

УДК 629.544:629.5.064

DOI 10.47049/2226-1893-2023-4-184-192

**ОСНОВНІ НАПРЯМКИ  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ  
КОНТЕЙНЕРНИМ СУДНОМ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**Є.В. Калініченко**

к.т.н., доцент завідувач кафедри навігації і керування судном

ORCID: 0000-0003-2898-7313

**П.В. Мущенко**

аспірант кафедри навігації і керування судном

ORCID: 0009-0004-0073-8117

*Одеський національний морський університет, м. Одеса, Україна*

**Анотація.** Сучасні умови експлуатації контейнерних суден, підвищують важливість контролю і управління ефективністю використання енергоресурсів контейнерним судном. При цьому питання ефективності використання енергоресурсів відіграє значущу роль у формуванні економічної стійкості та екологічної безпеки контейнерних перевезень. Стаття ретельно досліджує концепцію оптимізації використання енергоресурсів на контейнерних судах, що суттєво важливо для досягнення ефективності та збереження екологічної безпеки у морській транспортній індустрії. Стаття виокремлює ключові аспекти та стратегії, які можуть бути застосовані для оптимізації використання енергоресурсів на сучасних контейнерних судах. В статті надається глибокий розгляд різних аспектів оптимізації, починаючи від раціоналізації енергоспоживання і закінчуючи екологічними стратегіями, такими як використання відновлюваних джерел енергії та зменшення викидів. Автори виокремлюють інструменти та методи, які можуть бути застосовані для досягнення цих цілей, включаючи вибір ефективного обладнання, планування оптимальних маршрутів та впровадження систем моніторингу та управління енергоспоживанням. Стаття надає конкретні рекомендації для практичної реалізації концепції, враховуючи важливість вдосконалення робочих процесів, впровадження систем моніторингу та неперервної інтеграції інформаційних систем. Всі ці заходи спрямовані на підвищення енергоефективності контейнерних суден, зменшення впливу на навколишнє середовище та збільшення прибутковості морських перевезень. Стаття є важливим джерелом інформації для фахівців у галузі морської індустрії, дослідників, які працюють над енергоефективністю та збереженням природних ресурсів. Вона надає чіткий огляд стратегій оптимізації та конкретні рекомендації для практичного застосування, сприяючи розвитку більш стійкої та ефективної морської транспортної системи. Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації використання енергоресурсів в процесі експлуатації, що, у свою чергу, сприятиме збільшенню екологічної безпеки та економічної ефективності морських перевезень.

**Ключові слова:** енергоефективність, контейнерні судна, оптимізація ресурсів, морська індустрія, системи моніторингу, екологічна безпека, інтеграція інформаційних систем.

UDC 629.544:629.5.064

DOI 10.47049/2226-1893-2023-4-184-192

**MAIN DIRECTIONS OF INCREASING  
THE EFFICIENCY OF ENERGY RESOURCES  
USE BY CONTAINER VESSELS DURING OPERATION**

**Ye.V. Kalinichenko**

Candidate of Technical Science, Docent, Master Mariner,  
Head of Navigation and Control of the Ship Department

ORCID: 0000-0001-6589-4381

**P.V. Muschenko**

PhD-student of Navigation and Control of the Ship Department

ORCID: 0009-0004-0073-8117

*Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine*

**Abstract.** *Modern operating conditions of container ships heighten the significance of regulating and optimizing energy efficiency on board. Moreover, energy efficiency is a key factor in fostering economic sustainability and environmental safety in container transportation. The article comprehensively explores the optimization of energy resource use on container ships, a crucial aspect for enhancing efficiency and ensuring environmental safety in the maritime transport sector. The article outlines key strategies and aspects that can be employed to optimize energy utilization in modern container ships. The article offers a comprehensive analysis of optimization in different areas, including energy rationalization and environmental initiatives like renewable energy and emissions reduction. The authors elucidate the methods and approaches that can be employed to attain these objectives, such as choosing high-performing machinery, creating the most efficient routes, and deploying energy management and monitoring systems. The article offers concrete guidelines for the practical execution of the concept by emphasizing the significance of work process improvement, monitoring system implementation, and continual integration of information systems. By taking these actions, container ships can increase their energy efficiency, lower their environmental impact, and enhance their profitability. The article is a valuable resource for professionals and researchers in the maritime industry focused on achieving energy efficiency and natural resource conservation. It offers a concise overview of strategies for optimization and provides practical recommendations for implementation, ultimately contributing to the development of a more sustainable and efficient maritime transportation system. The study's outcomes can enhance the utilization of energy resources in operational processes, leading to environmental safety and improved economic efficiency in maritime transportation.*

