

## SIMULATION OF INCIDENTS DURING SEAFARERS TRAINING: MITIGATING GPS FAULT

### МОДЕЛЮВАННЯ ІНЦИДЕНТІВ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТА ПЕРЕВІРЦІ КОМПЕТЕНТНОСТІ МОРЯКІВ: ВІДМОВА СИСТЕМИ GPS

**V. Pernykoza**, *senior lecturer*, **O. Pipchenko**, *associate professor, PhD*,  
**O. Burchak**, *senior lecturer*, **U. Kazak**, *senior lecturer*

**В.В. Пернікоза**, *ст. викладач, кдп*, **О. Д. Піпченко**, *ктн, доцент, кдп*,  
**А.І. Бурчак**, *ст. викладач, кдп*, **Ю.В. Казак**, *ст. викладач, шдп*

*National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine*

*Національний Університет «Одеська Морська Академія», Україна*

#### ABSTRACT

*The safety of marine navigation in coastal areas and narrow waters, which account for 80% of total navigational accidents, remains a pressing concern. These circumstances indicate the need to improve traditional and automated methods of passage planning and control of navigation and traffic management processes, based on the assessment of the actual navigation accuracy and navigation safety parameters. According to current industry recommendations, the main parameters of safe navigation are safety depth, safety contour, permissible cross-track limit, and accuracy of position fixing.*

*The analysis of accidents in recent years has shown certain overreliance on ECDIS. IMO has adopted the Guidance for Good Practice for the use of ECDIS, which emphasizes the importance of the operator's ability to act in the event of failure, display data interpretation and identification of possible errors. The trend of ECDIS related groundings necessitates a more detailed analysis of the accidents causes, as well as further development of passage planning methods adopted for paperless navigation.*

*Statistics, based on grounding incident investigations, is not always sufficient for retrieving objective information and designing comprehensive solutions for improving the ECDIS training process for deck officers and development of methods aimed at reducing the grounding incident rate and improving the effectiveness of navigation. The research studies statistics on deck officers' errors made during training on bridge simulators equipped with ECDIS. The study shows that in event of the EPFS (Electronic Position Fixing System) failure the likelihood of grounding increases dramatically for all deck officers, irrespective of rank and experience, despite having fully functional radar and ECDIS in dead reckoning mode.*

**Key words:** GPS, ECDIS, safety of navigation, ship grounding, navigational incident.

#### **Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

З 2002 року Електронні Картографічні Системи (ECS) набули юридичного статусу і стали широко застосовуватися на судах. Відповідно до вимог правила SOLAS V / 19-2.14, ECS може використовуватися разом із навігаційними паперовими картами. Ситуація суттєво змінилася в 2009 році. Науково-технічний прогрес не стоїть на місці, і на засіданні Комітету з морської безпеки ІМО у травні 2009 року було вирішено запровадити ECDIS (Електронна картографічна навігаційно-інформаційна система) як обов'язкову частину навігаційного обладнання, на всіх судах валовою місткістю понад 10 000 рт.

Впровадження електронних карт було поступовим, з 2012 по 2018 рік. У цей період судноводіям довелося навчитися працювати з новим обладнанням та користуватися ECDIS. Водночас паперові карти замінили електронними.

Аналіз аварійності за останні роки показав певну надмірну залежність від ECDIS. ІМО прийняла Керівництво з передової практики використання ECDIS [9], яке підкреслює важливість здатності оператора діяти у разі несправності, відображення даних інтерпретації та виявлення можливих помилок. Тенденція посадок на міліну, зв'язаних з ECDIS, вимагає більш детального аналізу причин аварій, а також подальшого розвитку методів планування переходу, прийнятих для безпаперової навігації.

