

АНТИКОРОЗИЙНИЙ ЗАХИСТ МОРСЬКИХ СУДЕН: СВІТОВИЙ НАУКОВИЙ ДОСВІД

Журавель Н. І.

Херсонська державна морська академія

Науковий керівник: к.т.н., доц. Доценко Г. Г.

Вступ. Комплексний захист кораблів і суден від корозії є загальносвітовою проблемою, і пошуку шляхів її вирішення приділяється велика увага. Вченими різних країн проводиться значний обсяг наукових досліджень у цьому напрямі. Результати цих досліджень, як правило, публікуються в англійськомовних наукових виданнях, що обмежує можливість широкого доступу до них українськомовних дослідників. Для ознайомлення з міжнародним досвідом організації захисту кораблів і суден від корозії пропонується огляд деяких іноземних наукових публікацій з цієї теми.

Нині багато як вітчизняних, так і зарубіжних авторів зосереджують увагу на темі захисту кораблів, суден та інших морських інженерних споруд від корозії.

Виклад основного матеріалу. Однією з останніх таких публікацій є стаття «Оцінка експлуатаційних характеристик металу корпусу судна в морській воді» (Performance assessment of ship hull metal in seawater media), опублікована у Journal of Engineering Research and Reports у серпні 2020 р. вченими Федерального університету нафтових ресурсів Нігерії (Federal University of Petroleum Resources). Ключовою метою дослідження є визначення впливу корозії на характеристики матеріалів, що застосовуються для експлуатації в морській воді, а саме сталі та алюмінію. Результати експерименту показали вищу швидкість корозії зразка сталі без покриття. Прилад для визначення твердості МІТЕСН 320 продемонстрував, що зразок із м'якої сталі без покриття мав середнє значення твердості за Брінеллем 112 до занурення та 105 — після занурення у морську воду. Водночас міцність на розтяг непокритого зразка сталі знизилася з 414 до 403. Для непокритого зразка алюмінію середнє значення твердості зменшилось із 163 до 152, а міцність на розтяг — із 776 до 744 після занурення. Таким чином, автори довели, що алюміній є більш стійким до корозійного впливу [1].

Проблему корозії у морському середовищі розглянуто і в статті «Надійність системи при корозії набору корпусу судна» (System reliability of corroded ship hull girders). Основна увага зосереджується на оцінці надійності, яка є ключовим завданням при плануванні технічного обслуговування суден, що піддаються корозії. Зазвичай вважається, що надійність судна визначається пластичним руйнуванням секції одного відсіку в центральній частині корпусу. Однак цей підхід може занижувати ймовірність відмови, адже існує кілька відсіків, які зазнають високих згинальних моментів, і вихід з ладу будь-якої секції може призвести до втрати всього судна. У роботі використано вдосконалений метод надійності першого порядку (МНПП), розроблений для оцінки надійності судових систем. Методика апробована на двокорпусному балочному танкері, підданому корозії. Параметричний аналіз показав, що просторові залежності між пошкодженими ділянками значно впливають на ймовірність руйнування і що недооцінка цієї ймовірності може мати серйозні наслідки [2].

Девід Чичі (David Chichi) та Йордан Гарбатов (Yordan Garbatov) у статті «Аналіз модернізації конструкції корпусу танкера, пошкодженого корозією» (Retrofitting analysis of tanker ship hull structure subjected to corrosion) вивчають ефективність відновлення конструктивних можливостей двокорпусного нафтоналивного танкера з урахуванням ризику відмови та витрат на модернізацію корпусу. Використовуючи симулятор на основі методу Монте-Карло, автори змоделювали нерівномірність корозійної деградації та проаналізували 12 сценаріїв. Для порівняння різних варіантів (від заміни пластини до посилення ребрами жорсткості та фланцевими елементами) застосували метод надійності першого порядку й провели оцінку витрат та ризиків. Результати показали, які рішення є найефективнішими з точки зору надійності й економічної доцільності [3].

У статті «Використання інформаційних технологій при оцінці корозійних пошкоджень корпусу судна» (The use of information technology in the assessment of the corrosion damage on ship hull) наголошується, що термін служби сучасних морських суден становить 20–25 років, протягом яких необхідно забезпечувати їхню безперебійну роботу. Оскільки корозія є одним із ключових чинників деградації корпусу, у статті розглянуто сучасні комп'ютерні засоби та вимірювальне обладнання, що використовуються для моніторингу стану корпусу та прогнозування корозійних пошкоджень [4].

Фернандо Б. Майнер (Fernando B. Mainier) і Вітор Перассоллі (Vitor Perassolli) у статті «Корозія корпусу судна через несправність та відсутність технічного обслуговування системи катодного захисту імпульсним струмом» (Ship hull corrosion caused by default and lack of maintenance on the impressed current cathodic protection) описують випадок корозії корпусу після виходу з ладу системи катодного захисту на шість місяців. Для відновлення було проведено ремонтні роботи: очищення корпусу водою під тиском, зварювання, фарбування та встановлення цинкових анодів [5].

