

ВСТАНОВЛЕННЯ СПЕКТРУ ХАРАКТЕРНИХ ЧИННИКІВ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Маменко П. П. *, Рева О. М. **, Зінченко С. М. *, Носов П. С. *, Кириченко К. В. *

*Херсонська державна морська академія

** Український інститут науково-технічної експертизи та інформації
(Україна)

Вступ. Однією з важливих галузей, що стабільно забезпечують розвиток світової економіки, є морський та річковий транспорт. Відповідно до веб-сайту Міжнародної морської організації (ІМО) та останніх статистичних даних ICS | Shipping and World Trade, 90% світової торгівлі забезпечується водними та морськими шляхами. Тому внесок морського та річкового транспорту оцінюється в мільярди євро/долларів на рік, що забезпечує зайнятість мільйонам людей [1]. І зрозуміло, що забезпечення гігантських об'ємів перевезень неможливе без нарощування та вдосконалення парку експлуатованих суден. Відповідну позитивну тенденцію наочно ілюструє табл. 1.

Таблиця 1 – Світовий флот: динаміка кількості та валого тоннажу експлуатованих суден (за даними Equasis та UNCTAD)

Характеристики світового флоту	Рік					Приріст за 5 років, %
	2018	2019	2020	2021	2022	
1	2	3	4	5	6	7
Загальна кількість суден за типом і розміром	116857	117892	119999	118928	126947	+ 8,63
Валовий тоннаж (в 1000 GT) за типом і розміром:	1361920	1410972	1455004	1479783	1557658	+ 14,37

Як бачимо з табл. 1, за світовою статистикою впродовж 5 років (2018–2022) кількість експлуатованих суден збільшилася на 8,63%, а їх тоннаж – на 14,37%. Причому експлуатація зазначених суден має саму широкую географію (табл. 2).

Виходячи зі змісту наведених табл. 1 і табл. 2, нескладно дійти висновку щодо позитивної активності морського та річкового транспорту, що року зростає та сегментується. Причому закономірно, що з очевидних причин існують морські зони, такі як Southeast Asia (12.6%), Mediterranean Sea (10.1%), West Europe (9.3%) та South Asia (9.1%), які забезпечують більш щільний трафік руху суден, ніж інші зони морських шляхів [2–4].

Зауважимо, що незважаючи на високі стандарти безпеки, які вже впроваджені на морському та річковому транспорті, аварії та інциденти ще трапляються кожного року. Причини, що сприяють виникненню морської аварії ретельно вивчаються та класифікуються за категоріями. Визначення морської аварії чітко визначено морським законодавством. Наприклад, згідно з австралійським законодавством морський інцидент вважається подією, що включає такі чинники [5]:

- смерть або травмування будь-якої особи на судні або пов'язаної з навігацією;
- загибель судна або зіткнення його з іншим судном або об'єктом;
- посадка на мілину, затоплення або перекидання судна;
- пожежа на борту або конструкції, що впливає на безпеку судна;
- ситуація впритул до зазначених.

Актуальність дослідження. На сьогодні спостерігається суттєвий розвиток проектування суден і технологічних систем, якими вони обладнуються. Разом з покращенням якості теоретичної та практичної підготовки екіпажів це призвело до певної стабілізації і навіть зменшенню хибної статистики морських аварій і катастроф [6, 7]. Однак, безпека в морській галузі все ще залишається неповністю вирішеною проблемою, обумовлену негативним впливом, у тому числі, людсь-кого чинника, щільністю руху деяких морських

шляхів та погодними умовами тощо [8–10].

Таблиця 2 – Статистика суден ідентифікованих у різних географічних зонах (розпізнані за I AIS згідно з повідомленнями AXS Marine, Vessel Tracker та Marine Traffic)

