

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ НА ПРОЕКТНИЙ ІНДЕКС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУДЕН

*Безбах О. М., Безуглова І. В., Кириченко К. В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Сучасні виклики, пов'язані зі станом довкілля, складним та заплутаним законодавством, а також нестабільними цінами на паливе, змушують судноплавну галузь у сучасних умовах шукати шляхи скорочення витрат та покращення екологічних показників. Зменшення споживання палива усіма суднами стає ключовим фактором у цьому прагненні. З точки зору міжнародного права та економічної доцільності, судноплавна галузь має вживати заходів для суттєвої економії енергії та максимально раціонального використання судового палива. Наразі існує ряд ефективних практик та технологічних рішень, які сприяють енергоефективній експлуатації суден.

Проте, вибір оптимальної стратегії та постійний моніторинг її дотримання під час рейсів залишаються складними завданнями для судноводіїв. Навіть за умови ретельної підготовки та вибору оптимального маршруту, реальна економія палива може суттєво відрізнятись від прогнозованої через мінливі погодні умови, стан моря та інші непередбачувані фактори. Отже, сучасна судноплавна галузь потребує нових підходів до оптимізації енергоспоживання та економії палива. Поєднання кращих практик, інноваційних технологій та ефективного моніторингу може допомогти здолати виклики, пов'язані зі змінними умовами експлуатації, та досягти значних покращень у сфері енергоефективності.

Для комплексної оцінки заходів у сфері енергоефективності у сучасних умовах застосовується EEDI (Energy Efficiency Design Index). Саме цей показник використовується як проектний (оціночний) індекс енергоефективності суден. Він ґрунтується на складній формулі, яка враховує викиди CO₂, місткість та швидкість судна тощо. Чим нижчий EEDI судна, тим більш енергоефективним воно є і тим менший його негативний вплив на довкілля. Правила Міжнародної морської організації (ІМО) передбачають, що судна повинні відповідати мінімальним вимогам до енергоефективності, тому їх EEDI не повинні перевищувати заданий поріг [1]. Ці вимоги поступово посилюються з часом, щоб стимулювати розробку та впровадження більш екологічно нейтральних технологій у сучасному суднопластві.

Наприклад, розрахований на стадії проектування судна, EEDI застосовується для оцінки енергоефективності судна на ранніх стадіях його розробки. Це дозволяє суднобудівникам та власникам суден вносити необхідні зміни в конструкцію, щоб зменшити EEDI судна вже на стадіях проектування. Врахування викидів CO₂ у EEDI ґрунтується на відповідних розрахунках для судна упродовж його експлуатаційного періоду. Це робить EEDI більш комплексним показником енергоефективності, ніж просто статистичні дані щодо споживання палива. ІМО використовує EEDI як базове підґрунтя власних Правил енергоефективності суден. Згідно з вимогами ІМО судна, які не відповідають цим правилам, не допускаються до експлуатування. Саме тому EEDI стимулює розробку та впровадження нових технологій, які можуть зменшити споживання палива та викиди CO₂ суден. EEDI є важливим інструментом для зниження негативного впливу інтенсифікованого суднопластва на довкілля, покращуючи енергоефективність суден та зменшуючи викиди CO₂, що сприяє збереженню водного середовища [1].

Актуальність дослідження. Оптимальна експлуатація судового авторульового чинить безпосередній вплив на досягнення прийнятного проектного (оціночного) індексу енергоефективності судна (EEDI). Отже, дослідження запропоноване авторами даних тез,

є актуальним. Відомо, що рухи стерна судна створюють додатковий опір корпусу і збільшують його загальний опір. Зменшення частоти застосування стерна і величин кута його відхилення від діаметральної площини для утримання заданого курсу чинить безпосередній вплив на економію палива.

Авторульбовий судна є сучасним автоматизованим засобом судноводіння, зменшуючи дистанцію плавання в результаті зменшення рухів стерна і, таким чином, зниження опору судна, а також зменшуючи витрати енергії для підтримання заданого курсу. Типові авторульбові застосовують прості співвідношення між кутом повороту стерна і швидкістю зміни курсу. Вони оптимальні для суден з більш класичними формами корпусу і невеликими кутами повороту. Однак, якщо судно піддається значній динаміці, спричиненій впливом вітру, хвиль і течії, можуть знадобитися великі кути повороту стерна [2].

