

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КОНСТРУКЦІЙ ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНИХ ДОКІВ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ КІЛЬКІСТЮ НАБОРУ У ПОНТОНІ

Кириченко К. В., викладач кафедри суднобудування та ремонту суден Херсонської філії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, e-mail: kostiantynkyrychenko@nuos.edu.ua, ORCID: 0000-0002-0974-6904

Розглянуто особливості розрахунку техніко-економічних показників для визначення ефективності спроектованих морських плавучих засобів. Представлено алгоритм визначення економічного ефекту, що одержується при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні при порівнянні з композитним доком традиційної конструкції. Результати розрахунку за представленими залежностями дозволяють стверджувати, що впровадження розробленої конструкції понтону доку та удосконаленої технології побудови композитних плавучих доків дає змогу знизити витрати на матеріали та зменшити трудомісткість при побудові доків. Отримані залежності для оцінки економічних характеристик, з урахуванням специфіки конструкції плавучих доків, дають змогу на етапі конструювання створити якісну математичну модель для визначення параметрів залізобетонних понтонів композитних доків при раціоналізації конструкції плавучих композитних доків.

Ключові слова: композитний плавучий док, залізобетонний понтон, техніко-економічний аналіз.

DOI: 10.33815/2313-4763.2019.2.21.044-050

Вступ. Постійні потреби світового судноплавства в судноремонті, обстеженні та контролі стану суден, технічному обслуговуванні їх підводної частини обумовлюють підвищений попит на плавучі доки, виробництво яких стає предметом вигідного бізнесу [1, 2]. Для цього необхідно проводити рентабельну і конкурентоспроможну продукцію, що відповідає світовим вимогам якості в умовах інноваційного розвитку суднобудування [3]. Невід’ємними складовими розвитку докобудування є створення і випуск продукції при постійному пошуку нових прогресивних технічних рішень і технологій її виробництва [4, 5]. Одним з головних критеріїв, що визначають конкурентоспроможність плавучих доків є рівень їх якості, що відповідає вимогам відповідного Класифікаційного Товариства. Великим попитом користуються композитні доки, виготовлені частково із залізобетонних, а частково з металевих конструкцій [6]. Як правило, з залізобетону виготовляють понтон, а повністю металевими роблять бокові вежі.

Останнім часом у практиці проектування морських транспортних засобів намітилася тенденція зростання вимог до економічного обґрунтування новостворених проектів транспортних засобів.

Аналіз стану досліджуваної проблеми. Для адекватної оцінки економічної ефективності проекту на ранніх стадіях проектування необхідно визначити критерій ефективності (цільову функцію). Раніше доцільні конструкції вибирали виходячи з вимог правил класифікаційних товариств, які містили певні рекомендації, отримані на підставі досвіду експлуатації раніше побудованих доків. Вважалося, що таке проектування забезпечувало отримання надійних в роботі конструкцій. У сучасних умовах виконання рекомендацій, що містяться в правилах, виявляється недостатнім через швидку зміну кількісних і якісних характеристик доків, що будуються. Однак розробити таку систему критеріїв непросто: необхідно враховувати велику кількість факторів, вплив яких не завжди може бути встановлено з достатньою достовірністю. Тому на даний момент можливе одночасне урахування тільки обмеженої кількості вимог. Деякі ж вимоги залишаються без уваги і приймаються за другорядні. У результаті такого спрощення спотворюється фізична суть питань, що розглядаються, достовірність отриманих результатів може виявитися недостатньою, а отримані таким шляхом наближені критерії можуть рекомендуватися тільки як деякі умовні вимірники. Враховуючи вищезазначене, необхідно визначити основні критерії, що забезпечують надійність і раціональність конструкцій доку.

При складному взаємозв'язку між сучасними вимогами, що пред'являються до конструкцій, мінімізація маси з технічної та економічної точок зору не завжди веде до раціонального рішення задачі. Прямої пропорційності між масою конструкцій, трудомісткістю виготовлення, експлуатаційною та техніко-економічною ефективністю не спостерігається.

Для вирішення комплексної проблеми проектування конструкцій корпусу доку необхідно мати певну систему критеріїв, що дозволяють виконувати порівняльну об'єктивну оцінку різних варіантів можливих рішень. Вибір раціональних конструкцій доків повинен ґрунтуватися на обов'язковому врахуванні складних взаємозалежностей економічного характеру для знаходження найбільш раціонального рішення. Ця робота представляє великі труднощі, і її слід виконувати одночасно з пошуком теоретичних і практичних рішень на основі врахування досвіду будівництва та експлуатації доків, а також результатів експериментів в найбільш важких умовах докування [7].

