

271 РІЧКОВИЙ ТА МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.61.052.4:629.051

doi: 10.31498/2225-6733.48.2024.310704

© Калініченко Є.В.¹, Томчаковський Г.Г.², Оберто Сантана Л.Е.³,
Колеснік О.В.⁴, Саф'ян О.С.⁵**АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ МЕТОДУ ПОЄДНАННЯ
ЕЛЕКТРОННОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ НАВІГАЦІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ
СИСТЕМИ З РАДІОЛОКАЦІЙНОЮ СТАНЦІЄЮ СУДНА**

Статтю присвячено аналізу значення накладення радіолокаційного зображення на екран електронної картографічної навігаційно-інформаційної системи (ЕКНІС) для підвищення безпеки та ефективності судноводіння. На основі огляду наукових публікацій і фахової літератури розглядаються технічні аспекти реалізації функції накладення, її переваги та обмеження, а також вплив на процес ухвалення рішень судноводієм. Накладення радіолокаційної інформації на електронну навігаційну карту забезпечує інтеграцію планових і фактичних даних про навколишнє оточення, що сприяє підвищенню ситуаційної обізнаності судноводія. Поєднання систем дає змогу візуально зіставляти радіолокаційні цілі з картографічними об'єктами, уточнювати місце розташування судна, контролювати дрейф і орієнтацію, виявляти навігаційні небезпеки. Особливу цінність функція накладення має під час плавання в обмежених водах і в умовах обмеженої видимості. Водночас застосування технології накладення пов'язане з низкою технічних труднощів і обмежень, пов'язаних із забезпеченням точності суміщення, узгодженням форматів даних, синхронізацією оновлення інформації. Похибки в роботі систем позиціонування, курсовказання, помилки картографії можуть призводити до неузгодженості шарів зображення і невірної інтерпретації навігаційної ситуації. Критично важливе значення мають питання надійності обладнання, налаштування параметрів відображення, компетентності та підготовленості судноводіїв. Підкреслюється, що накладення радіолокаційного зображення на ЕКНІС є ефективним інструментом підвищення безпеки судноводіння, але не замінює традиційних навігаційних практик і не скасовує необхідності критичної оцінки даних. Надмірна залежність від технології, ігнорування її обмежень і нехтування принципами доброї морської практики можуть призводити до прийняття помилкових рішень і негативно позначатися на безпеці. Подальші перспективи розвитку технології можна пов'язати з удосконаленням алгоритмів обробки інформації, оптимізацією людино-машинної взаємодії, розвитком методів підготовки фахівців. Наголошується на необхідності комплексного підходу, що поєднує вдосконалення технічних систем і людського фактору для повної реалізації потенціалу функції накладення в забезпеченні безпеки судноводіння. Лише збалансоване використання технологічних інновацій та традиційних навігаційних практик може гарантувати надійність та ефективність сучасного судноводіння.

¹канд. техн. наук, доцент, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: 0000-0003-2898-7313, kalinichenko.yevgeniy1964@gmail.com

²аспірант, ст. викладач, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: 0000-0002-9799-4368, gtomchakovsky@gmail.com

³аспірант, асистент, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: 0009-0009-4407-3766, leonixoberto@gmail.com

⁴ст. викладач, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: 0009-0003-3713-2015, capt.vandalex@gmail.com

⁵ст. викладач, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: 0000-0001-8866-7456, oleg.sos52@gmail.com

Ключові слова: електронні карти, морські радары, накладення радіолокаційного зображення, електронна картографічна навігаційно-інформаційна система (ЕКНІС), безпека судноводіння, ситуаційна обізнаність, інтеграція навігаційних даних, синхронізація оновлення інформації, надійність навігаційного обладнання, підготовка судноводіїв, комплексний підхід, хороша морська практика.

