

References:

1. *Alpha Adaptive Cylinder Oil Control (Alpha ACC)*. MAN Diesel, PrimeServ, 2007.
2. V. M. Bohach, «Effektivnost elektronnoi systemy smazivaniya tsylyndrov «PULS» [«Efficiency of the electronic cylinder lubrication system «PULS»], *Sudovie enerhetycheskye ustanovky – Marine power plants*, № 28, pp. 13-20, 2011. (Rus.)
3. V. M. Bohach, «Modelyrovanye protsessov smazivaniya sopriazhenyi TsPH pry ekspluatatsyy sudovikh dyzelei» [«Modeling of lubrication processes of CPG joints during operation of marine diesel engines»], *Sudovie enerhetycheskye ustanovky – Marine power plants*, № 29, pp. 55-64, 2012. (Rus.)
4. S.V. Sagin, and O.V. Semenov, «Motor oil viscosity stratification in friction units of marine diesel motors», *American Journal of Applied Sciences*, vol. 13, № 2, pp. 200-208, 2016. doi: **10.3844/ajassp.2016.200.208**.
5. *The ME Engines Service Experience*, 3rd ed. Copenhagen : MAN B&W DIESEL A/S, 2008.
6. S.V. Sagin, and V. G. Solodovnikov, «Cavitation treatment of high-viscosity marine fuels for medium-speed diesel engines», *Modern Applied Science*, vol. 9, № 5, pp. 269-278, 2015. doi: **105539/mas.v9n5p269**.
7. V.M. Bohach, O.M. Shebanov, I.D. Koliiev, and Yu.I. Zhuravlov, «Ekspluatatsyonnie pokazately effektivnosti lubrykatornikh system sudovikh dyzelei» [«Performance indicators of the efficiency of lubricating systems of marine diesel engines»], *Sudovie enerhetycheskye ustanovky – Marine power plants*, vol. 19, pp. 10-22, 2007. (Rus.)
8. D.S. Pohorletskiy, I.V. Gritsuk, and I.V. Khudiakov, «Osoblyvosti ekspluatatsii lubrykatornoii systemy mashchennia sudnovoho dvyhuna MAN - B&W 5S70ME-C» [«Features of operation of the MAN - B&W 5S70ME-C marine engine lubrication system»], in Proceedings of 14-th Int. sci.-pract. conf. «Modern energy installations in transport, technologies and equipment for their maintenance», Kherson, 2023, pp. 22-26. (Ukr.)

Стаття надійшла 18.04.2024

Стаття прийнята 12.05.2024

УДК 656.61.052

doi: 10.31498/2225-6733.48.2024.310709

© Калініченко Т.В.*

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ СУДНОВОДІННЯ ШЛЯХОМ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕННЯ СУДЕН

Стаття присвячена дослідженню основних напрямків підвищення безпеки судноводіння шляхом попередження зіткнень суден. Сучасний розвиток світового судноплавства характеризується зростанням інтенсивності морських перевезень, що значно підвищує ризики виникнення аварійних ситуацій, зокрема, зіткнень суден. Ці інциденти є однією з основних причин аварій на морі, що призводить до значних економічних втрат, шкоди навколишньому середовищу та ризику для життя людей. У статті проаналізовано різноманітні аспекти підвищення безпеки судноводіння, зокрема, використання сучасних технологій, організаційних заходів, підвищення кваліфікації екіпажу та ефективного технічного обслуговування суден. Основну увагу приділено наступним напрямкам: технічному забезпеченню, організаційним заходам, навчанням і тренінгам для екіпажу, системам зв'язку та міжнародній координації, а також забезпеченню технічної справності суден. Радіолокаційні системи дозволяють виявляти і відстежувати судна на різних відстанях, що є критично важливим у складних погодних умовах. Важливим аспектом є підвищення кваліфікації

