

10.31653/smf46.2023. 33-41

Голіков В.А., Данілов К.С., Сінюта К.О.

Національний університет Одеська морська академія

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОНТЕЙНЕРОВОЗА КЛАСУ DNV-GL (13800 TEU)

Постановка проблеми в загальному вигляді. За даними інформаційно-розважального журналу «Морський» [1] світовий парк контейнерів у 2021 році збільшився на 7,2 млн. TEU (14%), тобто до 50,5 млн. TEU. Разом з тим, зростання попиту на контейнерні перевезення водним транспортом характеризується різким зниженням продуктивності та сповільненням обертання контейнерів. Як наслідок, строк обертання контейнерів у 2021 році в середньому збільшився на 30% з причин затримання суден у порту, перебоїв на земних кордонах і роботі морських ліній.

Запит практики пов'язаний з підвищенням попиту (майже 100%) на навігаційну та експлуатаційну ефективність роботи контейнеровоза на найбільш напруженій міжконтинентальній міжнародній лінії «шовковий шлях» в різноманітному оперативному просторі (відкриті моря й океани; вузкості та замкнуті простори; тощо) з різноспрямованою схемою руху та маршрутизацією погоди.

Об'єктом дослідження став контейнеровоз для перевезення 13850 TEU (Пост-Пана-Макс).

Предметом дослідження – параметри руху судна: коефіцієнти корисної дії (ККД) та ефективності його роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженні [2] були проведені експерименти для оцінки продуктивності контейнеровозів в природних морських умовах. Зокрема, автори досліджували вплив хвиль і вітру на контейнеровози різних типів і розмірів. Результати показали, що деякі параметри, такі як мореплавність і стійкість, можуть значно варіюватися залежно від погодних умов.

У статті [3] автори досліджували вплив умов навантаження на продуктивність контейнеровозів. Були оцінені такі параметри, як швидкість, потужність та глибина занурення при різному розподілі вантажів на борту. Дослідження показало, що оптимальний розподіл вантажів може значно підвищити ефективність роботи контейнеровоза.

Стаття [4] присвячена дослідженню параметрів експлуатації контейнеровозів в екстремальних погодних умовах. Були проаналізовані такі параметри, як мореплавність, стійкість, опір води, тощо. Зокрема, дослідження показало, що правильний вибір швидкості та напрямку руху може підвищити ефективність роботи контейнеровоза в додаткових умовах.

У дослідженні [5] було проаналізовано вплив торсійних вібрацій на систему пропульсії контейнеровозів. Була проведена експериментальна перевірка наслідків вібрації на механічні компоненти, такі як гребні гвинти і двигуни. Результати показали, що навіть слабкі вібрації можуть викликати значні проблеми з пропульсією та витратою енергії.

У статті [6] автори досліджували процес планування маршруту суден. Вони використовували моделювання та симуляцію при визначенні найкращого маршруту для контейнеровозів різного розміру та типу. Результати показали, що коректне планування маршруту може значно підвищити ефективність роботи контейнеровоза.

У дослідженні [7] автори використовували методи оптимізації для визначення оптимального розкладу руху контейнеровозів у лінійних судноплавних мережах. Була проведена експериментальна перевірка ефективності різних стратегій розкладу. Результати показали, що оптимальний розклад може значно скоротити час перевезення вантажів та збільшити обсяг перевезень.

У статті [8] автори розглядають проблему енергоефективності контейнеровозів. Були розроблені різні методи оптимізації для визначення оптимальних планів маршруту з метою зменшення споживання палива. Результати показали, що певні методи можуть привести до значного зниження витрат на паливо та зменшення викидів в навколишнє середовище.

У статті [9] досліджувалося вплив корабельного водоохоронного водоохоронення та глибини занурення на ефективність роботи контейнеровозів. Були проведені експериментальні та теоретичні дослідження для визначення оптимальних значень занурення та трапеції корпусу для різних типів контейнеровозів. Результати показали, що правильний вибір цих параметрів може значно підвищити продуктивність та економічну ефективність контейнеровозів.

Аналіз цих наукових статей підтверджує, що оптимальне планування маршруту, оптимізація розкладу руху, енергоефективність та правильний вибір параметрів судна відіграють важливу роль у підвищенні ефективності роботи контейнеровозів на маршрутах. Ці дослідження надають цінну інформацію та рекомендації для розробки алгоритмів і стратегій та методик, які можуть бути використані у практиці судноплавства для поліпшення роботи контейнеровозів.

Мета дослідження – задоволення попиту населення у товарному споживанні шляхом розширення та удосконалення суднових транспортних мереж.

Робоча гіпотеза дослідження полягала у встановленні достовірності між експериментом, обробкою його даних, передачею даних та їх сприйнятті, що забезпечує відсутність похибок в процесі верифікації.

Постановка завдання. Головне завдання дослідження полягало у плануванні та здійсненні багатофакторного експерименту з використанням е-навігації та гідро-пропульсивного комплексу судна, результати роботи якого були відображенні у навігаційних та машинних журналах контейнеровоза «THALASSA HELLAS» на протязі 3-х місяців.

