



**Andrii
M. Voitasyk
Войтасик
Андрій
Миколайович**

УДК 629.5.067

DEVELOPMENT OF THE CONTROL POST AND INDICATION OF SYSTEM FOR ALARMING THE PRESENCE OF WATER IN THE VESSEL'S HOLDS

**РОЗРОБКА ПОСТА КЕРУВАННЯ ТА ІНДИКАЦІЇ СИСТЕМИ
СИГНАЛІЗАЦІЇ НАЯВНОСТІ ВОДИ В ТРЮМАХ СУДНА**

DOI [https://doi.org/10.15589/smi2024.1\(18\).05](https://doi.org/10.15589/smi2024.1(18).05)

Andrii M. Voitasyk

Войтасик Андрій Миколайович,
канд. техн. наук
andrii.voitasyk@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9409-6108

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв*

Abstract. *Aim.* Development and design of the control post and indication of system for alarming the presence of water in the holds of a vessel that provides for the transportation of bulk cargo. *Methodology.* As part of the research, the method of complex modeling was used to build 3D models of the construction of the control and indication post (PCI) and all the executive equipment proposed to be used in it, the method of empirical description of technological processes to substantiate and explain the peculiarities of the organization of the alarm system, the method of conducting an experiment to certify the functional capabilities of the product. *Results.* Based on the use of a number of component elements, among which there are linear signaling devices, protective devices and signaling fittings, and the proposed algorithm of actions to ensure the operation of the alarming system, the PCI of the presence of water in the vessel's holds has been developed for the purpose of further operation of the product during the transportation of various bulk cargoes by sea vessel. The functioning of the product is ensured by connection to the integrated undercarriage system (IUCS) through the RS-485 interface. *Scientific novelty.* The principle of automated control received further development associated with the development of a system for signaling the presence of water in the holds of a marine vessel using the designed ship's PCI, which made it possible to provide timely sound and visual notification to the ship's crew and implement remote control of the signaling system in pre-emergency and main states. The product includes a set of the necessary electrical equipment combined with the IUCS, which includes a programmable logic controller that controls the states of the shut-off valve and the change of operating modes of the ship's pumps. *Practical significance.* The developed PKI is made in the form of a hinged unit, which includes a number of component elements, among which there are linear signaling devices, protective devices, signal fittings and is designed to ensure the operation of system for alarming the presence of water in the holds of a vessel. The implementation of the PKI system for alarming the presence of water in the holds of a vessel provides the ship's crew members in real time with the necessary sound and visual notifications about the occurrence of dangerous situations regarding the operation of cargo holds that may arise during the transportation of bulk cargo by sea.

Key words: automation; control post; alarm system; sensor; bulk carrier.

Анотація. *Мета.* Розробка та проектування поста керування та індикації системи сигналізації наявності води в трюмах судна, яке передбачає перевезення навалочних вантажів. *Методика.* В рамках дослідження використано метод комплексного моделювання для побудови 3D-моделей конструкції поста керування та індикації (ПКІ) та всього виконавчого обладнання, яке запропоновано застосувати у його складі, метод емпіричного опису технологічних процесів для обґрунтування та пояснення особливостей організації системи сигналізації, метод проведення експерименту для засвідчення функціональних можливостей виробу. *Результати.* На базі використання низки складових елементів, серед яких є лінійні сигналізатори, захисні пристрої і сигнальна арматура та запропонованого алгоритму дій забезпечення роботи системи сигналізації, розроблено ПКІ наявності води в трюмах судна з метою подальшої експлуатації виробу під час транспортування морським судном різноманітних навалочних вантажів. Функціонування виробу забезпечується підключенням до інтегрованої системи ходового містку (ICXM) через інтерфейс RS-485. *Наукова новизна.* Отримав подальший розвиток принцип автоматизованого керування пов'язаний з розробкою системи сигналізації наявності води в трюмах морського судна з використанням спроектованого судового ПКІ, що дало змогу забезпечити своєчасне звукове та візуальне сповіщення екіпажу судна та реалізувати дистанційне керування роботою системи сигналізації у передаварійному та головному станах. До складу виробу входить комплект необхідного електрообладнання об'єднаного з ICXM, у складі якої передбачається програмований логічний контролер, що керує станами запірної арматури та зміною режимів роботи судових насосів. *Практична значимість.* Розроблений ПКІ виконаний у вигляді навісного блоку до складу якого входить низка складових елементів, серед яких є лінійні сигналізатори, захисні пристрої, сигнальна арматура і призначений для забезпечення роботи системи сигналізації наявності води в трюмах судна. Впровадження ПКІ системи сигналізації наявності води в трюмах судна забезпечує в режимі реального часу членів екіпажу судна необхідними звуковими та візуальними сповіщеннями про виникнення небезпечних ситуацій щодо експлуатації вантажних трюмів, які можуть виникнути в процесі транспортування навалочних вантажів морськими шляхами.