Дані, отримані в процесі навчання та оцінки вахтових помічників на тренажері міні-містку, обладнаному ECDIS (Wartsilla Navi-Sailor 4000), дозволили провести більш детальний аналіз прямих і непрямих факторів, що збільшують ймовірність посадки судна на міліну [14].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

Згідно зі звітами національних спеціалізованих органів ЄС з розслідування морських аварій [5] у 2019 році посадка на міліну займає четверте місце (13%) за аварійністю світового флоту і може розглядатися як один з найбільш поширених видів аварій. Після сплеску навігаційних аварій упродовж останніх років ІМО прийняло Керівництво з рекомендованої практики використання ЕКНІС (циркулярний лист MSC.1/Circ.1503/Rev.1 від 16 червня 2017 року) [3], у якому особливо підкреслюється важливість вміння оператора діяти при несправності і відмовах, знання можливих помилок як при відображенні даних, так і при їх інтерпретації. Тенденція посадок суден на міліну, викликаних діями судноводіїв під час використання ЕКНІС, обумовлює необхідність більш детального аналізу причин, що призвели до аварій, розробку і використання нових методів для планування безпечного переходу судна і вироблення комплексних рішень, пов'язаних з поліпшенням системи підготовки судноводіїв для Е-навігації.

Концепція планування маршруту судна, яка використовується сьогодні, була запропонована ІМО [7] у 1999 р. Застосування методів планування маршруту з урахуванням маневреності судна та інших аспектів при організації сучасної вахтової служби найкращим чином, на думку авторів, викладено в роботі А. Дж. Свіфта і Т. Дж. Байлі [12]. У свою чергу, стартовою точкою переходу на навігацію без паперових карт стала резолюція ІМО MSC 232 (82) [8], де відображені необхідні мінімальні вимоги до систем електронної картографії (ЕКНІС).

Варто відзначити, що перехід на електронні карти, з одного боку, спростив роботу судноводіїв, з іншого – розвинув комплекс наддовіри до системи і призвів до погіршення класичних навичок судноводіння, таких як визначення місця судна по лініях положення, коректний розрахунок небезпечних зон (NO-GO area), врахування достовірності картографічної інформації, що відображено в роботах [6, 11, 13].

Аналіз даних, отриманих в процесі навчання на тренажері ЕКНІС "Transas Navi-Sailor 4000" груп судноводіїв, безпосередньо залучених у процес планування маршруту судна (капітан, навігаційний помічник), показав наявність систематичних помилок при оцінці безпеки маршруту, які можуть привести до посадки на міліну судна в реальних умовах [14]. Аналіз помилок, які припускаються судноводіями різних посад і з різним досвідом роботи, відображений в роботах [3, 17], збігається з висновками робіт [6, 11, 13].

Водночас судноводії найчастіше або не бачать небезпеки, або неправильно її інтерпретують, або допускають помилки при перевірці безпеки маршруту переходу.

### **Формулювання цілей статті**

Метою даної роботи є визначення готовності судноводіїв до дій щодо забезпечення безпечної навігації в ситуації відмови GPS приймача на судні.

### Виклад матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів

У кодексі ПДНВ, главі VIII наведено: «... Fixes shall be taken at frequent intervals, and shall be carried out by more than one method whenever circumstances allow. When using ECDIS, appropriate usage code (scale) electronic navigational charts shall be used and the ship's position shall be checked by an independent means of position fixing at appropriate intervals».

Введення безпаперової навігації не скасувало цієї вимоги. Однак методи визначення позиції судна за допомогою ЕКНІС суттєво змінилися. Функція числення та функція ручного визначення положення судна є обов'язковими для затвердженого типу програмного забезпечення ECDIS. Незважаючи на те, що вимоги до визначення позиції (або верифікації) різняться від компанії до компанії, в основному це перетворилося на "паперотворчу вправу", де вахтові помічники наносять позиції на дисплеї ECDIS не для перевірки позиції судна, а для виконання вимоги.

Сучасна конструкція ходових містків створює ситуацію, у якій радар є єдиним обладнанням, яке може служити незалежним джерелом LoP (лінія положення). З домінуванням EPFS (Електронна система фіксації положення, більш поширена абревіатура - GPS) практичні навички з радіолокаційної навігації вахтових помічників почали погіршуватися. З метою обґрунтування цього твердження, група викладачів НУ "Одеська морська академія" зафіксувала результати 105 вправ виконаних вахтовими помічниками та капітанами на міні-містках Wartsilla Navi-Trainer 5000.

*Опис завдання:* автомобілевоз (довжина - 236 м, максимальна осадка - 9,2 м) проходить Сінгапурську протоку транзитом (вдень; видимість - 10 мм; вітер - NNW / 5 Bft; течія ESE - 1 вузол). Інструктором запроваджується несправність GPS. Під час виконання завдання 5 активних суден рухаються вздовж протоки, виходячи і входячи в порт Сінгапур. Інші судна стоять на якорі і не заважають проходу (рис. 1).

