МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МОРСЬКОГО ФЛОТУ

Кафедра «Навігація і керування судном»

АНАЛІЗ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ

Конспект лекцій

Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз та оцінювання ризиків на морському та внутрішньому водному транспорті»
для здобувачів очної (денної) та заочної форм навчання 1 року навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти
Спеціальність J5 – Морський та внутрішній водний транспорт
Спеціалізація J5.01 – Навігація і управління морськими суднами

Одеса– 2026

Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз та оцінювання ризиків на морському та внутрішньому водному транспорті» розроблено на основі освітньо-професійної програми «Безпека судноплавства» та відповідних навчальних планів для здобувачів очної (денної) та заочної форм навчання 1 року навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціалізацією J5.01 «Навігація і управління морськими суднами» спеціальністю J5 «Морський та внутрішній водний транспорт», галузі знань J «Транспорт та послуги».

Рекомендовано до друку:

кафедрою «НКС» ННІМФ ОНМУ протокол № 6 від 26.05.2026 р.

ВР ННІМФ ОНМУ протокол № 1 від 24.06.2026 р.

Автор:

РОССОМАХА Олена Ігорівна — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Навігація і керування судном», Одеський національний морський університет, Одеса, Україна;

Рецензент:

КАЛІНІЧЕНКО Євгеній Володимирович — капітан далекого плавання, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедрою кафедри «Навігація і керування судном» Одеський національний морський університет, Одеса, Україна;

Аналіз та оцінювання ризиків на морському та внутрішньому водному транспорті. Конспект лекцій. / О.І. Россомаха – 141 с.

Конспект лекцій призначений для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності J5 «Морський та внутрішній водний транспорт» та може бути корисним для науково-педагогічних працівників, судноводіїв, фахівців судноплавних компаній і всіх, хто займається питаннями управління безпекою та ризиками в морській галузі.

УДК

© О.І. Россомаха,
НКС ННІМФ ОНМУ 2026

ЗМІСТ

Вступ 5
ТЕМА 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ РИЗИКІВ У СУДНОПЛАВСТВІ 6
1.1 Поняття та класифікація ризиків у морській галузі 6
1.2 Розвиток концепцій управління ризиками в судноплавстві 8
Контрольні питання до теми 1 13
ТЕМА 2. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ У СУДНОПЛАВСТВІ 15
2.1 Системний підхід до аналізу ризиків 15
2.2 Методи ідентифікації та аналізу ризиків у судноплавстві 20
2.3 Інструменти аналізу першопричини 25
Контрольні питання до теми 2 30
ТЕМА 3. МЕТОДИ ОЦІНКИ МОРСЬКИХ РИЗИКІВ 31
3.1. Процес оцінки ризиків 31
3.2 Якісні методи оцінки ризиків 32
3.4 Кількісні методи оцінки ризиків 35
Контрольні питання до теми 3 48
ТЕМА 4. МОДЕЛЮВАННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ІНЦИДЕНТІВ ТА АНАЛІЗ І ОЦІНКА ЇХ НАСЛІДКІВ 49
4.1 Теоретичні засади управління навігаційними ризиками 49
4.2 Методи оцінки навігаційних ризиків 51
4.3 Моделювання навігаційних інцидентів 53
4.4 Методи та інструменти моделювання аварійних ситуацій 57
4.5 Аналіз наслідків навігаційних інцидентів 60
4.6 Використання результатів моделювання для підвищення безпеки судноплавства 63
Контрольні питання до теми 4 66
ТЕМА 5. ЛЮДСЬКИЙ ЕЛЕМЕНТ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ 68
5.1 Концепція Human Element у судноплавстві. 68
5.2 Класифікація людських помилок 73
5.3 Втома, стрес та ситуаційна обізнаність 75
5.4 Crew Resource Management (CRM) 77
5.5 Запобігання помилкам судноводія 80

Контрольні питання до теми 5 83
ТЕМА 6. УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ РИЗИКАМИ СУДНА 84
6.1 Технічні ризики в експлуатації суден 84
6.2 Надійність суднових технічних систем 86
6.3 Планово-попереджувальне технічне обслуговування 89
6.4 Plan Maintenance System (PMS). Предиктивне технічне обслуговування та цифрові технології. Роль PMS у системі управління безпекою 92
6.5 Risk-Based Inspection (RBI) як інструмент управління технічними ризиками судна 97
Контрольні питання до теми 6 100
ТЕМА 7. МІЖНАРОДНЕ РЕГУЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В СУДНОПЛАВСТВІ 102
7.1 Міжнародна система забезпечення безпеки судноплавства 102
7.2 Роль SOLAS в управлінні ризиками 104
7.3 ISM Code та ризик-орієнтований підхід 107
7.4 Вимоги STCW щодо людського елемента. MARPOL та управління екологічними ризиками 110
7.5 Відповідальність судноплавної компанії та капітана 112
Контрольні питання до теми 7 116
ТЕМА 8. РИЗИКО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СУДНОВОДІННІ 119
8.1 Принципи ризико-орієнтованого управління. 119
8.2 Концепція ALARP 121
8.3 Dynamic Risk Assessment 124
8.4 Прийняття рішень в умовах невизначеності 126
8.5 Системи підтримки прийняття рішень на містку 129
8.6 Кіберризики у сучасному судноплавстві та підходи до їх управління 132
8.7 Цифрові двійники та штучний інтелект в управлінні ризиками. Перспективи автономного судноплавства 134
Контрольні питання до теми 8 137
Література 140

ВСТУП

Сучасний морський та внутрішній водний транспорт функціонує в умовах високої інтенсивності перевезень, стрімкого розвитку технологій, посилення екологічних вимог і зростання рівня автоматизації суднових систем. Безпечна експлуатація суден сьогодні залежить не лише від технічної справності обладнання чи професійної підготовки екіпажу, а й від здатності своєчасно виявляти, оцінювати та контролювати ризики, які виникають у процесі судноплавної діяльності. У зв'язку з цим ризик-орієнтований підхід став одним із ключових принципів сучасної системи управління безпекою на морському та внутрішньому водному транспорті.

Міжнародна морська організація, класифікаційні товариства, адміністрації прапора та провідні судноплавні компанії дедалі ширше впроваджують методи аналізу та оцінювання ризиків під час розроблення нормативних вимог, організації експлуатації флоту, технічного обслуговування суден, підготовки екіпажів і планування морських перевезень. Такий підхід дозволяє не лише реагувати на наслідки аварій та інцидентів, але й здійснювати їх попередження шляхом систематичного виявлення потенційних небезпек та розроблення ефективних заходів контролю.

Дисципліна «Аналіз та оцінювання ризиків на морському та внутрішньому водному транспорті» спрямована на формування у здобувачів вищої освіти системного розуміння природи ризиків у судноплавстві, сучасних методів їх ідентифікації, аналізу та оцінювання, а також принципів прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності. Особлива увага приділяється вивченню взаємозв'язку технічних, організаційних, природних та людських чинників, що впливають на рівень безпеки морських перевезень.

У конспекті розглянуто теоретичні основи ризикології, системний підхід до аналізу небезпек, сучасні якісні та кількісні методи оцінювання ризиків, моделювання навігаційних інцидентів, роль людського елемента у виникненні аварійних ситуацій, управління технічними ризиками суден, міжнародне нормативне регулювання у сфері безпеки судноплавства та ризик-орієнтовані підходи до прийняття рішень. Окрему увагу приділено сучасним тенденціям розвитку морської галузі, зокрема цифровізації, кібербезпеці, використанню штучного інтелекту та цифрових двійників у системах управління ризиками.

Матеріал конспекту ґрунтується на положеннях міжнародних конвенцій і кодексів ІМО, рекомендаціях галузевих організацій, сучасних наукових дослідженнях та практичному досвіді управління безпекою мореплавства. Його зміст орієнтований на формування професійних компетентностей, необхідних майбутнім фахівцям для ефективного забезпечення безпечної експлуатації суден, організації роботи екіпажів та прийняття обґрунтованих рішень у складних виробничих ситуаціях.

ТЕМА 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ РИЗИКІВ У СУДНОПЛАВСТВІ

1.1 Поняття та класифікація ризиків у морській галузі

Перш ніж розглядати механізми управління ризиками у сфері судноплавства, необхідно чітко визначити саме поняття ризику в контексті морської індустрії.

У загальному розумінні ризик – це імовірність настання подій, що можуть спричинити збитки або інші негативні наслідки. У морському секторі це, зокрема, можуть бути аварії суден, технічні несправності, затримки в доставці, пошкодження вантажу, травмування екіпажу або шкода довкіллю. Таким чином, ризик пов'язаний із невизначеністю та можливістю негативного розвитку подій, які впливають на безпеку, ефективність та стабільність морської діяльності.

Проте таке загальне тлумачення не охоплює всієї складності ризиків у морському середовищі. У реальності ризики морських перевезень мають різноманітне походження – від технічного стану судна і професійності екіпажу до кліматичних умов і глобальних політичних змін. Часто ці фактори взаємодіють: несправність навігаційного обладнання може призвести до посадки судна на мілину, що, у свою чергу, може спричинити екологічну катастрофу через розлив пального. Тому управління ризиками у морській галузі потребує системного підходу, який враховує взаємозв'язок загроз.

Для кращого розуміння ризиків у морському транспорті доцільно проаналізувати основні типи ризиків, що класифікуються за джерелами походження:

1. **Операційні ризики** – охоплюють інциденти, пов'язані з повсякденною експлуатацією суден: аварії, пожежі, зіткнення, поломки, посадки на мілину. Ці ризики можуть виникати внаслідок технічних збоїв, помилок персоналу або складних метеоумов. До цієї категорії належать також ризики, пов'язані з вантажними операціями – наприклад, пошкодження або втрата вантажу, порушення строків доставки тощо.
2. **Екологічні ризики** – пов'язані з використанням морських просторів і потенційним негативним впливом на екосистеми. Це може бути викид нафти, хімікатів, баластних вод, викиди забруднювальних речовин у повітря або розповсюдження інвазивних видів. Подібні інциденти не лише завдають шкоди довкіллю, а й несуть суттєві іміджеві та економічні втрати для судновласників.
3. **Правові та регуляторні ризики** – виникають у зв'язку з дотриманням численних міжнародних і національних норм. Недотримання законодавства з питань безпеки, охорони праці або екології може призвести до серйозних штрафів, затримки суден і навіть заборони на їхню експлуатацію. Зміни у правовому середовищі здатні радикально змінити економіку морських перевезень.
4. **Фінансові та ринкові ризики** – охоплюють усі коливання, пов'язані з ринковими умовами: зміна фрахтових ставок, цін на паливо,

вартість будівництва або купівлі суден, валютні коливання. Сюди ж належать ризики неплатежів, проблеми з фінансуванням, боргове навантаження.

5. **Геополітичні ризики** – пов'язані з подіями міжнародного масштабу, які впливають на стабільність судноплавства: війни, торговельні санкції, піратство, закриття транспортних маршрутів, напруження в окремих регіонах.

6. **Кадрові ризики** – виникають із впливу людського елементу. Низький рівень кваліфікації, втома, психофізіологічне навантаження, проблеми зі здоров'ям членів екіпажу можуть призводити до серйозних інцидентів. Це вимагає постійного підвищення рівня підготовки персоналу та контролю за умовами праці.

Окрім переліченого, існують і альтернативні класифікації ризиків – наприклад, розділення на *внутрішні й зовнішні*, *коротко- й довгострокові*, *ризики безпеки* та *ризики для бізнесу*. Або розділення на природні, технічні та людські (табл. 1). Кожен із підходів має своє практичне значення залежно від поставлених цілей.

Таблиця 1 – Класифікації навігаційних ризиків

Тип ризику	**Приклади**		**Наслідки**	**Приклади**
Природні	Шторми, айсберги, течії, тумани, вітер	Неконтрольовані. Пов'язані з навігаційною обстановкою: вітер, течії, глибина. Потребують постійного моніторингу за допомогою метеослужб, супутників, систем VTS.	Втрата керування, аварійна посадка, зіткнення	Випадок «Titanic» (1912), зіткнення з айсбергом
Технічні	Відмова ГЕУ, РЛС, ECDIS	Виникають через зношення обладнання, брак обслуговування, проектні помилки. Зменшуються за допомогою регулярного технічного огляду, сертифікації (наприклад, SOLAS, MARPOL).	Втрата навігації, аварійна зупинка	Пожежа на «MV X-Press Pearl» (2021), через несправність систем безпеки
Людські	Втома екіпажу, помилки штурмана, стрес	Найчастіше пов'язані з людським фактором: перевтома, необачність, неправильне управління. Міжнародні конвенції, зокрема STCW, зобов'язують країни забезпечувати кваліфікацію моряків.	Неправильне рішення, аварія	Катастрофа «Costa Concordia» (2012) – помилка капітана

Слід звернути увагу, що не всі ризики мають однакову критичність. Традиційно найбільше занепокоєння викликають саме операційні ризики, з огляду на масштаб можливих катастрофічних наслідків. Прикладами є загибель пасажирського лайнера "Титанік", аварія танкера "Sanchi" або екологічна катастрофа через розлив нафти з судна "Prestige". Внаслідок цього міжнародні організації, такі як ІМО, а також держави, класифікаційні товариства та судноплавні компанії, активно працюють над зменшенням і контролем таких ризиків.

Однак сучасний підхід передбачає необхідність урахування всього спектра ризиків, включно з економічними та політичними. Наприклад, фінансова криза судноплавної компанії може призвести до скорочення технічного обслуговування флоту, що автоматично підвищить рівень операційних ризиків. Так само, геополітична нестабільність здатна вплинути на ринок страхування, підвищити вартість охорони, змінити логістику поставок. Це демонструє, що лише інтегроване бачення ризиків дозволяє будувати стійкі стратегії розвитку.

Ще один важливий елемент – це суб'єктивність сприйняття ризиків. Рівень загрози часто оцінюється через призму досвіду, психологічних установок, культури організації, наявної інформації. Іноді це призводить до переоцінки або недооцінки певних типів ризиків. Наприклад, ставлення до атомних суднових енергетичних установок часто залишається настороженим, незважаючи на відсутність статистичних підтверджень їхньої надмірної небезпеки.

Отже, ризики є органічною складовою всієї морської індустрії – від судновласників і екіпажів до регуляторних органів і портової інфраструктури. Усвідомлення цього факту є основою ефективної системи ризик-менеджменту. Стратегічне планування повинне ґрунтуватися на "ризик-орієнтованому мисленні", що дозволяє зважено приймати рішення на всіх рівнях управління – від капітана до топменеджменту.

Класифікація ризиків – це корисний інструмент для аналізу і структурування загроз, розподілу відповідальності та ресурсів. Водночас важливо пам'ятати, що жодна система класифікації не є абсолютною. Основне завдання полягає не в категоризації ризику, а у його реальній оцінці та впровадженні адекватних заходів у системі управління безпекою

1.2 Розвиток концепцій управління ризиками в судноплавстві

Питання управління ризиками не є новим для морської сфери. Впродовж усієї історії мореплавства людина намагалася забезпечити безпеку суден, вантажів та власного життя під час виходу в море. Однак способи мінімізації небезпек значно трансформувалися відповідно до розвитку технічних можливостей, зростання знань і зміни у розумінні природи ризику як такого.

На ранніх етапах розвитку морської справи безпека забезпечувалась на емпіричному рівні. Суднобудівники інтуїтивно надавали суднам таких форм,

які сприяли їхній стійкості та надійності. Капітани уникали небезпечних маршрутів, спираючись на досвід та погодні умови. Торговці, у свою чергу, зменшували втрати, розподіляючи ризики шляхом страхування вантажів. Тобто безпека досягалася за рахунок практичних заходів, заснованих на здоровому глузді та традиційному досвіді.

Із розвитком науки – математики, механіки, теорії ймовірностей – і накопиченням достовірної статистики щодо морських інцидентів, з'явилась можливість запровадження більш системних інженерних методів забезпечення безпеки судноплавства. У XVIII–XIX століттях були розроблені перші математичні моделі суден, теорії остійності, методи оцінки ризиків, що дозволило значно підвищити надійність конструкцій і механізмів.

Прорив у сфері управління ризиками відбувся на межі XIX–XX століть із початком широкомасштабної стандартизації. Швидке зростання обсягів міжнародної торгівлі, збільшення тоннажу суден та жорстка конкуренція потребували уніфікованих вимог до безпеки. Виникають класифікаційні товариства, які встановлюють технічні регламенти для будівництва і експлуатації суден. Приймаються перші міжнародні конвенції, що встановлюють вимоги до остійності, комплектування екіпажу, оснащення рятувальними засобами.

Однією з найвизначніших подій у сфері морської безпеки стала загибель пароплава «Титанік» у 1912 році. Ця трагедія продемонструвала обмеженість чинної системи безпеки й засвідчила потребу в глобальному підході до управління морськими ризиками. Саме після цього була прийнята перша Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (СОЛАС) у 1914 році. Відповіддю на катастрофу стало формування концепції «захисту від некомпетентності» (foolproof design), яка полягала у зменшенні впливу людського елемента через дублювання систем і автоматизацію суднових процесів.

Упродовж першої половини XX століття відбувалося формування нормативно-правової бази морської безпеки. З'являлися міжнародні документи, які регламентували вантажну марку, вимоги до кваліфікації екіпажу, правила уникнення зіткнень, сигнальну систему, порядок судноплавства тощо.

Після Другої світової війни в морському транспорті спостерігається бурхливий технологічний прогрес. Упровадження радарів, гірокомпасів, радіонавігаційних систем, засобів зв'язку та автоматизованого управління суттєво підвищило рівень безпеки. Проте виникає нова проблема – неготовність екіпажу до ефективного користування новітнім обладнанням. Часто аварії спричинялися саме помилками у застосуванні складної апаратури. Наприклад, були зафіксовані випадки зіткнень суден, оснащених радарами, через хибне тлумачення отриманих даних.

У 1960–1970-х роках почав формуватися системний підхід до управління ризиками. Він базувався на уявленні про судно як соціотехнічну систему, в якій взаємодіють технічні, людські, організаційні та середовищні

компоненти. Кожен з них може бути джерелом ризику і впливати на стійкість системи загалом.

Для ілюстрації можна розглянути наступну ситуацію: на судні вийшло з ладу навігаційне обладнання (технічний момент), екіпаж намагається перейти на резервну систему, однак з'ясовується, що вона не проходила планової перевірки (організаційна складова). Судно знаходиться у зоні інтенсивного руху, а капітан, перебуваючи під психологічним тиском через відсутність точних навігаційних даних, приймає хибне рішення (людський елемент). У поєднанні з несприятливими погодними умовами (зовнішнє середовище) це призводить до навігаційного інциденту.

Таким чином, сучасне управління ризиками в судноплавстві базується на інтегрованому підході, що враховує всі компоненти судноплавної системи, їхню взаємодію та здатність генерувати ризики. Еволюція цього підходу триває, відповідаючи на виклики нових технологій, змін у регуляторному полі та глобальних тенденцій безпеки.

Як видно з наведеного прикладу, інцидент став наслідком не одного ізольованого порушення, а сукупності взаємопов'язаних відмов та несприятливих обставин у різних підсистемах судна. Такий сценарій яскраво демонструє обмеженість традиційного підходу до управління ризиками, який зосереджується на виявленні окремих "вузьких місць". Він неспроможний своєчасно ідентифікувати подібні комплексні ситуації. Натомість, саме системний аналіз ризиків, що враховує всі критично важливі компоненти та їхню взаємодію, дозволяє забезпечити ефективну протидію загрозам.

Одним із ключових принципів системного підходу є проактивність, тобто превентивне розпізнавання та усунення потенційних джерел небезпеки до того, як вони призведуть до негативних наслідків. На відміну від реактивного підходу, який зосереджується на реагуванні після виникнення інциденту, проактивна стратегія спрямована на попередження ризиків. У науковій літературі проактивний підхід визначається як система упереджувальних дій, що мінімізують виробничі ризики, тоді як реактивний обмежується ліквідацією наслідків уже скоєних подій.

Для кращого розуміння розглянемо приклад двох підходів до пожежної безпеки на судні:

- **Реактивна модель** передбачає гасіння пожежі після її виникнення, проведення розслідування і внесення змін до системи безпеки на основі висновків з інциденту. Такий підхід базується на навчанні через досвід, однак супроводжується значними матеріальними збитками, а подекуди – й людськими жертвами.
- **Проактивна модель**, навпаки, передбачає регулярну оцінку потенційних пожежних загроз, аналіз шляхів поширення вогню та чинників, які впливають на ефективність виявлення й ліквідації пожеж. За результатами такої оцінки вживаються заходи щодо поліпшення пожежної ізоляції, вентиляційних систем, навчання екіпажу, стратегічного розміщення засобів

гасіння тощо. Ефективність цих дій систематично перевіряється під час навчань і аудитів, що суттєво знижує імовірність серйозної аварії.

Принципи системності та проактивності нерозривно пов’язані з ще одним важливим аспектом сучасного підходу до ризик-менеджменту – безперервністю. Суть полягає в тому, що робота з ризиками має здійснюватися не епізодично, а постійно, інтегруючись у всі рівні функціонування судноплавної компанії. Управління ризиками передбачає циклічний процес: виявлення загроз, розробка запобіжних заходів, їх реалізація та моніторинг результатів.

Цей принцип можна проілюструвати аналогією з чергуванням на капітанському містку. Під час проходження вузьких або інтенсивно навантажених морських шляхів, особливо за умов обмеженої видимості, вахтовий помічник капітана не має права на неуважність – він постійно контролює прилади, підтримує зв'язок з іншими суднами, своєчасно коригує курс. Якщо на радарі з’являється небезпечна ціль, відразу вживаються заходи для уникнення зіткнення. Усі члени вахти діють узгоджено, усвідомлюючи критичну важливість кожного елементу у забезпеченні безпеки.

Такий же підхід повинен бути реалізований у масштабах усієї компанії. Кожен структурний підрозділ – технічний, фінансовий, кадровий, комерційний – несе відповідальність за управління ризиками у своїй галузі, водночас забезпечуючи тісну координацію з іншими підрозділами. Спільна мета – забезпечення безпечного, ефективного та безперервного функціонування флоту.

Морська індустрія стрімко ускладнюється, стає дедалі технологічнішою, динамічнішою та взаємозалежною. Зростання вимог з боку регуляторів, суспільства та ринку обумовлює необхідність відмови від застарілих підходів, заснованих на формальному дотриманні мінімальних стандартів. Натомість набуває актуальності нова парадигма управління ризиками, яка потребує не лише нових інструментів, але й кардинальної трансформації організаційної культури – від верхівки до кожного члена екіпажу.

Успішне впровадження такої моделі потребує залучення всіх зацікавлених сторін. Працівники, які безпосередньо працюють із ризиками – моряки, техніки, вантажники – найкраще обізнані з вразливими місцями в системі. Важливо створити ефективну комунікаційну систему, яка дає змогу оперативно передавати інформацію про загрози вгору по організаційній ієрархії. Так само критичним є зворотній зв'язок – донесення до персоналу рішень керівництва, пояснення політик, цілей і планів у сфері безпеки.

Вагому роль у розвитку системного і проактивного підходу до безпеки відіграє Міжнародна морська організація (ІМО). Починаючи з 1990-х років, ІМО послідовно впроваджує інструменти, що сприяють формуванню сучасної культури управління ризиками:

- **Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню (МКУБ)** – вимагає запровадження системи управління безпекою, що охоплює всі аспекти морських операцій.

- **Formal Safety Assessment (FSA)** – структурована методологія для виявлення небезпек, аналізу ризиків і оцінки ефективності запобіжних заходів.
- **Кодекс розслідування морських аварій та інцидентів** – передбачає комплексне і неупереджене дослідження причин інцидентів з метою навчання й удосконалення систем безпеки.
- **Система довготривалої ідентифікації суден (LRIT)** та **механізми портового контролю** – дозволяють здійснювати дистанційний моніторинг суден і оперативно виявляти потенційні загрози.

Хоча впровадження цих інструментів є поступовим і вимагає значних ресурсів, досвід провідних компаній підтверджує їхню ефективність. Статистика свідчить про зниження кількості інцидентів, підвищення рівня підготовки екіпажу та зростання готовності флоту.

Таким чином, у морській галузі відбувається поступовий перехід від традиційної моделі "дотримання і контроль" до сучасної філософії "безперервного вдосконалення". Провідні морські держави та глобальні компанії вже зробили перші кроки в цьому напрямі. Проте для досягнення стійкого ефекту необхідно поширити кращі практики на весь сектор, включно з малими й середніми підприємствами та країнами, що розвиваються, де запровадження новітніх підходів часто стримується нестачею фінансів і досвіду.

Загальне усвідомлення того, що управління ризиками – це не факультативна опція, а критично важлива складова стійкого функціонування галузі у XXI столітті, повинно стати наріжним каменем нової культури безпеки. Саме формування системної, активної та всебічної моделі управління ризиками є ключем до забезпечення високих стандартів безпеки сучасного судноплавства.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ТЕМИ 1

1. Що таке навігаційний ризик у контексті морської індустрії?
2. Які основні типи ризиків класифікують у морській галузі за джерелами походження?
3. Які чинники можуть спричинити технічні ризики на судні?
4. Що таке операційні ризики? Наведіть приклади.
5. Які наслідки можуть мати екологічні ризики для морського середовища та судноплавної компанії?
6. Як проявляються правові та регуляторні ризики у судноплавстві?
7. У чому полягає суть фінансово-ринкових ризиків у морському транспорті?
8. Як геополітичні чинники можуть впливати на стабільність судноплавства?
9. Яким чином людський фактор проявляється як джерело ризику в судноплавстві?
10. Які приклади історичних аварій демонструють критичність операційних ризиків?
11. Що означає класифікація ризиків за природними, технічними чинниками та людським елементом?
12. Як розвивалась концепція управління ризиками в судноплавстві від емпіричних підходів до сучасних моделей?
13. Яке значення мала катастрофа «Титаніка» для розвитку міжнародних норм безпеки?
14. Що таке foolproof-дизайн і як він вплинув на проєктування суден?
15. У чому полягає суть системного підходу до управління морськими ризиками?
16. Наведіть приклад взаємодії технічних, людських, організаційних і зовнішніх чинників у навігаційному інциденті.
17. Як проактивний підхід до управління ризиками відрізняється від реактивного?
18. Чим відрізняються стратегії пожежної безпеки у проактивній і реактивній моделях?
19. Що означає принцип безперервності в управлінні морськими ризиками?
20. Яку роль відіграє ІМО у формуванні сучасної культури безпеки судноплавства?

21. Які функції виконує Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден (МКУБ)?

22. У чому полягає суть методології Formal Safety Assessment (FSA)?

23. Які інструменти застосовуються для контролю суден на міжнародному рівні?

24. Чому важливо формувати ризик-орієнтовану організаційну культуру в морській галузі?

25. Як забезпечити ефективну взаємодію структурних підрозділів судноплавної компанії у сфері ризик-менеджменту?

26. Чому системний і проактивний підхід вважаються перспективними у XXI столітті?

27. Які труднощі виникають при впровадженні сучасної системи управління ризиками у країнах, що розвиваються?

ТЕМА 2. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ У СУДНОПЛАВСТВІ

2.1 Системний підхід до аналізу ризиків

У сучасному морському транспорті осмислення природи ризиків базується на багатовимірному системному підході. У його основі – розгляд судна, екіпажу та компанії-оператора як єдиного цілого, в якому технічні, людські й організаційні компоненти функціонують у тісній взаємодії. Безпека плавання, таким чином, визначається не лише технічним станом судна, а й рівнем професійної підготовки персоналу, внутрішніми комунікаціями та організаційною структурою.

Аналіз морських катастроф свідчить: масштабні аварії рідко спричинені одним чинником. Найчастіше їх спричиняє складне поєднання різних факторів, які в сукупності створюють критичну ситуацію. Хрестоматійним прикладом є трагедія порома *«Естонія»* у 1994 році. Розслідування встановило цілу низку взаємозалежних причин катастрофи, серед яких:

- конструктивні недоліки носового візора, що дозволили хвилям зірвати його;
- складні гідродинамічні умови, які сприяли швидкому надходженню води на вантажну палубу;
- відсутність водонепроникних перегородок, що призвело до втрати остійності;
- перевантаження судна і порушення правил розміщення вантажу;
- недостатній досвід капітана в конкретному районі плавання;
- надмірна швидкість і вибір невдалого курсу щодо хвиль;
- несвоєчасна реакція екіпажу на критичні зміни положення судна;
- порушення у внутрішній комунікації між керівниками екіпажу;
- відмова частини пасажирів дотримуватись інструкцій щодо евакуації;
- конструктивні обмеження рятувальних засобів;
- загальна неготовність команди до екстрених дій.

Глибинною причиною трагедії стало небезпечне поєднання технічних недоліків і людських помилок із низкою зовнішніх несприятливих факторів. Жодна з цих умов окремо, ймовірно, не спричинила б катастрофи. Проте їх одночасна реалізація запустила фатальний сценарій подій. Така багатофакторна картина спостерігається і в інших морських аваріях останніх років – як-от зіткнення танкера *«Hebei Spirit»*, пожежа на автомобілевозі *«Cougar Ace»*, інцидент із *«Viking Sky»* біля узбережжя Норвегії.

Системний збій виявлено під час інциденту з нафтовим танкером *«Prestige»* у 2002 році. Незважаючи на критичні пошкодження корпусу, відсутність узгоджених дій між судновласником, урядами Іспанії, Португалії

та Франції не дозволила судну отримати доступ до найближчого порту. Це призвело до затоплення і масштабного забруднення узбережжя.

Нерідко за трагічними наслідками стоїть **людський елемент** – одна з найуразливіших ланок системи. Згідно з даними ІМО, до 75–80 % морських аварій прямо або опосередковано пов'язані з помилками екіпажу. Прикладом є інцидент із судном *«Bow Mariner»* (2004), де неправильне поводження з вибухонебезпечними парами в трюмі призвело до вибуху й загибелі 21 члена екіпажу. Подальше розслідування виявило низький рівень підготовки та недотримання процедур.

Зростає роль **організаційних факторів**. Наприклад, у випадку пожежі на контейнеровозі *«X-Press Pearl»* (2021) неподалік Коломбо основною причиною стало порушення процедур поводження з небезпечними вантажами. Це вказує на необхідність ретельного контролю системи документального супроводу, перевірки вантажів та підготовки екіпажу.

Зазначені приклади яскраво демонструють: розвиток аварій у морі часто відбувається за нелінійними моделями. За випадковістю і хаотичністю подій приховуються системні зв'язки між технічними збоями, помилками екіпажу, управлінськими прорахунками та впливом середовища.

Традиційні методи аналізу, які фокусуються на пошуку однієї причини (наприклад, технічного дефекту або помилки оператора), виявляються недостатніми. Натомість системний підхід вимагає всебічного аналізу усіх аспектів морської діяльності. Передусім це технічний стан судна – з урахуванням не лише його поточного функціонування, а й довгострокових змін, як-от знос, частота обслуговування, наявність запасних частин тощо.

Невід'ємною частиною системного аналізу є людський елемент – кваліфікація, фізичний і психологічний стан екіпажу, якість командної взаємодії. За даними міжнародної морської статистики, до 80 % інцидентів у морі пов'язані саме з діями персоналу. Тому критичну роль відіграють підготовка екіпажу, уміння діяти в кризових умовах, здатність приймати рішення в умовах невизначеності.

Організаційні фактори включають структуру управління компанії, логістику постачання, ефективність внутрішніх процедур, політику щодо безпеки, розподіл відповідальності між береговим і судновим персоналом.

Проактивне управління ризиками – ще один наріжний камінь системного підходу. Компанії повинні виявляти потенційно небезпечні ситуації ще до виникнення інцидентів, впроваджуючи регулярні огляди, аудит, аналіз передумов до аварій.

Не менш важливо постійно моніторити стан безпеки: відстежувати технічні показники, професійний рівень екіпажів, виконання процедур. Це дозволяє оперативно виявляти ризики, ухиляючись від їх матеріалізації.

Таблиця – Класифікація типових ризиків у судноплавстві

Категорія ризику	**Приклади**	**Джерело/приклад**
Технічні	Відмова систем навігації, знос механізмів, конструктивні вади	Інцидент із судном *MOL Comfort* (2013)
Людські	Помилки екіпажу, втома, низька кваліфікація, психологічне вигорання	Аварія *Costa Concordia* (2012)
Організаційні	Недоліки управління, нечіткі процедури, слабка комунікація	Пожежа на *MV X-Press Pearl* (2021)
Середовищні	Погодні умови, стан навігаційного середовища, інтенсивність трафіку	Навал *Viking Sky* (2019)
Цифрові (кібер)	Кібератаки, збій цифрових систем, компрометація даних	Атака *NotPetya* на *Maersk* (2017)

Особливого значення в системному підході набуває взаємодія між підсистемами управління: технічне обслуговування має бути узгодженим із графіками підготовки персоналу, логістика постачання – зі специфікою маршрутів. Також враховуються психологічні аспекти: вплив втоми, стресу, міжособистісних конфліктів на ефективність роботи екіпажу. Розвивається культура командної взаємодії, формуються установки, що орієнтовані на безпечну поведінку.

Системне мислення передбачає розуміння динаміки взаємодії ризиків у часі. Неоднозначні ситуації можуть виникати через незначні відхилення, які в комбінації з іншими чинниками призводять до серйозних подій. Отже, ризики слід оцінювати комплексно, у взаємозв’язку.

Ефективність системного підходу також залежить від здатності організації навчатися на досвіді – як власному, так і колективному (галузевому). Це передбачає не лише аналіз подій, а й впровадження кращих практик, обмін досвідом, участь у міжнародних ініціативах. Важливою є організаційна культура, яка заохочує відкритість і взаємне навчання.

Системний підхід до управління ризиками передбачає кілька рівнів аналізу та захисту:

- **Технічний рівень**: регулярна діагностика корпусу та механізмів, аналіз зносу, профілактика відмов.
- **Людський рівень**: підготовка екіпажу, робота з психологічними станами, виявлення «сліпих зон» у спілкуванні й прийнятті рішень.
- **Організаційний рівень**: управління інформаційними потоками, звітність, аудит, чіткий розподіл відповідальності.
- **Середовищний рівень**: адаптація до погодних умов, врахування навігаційної обстановки та навантаження на порти.

Традиційні показники безпеки, такі як кількість аварій чи травм, недостатні. Необхідно також аналізувати приховані симптоми – порушення процедур, затримки з обслуговуванням, частоту появи «майже аварійних»

ситуацій. Саме раннє виявлення таких індикаторів дозволяє уникнути катастроф.

Системне управління ризиками повинне також враховувати вплив ринкових чинників. Тиск на дотримання графіків, спроби мінімізувати витрати можуть прямо або опосередковано підривати рівень безпеки. Завдання менеджменту – забезпечити стійкий баланс між економічною доцільністю та збереженням безпечних стандартів.

Також враховуються зовнішні фактори: погодні умови, стан портової інфраструктури, інтенсивність судноплавства, зміни в законодавстві чи технічних регламентах. Все це впливає на ризик-профіль судноплавної діяльності.

У цьому контексті застосовують **модель бар'єрів безпеки**, або «швейцарський сир» (James Reason). Кожен бар'єр має свої вразливості, але система будується так, щоб прогалини не збігалися одночасно. Наприклад, навігаційні прилади, вахтові інструкції та навчання мають перекривати одне одного. Цю модель офіційно підтримує IMO в рамках стандарту Formal Safety Assessment (FSA).

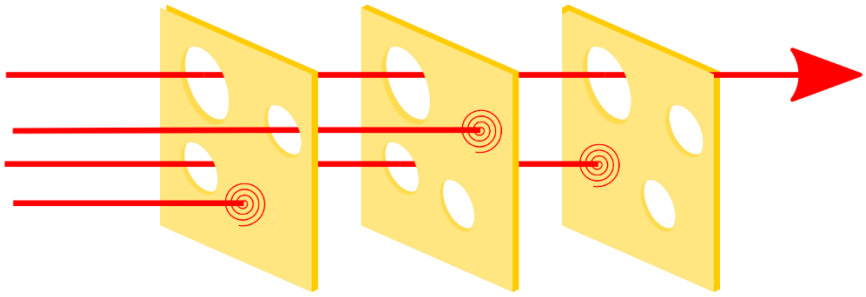


Рисунок 1 –Модель бар'єрів безпеки, або «швейцарський сир» (James Reason).

Модель швейцарського сиру показує, що, хоча небезпеку та нещасний випадок розділяють багато рівнів захисту, на кожному рівні є недоліки, які в разі збігу можуть призвести до нещасного випадку. На цій діаграмі три вектори небезпеки зупинені засобами захисту, але один проходить наскрізь у тому місці, де «дірка» є на кожному рівні захисту.

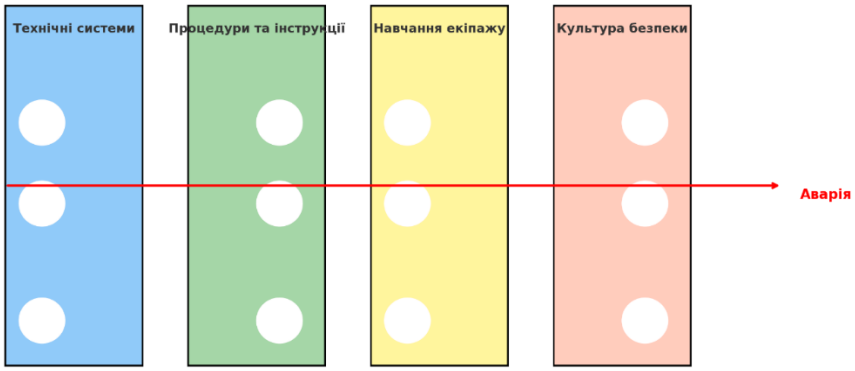


Рисунок – 2 Бар’єри безпеки (модель швейцарського сиру)

Важливою практикою системного підходу є **аналіз інцидентів не тільки після подій, а й на етапі передумов** (near misses). Компанії на зразок Maersk або NYK Line запроваджують цифрові системи моніторингу, які виявляють потенційні ризики на ранніх етапах, аналізуючи дані з ЕКНІС, машинних журналів, журналів нештатних подій.

Крім того, **цифровізація судноплавства** змінює саму природу ризиків. Наприклад, злам GPS-систем або кібератака на інтерфейси дистанційного керування можуть спричинити не менш критичні наслідки, ніж звичайна помилка навігації. У 2017 році компанія Maersk зазнала серйозних фінансових втрат через атаку вірусу NotPetya, що паралізувала логістичні операції по всьому світу.

Іншою складовою системного підходу є **організаційна культура безпеки** – її відсутність часто стає тлом для катастроф. Згідно з дослідженнями Det Norske Veritas (DNV), саме низький рівень safety culture спричиняє систематичне ігнорування процедур та відсутність зворотного зв'язку між екіпажем і менеджментом.

Інтеграція системного мислення в управління ризиками потребує:

- створення внутрішніх процедур оцінки ризиків;
- навчання персоналу відповідно до принципів BRM (Bridge Resource Management);
- обміну інформацією між суднами і береговими офісами;
- участі в міжнародних ініціативах (наприклад, IMO Global Integrated Shipping Information System – GISIS).

Забезпечення **ефективного системного підходу** неможливе без залучення зовнішніх зацікавлених сторін – класифікаційних товариств, страхових компаній, портових адміністрацій, національних морських агентств. Важливими інструментами є спільні навчання, морські симулятори, цифрові близнюки (digital twins) суден.

Сучасне бачення безпеки також ґрунтується на концепції **багаторівневого захисту** (safety barriers). Технічні, процедурні та організаційні бар'єри працюють разом, створюючи захисну систему, де відмова одного компонента не призводить до катастрофи.

Ключовим елементом системного підходу є також аналіз подій з урахуванням не лише безпосередніх, а й глибинних причин. Результати таких досліджень лягають в основу корекції політик, модернізації обладнання, навчання персоналу.

Успішне впровадження системного підходу передбачає участь усіх рівнів персоналу – від рядових матросів до керівництва. Кожен повинен усвідомлювати свою роль у забезпеченні безпеки. Відкрита комунікація між екіпажем і береговим персоналом – важливий фактор ефективного управління ризиками.

Окрема увага приділяється формуванню **культури безпеки** – атмосфери, де безпека визнається пріоритетною цінністю. У таких організаціях персонал вільно повідомляє про проблеми, а керівництво демонструє прихильність до вдосконалення системи.

Впровадження системного підходу потребує значних ресурсів. Але витрати на запобігання аваріям не лише економічно доцільні, а й є умовою довгострокової стабільності бізнесу. Втрати від інцидентів можуть бути величезними – фінансово, репутаційно та юридично.

Сучасні виклики – цифровізація, автоматизація, дистанційне керування – вимагають нових підходів до контролю ризиків. Водночас ці технології відкривають нові можливості для прогнозування і запобігання інцидентам. Отже, системний підхід дозволяє створити ефективну, адаптивну і стійку модель управління ризиками в морській галузі, що здатна не лише реагувати на виклики, а й попереджати їх.