Географічний район перебування суден	Рік									
	2018		2019		2020		2021		2022	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Австралія та Нова Зеландія	7149	3.3	7095	3.3	7147	3.3	7313	3.3	7061	3.2
Східна Африка	7999	3.7	7675	3.6	8323	3.9	8520	3.9	7984	3.6
Східна Азія	32271	15.1	33343	15.7	34383	16.0	34898	16.0	34783	15.8
Середземне море	20188	9.4	20983	9.9	20537	9.5	21201	9.7	22257	10.1
Середня Америка і Мексиканська затока	13298	6.2	13377	6.3	13299	6.2	13506	6.2	13756	6.2
Нова Гвінея Тихого океану	4871	2.3	3519	1.7	3016	1.4	2864	1.3	2869	1.3
Східне узбережжя Північної Америки	8448	4.0	7321	3.4	7027	3.3	7355	3.4	7646	3.5
Західне узбережжя Північної Америки	7727	3.6	7435	3.5	7786	3.6	8138	3.7	7838	3.6
Північна Азія	983	0.5	556	0.3	1087	0.5	1057	0.5	1008	0.5
Північна Європа	11420	5.3	11552	5.4	11577	5.4	11565	5.3	11750	5.3
Східне узбережжя Південної Америки	9308	4.4	9162	4.3	9166	4.3	9195	4.2	9335	4.2
Західне узбережжя Південної Америки	3861	1.8	3719	1.7	3556	1.7	3761	1.7	3786	1.7
Південна Азія	18757	8.8	18629	8.7	19105	8.9	19465	8.9	19990	9.1
Південно-Східна Азія	26239	12.3	27828	12.6	27697	12.9	28055	12.8	27844	12.6
Південна Африка	9130	4.3	9379	4.4	10040	4.7	9621	4.4	9233	4.2
Західна Африка	12364	5.8	12637	5.9	12326	5.7	12354	5.7	12810	5.8
Західна Європа	19743	9.2	19720	9.3	19341	9.0	19655	9.0	20452	9.3
Всього:	213756	100	212930	100	215413	100	218521	100	220402	100

Щоб ефективно керувати ризиками, наслідками яких є морські аварії і катастрофи, необхідно спочатку зрозуміти основні причини їх виникнення, а потім оцінити та змоделювати ці ризики. Саме з такою метою ІМО розробила інструмент, званий Formal Safety Assessment (FSA), як структуровану та систематичну методологію, спрямовану на підвищення безпеки судноплавства, включаючи захист життя, здоров'я, морського середовища та власності, шляхом використання аналізу ризиків та оцінки рентабельності [11].

Ризик рекомендується описувати як комбінацію невизначеності та збитку, тобто ймовірності певного роду втрат. Зазвичай ризик розглядається як набір трьох елементів: 1) – сценарію (S), що передбачає можливе виникнення небажаної події; 2) – ймовірність (шанси) виникнення події (L); 3) – результат (наслідок) гіпотетичного сценарію (C):

$$R = R(S, L, C) \quad (1)$$

Мета дослідження полягає у формуванні спектру характерних чинників / змінних, що провокують виникнення аварійної ситуації, а отже ілюструють зв'язок між вхідними даними та сценарієм аварії, що може відбутися, дозволить оцінити ймовірність (шанси) її виникнення та відповідні ризики, а також встановити, яке саме судно чи операційна стратегія несуть менший ризик. При цьому вхідні дані визначатимуть чинники, пов'язані з суднами, що потрапили в аварії. Такими змінними можуть бути експлуатаційні умови та характеристики судна: прапор реєстрації, вік судна, місцезнаходження, час, тип судна,

погодні умови, інтенсивність судноплавства та людський чинник тощо [12–14 та ін.].

Розвиваючи мету дослідження, маємо також надати відповіді на такі питання:

1. Що таке структура оцінки ризиків і як вона будується? – буде використано для побудови моделі. Його результати вкажуть на фундаментальні змінні, які слід включити в дослідження.

2. Які найважливіші першопричини морської аварії? – допоможе описати початкові події сценарію аварії, тобто основні причини морської аварії. Емпіричні дані зі звітів ІМО будуть проаналізовані та допоможуть класифікувати сценарії.

3. Які операційні стратегії несуть менший ризик для судна? – пов'язане з наслідками морської аварії, допоможе визначити, до якого підходу слід пристосувати судновласника, щоб нести менший ризик.

Відповідно до рекомендацій FSA ризик визначається як результат консолідації між ймовірністю (P) і наслідками (C) конкретної події [21, 22].

$$R = P \Gamma C \quad (2)$$

Ризик – це можливість настання небажаних подій, що відбуваються за різними сцена-ріями [15]. Ризик нещасних випадків можна також визначити як комбінацію ймовірності та тяжкості ймовірних травм людини або пошкодження інфраструктури чи навколишнього середовища. Для кількісної оцінки вищезазначеного підходу FSA запропонувало індекс ризику (IP), який дорівнює добутку P і C:

$$\text{Risk index} = \log(\text{probability}) + \log(\text{consequence}) \quad (3)$$