Одним з найбільш вживаних методів розв'язання таких багатокритеріальних завдань є зведення багатокритеріального завдання до однокритеріального, шляхом виділення з набору показників одного, який вважають найважливішим [8]. Основна складність вирішення цього завдання полягає в необхідності порівняння критеріїв, що мають різну природу і визначаються в різних шкалах. Якщо ця складність вирішена і всі вихідні критерії виражені в порівнянних одиницях, то з безлічі показників ефективності виділяють один, найбільш важливий і прагнуть отримати раціональне рішення лише за цим єдиним критерієм [9].

При визначенні головних елементів плавучих споруд в якості цільової функції (CF) використовується критерій «вартість-ефективність» у вигляді:

$$CF = \frac{M[P]}{p_0} \rightarrow \max,$$

де $M[P]$ – математичне очікування прибутку; p_0 – ймовірність невиконання плавучим засобом основних функціональних завдань.

Математичне очікування прибутку $M[P]$:

$$M[P] = [П - З - K],$$

де $П$ – сукупний прибуток; $З$ – експлуатаційні витрати, K – величина капіталовкладень (вартість транспортного засобу плюс відсотки по кредиту).

Таким чином, для визначення математичного очікування прибутку $M[P]$ необхідно поряд з сукупним прибутком розрахувати значення експлуатаційних витрат і капіталовкладень. Так як методи техніко-економічного аналізу, що застосовуються для традиційних плавучих засобів не прийнятні для плавучих композитних доків, виникла необхідність у визначенні економічних показників з урахуванням специфіки конструкцій плавучих доків.

У дослідженнях [10, 11] виконано порівняльний техніко-економічний аналіз побудови суцільнометалевих та композитних плавучих доків і обґрунтовано економічну ефективність побудови і експлуатації композитних плавучих доків. Порівняльний аналіз металевих і аналогічних залізобетонних річкових плавучих споруд показав наступні відповідні показники залізобетонних споруд (показники сталевих річкових плавучих споруд прийняті за 100 %), %: вага всієї плавучої споруди 170...250, вага корпусу 280...350, витрати сталі на корпус 30...40, трудомісткість побудови всієї плавучої споруди 110...125, трудомісткість побудови корпусу 140...160, вартість всієї плавучої споруди 75...90, вартість корпусу 60...75, витрати на амортизацію 45...60, витрати на поточний ремонт 6...9.

Проведений аналіз останніх публікацій показав відсутність досліджень оцінки техніко-економічних характеристик плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні. Тому, отримання адекватних залежностей для оцінки економічних

характеристик на етапі конструювання плавучих композитних доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні дозволить створити якісну математичну модель для визначення параметрів залізобетонних понтонів композитних доків, яка дасть змогу раціоналізувати конструкції плавучих доків.

Мета дослідження – проаналізувати методики оцінки економічних показників, які використовуються при проектуванні морських плавучих споруд та розробити рекомендації щодо вибору розрахункових залежностей, які враховують специфіку композитних плавучих доків зі зменшеною кількістю набору у понтоні для подальшого використання у математичній моделі.

Рішення задачі. Із метою уніфікації насичення доків системами і обладнанням прийнято ідентичним, при цьому розглядаються тільки ті показники, які в значній мірі впливають на собівартість їх будівництва і експлуатації. До таких показників відносяться: при побудові – витрати на сировину і матеріали; трудомісткість побудови; капітальні вкладення в виробничі фонди.

У конструкції композитного доку, що розглядається у статті, арматура, яка працює на місцеву міцність, встановлюється зовні в напрямку найменшого прольоту, а арматура, що працює на загальну міцність, встановлюється всередині елемента конструкції понтона [12]. Поперечні перегородки між внутрішніми бортами встановлюються через 4 шпациї, тобто через 3 метри, а в конструкції понтона під баштами не встановлюються шпангоути, флори та бімси (рис. 1).