* здобувачка ступеня доктора філософії, ст. викладач, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, ORCID: 0000-0003-3531-8281, tkatana1002@gmail.com

екіпажу. Регулярні професійні навчання, тренінги та імітаційні тренажери допомагають екіпажам адаптуватися до нових технологій і ефективно реагувати на небезпечні ситуації. Ефективна система зв'язку і міжнародна координація є критично важливими для оперативного реагування на надзвичайні ситуації. Системи аварійного зв'язку забезпечують швидкий обмін інформацією між суднами і береговими службами, а міжнародна співпраця сприяє підвищенню рівня підготовки та узгодженості дій. Забезпечення технічної справності суден через регулярні інспекції і технічний огляд є основою безпеки судноплавства, дозволяючи виявляти і усувати потенційні проблеми. Стаття підкреслює важливість комплексного підходу до підвищення безпеки судноводіння, що включає інтеграцію передових технологій, організаційних процесів, навчання та технічного обслуговування. Цей підхід сприяє зменшенню ризиків зіткнень суден і підвищенню загальної безпеки на морі.

Ключові слова: безпека судноводіння, попередження зіткнень суден, сучасні навігаційні технології, радіолокаційні системи, судові системи, морський транспорт, водний транспорт.

T.V. Kalinichenko. Main directions for improvement of navigation safety through prevention of ship collisions. The article is devoted to the study of the main directions of improving the safety of navigation by preventing ship collisions. The modern development of global shipping is characterized by an increase in the intensity of maritime transportation, which significantly increases the risks of emergencies, in particular ship collisions. These incidents are one of the main causes of maritime accidents, resulting in significant economic losses, environmental damage and risk to human life. The article analyzes various aspects of improving safety of navigation, including the use of modern technologies, organizational measures, crew training and efficient ship maintenance. The focus is on the following areas: technical support, organizational measures, education and training for the crew, communication systems and international coordination, as well as ensuring the technical serviceability of ships. Radar systems allowing to detect and track ships at different distances, which is critical in difficult weather conditions. Another important aspect is crew training. Regular professional education, training, and simulation training help crews adapt to new technologies and respond effectively to dangerous situations. An effective communication system and international coordination are critical for rapid response to emergencies. Emergency communication systems ensure rapid exchange of information between ships and coastal services, and international cooperation contributes to increased preparedness and coordination. Ensuring the technical serviceability of ships through regular inspections and technical surveys is the basis for safe navigation, allowing to identify and eliminate potential problems. The article emphasizes the importance of a comprehensive approach to improving shipping safety, including the integration of advanced technologies, organizational processes, training and maintenance. This approach helps to reduce the risk of ship collisions and improve overall safety at sea.

Key words: safety of navigation, prevention of ship collisions, modern navigation technologies, radar systems, ship systems, maritime transport, waterborne transport.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток світового судноплавства супроводжується зростанням інтенсивності морських перевезень, що, у свою чергу, підвищує ризик виникнення аварійних ситуацій, зокрема, зіткнень суден. Зіткнення суден є однією з основних причин аварій на морі, що призводить до значних економічних втрат, шкоди навколишньому середовищу та ризику для життя людей. Тому актуальність проблеми забезпечення безпеки судноводіння шляхом попередження зіткнень суден не викликає сумнівів.

Незважаючи на наявність міжнародних правил та стандартів, таких як Міжнародні правила попередження зіткнень на морі (COLREGs), частота інцидентів залишається значною, що свідчить про необхідність удосконалення наявних методів і засобів забезпечення безпеки. З огляду на це, виникає потреба в аналізі та впровадженні новітніх технологій, зокрема, систем автоматизованого керування, радіолокаційного обладнання, систем навігаційного спостереження, а також у розробці нових підходів до навчання та підвищення кваліфікації екіпажу.