2.2 Методи ідентифікації та аналізу ризиків у судноплавстві

Процес ідентифікації та аналізу ризиків є фундаментальним елементом системи управління ризиками в морській галузі. Ефективність наступних етапів оцінювання ризиків і розроблення заходів з їхнього контролю перебуває в прямій залежності від повноти і точності первинної ідентифікації потенційних джерел небезпеки.

Сучасна методологія управління ризиками надає фахівцям комплексний інструментарій, що забезпечує можливість систематичного і всебічного аналізу факторів ризику в морській діяльності. Доцільно провести детальний розгляд найпоширеніших та найефективніших методологічних підходів до ідентифікації та аналізу ризиків, що застосовуються в практиці морської галузі.

Таблиця 3 – Порівняльна таблиця методів аналізу ризиків

Метод	Основне призначення	Переваги	Обмеження	Типові сфери застосування
Brainstorming	Генерація ідей	Швидкість, міждисциплінарність	Суб’єктивність, потреба в фасилітаторі	Початковий етап аналізу
Checklists	Систематизація ризиків	Простота використання	Застарілість, неповнота	Рутинні перевірки, аудит
ETA	Аналіз сценаріїв подій	Візуальність, логічна структура	Складність при великій кількості варіантів	Аналіз аварій

FMEA	Аналіз технічних відмов	Кількісна оцінка RPN	Не враховує послідовність відмов	Обладнання, системи автоматизації
Bow-Tie	Зв'язок причин і наслідків	Збалансоване подання ризиків	Обмежене представлення часової послідовності	Оцінка бар'єрів безпеки
RCA	Аналіз причин інцидентів	Глибокий аналіз проблем	Потребує досвіду	Розслідування НП
Делфі	Консенсус експертів	Анонімність, об'єктивність	Тривалість процесу	Прогнозування, стратегія

Метод мозкового штурму (brainstorming) – це групова техніка генерації ідей, яка стимулює творче мислення і дає змогу зібрати максимум інформації про можливі ризики за короткий час. Під час сесії мозкового штурму експерти з різних галузей (судноводіння, суднова механіка, управління персоналом тощо) пропонують свої ідеї про потенційні небезпеки, не піддаючи їх критиці або оцінці. Важливо створити атмосферу відкритості та довіри, щоб учасники почувалися вільно і могли висловлювати навіть найбільш нетривіальні припущення. Згодом зібрані ідеї структуруються, аналізуються і слугують відправною точкою для детальнішого оцінювання ризиків.

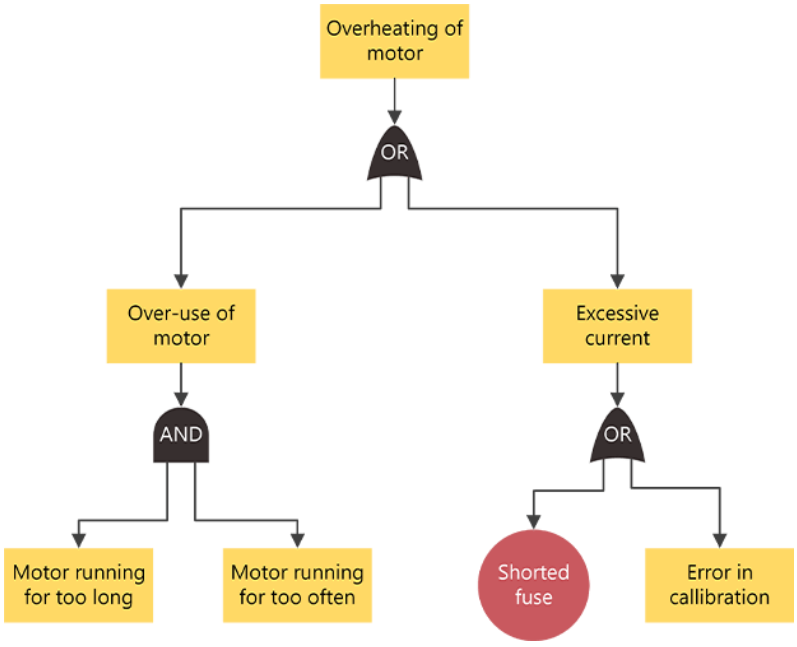
Метод контрольних списків (checklists) передбачає використання заздалегідь розроблених переліків факторів ризику, адаптованих до специфіки конкретної організації або операції. Такі списки можуть складатися на основі галузевих стандартів, накопиченого досвіду, результатів розслідування минулих інцидентів тощо. Послідовно перевіряючи наявність кожного з перерахованих чинників, ми можемо бути впевнені, що жодне значуще джерело небезпеки не залишиться поза увагою. Однак важливо розуміти, що чек-листи не є вичерпними і мають регулярно переглядатися й оновлюватися з урахуванням змін у технологіях, нормативній базі та умовах експлуатації суден.

Для поглибленого аналізу сценаріїв розвитку позаштатних ситуацій широко застосовується *метод дерева подій (Event Tree Analysis, ETA)*. По суті, це графічне представлення логіки розвитку аварії або інциденту, починаючи з події, що ініціює, і закінчуючи кінцевими станами системи. Кожна гілка дерева відображає певний шлях розвитку подій залежно від спрацьовування або відмови тих чи інших бар'єрів безпеки. Аналізуючи ймовірності реалізації різних сценаріїв, ми отримуємо наочну картину можливих наслідків і можемо зосередити зусилля на запобіганні найнебезпечніших із них.

Приклад:

Розглянемо пожежу на судні. Дерево подій може включати такі гілки:

- Початкова подія: Пожежа на вантажному судні.
- Гілка 1: Пожежа локалізована, система пожежогасіння спрацювала, наслідки мінімальні.
- Гілка 2: Пожежа поширюється, але екіпаж здатний її контролювати, наслідки помірні.
- Гілка 3: Пожежа вийшла з-під контролю, вимагає втручання рятувальних служб, наслідки серйозні.
- Гілка 4: Пожежа призвела до вибуху та затоплення судна, наслідки катастрофічні.



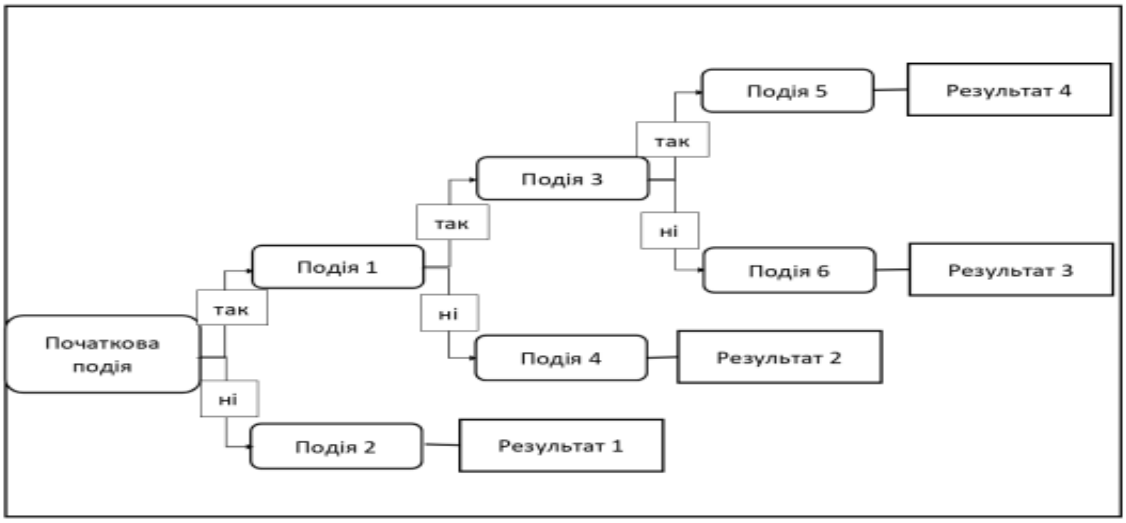


Рисунок 3 – Приклад *дерева подій (Event Tree Analysis, ETA)*

Метод аналізу видів і наслідків відмов (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) дає змогу системно дослідити потенційні збої устаткування або помилки персоналу та оцінити їхній вплив на працездатність системи в цілому. Для цього кожен компонент системи розбирають на складові, для яких визначають можливі види відмов, їхні причини, наслідки та способи виявлення. Результати FMEA зазвичай подають у вигляді таблиці, де кожному виду відмови присвоюють кількісну оцінку критичності (Risk Priority Number, RPN), що враховує ймовірність виникнення, тяжкість наслідків і ймовірність виявлення. Це дає змогу розставити пріоритети і сфокусувати увагу на найбільш критичних ризиках.

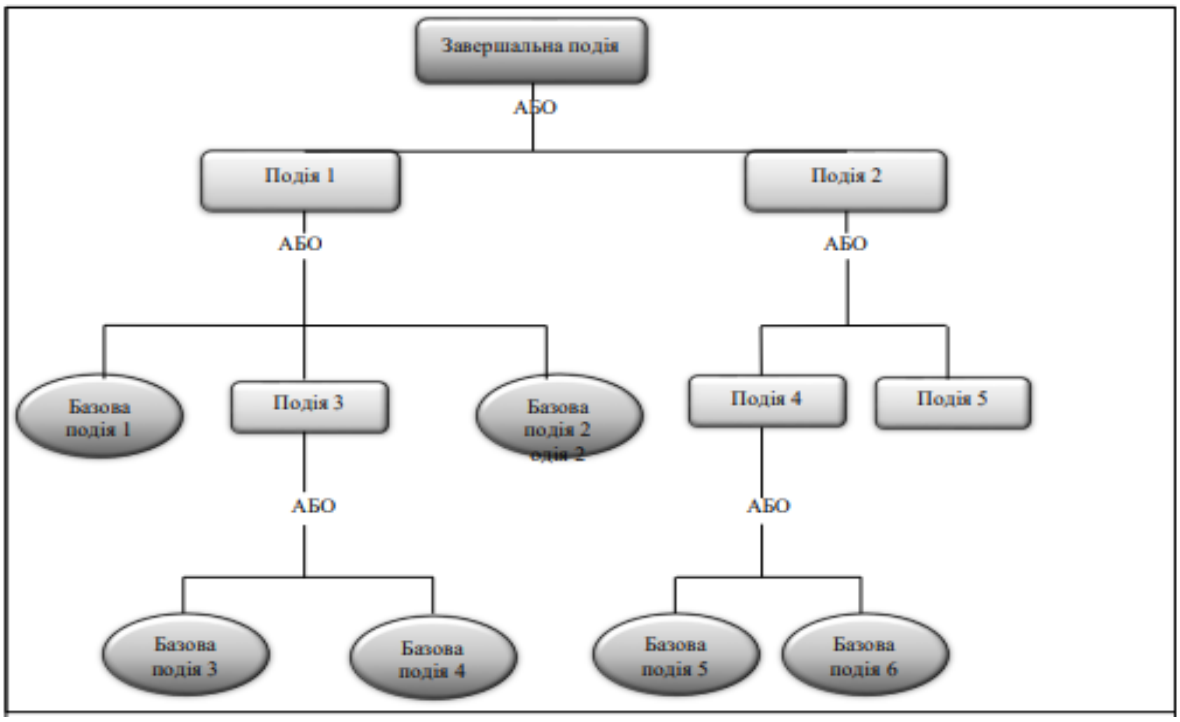


Рисунок 4 – Приклад діаграми дерева відмов

Окремої згадки заслуговує *метод аналізу "краватка-метелик" (Bow-Tie Analysis, рис. 1)*, що об'єднує в собі елементи дерева відмов і дерева подій. Графічне зображення нагадує краватку-метелика, у центрі якої знаходиться небажана подія (наприклад, розлив нафти). Ліва частина діаграми являє собою дерево відмов і відображає комбінації чинників, що призводять до цієї події, а права – можливі траєкторії розвитку подій після неї. Таке подання дає змогу отримати цілісне уявлення про причинно-наслідкові зв'язки та можливі заходи контролю ризиків.



Рисунок 5 – Метод аналізу «краватка-метелик» (Bow-Tie Analysis)

Ще одним корисним інструментом є *метод аналізу першопричин (Root Cause Analysis, RCA)*, націлений на виявлення глибинних причин інцидентів і невідповідностей, що сталися. На відміну від традиційного розслідування, яке часто обмежується встановленням безпосередніх причин і винних осіб, RCA передбачає постановку запитання «чому?» доти, доки не буде виявлено фундаментальні чинники, що лежать в основі проблеми. Це можуть бути недоліки в організаційній структурі, процедурах, навчанні персоналу, корпоративній культурі тощо. Усунення першопричин дає змогу запобігти повторенню подібних інцидентів у майбутньому і тим самим підвищити загальний рівень безпеки.

Метод аналізу першопричини – це структурований і організований підхід, який використовується для виявлення та вирішення проблем в організації.

Цей метод, також відомий як «аналіз першопричини», використовує спеціальні методи для виявлення основних причин проблем. Це виходить за рамки симптомів поверхневого рівня, щоб дістатися до кореня проблеми. Використовуючи цю техніку, організації можуть визначити основні фактори, що сприяють виникненню проблем, і розробити ефективні рішення.

Цей підхід є частиною ширшої методології, яка наголошує на розумінні та пом’якшенні основних причин, щоб запобігти повторенню проблем і сприяти постійному вдосконаленню.

Переваги аналізу першопричини

- **Запобігання проблем:** Метод аналізу першопричини допомагає визначити основні причини проблем, дозволяючи організаціям впроваджувати профілактичні заходи. Усунувши першопричини, організації можуть завчасно запобігти повторенню проблем, зменшуючи ймовірність майбутніх проблем.

- **Покращене прийняття рішень:** Метод аналізу першопричини забезпечує глибше розуміння факторів, що спричиняють проблеми, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення. Організації можуть приймати більш стратегічні та ефективні рішення, враховуючи основні причини, що веде до кращого розподілу ресурсів і довгострокових рішень.
- **Розширені можливості вирішення проблем:** Систематичний підхід RCA розвиває надійні навички вирішення проблем у командах. Він заохочує до ретельного аналізу, розширює можливості ефективної навігації в викликах і сприяє розвитку культури постійного вдосконалення.
- **Ефективна оптимізація процесу:** Пошук першопричин за допомогою методу аналізу першопричини дозволяє оптимізувати операції. Це веде до підвищення ефективності, зменшення відходів і підвищення продуктивності, оскільки команди зосереджуються на вирішенні основних проблем у своєму робочому процесі.

2.3 Інструменти аналізу першопричини

Для ефективного впровадження методу аналізу першопричини використовуються різні інструменти для систематичного дослідження та розуміння факторів, що сприяють виникненню проблем. Тут ми розглянемо п’ять основних інструментів, які широко використовуються для методу аналізу першопричини.

1. Діаграма риб’ячої кістки (діаграма Ісікави або діаграма причинно-наслідкових зв’язків):

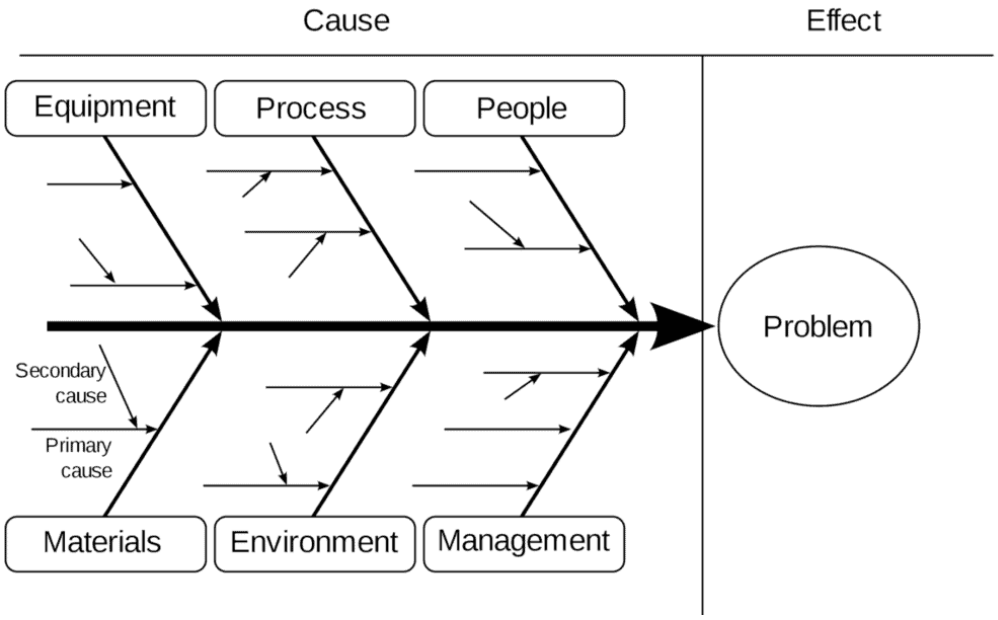


Рисунок 6 – Діаграма риб'ячої кістки (Метод аналізу першопричини)
Зображення: Enlaps

Діаграма «риб’яча кістка» або метод «риб’яча кістка» аналізу першопричин – це візуальне представлення, яке допомагає класифікувати та досліджувати потенційні причини проблеми.

Його структура нагадує скелет риби, а «кістки» представляють різні категорії, такі як люди, процеси, обладнання, середовище тощо. Цей інструмент заохочує до цілісного вивчення різних факторів для виявлення першопричини, надаючи комплексне уявлення про проблему.

Процес включає спільні сеанси мозкового штурму, під час яких члени команди додають можливі причини в кожній категорії. Візуально організовуючи ці вхідні дані, команда отримує уявлення про взаємозв’язки між різними факторами, сприяючи більш цілеспрямованому підходу до аналізу першопричин.

2. П’ять «Чому»

П’ять «Чому» (5 чому) – це техніка опитування, яка використовується в аналізі першопричини для повторного дослідження причинно-наслідкових зв’язків, що стоять за проблемою. Процес передбачає повторне запитання «чому», як правило, п’ять разів, щоб розкрити глибші шари причинно-наслідкових зв’язків, доки не буде виявлено фундаментальну першопричину.

Звичайно, описаними методами інструментарій ідентифікації та аналізу ризиків не вичерпується. Залежно від специфіки розв'язуваних завдань можуть застосовуватися й інші підходи, як-от метод Делфі, байєсівський аналіз, мережі Петрі, марковські моделі тощо. Головне – не обмежуватися якимось одним методом, а використовувати їх комбінацію, доповнюючи результати один одного. Це дасть змогу отримати максимально повну й об'єктивну картину ризиків, з якими стикається організація.

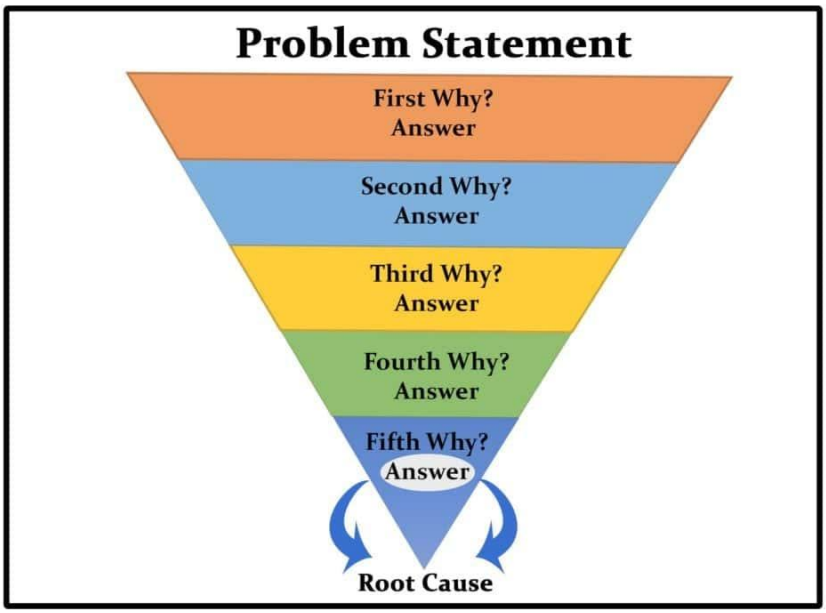


Рисунок 7 – Метод аналізу першопричини

Метод аналізу першопричини «5 чому» – це проста, але потужна техніка опитування, яка заохочує команди неодноразово запитувати «чому», доки не буде виявлено фундаментальну причину проблеми.

Цей інструмент глибоко заглиблюється в шари причинно-наслідкових зв'язків, сприяючи ретельному вивченню проблем, що розглядаються. Ітеративний характер опитування допомагає усунути симптоми на поверхневому рівні, розкриваючи основні фактори, що сприяють виникненню проблеми.

Методологія 5 чому аналізу першопричин ефективна завдяки своїй простоті та доступності, що робить її цінним інструментом для швидкого вирішення проблем і виявлення першопричин. Це заохочує безперервний процес дослідження, який виходить за рамки початкових відповідей, щоб дістатися до суті справи.

3. Аналіз Парето

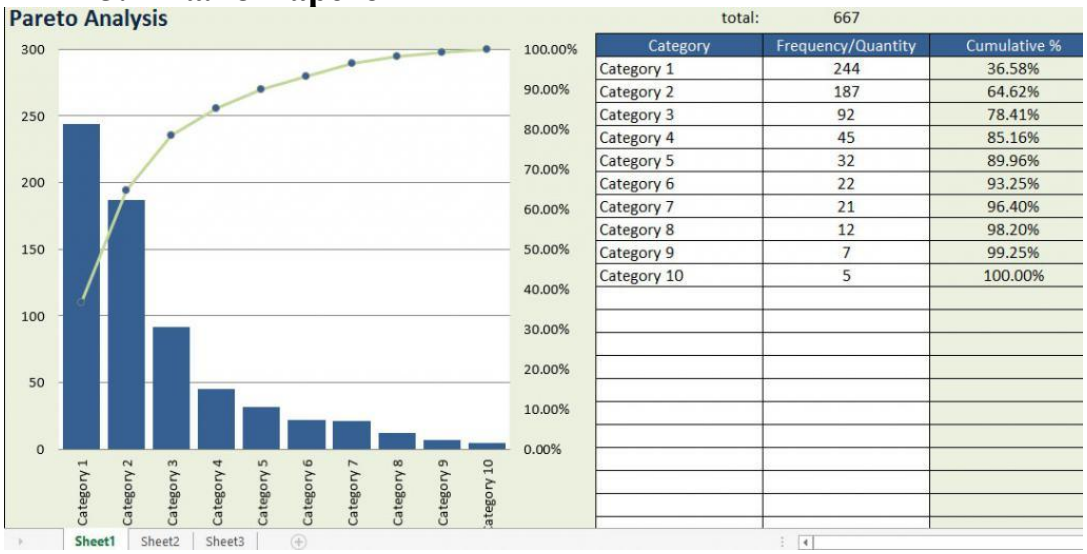


Рисунок 8 – *Зображення: шаблони Excel*

Аналіз Парето, заснований на Принцип Парето, це інструмент, який допомагає визначити пріоритети проблем, зосереджуючись на кількох значущих, а не на багатьох тривіальних. Принцип передбачає, що приблизно 80 % наслідків походять від 20 % причин. У контексті RCA це означає зосередження зусиль на кількох життєво важливих факторах, які найбільше сприяють виникненню проблеми.

Застосовуючи аналіз Парето, команди можуть визначити та визначити пріоритети своїх зусиль щодо усунення критичних першопричин, які матимуть найбільший вплив на вирішення проблеми. Цей інструмент особливо корисний, коли ресурси обмежені, забезпечуючи цілеспрямований та ефективний підхід до RCA.

4. Аналіз відмов і наслідків (FMEA)



Рисунок 8 – Аналіз режиму та наслідків відмови (FMEA)

Зазвичай використовується у виробництві та техніці, Аналіз режиму та наслідків відмови (FMEA) це системний підхід до виявлення та визначення пріоритетів потенційних режимів відмови в процесі. FMEA оцінює серйозність, виникнення та виявлення потенційних збоїв, призначаючи бали кожному критерію.

FMEA – це метод, який допомагає командам визначати пріоритети в сферах з найвищим ризиком. Аналізуючи потенційний вплив, ймовірність виникнення та здатність виявляти збої, команди можуть визначити, які сфери потребують найбільшої уваги. Це дозволяє командам ефективно розподіляти свої ресурси та вирішувати потенційні проблеми, перш ніж вони стануть проблемою.

5. Точкова діаграма:

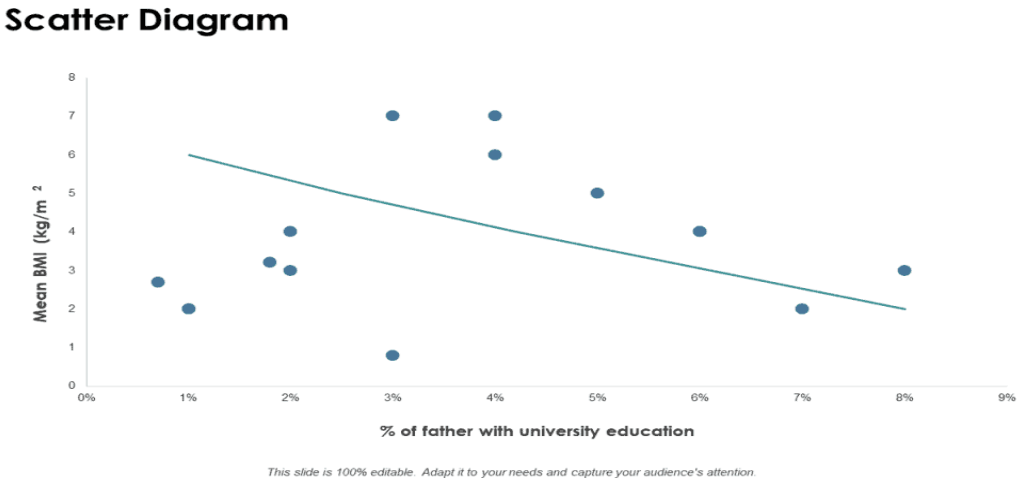


Рисунок 9 – *Приклад діаграми розсіювання. Зображення: Slide Team*

Точкова діаграма – це візуальний інструмент, який використовується в аналізі першопричини для дослідження зв’язків між двома змінними.

Відображаючи точки даних на графіку, він виявляє закономірності, кореляції або тенденції, допомагаючи визначити потенційні зв’язки між факторами. Це зображення надає швидкий і простий спосіб зрозуміти зв’язки в наборі даних.

Чи то для оцінки причинно-наслідкової динаміки, чи то для виявлення потенційних факторів впливу, точкова діаграма є безцінною для розуміння взаємодії змінних і скерування до прийняття стратегічних рішень для ефективного вирішення проблем у різноманітних організаційних контекстах.

Ці інструменти разом утворюють надійний інструментарій для організацій, які прагнуть ефективно запровадити аналіз першопричини. Будь то візуалізація складних взаємозв’язків за допомогою діаграм Fishbone, глибоке дослідження за допомогою 5 чому, визначення пріоритетів зусиль за допомогою аналізу Парето чи передбачення невдач за допомогою FMEA, кожен інструмент відіграє унікальну роль у систематичній ідентифікації та вирішенні основних проблем, сприяючи культурі постійного вдосконалення всередині організація.

Ідентифікація та аналіз ризиків – це фундамент, на якому будується вся система управління безпекою в судноплавстві. Використовуючи сучасні методи і підходи, ми закладаємо основу для наступних етапів оцінки та розроблення заходів контролю ризиків. Від того, наскільки якісно буде проведено цю роботу, багато в чому залежить ефективність функціонування СУБ і, в кінцевому підсумку, безпека морських перевезень. Тому так важливо, щоб фахівці, які відповідають за управління ризиками, володіли необхідними знаннями, навичками та інструментами і могли застосовувати їх на практиці.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ТЕМИ 2

1. Що таке системне мислення у контексті управління морськими ризиками?
2. Які основні елементи включає системний підхід до безпеки судноплавства?
3. Чим відрізняється традиційний підхід до аналізу ризиків від системного?
4. У чому полягає концепція «моделі швейцарського сиру» Джеймса Різона?
5. Як системний підхід враховує взаємозв’язки між технічними, людськими та організаційними факторами?
6. Назвіть ключові причини катастрофи порома «Естонія».
7. Які організаційні чинники призвели до пожежі на «X-Press Pearl»?
8. Який вплив людського елемента спостерігався в аварії судна «Bow Mariner»?
9. Як приклад «Prestige» демонструє необхідність взаємодії зовнішніх учасників?
10. Чому традиційні показники безпеки (кількість аварій) не є достатніми для оцінювання ефективності СУБ?
11. Яке призначення методу ETA (Event Tree Analysis) і як він застосовується?
12. Що таке FMEA і як визначається критичність відмов (RPN)?
13. Як працює метод «Bow-Tie» і в чому його перевага?
14. У чому полягає суть методу аналізу першопричин (Root Cause Analysis, RCA)?
15. Для яких цілей застосовується метод «5 чому»?
16. Що таке культура безпеки і як вона впливає на ефективність управління ризиками?
17. Які функції виконує система моніторингу інцидентів на етапі «near misses»?
18. Як цифрові технології (ЕКНІС, машинні журнали) допомагають у ранньому виявленні ризиків?
19. Чому кіберризики стали критичним елементом аналізу в морській галузі?
20. Яку роль у системному підході відіграє співпраця між екіпажем і береговими структурами?

ТЕМА 3. МЕТОДИ ОЦІНКИ МОРСЬКИХ РИЗИКІВ

3.1. Процес оцінки ризиків

Процес оцінки ризиків, що йде за етапом ідентифікації потенційних джерел небезпеки, являє собою ключовий елемент системи управління безпекою в морській галузі. На цьому етапі здійснюється комплексний аналіз ступеня загрози, створюваної кожним ідентифікованим фактором ризику, і визначається необхідний комплекс заходів щодо мінімізації ризиків до рівня, який вважають прийнятним у контексті конкретної операційної ситуації.

Оцінка ризиків являє собою системоутворювальний елемент у структурі управління безпекою морського транспорту. Застосування науково обґрунтованих методологічних підходів, як якісних, так і кількісних, забезпечує формування об'єктивного уявлення про рівні ризику і створює методологічне підґрунтя для раціональної пріоритизації превентивних заходів. Цей підхід сприяє оптимізації розподілу обмежених ресурсів і максимізації ефективності інвестицій у системи забезпечення безпеки.

Варто зазначити, що процес оцінювання ризиків не є самодостатнім елементом, а виступає як інформаційно-аналітична база для прийняття управлінських рішень. Незалежно від ступеня точності та надійності застосованих розрахункових методів, результати оцінювання являють собою математичну модель реальності, що має певні обмеження. Отже, інтерпретацію результатів оцінювання ризиків потрібно здійснювати з урахуванням критичного аналізу невизначеностей, припущень та обмежень, притаманних процесу моделювання складних систем.

Крім того, паралельно з формалізованими процедурами оцінки ризиків, велике значення має постійний зворотний зв'язок з практикою – збір та аналіз даних про реальні інциденти, досвід моряків, результати оглядів тощо. Тільки в тісній зв'язці теоретичних моделей і емпіричних спостережень може по-справжньому реалізуватися принцип безперервного вдосконалення СУБ.

І нарешті, які б методи оцінки ризиків ми не застосовували, не можна забувати про людський елемент. Зрештою, саме від компетентності, відповідальності та вмотивованості людей – управлінців, капітанів, членів екіпажу – залежить, наскільки ефективно буде втілено в життя результати цієї оцінки. Тому питання формування культури безпеки, лідерства, командної роботи в жодному разі не можна розглядати окремо від формальних процедур ризик-менеджменту.

Методологія оцінки ризиків у сучасній теорії та практиці базується на двох фундаментальних підходах: кількісному та якісному. Кожен із цих методологічних підходів характеризується специфічним набором переваг і обмежень, певною сферою практичного застосування, а також особливими вимогами до якості та обсягу вихідних даних. Вбачається за доцільне провести детальний аналіз характеристик та особливостей реалізації кожного із зазначених підходів.

Кількісні методи передбачають використання математичних моделей і розрахункових методик для отримання чисельних оцінок імовірності і тяжкості наслідків небажаних подій. Такі оцінки можуть виражатися, наприклад, у вигляді середнього очікуваного збитку в грошовому вираженні, частоти аварій певного типу, індивідуального ризику загибелі тощо.

Наприклад, для оцінки ризику зіткнення суден можна побудувати дерево відмов, починаючи з події «зіткнення» і послідовно деталізуючи його через такі проміжні події, як «втрата керованості», «навігаційна помилка», «відмова устаткування» тощо, аж до базових подій наприклад «несправність кермової машини», «збій радара», «помилка вахтового помічника» тощо. Знаючи ймовірності цих елементарних подій (на основі статистичних даних або експертних оцінок), можна розрахувати ймовірність реалізації кожного сценарію і підсумкову ймовірність зіткнення.

3.2 Якісні методи оцінки ризиків

Метод аналізу «краватка-метелик» (Bow-Tie Analysis), що об'єднує в собі елементи дерева відмов і дерева подій. Графічне зображення нагадує краватку-метелика, у центрі якої знаходиться небажана подія (наприклад, падіння з висоти). Ліва частина діаграми являє собою дерево відмов і відображає комбінації чинників, що призводять до цієї події, а права – можливі траєкторії розвитку подій після неї. Таке подання дає змогу отримати цілісне уявлення про причинно-наслідкові зв'язки та можливі заходи контролю ризиків.



Рисунок 1 – Метод аналізу «краватка-метелик»

Діаграма риб'ячої кістки (діаграма Ісікави або діаграма причинно-наслідкових зв'язків):

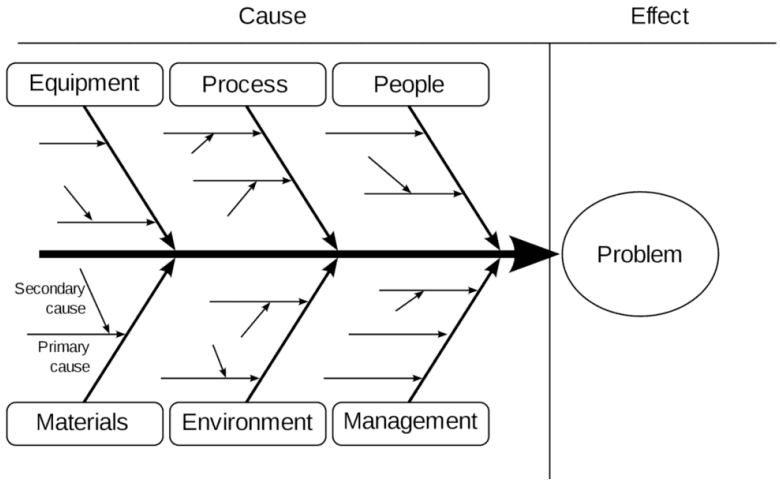


Рисунок 2 – Діаграма риб'ячої кістки -Метод аналізу першопричини. Зображення: Enlaps

Діаграма «риб'яча кістка» або метод «риб'яча кістка» аналізу першопричин – це візуальне представлення, яке допомагає класифікувати та досліджувати потенційні причини проблеми.

Його структура нагадує скелет риби, а «кістки» представляють різні категорії, такі як люди, процеси, обладнання, середовище тощо. Цей інструмент заохочує до цілісного вивчення різних факторів для виявлення першопричини, надаючи комплексне уявлення про проблему.

Процес включає спільні сеанси мозкового штурму, під час яких члени команди додають можливі причини в кожній категорії. Візуально організовуючи ці вхідні дані, команда отримує уявлення про взаємозв'язки між різними факторами, сприяючи більш цілеспрямованому підходу до аналізу першопричин.

Безумовною перевагою кількісних методів є об'єктивність і порівнянність одержуваних результатів. Маючи чисельні оцінки ризиків, ми можемо порівнювати між собою різні небезпеки, ранжувати їх за ступенем значущості, оцінювати ефективність заходів безпеки через призму зниження рівня ризику. Крім того, такі оцінки дуже зручні для комунікації із зовнішніми сторонами – страховими компаніями, регуляторами, громадськістю.

Водночас застосування кількісних методів висуває високі вимоги до якості вихідних даних. Використовувані моделі та розрахунки спираються на статистичну інформацію про частоту і наслідки минулих подій, яка не завжди може бути достатньо репрезентативною. Крім того, в реальному житті багато аспектів ризиків важко піддаються формалізації та кількісному опису, особливо коли йдеться про вплив людського елемента.

У таких випадках на допомогу приходять якісні методи оцінки ризиків, в основі яких лежать не розрахунки, а суб'єктивні судження експертів, виражені в лінгвістичній формі. Експерти оцінюють імовірність і тяжкість

наслідків ризиків за заздалегідь визначеними шкалами, використовуючи такі категорії, як «висока», «середня», «низька» тощо.

Ще один поширений якісний інструмент – ***метод Делфі***, що являє собою багатоетапну процедуру експертного оцінювання. Суть методу полягає в послідовному анкетуванні експертів, причому результати кожного туру слугують основою для уточнення оцінок на наступній ітерації. Так досягається зближення думок і формування групового судження про ризики, навіть якщо початкові оцінки експертів сильно різнилися.

Очевидною перевагою якісних методів є їхня відносна простота і можливість урахування чинників, що не піддаються кількісному опису. Крім того, залучення експертів із різних професійних галузей забезпечує всебічний погляд на проблему і знижує ймовірність проґавити значущі аспекти ризиків.

З іншого боку, якісні оцінки неминуче страждають суб'єктивністю і можуть сильно залежати від того, хто конкретно входить до складу експертної групи. Інтерпретація лінгвістичних шкал теж може викликати труднощі. Наприклад, поняття «висока» або «катастрофічна» у різних людей можуть асоціюватися з різним ступенем серйозності. Тому під час використання якісних методів дуже важливими є чіткі домовленості про те, який сенс вкладається в ті чи інші терміни і як вони співвідносяться з реальними рівнями ризику.

Таким чином, і кількісні, і якісні методи мають свої сфери застосування і доповнюють один одного. На практиці часто використовують комбінований підхід, коли якісна оцінка слугує відправною точкою і допомагає окреслити межі проблеми, а потім для найбільш значущих ризиків проводять детальніший кількісний аналіз.

При виборі конкретних методів оцінки ризиків необхідно враховувати цілу низку чинників:

- Цілі оцінки: чи йдеться про періодичну переоцінку ризиків у рамках СУБ, чи про аналіз ризиків стосовно конкретного рейсу, операції, проєкту.
- Характер ризиків: чи є ризики, що розглядаються, типовими для цього виду діяльності або йдеться про нові, маловивчені небезпеки.
- Доступність даних: наскільки повними і достовірними є наявні статистичні дані про ймовірність і наслідки подій.
- Ресурси: які тимчасові, людські, фінансові ресурси ми маємо у своєму розпорядженні для проведення оцінки.
- Вимоги стейкхолдерів: яка форма представлення результатів буде найінформативнішою та найпереконливішою для осіб, які ухвалюють рішення, регуляторів, громадськості.

Методологічний вибір у процесі оцінювання ризиків вимагає комплексного аналізу всіх релевантних чинників у кожній конкретній ситуації, оскільки універсальний алгоритм ухвалення рішень у цій галузі відсутній.

3.4 Кількісні методи оцінки ризиків

Formal Safety Assessment (FSA)

У міжнародній практиці загальновизнаним інструментом для оцінки ризиків є методологія Formal Safety Assessment (FSA), розроблена Міжнародною морською організацією (IMO).

Методика Formal Safety Assessment (FSA) була запроваджена Міжнародною морською організацією (IMO) наприкінці 1990-х років як відповідь на зростання потреби в науково обґрунтованому та систематизованому підході до аналізу ризиків у сфері морських перевезень. Традиційно безпека мореплавства забезпечувалася здебільшого на основі практичного досвіду моряків та регуляторної діяльності адміністрацій. Однак цей підхід мав значні обмеження: він ґрунтувався на минулих аваріях, не завжди враховував нові технологічні зміни та інноваційні процеси, а також не передбачав обов'язкового економічного обґрунтування запроваджуваних заходів. Впровадження FSA дозволило інтегрувати у сферу безпеки методологію управління ризиками, що вже давно використовувалася у промисловості та транспорті.

Основною відмінною рисою FSA є її структурованість та поетапність (рис. 3), що забезпечує логічний перехід від ідентифікації загроз до вироблення конкретних управлінських рішень. Методика охоплює п'ять послідовних кроків, які разом формують цілісну систему аналізу.