Ключові слова: автоматизація; пост керування; система сигналізації; сенсор; навалочне судно.

References

- [1] Xiao Qu, & Wei Gang Zheng (2014). Design of ship anti-collision alarm system based on laser ranging. *Applied mechanics and materials*. No. 496-500, pp. 1502–1505. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.496-500.1502.
- [2] Huimin Han, Wenjuan Dai, Han Zhou, & Xinchun Sun (2021). Research on ship fire monitoring and alarm system. *Journal of physics conference series*. No. 2029(1). DOI: 10.1088/1742-6596/2029/1/012142.
- [3] Xiang-Rui Huang, Szu-Yu Kuo, & Liang-Bi Chen (2023). An IoT-based smart ship system for driving ship safety. *IEEE 12th Global conference on consumer electronics*. DOI: 10.1109/GCCE59613.2023.10315438.
- [4] Melnyk, O. (2023). Justification of the concept of safety-oriented ship operations during cargo transportation. *Transport systems and transportation technologies*. DOI: 10.15802/tstt2023/293356.
- [5] Jose Antonio Perez, Jose A. Orosa, & Ángel M. Costa (2016). Energetic optimization of the ventilation system in modern ships. *Applied thermal engineering*. No. 108(1). DOI: 10.1016/j.appltherm-leng.2016.07.176.
- [6] Haoyang Han, Jundong Zhang, & Ruizheng Jiang (2021). Feature design assessment of the ship fire alarm system. *Scientific programming*. No. 5. DOI: 10.1155/2021/3934428.
- [7] Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Shumylo, O., Voloshyn, A., Koskina, Y., & Volianska, Y. (2023). Review of ship information security risks and safety of maritime transportation issues. *The international journal on marine navigation and safety of sea transportation (TransNav)*. No. 16(4). pp. 717–722. DOI: 10.12716/1001.16.04.13.
- [8] Gump, J.A., & Liptak, G. (1995). Annunciators and alarms. *Process control*. DOI: 10.1016/B978-0-7506-2255-4.50043-X.
- [9] Andrea Prato, Paolo Silvestri, Tatiana Pais, Federico Gaggero, & Alessandro Schiavi (2023). Airborne sound transmission loss of ship bulkheads: A new methodological approach for in-laboratory assessment by including low frequencies. *Ocean engineering*. No. 285(3). DOI: 10.1016/j.oceaneng.2023.115428.

- [10] Thomas Porathe (2023). Alarm and hand-over concepts for human remote operators of autonomous ships. *33rd European safety and reliability conference*. DOI: 10.3850/978-981-18-8071-1_P203-cd.
- [11] Liliana Pinheiro, Conceição Juana Fortes, P. Lopes, P. Poseiro, & Joao A Santos (2018). Warning system for navigation and moored ships in ports. *Revista de engenharia térmica*. No. 16(2). p. 27. DOI: 10.5380/reterm.v16i2.62207.
- [12] Huafeng Wu, Yanglin Hu, Weijun Wang, Xiaojun Mei, & Jiangfeng Xian (2022). Ship fire detection based on an improved yolo algorithm with a lightweight convolutional neural network model. *Sensors*. 22(19). DOI: 10.3390/s22197420.
- [13] Rehistr sudnoplavstva Ukrainy. Pravyla klasyfikatsii ta pobudovy morskykh suden [Shipping register of Ukraine. Rules for the classification and construction of sea vessels]: u 5 T. T.1, 2006. Retrieved from <https://docplayer.net/64341228-Registr-sudnoplavstva-ukrayini-zagalni-polozhennya-pro-diyalnist-pri-tehnichnomu-naglyadi-pravila-kla-sifikaciyi-ta-pobudovi-su-den-chastina-i.html> (data zvernennia: 04.01.2024) [in Ukrainian].
- [14] Rehistr sudnoplavstva Ukrainy. Pravyla klasyfikatsii ta pobudovy morskykh suden [Shipping register of Ukraine. Rules for the classification and construction of sea vessels]: u 5 T. T.3, 2006. Retrieved from <https://www.shipregister.ua/wpcontent/uploads/2022/09/PCZmPI-2017t3.pdf> (data zvernennia: 05.01.2024) [in Ukrainian].
- [15] Klimenko, E.N. (2014). Systema avtomatyzovanoho kontroliu vantazhnykh operatsii balkera [System of automated control of cargo operations of the bulk carrier]. *Zbirnyk naukovykh prats ONMA: Sudnovodinnia*. No. 24. pp. 84–92 [in Ukrainian].
- [16] Bolhov, O.S. (2023). Poshuk optymalnoi stratehii vantazhnykh operatsii navaliuvalnoho sudna za umovy postiinoho zberezhenia yoho morekhidnykh yakostei [The search for the optimal strategy for cargo operations of a bulk carrier under the condition of constant preservation of its seaworthy qualities]. *Transport development*. DOI: 10.33082/td.2023.3-18.08 [in Ukrainian].
- [17] Tsymbal, N.N., & Vaskov, Yu.Iu. (2005). Vybir optymalnoho variantu provedennia vantazhnykh operatsii navaliuvalnykh suden [Choosing the best option for carrying out cargo operations of bulk vessels]. *Zbirnyk naukovykh prats ONMA: Sudnovodinnia*. No. 9, pp. 68–74 [in Ukrainian].
- [18] Bahatskji, O., & Bahatskji, V. (2023). Review and analysis of the characteristics of IoT sensors. *Cybernetics and computer technologies*. No. 4, pp. 62–75. DOI: 10.34229/2707-451X.23.4.8.
- [19] Melnyk, O., Bychkovsky, Y., Voloshyn, A. (2022). Water quality monitoring and measuring physicochemical parameters using wireless sensor networks. *Scientific journal of Silesian university of technology series transport*. No. 114, pp. 91–101. DOI: 10.20858/sjsutst.2022.114.8.
- [20] N Satyanarayana Murthy, Fayaz Ahamed Shaik (2023). Water quality monitoring and measuring physicochemical parameters using wireless sensor networks. *African journal of aquatic science*. No. 48(4), pp. 1–8. DOI: 10.2989/16085914.2023.2277955/