Y.V. Kalinichenko, G.G. Tomchakovsky, L.E. Oberto Santana, O.V. Koliesnik, O.S. Safyan. Analysis of the peculiarities of the method of combining an electronic cartographic navigation information system with a ship's radar station. The article analyses the importance of radar image overlay on the screen of an electronic charting navigation information system (ECNIS) for improving safety and efficiency of navigation. Based on a review of scientific publications and professional literature, the article discusses the technical aspects of the overlay function, its advantages and limitations, and the impact on the decision-making process of a navigator. The overlay of radar information on an electronic navigation chart ensures the integration of planned and actual data on the environment, which contributes to the increase of situational awareness of the navigator. The combination of the systems makes it possible to visually compare radar targets with cartographic objects, clarify the vessel's location, control drift and orientation, and detect navigation hazards. The overlay function is especially valuable when sailing in confined waters and in conditions of limited visibility. At the same time, the use of overlay technology is associated with a number of technical difficulties and limitations related to ensuring the accuracy of overlap, harmonisation of data formats, and synchronisation of information updates. Errors in the operation of positioning systems, direction guidance, and cartography errors can lead to inconsistencies in image layers and incorrect interpretation of the navigation situation. The issues of equipment reliability, display parameters settings, competence and training of navigators are of critical importance. It is emphasised that radar image overlay on ECDIS is an effective tool for improving safety of navigation, but it does not replace traditional navigation practices and does not eliminate the need for critical evaluation of data. Over-reliance on technology, ignoring its limitations and disregard for the principles of good maritime practice can lead to erroneous decisions and have a negative impact on safety. Further prospects for the development of technology can be associated with the improvement of information processing algorithms, optimisation of human-machine interaction, and the development of training methods. The article emphasises the need for an integrated approach combining the improvement of technical systems and the human factor to fully realise the potential of the overlay function in ensuring safety of navigation. Only a balanced use of technological innovations and traditional navigational practices can guarantee the reliability and efficiency of modern navigation.

Key words: electronic charts, marine radar, radar image overlay, electronic charting navigation information system, navigation safety, situational awareness, navigation data integration, synchronisation of information updates, reliability of navigation equipment, training of navigators, integrated approach, good maritime practice.

Постановка проблеми. Безпека мореплавання завжди була і залишається головним пріоритетом у морській галузі. З розвитком технологій з'являються нові засоби і методи підвищення рівня безпеки судноводіння. Одним із таких засобів є електронна картографічна навігаційно-інформаційна система (ЕКНІС), яка в поєднанні з накладенням на неї радіолокаційного зображення надає судноводію потужний інструмент для ефективною та безпечною навігації. Незважаючи на очевидні переваги цієї технології для підвищення ситуаційної обізнаності судноводія, її практичне застосування пов'язане з низкою проблем і обмежень, які потребують детального вивчення. Однією з ключових проблем є забезпечення точності і надійності суміщення радіолокаційного зображення з електронною картою. Похибки в роботі систем позиціонування, а також помилки картографії можуть призводити до розбіжності відображуваних шарів і, як наслідок, до неправильної інтерпретації навігаційної ситуації. Особливо критичним це питання стає при плаванні в обмежених водах і вузькостях, де вимагається максимальна точність контролю місцеположення судна.

Іншим проблемним аспектом є вплив накладення радіолокаційного зображення на процес прийняття рішень судноводієм. З одного боку, поєднання планової і фактичної інформації на єдиному дисплеї сприяє більш швидкій і точній оцінці навігаційної обстановки. З іншого боку, надмірна довіра до технології і ігнорування її обмежень можуть призводити до зниження критичності сприйняття інформації і помилкових дій. Крім того, надлишок графічної інформації на об'єднаному дисплеї здатний викликати інформаційне перевантаження і розсіювання уваги судноводія. Нарешті, ефективне використання функції накладення радіолокаційного зображення на ЕКНІС вимагає високого рівня компетентності та підготовленості судноводіїв. Недостатнє розуміння принципів роботи системи, невміння правильно інтерпретувати дані і оперативно реагувати на їх зміни можуть зводити нанівець потенційні переваги технології і навіть становити загрозу безпеці.

Таким чином, незважаючи на безперечну користь накладення радіолокаційного зображення на екран ЕКНІС для підвищення ситуаційної обізнаності судноводія, практичне застосування цієї технології пов'язане з комплексом проблем технічного, ергономічного та кваліфікаційного характеру, які вимагають детального вивчення і розробки методів їх вирішення. Тільки комплексний підхід, що поєднує вдосконалення технічних засобів, оптимізацію людино-машинної взаємодії і розвиток методів підготовки судноводіїв, здатний забезпечити ефективно і безпечно використання функції накладення в реальних умовах судноводіння.

Метою даної роботи є всебічний аналіз функції накладення радіолокаційного зображення на екран електронної картографічної навігаційно-інформаційної системи (ЕКНІС) з точки зору її впливу на ситуаційну обізнаність судноводія і безпеку судноводіння. Дослідження спрямоване на виявлення переваг та обмежень цієї технології, а також на розкриття проблемних аспектів її практичного застосування, пов'язаних з технічними, ергономічними та кваліфікаційними факторами. На основі огляду наукових публікацій і професійної літератури здійснюється систематизація наявних знань про особливості реалізації функції накладення, її вплив на процес прийняття рішень судноводієм, а також про потенційні ризики і труднощі, що виникають при її використанні. Кінцевою метою роботи є формування цілісного розуміння значення даної технології для сучасного судноводіння і визначення напрямків її подальшого вдосконалення з урахуванням комплексного підходу, що поєднує розвиток технічних засобів, оптимізацію людино-машинної взаємодії і вдосконалення методів підготовки судноводіїв.