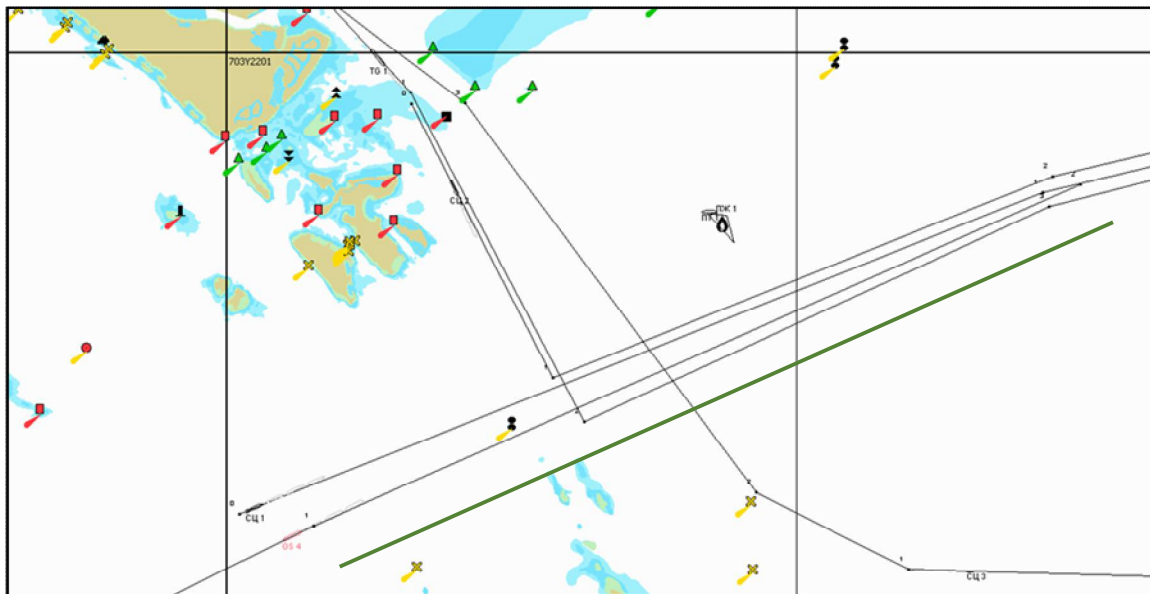


Рис. 1. Район плавання та маршрути суден для сценарію відмови GPS

Для визначення мінімально допустимої дистанції зближення з небезпекою в обмежених водах запропонована наступна формула:

$$CPA_{min} = (SF_L \times L \times \sin(\alpha) + SF_B \times B \times |\cos(\alpha)|) / L, \quad (1)$$

де  $CPA_{min}$  – мінімально допустима дистанція зближення з небезпекою;  $L$  – довжина судна;  $B$  – ширина судна;  $\alpha$  – кут перетину курсів, °;  $SF_L$  – поздовжній коефіцієнт безпеки;  $SF_B$  – поперечний коефіцієнт безпеки.

Вибір змінної CPA обумовлений тим, що при зближенні у вузькості на протилежних або попутних курсах досить важко і через обмеження навігаційного характеру не завжди практично можливо підтримувати велику дистанцію до суден чи навігаційних небезпек. З іншого боку, якщо акваторія дозволяє суднам зближуватися під кутами близькими до перпендикулярних, судноводії повинні підтримувати певний запас по дистанції, щоб залишити місце для маневру.