Постановка завдання. З кожним роком, у світовому масштабі, з суднобудівних верфей спускають значну кількість морських суден. Такі тенденції пов'язані з розвитком промислової галузі спричиненої швидкістю становлення технічного прогресу та постійного збільшення потреб на морські перевезення та інші послуги. Відповідно, зростають і вимоги до безпечної експлуатації морських суден. Залучення морських навалочних суден до створення торговельно-економічних відносин між країнами висуває певні вимоги до подібних перевезень. Однією з найгостріших проблем є забезпечення гідного рівня безпеки під час експлуатації

судна, який мають гарантувати судноплавні компанії. Існують ризики матеріальних та людських втрат, які матимуть негативний екологічний та економічний вплив на морську діяльність. Це у свою чергу призводить до актуалізації вирішення питань безпечної експлуатації морських перевезень, теоретичних пошуків недоліків та практичних досліджень ефективності запропонованих рішень.

Тому набуває актуальності задача розробки та проектування судового поста керування та індикації системи аварійно-попереджувальної сигналізації, що призначена для виявлення наявності води у вантажних

трюмах судна. В статті розглядаються морські судна, які перевозять вантажі навалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Від сповіщення систем сигналізації на морському судні залежить подальша послідовність дій при вирішенні проблем, які виникають в процесі експлуатації судна [1, 2, 3, 4]. Тобто дій, пов'язаних з керуванням енергетичними установками, головними та допоміжними механізмами, загальносудновими системами і т.п. [5, 6, 7]. Будь-яка система сигналізації має попередити екіпаж судна про досягнення граничних рівнів деяких параметрів, що вимагають спостереження при експлуатації судна [8, 9, 10]. В залежності від системи сигналізації допустиме залучення різноманітного електрообладнання, що регламентує певне її компонування і місце розташування на судні [11, 12]. Дані особливості описані Регістром судноплавства України, а саме Правилами класифікації та побудови суден [13, 14].

Згідно з існуючою класифікацією судових систем сигналізації, виявлення наявності води в трюмах морських навалочних суден необхідно реалізовувати саме у вигляді аварійно-попереджувальної сигналізації [15, 16]. Вона має містити засоби: вимірювання параметрів контролю, керування роботою, індикації граничних станів. Система має надійно визначати морську воду та можливі суміші морської води з різноманітним пиловим вмістом (вугілля, зерно і т.п.) [17, 18].

Вимірюючі сенсори мають бути захищеного типу з відповідним маркуванням, а система сигналізації в загальному плані повинна відповідати діючим вимогам морського Регістру судноплавства України, що пред'являються до пристроїв керування судном, внутрішнього зв'язку, сигналізації, вимірювання та контролю неелектричних величин для суден з необмеженим районом плавання [19, 20].

Відокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Для вимірювання рівня рідини або ж води можуть використовуватися сенсори механічного (поплавкові, вібраційні, байпасні), гідростатичного, електричного (кондуктивні, ємнісні), магнітного, оптичного принципу ро-

боти, а також рівнеміри які використовують принципи ехолокації і радіолокації. Сенсори функціонально діляться на сигналізатори граничного рівня і рівнеміри. Вимірювання рівня води і рідини може бути виконано контактним і безконтактним методом. Швидкодія саме ультразвукових сенсорів дозволяє реєструвати зміни рівня швидкістю до 10 м в хвилину без ризику втрати сигналу. Для зв'язку із зовнішнім керуючим пристроєм достатньо використовувати протокол *HART* або аналоговий вихід 4...20 мА.