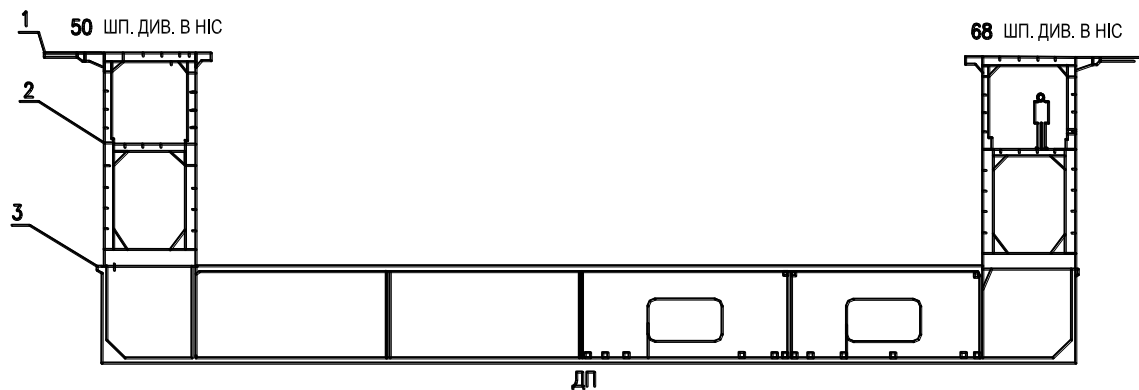


Рисунок 1 – Конструктивний переріз плавучого композитного доку: 1 – топ-палуба, 2 – палуба безпеки, 3 – стапель палуба

Економічний ефект E_p , що одержується при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні визначається за формулою:

$$E_p = C_u^k - (C_j^{3M} \Delta K),$$

де C_u^k – собівартість побудови традиційної конструкції композитного доку, тис. грн.; C_j^{3M} – собівартість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.; ΔK – приріст капіталовкладень у виробничі фонди при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні.

Собівартість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні C_j^{3K} визначається за формулою:

$$C_j^{3K} = \Sigma Z_u + \Sigma Z_j,$$

де ΣZ_u – статті калькуляції, що залишилися незмінними при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.; ΣZ_j – статті калькуляції, що змінюються при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.

При розрахунку матеріальних витрат на побудову корпусів композитного доку традиційної конструкції та композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні

прийнятні середньостатистичні витрати на виготовлення 1 тонни суднової металоконструкції:

- зварювальні матеріали: для сталевих прокатів – 5 %, для арматурної сталі – 2 %;
- технологічні гази: вуглекислота – 10 % (для сталевих прокатів), – 2 % (для арматури);
- кисень: – 3,6 % (для сталевих прокатів), – 1,75 % (для арматури);
- пропан-бутан: – 0,9 % (для сталевих прокатів), – 0,67 % (для арматури).

Розрахунок окремих статей витрат що змінюються.

Витрати на матеріали при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{3к}$ визначаються за формулою:

$$Z_j^{3к} = \sum Z_k^{3к},$$

де $Z_k^{3к}$ – матеріальні витрати на побудову композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, тис. грн.

Співвідношення листового і профільного прокату прийнято на основі даних про матеріальні витрати на існуючих доках – 55 % і 45 % відповідно.

Витрати на основну заробітну плату при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{озп}$ визначаються за формулою:

$$Z_j^{озп} = T_j \cdot N,$$

де T_j – трудомісткість побудови композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні, норма-година; N – вартість 1 норма-години, грн.

Витрати на додаткову заробітну плату при будівництві композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{доzp}$ визначаються за формулою:

$$Z_j^{доzp} = Z_j^{озп} \cdot Q_{доzp},$$

де $Q_{доzp}$ – відношення витрат на додаткову заробітну плату до основної заробітної плати, %.

Витрати за статтею «Нарахування на заробітну плату» при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{соц}$ визначаються за формулою:

$$Z_j^{соц} = (Z_j^{озп} + Z_j^{доzp}) \cdot Q_{соц},$$

де $Q_{соц}$ – відношення витрат за статтею «Нарахування на заробітну плату» до основної та додаткової заробітної плати, %.

Загальновиробничі витрати при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні $Z_j^{зв}$ визначаються за формулою:

$$Z_j^{зв} = Z_j^{озп} \cdot Q_{зв},$$

де $Q_{зв}$ – відношення загальновиробничих витрат до основної заробітної плати, %.

Адміністративні витрати і витрати на збут $Z_j^{ад.зб}$ при побудові композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні визначаються за формулою:

$$Z_{jad.зб.} = Z_j^{озп} \cdot Q_{ад.зб.},$$

де $Q_{ад.зб.}$ – відношення адміністративних витрат і витрат на збут до основної заробітної плати, %.

Проведені розрахунки по запропонованим залежностям показали, що впровадження конструкції композитного доку зі зменшеною кількістю набору у понтоні дає змогу знизити собівартість побудови до 4 % у порівнянні з аналогічною конструкцією композитного доку.