Крім того, зміни осадки, швидкості і глибини під кілем можуть змінити співвідношення між кутом відхилення стерна та швидкістю повороту судна. Адаптивні системи авторульбових мають різні особливості, такі як висока точність бажаного маршруту, дії стерна за короткий час з меншими кутами, зменшення ризику судна навіть при сильних хвилях і вітрах тощо. Хоча для адаптивних систем авторульбових ці впливи менш критичні через їх власні здатності автоматично підлаштовуватися під погодні умови і завантаження суден [2]. У цілому, ефективна експлуатація будь-якого сучасного суднового авторульбового шляхом регулювання відхилення стерна для компенсації впливу вітрів, хвиль, течій, змін власної швидкості, диференту, осадки, глибин під кілем тощо, має значний вплив на економію палива судном, отже й на прийнятне значення EEDI.

Результати дослідження. Коли судну необхідно триматися одного курсу упродовж тривалого часу, вахтовому матросу буває важко зосередитися і тримати один курс так довго, як необхідно. Така сучасна автоматизована система управління рухом судна, як авторульбовий, виконує роботу стернового, безперервно підтримуючи зворотній зв'язок із зовнішнім вказівником курсу, наприклад гірокомпасом, і керуючи стерновим механізмом таким чином, щоб судно тримало курс, заданий вахтовим офіцером (OOW). Така сучасна автоматизована система управління рухом судна не тільки звільняє вахтового від обов'язків керування, але й є більш ефективною.

Як тільки судно відхиляється від заданого курсу, негайно вживаються коригувальні дії з використанням досить точної необхідної кількості перекладок стерна, щоб повернути судно на заданий курс. Це досягається шляхом порівняння курсу, встановленого OOW, з курсом гірокомпасним судна, будь-яка різниця між ними призведе до помилки, і на стерно транслюються коригувальні впливи. Такі сучасні автоматизовані системи управління рухом судна, як авторульбові, є найбільш складними системами у сучасній судновій автоматичності, до надійності яких висувають підвищені вимоги, тому що від їх якості, надійності та ефективності експлуатації у значній мірі залежить глобальна безпека судноплавства, захист навколишнього середовища, а також техніко-економічні показники експлуатації суден.

Такі сучасні автоматизовані системи управління рухом судна, як авторульбові, вирішують наступні завдання: стабілізації, тобто автоматичного утримання суден на заданих курсах; а також маневрування, тобто досить точних та швидких реалізацій відповідних керуючих впливів, що отримані. Отже, сучасні авторульбові можуть працювати в наступних режимах керування стерном судна: режимі, що стежить (FOLLOW UP), та режимі, що не стежить (NON-FOLLOW UP), а також мати ряд специфічних режимів, передбачених виробником, наприклад DODGE [3–4].

Підтримка безперервної роботи авторульбового упродовж усього часу експлуатації судна залежить від надійності роботи усіх складових цієї автоматизованої системи управління рухом судна. Саме тому сучасні виробники авторульбових обирають такі уніфіковані складові, а також коригувальні пристрої, що не ведуть до надмірного

ускладнення такої автоматизованої системи управління рухом судна у цілому, тим більше зниження її надійності. Не менш важливими є також практичні втілення й ряду інших технічних вимог, наприклад обмеження числа перекладань стерна для стабілізації судна на курсі, що досягається повністю інтелектуальним поєднанням пропорційного, інтегрального і похідного (PID) керування у контролері сучасного авторульового, наприклад NAVITRON NT991G MK2 [3–4].

Автори тез вважають, що один з важливих параметрів контролю зміни курсу судном – це швидкість розвороту (ROT), що у випадку авторульового NAVITRON NT991G MK2 позначена як TURN RATE. Це доволі ефективне налаштування переважної більшості сучасних суднових авторульових, що не дає ним змоги занадто розігнати судна. Але, ООВ так само має перевірити, щоб швидкість розвороту судна не була й занадто низькою. Автори тез рекомендують застосовувати графік наведений у [4], за яким можна перевірити мінімальну швидкість розвороту судна, нижче якої не рекомендовано вахтовому офіцеру встановлювати значення ROT, що чинить вплив на зміну його курсу. Наприклад, для багатоцільового суховантажу довжиною між перпендикулярами 166 м та швидкістю 15 вузлів, отримане значення ROT 7° / хвилину, згідно такого графіку. Таке, на перший погляд, не дуже велике значення мінімальної швидкості розвороту такого судна, має бути ефективним навіть при простій зміні курсу на 10° , не кажучи вже про розходження суден.