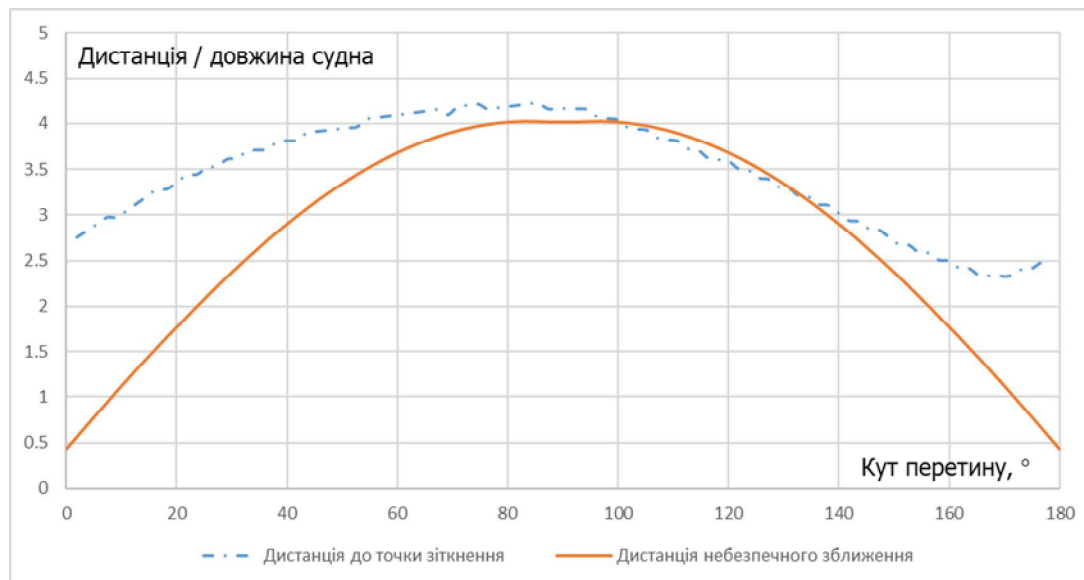


Рис. 2. Дистанція останнього маневру для розходження поворотом вправо і дистанція небезпечного зближення в залежності від кута перетину курсів для судна довжиною 282 м, шириною 32,2 м з коефіцієнтами безпеки  $SFL = SFB = 4$

Підсумок експерименту наведено у таблиці 1. Судноводії, у своїй більшості (88%), до останнього моменту не звертали уваги на те, що GPS не працював, доки судно не опинилось на міліні або не пройшло занадто близько до Бату Берханті через 15 хвилин (рис. 3).

Таблиця 1. Статистика виконання вправ з відмовою GPS

Спроба		1	2	3
<b>Ситуація</b>				
1	Зіткнення з іншим судном	1	2	
2	Посадка на міліну	3		
3	Небезпечне наближення до судна чи міліни	89	10	2
4	Безпечний прохід (<70% пройдено у межах XTD)	12	46	10
5	Відмінний прохід (>70% пройдено у межах XTD)		35	
<b>Причина</b>				
6	Небезпеку не виявлено	21	5	
7	Небезпеку не усвідомлено	71	6	
8	Невірна оцінка ризику	1	19	
9	Ігнорування маневру швидкістю		1	
10	Невірний маневр		36	
11	Неадекватне планування		1	

Невелика частина судноводіїв взагалі не пройшла завдання (2%). Вони були не спроможні використовувати ECDIS без робочого EPFS і не пройшли усі 3 спроби. Деякі

судноводії повністю загубилися в ситуації, коли символ судна не рухався на дисплеї ECDIS і не помічали інших суден, що призвело до зіткнення (3%). Загалом лише 11% моряків успішно виконали завдання з першої спроби. Вони правильно оцінили ситуацію, визначили положення суден і пройшли за завданням маршрутом безпечно.