Ф. Дарчівіо (F. Darchivio), А. Кассанеллі (A. Cassanelli) та С. Сімісон (S. Simison) у статті «Катодний захист корпусів суден гальванічними анодами: проектна оцінка» (Cathodic protection of ship hulls by galvanic anodes: design evaluation) підкреслюють важливість моделювання та оптимізації електрохімії розподілу струму для підвищення ефективності катодного захисту. Дослідження показало, що регулярний аналіз витрат і ефективності анодів може дослідження термоелектричного генератора як джерела імпульсного струму катодного захисту корпусу значно знизити витрати на ремонт і збільшити строк служби корпусу [6].

Дослідники з Індонезії Аді Курніаван (Adi Kurniawan), Сутопо Пурвно Фітрі (Sutopo Purwono Fitri) та Мухаммад Рахман (Muhammad Rahman) у роботі «Експериментальне судна» (Experimental Study of Thermoelectric Generator as Electrical Source of Impressed Current Cathodic Protection for Ship Hull) створили прототип термоелектричного генератора, який використовує відпрацьовані гази головного двигуна для живлення системи катодного захисту. Результати показали, що такий підхід дозволяє знизити швидкість корозії без додаткових витрат палива [7].

У статті «Огляд морського захисту від корозії з акцентом на катодний захист і покриття» (An overview of marine corrosion protection with a focus on cathodic protection and coatings) стверджується, що найбільш ефективним методом запобігання корозії є поєднання катодного захисту з лакофарбовими покриттями, що забезпечує довготривалу ефективність [8].

Нарешті, одна з найбільш ґрунтовних робіт у цій сфері — стаття МаріNELI Панайотової (Marinela Panayotova), Йордана Гарбатов (Yordan Garbatov) та Карлоса Соареса (Carlos Soares) «Корозія сталей у морському середовищі, моніторинг та стандарти» (Corrosion of steels in marine environment, monitoring and standards). У ній детально проаналізовано фактори розвитку корозії конструкційних сталей у морській воді, описано різні форми корозії, вплив складу сталі, а також експлуатаційні чинники, що впливають на баластні системи, танкери й трюми. Автори також розглянули методи моніторингу, випробувань і прогнозування корозійних процесів, а також заходи з їхнього запобігання та контролю [9].

Таким чином, зарубіжні вчені приділяють значну увагу не лише захисту корпусів кораблів і суден від корозії, але й питанням їхнього відновлення, підвищенню міцності та надійності після усунення пошкоджень. Широко висвітлюються аспекти моніторингу стану корпусу під час експлуатації, зокрема із застосуванням інформаційних технологій та автоматизованих комплексів. В умовах зростання потреб флоту в ефективних системах контролю антикорозійного захисту ця інформація є особливо актуальною.

Висновки. Сучасні іноземні дослідження підтверджують, що проблема корозії корпусів суден є глобальною та потребує комплексного підходу. Основна увага приділяється катодному захисту, захисним покриттям, поєднанню цих методів, а також

новітнім рішенням — таким як використання термоелектричних генераторів та інформаційних технологій для моніторингу стану корпусу судна. Доведено, що алюміній стійкіший до корозії, ніж сталь, а ефективність захисту залежить від своєчасного технічного обслуговування.

Зарубіжні автори акцентують не лише на попередженні корозії, але й на відновленні міцності та продовженні ресурсу використання корпусів суден.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Udoso N.E., Awwal S.I. Performance assessment of ship hull metal in seawater media // *Journal of Engineering Research and Reports*. 2020. № 15. P. 50–56.
2. Gong Ch., Frangopol D. System reliability of corroded ship hull girders // *Structure and Infrastructure Engineering*. 2019. № 16. P. 1–9.
3. Chichi D., Garbatov Y. Retrofitting analysis of tanker ship hull structure subjected to corrosion // *Brodogradnja: Teorija i praksabrodogradnje i pomorsketechnike*. 2019. № 70. P. 87–109.
4. Ivocevic S., Bauk S. The use of information technology in the assessment of the corrosion damage on ship hull. 23rd International Scientific-Professional Conference on Information Technology (IT). February 2018.
5. Mainier F.B., Perassolli V. Ship hull corrosion caused by default and lack of maintenance on the impressed current cathodic protection. *IOSR Journal of Engineering*. 2014. № 04. P. 34–39.
6. Darchivio F., Cassanelli A., Simison S. Cathodic protection of ship hulls by galvanic anodes: design evaluation // *Nace International. Corrosion 2209: Conference and Expo*. January 2009. P. 1–7.
7. Kurniawan A., Fitri S.P., Rahman M. Experimental Study of Thermoelectric Generator as Electrical Source of Impressed Current Cathodic Protection for Ship Hull. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*. 2017. № 1 (3). P. 143–148.
8. Tezdogan T., Demirel Y.K. An overview of marine corrosion protection with a focus on cathodic protection and coatings. *Brodogradnja: Teorija i praksabrodogradnje i pomorsketechnike*. 2014. № 65. P. 49–59.
9. Panayotova M., Garbatov Y., Soares C.G. Corrosion of steels in marine environment, monitoring and standards. — *Safety and Reliability of Industrial Products, systems and Structures*. — Taylor and Francis Group, London, 2010. P. 369–413.