**Keywords:** *energy efficiency, container ships, resource optimization, maritime industry, monitoring systems, environmental safety, information systems integration.*

**Вступ.** У сучасному глобально взаємопов'язаному світі, де спостерігається стрімкий технологічний прогрес, максимальне використання енергетичних ресурсів стало найважливішим компонентом у функціонуванні та експлуатації контейнерних суден. Питання ефективності використання енергоресурсів відіграє значущу роль у формуванні економічної стійкості та екологічної безпеки контейнерних перевезень.

Необхідність та значущість оптимізації використання енергоресурсів в умовах експлуатації контейнерного судна обумовлене тим, що інтенсивність енергоспоживання прямо впливає на економічну ефективність судноплавства та екологічний стан морського середовища. Судна з високою ефективністю енергоспоживання мають конкурентні переваги на ринку морських перевезень, а також сприяють збереженню природних ресурсів та зменшенню викидів шкідливих речовин.

**Мета дослідження** полягає у визначенні основних напрямків, стратегій та методів, які сприяють підвищенню ефективності використання енергоресурсів контейнерним судном в процесі експлуатації. Основний акцент буде зроблено на розгляді оптимізації робочих процесів, систем моніторингу та управління енергоспоживанням, а також на інтеграції інформаційних систем для надійного та ефективного управління енергоресурсами на судні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** вказує на важливість дослідження ефективності використання енергоресурсів контейнерним судном в процесі експлуатації [1].

У роботах [2] і [3] проведено аналіз енергетичних систем контейнеровозів і визначення основних компонентів, відповідальних за споживання енергії, такі як силові установки і виробництво електроенергії. Вони також підкреслюють значні втрати енергії через системи охолодження, випромінювання, тертя та вихлопні гази. Автори припускають, що рекуперація відпрацьованого тепла та зосередження уваги на зменшенні цих втрат може підвищити енергоефективність. У статті [4] підкреслюється важливість оптимізації судових операцій і вибору правильних практик для досягнення економії палива. Крім того, стаття [5] обговорює потенціал поліпшення гідродинамічних характеристик для мінімізації споживання палива, включаючи використання енергозберігаючих пристроїв і оптимізацію для непрацюючих умов.

Робота [6] пропонує методи покращення енергоменеджменту на борту контейнеровозів, включаючи зменшення швидкості та використання двигунів, що працюють на СПГ. Стаття [7] підкреслює важливість відповідної швидкості судна, співвідношення часу перебування в порту і часу плавання та використання вантажопідйомності для оцінки енергоефективності. Автори статті [8] зосереджуються на рішеннях, які можна впровадити на етапі експлуатації, таких як оптимізація швидкості судна, оптимізація маршрутів з урахуванням погодних умов, оптимізація дифферента судна та технічне обслуговування на основі стану корпусу і гвинтів. Робота [9] пропонує зменшити споживання енергії за рахунок автоматизації освітлення житлових і вантажних приміщень. Загалом, ці роботи свідчать про те, що підвищення енергоефективності в контейнерних перевезеннях вимагає

поєднання технологічних інновацій [10], експлуатаційних заходів та нормативно-правової бази.

Проведений аналіз вказує на важливість подальших досліджень в цій області, зокрема, щодо визначення основних напрямків підвищення ефективності використання енергоресурсів контейнерним судном в процесі експлуатації.