Елемент керування RUDER авторульового NAVITRON NT991G MK2 визначає кут стерна судна, який має бути застосований відносно або пропорційним чином до помилки курсу (градусів відхилення від курсу). Даний регулятор має градацію від 1 до 5, а заводське калібрування регулятора стерна даного авторульового за замовчуванням (таблиця налаштувань) забезпечує від $0,5^\circ$ до $1,5^\circ$ відхилення стерна на кожен градус відхилення від курсу заданого [5]. Елемент керування RUDER авторульового застосовується головним чином для запобігання виникненням при експлуатації даного авторульового недостатньої та надмірної керованості судна. Необхідно зазначити наступну практичну рекомендацію налаштування параметру RUDER суднового авторульового: для переходу судна у баласті має бути передбачено мінімальне значення параметру RUDER, якщо осадка судна максимальна – передбачається максимальне значення параметру RUDER.

Висновки. Досягнення прийняттого проектного (оціночного) індексу енергоефективності судна (EEDI) повністю залежить від підтримки безперервної роботи авторульового упродовж усього часу експлуатації судна, тобто залежить від надійності роботи усіх складових цієї автоматизованої системи управління рухом судна. Саме тому сучасні виробники авторульових обирають такі уніфіковані складові, а також коригувальні пристрої, що не ведуть до надмірного ускладнення такої автоматизованої системи управління рухом судна у цілому, тим більше зниження її надійності. Не менш важливими є також практичні втілення й ряду інших технічних вимог, наприклад обмеження числа перекладань стерна для стабілізації судна на курсі, що досягається повністю інтелектуальним поєднанням пропорційного, інтегрального і похідного (PID) керування у контролері сучасного авторульового, наприклад NAVITRON NT991G MK2.

Автори даних тез вважають, що швидкість розвороту (ROT) судна – це доволі ефективне налаштування переважної більшості сучасних суднових авторульових, що не дає ним змоги занадто розігнати судна. Але, будь-який вахтовий офіцер так само має перевірити, щоб швидкість розвороту судна не була й занадто низькою. Наприклад, для багатоцільового суховантажу довжиною між перпендикулярами 166 м та швидкістю 15 вузлів, отримане значення ROT 7° / хвилину. Таке, на перший погляд, не дуже велике значення мінімальної швидкості розвороту такого судна, має бути ефективним навіть при простій зміні курсу на 10° , не кажучи вже про розходження суден, отже також сприяє досягненню прийняттого проектного (оціночного) індексу енергоефективності судна (EEDI).

Елемент керування RUDER авторульового застосовується головним чином для запобігання виникненням при експлуатації даного авторульового недостатньої та надмірної керованості судна, що також чинить безпосередній вплив на досягнення прийняттого проектного (оціночного) індексу енергоефективності судна (EEDI). Необхідно зазначити наступну практичну рекомендацію налаштування параметру RUDER суднового авторульового: для переходу судна у баласті має бути передбачено мінімальне значення параметру RUDER, якщо осадка судна максимальна – передбачається максимальне значення параметру RUDER. Як висновок даних тез, автори також зазначають, що оптимізація налаштувань суднового авторульового дозволяє на 0,5–3 % знизити споживання палива, а отже мінімізує індекс енергоефективності судна (EEDI).

ЛІТЕРАТУРА

1. Безбах О. М., Аппазов Е. С. Сучасні системи ходового містка та інформаційна підтримка як засіб управління для зменшення часу на прийняття рішень судноводієм. Прикладні питання математичного моделювання. Т. 2. № 1. Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2019. С. 66–75.
2. Безбах О. М. Перспективи впровадження інноваційних підходів концепції E-NAVIGATION у інтегрованому містку сучасного судна. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції (PSDMI-2021), 3–5 листопада 2021. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. С. 168–171.
3. Çetina, O.; Soguta, M. A New Strategic Approach of Energy Management Onboard Ships Supported by Exergy and Economic Criteria: A Case Study of a Cargo Ship. *Ocean Eng.* 2021, 219, 108–137.
4. Gilbert, P.; Bows, A.; Starkey, R. Shipping and Climate Change: Scope for Unilateral Action. The University of Manchester, Sustainable Consumption Institute: Manchester, UK, 2010.
5. Smith, T.; Raucchi, C.; Hosseinloo, S. H.; Rojon, I.; Calleya, J.; Fuente, S. S. D. L.; Wu, P.; Palmer, K. CO₂ Emissions from International Shipping. UMAS: London, UK, 2016.