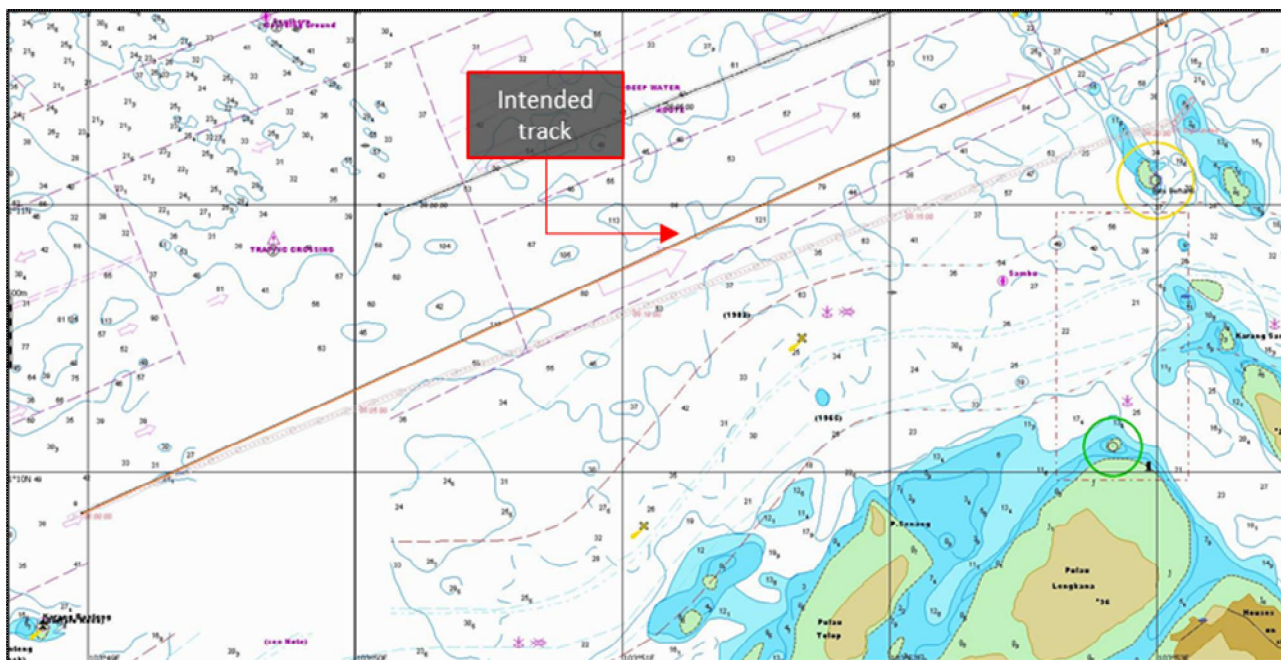


Рис. 3. Посадка судна на мілину після відмови GPS

Важливо відзначити, що учасники експерименту здебільшого мали значний досвід роботи на судах (в середньому 21,8 років загалом і 8,4 років на посаді), як показано на рис. 4.