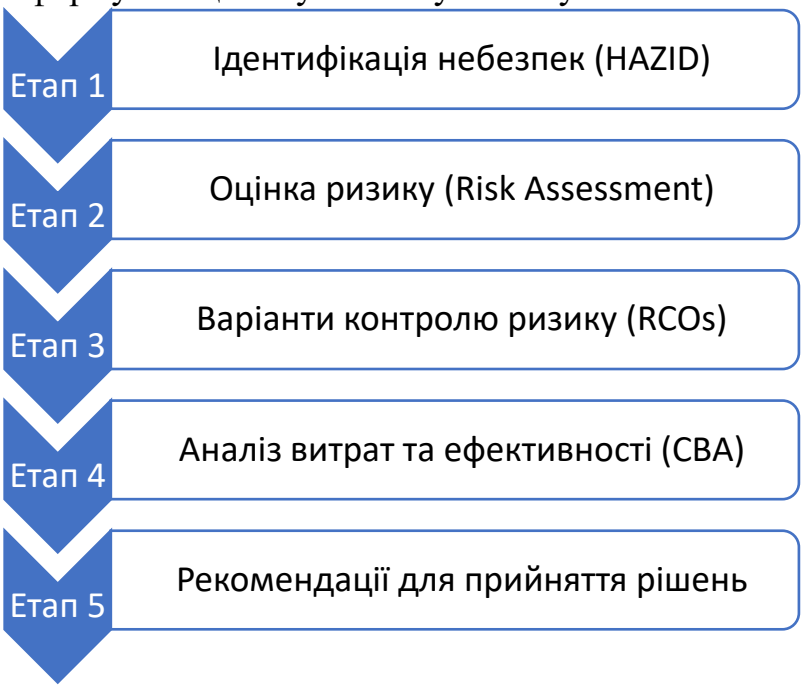


Рисунок 3 – Структура методу FSA за IMO
Джерело: розроблено на основі (1)

Перший етап – ідентифікація небезпек (Hazard Identification, HAZID). Він передбачає виявлення всіх потенційних загроз, що можуть впливати на безпеку мореплавства чи портових операцій. Для цього аналізуються історичні

дані, журнали аварійних і небезпечних подій, звіти страхових компаній, записи портових адміністрацій, а також міжнародні бази даних, такі як GISIS (Global Integrated Shipping Information System). Важливим є розгляд не лише великих аварій, але й так званих «near misses» — інцидентів, які могли б призвести до катастрофи, однак цього не сталося завдяки своєчасним діям екіпажу чи випадковим обставинам. Аналіз таких подій дозволяє виявити приховані небезпеки, які інакше залишилися б поза увагою. Ідентифікація небезпек також включає врахування факторів середовища (гідрометеорологічних умов, інтенсивності руху в акваторії, технічного стану навігаційного обладнання) та людського елемента.

Другий етап – оцінка ризику (Risk Assessment). На цьому рівні визначається ймовірність реалізації ідентифікованих небезпек і тяжкість їхніх можливих наслідків. Практика показує, що в судноплавстві поєднуються як якісні, так і кількісні методи оцінювання. Якісний підхід базується на експертних судженнях, використанні матриць ризику, де поєднання ймовірності та тяжкості дозволяє класифікувати події як низькоризикові, середні чи критичні. Кількісний підхід спирається на статистичні моделі, аналіз частоти аварій за певними категоріями суден, математичне моделювання сценаріїв зіткнень чи посадок на мілину. Одним із найбільш перспективних інструментів є імітаційне моделювання руху суден у складних акваторіях, що дозволяє прогнозувати наслідки небезпечних ситуацій без ризику для людей та довкілля. Водночас обмеженість достовірних даних у морській галузі часто змушує використовувати комбінацію методів, де ключову роль відіграє експертне оцінювання.

Третій етап – розробка варіантів контролю ризику (Risk Control Options, RCOs). Його завданням є пошук заходів, які здатні зменшити ймовірність або мінімізувати наслідки небезпечних подій. Варіанти можуть бути технічними (встановлення сучасних систем автоматичної ідентифікації, модернізація засобів зв’язку, вдосконалення конструкції суден), організаційними (розробка нових правил руху у вузьких проходах, зміна системи чергування в порту, запровадження регламентів взаємодії між капітанами та лоцманами) чи процедурними (зміни в інструкціях, додаткові тренування екіпажів, використання симуляторів). Успіх цього етапу залежить від того, наскільки заходи є реалістичними, прийнятними для галузі та сумісними з міжнародними стандартами.

Четвертий етап – оцінка витрат та ефективності (Cost-Benefit Assessment, CBA). Запропоновані заходи порівнюються з точки зору економічної доцільності. У морській галузі, де інновації можуть вимагати значних інвестицій, важливо обґрунтувати, що витрати на модернізацію чи навчання персоналу будуть меншими, ніж збитки від можливої аварії. До уваги беруться як прямі економічні показники (вартість обладнання, навчання, впровадження процедур), так і непрямі вигоди — збереження людського життя, зниження шкоди довкіллю, підвищення репутації компанії. Важливо, що у міжнародній практиці широко застосовується концепція ALARP (As Low As Reasonably

Practicable), відповідно до якої ризик має бути зменшений настільки, наскільки це є розумно можливим з урахуванням ресурсів.

Завершальний (п’ятий) етап – формування рекомендацій для прийняття рішень (Recommendations for Decision-Making). На основі попереднього аналізу складається комплексний документ, у якому описуються запропоновані заходи, їхня ефективність і витрати, а також очікуваний вплив на загальний рівень безпеки. Такі рекомендації можуть бути спрямовані як до міжнародних організацій (для розробки конвенцій чи поправок до існуючих документів), так і до національних адміністрацій або окремих портових операторів. У цьому процесі важливо забезпечити прозорість та аргументованість рішень, адже вони впливають не лише на окремий порт чи компанію, а й на всю галузь у цілому.

Методика FSA є не одноразовим актом, а безперервним процесом, що передбачає регулярний перегляд результатів (рис. 4). Морське середовище постійно змінюється: з’являються нові типи суден, збільшується інтенсивність руху в акваторіях, виникають нові технологічні ризики, зокрема пов’язані з цифровізацією управління суднами чи використанням автономних систем. Тому ідентифікація небезпек і оцінка ризиків має проводитися циклічно, із постійним оновленням даних та адаптацією заходів контролю.

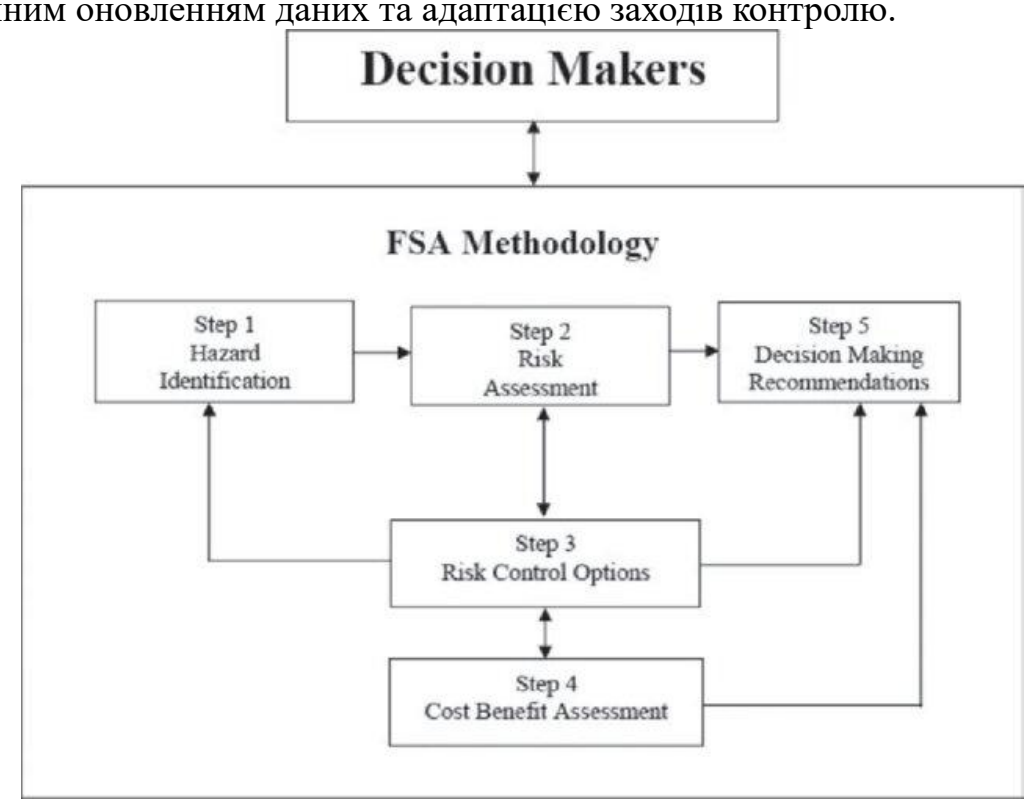


Рисунок 4 –Методика офіційної оцінки безпеки ІМО.

Важливим є і те, що FSA визнає обмеженість статистичного підходу у морській сфері. Інциденти в судноплавстві трапляються значно рідше, ніж у автомобільному транспорті, тому аналіз на основі масиву даних не завжди можливий. Саме тому методика дозволяє активно застосовувати експертне оцінювання, аналітичні моделі та симуляційні експерименти.

Етапи FSA: цілі та результати представлені у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Етапи FSA: цілі та результати

Етап	Мета	Очікуваний результат
1. Ідентифікація небезпек (HAZID)	Виявити всі релевантні небезпеки	Перелік небезпек і сценаріїв
2. Оцінка ризику	Кількісно/якісно оцінити P та S	Матриця ризику, карти ризику
3. Варіанти контролю ризику (RCOs)	Сформувати варіанти зниження ризику	Перелік RCOs з описом
4. Аналіз витрат та ефективності (CBA)	Оцінити доцільність впровадження	Показники C/B, пріоритети
5. Рекомендації	Підсумувати висновки і пропозиції	Набір рекомендацій для рішень

Джерело: розроблено на основі (1)

Узагальнена методика Formal Safety Assessment (FSA) може бути адаптована для навігаційної практики у вигляді алгоритму ухвалення рішень, що базується на безперервному зборі даних та оцінюванні ризику. На практиці це реалізується через інтеграцію різних джерел інформації (електронних карт ECDIS, систем автоматичної ідентифікації AIS, радіолокаційних станцій, метеоданих), які слугують підґрунтям для виявлення потенційних небезпек.

Отримані дані перевіряються на відповідність критичним порогам, а розрахунок ризику здійснюється за формулою $R = P \times S$, де P — імовірність, а S — тяжкість наслідків. Якщо аналіз показує наявність двох або більше критичних параметрів, система переходить до активних заходів контролю ризику. Такими заходами можуть бути попередження екіпажу на містку, зниження швидкості чи автокорекція курсу, а також комунікація з береговими службами або центрами управління рухом суден (VTS). Якщо ж небезпеки не досягають критичного рівня, процес переходить у фазу моніторингу та повторної оцінки.

Наведена схема (рис. 5) відображає цей адаптований алгоритм FSA. Вона демонструє логіку переходу від ідентифікації небезпеки до варіантів управлінського реагування залежно від рівня ризику. Важливо, що такий підхід забезпечує не лише оперативне ухвалення рішень у динамічних умовах морського середовища, а й реалізує принципи FSA у спрощеній, але практично ефективній формі.

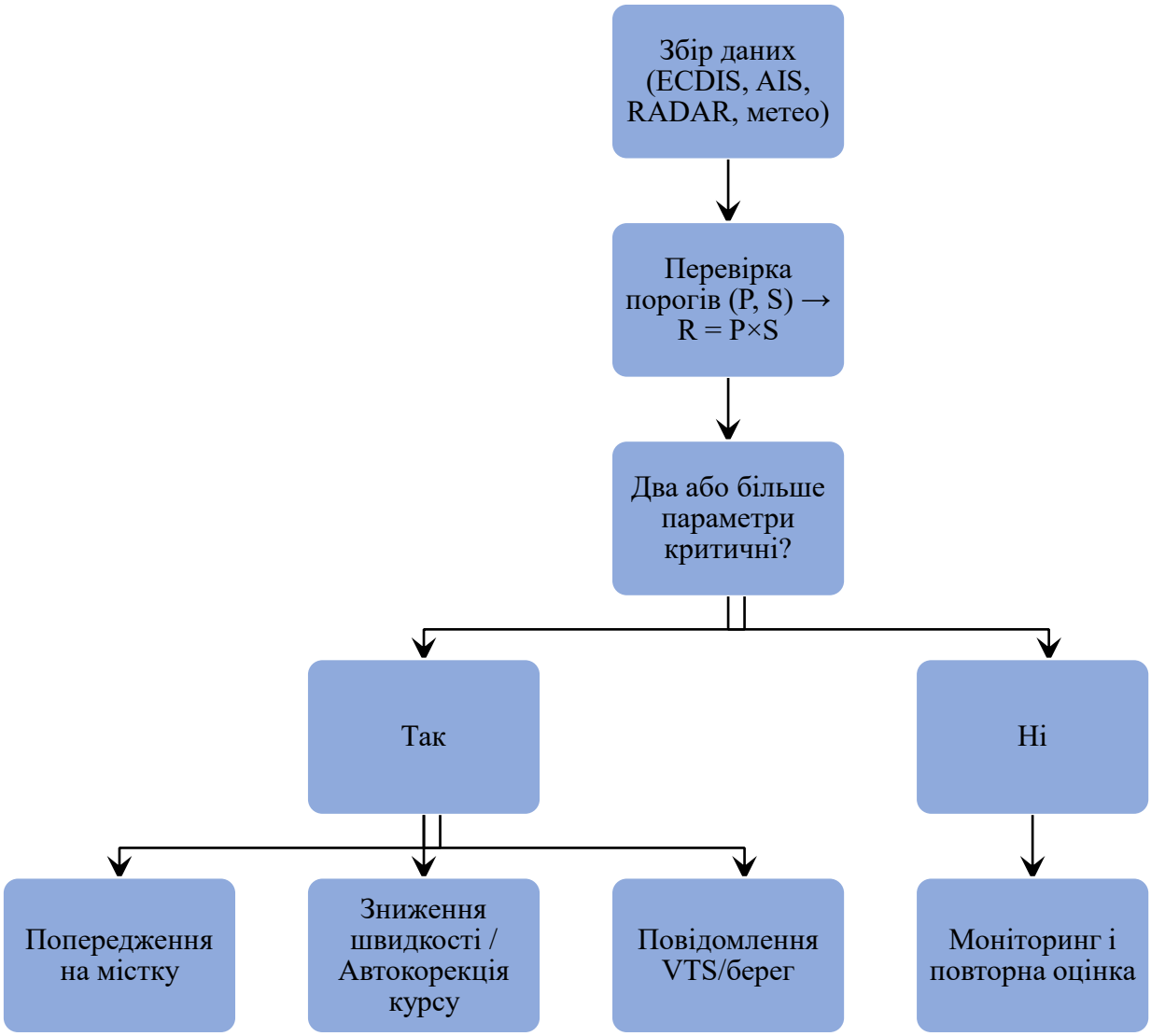


Рисунок 5 – Схема алгоритму оцінювання та контролю навігаційного ризику на основі адаптації FSA
Джерело: розроблено на основі (4) (1)

У практичній діяльності, особливо під час оцінювання безпеки навігації в конкретних акваторіях, часто застосовують спрощені модифікації методики FSA. Однією з найбільш поширених є матриця ризику формату 5×5 (Risk Matrix 5×5), яка дозволяє швидко класифікувати небезпеки за поєднанням їхньої ймовірності та тяжкості наслідків. Подібний підхід рекомендовано у Navigation Risk Assessment and Management Plan (PERSGA, 2001), де він використовується як практичний інструмент для оцінювання та управління ризиками в умовах обмеженого доступу до повних статистичних даних. У цьому сенсі FSA виступає не лише універсальною концепцією системного аналізу, а й методологічною основою для створення більш адаптивних і прикладних інструментів, які можуть бути використані в управлінні конкретними навігаційними ризиками.

Risk Matrix 5×5

Оцінювання та прогнозування розвитку небезпечних ситуацій у морському судноплавстві є важливим завданням сучасної науки й практики управління безпекою. Умови експлуатації морських суден часто характеризуються високим рівнем невизначеності: змінні гідрометеорологічні параметри, обмеженість маневрового простору в портах і вузьких каналах, інтенсивність руху в міжнародних транспортних коридорах. Це потребує використання інструментів, здатних не лише виявити ймовірність настання небезпечних подій, а й кількісно оцінити тяжкість їхніх наслідків. Одним із найбільш поширених інструментів, що поєднує наочність та формалізованість, є матриця ризику у форматі 5×5 (Risk Matrix 5×5).

Матриця ризику 5×5 ґрунтується на принципі, що величина ризику визначається як добуток ймовірності виникнення події (P) та тяжкості її наслідків (S). Ця залежність має вигляд:

$$R=P\times S$$

де: P – ймовірність, характеризує частоту або вірогідність виникнення небезпечної ситуації. Вона може оцінюватися як на основі статистичних даних (кількість аварій і інцидентів за певний проміжок часу), так і за допомогою експертного аналізу, особливо коли обсяг достовірної інформації обмежений.

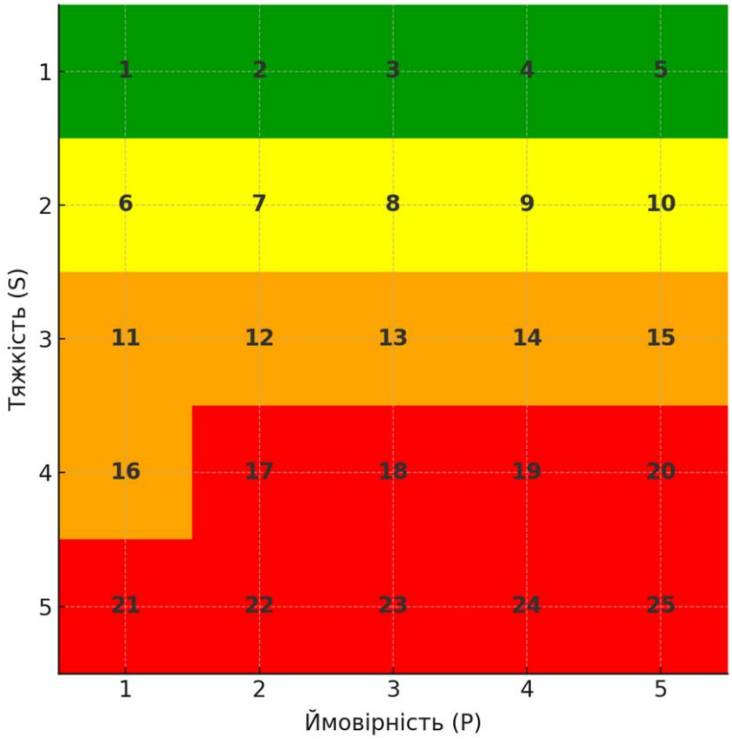
S – наслідки – визначає масштаби потенційних збитків, які можуть охоплювати як локальні пошкодження обладнання чи короткочасні затримки, так і катастрофічні події, що призводять до втрати судна, людських жертв або значних екологічних та економічних наслідків.

IMO [9] та PERSGA [3] пропонують використовувати п’ятибальну шкалу як для ймовірності, так і для наслідків Це дозволяє стандартизувати оцінювання та забезпечити можливість порівняння різних подій і сценаріїв між собою. Орієнтовні шкали ймовірності та наслідків подано в таблиці 3.2

Табл. 3.2 – Орієнтовні шкали ймовірності та наслідків

Рівень	Ймовірність (P)	Приклад частоти	Наслідки (S)	Приклад наслідків	Примітка
1	Дуже низька	≤ 1 раз на 10 років	Незначні	Локальні затримки	Прийнятний рівень
2	Низька	1 раз на кілька років	Малі	Локальні пошкодження	Контрольований
3	Середня	Приблизно 1 раз на рік	Середні	Серйозні пошкодження	Потребує моніторингу
4	Висока	Кілька разів на рік	Значні	Втрата керованості	Вимагає дій
5	Дуже висока	Майже неминуче	Критичні	Блокування каналу, загибель людей	Неприйнятний рівень

Максимальне значення ризику у цій системі становить 25 ($R_{max} = 25$), що відповідає поєднанню найвищих значень P і S. Мінімальне значення – 1 ($R_{min} = 1$), яке характеризує події з дуже низькою ймовірністю та незначними наслідками. Побудована на основі цих шкал матриця дозволяє визначити інтегральний рівень ризику для кожної ситуації та класифікувати його за певними категоріями. Категорії ризику наведено у рис. 6.



Діапазон R	Категорія ризику	Кольорове кодування
1–5	Низький (прийнятний)	Зелений
6–10	Помірний	Жовтий
11–16	Високий	Помаранчевий
17–25	Критичний	Червоний

Рисунок 6 – Категорії ризику

Завдяки такій побудові Risk Matrix 5×5 стає універсальним інструментом для систематизації оцінювання ризиків у різних акваторіях та за різних умов експлуатації суден.

Застосування матриці ризику особливо важливе тоді, коли ймовірність події є середньою чи високою, а тяжкість її наслідків змінюється залежно від поєднання зовнішніх і внутрішніх чинників. Такий інструмент дозволяє відобразити ефект «ланцюгової реакції», коли комбінація кількох ризиків середнього рівня переводить ситуацію у значно небезпечнішу площину. Завдяки цьому Risk Matrix 5×5 стає надійним засобом для прогнозування

розвитку подій та визначення моменту, коли потрібно переходити від моніторингу до активних заходів контролю.

Крім наочності та простоти, метод вирізняється універсальністю. Він може застосовуватися як у навчальному процесі для формування у майбутніх фахівців навичок оцінювання навігаційних небезпек, так і у практичній діяльності портових адміністрацій та судноплавних компаній для підтримки ухвалення рішень у реальному часі. Матриця добре інтегрується з сучасними інформаційними системами безпеки, які дедалі більше орієнтуються на алгоритмізацію та автоматизоване прогнозування. Використання формалізованої шкали ризику робить результати прозорими, стандартизованими й легко інтерпретованими, що підвищує ефективність управління небезпеками в умовах зростаючої складності морського судноплавства.

Risk Matrix 5×5 посідає ключове місце у сучасних методологіях аналізу ризиків, забезпечує кількісну оцінку небезпек і створює основу для подальшої інтеграції у факторні моделі, які дозволяють більш детально відтворювати механізм розвитку аварійних подій.

Аналіз режимів та наслідків відмов (FMEA)

Аналіз режимів та наслідків відмов (FMEA) – це проактивний, структурований метод, який використовується для визначення того, де і як продукт або процес може вийти з ладу, та оцінки відносного впливу різних режимів відмов. Таке раннє виявлення дозволяє організаціям виправляти потенційні проблеми, перш ніж вони вплинуть на виробництво або кінцевого користувача.



Рисунок 7 – Аналіз режимів та наслідків відмов (FMEA)

Кожен режим відмови аналізується на основі трьох ключових показників:

RPN = S × O × D

- **Серйозність (S) –** вплив відмови на продуктивність або безпеку.
- **Виникнення (O) –** ймовірність виникнення відмови.
- **Виявлення (B) –** ймовірність виявлення несправності до того, як вона завдасть шкоди.

Ці значення множаться для обчислення числа пріоритету ризику, яке допомагає командам визначити пріоритети коригувальних дій. Аналіз режиму та наслідків відмов зазвичай проводиться міжфункціональними командами та застосовується протягом усього життєвого циклу продукту — від концепції до періоду після запуску.

Типи FMEA

DFMEA: Аналіз режиму та наслідків відмови конструкції

DFMEA зосереджується на виявленні видів відмов у конструкції продукту до його виробництва. Це включає аналіз компонентів, матеріалів, допусків та функцій для запобігання проблемам на рівні конструкції, таким як неспіввісність деталей, втома матеріалу або низька продуктивність.

DFMEA є важливим методом на ранній стадії проектування та допомагає забезпечити відповідність продукту вимогам щодо продуктивності, безпеки та нормативних актів. Він широко використовується в автомобільній, аерокосмічній, електронній та медичній промисловості.



Рисунок 8 – Аналіз режиму та наслідків відмови конструкції

PFMEA: Аналіз режиму та наслідків відмови процесу

PFMEA використовується для аналізу потенційних збоїв у процесі виробництва або складання. Він виявляє такі ризики, як неправильні налаштування машини, помилки обробки матеріалів, людські помилки або неправильна послідовність. Мета полягає в тому, щоб забезпечити високоякісну продукцію в процесі з мінімальними варіаціями або дефектами.

PFMEA зазвичай проводиться після завершення проектування та під час планування виробництва. Вона підтримує бережливе виробництво, забезпечення якості та програми постійного вдосконалення.

Системний FMEA: аналіз режиму та наслідків відмов на системному рівні

Системний FMEA оцінює потенційні режими відмов у взаємодії між підсистемами, інтерфейсами та складними системними функціями. Він застосовується на ранніх етапах розробки архітектури продукту, щоб забезпечити надійну спільну роботу інтегрованих систем. Системний FMEA є життєво важливим у секторах, де надійність та функціональна безпека є критично важливими, таких як автомобільна електроніка, вбудовані системи або аерокосмічні системи керування.

Порівняння трьох типів FMEA

Аспект	DFMEA	PFMEA	Система FMEA
Фокус	Дизайн продукту	Процес виробництва та складання	Функції та інтерфейси системного рівня
Мета	Запобігання недолікам дизайну	Мінімізація варіативності процесу	Забезпечення системної інтеграції та безпеки
Час	Ранні стадії розробки продукту	Після проектування, перед виробництвом	Під час планування архітектури системи
Звичайні користувачі	Інженери-конструктори	Інженери-технологи та виробничники	Системні інженери
Приклади	Втома компонентів, напруження матеріалу	Помилка оператора, неправильне вирівнювання інструменту	Помилка зв'язку між модулями

Використовуйте DFMEA на ранніх етапах проектування продукту, щоб переконатися, що продукт відповідатиме вимогам та витримуватиме очікувані умови використання. Переходьте на PFMEA, коли ви переходите до планування процесів та хочете усунути ризики, пов'язані з виробництвом. Застосовуйте системний FMEA на етапі архітектури системи, щоб оцінити взаємодію компонентів, модулів та підсистем, і забезпечити повну надійність системи.

У багатьох робочих процесах розробки продукту всі три типи використовуються послідовно. Такий багаторівневий підхід гарантує, що ризики як проектування, так і процесу враховуються комплексно.

Метод FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis)

Інший приклад кількісного методу – аналіз наслідків і критичності відмов (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, FMECA). Він є розширенням згаданого раніше FMEA і доповнює його кількісними оцінками критичності кожного виду відмов. Для цього обчислюють так зване число пріоритетного ризику (RPN), що являє собою добуток бальних оцінок ймовірності виникнення, тяжкості наслідків і ймовірності виявлення відмови. Чим вище RPN, тим критичнішим вважається цей вид відмови і тим пріоритетнішими мають бути заходи щодо його запобігання або пом'якшення наслідків.

FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis) - це систематичний інструмент для виявлення потенційних відмов системи, аналізу їх наслідків та оцінки критичності ризику на основі серйозності, ймовірності та виявлення відмови. FMECA розширює аналіз видів та наслідків відмов (FMEA), додаючи кількісну оцінку ризику для визначення пріоритетів.

Систематичний аналіз ризиків: FMECA допомагає виявляти потенційні "слабкі місця" у системі, процесі чи продукті.

Оцінка наслідків: Аналізується вплив потенційних відмов на працездатність системи, безпеку персоналу та довкілля.

Кількісна оцінка критичності: На основі факторів (серйозність, ймовірність, виявленість) розраховується рівень критичності відмови.

Відмінності FMECA від FMEA

FMEA: Основний метод, який виявляє потенційні відмови та їх наслідки, але без кількісної оцінки ризику.

FMECA: Посилена версія FMEA, що додає числову оцінку критичності, що дозволяє будувати матриці пріоритетів та приймати обґрунтованіші стратегічні рішення.

Коли використовується FMECA?

У високонавантажених та небезпечних системах.

На ранніх стадіях розробки для запобігання дорогим виправленням.

Для виконання вимог замовника, пов'язаних із управлінням якістю та безпекою.

Ключові цілі FMECA

Ідентифікація відмов, які можуть спричинити небажані наслідки.

Оцінка тяжкості наслідків та ймовірності виникнення відмов.

Вжиття заходів для зниження або усунення ризиків.

FMECA розшифровується як аналіз режимів, наслідків та критичності відмов. Це вдосконалена форма FMEA (аналізу режимів та наслідків відмов), яка додає кількісну або якісну оцінку критичності для визначення пріоритетів

режимів відмов на основі не лише ймовірності та виявлення, але й впливу на системному рівні.

Метою FMECA є:

- Визначте всі можливі режими відмов у продукті, процесі чи системі.
- Проаналізуйте їхній вплив на продуктивність, безпеку або успіх місії.
- Оцініть критичність (або важливість) кожного режиму відмови.
- Керівництво з розробки, тестування або дій щодо пом'якшення ризиків на основі ступеня серйозності.

FMECA широко використовується в аерокосмічній, оборонній, медичній, автомобільній та інших критично важливих для безпеки галузях, де системний збій може мати серйозні наслідки.

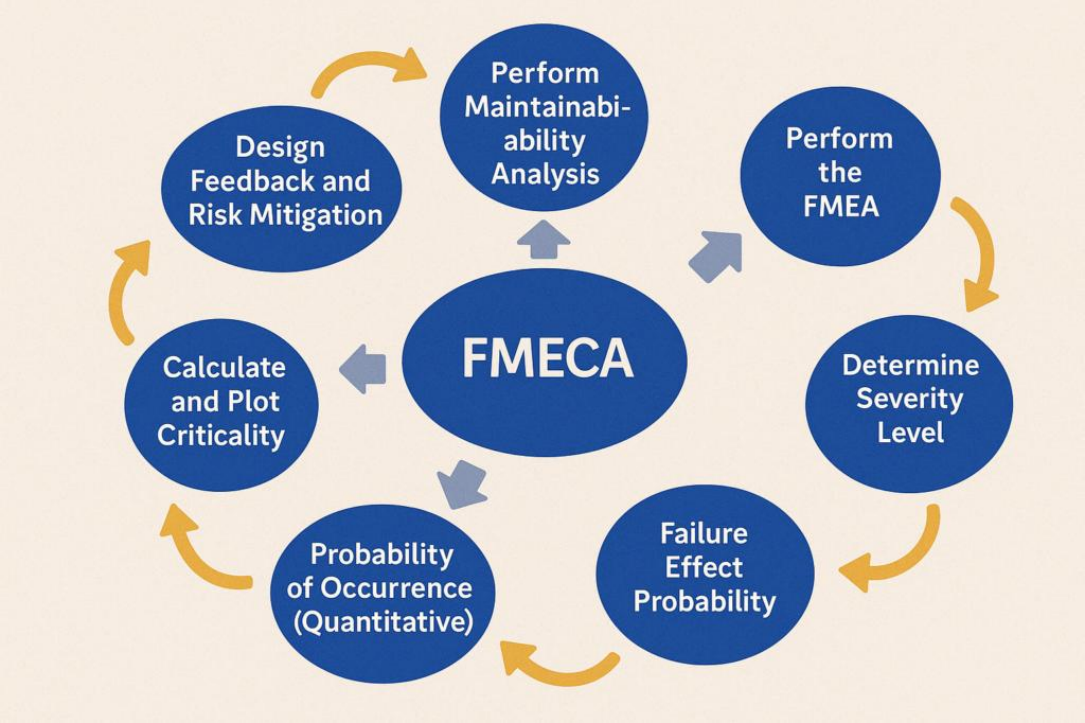


Рисунок 9 – Метод FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis)

Як працює FMECA: ключові компоненти та процес

Процес FMECA відповідає структурі традиційного FMEA з додатковим акцентом на аналізі критичності. Основні кроки включають:

1. **Визначте область застосування.** Чітко окресліть систему, вузол або процес, що підлягає аналізу. Розбийте його на функції, компоненти або кроки процесу.
2. **Визначення режимів відмови.** Для кожного елемента або функції перелічіть усі можливі способи його виходу з ладу (наприклад, поломка, втрата сигналу, витік, перегрів).
3. **Аналіз наслідків.** Визначте вплив кожної відмови на систему або процес у цілому. Наслідки

можуть включати загрози безпеці, функціональні втрати, простої або погіршення роботи.

4. **Визначення причин та методів виявлення.** Запишіть ймовірні причини кожної несправності та те, наскільки легко їх можна виявити під час тестування, перевірки або реального використання.

5. **Розрахунок серйозності, виникнення та виявлення.** Як і у випадку з FMEA, кожен режим відмови оцінюється за серйозністю його наслідків, частотою його виникнення та ймовірністю його виявлення.

6. **Проведіть аналіз критичності.** Оцініть **рівень критичності,** використовуючи один із двох методів:

- **Кількісний** : помножте коефіцієнт відмов на тяжкість та вплив.
- **Якісні** : Класифікуйте невдачі за категоріями пріоритетності (наприклад, високий, середній, низький) на основі впливу.

7. **Визначте пріоритети та дійте.** Використовуйте рейтинги критичності, щоб спочатку зосередитися на проблемах високого ризику та впровадити коригувальні дії для зменшення ризику або покращення моніторингу.

Чому варто використовувати FMECA замість стандартного FMEA?

Хоча традиційний FMEA ефективний для виявлення потенційних режимів відмов, **FMECA йде далі** , кількісно визначаючи або ранжуючи їхню **критичність** у системному контексті. Це важливо в застосунках, де:

- **Безпека є першочерговою** (наприклад, системи керування польотом, імплантовані медичні пристрої)
- **Простої є дорогими** (наприклад, виробництво електроенергії, виробничі лінії)
- **Надмірність має бути обґрунтована**

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ТЕМИ 3

1. У чому полягає сутність процесу оцінки морських ризиків?
2. Яке місце займає оцінювання ризиків у системі управління безпекою морського транспорту?
3. Які основні завдання стоять перед етапом оцінки ризику після ідентифікації небезпек?
4. Яку роль у процесі оцінки ризиків відіграє людський елемент?
5. Чим кількісні методи оцінки ризику відрізняються від якісних?
6. У чому полягає сутність методу аналізу «краватка-метелик» (Bow-Tie Analysis)?
7. Для чого використовується діаграма «риб'яча кістка» (Ісікави) у системах безпеки?
8. Які переваги та обмеження мають кількісні методи оцінки ризиків?
9. У чому полягає принцип методу Делфі та для чого його застосовують?
10. Які чинники впливають на вибір методів оцінки ризиків у морській галузі?
11. Які п'ять етапів включає методика Formal Safety Assessment (FSA) за IMO?
12. У чому полягає принцип ALARP і як він використовується під час оцінки ризику?
13. Як інтегрується методика FSA із сучасними системами навігаційної безпеки (ECDIS, AIS, VTS)?
14. Яку структуру має матриця ризику 5×5 і які шкали застосовуються для оцінювання ймовірності та наслідків?
15. Як класифікуються рівні ризику в системі Risk Matrix 5×5?
16. У чому переваги використання Risk Matrix 5×5 для управління навігаційними ризиками?
17. Які показники використовуються в аналізі режимів і наслідків відмов (FMEA)?
18. Які основні типи FMEA існують і чим вони відрізняються?
19. Чим метод FMECA відрізняється від FMEA, і в яких випадках його застосовують?
20. Як результати FMECA допомагають формувати пріоритети у системі управління безпекою судноплавства?

ТЕМА 4. МОДЕЛЮВАННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ІНЦИДЕНТІВ ТА АНАЛІЗ І ОЦІНКА ЇХ НАСЛІДКІВ

4.1 Теоретичні засади управління навігаційними ризиками

Навігаційний ризик – це ймовірність виникнення небажаної події під час морського переходу, яка може мати негативні наслідки для екіпажу, судна, навколишнього середовища або вантажу. Згідно з дослідженнями, навігаційний ризик виникає внаслідок дії низки факторів: технічних, технологічних, екологічних і людських. ІМО рекомендує визначати ризик як добуток імовірності події на серйозність її наслідків. Це дозволяє не тільки класифікувати ризики, але й оцінити їх пріоритетність. Основними типами ризиків є технічні, технологічні, екологічні, людські та новітні – пов'язані з впровадженням штучного інтелекту. Кожен із них має власну природу та специфіку, проте у практиці морських перевезень вони часто діють одночасно, підсилюючи одне одного. Найбільш поширеною причиною аварій залишається людський фактор. Помилки екіпажу, втома, недотримання процедур зберігають свою актуальність навіть в умовах автоматизації. На тлі впровадження цифрових рішень з'являються нові загрози – збої алгоритмів ШІ, кібератаки, недосконалі інтерфейси. До цього додаються природні явища – зміна клімату, шторми, обмерзання, зміщення сезонності. Сучасне судноплавство поступово формує уявлення про системний характер ризиків, який вимагає не лише ідентифікації небезпек, а й розроблення адаптивних моделей їх аналізу. Таким чином, ефективне управління ризиками потребує поєднання технічної експертизи, цифрових технологій моніторингу, а також активної участі екіпажу у формуванні безпечного середовища на борту [16].

Навігаційні ризики становлять сукупність потенційних загроз, що можуть виникнути під час морського переходу та вплинути на безпеку судна, екіпажу, вантажу й навколишнього середовища. Управління цими ризиками є необхідною умовою для забезпечення безперебійної, ефективної й безпечної експлуатації суден у сучасному судноплавстві. Поняття «навігаційний ризик» охоплює складну систему взаємопов'язаних технічних, природних, організаційних та людських чинників, що формують потенціал виникнення аварійної події.

Наукові дослідження свідчать про те, що навігаційні ризики варто класифікувати за різними ознаками: джерелами виникнення, імовірністю настання, серйозністю наслідків і масштабом впливу. Зокрема, у систематизованому підході розглядається поділ на технічні, людські, екологічні, організаційні та новітні ризики (наприклад, пов'язані з цифровими системами та ШІ. Важливим чинником стає також врахування синергічних ефектів і системної взаємодії елементів, що ускладнює прогнозування ідентифікованих ризиків.

Одним із основоположних принципів управління ризиками є необхідність не лише їх ідентифікації, але й аналізу, моніторингу та реагування в рамках

рейсового планування. Вітчизняні дослідники доводять, що традиційні методики планування переходу, викладені в Керівництві з несення вахти на містку (Bridge Procedures Guide), є недостатніми в частині прогнозу та врахування ризиків. Зокрема, у чинних рекомендаціях ІМО відсутній окремий етап оцінки навігаційних ризиків при прокладенні маршруту. Це потребує модернізації підходів до управління ризиком через запровадження інженерного аналізу, побудову матриць небезпеки, а також удосконалення планування за траєкторними точками (ТТ), що враховують маневрові властивості судна в реальному часі

Результати аналізу статистичних даних свідчать, що найбільш розповсюдженими є такі ризики: посадка на мілину, зіткнення, навали та відмова обладнання. У кожному випадку наявні певні аварійно-небезпечні ділянки маршруту, для яких можна розрахувати ймовірність інциденту на основі історичних даних та фізико-географічних характеристик району плавання. Експертні методи оцінювання, зокрема ті, що використовуються страховими компаніями, дозволяють моделювати послідовність розвитку події, її наслідки та економічні втрати. Інженерні ж методи спираються на кількісний аналіз частоти виникнення подій і є доцільними для оперативного аналізу безпосередньо перед рейсом.

Особливої актуальності набуває систематизація ризиків у формі класифікацій, які дозволяють обирати відповідні методи контролю і реагування. Універсальна класифікація, запропонована у рамках ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT), дозволяє враховувати внутрішні і зовнішні ризики, а також розподіляти їх за рівнем наслідків – від допустимих до катастрофічних. Згідно з цим стандартом, управління ризиком має не лише попереджувати втрати, а й сприяти досягненню цілей судноплавства через забезпечення стійкості процесів експлуатації суден (Figure 1).