Виклад основного матеріалу.

Технічні аспекти накладення радіолокаційного зображення на ЕКНІС. Накладення радіолокаційного зображення на екран ЕКНІС являє собою поєднання електронної навігаційної карти (ЕНК) з радіолокаційною картинкою в реальному часі (рис. 1). Це досягається шляхом інтеграції ЕКНІС з радіолокаційною станцією (РЛС) судна [1].

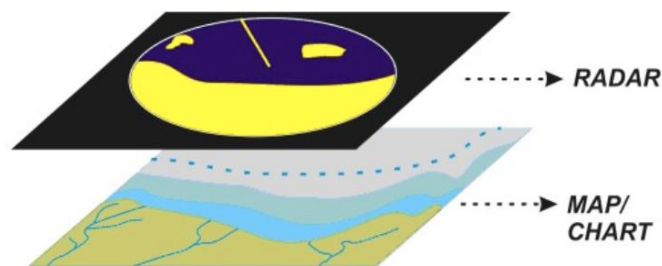


Рис. 1 – Принцип роботи техніки накладення радіолокаційного зображення [1]

Для коректного суміщення необхідно забезпечити точне узгодження систем координат, масштабів і орієнтації РЛС і ЕКНІС. ЕНК і радіолокаційне зображення мають бути приведені до єдиної системи координат, зазвичай Всесвітньої Геодезичної Системи 1984 року (WGS-84) [2]. Масштаб відображення має бути синхронізованим, а орієнтація обох систем – приведена до єдиного опорного напрямку, найчастіше курсу судна.

Технічна реалізація накладення може здійснюватися двома способами:

1. Інтеграція ЕКНІС і РЛС, коли радарне зображення передається на процесор ЕКНІС і поєднується з ЕНК програмними засобами самої ЕКНІС.

2. Накладення ЕНК на екран РЛС, коли картографічні дані передаються з ЕКНІС на екран радара.

При цьому необхідно враховувати різницю в принципах формування зображень двох систем. ЕНК являє собою векторну карту з пошаровою структурою (рис. 2), тоді як радіолокаційне зображення є растровим [3].

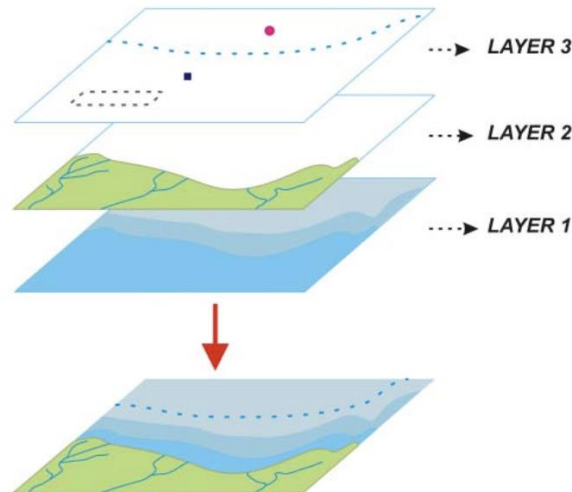


Рис. 2 – Принцип роботи техніки накладення географічної та додаткової інформації векторних навігаційних карт [1]

Важливим завданням є забезпечення розрізнення РЛ інформації на тлі ЕНК та оптимальне узгодження рівнів прозорості шарів [2].

Ще одним аспектом є частота оновлення зображень. Картографічні дані ЕКНІС є відносно статичними, в той час як радіолокаційна картинка повинна оновлюватися з високою періодичністю для відображення динаміки навколишнього оточення. При цьому оновлення накладених шарів має відбуватися синхронно, щоб уникнути неузгодженості [3].

Переваги використання накладення РЛ зображення на ЕКНІС. Головною перевагою поєднання РЛ зображення з ЕНК є надання судноводіві найповнішої та найактуальнішої інформації про навігаційну ситуацію на єдиному дисплеї. Це дає змогу оптимізувати процес оцінювання обстановки та ухвалення рішень, знижуючи ймовірність помилки та підвищуючи ситуаційну обізнаність [3, 4].

Наявність шару РЛ інформації на екрані ЕКНІС дає можливість:

- Візуально зіставляти радіолокаційні цілі з картографічними об'єктами, що спрощує їхнє розпізнавання та оцінку потенційної небезпеки.
- Уточнювати місце розташування судна за береговими орієнтирами, забезпечуючи незалежний контроль точності визначення координат за ГНСС (Глобальна Навігаційна Супутникова Система).
- Контролювати дрейф і кутову орієнтацію ЕНК щодо радіолокаційного зображення, що дає змогу своєчасно виявляти неузгодженість позиціонування.
- Виявляти об'єкти, відсутні або невірно відображені на ЕНК, зокрема динамічні (інші судна, навігаційні небезпеки).
- Контролювати навігаційні параметри руху судна (шляховий кут, швидкість, відстані до об'єктів) за допомогою електронних ліній і кілець дальності.