В роботі запропоновано морські навалочні судна облаштовувати постом керування та індикації на якому будуть зазначені два рівня сигналізації про наявність води в трюмах, звукове оповіщення сиреною з передбаченою можливістю квітування. Відмінною особливістю в представленій статті є реалізація судового виконання поста керування та індикації системи сигналізації до складу якої входять: лінійні сигналізатори, захисні пристрої, сигнальна арматура. Застосоване обладнання передбачає можливість підключення до інтегрованої системи ходового містку (ICXM) через промисловий інтерфейс інформаційного обміну *RS-485*. Прийняті технічні рішення надають можливість забезпечити ефективний контроль та візуальне спостереження за поточних станом вантажних трюмів морського судна.

Метою дослідження є розробка та проектування поста керування та індикації системи сигналізації наявності води в трюмах судна, яке передбачає перевезення навалочних вантажів.

Методи, об'єкт та предмет дослідження. Для досягнення поставленої мети у роботі використано наступні **методи дослідження**: метод комплексного моделювання для побудови 3D-моделей конструкції поста керування та індикації та всього виконавчого обладнання, яке запропоновано застосувати у його складі; метод емпіричного опису технологічних процесів для обґрунтування та пояснення особливостей організації системи сигналізації; метод проведення експерименту для засвідчення функціональних можливостей виробу.

В якості **об'єкта дослідження** обрано технологічні процеси, які здатна реалізову-

вати системи сигналізації наявності води в трюмах судна облаштована судновим постом керування та індикації до складу якого входять: лінійні сигналізатори, захисні пристрої, сигнальна арматура.

Предметом дослідження є моделі та методи аналізу для запровадження необхідного контролю та індикації роботи системи сигналізації наявності води в трюмах судна, розробка та реалізація алгоритмічного забезпечення для безпечної експлуатації виробу, забезпечення комунікації та сумісності застосованого обладнання, створення 3D-моделей складових елементів обладнання та загальної конструкції поста керування та індикації.

Основний матеріал. Безпека мореплавства є найважливішою задачею збереження як особового складу судна, так і цілісності вантажів, які перевозять судном. З метою забезпечення безпеки та запобігання аваріям на морі, системи сигналізації наявності води у трюмах вантажних суден відіграють вирішальну роль. Без вчасного виявлення потрапляння води у трюми та ефективних технічних рішень боротьби з такою проблемою судно може зазнати серйозної аварії. Щоб запобігти цьому, застосовують різноманітні системи сигналізації з достатньою кількістю вимірюючого та виконавчого електрообладнання, відповідно до технічних характеристик судна, здатного відслідковувати і контролювати подібну ситуацію. Для забезпечення безпеки мореплавства при перевезенні вантажів навалочним судном в даній статті запропоновано розробити та спроектувати ПКІ системи сигналізації наявності води в трюмах судна. Призначення виробу гарантувати своєчасне інформування екіпажу про поточну ситуацію, що склалася у вантажних трюмах судна та надання функцій контролю для подальшого оперативного прийняття заходів безпеки.

Залучення до процесу розробки та проектування системи сигналізації наявності води в трюмах судна засобів автоматизованого проектування (наприклад, SolidWorks, CATIA, Creo, AutoCAD, Solid Edge і т.п.) надає можливості створення, аналізу та покрокової модифікації виробів у віртуально-

му просторі. Такі системи дозволяють спеціалістам швидко створювати та редагувати 3D-моделі застосованого обладнання та разом з тим отримувати різноманітні технічні характеристики запропонованого продукту.

3D-модель ПКІ для системи сигналізації наявності води в трюмах судна розроблено за допомогою програмного забезпечення *AutoCAD*. Каркас моделі виконано з алюмінієвого листового матеріалу товщиною 2 мм згідно з розмірами, вказаними на рис. 1.

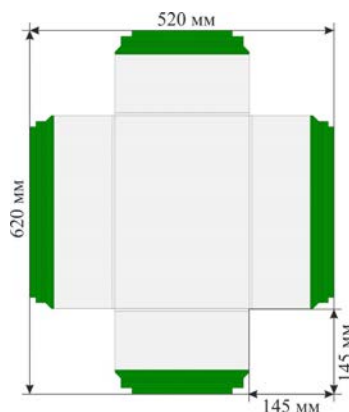


Рис. 1. Каркас ПКІ

Розробка моделі за допомогою функцій створення листових матеріалів надає можливість з матеріалу у вигляді плоских пластин реалізовувати їх згинання необхідної форми та довжини для створення каркасу необхідного розміру.