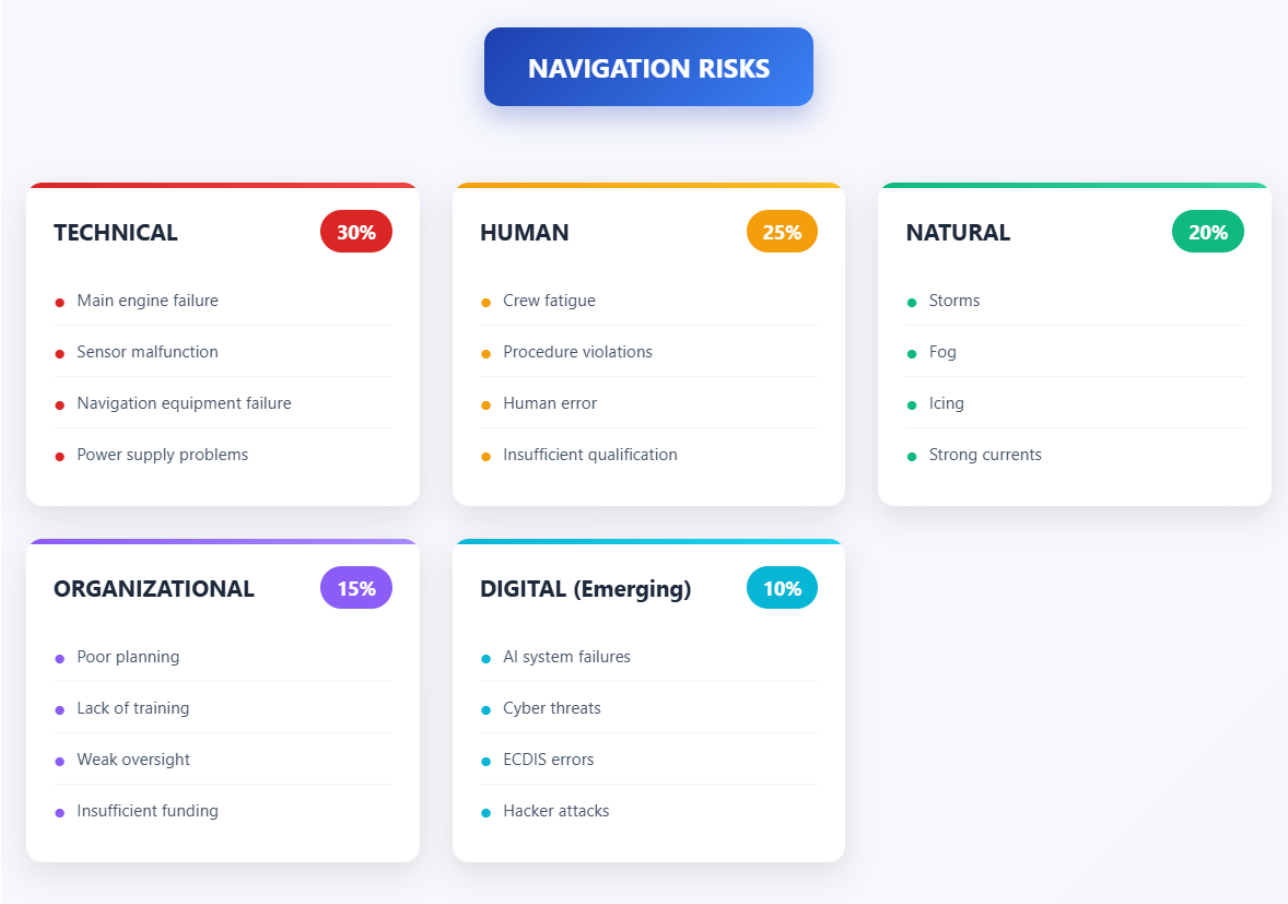


Figure 1. Класифікація навігаційних ризиків відповідно до ISO 31000:2018.
Source: власні розробки автора на основі [17]

Таким чином, ефективне управління навігаційними ризиками вимагає системного підходу, який поєднує елементи класифікації, прогнозування, планування, контролю й коригування. Застосування таких підходів є ключовою умовою для забезпечення безпеки морських перевезень та формування надійної основи для впровадження енергоефективного управління судном у складних навігаційних умовах.

4.2 Методи оцінки навігаційних ризиків

Управління навігаційними ризиками ґрунтується на системній оцінці, що включає методи ідентифікації, аналізу, прогнозування та контролю небезпек під час морського переходу. Основою для такого підходу є визнання обмеженості людських і технічних ресурсів у динамічному морському середовищі та необхідність прийняття рішень у режимі невизначеності. У цьому контексті зростає роль методів оцінювання ризику як інструменту зменшення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та пом'якшення їх наслідків.

Серед найбільш поширених методів виділяються як якісні, так і кількісні підходи. Якісні методи, до яких належать HAZID, FMEA, SWOT-аналіз та інтерв’ювання експертів, орієнтовані на визначення потенційних загроз та оцінку їхнього впливу на безпеку . Вони дозволяють сформувати загальне

уявлення про рівень ризику, проте їхній суб'єктивізм обмежує точність. Натомість кількісні методи (FTA, ETA, статистичне моделювання, імовірнісні сценарії) ґрунтуються на використанні статистики аварійності, технічних параметрів суден і морських умов, що дозволяє будувати формалізовані моделі з розрахунком вірогідності та масштабу наслідків (Table 1).

Table 1 Порівняння методів оцінювання навігаційних ризиків за типом, перевагами та обмеженнями

Method	Type	Advantages	Limitations
FMEA	QUALITATIVE	✓ Simple to use, systematic approach	⚠ High level of subjectivity
HAZID	QUALITATIVE	✓ Early hazard identification	⚠ Does not provide numerical risk values
FTA/ETA	QUANTITATIVE	✓ Scenario building, process formalization	⚠ Requires large amounts of data and time
FSA	MIXED	✓ Comprehensive analytical approach	⚠ High implementation complexity
Risk Matrix	MIXED	✓ Visual control, operational efficiency	⚠ Does not account for factor interactions

Qualitative - descriptive analysis without numerical values
Quantitative - mathematical analysis with numerical results
Mixed - combination of qualitative and quantitative approaches

Source: власна розробка автора.

Для прийняття ефективних управлінських рішень у судноводінні необхідно впроваджувати системи оцінювання ризиків, які включають як кількісні, так і якісні підходи. Якісні методи, зокрема Formal Safety Assessment (FSA), SWOT-аналіз, використовуються для попередньої ідентифікації загроз, що можуть виникнути в умовах невизначеності. Кількісні методи, серед яких Fault Tree Analysis та Event Tree Analysis, дозволяють моделювати ймовірність розвитку подій і прогнозувати наслідки. Одним із найбільш ефективних є метод FSA, рекомендований Міжнародною морською організацією. Він включає п'ять етапів: ідентифікацію небезпек, оцінку ризиків, аналіз заходів для їх контролю, оцінку ефективності витрат і формулювання висновків. Серед додаткових методів, що застосовуються у морській практиці, є HAZID, FMEA та принцип ALARP, що орієнтує на зниження ризику до рівня, який є розумно допустимим. Розвиток цифрових технологій сприяв адаптації цих підходів до реального морського середовища. Сучасні судна використовують AIS, ARPA, метеоінформацію для побудови моделей оцінки ризику у реальному часі. Зокрема, у середовищі навігації ефективно працюють матриці ризиків, де рівень небезпеки визначається через комбінацію ймовірності події та масштабу її наслідків. Застосування систем машинного навчання, які

аналізують великий масив історичних і поточних даних, дозволяє підвищити точність оцінки та вчасно попереджати екіпаж про критичні відхилення. Усе це сприяє підвищенню безпеки морських перевезень, а також дозволяє адаптувати дії до змін навколишнього середовища.

Важливу роль у процесі оцінки ризику відіграє побудова інтегральної карти небезпеки, яка враховує навігаційні умови, характеристику судна, ступінь готовності екіпажу та інші фактори. Така карта дозволяє виявити найбільш критичні зони маршруту ще на етапі планування переходу, а також скоригувати траєкторію відповідно до змін у зовнішньому середовищі. Окрему цінність становить використання траєкторних точок, прив'язаних до конкретних маневрових параметрів судна, що дозволяє оцінити запас безпеки під час руху в обмежених районах.

Інженерні методи оцінки, що використовують сценарне моделювання, дозволяють змоделювати розвиток аварійної ситуації у часі, визначити вузлові події, які можуть вплинути на її перебіг, та запропонувати запобіжні заходи. Такі моделі є основою для побудови цифрових систем підтримки прийняття рішень (DSS), які дедалі активніше впроваджуються у сфері судноплавства. Ці системи інтегрують інформацію з навігаційних приладів, автоматично генерують рівень ризику та пропонують оптимальні варіанти дій екіпажу.

Важливим інструментом залишається метод побудови матриць ризику, що поєднують імовірність виникнення події з рівнем її наслідків. Такі матриці широко використовуються у морській практиці для оперативної оцінки ситуації та прийняття рішень. У поєднанні з геоінформаційними технологіями ці матриці дозволяють будувати динамічні карти ризику для всього маршруту судна. Крім того, сучасні індекси безпеки (наприклад, Navigational Risk Index, Collision Risk Index) забезпечують кількісну інтеграцію різних факторів ризику в єдину модель, що підтримує прийняття зважених рішень на борту.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що ефективна оцінка навігаційних ризиків можлива лише за умов комплексного використання інструментів як якісного, так і кількісного аналізу, із залученням цифрових технологій, математичного моделювання та системного підходу до управління безпекою судноплавства. Подальший розвиток у цьому напрямі має на меті створення адаптивних платформ, здатних в режимі реального часу оцінювати ситуацію та пропонувати найбезпечніші і найефективніші сценарії дій екіпажу.

4.3 Моделювання навігаційних інцидентів

Моделювання навігаційних інцидентів є важливим інструментом забезпечення безпеки судноплавства, який дозволяє досліджувати можливі аварійні ситуації та прогнозувати їх розвиток без необхідності проведення небезпечних експериментів у реальних умовах. В умовах постійного зростання інтенсивності морських перевезень, збільшення розмірів суден та ускладнення навігаційної обстановки значення моделювання невпинно зростає. Його застосування дає можливість не лише оцінювати ймовірність виникнення навігаційних інцидентів, але й аналізувати наслідки реалізації

небезпечних подій, визначати ефективність заходів запобігання та вдосконалювати систему управління ризиками.

Під ***моделюванням навігаційного інциденту*** розуміють процес створення спрощеного або математично формалізованого відображення реальної навігаційної ситуації з метою вивчення поведінки судна та навколишнього середовища за певних умов. Такий підхід дозволяє відтворювати різноманітні сценарії розвитку подій, аналізувати вплив окремих факторів та оцінювати можливі наслідки без загрози для людей, майна чи довкілля. На відміну від аналізу вже скоєних аварій, моделювання забезпечує можливість прогнозування подій ще до їх виникнення, що суттєво підвищує ефективність профілактичних заходів.

Моделювання використовується для:

1. *перевірки безпечності запланованих маршрутів;*
2. *оцінки ризику зіткнень і посадок на мілину;*
3. *аналізу дій екіпажу в аварійних ситуаціях;*
4. *дослідження впливу метеорологічних та гідрографічних умов;*
5. *обґрунтування заходів із підвищення навігаційної безпеки.*

Основою будь-якого моделювання є припущення, що поведінка складної реальної системи може бути достатньо точно відтворена за допомогою математичних залежностей, алгоритмів або комп'ютерних програм. У сфері судноплавства моделі враховують значну кількість чинників, серед яких технічні характеристики судна, гідрометеорологічні умови, особливості району плавання, інтенсивність суднопотоку, а також дії членів екіпажу. Комплексний облік зазначених факторів дозволяє отримати результати, максимально наближені до реальної експлуатаційної практики.

Сучасні методи моделювання охоплюють широкий спектр підходів – від простих математичних розрахунків до складних комп'ютерних симуляцій. Математичні моделі використовуються для опису руху судна, його маневрених характеристик та взаємодії із зовнішнім середовищем. Такі моделі дозволяють визначати параметри руху, прогнозувати зміну курсу та швидкості, а також оцінювати вплив вітру, хвилювання та течій. Разом із тим дедалі більшого поширення набувають імітаційні моделі, які забезпечують відтворення повної картини навігаційної обстановки та дають можливість аналізувати взаємодію декількох суден у реальному часі.

Види моделей

Математичні моделі

Описують рух судна за допомогою рівнянь динаміки та гідродинаміки. Використовуються для розрахунку траєкторії, маневреності та впливу зовнішніх сил.

Імітаційні комп'ютерні моделі

Дозволяють відтворювати складні навігаційні ситуації з урахуванням взаємодії багатьох факторів: руху інших суден, течій, вітру, обмежень акваторії.

Тренажерні моделі

Реалізуються на навігаційних тренажерах і дають можливість відпрацьовувати дії екіпажу в умовах, максимально наближених до реальних.

Цифрові двійники

Створюють віртуальну копію судна та його систем, що дозволяє аналізувати технічний стан і прогнозувати поведінку судна в різних умовах експлуатації.

Особливе місце серед засобів моделювання займають навігаційні тренажери. Вони дозволяють створювати високореалістичні сценарії аварійних ситуацій та відпрацьовувати дії екіпажу в умовах, максимально наближених до реальних. Використання тренажерних комплексів сприяє формуванню практичних навичок прийняття рішень в умовах дефіциту часу, підвищеного навантаження та невизначеності. Крім того, тренажерне моделювання дає можливість оцінювати вплив людського фактора на безпеку судноплавства, що є надзвичайно важливим, оскільки значна частина морських аварій пов'язана саме з помилками персоналу.

Процес моделювання навігаційного інциденту зазвичай починається з визначення мети дослідження та формування сценарію події. На цьому етапі встановлюються тип інциденту, район плавання, характеристики судна та перелік факторів, що можуть впливати на розвиток ситуації. Наступним кроком є збір вихідних даних і побудова відповідної моделі. Після цього проводиться серія модельних експериментів, під час яких змінюються окремі параметри та аналізується їхній вплив на результати. Отримані дані підлягають статистичній та експертній обробці, що дозволяє оцінити ймовірність виникнення небезпечної події та ступінь тяжкості її наслідків.

Етапи моделювання навігаційного інциденту



Найбільш поширеними об'єктами моделювання є зіткнення суден, посадки на мілину, навали на причальні споруди, відмови навігаційного обладнання, втрати керованості та інші аварійні ситуації. Для кожного з таких випадків можуть бути розроблені декілька альтернативних сценаріїв розвитку подій, що відрізняються умовами навколишнього середовища, технічним станом судна або діями екіпажу. Порівняння отриманих результатів дозволяє визначити найбільш критичні фактори ризику та розробити заходи щодо їх мінімізації.

Важливою перевагою моделювання є можливість багаторазового відтворення рідкісних або малоймовірних подій, які практично неможливо дослідити іншим способом. Водночас точність результатів значною мірою залежить від якості вихідних даних та адекватності застосованої моделі. Тому під час проведення досліджень особлива увага приділяється перевірці достовірності моделі та порівнянню отриманих результатів із фактичними даними експлуатації суден.

Типові сценарії для моделювання

- Зіткнення суден;
- Оцінка дистанції зближення, часу до небезпечного зближення та ефективності маневрів ухилення;
- Посадка на мілину;

- Дослідження впливу помилок навігації, течій і обмежень фарватеру;
- Навал на причал або інше судно;
- Моделювання маневрування в обмеженій акваторії та роботи буксирів;
- Втрата керованості;
- Аналіз наслідків відмови головного двигуна, рульового пристрою або навігаційного обладнання.

Переваги та обмеження моделювання	
+ Переваги	- Обмеження
1. безпечне відтворення аварійних ситуацій; 2. можливість багаторазового повторення експериментів; 3. оцінка рідкісних та екстремальних подій; 4. підтримка прийняття управлінських рішень.	1. результати залежать від якості вихідних даних; 2. моделі не завжди повністю відображають людський фактор; 3. складні сценарії потребують значних обчислювальних ресурсів; 4. необхідна перевірка адекватності моделі реальним умовам.

4.4 Методи та інструменти моделювання аварійних ситуацій

Для дослідження навігаційних інцидентів застосовуються різні методи моделювання, вибір яких залежить від мети дослідження, наявних вихідних даних, складності навігаційної обстановки та характеру поставлених завдань. У сучасній практиці забезпечення безпеки судноплавства використовуються як традиційні методи моделювання, що пройшли багаторічну перевірку, так і новітні цифрові технології, які розширюють можливості аналізу ризиків та прогнозування розвитку аварійних ситуацій. Комплексне використання різних підходів дозволяє більш повно відтворювати реальні умови плавання та підвищувати достовірність отриманих результатів.

Одним із найпоширеніших підходів є математичне моделювання руху судна. Його основу становлять математичні рівняння та залежності, які описують зміну положення судна в просторі під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів. Такі моделі враховують швидкість руху, курс, маневрені характеристики судна, дію вітру, течій, хвилювання моря та інші параметри, що визначають особливості його поведінки. За допомогою математичного моделювання можна розраховувати траєкторії руху судна, визначати діаметр циркуляції, оцінювати гальмівні характеристики, досліджувати наслідки зміни режимів руху або відмов окремих систем.

Практичне значення математичних моделей особливо проявляється під час реконструкції навігаційних інцидентів. Наприклад, після посадки судна на мілину або зіткнення з іншим судном виконується відтворення його

фактичного руху на основі даних про курс, швидкість, координати, напрямок течії та погодні умови. Отримані результати дозволяють встановити послідовність подій, визначити критичні моменти розвитку ситуації та оцінити вплив окремих факторів на виникнення аварії. Такі дослідження широко застосовуються під час розслідування морських подій і підготовки рекомендацій щодо запобігання подібним випадкам у майбутньому.

Значно ширші можливості забезпечує імітаційне моделювання, яке дозволяє відтворювати складні навігаційні процеси в умовах, максимально наближених до реальності. На відміну від математичних моделей, що часто розглядають окремі параметри руху, імітаційні моделі здатні одночасно враховувати взаємодію великої кількості факторів та об'єктів. Вони дають можливість моделювати рух суден у районах інтенсивного судноплавства, проходження вузькостей, маневрування в портах, виконання швартовних операцій та інші складні навігаційні ситуації.

Імітаційне моделювання активно використовується під час проєктування нових схем організації руху суден. Наприклад, перед впровадженням змін у системах розподілу руху або перед будівництвом нового портового термінала можуть виконуватися серії комп'ютерних експериментів, у ході яких моделюється рух сотень суден різних типів і розмірів. Аналіз результатів дозволяє оцінити рівень завантаженості акваторії, визначити можливі конфліктні точки та розрахувати ймовірність небезпечного зближення суден. Отримані дані використовуються для обґрунтування заходів щодо підвищення безпеки плавання та оптимізації суднопотоків.

Важливе місце в дослідженні навігаційних інцидентів займають логіко-ймовірнісні методи аналізу. Їх застосування дозволяє досліджувати причинно-наслідкові зв'язки між подіями та оцінювати вплив окремих факторів на виникнення аварійних ситуацій. Одним із найбільш поширених інструментів є метод дерева відмов (Fault Tree Analysis, FTA). Його суть полягає у побудові логічної структури, яка відображає можливі причини виникнення небажаної події.

Наприклад, якщо аналізується зіткнення двох суден, то верхньою подією дерева відмов буде саме зіткнення, а нижчі рівні можуть включати помилки судноводія, недостатнє візуальне або радіолокаційне спостереження, неправильне тлумачення навігаційної обстановки, несправності технічних засобів навігації, порушення вимог Міжнародних правил запобігання зіткненню суден у морі (МППЗС-72) або несприятливі погодні умови. Аналіз такої структури дозволяє визначити найбільш значущі фактори ризику та розробити заходи щодо їх усунення або мінімізації.

Іншим важливим методом є аналіз дерева подій (Event Tree Analysis, ETA), який використовується для прогнозування розвитку ситуації після виникнення певної початкової події. На відміну від дерева відмов, що спрямоване на пошук причин, дерево подій дозволяє дослідити можливі наслідки та альтернативні сценарії розвитку інциденту.

Наприклад, відмова головного двигуна під час проходження вузького каналу може мати кілька варіантів розвитку. За сприятливих умов екіпажу вдається швидко відновити роботу двигуна, і судно продовжує рух без негативних наслідків. В інших випадках може виникнути необхідність використання буксирів, виконання аварійного якірного маневру або навіть евакуації судна з небезпечного району. Якщо ж заходи реагування виявляться недостатньо ефективними, подальший розвиток подій може призвести до посадки на мілину, навалу на берегові споруди чи зіткнення з іншими суднами. Аналіз таких сценаріїв дозволяє оцінити не лише ймовірність виникнення події, але й масштаби її можливих наслідків.

Особливе місце в системі моделювання навігаційних інцидентів займають навігаційні тренажери. Їх використання є невід'ємною складовою підготовки судноводіїв відповідно до вимог Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти (STCW). Тренажерні комплекси дозволяють відтворювати реалістичні умови плавання із застосуванням моделей конкретних типів суден, реальних районів плавання та сучасного навігаційного обладнання.

За допомогою тренажерів можна моделювати широкий спектр аварійних ситуацій: плавання в умовах обмеженої видимості, проходження районів інтенсивного руху, відмову рульового пристрою, втрату головного двигуна, відмову радіолокаційної станції, порушення роботи систем супутникової навігації та інші події, які можуть становити загрозу безпеці судноплавства. Однією з головних переваг тренажерного моделювання є можливість вивчення впливу людського фактора. Численні дослідження морських аварій свідчать, що помилки екіпажу залишаються однією з основних причин навігаційних інцидентів. Саме тому тренажери дозволяють не лише оцінювати технічні аспекти безпеки, а й аналізувати процес прийняття рішень судноводіями в умовах дефіциту часу, високого психоемоційного навантаження та невизначеності.

Важливим джерелом інформації для моделювання навігаційних інцидентів є дані автоматичної ідентифікаційної системи AIS. Система AIS забезпечує автоматичний обмін інформацією між суднами та береговими службами, передаючи дані про координати, курс, швидкість, напрямок руху та інші параметри. Завдяки накопиченню великих масивів таких даних з'явилася можливість детального аналізу фактичного судноплавства в різних районах Світового океану.

На основі записів AIS виконуються реконструкції морських аварій, аналізуються випадки небезпечного зближення суден, визначаються райони підвищеного ризику та оцінюється ефективність існуючих схем руху. Наприклад, дослідники часто використовують AIS-дані для виявлення так званих «гарячих точок» аварійності, де спостерігається найбільша концентрація потенційно небезпечних ситуацій. Результати таких досліджень використовуються адміністраціями портів, службами управління рухом суден та судноплавними компаніями для підвищення рівня безпеки навігації.

Сучасний розвиток інформаційних технологій сприяв появі нових інструментів моделювання, серед яких особливу увагу привертають цифрові двійники (Digital Twin). Цифровий двійник являє собою віртуальну модель реального судна або окремих його систем, яка формується на основі технічних характеристик судна та постійно оновлюється завдяки даним, що надходять із бортових датчиків і навігаційних систем. На відміну від традиційних моделей, цифровий двійник відображає не лише проєктні параметри судна, а й його поточний експлуатаційний стан.

У сфері навігаційної безпеки цифрові двійники можуть використовуватися для прогнозування поведінки судна в різних умовах плавання, аналізу можливих наслідків відмов обладнання, оцінювання впливу погодних факторів на керованість та перевірки різних варіантів прийняття навігаційних рішень. Застосування цифрових двійників дозволяє проводити віртуальні експерименти без ризику для судна та екіпажу, що робить їх перспективним інструментом підвищення безпеки мореплавства.

Ще одним сучасним напрямом є використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання. На відміну від традиційних методів аналізу, які ґрунтуються на заздалегідь визначених математичних залежностях, алгоритми машинного навчання здатні самостійно виявляти приховані закономірності у великих масивах даних. Для цього можуть використовуватися записи AIS, метеорологічна інформація, дані про експлуатацію суден та архіви навігаційних інцидентів.

У сфері безпеки судноплавства штучний інтелект застосовується для прогнозування ризику небезпечного зближення суден, виявлення аномалій у русі, аналізу навігаційної обстановки та підтримки прийняття рішень судноводіями. Хоча такі технології ще не можуть повністю замінити професійний досвід екіпажу, вони поступово стають важливим допоміжним інструментом підвищення ситуаційної обізнаності та раннього виявлення потенційних загроз.

4.5 Аналіз наслідків навігаційних інцидентів

Аналіз наслідків навігаційних інцидентів є завершальним етапом процесу оцінювання ризиків та моделювання аварійних ситуацій. Якщо моделювання дозволяє визначити можливі сценарії розвитку подій, то аналіз наслідків спрямований на оцінювання впливу цих подій на судно, екіпаж, вантаж, навколишнє середовище та судноплавство в цілому. Саме результати такого аналізу дозволяють визначити рівень небезпеки конкретного інциденту та обґрунтувати заходи щодо його попередження або мінімізації негативного впливу.

У міжнародній практиці безпеки судноплавства прийнято вважати, що ризик визначається не лише ймовірністю виникнення небезпечної події, але й тяжкістю її можливих наслідків. Тому навіть події з відносно низькою ймовірністю можуть потребувати особливої уваги, якщо їх реалізація здатна призвести до значних людських, економічних або екологічних втрат.

Наслідки навігаційних інцидентів можуть проявлятися в різних сферах та мати різний масштаб. У більшості випадків один інцидент спричиняє одночасно декілька видів наслідків, які взаємопов'язані між собою. Наприклад, зіткнення суден може призвести до людських жертв, пошкодження корпусу, втрати вантажу, забруднення морського середовища та значних фінансових витрат.

Вплив навігаційних інцидентів на безпеку людей

Найбільш серйозними вважаються наслідки, пов'язані із загрозою життю та здоров'ю людей. Незалежно від типу інциденту, забезпечення безпеки екіпажу, пасажирів та рятувальників залишається головним пріоритетом.

Зіткнення суден, посадки на мілину, навали на гідротехнічні споруди або пожежі, що виникають після аварій, можуть спричиняти травмування або загибель людей. Особливо небезпечними є випадки втрати остійності судна, затоплення відсіків або необхідності евакуації екіпажу в несприятливих погодних умовах.

Прикладом тяжких наслідків навігаційного інциденту є загибель пасажирського порома Herald of Free Enterprise у 1987 році, коли внаслідок швидкого перекидання судна загинуло 193 особи. Хоча безпосередньою причиною трагедії стали організаційні та людські помилки, подія продемонструвала, наскільки швидко навігаційний інцидент може перерости у катастрофу з великою кількістю жертв.

Технічні наслідки

Значна частина навігаційних інцидентів супроводжується пошкодженням конструкцій судна або його технічних систем. Масштаб пошкоджень залежить від швидкості руху судна, його розмірів, характеру зіткнення та особливостей навколишнього середовища.

Найпоширенішими технічними наслідками є деформація корпусних конструкцій, пошкодження форштевня, пробоїни в бортах, вихід із ладу гвинто-рульового комплексу, пошкодження навігаційного обладнання та вантажних систем. У деяких випадках аварія може призвести до повної втрати судна або необхідності проведення дороговартісного ремонту.

Наприклад, після посадки на мілину контейнеровоза Ever Given у Суецькому каналі у 2021 році судно не зазнало критичних конструктивних руйнувань, однак сама подія продемонструвала, що навіть відносно незначне пошкодження або блокування руху може мати масштабні наслідки для міжнародного судноплавства.

Економічні наслідки

Економічні втрати є одним із найбільш відчутних результатів навігаційних інцидентів. Вони можуть включати витрати на ремонт судна, рятувальні операції, буксирування, компенсацію збитків третім сторонам, виплату страхових відшкодувань та покриття екологічних збитків.

Окрім прямих витрат, значну роль відіграють непрямі збитки. До них належать затримки доставки вантажів, порушення логістичних ланцюгів,

втрата ділової репутації судноплавної компанії та простої портової інфраструктури.

Показовим прикладом є вже згаданий інцидент із судном Ever Given. Блокування Суецького каналу протягом шести днів спричинило значні порушення глобальних логістичних ланцюгів та затримки сотень суден, які очікували проходження каналу.

Екологічні наслідки

Одними з найнебезпечніших вважаються наслідки, пов'язані із забрудненням морського середовища. Вони можуть виникати внаслідок пошкодження паливних танків, вантажних ємностей або систем обробки небезпечних речовин.

Особливо тяжкими є аварії танкерів, що супроводжуються розливами нафти та нафтопродуктів. Такі події призводять до загибелі морських організмів, погіршення стану прибережних екосистем, забруднення берегової лінії та довготривалого негативного впливу на біорізноманіття.

Одним із найвідоміших прикладів є аварія танкера Exxon Valdez біля узбережжя Аляски у 1989 році. Внаслідок посадки судна на мілину відбувся масштабний розлив нафти, наслідки якого для морських екосистем досліджувалися протягом багатьох років.

Екологічні наслідки можуть бути характерними не лише для танкерів. Навіть зіткнення контейнеровозів, балкерів або пасажирських суден здатне призводити до потрапляння в море пального, мастильних матеріалів та інших забруднюючих речовин.

Наслідки для судноплавства та інфраструктури

Навігаційні інциденти нерідко впливають не лише на окреме судно, а й на функціонування всієї транспортної системи. Особливо це стосується вузькостей, каналів, підхідних каналів портів та районів інтенсивного руху.

Блокування фарватеру, пошкодження причалів, навігаційних знаків або гідротехнічних споруд може призвести до тимчасового припинення судноплавства та необхідності проведення відновлювальних робіт. У результаті виникають затримки перевезень, збільшуються експлуатаційні витрати та погіршується ефективність функціонування транспортних коридорів.

Для оцінювання таких наслідків під час моделювання часто визначаються показники тривалості простою, кількості затриманих суден, вартості відновлювальних робіт та масштабу впливу на логістичні процеси.

Кількісна оцінка наслідків

Для порівняння різних сценаріїв розвитку подій наслідки інцидентів зазвичай оцінюються за шкалами тяжкості. У практиці аналізу ризиків широко використовуються якісні та кількісні критерії, які дозволяють класифікувати наслідки як незначні, помірні, серйозні, тяжкі або катастрофічні.

Під час оцінювання враховуються такі показники:

- кількість постраждалих або загиблих;
- обсяг матеріальних збитків;

- вартість ремонту судна;
- масштаби екологічного забруднення;
- тривалість простою судна чи інфраструктури;
- вплив на безперервність судноплавства.

Отримані результати використовуються для побудови матриць ризику, визначення пріоритетних загроз та розроблення заходів щодо зниження рівня ризику до прийнятного значення.

4.6 Використання результатів моделювання для підвищення безпеки судноплавства

Результати моделювання навігаційних інцидентів мають важливе практичне значення для забезпечення безпеки судноплавства. Якщо на попередніх етапах виконується ідентифікація небезпек, оцінювання ризиків, моделювання можливих сценаріїв розвитку подій та аналіз їх наслідків, то на завершальному етапі отримані результати використовуються для розроблення та впровадження заходів, спрямованих на зниження рівня ризику. Саме цей етап забезпечує перехід від теоретичного аналізу до практичного управління безпекою.

Міжнародна морська організація (ІМО) розглядає ризик-орієнтований підхід як один із ключових принципів сучасного управління безпекою судноплавства. Відповідно до цього підходу рішення щодо організації перевезень, експлуатації суден та підготовки персоналу повинні прийматися на основі результатів аналізу ризиків та прогнозування можливих наслідків аварійних ситуацій. Моделювання навігаційних інцидентів створює інформаційну основу для таких рішень.

Одним із найважливіших напрямів використання результатів моделювання є вдосконалення навігаційної діяльності судноводіїв. Аналіз модельних сценаріїв дозволяє визначити найбільш небезпечні ділянки маршруту, встановити критичні погодні умови, оцінити вплив інтенсивності руху та інших факторів на безпеку плавання. На основі таких даних можуть розроблятися рекомендації щодо вибору маршрутів, безпечних швидкостей руху, дистанцій розходження та порядку виконання маневрів.

Наприклад, результати моделювання руху суден у вузькостях або районах із високою щільністю суднопотоку можуть використовуватися для визначення безпечних схем розходження суден та оптимізації організації руху. Такі підходи широко застосовуються під час проєктування систем розподілу руху суден, рекомендованих маршрутів та зон розмежування транспортних потоків.

Важливим напрямом використання результатів моделювання є підготовка та тренування екіпажів. Дані про типові помилки судноводіїв, отримані під час моделювання аварійних ситуацій, дозволяють формувати навчальні сценарії для навігаційних тренажерів. У результаті майбутні судноводії отримують можливість відпрацьовувати дії в умовах, максимально наближених до реальних.

Особливу цінність мають сценарії, побудовані на основі реальних аварій та інцидентів. Аналіз таких подій дозволяє демонструвати курсантам і членам екіпажів причини виникнення аварій, наслідки неправильних рішень та ефективність різних способів реагування. У результаті підвищується рівень професійної підготовки персоналу та формується культура безпечного мореплавства.

Результати моделювання активно використовуються при розробленні та вдосконаленні процедур системи управління безпекою (Safety Management System, SMS), яка впроваджується відповідно до вимог Міжнародного кодексу з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забрудненню (ISM Code). Аналіз можливих аварійних ситуацій дозволяє визначати перелік ризиків, розробляти інструкції для екіпажу та встановлювати порядок дій у надзвичайних обставинах.

Наприклад, якщо результати моделювання показують високий ризик втрати керованості судна під час маневрування в певних умовах, судноплавна компанія може запровадити додаткові процедури контролю, вимоги щодо залучення буксирів або обмеження експлуатації судна за несприятливих погодних умов. Таким чином, моделювання стає інструментом обґрунтування конкретних управлінських рішень.

Важливу роль результати моделювання відіграють у діяльності портів та служб управління рухом суден. За допомогою імітаційних моделей оцінюється безпечність підхідних каналів, акваторій портів та районів інтенсивного судноплавства. На основі отриманих результатів можуть визначатися параметри навігаційних каналів, розташування навігаційних знаків, режими руху суден та вимоги до лоцманського проведення.

Прикладом практичного застосування таких досліджень є моделювання маневрування великотоннажних суден під час заходу до порту. Отримані результати дозволяють оцінити достатність глибин, ширини каналів та радіусів поворотів, а також визначити необхідну кількість буксирів для безпечного виконання маневру.

Окремим напрямом є використання результатів моделювання для підвищення рівня технічної безпеки суден. Аналіз сценаріїв відмов обладнання дозволяє виявляти найбільш критичні елементи суднових систем та визначати заходи щодо підвищення їх надійності. На основі таких досліджень можуть коригуватися програми технічного обслуговування, періодичність перевірок обладнання та порядок проведення ремонтних робіт.

У сучасних умовах дедалі більшого значення набуває використання цифрових технологій для підтримки прийняття рішень. Результати аналізу великих масивів навігаційних даних, інформації AIS, тренажерних досліджень та комп’ютерного моделювання можуть інтегруватися в системи підтримки прийняття рішень судноводія. Такі системи допомагають оцінювати навігаційну обстановку, прогнозувати розвиток ситуації та своєчасно виявляти потенційні загрози.

Перспективним напрямом є також використання цифрових двійників суден. Поєднання результатів моделювання з даними, які надходять від бортових систем у режимі реального часу, дозволяє оцінювати поточний рівень ризику та прогнозувати можливі наслідки різних варіантів управління судном. Це створює додаткові можливості для попередження аварій ще до виникнення небезпечної ситуації.

Крім того, результати моделювання широко використовуються під час розслідування морських подій. Реконструкція аварійних ситуацій дозволяє встановити причини інциденту, оцінити правильність дій екіпажу та визначити фактори, які сприяли розвитку аварії. Отримані висновки враховуються під час оновлення нормативних документів, підготовки рекомендацій для судноплавних компаній та вдосконалення системи підготовки моряків.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ТЕМИ 4

1. Що розуміють під навігаційним ризиком та навігаційним інцидентом?
2. Які основні етапи процесу управління навігаційними ризиками?
3. У чому полягає мета оцінювання навігаційних ризиків?
4. Які фактори впливають на рівень навігаційного ризику під час плавання судна?
5. Які методи використовуються для оцінки навігаційних ризиків?
6. Що таке матриця ризику та для чого вона застосовується?
7. Які переваги надає використання моделювання під час дослідження навігаційних інцидентів?
8. Що розуміють під моделюванням навігаційного інциденту?
9. Які основні етапи процесу моделювання навігаційних інцидентів?
10. Які вихідні дані необхідні для побудови моделі навігаційного інциденту?
11. У чому полягають особливості математичного моделювання руху судна?
12. Які завдання вирішуються за допомогою імітаційного моделювання?
13. У яких випадках застосовується тренажерне моделювання?
14. Які переваги та обмеження мають навігаційні тренажери?
15. Що являє собою метод дерева відмов (FTA) та для яких завдань він використовується?
16. У чому полягає сутність методу дерева подій (ETA)?
17. Які можливості надає використання даних автоматичної ідентифікаційної системи AIS під час моделювання навігаційних інцидентів?
18. Що таке цифровий двійник судна та які перспективи його застосування у сфері навігаційної безпеки?
19. Яким чином технології штучного інтелекту можуть використовуватися для аналізу навігаційних ризиків?
20. Які основні види навігаційних інцидентів найчастіше підлягають моделюванню?
21. Які наслідки навігаційних інцидентів належать до технічних?
22. Які наслідки навігаційних інцидентів належать до економічних?
23. Які екологічні наслідки можуть виникати в результаті навігаційних інцидентів?
24. Які показники використовуються для оцінювання тяжкості наслідків навігаційних інцидентів?
25. Чому людський фактор вважається одним із ключових чинників виникнення навігаційних інцидентів?
26. Яким чином результати моделювання використовуються для підготовки судноводіїв?

27. Як результати моделювання впливають на вдосконалення системи управління безпекою судна (SMS)?

28. Яким чином моделювання використовується під час організації руху суден у портах і вузкостях?

29. Як результати моделювання допомагають знизити ризик виникнення аварійних ситуацій?

30. Яке значення має моделювання навігаційних інцидентів для підвищення рівня безпеки сучасного судноплавства?

31. Які можливі наслідки відмови головного двигуна судна під час проходження вузького каналу?

32. Які дані необхідно використати для моделювання ризику зіткнення двох суден у районі інтенсивного судноплавства?

33. Як можуть бути використані результати моделювання посадки судна на мілину для запобігання аналогічним інцидентам у майбутньому?

ТЕМА 5. ЛЮДСЬКИЙ ЕЛЕМЕНТ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ

5.1 Концепція Human Element у судноплавстві.

Концепція **Human Element (людський елемент)** є одним із ключових напрямів забезпечення безпеки мореплавства та управління навігаційними ризиками. Вона ґрунтується на визнанні того факту, що людина залишається центральною ланкою будь-якої соціотехнічної системи незалежно від рівня автоматизації судна, розвитку навігаційного обладнання чи впровадження цифрових технологій. Більшість морських аварій, зіткнень, посадок на мілину та інших навігаційних інцидентів прямо або опосередковано пов’язані з діями людини, її рішеннями, помилками або недоліками в організації роботи.

За визначенням International Maritime Organization (IMO), людський елемент охоплює взаємодію між людиною, технікою, організацією та навколишнім середовищем, яка впливає на безпеку, ефективність та надійність морських перевезень. У цьому контексті людина розглядається не лише як джерело потенційних помилок, але і як головний ресурс забезпечення безпеки, здатний компенсувати технічні відмови, адаптуватися до нестандартних ситуацій та приймати рішення в умовах невизначеності.

Підвищена увага до людського елемента сформувалася наприкінці XX століття після аналізу численних морських катастроф. Дослідження причин аварій показали, що навіть за наявності справного технічного обладнання та сприятливих погодних умов помилки екіпажу залишаються домінуючим фактором ризику. Саме тому міжнародна морська спільнота поступово перейшла від виключно технічного підходу до комплексної концепції, яка враховує психологічні, організаційні та ергономічні аспекти діяльності моряків.

У сучасному судноплавстві концепція Human Element розглядає систему безпеки як сукупність чотирьох взаємопов’язаних компонентів:

- людина (моряк, судноводій, оператор, лоцман);
- техніка (навігаційне обладнання, автоматизовані системи управління, інформаційні комплекси);
- організація (судноплавна компанія, процедури, правила, система управління безпекою);
- зовнішнє середовище (гідрометеорологічні умови, інтенсивність руху, особливості району плавання).

Будь-яке порушення взаємодії між цими компонентами може призвести до зростання навігаційного ризику. Наприклад, складний інтерфейс електронної картографічної системи може викликати неправильне трактування інформації судноводієм, а надмірне навантаження на вахтового офіцера може призвести до пропуску небезпечної цілі на екрані радіолокаційної станції.

Концепція людського елемента базується на кількох фундаментальних принципах:

1. **Людина є невід'ємною складовою системи безпеки.** Повністю виключити вплив людського фактора неможливо навіть за високого рівня автоматизації.
2. **Помилки є закономірною властивістю людської діяльності.** Завдання системи управління ризиками полягає не лише у запобіганні помилкам, а й у створенні механізмів їх своєчасного виявлення та нейтралізації.
3. **Безпека залежить від умов праці.** Рівень професійної підготовки, режим праці та відпочинку, психологічний клімат в екіпажі та організація роботи безпосередньо впливають на якість прийняття рішень.
4. **Ефективне управління ризиками потребує системного підходу.** Причини інцидентів зазвичай мають комплексний характер і не можуть пояснюватися виключно помилкою окремого моряка.

Важливим етапом розвитку концепції стало впровадження міжнародних нормативних документів, які спрямовані на мінімізацію негативного впливу людського фактора. Серед них особливе значення мають вимоги International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers щодо підготовки та дипломування моряків, а також положення International Safety Management Code, які регламентують функціонування систем управління безпекою в судноплавних компаніях. Дані документи передбачають розвиток професійних компетентностей екіпажів, формування культури безпеки та створення умов для зниження ймовірності людських помилок.

Особливого значення концепція Human Element набула в умовах цифровізації морської галузі. Використання електронних картографічних систем, інтегрованих навігаційних комплексів, автоматизованих систем підтримки прийняття рішень та технологій штучного інтелекту змінює характер діяльності судноводія. З одного боку, сучасні технології дозволяють зменшити навантаження на екіпаж та підвищити точність навігації. З іншого боку, вони створюють нові ризики, пов'язані з надмірною довірою до автоматизації, втратою практичних навичок, помилками інтерпретації інформації та недостатнім контролем роботи автоматизованих систем.

У системі управління навігаційними ризиками людський елемент розглядається як один із найважливіших об'єктів моніторингу та контролю. Оцінювання рівня підготовки персоналу, аналіз помилок екіпажів, контроль втоми, підтримання ситуаційної обізнаності та вдосконалення процедур взаємодії на містку є невід'ємними складовими сучасної системи забезпечення безпеки судноплавства.