Використання функції накладення дає змогу зменшити інформаційне навантаження на судноводія, оскільки позбавляє необхідності подумки комбінувати дані, отримані від різних джерел [5]. Крім того, накладення дає можливість швидкого перемикання між відображенням РЛ інформації, ЕНК або комбінованим режимом залежно від поточної ситуації та завдань. Особливу цінність накладення РЛ зображення на ЕКНІС має у вузькостях і під час плавання в обмежених водах (рис. 3), коли потрібна підвищена точність контролю місця розташування судна відносно

навігаційних небезпек і засобів навігаційного обладнання [6, 7]. А при плаванні в умовах обмеженої видимості поєднане зображення є незамінним засобом забезпечення безпеки.

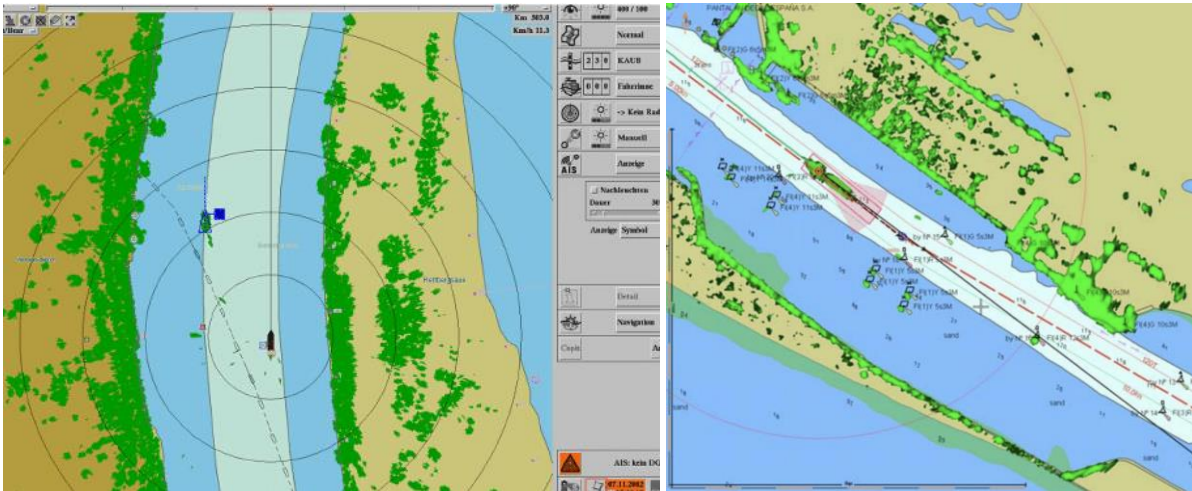


Рис. 3 – Використання функції накладення РЛ зображення на ЕКНІС у вузькостях, під час плавання в обмежених водах та при плаванні в умовах обмеженої видимості [11,13]

Обмеження та недоліки накладення РЛ зображення. Незважаючи на очевидні переваги, накладення радіолокаційної інформації на екран ЕКНІС має низку обмежень і недоліків, які необхідно враховувати під час його використання. Головна проблема полягає в можливій невідповідності РЛ зображення та електронної карти через похибки під час суміщення. Причинами розбіжностей можуть бути:

- Помилки або неточності картографічних даних ЕНК.
- Похибки позиціонування судна за даними ГНСС.
- Похибки в орієнтації ЕНК через помилки курсовказівки.
- Затримки в передачі та обробці даних між системами.

Неузгодженість між шарами суміщеного зображення (рис. 4) може призводити до невірної інтерпретації навігаційної ситуації і, як наслідок, помилкових дій судноводія [8]. Особливо критичним це може бути під час плавання в обмежених водах і вузькостях, коли потрібна максимальна точність контролю місця розташування.



Рис. 4 – Зміщення радіолокаційного зображення через помилки в обчисленні під час суміщення та помилку датчика курсу судна [2]

Іншою проблемою є можливе зниження помітності РЛ інформації на тлі ЕНК за неоптимальних налаштувань рівня прозорості шарів [9, 10]. Символіка і колірна палітра електронної карти може ускладнювати розпізнавання радіолокаційних цілей, особливо малорозмірних. Це може збільшувати ризик пропуску важливої інформації.