Зовнішній вигляд каркасу ПКІ, утвореного в результаті згортання розробленої моделі, представлено на рис. 2.

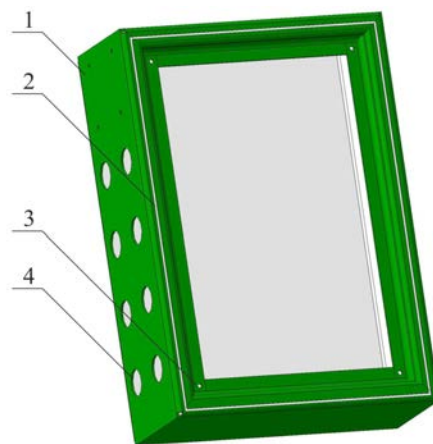


Рис. 2. Каркас ПКІ: 1 – алюмінієвий каркас; 2 – канавка для гумового ущільнення; 3 – отвори з нарізаною різьбою для фіксації лицьової панелі ПКІ; 4 – отвори для герметичних роз'ємів комутації ПКІ

Основні габаритні розміри алюмінієвого каркасу ПКІ вибрано з врахуванням можливості установки всього необхідного електрообладнання:

- лінійних сигналізаторів;
- автоматичний вимикач;
- реле напруги;
- сигнальні лампи (СЛ);
- 3-позиційний перемикач звукової сирени;
- звукова сирена;
- світлосигнальний пробісний маяк;
- герметичні роз'єми комутації.

Для підведення живлення на ПКІ, виводу інформації до ІСХМ та підключення сигналізаторів наявності води в вантажних трюмах за принципом модульності та однотипності передбачено можливість застосування герметичних з'єднань. Всю зовнішню електричну комутацію виконано з застосуванням герметичних роз'ємів. Герметичність ПКІ реалізовано за допомогою вифрезерованої канавки для гумового ущільнення та кришки з скляною поверхнею.

Для монтажу електрообладнання до ПКІ задіяно *DIN*-рейки (рис. 3). Це надає можливість модульності для швидкої заміни елементів у випадку необхідності.

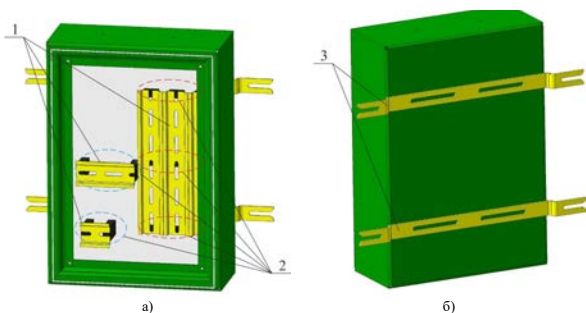


Рис. 3. Каркас ПКІ з настінним кріпленням:
а – вид спереду; б – вид ззаду; 1 – *DIN*-рейки;
2 – металеві підставки для кріплення *DIN*-рейок;
3 – кронштейни для кріплення ПКІ на стіну

Для вирівнювання електрообладнання відносно лицьової панелі ПКІ, а також для фіксації *DIN*-рейок застосовані алюмінієві підставки двох номіналів.

Кріплення ПКІ на стіну реалізовано за допомогою наварених до задньої стінки каркасу кріплень. В першу чергу виконується монтаж герметичних роз'ємів. Далі виконується монтаж електрообладнання, що розміщується на *DIN*-рейках (рис. 4).

Для захисту системи сигналізації наявності води в трюмах судна по напрузі застосовано реле напруги. При відхиленні напруги живлення системи сигналізації від номінально заданого діапазону спрацює реле напруги.

Для подачі живлення до системи сигналізації наявності води в трюмах судна та для захисту системи від коротких замикань застосовано автоматичний вимикач.

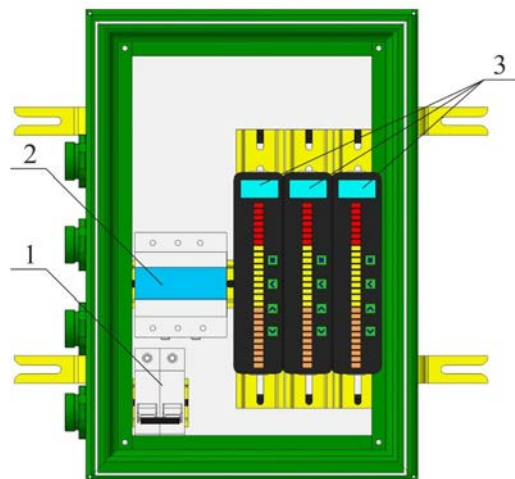


Рис. 4. Каркас ПКІ з основними розподільчими елементами: 1 – автоматичний вимикач; 2 – реле напруги; 3 – виконавче обладнання

На рис. 5 наведено зовнішній вигляд запропонованого ПКІ системи сигналізації наявності води в трюмах судна.