Таким чином, проблема підвищення безпеки судноводіння шляхом попередження зіткнень суден залишається актуальною і вимагає комплексного підходу, що включає технічні, організаційні та навчально-тренувальні заходи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні технології запобігання зіткненню суден у морі включають електронні системи відображення карт та інформації (ECDIS) і автоматичні ідентифікаційні системи (AIS), які підвищують безпеку навігації та зв'язку [1]. Автоматичні системи запобігання зіткненням (ACAS) з'являються як потенційно ефективні рішення для зменшення аварій, пов'язаних з людськими помилками [2]. Останні дослідження зосереджені як на виявленні, так і на вирішенні конфліктів, причому дослідження стосуються пілотованих і безпілотних суден [3]. Інтеграція мобільних додатків, хмарних обчислень і аналізу великих даних у проєктах «розумних суден» пропонує багатообіцяючі досягнення в галузі безпеки на морі [4]. Ці технології спрямовані на поліпшення ситуаційної обізнаності, забезпечення обробки даних у режимі реального часу і розширення можливостей прийняття рішень для судових операторів і берегових станцій. Існуючі технології досягли значного прогресу, але поточні дослідження спрямовані на подальше зменшення кількості морських аварій і підвищення загальної безпеки на морі шляхом розробки і впровадження цих передових систем.

Інтеграція заходів безпеки з організаційними процесами може оптимізувати як безпеку, так і продуктивність. Соціотехнічний підхід розглядає безпеку як емерджентну властивість складних систем, що вимагає спільної оптимізації соціальних і технічних компонентів [5]. Це передбачає оцінку загального рівня безпеки, визначення відповідних заходів, оцінку організаційної готовності та ефективне впровадження покращень. Конкретні заходи, які можуть підвищити як безпеку, так і продуктивність праці, включають вдосконалення обладнання, забезпечення просторих робочих зон і підтримання належного порядку в приміщеннях [6]. Для вирішення протиріч між продуктивністю і безпекою можна застосувати інноваційний підхід з використанням системної інтеграції безпеки і методів вирішення протиріч, таких як TRIZ [7]. Організації також можуть отримати вигоду від впровадження стандарту ISO 45001, який містить рекомендації щодо вибору і впровадження технічних заходів для зменшення загроз і поліпшення умов праці [8]. Ці комплексні підходи можуть призвести до більш ефективного управління безпекою та покращення організаційних показників.

Проаналізовані статті разом підкреслюють важливість комплексного підходу до забезпечення безпеки судноводіння, який включає інтеграцію передових технологій, організаційних процесів та соціотехнічних аспектів для зменшення ризиків і підвищення загальної ефективності роботи суден.

Мета статті полягає в аналізі основних напрямків підвищення безпеки судноводіння шляхом попередження зіткнень суден, з акцентом на використання сучасних методів оптимального керування, математичного моделювання та інтеграції інноваційних технологій.

Виклад основного матеріалу. Безпека судноплавства є критичним аспектом морської діяльності, що потребує постійної уваги і вдосконалення. Основні напрямки підвищення безпеки судноводіння (рисунок), спрямовані на попередження зіткнень суден, включають технічне забезпечення, організаційні заходи, підвищення кваліфікації персоналу, забезпечення ефективного зв'язку та координації, а також регулярне технічне обслуговування суден. Схема зображена на рисунку відображає основні напрями і заходи, спрямовані на підвищення безпеки судноводіння, структуровані за категоріями.

Одним з ключових елементів забезпечення безпеки є впровадження сучасних технологій, таких як радіолокаційні системи, автоматична ідентифікаційна система (AIS) і електронні картографічні та навігаційні системи (ECDIS).

Радіолокаційні системи дозволяють виявляти і відстежувати судна на різних відстанях, що є критично важливим у складних погодних умовах або при недостатній видимості.

AIS забезпечує передачу даних про судна, таких як курс, швидкість і позиція, що дозволяє операторам краще контролювати ситуацію на воді і приймати обґрунтовані рішення щодо запобігання зіткнень.