Крім того, надмірна кількість графічної інформації на об'єднаному дисплеї може призводити до інформаційного перевантаження судноводія і розсіювання уваги. Важливо забезпечити можливість гнучкого налаштування складу і ступеня деталізації відображуваних даних залежно від умов плавання.

Необхідно пам'ятати, що ЕНК і РЛ зображення мають різну природу і не завжди можуть безпосередньо зіставлятися. Радіолокаційна картинка представляє фактичну ситуацію, тоді як електронна карта є моделлю, яка може містити неточності та спрощення [2]. Розбіжність між ними не завжди свідчить про помилку.

І нарешті, важливим обмеженням є залежність точності суміщення від якості використовуваних датчиків і систем. Для мінімізації похибок необхідні високоточні засоби позиціонування, курсовказівки і точної гіроскопічної стабілізації антени РЛС [11]. Це ускладнює технічну реалізацію і підвищує вартість системи.

Вплив на процес прийняття рішень судноводієм. Накладення РЛ зображення на екран ЕКНІС істотно впливає на процес прийняття навігаційних рішень судноводієм. З одного боку, об'єднане відображення інформації сприяє швидшій і точнішій оцінці ситуації, з іншого – може призводити до деяких негативних ефектів.

Позитивні аспекти впливу:

- Поліпшене сприйняття навігаційної обстановки за рахунок поєднання планової та фактичної інформації.
- Підвищення ситуаційної обізнаності завдяки цілісному поданню даних на єдиному дисплеї.
- Можливість раннього виявлення розбіжностей між картографічним і радіолокаційним зображенням акваторії.
- Скорочення часу реакції на зміни навігаційної ситуації за рахунок зниження інформаційного навантаження.
- Полегшення контролю місця розташування судна щодо навігаційних орієнтирів і небезпек.

Водночас необхідно враховувати потенційні негативні ефекти:

- Можливість зниження критичності сприйняття інформації та надмірної довіри до системи.
- Ризик пропуску важливої інформації за рахунок зменшення помітності РЛ цілей на тлі навантаженого дисплея.
- Складнощі інтерпретації за наявності розбіжностей між РЛ зображенням і ЕНК через похибки суміщення.
- Небезпека інформаційного перевантаження внаслідок надмірності відображуваних даних.

Для мінімізації негативних ефектів ключове значення має правильне налаштування параметрів відображення інформації залежно від умов плавання і розв'язуваних завдань. Крім того, вкрай важливими є базові компетенції судноводія, його здатність критично аналізувати дані, що надходять від різних джерел і систем [12].

Застосування функції накладення не скасовує необхідності використання основних навігаційних принципів, таких як:

- Безперервний візуальний контроль навколишнього оточення.
- Регулярна перевірка достовірності даних шляхом порівняння показань різних незалежних систем.
- Врахування чинників, що впливають на точність використовуваних систем (обмеження ГНСС, похибки курсовказівки тощо).
- Готовність до відмов обладнання та використання альтернативних методів навігації.

Накладення РЛ інформації на ЕКНІС є інструментом підвищення ефективності та зручності роботи судноводія, але не замінює базових навігаційних навичок і здорового глузду [13]. Надмірна довіра до системи і нехтування принципами доброї морської практики неприпустимі.

Вплив на безпеку судноводіння. Застосування функції накладення радіолокаційного зображення на екран ЕКНІС потенційно сприяє підвищенню рівня безпеки судноплавства завдяки наданню судноводію найповнішої та найдостовірнішої інформації про навігаційну обстановку [13, 14].

Можливість комплексного оцінювання ситуації на базі зіставлення фактичних і картографічних даних знижує ймовірність помилок інтерпретації, пропуску важливої інформації, неправильної оцінки ризиків [13]. Це особливо критично в обмежених водах, під час розходження з іншими суднами, навігації в умовах обмеженої видимості [15].

Поєднання систем також сприяє реалізації принципу резервування, забезпечуючи незалежний контроль достовірності даних. Виявлення розбіжностей між РЛ-зображенням і ЕНК дає змогу своєчасно ідентифікувати проблеми з позиціонуванням, курсовказівкою або неточності картографічної інформації.

Водночас, для забезпечення позитивного впливу на безпеку ключове значення мають:

- Надійність і точність використовуваного обладнання (РЛС, ЕКНІС, системи позиціонування, гірокомпаси).
- Коректне налаштування параметрів відображення інформації для забезпечення її сприйнятливості та читабельності.
- Компетентність і підготовленість судноводіїв у частині використання комплексованих систем.
- Суворе дотримання правил і процедур щодо забезпечення безпеки судноводіння, контролю достовірності даних, врахування обмежень технічних систем.