Перед включенням системи сигналізації необхідно підключити всю електричну та інформаційну комутацію (13, рис. 5). При ввімкненні автоматичного вимикача (2, рис. 5) загоряється СЛ зеленого кольору (3, рис. 5). Після цього запускається реле напруги (4, рис. 5) для визначення поточного значення напруги в електричній мережі.

Якщо напруга в електричній мережі знаходиться в номінально заданих межах реле подасть живлення до лінійних сигналізаторів. В результаті виконання описаних дій система сигналізації вже знаходиться в режимі експлуатації.

У випадку виникнення передаварійної ситуації в одному або декількох вантажних трюмах судна лінійний сигналізатор отримує сигнал від сенсора рівня та подасть живлення на відповідну СЛ. При цьому вмика-

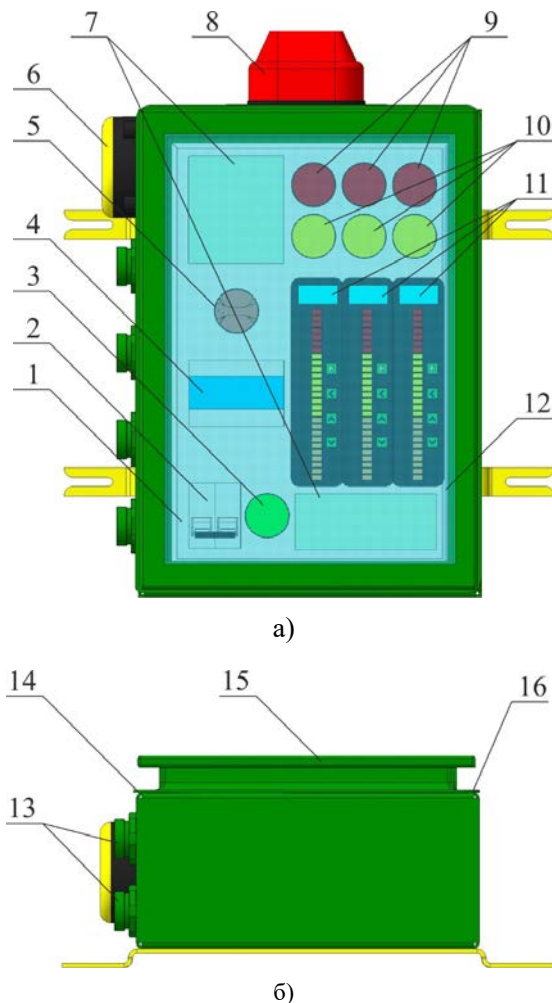


Рис. 5. ПКІ системи сигналізації води в трюмах судна:
а – вид спереду; б – вид знизу; 1 – лицьова панель;
2 – автоматичний вимикач; 3 – СЛ № 1; 4 – реле напруги;
5 – перемикач звукової сирени;
6 – звукова сирена; 7 – інформаційні панелі;
8 – світлосигнальний пробісковий маяк;
9 – СЛ головного аварійного рівня № 5, 6, 7;
10 – СЛ передаварійного рівня № 2, 3, 4;
11 – лінійні сигналізатори;
12 – захисне скло; 13 – герметичні роз'єми;
14 – місце кріплення поворотних петель кришки;
15 – кришка ПКІ; 16 – місце кріплення замка

ється світлосигнальний пробісковий маяк та звуковий сигналізатор. Якщо є потреба в відключенні звукового сигналізатора можна застосувати перемикач (5, рис. 5).

Аналогічні дії будуть виконані у випадку виникнення головної аварійної ситуації в одному або декількох вантажних трюмах судна. При цьому продовжує працювати світлосигнальний пробісковий маяк та звуковий сигналізатор. Якщо є потреба у відключенні звукового сигналізатора можна застосувати перемикач. Для обмеження до-

ступу до системи сигналізації передбачено установку герметичної кришки обладнаної замком. У випадку виникнення непередбаченої ситуації дозволяється розбити скло (12, рис. 5). Інформаційні панелі (7, рис. 5) облаштовані схемою роботи системи сигналізації, інструкцією та правилами безпечної експлуатації ПКІ.

Основні технічні характеристики розробки представлені у табл. 1.