**Виклад основного матеріалу.** Оптимізація робочих процесів є важливим етапом у підвищенні ефективності використання енергоресурсів контейнерним судном. Вона включає в себе аналіз, планування та удосконалення процесів та дій, які забезпечують максимальну продуктивність з мінімальними витратами ресурсів.

Методи та техніки оптимізації можуть бути досить різноманітними і залежать від специфіки діяльності судна та його енергетичних потреб. Серед основних методів можна виділити:

1. Раціоналізація енергоспоживання, яка досягається за рахунок аналізу та оптимізації споживання енергії, включаючи вдосконалення робочих процесів і впровадження енергоефективних технологій.

2. Автоматизація процесів, для досягнення якої необхідне впровадження автоматизованих систем управління, які дозволяють контролювати та оптимізувати енергоспоживання в реальному часі.

3. Планування оптимальних маршрутів. В рамках якого здійснюється оптимальне планування маршрутів з врахуванням метеорологічних умов з метою зменшення витрат палива.

Впровадження оптимізації робочих процесів вимагає цілісного підходу та врахування всіх аспектів експлуатації судна, а саме:

1. Вивчення та аналіз поточних робочих процесів та енергоспоживання на судні.

2. Формування стратегій оптимізації на основі аналізу, інноваційних технологій та передового досвіду.

3. Реалізація розроблених стратегій та методів, моніторинг їх ефективності та корекція за потребою.

Успішна оптимізація робочих процесів приводить до зменшення витрат енергії, збільшення продуктивності роботи та підвищення екологічної безпеки. Це не тільки позитивно відзначається на економічній ефективності судноплавства, але й сприяє збереженню природних ресурсів та захисту навколишнього середовища.

У підсумку, оптимізація робочих процесів є одним із ключових елементів у системі управління енергоефективністю на контейнерних суднах, і її реалізація вимагає глибокого аналізу, планування та впровадження ефективних рішень.

Для досягнення вищої ефективності використання енергоресурсів контейнерним судном, важливо визначити та розробити стратегічні напрямки, які враховують технологічні, оперативні та екологічні аспекти.

Технологічні стратегії зосереджуються на впровадженні передових технологій та рішень для оптимізації використання енергії. Це може включати в себе:

1. Вибір та встановлення обладнання, яке використовує енергію ефективніше.

2. Розробка та імплементація систем, що дозволяють контролювати та оптимізувати енергоспоживання автоматично.

Оперативні стратегії включають у себе методи та практики, які оптимізують щоденні оперативні процеси:

1. Ефективне планування маршрутів та використання точних прогнозів погоди для мінімізації витрат палива.

2. Регулювання швидкості судна для збільшення паливної економії.

Екологічні стратегії зосереджуються на зменшенні впливу судноплавства на навколишнє середовище:

1. Експлуатація відновлюваних джерел енергії, таких як вітрова та сонячна енергія.

2. Впровадження технологій для зменшення викидів забруднюючих речовин.

Визначення стратегічних напрямків є першим кроком. Для їх успішної реалізації необхідно встановити чіткі цілі, розробити плани дій та впровадити системи моніторингу для відслідковування прогресу та ефективності введених змін. За допомогою виконання цих стратегічних напрямків, контейнерні судна можуть значно підвищити свою енергоефективність, зменшити вплив на довкілля та забезпечити більш стійке та прибуткове судноплавство.

Оптимізація експлуатації та управління критична для зниження споживання енергоресурсів та забезпечення ефективної роботи контейнерного судна. Це включає в себе аналіз, планування, реалізацію та оцінку експлуатаційних процесів з метою виявлення та впровадження можливостей для економії енергії.

Ретельний аналіз поточних експлуатаційних процесів та стратегічне планування необхідні для визначення важливих областей для оптимізації. Це може включати аналіз робочих процесів, використання обладнання та енергоспоживання. На основі отриманих даних, розробляються та впроваджуються специфічні заходи для оптимізації, які можуть включати зміни в режимах роботи обладнання, управління навантаженням та інші технічні та організаційні рішення.