Допоміжні завдання дослідження представлені:

- програмою проведення експерименту;
- активним експериментом;
- обробкою результатів іспитів графічним, табличним та аналітичним способами;
- зрівнянням паспортних характеристик судна з експлуатаційними;
- визначенням експлуатаційних характеристик судна;
- встановленням показників ефективності роботи судна;
- перевірка остійності судна під впливом хвилювання.

По завершенні досліджень запланована розробка рекомендацій по ефективному та безпечному плаванню судна по лінії «шовкового шляху».

Виклад основного матеріалу. Рейсові дослідження виконувалися в зимовий період на протязі 5-ти місяців з листопада 2021 р. по березень 2022 р. в наступних умовах:

параметри зовнішнього середовища:

- сила вітру від 2-х до 8-ми балів;

- сила хвилювання: від 1-го до 6-ти балів;
 - напрямок хвилювань: від NNN до SSS;
 - хмарність: від 1 до 5 миль;
 - напрямок вітру: від NNN до SSS;
 - видимості: від 2-х до 10 миль;
 - течії: від 0,1 до 3,6 вузлів;
 - часові пояси: від 3-го до 8-го;
- параметри шляху:
- інтервал обсервації: 4-и години;
 - курс: дійсний, гіро, магнітний;
 - координати точок: широта, довгота;
- параметри судна «THALASSA HELLAS»:
- маневрування в порту (на тихій воді): при ході «ВПЕРЕД»; СМХ (частота обертів 27 хв-1, швидкість 6,99 вузлів); МХ (частота обертів 35 хв-1, швидкість 10,06 вузлів), СХ (частота обертів 48 хв-1, швидкість 14,63 вузлів), ПХ (частота обертів 60 хв-1, швидкість 17,79 вузлів);
 - експлуатаційні: (оберти 76,7 хв-1 при потужності головних двигунів 45262 кВт);
 - максимальні: (оберти 81,0 хв-1 при потужності двигунів у 53250 кВт);
 - обмежувальні: критичні оберти двигуна від 38 до 42 хв-1, швидкісна константа дорівнює 0,29 відн.один., граничний коефіцієнт ефективності при повному завантаженні складає 0,671 відн.один;
- габарити судна:
- довжина: максимальна 368,47 м, вздовж вантажної марки 355,07 м (по КВЛ),
 - ширина: по мідель-шпангоуту 51,0 м,
 - осадка: в грузу по літню вантажну марку 15,8 м, в баласті (ніс 5,2 м, корма 10 м),
 - висота судна: реєстрова 25,63 м, по мідель-шпангоуту 29,85 м.
- Всього за рейс здійснено 158 експериментів та 3792 виміри.

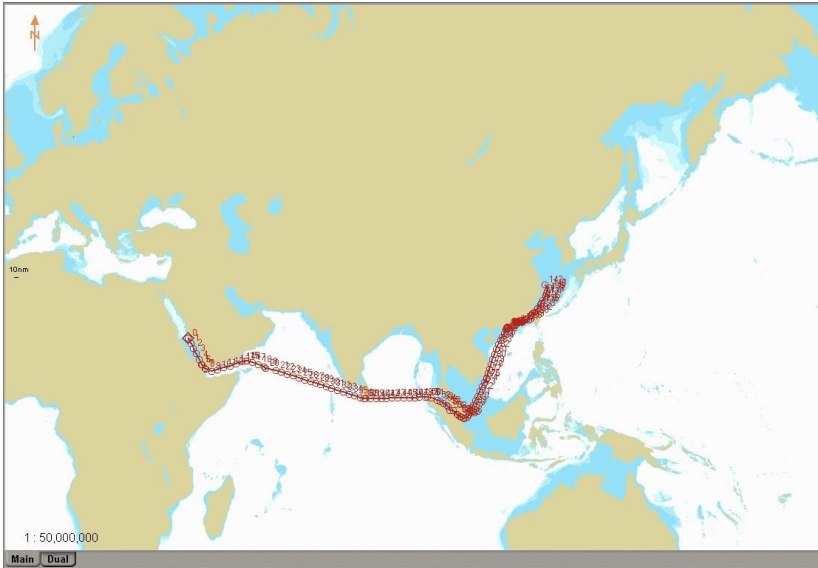


Рис. 1. Маршрут контейнеровозу "THALASSA HELLAS" по "шовковому шляху"

Аналіз результатів експериментальних даних та спостереження за станом судна. Зрівняння паспортних характеристик судна з експлуатаційними даними, проведені в ході дослідження, розкрили наступні результати. Експлуатаційна швидкісна константа судна була визначена на рівні 0,3 відн.один., що перевищує паспортне значення на 3,2%. Це свідчить про те, що судно досягає більшої швидкості, ніж передбачено в паспортних даних. Крім того, виявлено, що коефіцієнт вантажної ефективності коливався від 0,61 до 0,669, що відповідає варіації від 0,4% до 9%. Цей показник вказує на ефективність перевезення вантажу та його режим оптимального використання.