Таблиця 1. Основні технічні характеристики розробки

№ з/п	Найменування параметра	Значення
1	Напруга змінного живлення, В	220
2	Частота мережі, Гц	50
3	Ультразвукові сенсори	ZMICROFLEX-C – 6 шт.
4	Лінійні сигналізатори	23HS6404 – 3 шт.
5	Автоматичний вимикач	Moeller-25A – 1 шт.
6	Реле напруги	Бар'єр-40A – 1 шт.
7	Сигнальна лампа (червоні, жовті, зелена)	AD22-22DS – 7 шт.
8	Перемикач звукової сирени	C2SSI-10-01 – 1 шт.
9	Звукова сирена	PKI-3 – 1 шт.
10	Пробісковий маяк	LTE-5051 – 1 шт.
11	Інтерфейс підключення до ICXM	RS-485
12	Сумарна споживча потужність, Вт	70
13	Ступінь захисту в закритому стані	IP67
14	Матеріал корпусу	алюміній
17	Габаритні розміри виробу, мм	392×340×144
18	Маса у зібраному стані, кг	12

Обговорення отриманих результатів.

Робота системи сигналізації наявності води в трюмах судна реалізується відповідно з запропонованим принципом автоматизованого керування реалізованого у вигляді наступного алгоритму дій. При включенні автоматичного вимикача, на ПКІ загоряється лампа зеленого кольору, яка свідчить про наявність на ньому живлення. Виконавче обладнання опитує стан кожного сенсору, та обмінюється інформацією з ICXM. Кількість сенсорів залежить від кількості трюмів, в системі використовується два сенсори

на кожен трюм – передаварійний сенсор рівня та головний аварійний сенсор рівня.

У разі, якщо до одного з вантажних трюмів судна потрапить вода та її рівень досягне відмітки 0,5 м, спрацює сенсор передаварійного рівня відповідного трюму. На відповідному аналоговому вході з'явиться сигнал. Лінійний сигналізатор обробить отриману інформацію та відправить сигнали: «Відкрити засуви відповідних трюмів», де спрацював сенсор передаварійного рівню до системи осушування вантажних трюмів (СОВТ); «Відкрити напірні і всмоктувальні засуви баластного насосу» до СОВТ; «Пуск баластного насосу» до СОВТ; «Інформацію про стан системи сигналізації наявності води в трюмах судна» до ІСХМ; релейним виходом, подає напругу на світло-сигнальну апаратуру «Передаварійний рівень Трюм №n»; релейним виходом подає напругу на звукову сигналізацію про досягнення «Передаварійного рівня».

У випадку зростання рівня води в трюмі, спрацює сенсор аварійного рівню. На відповідному аналоговому вході з'явиться сигнал. Після обробки отриманих даних виконавче обладнання відправляє сигнали: «Інформацію про стан системи сигналізації наявності води в трюмах судна» до ІСХМ; релейним виходом, подає напругу на світло-сигнальну апаратуру «Головний аварійний рівень Трюм №n»; релейним виходом подає напругу на звукову сигналізацію про досягнення «Головного аварійного рівня».

Для випадків коли рівень води продовжує збільшуватися, що свідчитиме про недостатню продуктивності баластного насосу, система має можливість застосувати алгоритм каскадного режиму і передати від-

повідні сигнали: «Відкрити напірну і всмоктувальну засувку пожежного насосу» до СОВТ; «Пуск пожежного насосу» до СОВТ.

Вимкнення насосів здійснюється за сигналом сенсора сухого ходу. Сенсор розміщується на всмоктувальних трубопроводах кожного з насосів та безпосередньо зупиняє працюючий насос до того, як він про контактує з повітрям. Сенсор сухого ходу відноситься до СОВТ, та не має потреби в його дублюванні в системі сигналізації наявності води.

На базі використання низки складових елементів, серед яких є лінійні сигналізатори, захисні пристрої і сигнальна арматура та запропонованого алгоритму дій забезпечення роботи системи сигналізації, розроблено пост керування та індикації наявності води в трюмах судна з метою подальшої експлуатації виробу під час транспортування морським судном різноманітних навалочних вантажів. Функціонування виробу забезпечується підключенням до ІСХМ через інтерфейс RS-485.

Висновки

1. Розроблений ПКІ виконаний у вигляді навісного блоку до складу якого входить низка складових елементів, серед яких є лінійні сигналізатори, захисні пристрої, сигнальна арматура і призначений для забезпечення роботи системи сигналізації наявності води в трюмах судна.

2. Впровадження ПКІ системи сигналізації наявності води в трюмах судна забезпечує в режимі реального часу членів екіпажу судна необхідними звуковими та візуальними сповіщеннями про виникнення небезпечних ситуацій щодо експлуатації вантажних трюмів, які можуть виникнути в процесі транспортування навалочних вантажів морськими шляхами.