Регулярний моніторинг та оцінка ефективності впроваджених змін дозволяють відстежувати прогрес та коригувати дії за необхідності. Ефективні системи моніторингу та оцінки дозволяють швидко виявляти та вирішувати проблеми, що виникають.

Ефективне управління ресурсами, включаючи людські, фінансові та матеріальні ресурси, є ключовим для забезпечення найвищого рівня ефективності в експлуатації та управлінні.

Використання цих принципів та методів дозволяє досягти оптимального рівня споживання енергоресурсів, зменшити витрати та підвищити екологічні стандарти експлуатації контейнерних судів.

Системи моніторингу та управління енергоспоживанням є важливими інструментами, які дозволяють оптимізувати споживання енергоресурсів контейнерним судном. Ці системи допомагають збирати, аналізувати, контролювати та оптимізувати дані про енергоспоживання в реальному часі.

Аналіз даних з систем моніторингу дає змогу виявляти аномалії, тренди та можливості для зменшення споживання енергії, що дозволяє приймати інформовані рішення та розробляти стратегії енергоефективності.

Системи управління дозволяють віддалено контролювати та регулювати робочі параметри обладнання та інших систем для оптимального споживання енергоресурсів. Вони також можуть автоматизувати ряд процесів, що зменшує ризик людської помилки та покращує загальну ефективність.

Розробка адаптивних стратегій на основі даних моніторингу дозволяє системі управління використанням енергії контейнерним судном реагувати на зміни умов експлуатації, що сприяє подальшому підвищенню енергоефективності.

Використання систем моніторингу підвищує прозорість споживання енергоресурсів та поліпшує звітність, що є ключовим для дотримання нормативних вимог та управління екологічними ризиками.

Використання цих систем є критичним для реалізації оптимізаційних стратегій та забезпечення ефективного та відповідального використання енергоресурсів в морській індустрії.

Інтеграція інформаційних систем, таких як «Smart Energy Efficiency Management», є важливим етапом у створенні умов для ефективного моніторингу та оптимізації використання енергії контейнерним судном.

Інтеграція дозволяє різним інформаційним системам ефективно взаємодіяти між собою, обмінюватися даними та взаємодіяти, що дозволяє отримувати більш комплексний погляд на різні аспекти експлуатації судна та його енергоспоживання.

Інтегровані системи забезпечують гнучкість та адаптивність, дозволяючи користувачам модифікувати систему відповідно до специфічних потреб та умов експлуатації. Така адаптивність є критичною для використання сучасних технологій управління енергоефективністю.

Інтеграція може допомогти розширити функціональність існуючих систем, додаючи нові можливості для аналізу, контролю та управління енергоспоживанням, які можуть бути налаштовані під конкретні завдання та цілі.

За допомогою інтегрованих систем можна автоматизувати багато процесів моніторингу та управління, що сприяє вищій точності та ефективності, а також дозволяє оптимізувати робочі процеси та використання ресурсів.

Інтеграція інформаційних систем є ключовою для створення ефективних та інноваційних рішень у сфері управління енергією на контейнерних судах, що дозволяє враховувати всі аспекти експлуатації судна для досягнення максимальної ефективності.

В ході проведеного детального аналізу, були сформульовані ключові стратегічні напрямки та методи для концепції оптимізації використання енергоресурсів. Визначені методи і стратегії відображені на Рисунку «Концептуальна схема комплексної системи підвищення ефективності використання енергоресурсів контейнерним судном в процесі експлуатації за рахунок інформаційної системи «Smart Energy Efficiency Management»