Таблиця 1. Відповідність соціально-психологічних якостей компетентностям фахівців морської галузі

Соціально-психологічні якості	Компетентності
Відповідальність, готовність особистості, здатність до прийняття рішень	Гнучкість мислення (набуття гнучкого способу мислення, який дасть можливість зрозуміти й розв'язати проблеми та задачі, зберігаючи при цьому критичне відношення до установлених наукових концепцій) Знання методів прийняття рішень та уміння їх застосовувати. Розробка та виконання стандартних експлуатаційних процедур, і контроль за виконанням
Розумові здібності	Навики до аналізу та оцінки здійснення безпечної діяльності (прихильність безпеці). Здатність забезпечувати організацію, нагляд та контроль щодо дотримання правил техніки безпеки, безпеки персоналу та судна.
Робота особистості у колективі (я впливаю на колектив, колектив на мене) – моральні якості	Здатність забезпечувати організацію, нагляд та контроль щодо дотримання правил техніки безпеки, безпеки персоналу та судна. Знання проблем управління персоналом на судні та його підготовки. Знання відповідних міжнародних морських конвенцій, рекомендацій та національного законодавства. Уміння застосовувати методи управління задачами та робочим навантаженням. Знання методів еф
Відпрацювання навиків у екстремальних ситуаціях (стабільність у стресових ситуаціях, робота у замкненому просторі, вольові якості, витримка, рівень надійності та виконання професійних обов'язків, рішучість)	Здатність до аналізу та оцінки базових уявлень про основи психології, педагогіки, методології' вищої школи, що сприяють розвитку загальної культури й соціалізації особистості. Дії при аваріях, що виникають під час плавання. Нагляд та контроль за виконанням законодавчих вимог, а також заходів стосовно забезпечення охорони людського життя на морі, охорони та захисту морського середовища. Здатність до аналізу та оцінки базових уявлень про основи психології, педагогіки, методології вищої школи, що сприяють розвитку загальної культури й соціалізації особистості, схильності до етичних цінностей. Розуміння причинно-наслідкових зав'язків розвитку суспільства й уміння їх використовувати в професійній і соціальній діяльності. Уміння обґрунтовувати власну точку зору та висновки, використовуючи основні теорії та концепції у сфері судноводіння. Забезпечення

	безпеки екіпажу судна й пасажирів та експлуатаційного стану рятувальних засобів та пристроїв, протипожежної системи та інших систем безпеки Використання навичок керівника та організатора

(Сокол А.О. Людський елемент, як складова ризику виникнення небажаної події на морському судні. К: ДУІТ, 2023. – Випуск 2(38). С. 49-55)

На основі підібраних якостей особистості, характерних для фахівців морської галузі і відповідних компетентностей (табл. 1), з використанням методики, та враховуючи що схильність до ризику прямо пропорційна кількості допущених помилок, була розроблена методика «Діагностика ступеня готовності фахівця морського флоту до ризику виникнення небезпеки», яка складається з двадцяти чотирьох питань. Розроблена методика дозволяє виміряти схильність (готовність) до ризику члена екіпажу морського судна в екстремальних умовах, при виникненні небезпеки. У методиці було визначено три ступеня схильності до ризику:

– висока схильність до ризику говорить про не контролюванні дії, самовпевнені реакції;

– низька схильність до ризику говорить про дії з обережністю під час виконання завдань, як правило мають фахівці з досвідом роботи у певній сфері;

– середні (перехідні) результати дослідження ступеня ризику говорять про те що при набутті досвіду роботи фахівець може перейти до групи з низькою схильністю до ризику.

Методика була апробована на групі з 36 осіб серед яких представлені фахівці які займають різні посади членів екіпажу морського судна (матроси, офіцерський склад палубної та машинної команди, старші механіки, капітани) та кадети які вже мають досвід роботи у морі.

З метою розуміння поведінки члена екіпажу морського судна схильного до ризику необхідно створити модель його поведінки у випадку ризику виникнення небажаної події. У моделі поведінки члена екіпажу морського судна схильного до ризику у випадку ризику виникнення небажаної події будемо вважати що першочерговим фактором, який впливає на людський елемент є емоційний стан. На підставі досліджень встановлено, що найбільш схильні до ризику особи з домінуванням емоції «гнів», менше – особи з емоцією «радість», ще менше –«печаль», і, нарешті, особи, в яких домінує «страх», найменш схильні до ризику. Таким чином, можна встановити наступний зв’язок (рис. 1)

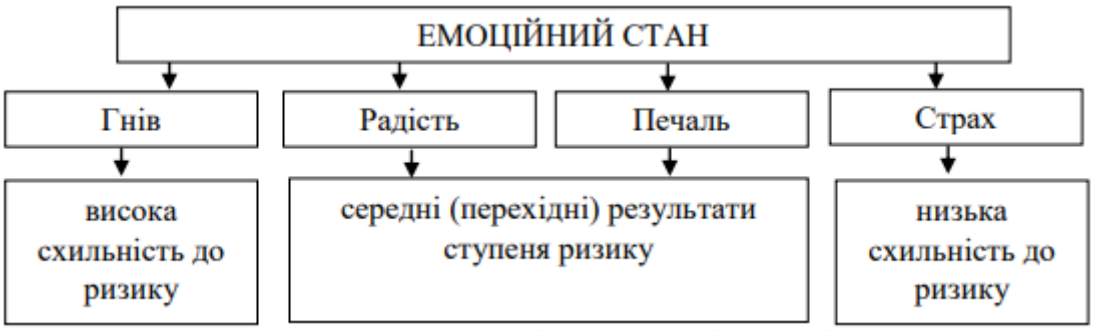


Рисунок 1 – Зв'язок емоційного стану і ступенів ризику

(Сокол А.О. Людський елемент, як складова ризику виникнення небажаної події на морському судні. К: ДУІТ, 2023. – Випуск 2(38). С. 49-55)

Модель поведінки члена екіпажу морського судна схильного до ризику у випадку ризику виникнення небажаної події будемо створювати для емоцій, які породжують високу та низьку схильність до ризику. Для створення моделі поведінки будемо розглядати емоцію з психологічної та фізіологічної позицій. Із загальної психології відомо, що емоції сприяють ухваленню рішень, і виступають, як захисні реакції організму людини. Людина переживає небажану подію на яку реагує певними емоціями, які за собою несуть певні фізіологічні зміни в її організмі. Під час переживання емоції «страх» людина переживає стан боязкості і стан побоювання (розумовий страх). Обидва стани дають можливість замислитись над небажаною подією, яка виникла і почати діяти. Реакція на «страх» може викликати відмову від виконання завдання, тому, «страх» спричиняє низьку схильність до ризику. Фізіологічні ознаки емоції «страх»: утруднення рухової активності; бліде обличчя (кров відливає від голови); холодний піт; утруднення мови («ком у горлі»). При переживанні емоції «гнів» людина стає роздратованою, відчуває розчарування, негативний афект, що може призвести до неконтрольованого бажання ризикувати. З іншого боку, у стані емоції «гнів» мобілізуються сили для активізації самозахисту, що надає людині можливість проаналізувати, що саме спровокувало небажану подію, оцінити реальні факти й вирішити, як краще діяти в цій ситуації. Тобто, в даному випадку людина свідомо йде на ризик і впевнена, що її дії вірні. На фізіологічному рівні людина яка відчуває «гнів» виявляє наступні ознаки: увага людини сконцентрована і звужена; обличчя приймає характерний вираз, який служить для оточуючих попереджувальним знаком. Найбільш яскраві зовнішні фізіологічні ознаки «гніву»: підвищення голосу, стиснуті кулаки, надмірна ходьба, стиснута щелепа. На підставі зазначених психологічних факторів і фізіологічних змін, які переживає людина у випадку виникнення небажаної події, запропоновано модель поведінки члена екіпажу судна під впливом емоцій «страх» і «гнів» (рис. 2).

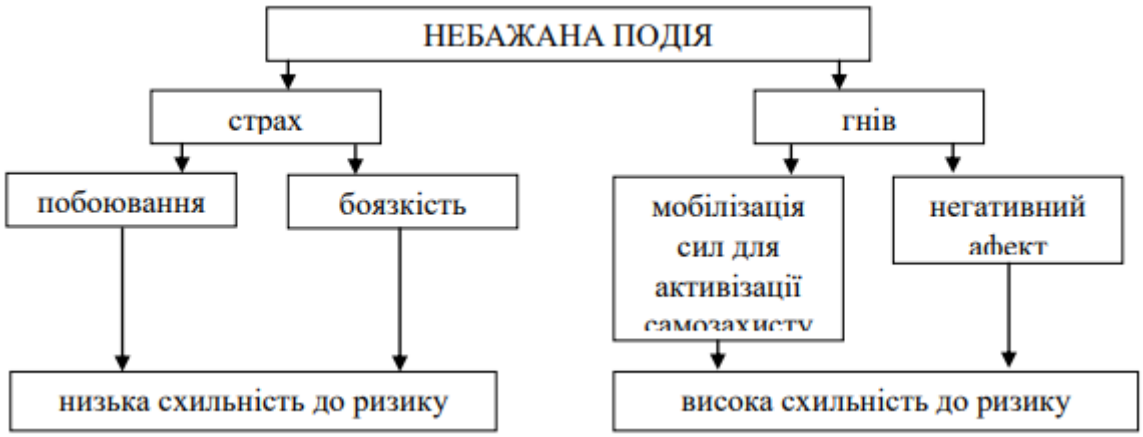


Рисунок 2 – Модель поведінки члена екіпажу морського судна схильного до ризику у випадку ризику виникнення небажаної події

(Сокол А.О. Людський елемент, як складова ризику виникнення небажаної події на морському судні. К: ДУІТ, 2023. – Випуск 2(38). С. 49-55)

5.2 Класифікація людських помилок

Людські помилки є одним із найважливіших факторів виникнення навігаційних інцидентів та аварій у мореплавстві. Незважаючи на стрімкий розвиток навігаційних технологій, впровадження інтегрованих містків, електронних картографічних систем та засобів автоматизованого управління, саме людина продовжує залишатися центральною ланкою системи забезпечення безпеки судноплавства. Результати розслідувань морських пригод свідчать, що в переважній більшості випадків людський фактор відіграє ключову роль у виникненні небезпечних ситуацій. При цьому сучасний підхід до аналізу аварій відходить від спрощеного розуміння людської помилки як наслідку некомпетентності або недбалості окремого моряка. Натомість помилка розглядається як результат складної взаємодії між людиною, технічними засобами, організаційними процесами та умовами зовнішнього середовища.

У науковій літературі та практиці управління безпекою існує декілька підходів до класифікації людських помилок. Найбільш поширеним є підхід, запропонований британським дослідником James Reason, який розглядає помилки залежно від характеру дій людини та механізмів їх виникнення. Відповідно до цієї концепції розрізняють помилки виконання, помилки прийняття рішень та порушення встановлених правил і процедур.

Помилки виконання виникають у тих випадках, коли особа правильно розуміє поставлене завдання та має намір виконати необхідну дію, однак припускається помилки під час її реалізації. Такі ситуації часто пов’язані з неуважністю, відволіканням, автоматизмом дій або перевтомою. Наприклад, вахтовий помічник може коректно визначити необхідність зміни курсу, але через помилкове введення значення в систему автопілота фактично задати неправильний маневр. Аналогічно можуть виникати помилки під час роботи з навігаційними приладами, коли оператор випадково використовує невірний

режим роботи обладнання або некоректно інтерпретує інформацію, відображену на дисплеї.

Іншу категорію становлять помилки прийняття рішень. У цьому випадку всі дії виконуються правильно з технічної точки зору, однак саме рішення виявляється неправильним через недостатню оцінку ситуації, брак досвіду або помилкові висновки. Такі помилки особливо характерні для складних навігаційних умов, коли судноводій змушений діяти в умовах дефіциту часу, неповної інформації або високої невизначеності. Наприклад, офіцер навігаційної вахти може неправильно оцінити параметри руху зустрічного судна та обрати маневр, який не забезпечить безпечного розходження. Подібні помилки нерідко виникають під час плавання в районах інтенсивного судноплавства, вузькостях або за складних гідрометеорологічних умов.

Окрему групу складають порушення, які відрізняються від помилок тим, що є свідомим відступом від встановлених вимог. Якщо помилка зазвичай виникає ненавмисно, то порушення передбачає усвідомлене ігнорування процедур, інструкцій або нормативних документів. Причини таких дій можуть бути різними: прагнення скоротити час виконання операцій, надмірна впевненість у власному досвіді, тиск виробничих обставин або недооцінка ризиків. Хоча подібні відхилення не завжди призводять до аварійних наслідків, вони суттєво підвищують ймовірність виникнення небезпечних подій, особливо якщо стають систематичною практикою.

Важливе значення для аналізу аварій має також поділ людських помилок на активні та приховані. Активні помилки здійснюються безпосередньо операторами, які перебувають на передньому рубежі управління судном. Їх наслідки проявляються практично миттєво і можуть безпосередньо призвести до навігаційного інциденту. Наприклад, несвоєчасне виконання маневру ухилення або неправильне визначення місцеположення судна можуть одразу створити аварійну ситуацію. Приховані помилки мають іншу природу. Вони формуються на рівні організації роботи судноплавної компанії, системи підготовки персоналу, технічного обслуговування або управлінських рішень і можуть залишатися непомітними протягом тривалого часу. Недостатня чисельність екіпажу, неякісна підготовка судноводіїв, недосконалі процедури управління безпекою або перевантаження персоналу створюють передумови, які згодом можуть реалізуватися через активну помилку конкретного моряка.

З позицій процесу судноводіння людські помилки можуть виникати на будь-якому етапі прийняття та реалізації рішень. Спочатку можливі помилки сприйняття інформації, коли судноводій не помічає важливих змін у навігаційній обстановці або неправильно інтерпретує отримані дані. Наступним етапом є аналіз інформації, під час якого можуть виникати неправильні висновки щодо розвитку ситуації. Надалі помилки можуть проявлятися у процесі вибору рішення або безпосередньо під час його реалізації. Таким чином, навіть незначне відхилення на початкових стадіях обробки інформації здатне призвести до серйозних наслідків у подальшому.

Особливістю людських помилок є їх багатофакторна природа. Вони рідко виникають внаслідок однієї причини. Найчастіше помилки формуються під впливом сукупності чинників, серед яких важливе місце займають втома, стрес, надмірне інформаційне навантаження, складність навігаційної обстановки, недостатній рівень підготовки, недосконаліть технічних інтерфейсів та проблеми взаємодії між членами екіпажу. У сучасних умовах дедалі більшої актуальності набувають також ризики, пов’язані з автоматизацією судноводіння. Зростання кількості автоматизованих систем сприяє зменшенню фізичного навантаження на екіпаж, проте водночас може призводити до зниження пильності, втрати практичних навичок та надмірної довіри до технічних засобів.

5.3 Втома, стрес та ситуаційна обізнаність

У системі управління навігаційними ризиками особливе місце займають психофізіологічні фактори, які безпосередньо впливають на якість роботи судноводія та здатність екіпажу підтримувати безпечну експлуатацію судна. Серед них найбільшого значення набувають втома, стрес і ситуаційна обізнаність, оскільки саме вони визначають ефективність сприйняття інформації, швидкість прийняття рішень та адекватність реагування на зміни навігаційної обстановки. Багаторічний аналіз морських аварій показує, що значна частина інцидентів відбувається не через відмову технічних систем, а внаслідок зниження працездатності персоналу, втрати концентрації уваги або неправильного розуміння поточної ситуації.

Втома є одним із найбільш поширених і водночас найменш помітних чинників ризику у мореплавстві. Вона являє собою фізіологічний і психологічний стан зниження працездатності, який виникає внаслідок тривалої розумової або фізичної діяльності, недостатнього відпочинку чи порушення природних біологічних ритмів організму. Особливості організації праці на суднах створюють численні передумови для розвитку втоми. Тривалі рейси, робота за вахтовою системою, необхідність виконання обов’язків у нічний час, перетин часових поясів, несприятливі погодні умови та обмежені можливості для повноцінного відпочинку призводять до поступового накопичення фізичного та психічного виснаження.

Найбільш небезпечним проявом втоми є зниження здатності людини підтримувати належний рівень уваги протягом тривалого часу. Втомлений судноводій повільніше сприймає інформацію, гірше концентрується на виконанні завдань, частіше допускає помилки під час оцінки навігаційної обстановки та має меншу здатність прогнозувати розвиток подій. Особливо небезпечною є так звана прихована втома, коли людина суб'єктивно оцінює свій стан як задовільний, хоча її фактична працездатність уже значно знижена. У таких умовах можуть виникати пропуски важливої інформації, несвоєчасне виявлення навігаційних небезпек та затримки у виконанні необхідних дій.

Окремою проблемою є порушення циркадних ритмів, які регулюють чергування періодів активності та відпочинку організму. Для більшості людей

природний спад працездатності спостерігається в нічний час, особливо між опівноччю та шостою годиною ранку. Саме в цей період суттєво зростає ймовірність помилок, пов'язаних зі зниженням уваги та сонливістю. Не випадково значна кількість випадків посадки суден на мілину, зіткнень і навігаційних помилок відбувається саме під час нічних вахт.

Не менш важливим фактором є стрес, який супроводжує діяльність судноводія практично протягом усього рейсу. Стрес можна визначити як реакцію організму на зовнішні або внутрішні впливи, що вимагають мобілізації фізичних та психічних ресурсів. У мореплавстві джерелами стресу можуть виступати складні погодні умови, висока інтенсивність руху суден, аварійні ситуації, відповідальність за безпеку екіпажу та вантажу, дефіцит часу для прийняття рішень, а також тривала ізоляція від сім'ї та соціального середовища.

Помірний рівень стресу може мати позитивний вплив на діяльність людини, оскільки сприяє мобілізації уваги та концентрації. Однак надмірний або тривалий стрес призводить до протилежного результату. У людини погіршується здатність до логічного аналізу, звужується поле уваги, зростає схильність до прийняття поспішних рішень та ігнорування альтернативних варіантів дій. В екстремальних ситуаціях стрес може викликати стан психологічного блокування, коли людина втрачає здатність адекватно реагувати на події або виконує дії автоматично, без належного аналізу їх наслідків.

Особливо небезпечним є поєднання стресу та втоми. У такому випадку негативний вплив кожного з цих факторів посилюється. Втомлена людина має менші можливості протидіяти стресовим впливам, а тривалий стрес, у свою чергу, прискорює розвиток втоми та виснаження організму. Саме тому сучасні системи управління безпекою приділяють значну увагу контролю режимів праці та відпочинку моряків, а також підтриманню сприятливого психологічного клімату на борту.

Центральним елементом безпечного судноводіння є ситуаційна обізнаність (Situational Awareness), яка характеризує здатність людини правильно сприймати навколишню обстановку, розуміти її значення та прогнозувати можливий розвиток подій у майбутньому. Це поняття широко використовується в авіації, військовій справі та морському транспорті для оцінювання готовності оператора до прийняття рішень у складних умовах.

Ситуаційна обізнаність формується як безперервний процес обробки інформації. Спочатку судноводій отримує дані з різних джерел: візуального спостереження, радіолокаційних станцій, автоматичної ідентифікаційної системи, електронних картографічних комплексів, навігаційних приладів та повідомлень інших членів екіпажу. Надалі ця інформація аналізується та інтегрується в єдину картину навігаційної обстановки. На основі сформованого уявлення здійснюється прогнозування можливих змін та приймаються рішення щодо подальших дій.

Порушення ситуаційної обізнаності є однією з найпоширеніших причин навігаційних помилок. Судноводій може не помітити важливу інформацію, неправильно інтерпретувати отримані дані або сформувати хибне уявлення про розвиток ситуації. Наприклад, під час плавання в районі інтенсивного руху екіпаж може зосередитися на одному потенційно небезпечному судні та втратити контроль над іншими об’єктами. Подібне явище відоме як тунельне мислення і часто виникає під впливом стресу або перевантаження інформацією.

Сучасний розвиток цифрових технологій створює нові виклики для підтримання ситуаційної обізнаності. Велика кількість навігаційних систем забезпечує екіпаж значними обсягами інформації, однак надмірне інформаційне навантаження може ускладнювати процес її аналізу. Крім того, надмірна довіра до автоматизованих систем іноді призводить до зниження рівня активного контролю навігаційної обстановки. У результаті судноводій може втратити цілісне розуміння ситуації, покладаючись виключно на дані електронних засобів.

Підтримання належного рівня ситуаційної обізнаності вимагає постійного моніторингу навігаційної обстановки, ефективного обміну інформацією між членами екіпажу та критичного ставлення до отриманих даних. Важливу роль у цьому процесі відіграє взаємний контроль дій на містку, використання принципів Bridge Resource Management, регулярна оцінка ризиків та дотримання встановлених процедур несення вахти.

Таким чином, втома, стрес і ситуаційна обізнаність є взаємопов’язаними складовими людського елемента, які безпосередньо впливають на рівень навігаційної безпеки. Втома знижує працездатність та уважність, стрес впливає на процес прийняття рішень, а втрата ситуаційної обізнаності позбавляє судноводія можливості адекватно оцінювати навігаційну обстановку. Саме тому сучасні підходи до управління навігаційними ризиками передбачають не лише вдосконалення технічних засобів судноводіння, а й комплексне врахування психофізіологічних особливостей діяльності моряків як одного з найважливіших факторів забезпечення безпеки мореплавства.

5.4 Crew Resource Management (CRM)

Ефективне управління навігаційними ризиками залежить не лише від професійної підготовки окремих членів екіпажу, але й від якості їхньої взаємодії під час виконання службових обов’язків. Досвід розслідування морських аварій свідчить, що навіть за наявності кваліфікованого персоналу та сучасного навігаційного обладнання небезпечні ситуації можуть виникати через недоліки комунікації, неузгодженість дій, неправильний розподіл обов’язків або відсутність взаємного контролю між членами екіпажу. Саме усвідомлення важливості людської взаємодії стало основою для розвитку концепції Crew Resource Management (CRM), яка сьогодні розглядається як один із ключових інструментів підвищення безпеки на транспорті.

Концепція Crew Resource Management виникла в авіаційній галузі наприкінці 1970-х років після серії катастроф, причини яких були пов'язані не з технічними несправностями, а з помилками екіпажів у процесі взаємодії та прийняття рішень. Подальший аналіз показав, що навіть досвідчені фахівці можуть допускати критичні помилки через недостатню комунікацію, невміння працювати в команді або надмірну авторитарність керівника. Згодом принципи CRM були адаптовані для морського транспорту, де вони отримали розвиток у вигляді систем Bridge Resource Management (BRM) та Engine Room Resource Management (ERM), спрямованих відповідно на ефективне управління ресурсами навігаційного містка та машинного відділення.

У загальному розумінні Crew Resource Management являє собою систему методів і принципів, спрямованих на максимально ефективне використання всіх наявних ресурсів для забезпечення безпеки та досягнення поставлених цілей. Під ресурсами в даному випадку розуміються не лише люди, але й технічні засоби, інформація, робочі процедури, час та організаційна підтримка. Основним завданням CRM є зниження ймовірності людських помилок шляхом удосконалення процесів взаємодії між членами екіпажу та формування культури колективного прийняття рішень.

У сучасному судноплавстві значна увага приділяється тому, щоб забезпечити ефективну роботу містка як єдиної функціональної команди. Традиційний підхід, за якого вся відповідальність фактично покладалася на капітана або вахтового помічника, поступово поступився місцем командній моделі управління. Згідно з принципами CRM, кожен член екіпажу бере активну участь у підтриманні безпеки судна, незалежно від посади чи досвіду. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти помилки, обмінюватися інформацією та підвищувати якість прийняття рішень.

Одним із центральних елементів Crew Resource Management є ефективна комунікація. У морських умовах інформація повинна передаватися чітко, однозначно та своєчасно. Будь-яке непорозуміння або неправильне трактування повідомлення може призвести до серйозних наслідків. Особливого значення це набуває під час плавання у вузькостях, виконання швартовних операцій, маневрування в портах або взаємодії з лоцманом. Для мінімізації ризиків широко використовуються стандартизовані фрази морського зв'язку та принцип підтвердження отриманої інформації, коли адресат повторює отриману команду для перевірки правильності її розуміння.

Не менш важливою складовою CRM є розподіл ролей та обов'язків між членами екіпажу. Під час несення навігаційної вахти кожен учасник процесу повинен чітко розуміти свої функції та межі відповідальності. Відсутність такого розуміння може призвести до дублювання дій або, навпаки, до невиконання важливих завдань через припущення, що ними займається хтось інший. Ефективний розподіл обов'язків особливо важливий під час аварійних ситуацій, коли дефіцит часу не залишає можливості для додаткових уточнень.

Однією з найважливіших ідей CRM є концепція взаємного контролю. Людина незалежно від рівня підготовки не застрахована від помилок, тому

система безпеки повинна передбачати механізми їх виявлення до того, як вони призведуть до негативних наслідків. На практиці це означає, що дії одного члена екіпажу контролюються іншими членами команди. Наприклад, під час виконання навігаційних розрахунків або зміни курсу результати можуть додатково перевірятися іншими офіцерами містка. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти помилки та значно підвищує надійність роботи екіпажу.

Особливу увагу CRM приділяє процесу прийняття рішень. У складних навігаційних умовах рішення часто доводиться приймати за обмежений час та в умовах неповної інформації. Концепція передбачає максимально повне використання знань і досвіду всіх членів команди. Навіть якщо остаточне рішення приймає капітан, важливо забезпечити можливість відкритого обговорення ситуації та врахування альтернативних точок зору. Такий підхід дозволяє знизити ризик помилок, пов'язаних із надмірною впевненістю або неправильним сприйняттям обстановки окремою особою.

Важливим напрямом розвитку CRM стало подолання негативного впливу ієрархічних бар'єрів. У минулому на багатьох суднах існувала практика, за якої молодші члени екіпажу утримувалися від висловлення зауважень або сумнівів щодо рішень старших офіцерів. Аналіз численних аварій показав, що така поведінка може призводити до катастрофічних наслідків, коли потенційна помилка залишається непоміченою або про неї не повідомляють вчасно. Сучасна культура безпеки передбачає створення середовища, у якому кожен член екіпажу має право і зобов'язаний звернути увагу на потенційну небезпеку незалежно від свого службового становища.

У сучасних умовах цифровізації судноплавства роль CRM продовжує зростати. Інтегровані навігаційні системи, електронні карти, автоматизовані засоби підтримки прийняття рішень та технології штучного інтелекту значно збільшують обсяг інформації, яку необхідно обробляти екіпажу. Це вимагає ще більш високого рівня координації дій, обміну інформацією та колективного контролю. Наявність сучасних технічних засобів не зменшує значення людського фактора, а навпаки, висуває нові вимоги до організації роботи команди.

Міжнародні вимоги щодо підготовки моряків передбачають обов'язкове формування компетентностей у сфері управління ресурсами містка та командної взаємодії. Відповідні положення включені до вимог International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, які визначають необхідність розвитку навичок лідерства, комунікації, прийняття рішень та управління людськими ресурсами. Підготовка за принципами CRM сьогодні є невід'ємною складовою професійної освіти судноводіїв та механіків.

5.5 Запобігання помилкам судноводія

Запобігання помилкам судноводія є одним із найважливіших напрямів управління навігаційними ризиками та забезпечення безпеки мореплавства. Аналіз причин морських аварій протягом останніх десятиліть переконливо свідчить, що навіть за умов високого рівня технічного оснащення суден людський фактор продовжує залишатися одним із головних джерел ризику. При цьому сучасний підхід до безпеки ґрунтується не на прагненні повністю усунути можливість помилки, що є практично неможливим, а на створенні таких організаційних, технічних та психологічних умов, за яких імовірність виникнення помилки мінімізується, а її наслідки можуть бути своєчасно виявлені та нейтралізовані.

Основою профілактики помилок є якісна професійна підготовка судноводіїв. Рівень знань, практичних навичок та професійного досвіду безпосередньо впливає на здатність моряка правильно оцінювати навігаційну обстановку, прогнозувати розвиток подій та приймати обґрунтовані рішення. Водночас сучасне судноплавство вимагає не лише знання навігації, лоції чи міжнародних правил запобігання зіткненню суден, а й розуміння принципів управління ризиками, роботи автоматизованих систем, особливостей людського фактора та командної взаємодії. Саме тому підготовка морських фахівців дедалі більше орієнтується на розвиток практичних компетентностей, відпрацювання нестандартних ситуацій на навігаційних тренажерах та формування навичок прийняття рішень в умовах невизначеності.

Важливе значення має підтримання належного рівня ситуаційної обізнаності. Судноводій повинен постійно контролювати навігаційну обстановку, оцінювати взаємне розташування суден, враховувати погодні умови, особливості району плавання та технічний стан суднових систем. Втрата цілісного уявлення про ситуацію є однією з найбільш поширених причин навігаційних помилок. Для запобігання цьому використовується принцип безперервного моніторингу, який передбачає систематичне зіставлення інформації, отриманої з різних джерел. Дані візуального спостереження повинні перевірятися за допомогою радіолокаційних станцій, автоматичної ідентифікаційної системи, електронних картографічних комплексів та інших навігаційних засобів. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти невідповідності та уникати помилок, пов’язаних із неправильним трактуванням окремих джерел інформації.

Одним із найефективніших механізмів попередження помилок є використання принципу взаємного контролю. Навігаційна практика показує, що навіть досвідчені судноводії можуть помилятися під впливом втоми, стресу або надмірної впевненості у власних діях. Саме тому сучасна організація роботи містка передбачає залучення кількох осіб до контролю найбільш відповідальних операцій. Перевірка прокладеного маршруту, контроль визначення місцеположення судна, підтвердження зміни курсу або оцінка ризику зіткнення повинні виконуватися не лише однією особою, а й іншими членами вахтової команди. Такий підхід значно підвищує ймовірність

своєчасного виявлення помилкових рішень або неточностей у навігаційних розрахунках.

Важливу роль у профілактиці помилок відіграє стандартизація процедур. Досвід показує, що в умовах високого навантаження людина схильна пропускати окремі етапи роботи або виконувати їх не в повному обсязі. Для мінімізації такого ризику в судноплавстві широко застосовуються контрольні переліки, стандартні операційні процедури та чек-листи. Вони використовуються під час підготовки до виходу в море, входу в порт, зміни режимів роботи навігаційного обладнання, швартовних операцій та інших відповідальних дій. Стандартизація дозволяє зменшити залежність результату від індивідуальних особливостей виконавця та забезпечити більш стабільний рівень безпеки.

Суттєвим фактором попередження помилок є ефективна організація праці та відпочинку екіпажу. Численні дослідження підтверджують прямий зв'язок між втомою та зростанням кількості помилкових рішень. Недостатня тривалість сну, тривалі робочі зміни, нічні вахти та порушення біологічних ритмів призводять до зниження концентрації уваги, погіршення пам'яті та уповільнення реакції. Саме тому міжнародні нормативні документи встановлюють мінімальні вимоги щодо тривалості відпочинку моряків та контролю режиму праці. Забезпечення належного балансу між роботою і відпочинком розглядається сьогодні як один із базових інструментів управління людським фактором.

Окремим напрямом профілактики є розвиток культури безпеки на судні та в судноплавній компанії. Культура безпеки передбачає формування такого середовища, у якому питання безпеки мають пріоритет над виробничими чи комерційними інтересами. У подібній системі члени екіпажу не приховують власні помилки, а відкрито повідомляють про виявлені ризики, небезпечні ситуації та недоліки в роботі. Це дозволяє не лише усувати конкретні проблеми, але й накопичувати досвід для подальшого вдосконалення системи управління безпекою.

Сучасні технології також є важливим інструментом запобігання помилкам судноводія. Інтегровані навігаційні комплекси, електронні картографічні системи, автоматизовані засоби прокладання маршруту та системи попередження про небезпеки суттєво розширюють можливості екіпажу щодо контролю навігаційної обстановки. Водночас практика показує, що технічні засоби не можуть повністю замінити професійне судноводіння. Надмірна довіра до автоматизації здатна призвести до втрати пильності, зниження рівня контролю та поступової деградації професійних навичок. Тому сучасна концепція безпеки передбачає використання технічних засобів як допоміжного інструменту підтримки прийняття рішень, а не як заміни професійної діяльності судноводія.

Важливе місце серед заходів профілактики займає аналіз аварійності та навчання на основі попереднього досвіду. Кожен навігаційний інцидент містить цінну інформацію щодо причин виникнення помилок та недоліків

існуючих систем безпеки. Саме тому результати розслідування аварій широко використовуються під час підготовки моряків, розроблення нових процедур та вдосконалення систем управління ризиками. Вивчення реальних прикладів дозволяє майбутнім судноводіям краще розуміти механізми розвитку аварійних ситуацій та формувати навички їхнього попередження.

Особливого значення в сучасному судноплавстві набуває проактивний підхід до управління помилками. Якщо раніше основна увага приділялася аналізу вже скоєних помилок, то сьогодні акцент переноситься на виявлення передумов їх виникнення. Контроль рівня втоми екіпажу, оцінювання робочого навантаження, моніторинг ефективності взаємодії на містку, аналіз потенційно небезпечних ситуацій та використання інструментів оцінювання ризиків дозволяють виявляти проблеми ще до того, як вони призведуть до інциденту.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ТЕМИ 5

1. Що розуміється під концепцією Human Element у мореплавстві?
2. Чому людський фактор вважається ключовим у системі навігаційної безпеки?
3. Які компоненти включає соціотехнічна модель безпеки судноплавства?
4. Як International Maritime Organization визначає роль людського елемента?
5. Яким чином автоматизація впливає на роль людини у сучасному судноводінні?
6. У чому полягає сучасне розуміння людської помилки в мореплавстві?
7. Які основні типи помилок виділяє підхід James Reason?
8. Чим відрізняються помилки виконання від помилок прийняття рішень?
9. Що таке порушення і чим воно відрізняється від помилки?
10. У чому різниця між активними та прихованими помилками?
11. На яких етапах діяльності судноводія можуть виникати помилки?
12. Що таке втома і як вона впливає на навігаційну діяльність?
13. Які фактори на судні сприяють розвитку втоми екіпажу?
14. Як стрес впливає на процес прийняття рішень судноводієм?
15. Чому поєднання стресу і втоми є особливо небезпечним?
16. Що таке ситуаційна обізнаність і з яких етапів вона складається?
17. Які причини призводять до втрати ситуаційної обізнаності?
18. Що таке тунельне мислення і коли воно виникає?
19. Що таке Crew Resource Management і яка його основна мета?
20. Чому CRM виникла спочатку в авіації, а згодом була адаптована для морського транспорту?
21. Які ресурси враховуються в системі CRM?
22. Яку роль відіграє комунікація в системі CRM?
23. Що означає принцип взаємного контролю на містку?
24. Як CRM впливає на процес прийняття рішень у екіпажі?
25. Яку роль відіграє культура безпеки у впровадженні CRM?
26. Чому неможливо повністю усунути людські помилки в судноводінні?
27. Які основні методи запобігання помилкам судноводія?
28. Як впливає підготовка та тренажерне навчання на рівень безпеки?
29. Яку роль відіграє стандартизація процедур і чек-листи?
30. Як режим праці та відпочинку впливає на ризик помилок?
31. Чому культура безпеки є важливою складовою запобігання інцидентам?
32. Яке місце займають технології автоматизації в запобіганні помилкам?
33. У чому полягає проактивний підхід до управління людським фактором?

ТЕМА 6. УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ РИЗИКАМИ СУДНА

6.1 Технічні ризики в експлуатації суден

Безпечна експлуатація морського судна значною мірою залежить від технічного стану його конструкцій, механізмів, обладнання та систем управління. Незалежно від типу судна, району плавання чи рівня автоматизації, будь-яка технічна несправність здатна створити передумови для виникнення аварійної ситуації. Саме тому технічні ризики належать до числа найбільш важливих об'єктів управління в сучасному судноплавстві. На відміну від навігаційних ризиків, які переважно пов'язані із зовнішнім середовищем та процесом судноводіння, технічні ризики виникають усередині суднової системи та обумовлюються станом її матеріально-технічної бази.

Під технічним ризиком розуміють імовірність виникнення небезпечної події внаслідок відмови, пошкодження або неналежного функціонування технічних елементів судна, а також можливі наслідки такої події для людей, майна, вантажу та навколишнього середовища. У практиці судноплавства технічний ризик розглядається як поєднання двох складових: імовірності відмови обладнання та тяжкості можливих наслідків цієї відмови. Навіть відносно рідкісна несправність може становити високий ризик, якщо її наслідки здатні призвести до втрати судна, людських жертв або масштабного забруднення морського середовища.

Сучасне морське судно являє собою складну інженерну систему, до складу якої входять тисячі взаємопов'язаних елементів. Головна енергетична установка забезпечує рух судна, електроенергетична система живить усі механізми та обладнання, рульовий пристрій відповідає за керованість, навігаційні комплекси забезпечують безпечне судноводіння, а численні допоміжні системи підтримують життєдіяльність судна та екіпажу. Робота кожної із цих підсистем залежить від функціонування інших. Тому відмова одного компонента часто може спричинити каскадне поширення несправностей та порушення роботи інших систем.

Особливістю технічних ризиків є те, що вони можуть проявлятися як у вигляді раптових аварійних відмов, так і у формі поступової деградації технічного стану обладнання. Значна частина серйозних аварій на морському транспорті не є наслідком миттєвого руйнування механізмів, а формується протягом тривалого часу через накопичення прихованих дефектів. Наприклад, поступове зношування підшипників, корозійне пошкодження трубопроводів, втомне руйнування металоконструкцій або забруднення паливних систем можуть протягом тривалого періоду не створювати помітних проблем. Проте за відсутності належного контролю такі дефекти здатні досягти критичного рівня та викликати аварійну ситуацію в найбільш невідповідний момент.

Одним із найважливіших джерел технічних ризиків є фізичне старіння обладнання. Будь-який механізм має обмежений ресурс роботи, після

вичерпання якого ймовірність відмови починає зростати. Навіть за умови правильної експлуатації деталі поступово зношуються, змінюються їхні геометричні характеристики, погіршуються механічні властивості матеріалів, зменшується точність роботи вузлів та агрегатів. Старіння особливо характерне для суден тривалої експлуатації, де окремі механізми можуть працювати десятиліттями та зазнавати значних навантажень.

Не менш важливим фактором є корозія, яка традиційно вважається однією з головних причин погіршення технічного стану морських суден. Агресивне морське середовище створює умови для інтенсивного руйнування металевих конструкцій під впливом електрохімічних процесів. Корозія вражає корпусні конструкції, баластні танки, вантажні приміщення, трубопроводи, теплообмінники та інше обладнання. Зменшення товщини металу призводить до зниження міцності конструкцій і підвищує ризик виникнення течі, руйнування елементів корпусу або втрати герметичності систем.

Значний вплив на формування технічних ризиків мають вібраційні навантаження та втома металу. Під час роботи головного двигуна, валопроводу, генераторів і допоміжних механізмів конструкції судна постійно зазнають циклічних навантажень. Такі навантаження спричиняють накопичення мікротріщин у матеріалі, які поступово збільшуються та можуть призвести до раптового руйнування деталей. Особливо небезпечними є дефекти, які не можуть бути виявлені під час звичайного візуального огляду та потребують застосування методів неруйнівного контролю.

Серед найбільш критичних технічних ризиків у морській практиці особливе місце займають відмови головної енергетичної установки. Головний двигун є основним джерелом рушійної сили судна, тому його вихід з ладу може мати серйозні наслідки. У відкритому морі така відмова часто призводить до дрейфу судна та порушення графіка рейсу, однак у вузькостях, прибережних районах або в умовах інтенсивного руху вона може створити безпосередню загрозу зіткнення чи посадки на мілину. Саме тому міжнародні нормативні документи приділяють значну увагу підтриманню належного технічного стану головної енергетичної установки.

Не менш небезпечними є відмови рульового пристрою. Втрата можливості змінювати курс фактично означає втрату контролю над судном. Особливо високий ризик виникає під час проходження вузьких каналів, портових акваторій або районів інтенсивного судноплавства. З огляду на це міжнародні правила передбачають обов’язкову наявність резервних систем керування та регулярні перевірки працездатності рульового обладнання.

Важливу групу технічних ризиків становлять несправності електроенергетичних систем. Електроенергія необхідна для роботи навігаційного обладнання, засобів зв’язку, насосів, систем управління, освітлення та багатьох інших механізмів. Повна втрата електроживлення, відома як blackout, є однією з найбільш небезпечних аварійних ситуацій на судні. Наслідками blackout можуть стати втрата керованості, відмова

навігаційних засобів, припинення роботи систем пожежогасіння та порушення функціонування життєво важливих механізмів.

Особливу категорію становлять ризики, пов'язані з автоматизованими системами управління. Сучасні судна дедалі більше залежать від комп'ютеризованих систем контролю та моніторингу. Автоматизація дозволяє підвищити ефективність експлуатації та знизити навантаження на екіпаж, однак одночасно збільшує залежність безпеки від справності електронного обладнання та програмного забезпечення. Помилки програмного забезпечення, несправності датчиків або порушення передачі даних можуть призвести до отримання недостовірної інформації та прийняття помилкових рішень.