Список літератури

- [1] Xiao Qu, Wei Gang Zheng. Design of ship anti-collision alarm system based on laser range-finding. *Applied mechanics and materials*. 2014. No. 496–500, pp. 1502–1505. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.496-500.1502.
- [2] Huimin Han, Wenjuan Dai, Han Zhou, Xinchun Sun. Research on ship fire monitoring and alarm system. *Journal of physics conference series*. 2021. No. 2029(1). DOI: 10.1088/1742-6596/2029/1/012142.
- [3] Xiang-Rui Huang, Szu-Yu Kuo, Liang-Bi Chen. An IoT-based smart ship system for driving ship safety. *IEEE 12th Global conference on consumer electronics*. 2023. DOI: 10.1109/GCCE59613.2023.10315438.
- [4] Melnyk O. Justification of the concept of safety-oriented ship operations during cargo transportation.

- Transport systems and transportation technologies*. 2023. DOI: 10.15802/tstt2023/293356.
- [5] Jose Antonio Perez, Jose A. Orosa, Ángel M. Costa. Energetic optimization of the ventilation system in modern ships. *Applied thermal engineering*. 2016. No. 108(1). DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.07.176.
- [6] Haoyang Han, Jundong Zhang, Ruizheng Jiang. Feature design assessment of the ship fire alarm system. *Scientific programming*. 2021. No. 5. DOI: 10.1155/2021/3934428.
- [7] Melnyk O., Onyshchenko S., Onishchenko O., Shumylo O., Voloshyn A., Koskina Y., Volianska Y. Review of ship information security risks and safety of maritime transportation issues. *The international journal on marine navigation and safety of sea transportation (TransNav)*. 2023. No. 16(4). pp. 717–722. DOI: 10.12716/1001.16.04.13.
- [8] Gump J.A., Liptak G. Annunciators and alarms. *Process control*. 1995. DOI: 10.1016/B978-0-7506-2255-4.50043-X.
- [9] Andrea Prato, Paolo Silvestri, Tatiana Pais, Federico Gaggero, Alessandro Schiavi. Airborne sound transmission loss of ship bulkheads: A new methodological approach for in-laboratory assessment by including low frequencies. *Ocean engineering*. 2023. No. 285(3). DOI: 10.1016/j.oceaneng.2023.115428.
- [10] Thomas Porathe. Alarm and hand-over concepts for human remote operators of autonomous ships. *33rd European safety and reliability conference*. 2023. DOI: 10.3850/978-981-18-8071-1_P203-cd.
- [11] Liliana Pinheiro, Conceição Juana Fortes, P. Lopes, P. Poseiro, Joao A Santos. Warning system for navigation and moored ships in ports. *Revista de engenharia térmica*. 2018. No. 16(2). p. 27. DOI: 10.5380/reterm.v16i2.62207.
- [12] Huafeng Wu, Yanglin Hu, Weijun Wang, Xiaojun Mei, Jiangfeng Xian. Ship fire detection based on an improved yolo algorithm with a lightweight convolutional neural network model. *Sensors*. 2022. 22(19). DOI: 10.3390/s22197420.
- [13] Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден: у 5 т. Т. 1, 2006. URL: <https://docplayer.net/64341228-Registr-sudnoplavstva-ukrayini-zagalni-polozhennya-pro-diyalnist-pri-tehnichnomu-naglyadi-pravila-klasifikaciyi-ta-pobudo-vi-suden -chastina-i.html> (дата звернення: 04.01.2024)
- [14] Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден: у 5 т. Т. 3, 2006. URL: <https://www.shipregister.ua/wp-content/uploads/2022/09/PCZmPl-2017t3.pdf> (дата звернення: 05.01.2024).
- [15] Кліменко Е. Н. Система автоматизованого контролю вантажних операцій балкера. *Збірник наукових праць ОНМА: Судноводіння*. 2014. № 24. С. 84–92
- [16] Болгов О. С. Пошук оптимальної стратегії вантажних операцій навалювального судна за умови постійного збереження його морехідних якостей. *Transport development*. 2023. DOI: 10.33082/td.2023.3-18.08.
- [17] Цимбал Н. Н., Васьков Ю. Ю. Вибір оптимального варіанту проведення вантажних операцій навалювальних суден. *Збірник наукових праць ОНМА: Судноводіння*. 2005. № 9, С. 68–74
- [18] Bahatskji O., Bahatskji V. Review and analysis of the characteristics of IoT sensors. *Cybernetics and computer technologies*. 2023. No. 4, pp. 62–75. DOI: 10.34229/2707-451X.23.4.8.
- [19] Melnyk O., Bychkovsky Y., Voloshyn A. Water quality monitoring and measuring physicochemical parameters using wireless sensor networks. *Scientific journal of Silesian university of technology series transport*. 2022. No. 114, pp. 91–101. DOI: 10.20858/sjsutst.2022.114.8
- [20] N Satyanarayana Murthy, Fayaz Ahamed Shaik. Water quality monitoring and measuring physicochemical parameters using wireless sensor networks. *African journal of aquatic science*. 2023. No. 48(4), pp. 1–8. DOI: 10.2989/16085914.2023.2277955.