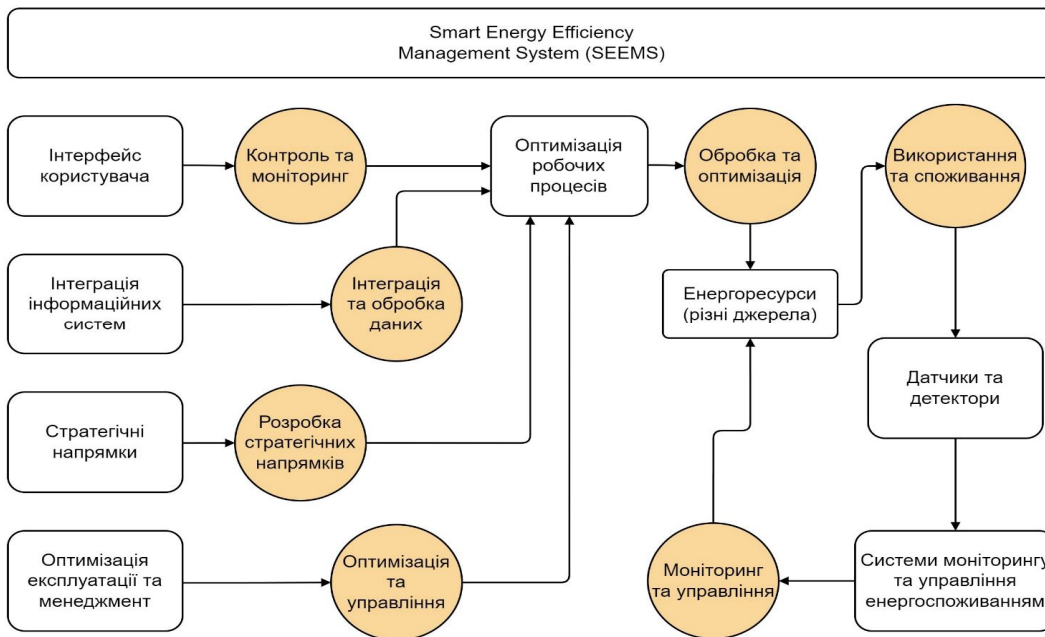


Рисунок. Концептуальна схема комплексної системи підвищення ефективності використання енергоресурсів контейнерним судном в процесі експлуатації за рахунок використання інформаційної системи «Smart Energy Efficiency Management»

**Висновки.** Основоположні положення концепції оптимізації використання енергоресурсів включають в себе наступне:

- Оптимізації робочих процесів та експлуатаційних параметрів для ефективного використання енергоресурсів є значущим фактором.
- Інтеграція інформаційних систем є важливим і необхідним кроком для забезпечення комплексного підходу до управління енергоефективністю судна.
- Технологічні, оперативні та екологічні аспекти обов'язково потрібно враховувати при розробці стратегічних напрямків оптимізації використання енергоресурсів.

На основі концептуальних положень оптимізації використання енергоресурсів, сформульовано наступні рекомендації для практичної реалізації:

- Необхідно реалізувати нові методи оптимізації з метою підвищення ефективності використання енергоресурсів.
- Впровадити системи моніторингу та управління енергоспоживанням для постійного контролю та адаптації експлуатаційних параметрів.
- Забезпечити неперервний процес інтеграції інформаційних систем з метою вдосконалення інструментарію управління енергоефективністю.