Слід також враховувати взаємозв'язок технічних ризиків із людським фактором. Статистика морських аварій свідчить, що технічна відмова часто поєднується з організаційними або експлуатаційними недоліками. Неправильна експлуатація механізмів, несвоєчасне виконання технічного обслуговування, порушення інструкцій виробника, недостатній контроль технічного стану або неправильне трактування показників приладів можуть суттєво підвищити ризик виникнення несправностей. Таким чином, технічні та людські ризики часто виступають не окремими, а взаємопов'язаними чинниками розвитку аварій.

Міжнародна морська організація (IMO) розглядає підтримання технічного стану судна як одну з основних складових безпечної експлуатації. Відповідно до вимог Міжнародного кодексу з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забрудненню (ISM Code), кожна судноплавна компанія повинна забезпечувати належне технічне обслуговування судна, контролювати стан обладнання, визначати критично важливі системи та впроваджувати заходи щодо попередження їх відмов. Ці вимоги реалізуються через систему управління безпекою, планово-попереджувальне технічне обслуговування та використання сучасних інформаційних систем контролю технічного стану.

6.2 Надійність суднових технічних систем

Надійність суднових технічних систем є однією з фундаментальних категорій теорії безпеки та технічної експлуатації морського транспорту. Саме рівень надійності обладнання визначає здатність судна безперервно та безпечно виконувати свої функції протягом рейсу, забезпечувати безпеку екіпажу, збереження вантажу та захист морського середовища. У сучасному судноплавстві поняття надійності виходить далеко за межі простого уявлення про відсутність поломок і розглядається як комплексна властивість технічної системи зберігати працездатність упродовж визначеного часу за встановлених умов експлуатації.

З погляду теорії надійності будь-яке суднове обладнання має певний життєвий цикл, який охоплює проєктування, виготовлення, введення в експлуатацію, період активного використання, старіння та виведення з

експлуатації. На кожному з цих етапів існують фактори, що можуть впливати на рівень надійності. Помилки під час проєктування можуть призводити до конструктивних недоліків, виробничі дефекти — до передчасних відмов, а неправильна експлуатація або недостатнє технічне обслуговування — до прискореного зношування обладнання. Тому забезпечення надійності починається ще на етапі створення суднової техніки та продовжується протягом усього періоду її використання.

Судно являє собою складну технічну систему, що складається з великої кількості взаємопов'язаних підсистем. До них належать головна енергетична установка, допоміжні двигуни, електроенергетичне обладнання, системи автоматизації, рульовий комплекс, навігаційне обладнання, системи зв'язку, трубопроводи, насоси, компресори та інші технічні засоби. Надійність судна загалом визначається не лише надійністю окремих елементів, але й характером їхньої взаємодії. Відмова навіть відносно незначного компонента може вплинути на роботу інших систем і створити умови для розвитку аварійної ситуації.

У теорії надійності прийнято виділяти кілька основних властивостей, які характеризують технічний стан обладнання. Однією з найважливіших є безвідмовність — здатність системи працювати без виникнення відмов протягом визначеного часу. Для морського транспорту ця характеристика має особливе значення, оскільки під час тривалого рейсу можливості проведення складного ремонту часто обмежені. Відмова обладнання у відкритому морі може призвести не лише до економічних втрат, але й до безпосередньої загрози безпеці судна.

Іншою важливою властивістю є довговічність, яка характеризує здатність обладнання зберігати працездатність до настання граничного стану за умови проведення необхідного технічного обслуговування та ремонту. Для суднових механізмів довговічність визначається ресурсом роботи основних вузлів, матеріалів та конструкцій. Наприклад, ресурс головного двигуна вимірюється десятками тисяч годин роботи, тоді як окремі допоміжні механізми можуть мати значно коротший строк служби.

Важливим показником є ремонтопридатність, тобто здатність обладнання бути відновленим після виникнення несправності. Для суднових систем ремонтопридатність має особливе значення через необхідність оперативного усунення відмов у рейсових умовах. Конструкція обладнання повинна забезпечувати можливість доступу до вузлів, заміни деталей та проведення необхідних регулювань без значних витрат часу та ресурсів.

Ще однією складовою надійності є збережуваність, яка характеризує здатність технічних засобів підтримувати свої експлуатаційні характеристики під час зберігання, транспортування або перебування у резерві. Для суднового обладнання це особливо актуально щодо аварійних систем, рятувальних засобів, резервних механізмів та запасних частин, які можуть тривалий час не використовуватися, але повинні залишатися готовими до негайного застосування.

Особливості морського середовища значною мірою впливають на рівень надійності суднових технічних систем. Суднове обладнання працює в умовах постійної дії вологи, соляного туману, температурних коливань, вібрацій та ударних навантажень. Морська вода є агресивним середовищем, яке прискорює корозійні процеси та знижує довговічність металевих конструкцій. Крім того, під час експлуатації судно зазнає впливу хвилювання моря, крену, диференту та циклічних навантажень, що сприяють розвитку втомних пошкоджень матеріалів.

Для оцінювання надійності використовують спеціальні кількісні показники. Одним із найбільш поширених є імовірність безвідмовної роботи, яка показує ймовірність того, що обладнання буде виконувати свої функції без відмов протягом заданого проміжку часу. Іншим важливим показником є інтенсивність відмов, яка характеризує частоту виникнення несправностей у процесі експлуатації. У практиці технічної експлуатації також широко використовується показник середнього напрацювання до відмови (Mean Time Between Failures, MTBF), який дозволяє оцінити очікуваний час безвідмовної роботи обладнання.

Характер зміни інтенсивності відмов протягом життєвого циклу обладнання традиційно описується так званою «ванноподібною кривою» (Bathtub Curve). На початковому етапі експлуатації спостерігається підвищена кількість відмов, пов’язаних із прихованими виробничими дефектами або помилками монтажу. Після усунення цих недоліків настає період стабільної експлуатації з відносно низьким рівнем відмов. Наприкінці життєвого циклу обладнання інтенсивність відмов знову починає зростати через процеси старіння, зношування та накопичення пошкоджень.

Важливим принципом підвищення надійності суднових систем є резервування. Суть резервування полягає у створенні дублюючих елементів або систем, здатних виконувати функції основного обладнання у випадку його відмови. Міжнародні вимоги передбачають обов’язкову наявність резервних джерел електроенергії, аварійних систем освітлення, дубльованих навігаційних засобів, резервних насосів та інших критично важливих компонентів. Завдяки резервуванню навіть у разі виникнення відмови судно зберігає здатність безпечно продовжувати експлуатацію або перейти в безпечний стан.

Для аналізу надійності складних технічних систем застосовуються спеціальні методи оцінювання ризиків. Одним із найбільш поширених є метод аналізу видів і наслідків відмов (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA), який дозволяє визначити потенційні сценарії відмов та оцінити їх можливі наслідки. Широко використовується також метод дерева відмов (Fault Tree Analysis, FTA), який дає можливість досліджувати причинно-наслідкові зв’язки між окремими технічними несправностями та аварійними подіями. Використання таких методів дозволяє виявляти найбільш критичні елементи системи та обґрунтовувати заходи щодо підвищення їхньої надійності.

Окремого значення набуває надійність автоматизованих та цифрових систем управління. Сучасні судна дедалі більше покладаються на електронні навігаційні комплекси, автоматизовані системи контролю механізмів, інтегровані місткові системи та комп'ютеризовані засоби управління енергетичними установками. У таких умовах поняття надійності поширюється не лише на механічні компоненти, а й на програмне забезпечення, канали передачі даних, датчики та обчислювальні системи. Відмова програмного забезпечення або некоректна робота датчиків можуть мати наслідки, співставні з відмовою традиційного механічного обладнання.

Розвиток цифрових технологій сприяв переходу від традиційного підходу до оцінювання надійності на основі статистики відмов до концепції безперервного моніторингу технічного стану. Використання систем дистанційного контролю, датчиків технічного стану, технологій Інтернету речей та цифрових двійників дозволяє отримувати інформацію про роботу обладнання в режимі реального часу. Це дає можливість прогнозувати потенційні відмови ще до появи явних ознак несправності та своєчасно планувати необхідні профілактичні заходи.

6.3 Планово-попереджувальне технічне обслуговування

Підтримання суднового обладнання у справному технічному стані є однією з основних умов безпечної та ефективної експлуатації судна. У процесі роботи механізми, системи та конструктивні елементи зазнають постійного впливу навантажень, вібрацій, температурних коливань, агресивного морського середовища та природного зношування. Навіть за відсутності видимих несправностей технічний стан обладнання поступово погіршується, що призводить до зростання ймовірності відмов. Саме тому в судноплавстві широкого поширення набула система планово-попереджувального технічного обслуговування, основною метою якої є запобігання несправностям шляхом проведення профілактичних заходів до виникнення відмови.

Планово-попереджувальне технічне обслуговування являє собою сукупність організаційних і технічних заходів, спрямованих на підтримання працездатності обладнання та попередження його передчасного виходу з ладу. На відміну від аварійного ремонту, який виконується після виникнення несправності, планово-попереджувальний підхід ґрунтується на принципі випередження. Його сутність полягає в тому, що обслуговування, діагностика та заміна окремих елементів виконуються відповідно до встановленого графіка незалежно від наявності ознак відмови. Такий підхід дозволяє значно знизити ризик виникнення аварійних ситуацій під час рейсу та забезпечити стабільну роботу суднових систем.

Історично система планово-попереджувального обслуговування сформувалася в промисловості як відповідь на необхідність підвищення надійності складних технічних систем. У морському транспорті її значення

особливо велике через специфічні умови експлуатації суден. Під час перебування у відкритому морі можливості виконання складного ремонту є обмеженими, а доступ до берегових ремонтних потужностей часто відсутній протягом тривалого часу. У таких умовах навіть незначна несправність може спричинити серйозні наслідки, тому профілактика відмов є значно ефективнішою та економічно доцільнішою, ніж ліквідація їх наслідків.

Основою системи планово-попереджувального обслуговування є принцип регламентованості. Для кожного виду обладнання встановлюються певні інтервали проведення технічних робіт, які визначаються виробником обладнання, класифікаційними товариствами, міжнародними нормативними документами або внутрішніми процедурами судноплавної компанії. Такі інтервали можуть встановлюватися за календарним часом, напрацюванням у годинах роботи, кількістю циклів навантаження або іншими експлуатаційними показниками. Наприклад, заміна мастила може виконуватися через певну кількість годин роботи двигуна, а перевірка аварійного обладнання – щомісяця або перед виходом у рейс.

Важливою складовою планово-попереджувального обслуговування є технічний огляд обладнання. Регулярні огляди дозволяють своєчасно виявляти ознаки зношування, корозії, механічних пошкоджень, витоків робочих середовищ та інших дефектів. У процесі огляду контролюється стан деталей, кріплень, ущільнень, трубопроводів, електричних з’єднань та інших елементів системи. Виявлення навіть незначних відхилень від нормального стану дозволяє своєчасно вжити необхідних заходів та запобігти розвитку серйозних несправностей.

Однією з найбільш поширених операцій технічного обслуговування є очищення обладнання. У процесі експлуатації на поверхнях теплообмінників, фільтрів, трубопроводів та механізмів накопичуються забруднення, які можуть погіршувати ефективність роботи систем. Наприклад, забруднення паливних фільтрів призводить до порушення подачі палива до двигуна, а накип у теплообмінниках знижує ефективність теплопередачі. Регулярне очищення дозволяє підтримувати необхідні експлуатаційні характеристики обладнання та запобігати його перевантаженню.

Не менш важливим елементом планово-попереджувального обслуговування є контроль і заміна мастильних матеріалів. Мастило виконує одночасно кілька функцій: зменшує тертя між деталями, відводить тепло, захищає поверхні від корозії та сприяє видаленню продуктів зношування. Погіршення якості мастила або його забруднення можуть призвести до прискореного спрацювання деталей і виникнення серйозних пошкоджень механізмів. Саме тому аналіз стану мастильних матеріалів є важливою складовою системи технічного обслуговування сучасних суден.

Особливу увагу в системі планово-попереджувального обслуговування приділяють головній енергетичній установці. Головний двигун є одним із найбільш складних та відповідальних механізмів на судні, від працездатності

якого залежить можливість виконання рейсу. Для нього передбачаються регулярні перевірки параметрів роботи, контроль стану циліндро-поршневої групи, паливної апаратури, турбонагнітачів, систем охолодження та змащування. Більшість операцій обслуговування виконується відповідно до напрацювання двигуна та супроводжується детальним документуванням результатів.

До числа критично важливого обладнання також належать допоміжні дизель-генератори, рульові машини, пожежні насоси, компресори, системи осушення, баластні системи та аварійні джерела електроживлення. Для таких систем встановлюються спеціальні процедури перевірок та випробувань, спрямовані на підтвердження їх готовності до роботи в аварійних умовах. Наприклад, аварійний дизель-генератор повинен регулярно запускатися та перевірятися під навантаженням для підтвердження його працездатності.

Система планово-попереджувального технічного обслуговування тісно пов’язана з вимогами міжнародних нормативних документів. Відповідно до положень Міжнародного кодексу з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забрудненню (ISM Code), судноплавні компанії повинні забезпечувати підтримання судна у належному технічному стані та впроваджувати процедури контролю технічного обслуговування. Аналогічні вимоги містяться у правилах класифікаційних товариств, які встановлюють порядок проведення оглядів, випробувань і ремонтів суднового обладнання.

Ефективність системи планово-попереджувального обслуговування значною мірою залежить від належного ведення технічної документації. Усі виконані роботи, результати перевірок, заміни деталей та виявлені дефекти повинні фіксуватися у відповідних журналах або електронних базах даних. Документування дозволяє відстежувати історію експлуатації обладнання, аналізувати повторювані несправності та приймати обґрунтовані рішення щодо модернізації або заміни окремих елементів системи.

Попри численні переваги, планово-попереджувальний підхід має певні обмеження. Його основним недоліком є те, що технічне обслуговування виконується за заздалегідь встановленим графіком незалежно від фактичного технічного стану обладнання. У результаті деякі роботи можуть проводитися раніше, ніж це дійсно необхідно, що призводить до додаткових витрат часу та ресурсів. З іншого боку, окремі несправності можуть розвиватися між плановими перевірками та залишатися непоміченими до моменту виникнення відмови.

Саме ці обмеження стали передумовою розвитку нових підходів до технічного обслуговування, заснованих на оцінці фактичного технічного стану обладнання. У сучасному судноплавстві традиційна система планово-попереджувального обслуговування дедалі частіше доповнюється засобами технічної діагностики, автоматизованими системами моніторингу та технологіями прогнозування відмов. Однак навіть за умов активного впровадження цифрових технологій планово-попереджувальне

обслуговування залишається основою системи управління технічними ризиками на більшості суден світового флоту.

6.4 Plan Maintenance System (PMS). Предиктивне технічне обслуговування та цифрові технології. Роль PMS у системі управління безпекою

Ускладнення суднових технічних систем, зростання рівня автоматизації та посилення міжнародних вимог до безпеки судноплавства зумовили необхідність створення ефективних інструментів управління технічним станом суден. Традиційні методи ведення паперової документації та контролю виконання технічного обслуговування поступово втратили здатність забезпечувати належний рівень контролю над великою кількістю суднового обладнання. У відповідь на ці виклики в судноплавстві широкого поширення набули комп'ютеризовані системи управління технічним обслуговуванням, відомі під загальною назвою Plan Maintenance System (PMS).

Plan Maintenance System являє собою комплекс програмних засобів та організаційних процедур, призначених для планування, контролю, документування та аналізу технічного обслуговування суднового обладнання. Основною метою PMS є забезпечення своєчасного виконання всіх необхідних робіт з технічного обслуговування та ремонту відповідно до вимог виробників обладнання, класифікаційних товариств, міжнародних нормативних документів та внутрішніх процедур судноплавної компанії. Фактично PMS виступає центральним елементом системи управління технічними ризиками, забезпечуючи постійний контроль технічного стану судна протягом усього періоду його експлуатації.

Сучасне морське судно може містити десятки тисяч одиниць обладнання, для кожної з яких необхідно контролювати строки проведення технічного обслуговування, ремонту, оглядів і випробувань. Без використання спеціалізованих інформаційних систем ефективне управління таким обсягом інформації практично неможливе. PMS дозволяє централізовано зберігати дані про все обладнання судна, формувати графіки обслуговування, контролювати виконання робіт та накопичувати історію експлуатації кожного механізму або системи.

Однією з ключових функцій PMS є ведення електронного реєстру суднового обладнання. У такому реєстрі міститься інформація про технічні характеристики механізмів, виробника, дату введення в експлуатацію, нормативний ресурс, перелік запасних частин та регламентних операцій. Для кожного об'єкта встановлюються відповідні інтервали технічного обслуговування, які можуть визначатися календарними термінами або напрацюванням обладнання у годинах роботи. На основі цих даних система автоматично формує перелік необхідних робіт та повідомляє персонал про наближення термінів їх виконання.

Важливою перевагою PMS є забезпечення повної простежуваності технічного обслуговування. Після виконання робіт члени екіпажу вносять інформацію до системи із зазначенням дати виконання, обсягу проведених

операцій, використаних запасних частин та виявлених дефектів. У результаті формується детальна історія технічного стану обладнання, яка може використовуватися для аналізу причин відмов, планування ремонтів та проходження інспекцій і аудитів.

Особливе значення PMS має для обладнання, що належить до категорії критично важливого для безпеки судна. До такої категорії зазвичай відносять головний двигун, допоміжні генератори, рульові машини, аварійний дизель-генератор, пожежні насоси, системи пожежної сигналізації, аварійного освітлення, навігаційне обладнання та засоби зв'язку. Відмова цих систем може безпосередньо впливати на безпеку екіпажу, судна та навколишнього середовища. Саме тому міжнародні нормативні документи вимагають забезпечення особливого контролю за їх технічним станом і готовністю до роботи.

Відповідно до вимог Міжнародного кодексу з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забрудненню (ISM Code), судноплавні компанії повинні забезпечувати підтримання судна та його обладнання у належному технічному стані, а також встановлювати процедури контролю критично важливих систем. У сучасній практиці саме PMS є основним інструментом реалізації цих вимог. Під час проведення внутрішніх і зовнішніх аудитів системи управління безпекою дані PMS часто використовуються як документальне підтвердження виконання необхідних заходів технічного обслуговування.

Перші покоління PMS-систем були орієнтовані переважно на автоматизацію планово-попереджувального технічного обслуговування. Їх основне завдання полягало у формуванні графіків робіт та контролі дотримання встановлених інтервалів обслуговування. Проте подальший розвиток цифрових технологій суттєво розширив можливості таких систем. Сучасні PMS-платформи все частіше інтегруються із засобами технічної діагностики, автоматизованими системами моніторингу та корпоративними інформаційними мережами судноплавних компаній.

Одним із найважливіших напрямів розвитку сучасного технічного обслуговування стало впровадження концепції предиктивного технічного обслуговування (Predictive Maintenance). На відміну від традиційного планово-попереджувального підходу, який передбачає виконання робіт через встановлені проміжки часу, предиктивне обслуговування базується на оцінці фактичного технічного стану обладнання та прогнозуванні його майбутньої працездатності. Основною метою такого підходу є виявлення потенційної несправності ще до моменту її фактичного виникнення.

Для реалізації предиктивного обслуговування використовуються численні датчики та засоби моніторингу, які безперервно контролюють параметри роботи обладнання. Залежно від типу механізму можуть аналізуватися температура, тиск, рівень вібрації, частота обертання, електричні характеристики, витрата палива, склад мастильних матеріалів та

інші показники. Відхилення цих параметрів від нормальних значень часто є першими ознаками розвитку несправності.

Одним із найпоширеніших прикладів предиктивної діагностики є вібраційний контроль обертових механізмів. Зміна рівня або спектра вібрацій може свідчити про зношування підшипників, порушення балансування, дефекти зубчастих передач або розцентрування валів. Аналогічно аналіз мастильних матеріалів дозволяє виявляти продукти зношування деталей, що свідчать про розвиток прихованих дефектів задовго до появи видимих ознак несправності.

Розвиток цифрових технологій та концепції Інтернету речей (Internet of Things, IoT) відкрив нові можливості для моніторингу технічного стану суднового обладнання. На сучасних суднах датчики можуть бути інтегровані у єдину інформаційну мережу, що забезпечує безперервний збір та передачу даних до центральних систем управління. Частина інформації може передаватися також до берегових технічних центрів судноплавної компанії, де здійснюється додатковий аналіз та технічна підтримка екіпажу.

Подальшим етапом цифрової трансформації технічного обслуговування стало використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання. Такі системи здатні аналізувати великі масиви експлуатаційних даних, виявляти приховані закономірності та прогнозувати можливі відмови з урахуванням індивідуальних особливостей роботи конкретного обладнання. На відміну від традиційних методів контролю, які реагують на вже наявні відхилення, алгоритми машинного навчання можуть оцінювати тенденції зміни параметрів та прогнозувати майбутній технічний стан механізмів.

Важливим напрямом розвитку цифрових технологій у судноплавстві є створення цифрових двійників (Digital Twin). Цифровий двійник являє собою віртуальну модель реального механізму або системи, яка постійно оновлюється на основі даних, отриманих під час експлуатації. Така модель дозволяє аналізувати поведінку обладнання за різних режимів роботи, оцінювати залишковий ресурс вузлів та прогнозувати розвиток потенційних несправностей. Використання цифрових двійників створює передумови для переходу від реактивного управління технічним станом до прогнозного управління ризиками.

У сучасній концепції управління безпекою PMS виконує значно ширшу функцію, ніж просто облік виконаних ремонтів. Система стає інструментом підтримки прийняття рішень, що дозволяє екіпажу та береговому персоналу своєчасно отримувати інформацію про стан обладнання, оцінювати ризики його експлуатації та визначати пріоритетність технічних заходів. Таким чином, PMS інтегрується в загальну систему управління ризиками судноплавної компанії та сприяє підвищенню рівня безпеки мореплавства.

З розвитком концепції «розумного судна» (Smart Ship) роль PMS продовжує зростати. Сучасні інформаційні платформи дедалі частіше поєднують функції планування технічного обслуговування, моніторингу стану обладнання, аналізу ризиків, управління запасними частинами та підтримки

управлінських рішень. У перспективі такі системи можуть стати основою повністю інтегрованого управління технічним станом судна, де рішення щодо технічного обслуговування прийматимуться на основі безперервного аналізу експлуатаційних даних у режимі реального часу.

PMS як інструмент управління технічними ризиками

Однією з найважливіших функцій PMS є підтримка процесу управління технічними ризиками. Будь-яка технічна система з часом переходить від стану повної працездатності до стану підвищеної ймовірності відмови. Якщо цей процес не контролюється, ризик аварійної події поступово зростає. PMS дозволяє систематизувати інформацію про стан обладнання та своєчасно виявляти потенційно небезпечні тенденції.

У сучасній практиці судноплавства управління ризиками все частіше базується на концепції Risk-Based Maintenance (RBM) — технічного обслуговування, орієнтованого на ризик. Відповідно до цього підходу обладнання класифікується за ступенем його впливу на безпеку судна, захист навколишнього середовища та безперервність експлуатації. PMS дозволяє встановлювати різні рівні контролю та періодичності обслуговування залежно від критичності конкретного обладнання. Наприклад, для аварійного дизель-генератора або рульової машини можуть застосовуватися більш суворі вимоги щодо інспекцій і випробувань, ніж для допоміжних систем, відмова яких не створює безпосередньої загрози безпеці.

Завдяки накопиченню статистичних даних PMS забезпечує можливість аналізу повторюваних несправностей. Якщо певний механізм регулярно виходить з ладу або потребує позапланових ремонтів, система дозволяє виявити цю закономірність та ініціювати поглиблене технічне розслідування. Таким чином PMS стає не лише засобом планування робіт, а й інструментом пошуку першопричин технічних проблем.

PMS та управління запасними частинами

Ефективність технічного обслуговування безпосередньо залежить від своєчасної наявності необхідних запасних частин. Навіть незначна несправність може спричинити тривалий простій обладнання за відсутності потрібного компонента. Саме тому більшість сучасних PMS інтегруються з системами управління запасами.

У PMS формується електронний каталог запасних частин із прив’язкою до конкретних механізмів та вузлів. Під час виконання технічного обслуговування система автоматично фіксує використання деталей та оновлює складські залишки. Якщо кількість певних компонентів наближається до мінімально допустимого рівня, система формує попередження про необхідність поповнення запасів.

Такий підхід дозволяє уникати ситуацій, коли критично важливе обладнання не може бути відремонтоване через відсутність запасних частин. Крім того, автоматизований контроль запасів сприяє оптимізації витрат на матеріально-технічне забезпечення судна та зменшенню ризику надлишкового накопичення деталей на борту.

PMS та взаємодія з класифікаційними товариствами

Система PMS тісно пов'язана з діяльністю класифікаційних товариств, які здійснюють технічний нагляд за суднами протягом усього періоду їх експлуатації. Традиційно частина оглядів виконувалася виключно інспекторами класифікаційного товариства під час спеціальних або проміжних оглядів. Однак розвиток PMS дозволив запровадити концепцію безперервного контролю технічного стану обладнання.

Багато класифікаційних товариств визнають використання PMS як альтернативу частині традиційних періодичних оглядів. За умови належного функціонування системи та документального підтвердження виконання технічного обслуговування окремі види обладнання можуть перевірятися на основі аналізу записів PMS. Такий підхід отримав назву Planned Maintenance Scheme.

Перевагою цієї системи є можливість рівномірного розподілу технічних робіт протягом експлуатації судна замість концентрації великого обсягу перевірок під час чергового докування або класового огляду. Це підвищує ефективність технічного менеджменту та сприяє підтриманню стабільного рівня безпеки.

PMS як елемент культури безпеки

Ефективність PMS залежить не лише від технічних можливостей програмного забезпечення, а й від рівня залученості екіпажу до процесу управління технічним станом судна. Навіть найсучасніша система не здатна забезпечити позитивний результат без належного ведення документації, своєчасного внесення даних та відповідального ставлення персоналу до виконання технічних процедур.

У цьому контексті PMS є важливим елементом формування культури безпеки на судні. Система сприяє підвищенню дисципліни виконання технічних робіт, забезпечує прозорість процесів обслуговування та створює єдину інформаційну базу для екіпажу, технічного менеджменту компанії та зовнішніх аудиторів.

Регулярне використання PMS формує у персоналу розуміння того, що безпечна експлуатація судна залежить не лише від професійних навичок судноводіння чи управління механізмами, а й від систематичного контролю технічного стану обладнання. Таким чином система стає не просто технічним інструментом, а важливою складовою загальної системи управління безпекою.

Переваги та обмеження PMS

Впровадження PMS забезпечує низку суттєвих переваг. Насамперед підвищується надійність суднового обладнання завдяки своєчасному виконанню технічного обслуговування та контролю критично важливих систем. Зменшується кількість аварійних відмов, скорочуються витрати на непланові ремонти, покращується якість технічної документації та спрощується проходження аудитів і інспекцій.

Крім того, PMS створює основу для переходу до сучасних концепцій технічного менеджменту, зокрема обслуговування за технічним станом

(Condition-Based Maintenance) та предиктивного технічного обслуговування (Predictive Maintenance). Накопичені системою дані можуть використовуватися для аналізу довгострокових тенденцій та прогнозування ресурсу обладнання.

Водночас PMS має певні обмеження. Точність та корисність інформації безпосередньо залежать від якості введених даних. Помилки в документації, формальне виконання процедур або несвоєчасне оновлення інформації можуть суттєво знизити ефективність системи. Крім того, навіть найкраща PMS не здатна повністю виключити виникнення технічних відмов, оскільки частина несправностей має випадковий характер або розвивається надзвичайно швидко.

Незважаючи на ці обмеження, PMS сьогодні вважається одним із найефективніших інструментів управління технічним станом суден і є невід'ємною складовою сучасної системи управління безпекою судноплавства. Її використання дозволяє перейти від реагування на відмови до їх попередження, що відповідає сучасній концепції проактивного управління ризиками в морській галузі.

6.5 Risk-Based Inspection (RBI) як інструмент управління технічними ризиками судна

Традиційні системи технічного обслуговування та інспектування суден здебільшого базуються на календарних інтервалах або напрацюванні обладнання. Такий підхід забезпечує певний рівень безпеки, проте не завжди враховує реальний технічний стан конструкцій і механізмів. У зв'язку з цим у багатьох галузях підвищеної небезпеки, зокрема в морському транспорті, дедалі ширше застосовується концепція Risk-Based Inspection (RBI) — інспектування на основі оцінювання ризику.

Сутність RBI полягає у визначенні пріоритетності контрольних заходів залежно від рівня ризику відмови конкретного елемента системи. На відміну від традиційних схем інспектування, де всі об'єкти перевіряються через однакові проміжки часу, RBI передбачає концентрацію ресурсів на найбільш критичних елементах, відмова яких може спричинити серйозні наслідки для безпеки судна, екіпажу, вантажу або навколишнього середовища.

Методологія RBI ґрунтується на принципі, що ризик визначається поєднанням двох складових: імовірності відмови (Probability of Failure, PoF) та тяжкості наслідків відмови (Consequence of Failure, CoF). Навіть якщо ймовірність відмови є відносно низькою, але потенційні наслідки катастрофічні, відповідний елемент може бути віднесений до категорії високого ризику та потребувати посиленого контролю.

У морській галузі підхід RBI найчастіше застосовується до:

- корпусних конструкцій судна;
- баластних танків;
- вантажних танків танкерів;
- трубопровідних систем;

- головних і допоміжних механізмів;
- систем пожежної безпеки;
- обладнання для перевезення небезпечних вантажів;
- елементів суднових енергетичних установок.

Одним із сучасних напрямів підвищення ефективності технічного менеджменту та забезпечення безпеки експлуатації суден є застосування концепції Risk-Based Inspection (RBI) — інспектування на основі оцінювання ризику. На відміну від традиційних підходів, які передбачають проведення оглядів через встановлені часові інтервали або після досягнення певного напрацювання обладнання, RBI орієнтується на фактичний рівень ризику, пов'язаного з відмовою конкретного елемента суднової системи. Такий підхід дозволяє більш раціонально використовувати ресурси технічного обслуговування та концентрувати увагу на найбільш критичних об'єктах.

Основою методології RBI є припущення, що рівень ризику визначається поєднанням двох характеристик: імовірності виникнення відмови та тяжкості її можливих наслідків. Відповідно, навіть відносно малоймовірна відмова може потребувати підвищеної уваги, якщо її реалізація здатна призвести до серйозної аварії, значних економічних збитків або забруднення морського середовища. Саме тому при плануванні інспекцій враховується не лише технічний стан обладнання, але й його роль у забезпеченні безпечної експлуатації судна.

У морській галузі ризик-орієнтоване інспектування застосовується насамперед до тих елементів, відмова яких може мати найбільш небезпечні наслідки. До таких об'єктів належать корпусні конструкції, баластні та вантажні танки, трубопровідні системи, головні та допоміжні механізми, системи пожежної безпеки, обладнання для перевезення небезпечних вантажів і критично важливі компоненти суднових енергетичних установок. Для кожного з них визначаються можливі механізми деградації, включаючи корозійні процеси, втому металу, ерозійне зношування, вібраційні пошкодження та інші види руйнування.

Першим етапом RBI є ідентифікація потенційно небезпечних елементів і аналіз факторів, що можуть призвести до їх відмови. Під час оцінювання враховуються конструктивні особливості обладнання, умови експлуатації, результати попередніх інспекцій, історія відмов, інтенсивність навантажень та статистичні дані щодо аналогічних систем. На підставі отриманої інформації визначається імовірність виникнення дефектів та швидкість розвитку деградаційних процесів.

Після оцінювання ймовірності відмови виконується аналіз можливих наслідків. Наприклад, локальне корозійне пошкодження другорядної конструкції може не становити серйозної небезпеки для судна, тоді як руйнування корпусних елементів у районі вантажного танка нафтового танкера здатне призвести до масштабного розливу нафти та значних екологічних збитків. Аналогічно відмова допоміжного механізму може мати

незначний вплив на експлуатацію судна, тоді як вихід з ладу головної енергетичної установки створює безпосередню загрозу безпеці плавання.

Результати оцінювання зазвичай подаються у вигляді матриці ризиків, яка дозволяє ранжувати обладнання за рівнем критичності. Об’єкти з високим рівнем ризику включаються до пріоритетних програм контролю та підлягають більш частим і детальним інспекціям. Для них можуть застосовуватися сучасні методи неруйнівного контролю, інструментальний моніторинг технічного стану та додаткові заходи діагностики. Об’єкти з низьким рівнем ризику можуть перевірятися рідше, що дозволяє оптимізувати витрати без зниження рівня безпеки.

Важливою перевагою RBI є можливість переходу від реактивного до проактивного управління технічними ризиками. Замість усунення наслідків уже виявлених пошкоджень система спрямована на прогнозування потенційних проблем і своєчасне впровадження профілактичних заходів. Це особливо важливо для суден великого тоннажу, морських платформ та спеціалізованих суден, де наслідки відмов можуть бути надзвичайно серйозними.

Подальший розвиток концепції RBI пов’язаний із впровадженням цифрових технологій та систем безперервного моніторингу. Дані від датчиків вібрації, корозії, температури, тиску та інших параметрів дозволяють постійно уточнювати оцінки ризику й оперативно реагувати на зміни технічного стану обладнання. Поєднання RBI із системами предиктивного технічного обслуговування, цифровими двійниками та технологіями штучного інтелекту створює передумови для формування нової моделі управління технічною безпекою суден, у якій рішення щодо інспектування приймаються на основі фактичного стану обладнання та прогнозу його подальшої експлуатаційної надійності.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ТЕМИ 6

1. Що розуміють під технічним ризиком у судноплавстві? Які фактори впливають на виникнення технічних ризиків під час експлуатації суден?
2. Чим технічні ризики відрізняються від навігаційних ризиків?
3. Які наслідки може спричинити відмова головної енергетичної установки?
4. Чому відмова рульового пристрою вважається одним із найбільш небезпечних технічних інцидентів?
5. Які причини можуть призводити до виникнення аварійних відмов суднового обладнання?
6. Яким чином корозія впливає на безпеку експлуатації судна?
7. Що таке втомне руйнування матеріалів і як воно виникає?
8. Яку роль відіграє людський фактор у виникненні технічних ризиків?
9. Що таке надійність суднової технічної системи?
10. Які основні властивості характеризують надійність обладнання?
11. Що таке безвідмовність?
12. Що характеризує довговічність технічної системи?
13. У чому полягає сутність ремонтопридатності обладнання?
14. Що розуміють під збережуваністю технічних засобів?
15. Які умови морської експлуатації негативно впливають на надійність обладнання?
16. Що таке імовірність безвідмовної роботи?
17. Що характеризує інтенсивність відмов?
18. Що означає показник MTBF (Mean Time Between Failures)?
19. У чому полягає сутність «ванноподібної кривої» відмов?
20. Які переваги забезпечує резервування технічних систем?
21. Наведіть приклади резервних систем на сучасному судні.
22. Для чого застосовується метод FMEA під час аналізу надійності?
23. Яке призначення методу FTA (Fault Tree Analysis)?
24. Як автоматизація впливає на надійність суднових систем?
25. Що таке планово-попереджувальне технічне обслуговування?
26. Яка основна мета планово-попереджувального обслуговування?
27. Чим планово-попереджувальне обслуговування відрізняється від аварійного ремонту?
28. За якими критеріями встановлюються інтервали технічного обслуговування?
29. Яке значення мають регулярні технічні огляди обладнання?

30. Для чого здійснюється очищення суднових механізмів і систем?

31. Яку роль відіграють мастильні матеріали у забезпеченні надійності обладнання?

32. Чому необхідно контролювати стан мастильних матеріалів?

33. Які види обладнання потребують особливо ретельного технічного обслуговування?

34. Яке значення має документування результатів технічного обслуговування?

35. Які переваги має планово-попереджувальний підхід до технічного обслуговування?

36. Які недоліки притаманні традиційній системі планово-попереджувального обслуговування?

37. Що таке PMS (Planned Maintenance System)? Які основні функції виконує PMS на судні?

38. Яку інформацію містить електронний реєстр обладнання в PMS?

39. Як PMS допомагає контролювати виконання технічного обслуговування?

40. Яким чином PMS сприяє зниженню технічних ризиків?

41. Яку роль PMS відіграє під час аудитів системи управління безпекою?

42. Що таке предиктивне технічне обслуговування (Predictive Maintenance)?

43. Чим предиктивне обслуговування відрізняється від планово-попереджувального?

44. Які параметри обладнання можуть контролюватися під час предиктивної діагностики?

45. Що таке моніторинг технічного стану обладнання?

46. Які можливості надає вібраційна діагностика механізмів?

47. Для чого використовується аналіз мастильних матеріалів?

48. Що таке технологія Internet of Things (IoT) у сфері технічної експлуатації суден?

49. Яким чином штучний інтелект використовується для прогнозування відмов обладнання?

50. Що таке цифровий двійник (Digital Twin)? Які переваги надає використання цифрових двійників у судноплавстві?

51. Що таке Risk-Based Maintenance (RBM)?

52. Яким чином PMS підтримує управління запасними частинами?

53. Яку роль PMS відіграє у взаємодії з класифікаційними товариствами?

54. Чому PMS вважається важливим елементом культури безпеки на судні?

55. Які переваги забезпечує інтеграція PMS із цифровими системами моніторингу?

ТЕМА 7. МІЖНАРОДНЕ РЕГУЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В СУДНОПЛАВСТВІ

7.1 Міжнародна система забезпечення безпеки судноплавства.

Міжнародна система забезпечення безпеки судноплавства сформувалася як відповідь на об'єктивну потребу у встановленні єдиних правил для морської галузі. Морське судноплавство має міжнародний характер: судно може бути зареєстроване в одній державі, належати компанії з іншої держави, мати багатонаціональний екіпаж, перевозити вантаж між портами різних країн і проходити через райони, що перебувають під юрисдикцією кількох держав. За таких умов безпека не може забезпечуватися лише національними правилами. Необхідна узгоджена система міжнародних норм, яка встановлює мінімальні вимоги до конструкції суден, їх обладнання, експлуатації, підготовки екіпажів, охорони людського життя на морі та захисту морського середовища.

Центральне місце в цій системі посідає Міжнародна морська організація – International Maritime Organization, IMO. Вона є спеціалізованою установою Організації Об'єднаних Націй, відповідальною за безпеку і захист судноплавства, а також за запобігання забрудненню морського та атмосферного середовища з суден. Саме в межах IMO розробляються та приймаються основні міжнародні конвенції, кодекси, резолюції й рекомендації, які формують нормативну основу безпечної експлуатації світового флоту.

Головна ідея міжнародного регулювання полягає в тому, що судно повинно відповідати певному мінімальному рівню безпеки незалежно від прапора, району плавання чи комерційного призначення. Цей рівень забезпечується через вимоги до міцності корпусу, остійності, протипожежного захисту, рятувальних засобів, навігаційного обладнання, зв'язку, підготовки екіпажу, несення вахти, технічного обслуговування та запобігання забрудненню. Таким чином, міжнародна система безпеки охоплює не один окремий аспект експлуатації судна, а весь його життєвий цикл — від проєктування і будівництва до експлуатації, ремонту, інспектування та виведення з експлуатації.

Основу цієї системи становлять міжнародні конвенції. Серед ключових документів IMO особливе значення мають SOLAS, MARPOL, STCW, Load Line Convention, COLREG та SAR. SOLAS встановлює мінімальні стандарти конструкції, обладнання та експлуатації суден, сумісні з їх безпекою. MARPOL спрямована на запобігання забрудненню з суден. STCW визначає вимоги до підготовки, дипломування та несення вахти моряками. COLREG регулює правила попередження зіткнень суден у морі. Load Line Convention встановлює вимоги щодо вантажної марки та безпечного завантаження судна. SAR регулює питання організації пошуку і рятування на морі. Перелік ключових конвенцій IMO офіційно включає SOLAS 1974, MARPOL 73/78 та STCW із поправками, зокрема Manila Amendments.

Управління ризиками в межах міжнародної системи безпеки здійснюється не завжди через пряме використання терміна «ризик», але фактично кожна конвенція спрямована на зменшення певної групи небезпек. SOLAS знижує ризики пожежі, затоплення, втрати керованості, відмови обладнання та загибелі людей. MARPOL зменшує екологічні ризики, пов'язані з нафтою, шкідливими речовинами, стічними водами, сміттям і викидами в атмосферу. STCW спрямована на зниження ризиків, пов'язаних із недостатньою компетентністю, втомою, помилками під час несення вахти та неефективною взаємодією екіпажу. COLREG мінімізує ризик зіткнення суден шляхом встановлення єдиних правил маневрування та розходження.

