождение*. Одесса: НУ «ОМА», 2018. Вып. 28. С. 176–183.
8. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов, Москва: Мир, 1984. 510 с.
9. Удд Э. Волоконно-оптические датчики. Москва: Техносфера, 2008. 520 с.
10. Снайдер А., Лав Д. Теория оптических волноводов. Москва: Радио и связь, 1987. 656 с.

References

1. Vlasyevsky, S. V. (2007). Automated weighing systems as a tool for ensuring integrated security. *Promising innovations in science, education, production and transport 2007*: coll. of sci. papers on the materials of sci.-pract. conf. Vol. 1. Transport. Physics and Mathematics, pp. 47–54 [in Russian].
2. Schmecker, K. (2014). Weighing containers according to IMO requirements and its possible consequences. *Porty Ukrainy*, No. 07 (139). URL: <http://portsukraine.com / node / 3776>
3. Automated system for weighing and identification of railway cars and trains. URL: http://security-info.com.ua/articles/?ELEMENT_ID=2273
4. Additional diagnostics of rail lashes condition is needed. URL: <http://scbist.com/251963-post1.html>
5. Pat. 2239800 Russian Federation, IPC G 01 G 19/04 (2004). Wagon scales / P. E. Drachuk; applicant and patent holder Drachuk P. E. № 2002135563/28; declared 12.26.2002 [in Russian].
6. Pat. 62699 Russian Federation, IPC G 01 G 19/04 (2006). Weight measuring device / S. V. Vlasyevsky, A. A. Panchenko, De Den Bock; applicant and patent holder GOU VPO "Far Eastern State University of Communications" (FESUC) [in Russian].
7. Sandler, A. K., Drozd, O. V. (2018). Ship's container weighing system. *Sudovozhdenie*. Odesa: NU "OMA", Iss. 28, pp. 176–183 [in Ukrainian].
8. Adams, M. (1984). The introduction into optical waveguides theory. Moscow: Mir, 510 p. [in Russian].
9. Udd, E. (2008). Fiber optic sensors. Moscow: Technosfera, 520 p. [in Russian].
10. Snyder, A., Love, J. (1987). Optical waveguide theory. Moscow: Radio i svyaz, 656 p. [in Russian].

A. K. Sandler, *assistant professor, assistant professor of the department of automatic control theory and computer engineering,*
e-mail: albertsand4@gmail.com

O. Yu. Karpilov, *senior lecturer of the department of automatic control theory and computer engineering*
e-mail: kau.onma@gmail.com

National University «Odessa Maritime Academy»
Didrikhson str., 8, Odessa, 65029, Ukraine

FIBER-OPTIC DEVICE OF WEIGHT CONTROL FOR RAILWAY FERRIES

Increasing the safety requirements for shipping and shipping ferries requires continuous monitoring of the loading of trains on board specialized vessels. The International Maritime Organization considers it most appropriate to prevent marine casualties resulting from the loss of stability of the vessels. According to IMO studies, numerous ferry accidents were caused precisely by the fact that the weight was incorrectly indicated. Weighing of all trains, which are transported by sea ferries, in the near future will be a reality for companies-operators of freight transport.

In order to find ways to improve the situation with heavy control operations on the ferries, the designs of the most common types of weight measuring devices have been analyzed.

It has been assumed that a constructive implementation on the basis of fiber-optic and mechanical elements should provide to a measuring device: the absence of additional measures to protect the surface of weighing sensor in conditions of dynamic deformations of ship's hull during loading; the possibility of compensation of fluctuations of the environment temperature; the reliability, sensitivity and simplicity of circuit design solutions of devices of the known types.

The circuit design of the weighing instrument, aimed at further improvement of the process of automation of weight control operations is developed. The proposed weight measuring device is characterized in that a weight measuring probe, which is a cylindrical sealed enclosure made of invar with plugs, which contains compensating and measuring fiber optic coils, is located in the regular drilling of the rail.

The application of the proposed weighing system, in addition, will increase the level of automation of the measurement and control of weight, increase the discipline of freight traffic, improve the efficiency of technological control and safety of maritime navigation in general.

Keywords: *weight control, ferry, train.*