Некоректне використання функції накладення, нехтування її обмеженнями або надмірна залежність від неї можуть, навпаки, негативно впливати на безпеку завдяки ухваленню неправильних рішень на основі недостовірної або неправильно інтерпретованої інформації.

Таким чином, накладання РЛ зображення на ЕКНІС є ефективним інструментом підвищення безпеки судноводіння, але тільки за умови його грамотного застосування, з урахуванням наявних обмежень і в поєднанні з традиційними навігаційними практиками.

Висновки

Накладення радіолокаційного зображення на екран ЕКНІС – важлива функція сучасних інтегрованих навігаційних систем, що забезпечує підвищення ситуаційної обізнаності судноводія і ефективніший контроль безпеки судноводіння. Поєднання в реальному часі планової картографічної інформації та фактичної радіолокаційної обстановки дає можливість комплексної оцінки навігаційних загроз і ризиків, раннього виявлення небезпечних ситуацій, перевірки достовірності даних.

Водночас застосування цієї технології пов'язане з низкою технічних складнощів і обмежень. Для ефективної роботи функції накладення потрібна висока точність і надійність використовуваного обладнання, коректність налаштування параметрів відображення, врахування особливостей і похибок суміщуваних систем. Ключову роль також відіграє компетентність судноводія, його здатність грамотно інтерпретувати інформацію, критично аналізувати дані та ухвалювати рішення з урахуванням можливих обмежень системи.

Надмірна довіра до технології накладення, ігнорування принципів доброї морської практики, візуального контролю і повторної перевірки даних альтернативними методами неприпустима і може негативно впливати на безпеку. Судноводій повинен розглядати накладення РЛ зображення на ЕКНІС як додатковий інструмент, що полегшує роботу, але не замінює базових навігаційних компетенцій і навичок.

Подальший розвиток технологій поєднання картографічної та радіолокаційної інформації пов'язаний з підвищенням точності та надійності систем позиціонування, курсовказання, орієнтації та стабілізації антени РЛС. Важливими напрямками також є вдосконалення алгоритмів і методів суміщення даних, оптимізація людино-машинного інтерфейсу, розробка більш досконалих методів і критеріїв оцінювання точності накладення.

Значна увага має приділятися питанням підготовки та перепідготовки судноводіїв, формуванню навичок ефективного використання комплексних систем відображення навігаційної інформації. Навчання повинно включати відпрацювання методів оцінки ситуації в умовах неузгодженості даних, вироблення критичного мислення, навичок резервування та використання

альтернативних технологій навігації. Тільки комплексний підхід, що поєднує вдосконалення технологій і людського фактора, може забезпечити максимальну ефективність і безпеку застосування функції накладення.

Таким чином, накладення радіолокаційного зображення на екран ЕКНІС є перспективною технологією підвищення безпеки судноплавства, що знаходить дедалі ширше застосування в сучасних інтегрованих навігаційних системах. Однак для реалізації її повного потенціалу потрібен подальший розвиток технічних засобів, удосконалення підходів до відображення інформації та підготовки фахівців. Врахування обмежень, критичний підхід до оцінки даних і дотримання правил доброї морської практики є обов'язковими умовами безпечного й ефективного використання цієї функції.

Перелік використаних джерел:

1. Sediono W., Dharmawan T. S., Lestari A. A. Method and implementation to overlay radar image on the electronic chart. *AAU Journal of Defense Science and Technology*. 2010. Vol. 1. № 2. Pp. 33-37.
2. Radar Overlay to Improve ECDIS Navigation. The Maritime Executive. URL: <https://maritime-executive.com/article/Radar-Overlay-to-Improve-ECDIS-Navigation-2014-09-12> (дата звернення: 03.04.2024).
3. The multi-layered art of navigation. Nautical Institute – Maritime Industry. URL: <https://www.nautinst.org/resources-page/the-multi-layered-art-of-navigation.html> (дата звернення: 30.03.2024).
4. Wingrove M. Using radar overlays to improve ECDIS navigation. URL: <https://www.rivieramm.com/opinion/opinion/using-radar-overlays-to-improve-ecdis-navigation-37429> (дата звернення: 02.04.2024).
5. Helmut H. Lanziner. Impact of radar integration with electronic charting. *International hydrographic review*. 2001. Vol. 2. No. 1. Pp. 54-68.
6. Zhang S., Liu X., Zhang N. Exploration of the fusion display of ECDIS and radar image information in high latitude sea area. *International conference on education technology and information system (ICETIS 2013)*. 2013. Pp. 53-57. DOI: <https://doi.org/10.2991/icetis-13.2013.13>.
7. ECDIS and the modern navigator. Shipowners. URL: <https://www.shipownersclub.com/latest-updates/news/ecdis-and-modern-navigator/> (дата звернення: 10.04.2024).
8. Recommendation on electronic chart display and information system for inland navigation (inland ECDIS). Resolution No. 48, Revision 4. URL: https://unece.org/sites/default/files/2022-12/ECE-TRANS-SC3-156-Rev4e_1.pdf (дата звернення: 15.02.2024).
9. Perceptual fusion of electronic chart and marine radar image / C. Zhang et al. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. Vol. 9. No. 11. Pp. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse9111245>.
10. Rolfe G. A. Radar image overlay on an ECDIS system – an overview. *Proceedings of Position, Location and Navigation Symposium – PLANS '96*, Atlanta, GA, USA, 22-25 April, 1996. Pp. 130-136. DOI: <https://doi.org/10.1109/PLANS.1996.509067>.
11. Weintrit A. Six in one or one in six variants. Electronic navigational charts for open sea, coastal, off-shore, harbour, sea-river and inland navigation. *TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2010. Vol. 4. № 2. Pp. 165-177.
12. Overreliance on ECDIS technology: A Challenge for Safe Navigation / Kristić M., Žuškin S., Brčić D., Car M. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2021. Vol. 15. № 2. Pp. 277-287. DOI: <https://doi.org/10.12716/1001.15.02.02>.
13. Legiec W. Position cross-checking on ECDIS in view of international regulations requirements and OCIMF recommendations. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2016. Vol. 10. № 1. Pp. 105-113. DOI: <https://doi.org/10.12716/1001.10.01.12>.
14. Wärtsilä Navi-Radar – Integrates to ECDIS. URL: <https://www.wartsila.com/ancs/integrated-vessel-control-systems/navigation/navi-radar> (дата звернення: 10.03.2024).
15. Weintrit A. Radar image overlay in ECDIS display versus electronic navigational chart overlay on radar screen. *Prace wydziału nawigacyjnego akademii morskiej w Gdyni*. 2008. No. 22. Pp. 122-136.

16. Alexander L. Harmonizing chart and navigation-related information on ECDIS. *Proceedings of U.S. Hydrographic Conference*, Norfolk, 21-24 May 2001. Pp. 1-13.
17. Томчаковський Г. Г., Оберто Сантана Л. Е., Мущенко П. В. Функція накладення радарного зображення на екрані ECDIS / . *Modern education using the latest technologies: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*, Лісабон, Португалія, 17-20 січня 2023. С. 490-497.

References:

1. W. Sediono, T.S. Dharmawan, and A.A. Lestari, «Method and implementation to overlay radar image on the electronic chart», *AAU Journal of Defense Science and Technology*, vol. 1, № 2, pp. 33-37, 2010.
2. Radar Overlay to Improve ECDIS Navigation. The Maritime Executive. [Online]. Available: <https://maritime-executive.com/article/Radar-Overlay-to-Improve-ECDIS-Navigation-2014-09-12>. Accessed on: April 03, 2024.
3. The multi-layered art of navigation. Nautical Institute – Maritime Industry. [Online]. Available: <https://www.nautinst.org/resources-page/the-multi-layered-art-of-navigation.html>. Accessed on: March 30, 2024.
4. Wingrove M. Using radar overlays to improve ECDIS navigation. [Online]. Available: <https://www.rivieramm.com/opinion/opinion/using-radar-overlays-to-improve-ecdis-navigation-37429>. Accessed on: April 02, 2024.
5. Helmut H. Lanziner, «Impact of radar integration with electronic charting», *International hydrographic review*, vol. 2, no. 1, pp. 54-68, 2001.
6. S. Zhang, X. Liu, and N. Zhang, «Exploration of the fusion display of ECDIS and radar image information in high latitude sea area», *International conference on education technology and information system (ICETIS 2013)*, pp. 53-57, 2013. doi: **10.2991/icetis-13.2013.13**.
7. ECDIS and the modern navigator. Shipowners. [Online]. Available: <https://www.shipownersclub.com/latest-updates/news/ecdis-and-modern-navigator/>. Accessed on: April 10, 2024.
8. Recommendation on electronic chart display and information system for inland navigation (inland ECDIS). Resolution No. 48, Revision 4. [Online]. Available: https://unece.org/sites/default/files/2022-12/ECE-TRANS-SC3-156-Rev4e_1.pdf. Accessed on: February 15, 2024.
9. C. Zhang, M. Fang, C. Yang, Re. Yu, and T. Li, «Perceptual fusion of electronic chart and marine radar image», *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 9, no. 11, pp. 1-16, 2021. doi: **10.3390/jmse9111245**.
10. G.A. Rolfe, «Radar image overlay on an ECDIS system-an overview», in *Proceedings of Position, Location and Navigation Symposium – PLANS '96*, Atlanta, GA, USA, 1996, pp. 130-136. doi: **10.1109/PLANS.1996.509067**.
11. A. Weintrit, «Six in one or one in six variants. Electronic navigational charts for open sea, coastal, off-shore, harbour, sea-river and inland navigation», *TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 4, № 2, pp. 165-177, 2010.
12. M. Kristić, S. Žuškin, D. Brčić, and M. Car, «Overreliance on ECDIS technology: A Challenge for Safe Navigation», *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 15, № 2, pp. 277-287, 2021. doi: **10.12716/1001.15.02.02**.
13. W. Legiec, «Position cross-checking on ECDIS in view of international regulations requirements and OCIMF recommendations», *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 10, № 1, pp. 105-113, 2016. doi: **10.12716/1001.10.01.12**.
14. Wärtsilä Navi-Radar – Integrates to ECDIS. [Online]. Available: <https://www.wartsila.com/ancs/integrated-vessel-control-systems/navigation/navi-radar>. Accessed on: March 10, 2024.
15. A. Weintrit, «Radar image overlay in ECDIS display versus electronic navigational chart overlay on radar screen», *Prace wydziału nawigacyjnego akademii morskiej w Gdyni*, no. 22, pp. 122-136, 2008.
16. L. Alexander, «Harmonizing chart and navigation-related information on ECDIS», in *Proceedings of U.S. Hydrographic Conference*, Norfolk, 2001, pp. 1-13.