Важливим елементом міжнародної системи є розподіл відповідальності між державами. Держава прапора відповідає за те, щоб судна, які плавають під її прапором, відповідали міжнародним вимогам. Вона здійснює реєстрацію суден, видає або визнає суднові документи, організовує технічний нагляд і забезпечує контроль за виконанням міжнародних конвенцій. Саме держава прапора несе первинну відповідальність за відповідність судна вимогам SOLAS, MARPOL, STCW та інших міжнародних документів.

Держава порту виконує контрольну функцію щодо іноземних суден, які заходять до її портів. Такий контроль відомий як Port State Control. Його мета полягає в тому, щоб виявляти судна, які не відповідають міжнародним стандартам безпеки, охорони праці, захисту довкілля або підготовки екіпажу. Якщо під час інспекції виявляються серйозні недоліки, судно може бути затримане до їх усунення. Завдяки цьому Port State Control є важливим інструментом практичного забезпечення виконання міжнародних вимог.

Прибережна держава має особливе значення для безпеки судноплавства в межах своїх територіальних вод, виключної економічної зони, портових підходів, каналів, проток і районів інтенсивного руху. Вона може встановлювати системи розподілу руху суден, правила плавання у конкретних районах, вимоги до лоцманського проведення, заходи щодо захисту морського середовища та організацію пошуково-рятувальних операцій. Таким чином, прибережна держава забезпечує управління ризиками в конкретних акваторіях, де загальні міжнародні вимоги поєднуються з місцевими навігаційними умовами.

Особливу роль у системі безпеки відіграють класифікаційні товариства. Вони здійснюють технічний нагляд за суднами, перевіряють відповідність конструкції, корпусу, механізмів, енергетичних установок та обладнання встановленим правилам. Класифікаційне товариство може діяти від імені держави прапора та виконувати частину перевірок, необхідних для підтвердження відповідності судна міжнародним вимогам. У практичному сенсі класифікаційний нагляд є одним із ключових механізмів зниження технічних ризиків.

Міжнародна система забезпечення безпеки судноплавства має багаторівневий характер. На першому рівні перебувають міжнародні конвенції, які встановлюють загальні обов'язкові вимоги. На другому рівні –

кодекси, які деталізують порядок виконання окремих положень конвенцій, наприклад ISM Code, ISPS Code, Polar Code або LSA Code. На третьому рівні – резолюції, циркуляри та рекомендації ІМО, які уточнюють технічні, організаційні або методичні аспекти застосування міжнародних норм. На четвертому рівні – національне законодавство держав, правила класифікаційних товариств та внутрішні процедури судноплавних компаній.

З позиції управління ризиками така система виконує декілька функцій. По-перше, вона визначає небезпеки, які є типовими для судноплавства. По-друге, встановлює мінімальні технічні та організаційні бар'єри безпеки. По-третє, зобов'язує компанії та екіпажі підтримувати ці бар'єри у працездатному стані. По-четверте, створює механізми контролю через сертифікацію, інспекції, аудити та розслідування аварій. Саме тому міжнародне регулювання можна розглядати як основу ризик-орієнтованої системи управління безпекою судноплавства.

Важливо підкреслити, що міжнародні правила не усувають ризики повністю. Судноплавство завжди залишається діяльністю з підвищеним рівнем небезпеки через вплив природного середовища, складність технічних систем, людський фактор і комерційний тиск. Однак міжнародна система дозволяє зробити ці ризики контрольованими. Вона встановлює єдині вимоги до суден, екіпажів і компаній, створює спільну мову безпеки для всіх учасників морської галузі та забезпечує передумови для постійного вдосконалення практики управління ризиками.

7.2 Роль SOLAS в управлінні ризиками

Серед усіх міжнародних нормативних документів, що регулюють діяльність морського транспорту, центральне місце посідає Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS). Саме ця конвенція є основою сучасної системи безпеки судноплавства та визначає мінімальні вимоги до конструкції, обладнання та експлуатації суден. З точки зору управління ризиками SOLAS можна розглядати як глобальну систему запобігання аваріям, спрямовану на зниження ймовірності виникнення небезпечних подій та мінімізацію їх наслідків.

Історія створення SOLAS безпосередньо пов'язана з однією з найвідоміших морських катастроф XX століття – загибеллю пасажирського лайнера RMS Titanic у квітні 1912 року. Катастрофа продемонструвала недостатність існуючих на той час міжнародних вимог до рятувальних засобів, організації зв'язку та забезпечення безпеки пасажирів. Унаслідок цього вже у 1914 році була прийнята перша редакція конвенції SOLAS. Надалі документ неодноразово переглядався з урахуванням розвитку технологій, накопиченого досвіду експлуатації суден та результатів розслідування морських аварій. Чинною сьогодні є редакція SOLAS 1974 року з численними поправками, які постійно оновлюються в межах діяльності ІМО.

Головна мета SOLAS полягає у встановленні міжнародних стандартів, що забезпечують безпеку людського життя на морі. Для досягнення цієї мети конвенція охоплює практично всі аспекти безпечної експлуатації судна: від його проєктування та будівництва до підготовки екіпажу, оснащення навігаційними засобами та організації аварійного реагування. Фактично SOLAS формує систему багаторівневого захисту, де кожна вимога спрямована на попередження певної категорії ризиків.

Однією з основних ідей SOLAS є концепція запобігання аварії ще до моменту її виникнення. Значна частина вимог конвенції спрямована на усунення або зменшення ризиків на етапі проєктування та будівництва судна. Наприклад, вимоги щодо водонепроникного поділу корпусу та остійності покликані знизити ризик втрати плавучості після пошкодження корпусу. Встановлення стандартів міцності корпусних конструкцій забезпечує здатність судна витримувати навантаження під час експлуатації в складних гідрометеорологічних умовах. Таким чином, ще на стадії створення судна закладаються технічні бар'єри, які зменшують ймовірність розвитку аварійних ситуацій.

Важливим напрямом управління ризиками в SOLAS є забезпечення пожежної безпеки. Пожежі залишаються одними з найбільш небезпечних аварій на морі через складність їх ліквідації в умовах автономного плавання. Тому конвенція містить комплекс вимог щодо попередження займання, виявлення пожежі, локалізації її поширення та гасіння. На суднах повинні встановлюватися автоматичні системи пожежної сигналізації, стаціонарні системи пожежогасіння, засоби індивідуального захисту пожежних команд, протипожежні двері та інші конструктивні елементи, що перешкоджають поширенню вогню. У контексті ризик-менеджменту такі заходи являють собою класичний приклад створення багаторівневих захисних бар'єрів.

Особливе місце в системі SOLAS займають вимоги щодо рятувальних засобів. Конвенція встановлює норми оснащення суден рятувальними шлюпками, рятувальними плотами, жилетами, гідротермозахисними костюмами та аварійними засобами зв'язку. Важливою особливістю є те, що рятувальні засоби розглядаються не як спосіб запобігання аварії, а як інструмент зниження тяжкості її наслідків. Таким чином реалізується один із базових принципів управління ризиками: якщо повністю усунути небезпеку неможливо, необхідно мінімізувати потенційну шкоду.

Значна увага в SOLAS приділяється навігаційній безпеці. У сучасному судноплавстві навігаційні ризики залишаються однією з основних причин аварійних подій. Для їх зниження конвенція встановлює обов'язкові вимоги до оснащення суден навігаційним обладнанням. До такого обладнання належать радіолокаційні станції, електронні картографічні системи ECDIS, автоматичні ідентифікаційні системи AIS, гірокомпаси, ехолоти, приймачі глобальних навігаційних супутникових систем та інші технічні засоби. Використання цих систем дозволяє суттєво підвищити ситуаційну обізнаність

судноводіїв та знизити ризик зіткнення, посадки на мілину або втрати орієнтації.

Одним із найважливіших інструментів зниження ризиків є Глобальна морська система зв'язку під час лиха та для забезпечення безпеки (Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS). Її впровадження стало одним із найбільших досягнень SOLAS у сфері управління аварійними ситуаціями. GMDSS забезпечує можливість швидкого передавання сигналів лиха, отримання навігаційних попереджень, метеорологічної інформації та координації пошуково-рятувальних операцій. У результаті значно скорочується час реагування на аварію та підвищуються шанси на успішне рятування людей.

Особливе значення для сучасного ризик-орієнтованого підходу має глава IX SOLAS, яка присвячена Міжнародному кодексу з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забрудненню (ISM Code). Саме включення ISM Code до структури SOLAS стало важливим етапом переходу від переважно технічного регулювання безпеки до системного управління ризиками. Відтепер безпечна експлуатація розглядається не лише як відповідність технічним вимогам, а як результат функціонування комплексної системи управління безпекою.

Упродовж останніх десятиліть концепція управління ризиками дедалі активніше інтегрується в механізми прийняття рішень IMO. Значний вплив на цей процес справила методологія Formal Safety Assessment (FSA), яка використовується для оцінювання ризиків і розроблення нових міжнародних вимог. Застосування FSA дозволяє аналізувати потенційні небезпеки, оцінювати ймовірність та наслідки аварійних подій, а також визначати найбільш ефективні заходи щодо підвищення безпеки. Багато сучасних поправок до SOLAS розроблялися саме на основі результатів формалізованого аналізу ризиків.

Ще одним прикладом ризик-орієнтованого розвитку конвенції стало впровадження концепції Goal-Based Standards. Традиційно міжнародні правила містили детальні технічні вимоги до конструкції суден. Проте розвиток технологій вимагав більш гнучкого підходу. Goal-Based Standards встановлюють цілі безпеки та функціональні вимоги, залишаючи можливість вибору конкретних технічних рішень. Такий підхід дозволяє враховувати новітні технології та одночасно підтримувати необхідний рівень безпеки.

SOLAS також приділяє значну увагу готовності до надзвичайних ситуацій. Конвенція вимагає регулярного проведення навчань і тренувань екіпажу, перевірок аварійного обладнання та відпрацювання процедур евакуації. Метою таких заходів є забезпечення готовності екіпажу до ефективних дій у разі пожежі, затоплення, зіткнення, посадки на мілину чи інших аварійних подій. З позицій ризик-менеджменту підготовлений екіпаж є одним із найважливіших захисних бар'єрів між небезпекою та її негативними наслідками.

У сучасних умовах значна частина положень SOLAS фактично реалізує концепцію багаторівневого управління ризиками. На першому рівні ризики зменшуються шляхом встановлення вимог до конструкції судна. На другому рівні забезпечується надійність обладнання та систем. На третьому рівні здійснюється контроль безпечної експлуатації через систему управління безпекою. На четвертому рівні передбачаються заходи аварійного реагування та рятування людей. Така структура відповідає сучасним принципам побудови систем безпеки, які широко використовуються в різних галузях високого ризику.

7.3 ISM Code та ризик-орієнтований підхід

Наприкінці XX століття міжнародна морська спільнота дійшла висновку, що високий рівень технічного оснащення суден сам по собі не гарантує безпеки судноплавства. Аналіз численних аварій показав, що значна частина морських інцидентів відбувається не через конструктивні недоліки суден, а внаслідок організаційних помилок, недоліків управління, неналежного контролю технічного стану, недостатньої підготовки персоналу та порушень встановлених процедур. Розслідування великих аварій 1970–1980-х років продемонстрували, що першопричини багатьох катастроф знаходяться не лише на борту судна, а й у діяльності судноплавних компаній, які відповідають за організацію безпечної експлуатації флоту.

Особливий вплив на формування сучасного підходу до управління безпекою справили аварії поромів та пасажирських суден, зокрема катастрофа порома Herald of Free Enterprise у 1987 році. Розслідування показало, що причиною трагедії стали не лише помилки окремих членів екіпажу, а й серйозні недоліки в системі управління компанії, відсутність належного контролю та недостатня увага до питань безпеки. Ці висновки стали важливим поштовхом до перегляду традиційного підходу до забезпечення безпеки судноплавства.

У результаті Міжнародною морською організацією був розроблений Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забрудненню (International Safety Management Code, ISM Code). У 1994 році кодекс був включений до глави IX конвенції SOLAS і став обов’язковим міжнародним документом для значної частини світового торговельного флоту. Його впровадження означало перехід від переважно технічної концепції безпеки до системного управління ризиками на рівні судна та судноплавної компанії.

Основною ідеєю ISM Code є визнання того, що безпека не може забезпечуватися лише шляхом виконання окремих технічних вимог. Безпечна експлуатація судна повинна бути результатом функціонування цілісної системи управління, яка охоплює всі аспекти діяльності компанії та екіпажу. Саме тому центральним елементом кодексу стала система управління безпекою – Safety Management System (SMS).

Система управління безпекою являє собою сукупність політик, процедур, інструкцій, документів та організаційних механізмів, спрямованих на забезпечення безпечної експлуатації суден і захисту навколишнього середовища. Вона визначає обов'язки персоналу, порядок виконання робіт, механізми контролю, процедури реагування на аварійні ситуації та порядок постійного вдосконалення діяльності компанії. Фактично SMS є інструментом практичної реалізації ризик-орієнтованого підходу в судноплавстві.

Головними цілями ISM Code є забезпечення безпеки на морі, запобігання людським травмам і загибелі людей, уникнення пошкодження майна та захист морського середовища від забруднення. Для досягнення цих цілей компанія повинна створити умови, за яких ризики будуть систематично виявлятися, оцінюватися та контролюватися на всіх рівнях управління.

Однією з ключових концепцій ISM Code є управління ризиками на основі попередження небезпек. На відміну від традиційного підходу, який концентрувався переважно на реагуванні після виникнення аварії, кодекс орієнтує компанії на проактивне управління безпекою. Це означає, що потенційні небезпеки повинні виявлятися до того, як вони призведуть до аварійної події. Такий підхід відповідає сучасним принципам ризик-менеджменту, які широко використовуються в авіації, атомній енергетиці та інших високоризикових галузях.

Першим етапом ризик-орієнтованого підходу є ідентифікація небезпек (Hazard Identification). Судноплавна компанія повинна визначати потенційні джерела небезпеки, пов'язані з експлуатацією суден, виконанням виробничих операцій, технічним станом обладнання, діяльністю екіпажу та впливом зовнішнього середовища. До таких небезпек можуть належати пожежі, відмови технічних систем, навігаційні помилки, несприятливі погодні умови, помилки персоналу або ризики забруднення морського середовища.

Після виявлення небезпек здійснюється оцінювання ризиків (Risk Assessment). Його метою є визначення ймовірності виникнення небезпечної події та тяжкості можливих наслідків. У практиці судноплавства для цього широко використовуються матриці ризиків, методи HAZID, FMEA, Bow-Tie Analysis та інші інструменти аналізу. Результати оцінювання дозволяють визначити, які ризики є прийнятними, а які потребують додаткових заходів контролю.

Наступним етапом є впровадження заходів управління ризиками (Risk Control Measures). Такі заходи можуть мати технічний, організаційний або процедурний характер. До них належать удосконалення інструкцій, додаткове навчання персоналу, встановлення нового обладнання, посилення контролю за виконанням робіт, зміна технологічних процесів або впровадження додаткових бар'єрів безпеки. Основне завдання полягає у зниженні ризику до рівня, який визнається прийнятним.

Особливістю ISM Code є те, що управління ризиками поширюється не лише на екіпаж судна, а й на всю організаційну структуру компанії. Кодекс вимагає чіткого розподілу відповідальності між береговим персоналом та

екіпажем. Кожен працівник повинен розуміти свої функції у сфері безпеки та усвідомлювати власну роль у підтриманні належного рівня ризику.

Для забезпечення взаємодії між судном і компанією кодексом передбачено призначення спеціальної посадової особи – Designated Person Ashore (DPA). Ця особа здійснює зв'язок між екіпажем і керівництвом компанії, контролює функціонування системи управління безпекою та сприяє вирішенню питань, що можуть впливати на безпечну експлуатацію судна. Наявність DPA забезпечує можливість оперативного реагування на проблеми безпеки та підтримує принцип безперервного контролю ризиків.

Важливим елементом ризик-орієнтованого підходу є управління аварійними ситуаціями. ISM Code вимагає, щоб компанії розробляли процедури реагування на можливі надзвичайні події, проводили тренування екіпажу та перевіряли готовність персоналу до дій у кризових умовах. Пожежі, зіткнення, посадки на мілину, затоплення, втрати керованості та випадки забруднення навколишнього середовища повинні бути передбачені у планах аварійного реагування. Такий підхід дозволяє мінімізувати наслідки аварії навіть у тих випадках, коли запобігти її виникненню не вдалося.

Не менш важливим є механізм аналізу інцидентів та невідповідностей. ISM Code вимагає розслідування аварій, небезпечних подій і так званих «майже аварій» (near misses). Аналіз таких випадків дозволяє виявляти приховані недоліки в роботі системи управління безпекою та запобігати повторенню подібних ситуацій у майбутньому. Саме через постійне навчання на власному досвіді та досвіді інших компаній реалізується принцип безперервного вдосконалення системи безпеки.

Функціонування системи управління безпекою регулярно перевіряється за допомогою внутрішніх аудитів. Їх метою є оцінювання відповідності діяльності судна та компанії встановленим процедурам, виявлення недоліків і розроблення коригувальних заходів. Крім внутрішнього контролю здійснюються зовнішні перевірки з боку адміністрацій держав прапора або уповноважених організацій.

Результатом успішного впровадження вимог ISM Code є отримання двох основних документів. Судноплавна компанія отримує Document of Compliance (DOC), який підтверджує відповідність її системи управління безпекою вимогам кодексу. Судно отримує Safety Management Certificate (SMC), що підтверджує належне функціонування системи управління безпекою на борту. Наявність цих документів є обов'язковою умовою експлуатації суден, на які поширюються вимоги кодексу.

Сьогодні ISM Code розглядається як один із найважливіших міжнародних інструментів управління ризиками в судноплавстві. Він змінив традиційне уявлення про безпеку, перенісши акцент із контролю окремих технічних вимог на системне управління ризиками та організаційними процесами. Завдяки впровадженню ISM Code безпека стала розглядатися не як результат виконання окремих правил, а як наслідок функціонування цілісної

системи, у якій беруть участь судноплавна компанія, екіпаж, технічний персонал та керівництво організації.

7.4 Вимоги STCW щодо людського елемента. MARPOL та управління екологічними ризиками

У сучасному судноплавстві безпека мореплавства розглядається не лише як питання технічної надійності суден, а як результат взаємодії технічних систем, організаційних процесів, умов навколишнього середовища та діяльності людини. Багаторічний аналіз морських аварій показав, що навіть найсучасніше судно з високим рівнем технічного оснащення не може гарантувати безпеку за відсутності належної підготовки екіпажу та ефективного управління людським фактором. Водночас будь-яка аварія може мати не лише економічні чи соціальні наслідки, а й спричинити значне забруднення морського середовища. Саме тому важливими складовими міжнародної системи управління ризиками є Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти (STCW) і Міжнародна конвенція із запобігання забрудненню з суден (MARPOL).

Одним із найважливіших висновків, до яких прийшла міжнародна морська спільнота наприкінці XX століття, стало усвідомлення вирішальної ролі людського елемента в забезпеченні безпеки судноплавства. За даними численних міжнародних досліджень, людські помилки прямо або опосередковано пов’язані з більшістю морських аварій. При цьому причиною інцидентів часто є не недостатність технічних засобів, а неправильне використання обладнання, помилки під час прийняття рішень, неефективна взаємодія членів екіпажу, недостатній рівень підготовки або вплив втоми та стресу.

Саме для забезпечення єдиних міжнародних стандартів професійної компетентності моряків була прийнята Конвенція STCW. Її основна мета полягає у встановленні мінімальних вимог до професійної підготовки, дипломування та несення вахти для всіх категорій морських фахівців. Конвенція визначає перелік знань, умінь і навичок, якими повинні володіти моряки різних посадових рівнів, а також встановлює вимоги до системи підготовки та оцінювання компетентності персоналу.

У контексті управління ризиками STCW виконує функцію зниження ризиків, пов’язаних із недостатньою кваліфікацією екіпажу. Професійна підготовка розглядається як один із головних бар’єрів безпеки, який дозволяє попереджати виникнення небезпечних ситуацій ще на початкових етапах їх розвитку. Компетентний судноводій або механік здатний своєчасно виявити потенційну загрозу, правильно оцінити ситуацію та прийняти ефективне рішення щодо її усунення.

Особливе значення для управління ризиками мають вимоги STCW щодо організації несення вахти. Вахтова служба забезпечує безперервний контроль навколишньої обстановки, технічного стану обладнання та безпеки судна. Конвенція встановлює вимоги до складу вахти, розподілу обов’язків,

підтримання належного спостереження та контролю за навігаційною ситуацією. Вважається, що правильно організована вахта є одним із найбільш ефективних засобів запобігання зіткненням, посадкам на мілину та іншим навігаційним інцидентам.

Важливим елементом сучасного підходу до людського елемента є концепція управління ресурсами містка (Bridge Resource Management, BRM). Вона передбачає ефективне використання всіх наявних ресурсів – персоналу, обладнання, інформації та часу – для забезпечення безпечного судноводіння. Концепція BRM виникла під впливом аналогічних підходів, що використовуються в цивільній авіації, і сьогодні є обов'язковою складовою підготовки судноводіїв. Її основною метою є зменшення ризику помилок, пов'язаних із недостатньою комунікацією, неправильним розподілом обов'язків або неефективним прийняттям рішень.

Подібні принципи застосовуються і в машинному відділенні через концепцію Engine Room Resource Management (ERM). Вона спрямована на забезпечення ефективної взаємодії механіків, правильного використання технічної інформації та підтримання належного контролю за роботою суднових механізмів. Таким чином, управління ресурсами є одним із ключових інструментів зниження ризиків, пов'язаних із людським фактором.

Окрему увагу STCW приділяє проблемі втоми моряків. Дослідження показують, що тривала робота без достатнього відпочинку суттєво знижує концентрацію уваги, швидкість реакції та здатність приймати правильні рішення. Втомлена людина частіше допускає помилки, неправильно оцінює ризики та повільніше реагує на зміни обстановки. З цієї причини Конвенція встановлює мінімальні вимоги щодо тривалості відпочинку та максимально допустимого робочого часу. Такі вимоги спрямовані на підтримання належного рівня працездатності екіпажу та запобігання аваріям, пов'язаним із перевтомою.

Важливим напрямом розвитку сучасної системи підготовки моряків є формування навичок лідерства, командної роботи та управління ризиками. Відповідні компетентності були додатково посилені після прийняття Манільських поправок до STCW у 2010 році. Сьогодні офіцери повинні не лише володіти технічними знаннями, а й бути здатними організовувати роботу підлеглих, ефективно взаємодіяти в багатонаціональному середовищі та приймати рішення в умовах невизначеності.

Поряд із людським фактором важливим об'єктом міжнародного регулювання є екологічні ризики. Інтенсивний розвиток морського транспорту призвів до суттєвого збільшення потенційного впливу судноплавства на навколишнє середовище. Великі аварії танкерів, забруднення нафтою, скидання шкідливих речовин, забруднення атмосферного повітря та поширення інвазивних видів через баластні води стали серйозними викликами для міжнародної спільноти. Відповіддю на ці загрози стало створення Міжнародної конвенції із запобігання забрудненню з суден — MARPOL.

Основна мета MARPOL полягає у мінімізації ризику забруднення морського та атмосферного середовища внаслідок експлуатації суден. Конвенція охоплює як випадкові аварійні забруднення, так і забруднення, що виникають у процесі нормальної експлуатації судна. У контексті управління ризиками MARPOL можна розглядати як систему профілактики екологічних інцидентів.

Структура MARPOL побудована за принципом поділу джерел ризику на окремі категорії. Додаток I регулює питання запобігання забрудненню нафтою, Додаток II — шкідливими рідкими речовинами, що перевозяться наливом, Додаток III — небезпечними речовинами в упаковці, Додаток IV — стічними водами, Додаток V — сміттям, а Додаток VI — забрудненням атмосфери. Така структура дозволяє застосовувати спеціалізовані заходи контролю для кожної групи екологічних ризиків.

Особливе значення для управління екологічними ризиками мають заходи щодо попередження нафтового забруднення. Саме розливи нафти традиційно вважаються одними з найбільш небезпечних екологічних наслідків морських аварій. З цією метою MARPOL встановлює вимоги до конструкції танкерів, систем контролю вантажних операцій, обладнання для очищення нафтовмісних вод і ведення спеціальної документації щодо поводження з нафтовими залишками.

Сучасний розвиток екологічного законодавства дедалі більше пов’язаний із питаннями зміни клімату та скорочення викидів парникових газів. У межах MARPOL поступово впроваджуються заходи щодо підвищення енергоефективності суден, обмеження викидів оксидів сірки та азоту, використання альтернативних видів палива та зниження вуглецевої інтенсивності морських перевезень. Таким чином, екологічні ризики сьогодні розглядаються не лише як наслідок аварій, а й як результат звичайної експлуатаційної діяльності суден.

Управління екологічними ризиками значною мірою залежить від дій екіпажу. Навіть за наявності сучасних технічних систем більшість екологічних інцидентів пов’язана з помилками персоналу, порушенням процедур або недостатнім контролем під час виконання операцій. Саме тому вимоги STCW та MARPOL фактично доповнюють одна одну. STCW забезпечує підготовку компетентного персоналу, здатного діяти безпечно та відповідально, а MARPOL встановлює правила, яких цей персонал повинен дотримуватися для запобігання забрудненню навколишнього середовища.

7.5 Відповідальність судноплавної компанії та капітана

Ефективність будь-якої системи управління ризиками значною мірою залежить від чіткого розподілу відповідальності між усіма учасниками процесу забезпечення безпеки. У морському судноплавстві така відповідальність покладається насамперед на судноплавну компанію та капітана судна. Саме ці суб’єкти відіграють ключову роль у створенні, підтриманні та вдосконаленні системи безпечної експлуатації суден.

Міжнародні нормативні документи виходять із того, що безпека судноплавства не може бути забезпечена лише діями екіпажу на борту або лише управлінськими рішеннями на березі. Необхідною умовою є постійна взаємодія між компанією та судном, заснована на спільній відповідальності за управління ризиками.

Традиційно в морській практиці значна частина відповідальності за безпеку покладалася на капітана судна. Однак розвиток міжнародного морського права та поява системного підходу до управління безпекою призвели до поступового розширення відповідальності судноплавних компаній. Особливо чітко ця концепція була закріплена після впровадження Міжнародного кодексу з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забрудненню (ISM Code). Відповідно до його положень компанія несе пряму відповідальність за створення умов, необхідних для безпечної експлуатації суден, а капітан відповідає за практичну реалізацію вимог безпеки на борту.

Судноплавна компанія повинна забезпечити функціонування системи управління безпекою, яка охоплює всі основні аспекти діяльності судна. До її обов'язків належить розроблення політики безпеки, створення необхідних процедур, організація підготовки персоналу, забезпечення технічного обслуговування суден та контроль ефективності системи управління ризиками. Фактично компанія формує організаційне середовище, в якому здійснюється експлуатація судна, тому її рішення безпосередньо впливають на рівень ризику.

Одним із найважливіших обов'язків компанії є забезпечення судна необхідними ресурсами. Безпечна експлуатація неможлива за відсутності належного технічного стану обладнання, достатньої чисельності екіпажу, необхідних запасних частин, засобів індивідуального захисту або фінансування ремонтних робіт. У міжнародній практиці саме недостатнє ресурсне забезпечення часто розглядається як одна з причин виникнення аварійних ситуацій. Тому компанія повинна гарантувати, що капітан та екіпаж мають усі необхідні засоби для виконання своїх обов'язків.

Особливе значення має забезпечення належної кваліфікації персоналу. Компанія відповідає за комплектування екіпажу моряками, які мають відповідні дипломи, сертифікати та професійний досвід. Вона також повинна організовувати додаткову підготовку, ознайомлення з обладнанням судна та навчання персоналу діям у надзвичайних ситуаціях. Такий підхід дозволяє знижувати ризики, пов'язані з людським фактором, який залишається однією з основних причин морських аварій.

Важливим елементом системи управління безпекою є контроль технічного стану судна. Судноплавна компанія повинна забезпечувати своєчасне проведення технічного обслуговування, ремонтів, інспекцій та оглядів обладнання. У сучасній практиці ця функція реалізується через використання систем Planned Maintenance System (PMS), внутрішніх технічних аудитів та взаємодію з класифікаційними товариствами. Таким

чином компанія несе відповідальність за підтримання належного рівня технічної надійності судна та мінімізацію технічних ризиків.

Особливе місце в структурі управління безпекою займає Designated Person Ashore (DPA) – спеціально призначена особа на березі, яка забезпечує зв'язок між компанією та судном з питань безпеки. DPA здійснює моніторинг функціонування системи управління безпекою, аналізує повідомлення про небезпечні події, координує усунення виявлених недоліків та забезпечує передачу інформації керівництву компанії. Наявність DPA дозволяє створити ефективний механізм контролю ризиків та оперативного реагування на проблеми, що виникають під час експлуатації судна.

Попри важливу роль компанії, центральною фігурою у забезпеченні безпеки на борту залишається капітан судна. Його відповідальність має особливий характер, оскільки саме капітан безпосередньо керує судном та приймає рішення в умовах реальної навігаційної обстановки. Від його професійної компетентності, досвіду та здатності оцінювати ризики залежить безпека екіпажу, пасажирів, вантажу та самого судна.

Відповідно до міжнародного морського права капітан відповідає за безпечне судноводіння, дотримання міжнародних та національних нормативних вимог, підтримання дисципліни на борту та організацію роботи екіпажу. Він повинен забезпечувати виконання процедур системи управління безпекою, контролювати технічний стан судна, організовувати проведення навчань і тренувань, а також здійснювати постійний контроль за рівнем ризиків під час виконання рейсу.

Однією з найважливіших концепцій сучасного морського права є принцип overriding authority капітана. Відповідно до ISM Code капітан має виняткові повноваження та відповідальність щодо прийняття рішень в інтересах безпеки. Це означає, що в ситуації, коли комерційні інтереси компанії можуть суперечити вимогам безпеки, капітан зобов'язаний діяти виключно в інтересах захисту людей, судна та навколишнього середовища. Компанія не має права обмежувати це повноваження або чинити тиск на капітана з метою прийняття небезпечних рішень.

Практичне значення принципу overriding authority особливо проявляється під час складних погодних умов, технічних несправностей або інших ситуацій підвищеного ризику. Наприклад, капітан може прийняти рішення про зміну маршруту, зниження швидкості, відкладення виходу з порту або припинення вантажних операцій, навіть якщо такі дії призводять до фінансових втрат для компанії. Пріоритет безпеки над економічною доцільністю є одним із фундаментальних принципів сучасного управління ризиками в судноплавстві.

Важливою складовою відповідальності капітана є управління людським фактором. Капітан повинен забезпечувати ефективну взаємодію членів екіпажу, підтримувати належний рівень дисципліни, контролювати дотримання режимів праці та відпочинку, а також формувати культуру безпеки на борту. Від психологічного клімату в екіпажі та якості внутрішньої

комунікації значною мірою залежить здатність судна протидіяти ризикам та ефективно реагувати на аварійні ситуації.

Особливе значення в сучасній системі управління ризиками має поняття культури безпеки (Safety Culture). Воно відображає сукупність цінностей, переконань, поведінкових моделей та організаційних принципів, які визначають ставлення персоналу до питань безпеки. Формування культури безпеки є спільною відповідальністю компанії та капітана. Компанія створює необхідні організаційні умови, тоді як капітан забезпечує їх практичне впровадження на борту судна.

Важливим інструментом підтримання культури безпеки є система звітування про небезпечні події, невідповідності та випадки «майже аварій» (near misses). Компанія повинна створити умови, за яких екіпаж може відкрито повідомляти про проблеми без страху покарання, а капітан має заохочувати таку практику та забезпечувати її ефективне функціонування. Це дозволяє своєчасно виявляти приховані ризики та усувати їх до виникнення серйозних аварій.

У сучасному судноплавстві відповідальність за безпеку дедалі більше розглядається як спільний процес управління ризиками. Судноплавна компанія забезпечує організаційну, технічну та ресурсну основу безпечної експлуатації, тоді як капітан реалізує вимоги системи управління безпекою в конкретних умовах рейсу. Ефективність цього процесу залежить від якості взаємодії між береговим персоналом та екіпажем, своєчасного обміну інформацією та спільного прагнення до підтримання високого рівня безпеки.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ТЕМИ 7

1. Чому виникла необхідність у створенні міжнародної системи забезпечення безпеки судноплавства?
2. Яка роль міжнародного співробітництва у забезпеченні безпеки мореплавства?
3. Які основні цілі міжнародної системи забезпечення безпеки судноплавства?
4. Які функції виконує International Maritime Organization (IMO)?
5. Які основні міжнародні конвенції регулюють безпеку судноплавства?
6. Яке місце займає конвенція SOLAS у міжнародній системі безпеки?
7. Яке призначення конвенції MARPOL?
8. Яку роль виконує конвенція STCW?
9. Для чого застосовується конвенція COLREG?
10. Яке значення має Load Line Convention для безпеки судноплавства?
11. У чому полягає відповідальність держави прапора?
12. Які функції виконує держава порту?
13. Що таке Port State Control?
14. Яку роль відіграє прибережна держава у забезпеченні безпеки судноплавства?
15. Які функції виконують класифікаційні товариства?
16. Які рівні міжнародного нормативного регулювання існують у морській галузі?
17. Як міжнародні конвенції сприяють зниженню ризиків у судноплавстві?
18. Які види ризиків охоплює міжнародна система безпеки судноплавства?
19. Коли і за яких обставин була створена конвенція SOLAS?
20. Який вплив на створення SOLAS мала катастрофа «Titanic»?
21. Яка основна мета конвенції SOLAS?
22. Які сфери безпеки регулює SOLAS?
23. Які ризики знижуються завдяки вимогам щодо конструкції судна?
24. Для чого передбачений водонепроникний поділ корпусу?
25. Які вимоги SOLAS спрямовані на забезпечення пожежної безпеки?
26. Яку роль відіграють рятувальні засоби у системі управління ризиками?
27. Які навігаційні системи є обов’язковими відповідно до SOLAS?
28. Для чого призначена система GMDSS?
29. Як SOLAS сприяє підвищенню навігаційної безпеки?
30. Що таке Goal-Based Standards?

31. Яке значення має Formal Safety Assessment (FSA) для розвитку вимог SOLAS?
32. Чому SOLAS вважається ризик-орієнтованою конвенцією?
33. Які захисні бар'єри безпеки формуються завдяки вимогам SOLAS?
34. Що таке ISM Code?
35. З якою метою був розроблений ISM Code?
36. Які аварії стали передумовою створення ISM Code?
37. Що таке система управління безпекою (SMS)?
38. Які основні цілі системи управління безпекою?
39. У чому полягає ризик-орієнтований підхід ISM Code?
40. Що таке ідентифікація небезпек (Hazard Identification)?
41. Для чого проводиться оцінювання ризиків (Risk Assessment)?
42. Які методи можуть застосовуватися для оцінювання ризиків?
43. Що таке заходи контролю ризиків (Risk Control Measures)?
44. Які елементи входять до структури SMS?
45. Яка роль внутрішніх аудитів у системі управління безпекою?
46. Чому важливе розслідування аварій та випадків near miss?
47. Хто такий Designated Person Ashore (DPA)?
48. Які функції виконує DPA?
49. Що таке Document of Compliance (DOC)?
50. Що таке Safety Management Certificate (SMC)?
51. Як ISM Code сприяє підвищенню рівня безпеки судноплавства?
52. Чому людський фактор вважається однією з головних причин морських аварій?
53. Яка основна мета конвенції STCW?
54. Які питання регулює STCW?
55. Як STCW сприяє управлінню ризиками?
56. Які вимоги встановлюються до несення вахти?
57. Що таке Bridge Resource Management (BRM)?
58. Які цілі має Bridge Resource Management?
59. Що таке Engine Room Resource Management (ERM)?
60. Як втома впливає на безпеку судноплавства?
61. Які вимоги STCW встановлює щодо робочого часу та часу відпочинку?
62. Яке значення мають лідерство та командна робота для безпеки судна?
63. Які компетентності офіцерів пов'язані з управлінням ризиками?
64. Яка основна мета конвенції MARPOL?
65. Які види забруднення регулює MARPOL?
66. Скільки додатків містить MARPOL і що вони регулюють?
67. Які екологічні ризики пов'язані з нафтовими перевезеннями?
68. Які заходи передбачає MARPOL для запобігання нафтовому забрудненню?
69. Які ризики пов'язані зі скиданням сміття зі суден?

70. Які вимоги MARPOL стосуються атмосферних викидів?
71. Як MARPOL сприяє зменшенню впливу судноплавства на довкілля?
72. Яку роль екіпаж відіграє у попередженні екологічних інцидентів?
73. Чому STCW і MARPOL розглядаються як взаємодоповнюючі інструменти управління ризиками?
74. Які основні обов’язки судноплавної компанії у сфері безпеки?
75. За що відповідає судноплавна компанія відповідно до ISM Code?
76. Які ресурси повинна забезпечувати компанія для безпечної експлуатації судна?
77. Яке значення має підготовка персоналу для управління ризиками?
78. Яку відповідальність несе компанія за технічний стан судна?
79. Які функції виконує PMS у системі управління безпекою?
80. Яка роль капітана в системі управління ризиками?
81. За що відповідає капітан судна?
82. У чому полягає принцип overriding authority капітана?
83. Чому безпека має пріоритет над комерційними інтересами?
84. Які рішення може приймати капітан для зниження рівня ризику?
85. Яке значення має управління людським фактором на борту?
86. Що таке культура безпеки (Safety Culture)?
87. Як формується культура безпеки у судноплавній компанії?
88. Що таке система повідомлень про небезпечні події та near miss?
89. Чому важливо аналізувати випадки near miss?
90. У чому полягає спільна відповідальність компанії та капітана за безпеку судноплавства?

ТЕМА 8. РИЗИКО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СУДНОВОДІННІ

8.1 Принципи ризико-орієнтованого управління.

Прийняття рішень є однією з основних функцій судноводія та управлінського персоналу судноплавної компанії. Практично кожна дія під час експлуатації судна пов'язана з певним рівнем ризику. Вибір маршруту, визначення швидкості руху, проходження вузькостей, виконання швартовних операцій, проведення вантажних робіт, експлуатація технічних систем або реагування на несприятливі погодні умови вимагають постійного оцінювання можливих небезпек і наслідків прийнятих рішень. У сучасному судноплавстві ефективність управління безпекою значною мірою визначається не лише рівнем професійної підготовки екіпажу або технічним оснащенням судна, а й здатністю своєчасно виявляти ризики та враховувати їх під час прийняття рішень.

Традиційно забезпечення безпеки ґрунтувалося переважно на виконанні встановлених правил, інструкцій та процедур. Такий підхід залишається важливим і сьогодні, проте розвиток морських перевезень, зростання складності суднових систем та збільшення обсягів інформації призвели до необхідності переходу до більш гнучкої моделі управління. У багатьох ситуаціях судноводій стикається з умовами, які не можуть бути повністю передбачені нормативними документами. Саме тому сучасна концепція безпеки дедалі більше спирається на ризико-орієнтоване управління, яке дозволяє адаптувати процес прийняття рішень до конкретної ситуації.

Ризико-орієнтоване управління можна визначити як процес планування та прийняття рішень, у якому основою вибору дій є оцінювання ризиків та їх можливих наслідків. Його головна мета полягає не в усуненні всіх небезпек, що практично неможливо, а у підтриманні ризику на рівні, який вважається прийнятним з точки зору безпеки людей, судна, вантажу та навколишнього середовища. Таким чином, ризик розглядається не як явище, якого можна повністю уникнути, а як фактор, який необхідно постійно контролювати та управляти ним.

В основі ризико-орієнтованого підходу лежить розуміння того, що будь-яка діяльність на морі супроводжується невизначеністю. Судноводій ніколи не володіє абсолютно повною інформацією про розвиток майбутніх подій. Навіть за наявності сучасних навігаційних систем, прогнозів погоди та технічних засобів контролю завжди існує певна ймовірність виникнення непередбачених обставин. Саме тому рішення повинні прийматися з урахуванням не лише поточної ситуації, але й потенційних сценаріїв її розвитку.

Одним із фундаментальних принципів ризико-орієнтованого управління є принцип проактивності. Його сутність полягає у випереджальному виявленні небезпек до того, як вони реалізуються у вигляді аварійної події. У традиційному підході значна увага приділяється аналізу вже здійснених аварій

та розробленню заходів після їх виникнення. Натомість ризико-орієнтоване управління зосереджується на пошуку потенційних загроз та їх усуненні на ранніх стадіях. Такий підхід дозволяє попереджати аварії, а не лише реагувати на їх наслідки.

Важливою особливістю ризико-орієнтованого управління є його системний характер. Ризики в судноплавстві рідко виникають ізольовано. Як правило, аварійна ситуація формується внаслідок взаємодії декількох факторів одночасно. Наприклад, зіткнення суден може бути результатом поєднання складних погодних умов, високої інтенсивності руху, помилки судноводія, недостатньої ситуаційної обізнаності та недоліків у роботі навігаційного обладнання. Тому оцінювання ризиків повинно охоплювати всі елементи системи: технічні засоби, людський елемент, організаційні процедури та вплив зовнішнього середовища.