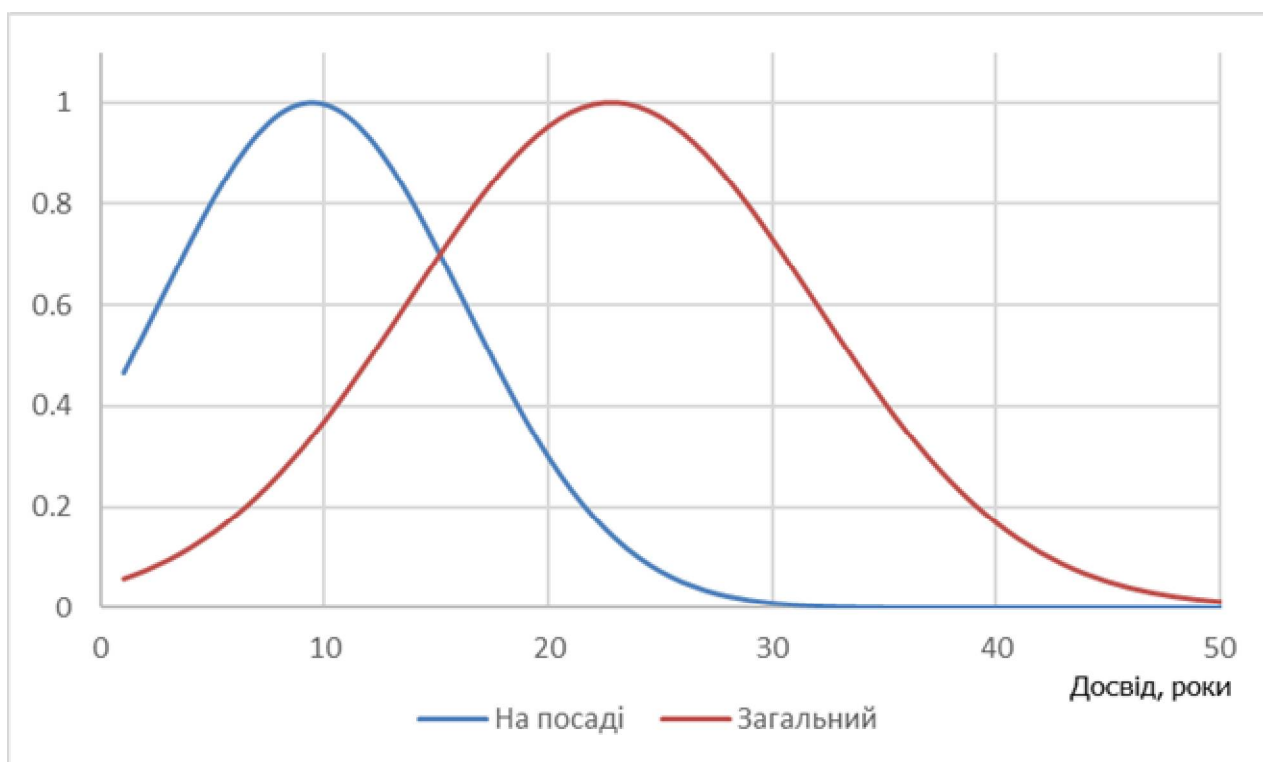


Рис. 4. Розподіл судноводіїв за досвідом

Крім того, у експерименті прийняли участь офіцери з різноманітних суден (рис. 5), переважно контейнерного та балкерного флоту.

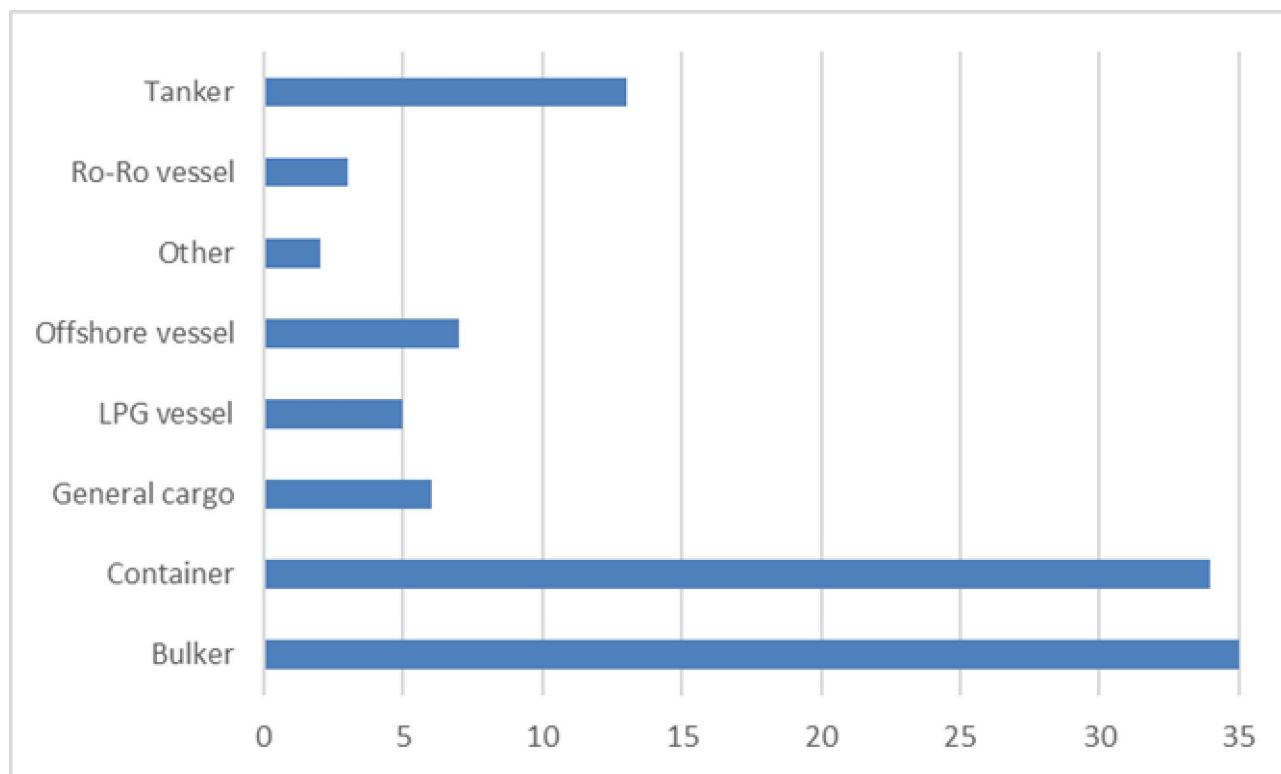


Рис. 5. Розподіл судноводіїв за типами суден

### Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

Сучасне обладнання ECDIS є важливим навігаційним інструментом, який у вмілих руках може допомогти значно підвищити безпеку судноплавства. Цього можна досягти, коли параметри безпеки визначені правильно та належним чином налаштовані в системі.