Вади підходу (3) в тому, що можуть виникнути дві схожих ситуацій A та B з однако-вим IP, але тяжкість цих ситуацій може відрізнятися. Зокрема, якщо морський рух розглядати як систему, тоді ризик можна визначити як комбінацію трьох чинників S, L, C, що розглядалися вище у формулі (1). Товариство аналізу ризиків запропонувало модифіковане визна-чення ризику, де використовуватиметься триплет (C, Q, K), де C використовується для опису наслідків, Q є виміряною невизначеністю, вираженою у формі граничної можливості, а K поз-начає базові знання, на яких базуються C і Q. Що призвело до такої інтерпретації виразу (1):

$$R \sim \{S, L, C \setminus BK\}, \quad (4)$$

S – описує групу змінних, які пояснюють певний сценарій. Ці змінні можна модифікувати та змінювати їхній зв'язок один з одним на основі базових знань (BK) про аналіз; L – означає набір імовірностей, який пов'язаний з відповідними наслідками для конкретного сценарію та конкретного набору вхідних даних і припущень.

Запропоновано, основою базових знань (BK) вважати комбінацією розуміння (N) і знань (K), які можна використовувати для опису невизначеності системи. Знання (K) зосереджені на встановленні пропозиції, заснованої на фактах відчутних подій та надійних джерелах інформації. Розуміння (N) дозволяє різних фактів і вигадок. Таким чином аналітик може створювати нові сценарії та досліджувати нові ситуації та рішення [15–18].

Апостеріорні знання щодо аварій та катастроф мають бути використання в процедурі аналізу ризику з використанням байєсівських мереж переконань (BBN). Як ми пояснювали вище, загальний ризик попадання судна в аварії – це комбінація ймовірності сценарію аварії та відповідних наслідків. У цьому дослідженні за схемою, представленою на рис 1, було розглянуто сценарії аварій та катастроф, що були висвітлені у звітах ІМО [19–22].

У результаті проведеного аналізу був сформований перелік характерних чинників та змінних, що впливають, на виникнення морських аварій і катастроф.

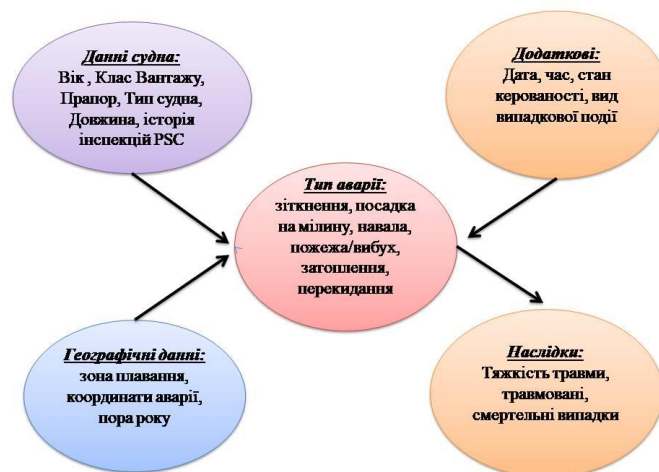


Рисунок 1 – Пропонована схема дослідження звітів ММО

Таблиця 3 – Характерні чинники / змінні, що можуть впливати на виникнення аварії, та їх наслідки

$Ч_i$	Зміст чинника небезпеки	$Ч_i$	Зміст чинника небезпеки	$Ч_i$	Зміст чинника небезпеки
1	2	3	4	5	6
$Ч_1$	Тип судна	$Ч_8$	Кількість екіпажу	$Ч_{15}$	Валова місткість судна
$Ч_2$	Категорія прапора	$Ч_9$	Зручний прапор	$Ч_{16}$	Зміна прапора
$Ч_3$	Зміна назви	$Ч_{10}$	Вік судна	$Ч_{17}$	Пора року
$Ч_4$	Час	$Ч_{11}$	Місце аварії	$Ч_{18}$	Умови експлуатації судна до аварії
$Ч_5$	Продуктивність інспекцій МоУ	$Ч_{12}$	Початкова подія	$Ч_{19}$	Тип аварії
1	2	3	4	5	6
$Ч_6$	Тяжкість постраждалих	$Ч_{13}$	Умови експлуатації судна після аварії	$Ч_{20}$	Травмовані
$Ч_7$	Смертельні випадки	$Ч_{14}$	Широта	$Ч_{21}$	Довгота

Висновок. Визначено, що ризик виникнення аварії / катастрофи є продуктом взаємодії трьох факторів S, L, C, ймовірності кожного типу аварії та пов'язаних з ними наслідків. Виходячи з огляду наукових та нормативних джерел, сформульовано представницький перелік з 21 характерного чинника, що можуть спровокувати виникнення аварії, і які мають бути враховані в системі керування безпекою судноплавства.