Дослідження також зосередилося на співвідношенні між обсервованою швидкістю судна та обертами його ГД. Встановлено, що це співвідношення коливалося в діапазоні від 0,75 до 0,99 з максимальним розкидом у 20%. Ці варіації можуть бути пов'язані з різними умовами експлуатації, включаючи навігаційну обстановку, швидкісні режими та завантаження судна. Аналіз таких факторів може допомогти визначити оптимальні умови експлуатації, що забезпечують ефективну роботу судна.

Під час спостережень за хитавицею судна було виявлено, що судно "заливає" в баласті незалежно від напрямку вітру та хвиль. Однак, при зустрічному хвилюванні з висотою хвилі понад 3 метри, було помічено невелику кільбову хитавицю. Ці спостереження можуть мати важливе значення для планування маршрутів судна та визначення оптимальних умов плавання з метою забезпечення безпеки та комфорту на борту.

В результаті верифікації паспортних характеристик судна була визначена його ефективність роботи. Середня географічна ефективність склала 65%, навігаційна - 67% , пропульсивна - 61%. Ці показники вказують на рівень ефективності різних аспектів роботи судна відповідно до його паспортних характеристик, стратегії прогнозу та планування (прокладки) маршруту, а також зовнішніх умов, і взагалі склала (0,2667), тобто 26,7%. Ці дані можуть бути використані для подальшого удосконалення технічних параметрів судна, розробки стратегій експлуатації та планування морських перевезень з метою досягнення оптимальної ефективності та безпеки [10].

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Результати проведеної верифікації показали, що ефективність роботи контейнеровоза залежить від різних факторів. Один з головних чинників, що впливає на ефективність, - це складність берегової лінії. Умови навколишнього середовища, такі як: наявність проток, річок або портових обмежень, можуть суттєво впливати на безпечний шлях судна та його час доставки вантажу. Крім того, рельєф дна, виражений у формі ізобат, також впливає на ефективність роботи контейнеровоза, оскільки може створювати перешкоди для плавання та збільшувати опорний опір, що призводить до збільшення витрат палива та зниження швидкості.

Важливим аспектом визначення оптимального маршруту є інтенсивна обсервація шляху судна з використанням електронної навігації (е-навігація). Технологічні розробки в цій галузі дозволяють забезпечувати точність контролю за маршрутом судна майже без похибок, в межах від 1% до 5%. Це значно полегшує процес планування та керування рухом судна, дозволяючи оперативно реагувати на зміни умов плавання та забезпечувати оптимальну траєкторію руху.

Гідропропульсивні характеристики контейнеровоза виявилися ключовими для забезпечення надійності та працездатності судна.

Використання гідродинамічних систем пропульсії дозволяє забезпечувати практично необмежену ефективність роботи судна, забезпечуючи необхідну тягу та маневреність при різних умовах плавання. Такі характеристики роблять контейнеровози ефективними та надійними засобами морського транспорту.

Досягнуті результати дослідження підкреслюють важливість подальшого розвитку та удосконалення методик проведення виробничих іспитів для різних типів суден. Розробка загальнодоступної методики дозволить проводити комплексну перевірку технічних характеристик суден за станом, що сприятиме вдосконаленню їх роботи та визначенню оптимальних режимів експлуатації. Такі дослідження є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності роботи суден та зменшення негативного впливу від його роботи на навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Морський» «Що відбувається коли контейнери губляться в морі», Випуск126 – Одеса, 2022. с. 24-27
2. Liu, S., Deng, Z., Zhou, Y., Zhang, J., Ma, Q., & Chen, S. (2018). Experimental Study of a Container Ship's Performance in Realistic Sea States. *Journal of Marine Science and Engineering*, 6(4), 129.
3. Sutulo, S., Shafik, M., & Khalil, A. (2019). Effect of Loading Condition on Container Ship Performance. *Journal of Navigation*, 72(5), 947-962.
4. Ahmad, M., Elkamel, A., & Ben-Mansour, R. (2019). Investigating Parameters of Container Ship Operation in Harsh Weather Conditions. *Journal Marine Engineering & Technology*, 18(4), 212-225.
5. Park, J., Lee, S., & Lim, J. (2017). A Study on the Effects of Torsional Vibration on Container Ship Propulsion System. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 18(11), 1453-1460.
6. Rinckenbaugh, J., Gao, S., Athalye, R., & Brown, M. (2018). Modeling and Simulation of the Ships Route Planning Process. *Journal of Navigation*, 71(2), 1-18.
7. Zhang, X., Guan, X., Li, X., & Liu, Y. (2019). Optimal Dynamic Scheduling of Container Ships in Liner Shipping Networks. *IEEE Access*, 7, 123110-123120.

8. Wu, J., Wong, K., & Cheu, R. (2017). Energy-Efficient Planning for Container Ships. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 106, 29-45.
9. Kim, S., Lee, C., & Choi, J. (2016). A Study on Optimal Trim and Draught Conditions for Container Ships. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4(3), 63.
10. Розвиток сучасної теорії і практики технічної експлуатації морського і річного флоту: концепції, методи, технології: монографія/ Буракос А.Ю., Волянська Я.Б., Волянський С.М. та ін.; за наук. ред. В.А. Голікова та О.А. Онищенко. – Миколаїв: Інїон, 2022. – 396 с.