Оскільки ECDIS майже повністю замінив паперові карти у 2018 році, ризик надмірної залежності від цього обладнання та відповідних датчиків різко зріс. Комфорт використання ECDIS, з одного боку, призводить до погіршення практичних навичок радіолокаційної та візуальної навігації, з іншого.

У поєднанні з невідповідним плануванням рейсу, спричиненим помилковим визначенням таких параметрів як безпечна глибина, безпечний контур, бокове відхилення та радіус повороту, неспроможністю розпізнати навігаційну небезпеку або недостатньою комп'ютерною грамотністю, наддовіра ECDIS у малоімовірному випадку відмови GPS може привести до серйозного інциденту.

Тому впровадження належних процедур планування переходу разом із тренуванням на тренажерах щодо відмов обладнання, пов'язаних із системою ECDIS (GPS, гірокомпас, лаг), є вирішальним для безпеки сучасної навігації.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Admiralty Guide to the Practical Use of ENCs (NP231), 3rd Edition, 2019
2. R. Becker-Heins, Voyage Planning with ECDIS. Practical Guide for Navigators. Geomares Publishing, 2017.
3. O. Burenkov, O. Pipchenko, "Monitoring and identification of errors during training on ECDIS simulators", Slovak international scientific journal: Vol. 1, №43, 2020, pp. 46 – 50
4. ECDIS Procedures Guide 2018 Edition, Witherby Publishing Group Ltd, 2018.

5. EMSA Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2019. URL: <http://emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/3734-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2019.html> Accessed 20 May 2020
6. Idris Turna, Orkun Burak Öztürk, “A causative analysis on ECDIS-related grounding accidents”, Ships and Offshore Structures, 2019, DOI: 10.1080/17445302.2019.1682919 <https://doi.org/10.1080/17445302.2019.1682919>
7. IMO resolution A. 893 (21) Guidelines for Voyage Planning, 1999.
8. IMO resolution MSC 232 (82) Adoption of the Revised Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems, 2006.
9. IMO MSC circ. 1503 ECDIS – Guidance for Good Practice, 2017.
10. INTERTANKO, Guide to Safe Navigation (Including ECDIS), 2017.
11. M. D. Nielsen, “How a ship’s bridge knows its position – ECDIS assisted accidents from a contemporary human factors perspective”, MSc Thesis, Lund University, Sweden, 2016.
12. J. Swift, T. J. Bailey, Bridge Team Management, 2nd ed. Nautical Institute, London, UK, 2004.
13. Zvonimir Lusic, Mario Bakota, Zoran Mikelic “Human errors in ECDIS related accidents”, Proceedings of the 7th International Maritime Science Conference, Solin, Croatia, 2017.
14. О. М. Буренков, О. Д. Піпченко, А. В. Алексішин, “Практичні особливості розрахунку параметрів безпечної глибини при використанні ЕКНІС”, Судноводіння: Зб. наук. трудів НУ ОМА, вип. 30, Одеса, ІздатІнформ, 2020, DOI: 10.31653/2306-5761.30.2020.16-26.
15. Л. Л. Вагущенко, А. Л. Вагущенко, Поддержка решений по расхождению с судами. Одеса: Феникс, 2010.
16. О. Д. Піпченко, В.В. Пернікоза, Ю.В. Казак, А.І. Бурчак, “Моделювання інцидентів при підготовці судноводіїв: зіткнення буксира і балкера”, Судноводіння: Зб. наук. трудів НУ ОМА, вип. 29, Одеса: ІздатІнформ, 2019. DOI: 10.31653/2306-5761.29.219.164-172.
17. О. Д. Піпченко, “Моніторинг та ідентифікація помилок під час навчання на навігаційних симуляторах”, Суднобудування №2 2020, НУК, 2019, DOI [https://doi.org/10.15589/znp2020.2\(480\).1](https://doi.org/10.15589/znp2020.2(480).1), 3 – 11.