Висновки з перспективами. Розглянуто методи техніко-економічного аналізу для визначення ефективності спроектованих морських плавучих засобів. Результати розрахунку за представленими залежностями дозволяють стверджувати, що впровадження розробленої конструкції понтону доку та технологія побудови композитних плавучих доків дає змогу знизити витрати до 4 %. Отримано залежності для оцінки економічних

характеристик, які дають змогу на етапі конструювання створити якісну математичну модель для визначення параметрів залізобетонних понтонів композитних доків для раціоналізації конструкцій плавучих композитних доків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков / А. С. Рашковский и др. ; под науч. ред. А. С. Рашковского: Монография. Николаев: НУК, 2008. С. 22–38.
2. Щедролов А. В., Кириченко К. В. Анализ состояния строительства плавучих доков. *Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri*. 2018. № 1. С. 48–58.
3. Рашковский А. С., Нейман В. М. Совершенствование подготовки производства для строительства композитных плавучих сооружений. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2017. № 1 (16). С. 192–201.
4. Нейман В. М. Обеспечение качества строительства композитных плавучих доков. *Збірник наукових праць НУК*. 2017. № 1. С. 3–9.
5. Rashkovskiy A., Ermakov D., Dong Z. Innovative technologies in composite floating docks construction. *Shipbuilding and Marine Infrastructure*. 2014. № 2. P. 93–102.
6. Мишутин Н. В., Мишутин А. В. Железобетонные плавучие сооружения и перспективы их использования. *Вісник ОДАБА*. 2002. №6. С. 181–187.
7. Kyrychenko K., Yahlytskyi Yu., Schedrolosiev O. Methods of improvement of the design and construction technology of composite docks. *Shipbuilding and Marine Infrastructure*. 2019. №2 (10). P. 36–47.
8. Чернецька Ю. А. Методи багатокритеріальної оптимізації структури капіталу підприємства. *Науковий вісник. Одеський національний економічний університет. Всеукраїнська асоціація молодих науковців. Науки: економіка, політологія, історія*. 2012. № 10(162). С. 100–110.
9. Schedrolosiev O., Yahlytskyi Yu., Kyrychenko K. Selection of a generalized efficiency criterion for the designing and technology of composite dock building. *Theoretical and applied questions of mathematics, mechanics and computer science: materials of the international scientific conference*. 2019. P. 165–166.
10. Слущкий Н. Г. Сравнительный технико-экономический анализ строительства цельнометаллических и композитных плавучих доков. *Збірник наукових праць НУК*. 2007. № 2 (413). С. 34–41.
11. Слущкий Н. Г., Рашковский А. С., Ермаков Д. В. Экономическая эффективность строительства и эксплуатации композитных плавучих доков большой подъемной силы. *Збірник наукових праць «Економіка: проблеми теорії та практики»*. 2007. Вип. 232. Т. III. С. 614–621.
12. Schedrolosiev O., Korostylov L., Klymenkov S., Uzlov O., Kyrychenko K. Improvement of the structure of floating docks based on the study into the stressed-deformed state of pontoon. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 6, No. 7 (96). P. 26–31.

REFERENCES

1. Rashkovskiy, A. S., Slutskiy, N. G., Konnov, V. N., Shchedrolosiev, A. V., & Uzlov, O. N. (2015). Proektirovanie, tekhnologiya i organizaciya stroitel'stva kompozitnykh plavuchikh dokov: monografiya. Nikolaev, 22–38.
2. Shchedrolosiev, A. V., & Kyrychenko, K. V. (2018). Analiz sostoyaniya stroitel'stva plavuchikh dokov. *Azerbaijan State Marine Academy*, 1, 48–58.
3. Rashkovskiy, A. S., & Neyjman, V. M. (2017). Sovershenstvovanie podgotovki proizvodstva dlja stroitel'stva kompozitnyh plavuchih sooruzhenij. *Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii*, 1 (16), 192–201.