ECDIS покращують можливості навігації, допомагаючи уникати небезпек, таких як мілководдя або підводні перешкоди, і забезпечують точну інформацію про навігаційну обстановку.

Організаційні заходи включають управління маршрутами та регулювання руху суден, а також забезпечення дотримання міжнародних правил попередження зіткнень на морі (COLREGs).



Рисунок – Схема основних напрямків підвищення безпеки судноводіння шляхом попередження зіткнень суден

Маршрутне управління передбачає визначення спеціальних морських шляхів і зон, де обмежено або заборонено плавання, що дозволяє оптимізувати рух суден і зменшити ризик аварійних ситуацій.

COLREGs встановлюють стандарти поведінки для суден у різних ситуаціях, включаючи правила пріоритету руху і поведінки у випадку зустрічного руху, що є важливим для уникнення конфліктів на воді.

Навчання і підвищення кваліфікації екіпажу є невід'ємною частиною забезпечення безпеки судноплавства.

Регулярні професійні навчання та тренінги дозволяють екіпажу освоювати нові технології і методи управління, що сприяє більш ефективному реагуванню на небезпечні ситуації.

Імітаційні тренажери дають можливість відпрацьовувати навички у різних навігаційних ситуаціях і умовах, що сприяє підвищенню готовності екіпажу до надзвичайних ситуацій.

Ефективна система зв'язку і міжнародна координація є критично важливими для забезпечення безпеки на морі.

Системи аварійного зв'язку забезпечують швидкий і надійний обмін інформацією між суднами та береговими службами, що є ключовим фактором у випадку виникнення небезпеки.

Міжнародна координація включає співпрацю між країнами щодо стандартів безпеки і участь у спільних навчаннях, що сприяє підвищенню рівня підготовки та узгодженості дій.

Забезпечення технічної справності суден є основою безпеки судноплавства.

Інспекції і технічний огляд суден дозволяють виявляти і усувати потенційні проблеми, що можуть вплинути на безпеку, забезпечуючи тим самим належне функціонування навігаційних систем і обладнання.

Таким чином, впровадження цих заходів спрямоване на мінімізацію ризиків зіткнень суден, підвищення загальної безпеки на морі і покращення реагування на надзвичайні ситуації.

Висновки

У статті було проаналізовано основні напрямки підвищення безпеки судноводіння шляхом попередження зіткнень суден, з акцентом на використання сучасних методів оптимального керування, математичного моделювання та інтеграції інноваційних технологій. Основні висновки дослідження можна сформулювати наступним чином:

1. Технічні інновації є критично важливими для підвищення безпеки. Впровадження сучасних технологій, таких як радіолокаційні системи, автоматична ідентифікаційна система (AIS) і електронні картографічні та навігаційні системи (ECDIS), значно підвищує точність навігації, дозволяє своєчасно виявляти потенційні загрози і забезпечує обґрунтоване прийняття рішень для запобігання зіткненням.

2. Організаційні заходи є необхідними для ефективного управління рухом суден. Ретельне управління маршрутами, дотримання міжнародних правил попередження зіткнень (COLREGs) та впровадження чітких процедур регулювання руху суден дозволяє зменшити ризик аварій і забезпечити безпеку навігації.

3. Підвищення кваліфікації персоналу має безпосередній вплив на безпеку. Регулярні тренінги, навчання та імітаційні тренажери допомагають екіпажам адаптуватися до нових технологій і ефективно реагувати на небезпечні ситуації, що сприяє загальному підвищенню рівня безпеки.

4. Ефективна система зв'язку і міжнародна координація є необхідними для оперативного реагування. Системи аварійного зв'язку та міжнародна співпраця між країнами в питаннях безпеки сприяють своєчасному обміну інформацією та узгодженості дій у випадку надзвичайних ситуацій.