Реалізація цих рекомендацій дозволить контейнерному судну оптимізувати використання енергоресурсів в процесі експлуатації, що, у свою чергу, сприятиме збільшенню екологічної безпеки та економічної ефективності морських перевезень.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Park, J., Jung, J., & Seo, Y. (2023). Investigation of applying Technical Measures for Improving Energy Efficiency Design Index (EEDI) for KCS and KVLCC2. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 37(2), 58-67. <https://doi.org/10.26748/ksoe.2023.001>
2. Aijjou, A., Bahatti, L., & Raihani, A. (2020). Analysis of container ship energy systems. *International Journal of Energy Production and Management*, 5(2), 142-156. <https://doi.org/10.2495/eq-v5-n2-142-156>
3. Aijjou, A., Bahatti, L., & Raihani, A. (2019). Study on container ship energy consumption. *Ecology and the Environment*. <https://doi.org/10.2495/esus190031>
4. Improving energy efficiency of ships through optimisation of ship operations. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59209897>
5. Dr.-Ing., Hollenbach, U., Klug, H., & Mewis, F. (2007). Container Vessels – Potential for Improvements in Hydrodynamic Performance. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:199562936>
6. Ammar, N.R., & Seddiek, I.S. (2020). Enhancing energy efficiency for new generations of containerized shipping. *Ocean Engineering*, 215, 107887. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107887>
7. Schøyen, H., & Bråthen, S. (2015). Measuring and improving operational energy efficiency in short sea container shipping. *Research in Transportation Business & Management*, 17, 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.10.004>
8. Allal, A.A., Mansouri, K., Youssfi, M., & Qbadou, M. (2019). Ship operational measures implementation's impact on Energy-Saving and GHG emission. In *Advances in intelligent systems and computing*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-12065-8\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12065-8_28)
9. Dimitranov, D., & Belev, B. (2023). Reducing Ship's Energy Consumption through Accommodation and Cargo Spaces Lights Automation. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 434. <https://doi.org/10.3390/jmse11020434>
10. Lysyy, A., Kotenko, V. G., & Yakovtsev, S. (2018). Conceptual scheme for ensuring the energy efficiency principle in modern container fleet. *Eureka: Physics and Engineering*. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00749>

## REFERENCES

1. Park, J., Jung, J., & Seo, Y. (2023). Investigation of applying Technical Measures for Improving Energy Efficiency Design Index (EEDI) for KCS and KVLCC2. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 37(2), 58-67. <https://doi.org/10.26748/ksoe.2023.001>
2. Aijjou, A., Bahatti, L., & Raihani, A. (2020). Analysis of container ship energy systems. *International Journal of Energy Production and Management*, 5(2), 142-156. <https://doi.org/10.2495/eq-v5-n2-142-156>



3. Aijjou, A., Bahatti, L., & Raihani, A. (2019). Study on container ship energy consumption. *Ecology and the Environment*. <https://doi.org/10.2495/esus190031>
4. Improving energy efficiency of ships through optimisation of ship operations. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59209897>
5. Dr.-Ing., Hollenbach, U., Klug, H., & Mewis, F. (2007). Container Vessels – Potential for Improvements in Hydrodynamic Performance. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:199562936>
6. Ammar, N.R., & Seddiek, I.S. (2020). Enhancing energy efficiency for new generations of containerized shipping. *Ocean Engineering*, 215, 107887. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107887>
7. Schøyen, H., Bråthen, S. (2015). Measuring and improving operational energy efficiency in short sea container shipping. *Research in Transportation Business & Management*, 17, 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.10.004>
8. Allal, A.A., Mansouri, K., Youssfi, M., & Qbadou, M. (2019). Ship operational measures implementation's impact on Energy-Saving and GHG emission. In *Advances in intelligent systems and computing*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-12065-8\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12065-8_28)
9. Dimitranov, D., & Belev, B. (2023). Reducing Ship's Energy Consumption through Accommodation and Cargo Spaces Lights Automation. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 434. <https://doi.org/10.3390/jmse11020434>
10. Lysyy, A., Kotenko, V.G., & Yakovtsev, S. (2018). Conceptual scheme for ensuring the energy efficiency principle in modern container fleet. *Eureka: Physics and Engineering*. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00749>

*Стаття надійшла до редакції 20.03.2023*

**Посилання на статтю: Калініченко Є.В., Мущенко П.В.** Основні напрямки підвищення ефективності використання енергоресурсів контейнерним судном у процесі експлуатації // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2023. № 4 (71). С. 184-192. DOI 10.47049/2226-1893-2023-4-184-192.

*Article received 20.03.2023*

**Reference a journalartic: Kalinichenko Ye.V., Muschenko P.V.** Main directions of increasing the efficiency of energy resources use by container vessels during operation // Herald of the Odesa national maritime university: Coll. scient. works, 2023. № 4 (71). 184-192. DOI 10.47049/2226-1893-2023-4-184-192.