4. Neyjman, V. M. (2017). (2007). Obespechenie kachestva stroitel'stva kompozitnykh plavuchih dokov. *Zbirnyk naukovykh prats NUK*, 1, 3–9.
5. Rashkovskiy, A., Ermakov, D. & Dong, Z. (2014). Innovative technologies in composite floating docks construction. *Shipbuilding and marine infrastructure*, 2, 93–102.
6. Mishutin, N. V., & Mishutin, A. V. (2002). Zhelezobetonnye plavuchie sooruzheniya i perspektivy ih ispol'zovaniya. *Visnyk ODABA*, 6, 181–186.
7. Kyrychenko, K., Yahlytskyi, Yu., Schedrolosiev, O. (2019). Methods of improvement of the design and construction technology of composite docks. *Shipbuilding and Marine Infrastructure*, 2 (10), 36–47.
8. Chernetskaya, Yu.A. (2012). Metody bahatokryterialnoi optymizatsii struktury kapitalu pidpriemstva. *Naukovyi visnyk. Odeskyi natsionalnyi ekonomichnyi universytet. Vseukrainska asotsiatsiia molodykh naukovtsiv. Nauky: ekonomika, politolohiia, istoriia*, 10 (162), 100–110.
9. Schedrolosiev, O., Yahlytskyi, Yu., Kyrychenko, K. (2019). Selection of a generalized efficiency criterion for the designing and technology of composite dock building. *Theoretical and applied questions of mathematics, mechanics and computer science: materials of the international scientific conference. Kazakhstan*, 165–166.
10. Slutskiy, N. G. (2007). Sravnitelnyy tekhniko-ekonomicheskyy analiz stroitelstva tselnometallicheskih i kompozitnykh plavuchikh. *Zbirnyk naukovykh prats NUK*, 2 (413), 34–41.
11. Slutskiy, N. G. Rashkovskiy, A. S., Ermakov, D. V. (2007). Ekonomicheskaya effektivnost stroitelstva i ekspluatatsii kompozitnykh plavuchikh dokov bolshoy podyemnoy sily. *Zbirnyk naukovykh prats «Ekonomika: problemy teorii ta praktyku»*. 232, 614–621.
12. Schedrolosiev, O., Korostylov, L., Klymenkov, S., Uzlov, O., Kyrychenko, K. (2018). Improvement of the structure of floating docks based on the study into the stressed-deformed state of pontoon. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 7 (96), 26–31.

Кириченко К. В. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАВУЧИХ КОМПОЗИТНЫХ ДОКОВ С УМЕНЬШЕННЫМ КОЛИЧЕСТВОМ НАБОРА В ПОНТОНЕ

Рассмотрены особенности расчета технико-экономических показателей для определения эффективности спроектированных морских плавучих средств. Представлен алгоритм определения экономического эффекта, получаемого при постройке композитного дока с уменьшенным количеством набора в понтоне при сравнении с композитным доком традиционной конструкции. Результаты расчета по представленным зависимостям позволяют утверждать, что внедрение разработанной конструкции понтона дока и усовершенствованной технологии постройки композитных плавучих доков позволяет снизить затраты на материалы и уменьшить трудоемкость при постройке доков. Полученные зависимости для оценки экономических характеристик, с учетом специфики конструкций плавучих доков, позволяют на этапе конструирования создать качественную математическую модель для определения параметров железобетонных понтонов композитных доков при рационализации конструкций плавучих композитных доков.

Ключевые слова: композитный плавучий док, железобетонный понтон, технико-экономический анализ.

Kyrychenko K. SPECIAL FEATURES OF CALCULATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF FLOATING COMPOSITE DOCK STRUCTURES WITH REDUCED NUMBER OF PONTOON FRAMES

The advantages of construction and operation of reinforced concrete floating structures are substantiated taking into account such criteria as total weight of the floating structure, weight of the hull, steel spread for the hull, total labour intensity of construction of a floating structure, labour intensity of construction of the hull, total cost of the floating structure, cost of the hull, depreciation expenses, current repair expenses. The structural and technical characteristics of the dock under consideration are rendered. These have been developed with account for the experience in construction and operation of docks, as well as the results of experiments under the most complex docking conditions. Next, the article describes methods of the technical and economic analysis for establishing the efficiency of maritime floating structures being designed. A target function is introduced for a proper assessment of the project's cost-effectiveness in the early design stages. Then, there is presented an algorithm for determining the economic effect obtained by constructing a floating composite dock with a reduced number of pontoon frames when compared with a conventional composite dock. When calculating material costs for construction of the hull of a conventional composite dock and a

composite dock with a reduced number of pontoon frames, the average cost of manufacturing a ton of ship metal structure has been selected. Thus, there have been obtained dependencies to estimate the material costs, basic and additional payroll expenditures, and general production costs for a composite dock with a reduced number of pontoon frames. The results of a calculation using these dependencies demonstrate that introduction of the proposed pontoon design and the improved construction technology allows reducing the material costs and labor intensity of construction of a composite floating dock. The dependencies for estimation of the economic characteristics of a floating dock take into account the special features of its structure. At the design stage, they allow developing a high-quality mathematical model for establishing the parameters of reinforced concrete pontoons of composite docks when rationalizing the design of floating composite docks.

Keywords: *composite floating dock reinforced concrete pontoon, technical and economic analysis.*

© Кириченко К. В.

Статтю прийнято
до редакції 03.10.19