ЛІТЕРАТУРА

1. ICS | Shipping and World Trade. (n.d.). Retrieved May 2, 2019, from <http://www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-and-world-trade>.
2. Equasis Statistics – The World Fleet. <https://www.equasis.org/EquasisWeb/public/PublicStatistic>.
3. UNCTAD 2018 (p. 49). from https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf.
4. UNCTAD Handbook of Statistics 2022 – Fact sheet #14 Merchant fleet. https://unctad.org/system/files/official-document/tdstat47_FS14_en.pdf.
5. AIMS. (2015). What is a Marine Surveyor. Retrieved June 2, 2019, <https://www.amsa.gov.au/vessels-operators/incident-reporting/what-marine-incident>.
6. EMSA. (2023). Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2023. European Maritime Safety Agency, 1–135. Retrieved from <http://emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/3156-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2023.html>.

7. AGCS-Safety-Shipping-Review-2023. <https://commercial.allianz.com/content/dam/onemarketing/commercial/commercial/reports/AGCS-Safety-Shipping-Review-2023.pdf>.
8. Yang, B., Zhao, Z., & Ma, J. (2018). Marine accidents analysis based on data mining using K-medoids clustering and improved A priori algorithm. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 189(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/189/4/042006>.
9. Ponomaryova, V., Nosov, P., Ben, A., Popovych, I., Prokopchuk, Y., Mamenko, P., Dudchenko, S., Appazov, E., Sokol, I. (2024). Devising an approach for the automated restoration of shipmaster's navigational qualification parameters under risk conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 6–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296955>.
10. Маменко П. П., Рева О. М., Кириченко К. В. Напрями застосування моделей системного виявлення впливу людського чинника на безпеку мореплавства. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту» – Ізмаїл. ДІ НУ «ОМА», 8–9 грудня 2023 р.: – С. 293–298.
11. The Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process were approved in 2002 (MSC/Circ.1023/MEPC/Circ.392).
12. IMO. (2008). MSC-MEPC.3/Circ.3. Casualty-related matters reports on marine casualties and incidents.
13. Mazaheri, A., Montewka, J., & Kujala, P. (2014a). Modeling the risk of ship grounding - a literature review from a risk management perspective. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 13(2), 269-297. <https://doi.org/10.1007/s13437-013-0056-3>.
14. Маменко П. П., Рева О. М., Кириченко К. В. Напрями застосування моделей системного виявлення впливу людського чинника на безпеку мореплавства. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту» – Ізмаїл. ДІ НУ «ОМА», 8–9 грудня 2023 р.: – С. 293–298.
15. ISO 31000:2018 – Risk management -- Guidelines. (n.d.). Retrieved July 17, 2019, from <https://www.iso.org/standard/65694.html>.
16. Haimes, Y. Y. (2009). On the complex definition of risk: A systems-based approach. *Risk Analysis*, 29(12), 1647-1654. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2009.01310.x>.
17. Aven, T. (2010). On how to define, understand and describe risk. *Reliability Engineering and System Safety*, 95(6), 623–631.
18. Kaplan, S; Garrick, J. (1981). On The Quantitative Definition of Risk Stanley Kaplan and B. John Garrick. 2 Received July. *The Annals of Occupational Hygiene*, 24(I), 245–248.
19. Montewka, J., Ehlers, S., Goerlandt, F., Hinz, T., Tabri, K., & Kujala, P. (2014). A framework for risk assessment for maritime transportation systems – A case study for open sea collisions involving RoPax vessels. *Reliability Engineering and System Safety*, 124, 142–157. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2013.11.014>.
20. Aven, T. (2011). On Some Recent Definitions and Analysis Frameworks for Risk, Vulnerability, and Resilience. *Risk Analysis*, 31(4), 515–522. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01528.x>.
21. Gurning, S. & Cahoon, S. Analysis of multi-mitigation scenarios on maritime disruptions. *Maritime Policy & Management. The flagship journal of international shipping and port research*. Volume 38, 2011 – Issue 3. Pages 251–268. doi.org/10.1080/03088839.2011.572701.
22. DNV's Research Review 2022. <https://www.dnv.com/research/review-2022/index.html>.