5. Регулярне технічне обслуговування суден забезпечує їх справність і безпеку. Інспекції та технічний огляд суден є критично важливими для виявлення і усунення потенційних проблем, що можуть вплинути на безпеку навігації.

Впровадження комплексного підходу, який включає технологічні інновації, організаційні заходи, підвищення кваліфікації екіпажу, ефективний зв'язок і технічну справність суден, є ключовим для досягнення високого рівня безпеки судноводіння. Подальше вдосконалення в цих областях та інтеграція нових технологій і методів управління сприятимуть зменшенню ризиків зіткнень суден і підвищенню загальної безпеки на морі.

Перелік використаних джерел:

1. Jincan H., Maoyan F. Based on ECDIS and AIS ship collision avoidance warning system research. *8th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, Nanchang, China, 14-15 June 2015. Pp. 242-245. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2015.69>.
2. Jingsong Z., Price W. G., Wilson P. A. Automatic collision avoidance systems : towards 21st century. 2008. 10 p.
3. Ship collision avoidance methods: State-of-the-art / Y. Huang et al. *Safety Science*. 2020. Vol. 121. Pp. 451-473. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.018>.
4. García-Domínguez A. Mobile applications, cloud and bigdata on ships and shore stations for increased safety on marine traffic; a smart ship project. *IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, Seville, Spain, 17-19 March 2015. Pp. 1532-1537. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIT.2015.7125314>.
5. Houssin R., Coulibaly A. An approach to solve contradiction problems for the safety integration in innovative design process. *Computers in Industry*. 2011. Vol. 62(4). Pp. 398-406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2010.12.009>.
6. Dainoff M. J. A sociotechnical approach to occupational safety. *Work*. 2017. Vol. 56(3). Pp. 359-370. DOI: <https://doi.org/10.3233/wor-172500>.
7. Salminen S., Saari J. Measures to improve safety and productivity simultaneously. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1995. Vol. 15(4). Pp. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00042-2](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00042-2).
8. Górný A. Application of technical measures to improve the work safety – systemic guidelines. *MATEC Web of Conferences*. 2021. Vol. 343. Pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134310006>.

References:

1. H. Jincan, and F. Maoyan, «Based on ECDIS and AIS ship collision avoidance warning system research», in Proceedings of 8th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), Nanchang, China, 2015, pp. 242-245. doi: **10.1109/ICICTA.2015.69**.
2. Z. Jingsong, W.G. Price, and P.A. Wilson, *Automatic collision avoidance systems : towards 21st century*. 2008.
3. Y. Huang, L. Chen, P. Chen, R.R. Negenborn, and P. Van Gelder, «Ship collision avoidance methods: State-of-the-art», *Safety Science*, vol. 121, pp. 451-473, 2020. doi: **10.1016/j.ssci.2019.09.018**.
4. A. García-Domínguez, «Mobile applications, cloud and bigdata on ships and shore stations for increased safety on marine traffic; a smart ship project», in Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Seville, Spain, 2015, pp. 1532-1537. doi: **10.1109/ICIT.2015.7125314**.
5. R. Houssin, and A. Coulibaly, «An approach to solve contradiction problems for the safety integration in innovative design process», *Computers in Industry*, vol. 62(4), pp. 398-406, 2011. doi: **10.1016/j.compind.2010.12.009**.
6. M.J. Dainoff, «A sociotechnical approach to occupational safety», *Work*, vol. 56(3), pp. 359-370, 2017. doi: **10.3233/wor-172500**.
7. S. Salminen, and J. Saari, «Measures to improve safety and productivity simultaneously», *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 15(4), pp. 261-269, 1995. doi: **10.1016/0169-8141(94)00042-2**.
8. A. Górny, «Application of technical measures to improve the work safety – systemic guidelines», *MATEC Web of Conferences*, vol. 343, pp. 1-7, 2021. doi: **10.1051/mateconf/202134310006**.

Стаття надійшла 10.01.2024

Стаття прийнята 08.02.2024