17. Н.Н. Tomchakovskiy, L.E. Oberto Santana, and P.V. Mushchenko, «Funktsiia nakladennia radar-noho zobrazhennia na ekrani ECDIS» [«Radar image overlay function on the ECDIS screen»], in Proceedings of the II Int. Sci. and Pract. Conf. «Modern education using the latest technologies», Lisbon, Portugal, 2023, pp. 490-497. (Ukr.)

Стаття надійшла 01.05.2024

Стаття прийнята 03.06.2024

УДК 62-723.82

doi: 10.31498/2225-6733.48.2024.310707

© Погорлецький Д.С.¹, Грицук І.В.², Худяков І.В.³, Самарін О.Є.⁴

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛУБРИКАТОРНОЇ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ СУДНОВИХ МАЛООБЕРТОВИХ ДВИГУНІВ

В статті розглядаються питання оптимізації витрати високолузжого циліндрового масла в лубрикаторних системах мащення суднових малооберткових двигунів (МОД) та особливості експлуатації системи циліндрового мащення з огляду на сучасні тенденції розвитку МОД. Проведено огляд систем лубрикаторного мащення циліндрів суднових головних двигунів та розглянуто можливі перспективи вдосконалення систем лубрикаторного мащення циліндрів суднових дизельних двигунів. Приділено увагу причинам виникнення та способам боротьби з цілою гамою проблем, які представляють собою можливість збільшення зносу втулок циліндрів, поршнів, поршневих кілець, це пов'язано з типом та сортом палива і вмістом сірки в ньому. Сірка в паливі нейтралізується з допомогою циліндрових масел з високою лужністю, проблеми виникають під час зміни сорту палива, це вимагає зміни марки циліндрового масла (CLO BN). Запропоновано та розглянуто можливість використання системи змішування циліндрових масел (АСОМ) для нейтралізації сірки в паливі та покращення захисту від низькотемпературної корозії циліндрових втулок МОД. Дана система змішує та дозує циліндрове масло в залежності від навантаження суднового двигуна і типу палива. АСОМ дозволяє дозувати масло на суднових двигунах, які працюють у режимах споживання подвійного виду палива (SDF), де визначається співвідношення між пілотним (запальним) та газовим паливом, система змішує два різних типи циліндрового масла в одне з потрібним лужним числом BN, його можна визначити як здатність масла нейтралізувати кислоти, що утворюються під час використання. Наведено результати оптимальної витрати циліндрового масла, що забезпечує мінімальне зношування циліндрових втулок дизельного двигуна. Описано особливості режимів мащення та контролю технічного стану циліндрової групи суднових малооберткових дизельних двигунів при їх роботі на зниженій частоті обертання.

Ключові слова: енергетична установка, лубрикаторна система мащення, циліндрове масло, лужне число, малообертковий двигун.

¹ канд. техн. наук, доцент, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: 0000-0002-1256-8053, dimon150582@gmail.com

² д-р техн. наук, професор, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: 0000-0001-7065-6820, gritsuk_iv@ukr.net

³ канд. техн. наук, доцент, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: 0000-0002-8900-7879, khudiakov.ihor@ksma.ks.ua

⁴ канд. техн. наук, доцент, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: 0000-0002-2690-7298, samarin162@gmail.com