Наступним принципом є принцип безперервності оцінювання ризиків. Рівень ризику змінюється протягом усього рейсу. Те, що вранці може вважатися безпечним, увечері може становити підвищену небезпеку через зміну погодних умов, інтенсивності руху або технічного стану обладнання. Саме тому ризики повинні оцінюватися не лише під час планування операції, а й безпосередньо в процесі її виконання. Безперервний моніторинг ситуації дозволяє своєчасно виявляти зміни та коригувати прийняті рішення.

Процес ризико-орієнтованого управління зазвичай включає кілька взаємопов’язаних етапів. Першим етапом є виявлення небезпек. На цьому етапі визначаються всі фактори, які можуть створювати загрозу для безпеки судна. Джерелами небезпек можуть бути гідрометеорологічні умови, навігаційні перешкоди, інтенсивний рух суден, людські помилки, відмови обладнання або особливості вантажу.

Після ідентифікації небезпек здійснюється оцінювання ризику. Основою такого оцінювання є аналіз двох складових: ймовірності виникнення небезпечної події та тяжкості її можливих наслідків. Наприклад, ризик зіткнення в районі інтенсивного судноплавства буде визначатися не лише ймовірністю самого зіткнення, а й можливими наслідками для людей, судна, вантажу та довкілля. Саме поєднання цих двох характеристик дозволяє визначити пріоритетність ризику та необхідність впровадження додаткових заходів безпеки.

Наступним етапом є розроблення та впровадження заходів контролю ризику. Ці заходи можуть бути спрямовані на зниження ймовірності небезпечної події або на зменшення тяжкості її наслідків. У судноводінні такими заходами можуть бути зміна маршруту, зменшення швидкості судна, використання додаткових навігаційних засобів, залучення лоцмана, посилення вахтової служби або зміна організації робіт на борту. Ефективність ризико-орієнтованого управління значною мірою залежить від правильного вибору саме тих заходів, які найбільшою мірою впливають на рівень ризику.

Важливим принципом є пріоритетність управління найбільш значущими ризиками. У реальній діяльності судноводій стикається з великою кількістю

потенційних небезпек, однак ресурси часу, персоналу та обладнання завжди є обмеженими. Тому необхідно визначати найбільш критичні ризики та концентрувати основні зусилля на їх контролі. Такий підхід дозволяє використовувати наявні ресурси максимально ефективно та забезпечувати найвищий рівень безпеки.

Особливе місце в ризико-орієнтованому управлінні займає людський елемент. Навіть найбільш сучасні системи оцінювання ризиків залишаються лише допоміжними інструментами. Остаточне рішення приймає людина, яка повинна правильно інтерпретувати інформацію, оцінити рівень невизначеності та обрати оптимальний варіант дій. Саме тому професійна компетентність судноводія, його досвід, здатність до критичного мислення та ситуаційна обізнаність є важливими складовими ефективного управління ризиками.

Ризико-орієнтований підхід тісно пов’язаний із концепцією безперервного вдосконалення. Кожна аварія, інцидент або випадок near miss розглядається як джерело інформації для подальшого підвищення безпеки. Аналіз таких подій дозволяє виявляти недоліки існуючих процедур, уточнювати оцінювання ризиків та вдосконалювати процес прийняття рішень. У результаті система управління ризиками постійно адаптується до нових умов і накопиченого досвіду.

У міжнародній практиці принципи ризико-орієнтованого управління використовуються в багатьох документах IMO. Вони лежать в основі Міжнародного кодексу з управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забрудненню (ISM Code), методології Formal Safety Assessment (FSA), процедур Dynamic Risk Assessment та сучасних концепцій управління безпекою. Усі ці підходи базуються на спільній ідеї: рішення повинні прийматися не лише на основі правил та досвіду, а й на основі систематичного аналізу ризиків.

8.2 Концепція ALARP.

Одним із ключових принципів сучасного управління ризиками є усвідомлення того, що повністю усунути всі небезпеки практично неможливо. Будь-яка діяльність, пов’язана з експлуатацією складних технічних систем, завжди супроводжується певним залишковим ризиком. Судноплавство не є винятком. Навіть за наявності сучасних навігаційних систем, високого рівня підготовки екіпажу, досконалого технічного оснащення та ефективної системи управління безпекою неможливо гарантувати абсолютну відсутність аварійних подій. Саме тому в теорії та практиці управління ризиками сформувалася концепція ALARP (As Low As Reasonably Practicable), яка сьогодні широко використовується в морській галузі та інших сферах підвищеної небезпеки.

Концепція ALARP базується на принципі, що ризик повинен бути знижений настільки, наскільки це є практично доцільним і розумно можливим. Іншими словами, заходи щодо зменшення ризику повинні впроваджуватися

доти, доки витрати часу, ресурсів і зусиль на їх реалізацію не стануть явно непропорційними очікуваному ефекту зниження ризику. Таким чином, ALARP не вимагає повного усунення ризику, а встановлює раціональний баланс між рівнем безпеки та можливостями її забезпечення.

Історично концепція ALARP виникла у Великій Британії під час розвитку систем промислової безпеки та управління ризиками в небезпечних галузях виробництва. Надалі цей підхід набув широкого поширення в атомній енергетиці, авіації, нафтовій промисловості та морському транспорті. Особливого значення він набув після впровадження ризик-орієнтованих методів аналізу безпеки, коли стало очевидним, що ресурси для підвищення безпеки є обмеженими, а тому необхідно визначати доцільність кожного заходу щодо зниження ризику.

Основою концепції ALARP є поділ рівнів ризику на три основні зони. Перша зона відповідає неприйнятному ризику. У цьому випадку рівень небезпеки є настільки високим, що діяльність не може здійснюватися незалежно від її економічної доцільності або потенційної вигоди. Якщо ризик потрапляє до цієї категорії, необхідно або повністю припинити виконання операції, або впровадити додаткові заходи безпеки, які забезпечать його зниження.

Друга зона є областю ALARP, яку інколи називають зоною допустимого або толерованого ризику. У цій області ризик не вважається повністю безпечним, проте його рівень може бути прийнятним за умови впровадження всіх розумно обґрунтованих заходів контролю. Саме ця зона становить найбільший практичний інтерес для управління ризиками, оскільки більшість рішень у судноплавстві приймається саме в умовах, коли ризик неможливо усунути повністю, але можна підтримувати його на контрольованому рівні.

Третя зона відповідає прийнятному ризику. У цьому випадку рівень небезпеки настільки низький, що не потребує впровадження додаткових заходів контролю. Ризик вважається настільки малим, що його подальше зниження не дає суттєвого позитивного ефекту для безпеки. У таких умовах діяльність може виконуватися відповідно до звичайних процедур без додаткових обмежень.

Графічно концепція ALARP часто подається у вигляді трикутника або шкали ризиків, де верхня частина відповідає неприйнятному ризику, середня – зоні ALARP, а нижня – прийнятному ризику. Така модель дозволяє наочно демонструвати логіку прийняття рішень щодо необхідності впровадження додаткових заходів безпеки.

Практичне значення концепції ALARP полягає в тому, що вона дозволяє перейти від формального дотримання нормативних вимог до обґрунтованого управління ризиками. Наприклад, під час планування рейсу судноводій може зіткнутися з необхідністю проходження району зі складними погодними умовами. Повністю усунути ризик впливу шторму неможливо, проте можна вжити заходів для його зниження: скоригувати маршрут, змінити швидкість судна, збільшити дистанцію до небезпечних районів або відкласти вихід у

море. Після впровадження таких заходів ризик може бути знижений до рівня, який відповідає принципу ALARP.

Особливо важливе значення концепція ALARP має під час оцінювання навігаційних ризиків. Багато морських операцій пов'язані з певним рівнем небезпеки навіть за умови їх правильного виконання. Наприклад, проходження вузькостей, маневрування в портах, швартування або проведення лоцманських операцій завжди супроводжуються підвищеним ризиком. У таких випадках завдання судноводія полягає не в повному усуненні ризику, а в його зниженні до рівня, який визнається прийнятним з урахуванням конкретних умов.

Концепція ALARP широко використовується в межах методології Formal Safety Assessment (FSA), розробленої IMO. Одним із завдань FSA є оцінювання ефективності різних заходів контролю ризиків та визначення доцільності їх впровадження. Саме на цьому етапі активно застосовується принцип ALARP, який дозволяє порівнювати очікуваний ефект від зниження ризику з витратами на реалізацію відповідних заходів.

Важливим елементом ALARP є поняття «розумної практичності» (reasonable practicability). Воно означає, що рішення щодо додаткових заходів безпеки повинні прийматися на основі аналізу співвідношення між отриманою вигодою та необхідними витратами. Якщо впровадження певного заходу потребує надзвичайно великих ресурсів, а очікуване зниження ризику є незначним, такий захід може бути визнаний економічно та практично необґрунтованим. Водночас якщо існує відносно простий спосіб суттєво зменшити ризик, його впровадження вважається обов'язковим.

Застосування концепції ALARP особливо актуальне під час управління технічними ризиками. Наприклад, встановлення резервних систем, модернізація обладнання або впровадження нових засобів моніторингу можуть суттєво підвищити рівень безпеки. Однак кожне таке рішення потребує оцінювання його ефективності та економічної доцільності. Саме принцип ALARP дозволяє знаходити оптимальний баланс між витратами та досягнутим рівнем безпеки.

Водночас використання концепції ALARP не повинно розглядатися як виправдання для економії на заходах безпеки. Однією з найпоширеніших помилок є спроба використовувати економічні аргументи для відмови від необхідних заходів контролю ризику. У міжнародній практиці вважається, що якщо ризик може бути суттєво знижений за допомогою доступних і технічно здійсненних заходів, такі заходи повинні бути реалізовані незалежно від додаткових витрат. Саме тому принцип ALARP вимагає ретельного обґрунтування всіх рішень щодо прийнятності ризику.

У судноплавстві концепція ALARP активно застосовується під час оцінювання навігаційних ризиків, аналізу безпеки нових технологій, планування маршрутів, проведення вантажних операцій, управління технічним станом судна та розроблення систем управління безпекою відповідно до ISM Code. Вона дозволяє створити обґрунтований механізм

прийняття рішень у ситуаціях, коли повне усунення небезпеки є неможливим або економічно необґрунтованим.

Важливу роль у реалізації принципу ALARP відіграє людський елемент. Остаточне рішення щодо прийнятності ризику в більшості випадків приймається людиною. Тому ефективність застосування концепції значною мірою залежить від професійної підготовки судноводія, його досвіду, здатності аналізувати ризики та оцінювати можливі наслідки своїх рішень. Саме поєднання формальних методів оцінювання ризиків і професійного судження забезпечує найбільш ефективне використання принципу ALARP на практиці.

8.3 Dynamic Risk Assessment

Традиційні методи оцінювання ризиків у судноплавстві переважно виконуються на етапі планування діяльності. Перед початком рейсу, проведенням вантажних операцій або виконанням складних маневрів здійснюється аналіз можливих небезпек, оцінюється рівень ризику та визначаються необхідні заходи безпеки. Проте морське середовище характеризується високим рівнем динамічності. Погодні умови, інтенсивність руху суден, технічний стан обладнання, дії інших учасників судноплавства та багато інших факторів можуть змінюватися протягом короткого проміжку часу. У результаті ризик, який під час планування оцінювався як прийнятний, може швидко зрости до небезпечного рівня. Саме тому в сучасному судноплавстві дедалі більшого значення набуває концепція Dynamic Risk Assessment (DRA) – динамічного оцінювання ризиків.

Dynamic Risk Assessment являє собою процес безперервного оцінювання ризиків у режимі реального часу безпосередньо під час виконання операції. На відміну від традиційного або статичного аналізу ризиків, який проводиться до початку роботи, динамічне оцінювання дозволяє враховувати поточні зміни обстановки та оперативно коригувати прийняті рішення. Основна ідея цього підходу полягає в тому, що ризик є змінною величиною, а тому його оцінювання повинно бути постійним процесом протягом усього періоду виконання операції.

Поява концепції Dynamic Risk Assessment стала наслідком розвитку ризик-орієнтованого управління та накопичення досвіду розслідування аварій у високоризикових галузях. Аналіз багатьох інцидентів показав, що початкові оцінки ризику часто були правильними, але персонал не враховував подальші зміни ситуації. У результаті ризик поступово зростав до критичного рівня, тоді як прийняті раніше рішення залишалися незмінними. Така проблема особливо характерна для судноплавства, де обстановка може суттєво змінюватися протягом кількох хвилин.

Особливістю Dynamic Risk Assessment є його тісний зв’язок із процесом прийняття рішень. Якщо традиційний аналіз ризиків здебільшого має документований характер і часто оформлюється у вигляді чек-листів, матриць ризиків або формальних процедур, то динамічне оцінювання значною мірою

залежить від професійного судження персоналу. Судноводій або інший член екіпажу повинен постійно аналізувати поточну ситуацію, визначати нові небезпеки, оцінювати їх вплив на безпеку та за необхідності змінювати свої дії.

У судноплавстві потреба в динамічному оцінюванні ризиків виникає практично під час усіх критичних операцій. Особливо важливим воно є під час плавання в районах інтенсивного судноплавства, проходження вузькостей, маневрування в портах, швартування, буксирування, лоцманського проведення, роботи в складних погодних умовах або виконання аварійних заходів. У таких ситуаціях зміна навіть одного фактора може суттєво вплинути на загальний рівень ризику.

Наприклад, під час проходження вузької протоки ризик може оцінюватися як прийнятний за умови хорошої видимості та нормального функціонування навігаційного обладнання. Проте раптове погіршення видимості через туман або відмова радіолокаційної станції миттєво змінюють ситуацію. У межах Dynamic Risk Assessment екіпаж повинен оперативно переоцінити ризик і прийняти рішення щодо зниження швидкості, зміни маршруту, залучення додаткового судноводія або навіть припинення руху до покращення умов.

Динамічне оцінювання ризиків ґрунтується на циклічному процесі спостереження, аналізу, прийняття рішення та контролю результатів. Першим етапом є безперервний моніторинг обстановки. Судноводій повинен постійно отримувати інформацію про навігаційну ситуацію, погодні умови, технічний стан обладнання та дії інших суден. Сучасні навігаційні системи забезпечують значний обсяг такої інформації, однак її наявність сама по собі не гарантує безпеки. Вирішальне значення має правильна інтерпретація отриманих даних.

Після виявлення змін в обстановці здійснюється оцінювання їх потенційного впливу на рівень ризику. На цьому етапі аналізується, чи можуть нові обставини призвести до виникнення небезпечної події або збільшити ймовірність уже відомих ризиків. Важливою особливістю Dynamic Risk Assessment є те, що оцінювання часто виконується за умов обмеженого часу та неповної інформації. Тому значну роль відіграють досвід, ситуаційна обізнаність та професійна підготовка судноводія.

Наступним етапом є вибір заходів реагування. Якщо оцінювання показує, що рівень ризику зріс до неприйнятного рівня, необхідно вжити заходів щодо його зниження. Такими заходами можуть бути зміна режиму руху судна, коригування маршруту, залучення додаткових ресурсів, посилення спостереження або тимчасове припинення операції. Важливо, що рішення повинні прийматися своєчасно, оскільки затримка з реагуванням може призвести до втрати можливості контролю над ситуацією.

Однією з ключових умов ефективного Dynamic Risk Assessment є підтримання високого рівня ситуаційної обізнаності (Situational Awareness). Це поняття означає здатність людини правильно сприймати навколишню обстановку, розуміти значення отриманої інформації та прогнозувати

можливий розвиток подій. Багато морських аварій пов’язані саме з втратою ситуаційної обізнаності, коли екіпаж не помічає зміни умов або неправильно оцінює їх значення для безпеки.

Важливу роль у динамічному оцінюванні ризиків відіграє людський елемент. Саме людина виконує аналіз ситуації, інтерпретує отриману інформацію та приймає рішення щодо подальших дій. У цьому процесі можуть проявлятися різноманітні когнітивні помилки, які негативно впливають на якість оцінювання ризику. До таких помилок належать надмірна впевненість у власному досвіді, недооцінювання небезпеки, звикання до ризику, підтверджувальне упередження та небажання змінювати раніше прийняте рішення навіть після зміни обставин.

Саме тому сучасні концепції Bridge Resource Management (BRM) та Crew Resource Management (CRM) приділяють значну увагу колективному аналізу ризиків. Обговорення ситуації кількома членами екіпажу дозволяє отримати альтернативні точки зору та зменшити вплив індивідуальних помилок. Практика показує, що колективне оцінювання ризиків часто є більш ефективним, ніж прийняття рішень однією особою.

Розвиток цифрових технологій суттєво розширив можливості Dynamic Risk Assessment. Сучасні навігаційні системи здатні автоматично аналізувати рух суден, прогнозувати точки найкоротшого зближення, оцінювати ризик зіткнення та формувати попередження про потенційно небезпечні ситуації. Інтеграція даних від AIS, радіолокаційних станцій, ECDIS, метеорологічних систем та інших джерел дозволяє створювати більш повну картину поточної обстановки.

У перспективі розвиток систем підтримки прийняття рішень, цифрових двійників та штучного інтелекту може значно підвищити ефективність динамічного оцінювання ризиків. Такі системи здатні аналізувати великі обсяги інформації в режимі реального часу, прогнозувати розвиток ситуації та пропонувати судноводію найбільш безпечні варіанти дій. Проте навіть за умов широкого використання автоматизованих технологій остаточне рішення продовжує залишатися за людиною.

Особливого значення Dynamic Risk Assessment набуває під час аварійних ситуацій. У таких умовах обстановка змінюється надзвичайно швидко, а прийняті рішення можуть мати критичне значення для безпеки людей та судна. Саме тому здатність екіпажу оперативно оцінювати ризики та адаптувати свої дії до нових умов розглядається як одна з ключових професійних компетентностей сучасного судноводія.

8.4 Прийняття рішень в умовах невизначеності

Однією з характерних особливостей судноводіння є необхідність постійного прийняття рішень в умовах неповної інформації та невизначеності. Незалежно від рівня технічного оснащення судна, кваліфікації екіпажу чи якості навігаційного забезпечення судноводій ніколи не володіє абсолютно точною інформацією про майбутній розвиток подій. Погодні умови можуть

змінюватися швидше, ніж передбачалося прогнозом, інші судна можуть виконувати несподівані маневри, технічні системи можуть працювати не так, як очікувалося, а людський елемент здатний впливати на ситуацію способами, які неможливо повністю передбачити. Саме тому прийняття рішень в умовах невизначеності є однією з найважливіших професійних компетентностей сучасного судноводія.

У теорії управління ризиками невизначеність розглядається як стан, за якого особа, що приймає рішення, не має достатньої інформації для точного прогнозування наслідків своїх дій. Важливо розрізняти поняття ризику та невизначеності. Ризик передбачає, що можливі наслідки та їх ймовірності хоча б приблизно відомі або можуть бути оцінені. Невизначеність виникає тоді, коли інформації недостатньо для достовірного визначення як самих наслідків, так і їх імовірності. У реальній морській практиці ці два поняття тісно пов'язані, оскільки більшість рішень приймаються одночасно в умовах і ризику, і невизначеності.

Особливість судноплавства полягає в тому, що невизначеність супроводжує практично всі етапи рейсу. Навіть на стадії планування маршруту неможливо з абсолютною точністю передбачити погодні умови на всій протяжності переходу, технічний стан обладнання через декілька діб або інтенсивність руху суден у конкретних районах. У процесі плавання рівень невизначеності додатково зростає через вплив мінливих факторів навколишнього середовища та необхідність реагування на нові обставини.

Одним із найважливіших джерел невизначеності є природне середовище. Морська навігація безпосередньо залежить від погодних умов, які можуть істотно впливати на безпеку судна. Незважаючи на значний розвиток метеорологічного прогнозування, жоден прогноз не може забезпечити абсолютної точності. У результаті судноводій часто змушений приймати рішення щодо маршруту, швидкості або режиму експлуатації судна в умовах, коли фактичний розвиток погодної ситуації може відрізнятися від очікуваного.

Другим важливим джерелом невизначеності є поведінка інших учасників судноплавства. Навіть за наявності чітких правил МППЗС та сучасних засобів контролю руху неможливо повністю передбачити дії інших суден. Помилки судноводіїв, неправильне трактування ситуації, затримки з виконанням маневрів або порушення правил можуть призводити до виникнення несподіваних ситуацій. Саме тому оцінювання ризику зіткнення завжди містить елемент невизначеності.

Не менш важливим фактором є технічна невизначеність. Складні технічні системи судна характеризуються певною ймовірністю відмов. Навіть за умови належного технічного обслуговування неможливо повністю виключити можливість несправності навігаційного обладнання, засобів зв'язку, енергетичної установки або інших систем. Тому під час прийняття рішень необхідно враховувати можливість виникнення технічних проблем та їх потенційний вплив на безпеку.

Особливе місце серед джерел невизначеності займає людський елемент. На відміну від технічних систем або природних процесів, поведінка людини часто має складний і недостатньо передбачуваний характер. Рівень втоми, психологічний стан, стрес, особливості сприйняття інформації та індивідуальний досвід можуть суттєво впливати на процес прийняття рішень. Саме тому багато сучасних досліджень у сфері безпеки судноплавства зосереджені на вивченні впливу людського елемента на управління ризиками.

Прийняття рішень в умовах невизначеності нерозривно пов'язане із ситуаційною обізнаністю (Situational Awareness). Це поняття характеризує здатність людини правильно сприймати навколишню обстановку, розуміти значення отриманої інформації та прогнозувати можливий розвиток подій. Для судноводія ситуаційна обізнаність є основою ефективного управління ризиками, оскільки саме вона дозволяє своєчасно виявляти небезпеки та оцінювати їх потенційні наслідки.

Однією з найбільших проблем під час прийняття рішень є вплив когнітивних обмежень людини. Навіть досвідчені фахівці можуть допускати помилки через особливості роботи людського мислення. У психології такі помилки називають когнітивними упередженнями. Вони виникають через прагнення мозку спрощувати процес обробки інформації та швидко приймати рішення в складних ситуаціях.

Одним із найбільш поширених когнітивних упереджень є підтверджувальне упередження (confirmation bias). Його сутність полягає в тому, що людина схильна звертати більше уваги на інформацію, яка підтверджує її попередню думку, і недооцінювати інформацію, яка їй суперечить. Наприклад, судноводій може ігнорувати ознаки погіршення погоди, якщо вже прийняв рішення про продовження рейсу за обраним маршрутом.

Іншим поширеним явищем є надмірна впевненість у власному досвіді. Досвід відіграє надзвичайно важливу роль у судноводінні, проте іноді він може призводити до недооцінювання ризику. Багато аварійних ситуацій виникають саме тоді, коли персонал вважає певну операцію рутинною та перестає приділяти належну увагу потенційним небезпекам.

Суттєвий вплив на якість прийняття рішень має також стрес. У кризових ситуаціях людина змушена діяти в умовах дефіциту часу, великої відповідальності та високого емоційного навантаження. У таких умовах звужується поле уваги, погіршується здатність аналізувати альтернативні варіанти дій та зростає ймовірність помилок. Саме тому підготовка судноводіїв включає відпрацювання дій у надзвичайних ситуаціях, коли рішення необхідно приймати швидко та в умовах підвищеного психологічного навантаження.

Для підвищення якості прийняття рішень у сучасному судноплавстві широко використовуються принципи Bridge Resource Management (BRM) та Crew Resource Management (CRM). Їх основна ідея полягає у використанні колективного потенціалу екіпажу для аналізу ситуації та оцінювання ризиків.

Обговорення можливих варіантів дій, взаємний контроль і відкритий обмін інформацією дозволяють зменшити вплив індивідуальних помилок та підвищити обґрунтованість рішень.

Важливим інструментом прийняття рішень в умовах невизначеності є сценарний підхід. Його сутність полягає у розгляді декількох можливих варіантів розвитку подій замість орієнтації лише на один прогнозований сценарій. Такий підхід дозволяє підготуватися до різних варіантів розвитку ситуації та заздалегідь визначити можливі дії екіпажу. У сучасному управлінні ризиками сценарний аналіз широко використовується під час планування рейсів, проведення аварійних навчань та оцінювання складних навігаційних ситуацій.

Розвиток цифрових технологій значно розширив можливості підтримки прийняття рішень. Сучасні навігаційні комплекси здатні автоматично аналізувати великі обсяги інформації, прогнозувати розвиток ситуації та попереджати судноводія про потенційно небезпечні події. Однак навіть найсучасніші системи не здатні повністю усунути невизначеність. Вони лише допомагають людині приймати більш обґрунтовані рішення, тоді як остаточна відповідальність залишається за екіпажем.

У міжнародній практиці дедалі більшого значення набуває концепція прийняття рішень на основі ризику (Risk-Informed Decision Making). Вона передбачає поєднання кількісного аналізу ризиків, експертних оцінок, професійного досвіду та доступної інформації для вибору найбільш безпечного варіанта дій. Такий підхід дозволяє враховувати як об’єктивні дані, так і фактори невизначеності, що неможливо повністю формалізувати.

8.5 Системи підтримки прийняття рішень на містку

У сучасному судноплавстві обсяг інформації, яку необхідно аналізувати під час управління судном, постійно зростає. Судноводій одночасно контролює навігаційну обстановку, погодні умови, рух інших суден, технічний стан навігаційного обладнання, виконання плану рейсу та вимоги безпеки. За таких умов навіть високий рівень професійної підготовки не гарантує відсутності помилок, оскільки можливості людини щодо обробки великих масивів інформації є обмеженими. Саме тому важливим напрямом розвитку сучасного судноводіння стало впровадження систем підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS), які допомагають екіпажу аналізувати інформацію, оцінювати ризики та обирати найбільш безпечні варіанти дій.

Система підтримки прийняття рішень являє собою програмно-технічний комплекс, призначений для збору, оброблення, аналізу та візуалізації інформації, необхідної для управління судном. Основна мета таких систем полягає не в заміні судноводія, а в підвищенні якості та обґрунтованості прийнятих ним рішень. Важливо розуміти, що DSS не приймає рішення самостійно, а надає інформаційну підтримку людині, яка залишається головною ланкою в процесі управління ризиками.

Передумовою появи систем підтримки прийняття рішень стало стрімке зростання рівня автоматизації навігації. Сучасне судно обладнане великою кількістю інформаційних систем, які генерують значний обсяг даних. До них належать радіолокаційні станції, автоматичні ідентифікаційні системи AIS, електронні картографічні навігаційні системи ECDIS, глобальні навігаційні супутникові системи, ехолоти, системи моніторингу погоди, датчики технічного стану обладнання та багато інших джерел інформації. Проблема полягає не у відсутності даних, а в необхідності їх швидкого аналізу та правильного використання під час прийняття рішень.

Однією з найважливіших функцій сучасних систем підтримки прийняття рішень є інтеграція інформації з різних джерел. Традиційно судноводій змушений був самостійно зіставляти дані з карт, радіолокаційних станцій, AIS та інших систем. Сучасні інтегровані навігаційні комплекси дозволяють об'єднувати інформацію в єдиному інформаційному середовищі, що значно підвищує ситуаційну обізнаність екіпажу та знижує ризик неправильного трактування даних.

Особливе місце серед сучасних DSS займають електронні картографічні навігаційні інформаційні системи (ECDIS). Вони поєднують функції електронної навігаційної карти, автоматичного контролю маршруту та моніторингу навігаційної безпеки. ECDIS здатна автоматично попереджати судноводія про наближення до небезпечних глибин, навігаційних перешкод, заборонених районів або зон обмеженого плавання. Крім того, система контролює відповідність фактичного руху судна запланованому маршруту та сигналізує про потенційно небезпечні відхилення.

Важливим інструментом підтримки прийняття рішень є радіолокаційні станції з функцією автоматичного супроводження цілей (ARPA). Такі системи здатні автоматично визначати параметри руху інших суден, прогнозувати точки найкоротшого зближення (CPA) та час до найкоротшого зближення (TCPA). На основі цих даних судноводій отримує можливість своєчасно оцінювати ризик зіткнення та обирати найбільш безпечний маневр відповідно до вимог МППЗС.

Важливим джерелом інформації для DSS є автоматична ідентифікаційна система AIS. Вона забезпечує обмін навігаційними даними між суднами та береговими службами. Інтеграція AIS з радіолокаційними системами та ECDIS дозволяє отримувати більш повну картину навігаційної обстановки, що особливо важливо в районах інтенсивного судноплавства або за обмеженої видимості.

Одним із перспективних напрямів розвитку систем підтримки прийняття рішень є автоматизоване оцінювання ризику зіткнення. Такі системи використовують математичні моделі руху суден та алгоритми аналізу навігаційної ситуації для визначення рівня небезпеки. У разі виявлення потенційного конфлікту система може запропонувати декілька варіантів маневрування та оцінити їх ефективність з точки зору безпеки.

Важливу роль DSS відіграють під час планування рейсу. Сучасні програмні комплекси дозволяють аналізувати різні варіанти маршрутів з урахуванням прогнозів погоди, океанографічних умов, інтенсивності руху суден, екологічних обмежень та економічних факторів. Такі системи можуть рекомендувати оптимальний маршрут, який забезпечує баланс між безпекою, тривалістю переходу та витратами палива.

Окремий напрям розвитку DSS пов'язаний із використанням метеорологічної інформації. Сучасні погодні маршрутизатори (Weather Routing Systems) дозволяють прогнозувати вплив погодних умов на безпеку та ефективність рейсу. На основі аналізу прогнозів вітру, хвилювання, течій та інших факторів система може рекомендувати зміни маршруту або швидкості руху судна для зниження ризику потрапляння в небезпечні погодні умови.

В останні роки дедалі більшого значення набувають системи підтримки прийняття рішень, пов'язані з управлінням технічними ризиками. Інтеграція навігаційних систем із системами моніторингу технічного стану обладнання дозволяє враховувати технічні обмеження судна під час прийняття управлінських рішень. Наприклад, система може враховувати потужність енергетичної установки, стан рульового пристрою або залишковий ресурс обладнання під час оцінювання можливих варіантів дій.

Особливе значення DSS мають під час виникнення аварійних ситуацій. У кризових умовах екіпаж змушений приймати рішення в умовах дефіциту часу та високого психологічного навантаження. Системи підтримки прийняття рішень можуть допомагати шляхом швидкого аналізу ситуації, надання доступу до аварійних процедур, прогнозування розвитку подій та оцінювання можливих наслідків різних варіантів реагування.

Разом із численними перевагами використання DSS пов'язане і з певними ризиками. Однією з головних проблем є надмірна довіра до автоматизованих систем. Якщо судноводій починає беззастережно покладатися на рекомендації програмного забезпечення, це може призвести до втрати навичок критичного аналізу та зниження рівня ситуаційної обізнаності. Відомі випадки морських аварій, коли причиною стала неправильна інтерпретація інформації, отриманої від автоматизованих систем, або надмірна залежність екіпажу від їх роботи.

Ще одним важливим обмеженням є те, що жодна система не здатна повністю врахувати всі особливості реальної обстановки. Алгоритми працюють на основі закладених моделей та доступних даних, тоді як багато факторів, пов'язаних із людським елементом, організаційними аспектами або нестандартними ситуаціями, залишаються складними для формалізації. Саме тому сучасна концепція Bridge Resource Management передбачає, що автоматизовані системи повинні використовуватися як допоміжний інструмент, а остаточне рішення завжди залишається за судноводієм.

Розвиток цифрових технологій поступово змінює роль DSS у процесі управління судном. Сучасні системи вже здатні не лише відображати інформацію, а й аналізувати її, оцінювати ризики, прогнозувати розвиток

ситуації та формувати рекомендації щодо подальших дій. Подальший розвиток штучного інтелекту, машинного навчання та цифрових двійників може призвести до появи нових поколінь систем підтримки прийняття рішень, здатних працювати в значно складніших умовах.

8.6 Кіберризики у сучасному судноплавстві та підходи до їх управління

Цифрова трансформація морської галузі суттєво змінила характер ризиків, з якими стикаються судноплавні компанії та екіпажі суден. Якщо традиційно основна увага приділялася навігаційним, технічним та організаційним небезпекам, то сьогодні важливе місце займають кіберризики, пов'язані з використанням інформаційних технологій, автоматизованих систем управління та глобальних мереж зв'язку. Практично всі сучасні судна оснащені цифровими навігаційними комплексами, електронними картографічними системами, супутниковими засобами зв'язку, автоматизованими системами управління механізмами та численними програмно-апаратними комплексами, які забезпечують підтримку прийняття рішень. Водночас зростання рівня цифровізації супроводжується появою нових вразливостей, здатних впливати безпосередньо на безпеку судноплавства.

Міжнародна морська організація у циркулярі MSC-FAL.1/Circ.3 «Guidelines on Maritime Cyber Risk Management» визначає морський кіберризик як міру можливості того, що технологічний ресурс або інформаційна система можуть бути скомпрометовані внаслідок порушення конфіденційності, цілісності чи доступності інформації. Наслідком такого порушення може стати загроза для безпечної експлуатації судна, людського життя, вантажу, навколишнього середовища або комерційної діяльності компанії.

Особливість кіберризиків полягає в тому, що їх джерелом можуть бути як зовнішні зловмисники, так і внутрішні користувачі. Причинами виникнення кіберінцидентів можуть бути навмисні атаки, помилки персоналу, використання незахищених носіїв інформації, застаріле програмне забезпечення, недоліки конфігурації мереж або недостатній контроль доступу до інформаційних ресурсів. У морській практиці відомі випадки блокування корпоративних інформаційних систем судноплавних компаній, підміни навігаційних даних, несанкціонованого доступу до супутникових каналів зв'язку та зараження суднових комп'ютерних мереж шкідливим програмним забезпеченням.

Одними з найбільш критичних об'єктів кіберзахисту є навігаційні системи судна. Системи ECDIS, AIS, GPS та інтегровані місткові комплекси постійно обмінюються даними між собою та із зовнішніми джерелами інформації. Порушення роботи хоча б одного з цих елементів може призвести до формування помилкової навігаційної картини. Особливу небезпеку становлять атаки типу GPS spoofing, під час яких судно отримує фальсифіковані координати, а також GPS jamming, коли сигнал супутникової

навігації навмисно пригнічується. У результаті екіпаж може втратити можливість достовірно визначати місцеположення судна та контролювати безпеку плавання.

Кіберзагрози можуть впливати не лише на навігацію, а й на суднові технічні системи. Сучасні енергетичні установки, системи керування баластом, вантажні комплекси та засоби автоматизації дедалі частіше інтегруються у спільну мережеву інфраструктуру. У разі несанкціонованого втручання можливими наслідками є відмова обладнання, порушення роботи систем керування або втрата контролю над окремими технологічними процесами.

Відомим прикладом впливу кіберзагроз на морську галузь стала атака вірусу NotPetya у 2017 році, яка призвела до масштабних перебоїв у роботі логістичних та інформаційних систем судноплавної компанії Maersk. Унаслідок інциденту було тимчасово порушено роботу портових терміналів, систем бронювання та управління контейнерними перевезеннями. Цей випадок продемонстрував, що кіберінциденти можуть створювати не лише технічні, а й значні економічні ризики.

Відповідно до рекомендацій IMO управління кіберризиками повинно бути інтегроване до системи управління безпекою компанії (Safety Management System). При цьому застосовується ризик-орієнтований підхід, аналогічний до підходів, які використовуються для управління навігаційними або технічними ризиками. Процес управління кіберризиками охоплює ідентифікацію критичних ресурсів та інформаційних систем, оцінювання можливих загроз і вразливостей, впровадження захисних заходів, моніторинг стану кібербезпеки та розроблення процедур реагування на кіберінциденти.

У циркулярі MSC-FAL.1/Circ.3 виділяються п’ять основних функцій управління кіберризиками: ідентифікація, захист, виявлення, реагування та відновлення. На етапі ідентифікації визначаються критичні інформаційні ресурси судна і компанії. Захист передбачає впровадження організаційних та технічних заходів безпеки. Виявлення полягає у своєчасному розпізнаванні ознак кіберінцидентів. Реагування охоплює дії персоналу під час виникнення кіберзагрози, а відновлення спрямоване на повернення систем до нормального режиму роботи після інциденту.

Важлива роль у забезпеченні кібербезпеки належить людському елементу. Значна частина кіберінцидентів пов’язана не з технічними відмовами, а з помилками користувачів. Відкриття підозрілих електронних листів, використання ненадійних паролів, підключення сторонніх носіїв інформації або недотримання процедур безпеки можуть створювати умови для проникнення шкідливого програмного забезпечення до суднових мереж. Саме тому підготовка екіпажів з питань кібербезпеки розглядається сьогодні як невід’ємна складова системи управління ризиками.

Подальший розвиток автономного судноплавства, цифрових двійників та технологій штучного інтелекту буде супроводжуватися зростанням залежності суден від інформаційних систем. У зв’язку з цим кібербезпека стає

одним із ключових напрямів забезпечення безпеки мореплавства поряд із традиційними навігаційними, технічними та організаційними заходами. Ефективне управління кіберризиками дозволяє підвищити стійкість судноплавних компаній до сучасних загроз та забезпечити безпечну експлуатацію суден в умовах цифрової морської індустрії.

8.7 Цифрові двійники та штучний інтелект в управлінні ризиками. Перспективи автономного судноплавства

Розвиток цифрових технологій, автоматизації та засобів оброблення великих обсягів даних суттєво змінює підходи до управління ризиками в судноплавстві. Якщо традиційні системи безпеки переважно базувалися на досвіді екіпажу, нормативних вимогах та результатах аналізу попередніх аварій, то сучасні технології дозволяють прогнозувати ризики ще до виникнення небезпечних ситуацій. Особливе значення в цьому процесі мають цифрові двійники, штучний інтелект та системи автономного управління суднами. Саме ці технології сьогодні розглядаються як один із головних напрямів розвитку безпеки мореплавства у XXI столітті.

Однією з найперспективніших технологій сучасного судноплавства є цифровий двійник (Digital Twin). Під цифровим двійником розуміють віртуальну модель реального об’єкта, яка максимально точно відтворює його характеристики, поведінку та поточний стан. На відміну від звичайних комп’ютерних моделей, цифровий двійник постійно оновлюється на основі даних, що надходять із реального об’єкта в режимі реального часу. Таким чином створюється цифрове відображення судна, яке дозволяє аналізувати його стан, прогнозувати поведінку та оцінювати можливі ризики.

Ідея цифрового двійника базується на інтеграції великої кількості даних, що надходять від навігаційного обладнання, систем автоматизації, датчиків технічного стану, метеорологічних джерел та інших інформаційних систем. У результаті формується динамічна модель, яка постійно відображає фактичний стан судна та навколишнього середовища. Це дозволяє здійснювати аналіз не лише поточної ситуації, а й прогнозувати її розвиток у майбутньому.

У сфері управління ризиками цифрові двійники відкривають принципово нові можливості. Традиційно оцінювання ризиків ґрунтується на історичних даних, статистиці аварій або експертних оцінках. Цифровий двійник дозволяє проводити моделювання конкретної ситуації для конкретного судна з урахуванням його технічного стану, завантаження, маршруту та зовнішніх умов. У результаті ризики можуть оцінюватися значно точніше та оперативніше.

Особливе значення цифрові двійники мають під час планування рейсів. За допомогою віртуальної моделі можна прогнозувати поведінку судна в різних погодних умовах, оцінювати вплив хвилювання, вітру або течій на безпеку плавання, аналізувати можливі наслідки зміни маршруту чи швидкості. Такий підхід дозволяє не лише підвищувати рівень безпеки, а й оптимізувати експлуатаційні витрати.

Важливим напрямом використання цифрових двійників є управління технічними ризиками. Сучасне судно оснащується тисячами датчиків, які контролюють роботу двигунів, генераторів, насосів, систем керування та іншого обладнання. Дані з цих датчиків можуть передаватися до цифрового двійника, який аналізує тенденції зміни параметрів та прогнозує можливі відмови. Такий підхід дозволяє переходити від традиційного планово-попереджувального технічного обслуговування до предиктивного обслуговування, коли ремонт або заміна обладнання виконуються до виникнення аварійної несправності.

Розвиток цифрових двійників тісно пов'язаний із впровадженням технологій штучного інтелекту (Artificial Intelligence, AI). Під штучним інтелектом зазвичай розуміють сукупність алгоритмів і методів, здатних виконувати завдання, які традиційно потребують участі людини. До таких завдань належать аналіз даних, розпізнавання образів, прогнозування подій, підтримка прийняття рішень та адаптація до нових умов.

У сфері управління ризиками штучний інтелект використовується насамперед для оброблення великих обсягів інформації. Сучасне судно генерує величезну кількість даних, значну частину яких людина фізично не здатна проаналізувати в повному обсязі. Алгоритми машинного навчання можуть автоматично виявляти приховані закономірності, аналізувати тенденції та визначати потенційні загрози ще до того, як вони стануть очевидними для екіпажу.

Одним із напрямів використання штучного інтелекту є прогнозування навігаційних ризиків. На основі аналізу даних AIS, радіолокаційної інформації, прогнозів погоди та інших джерел AI-системи здатні оцінювати ймовірність небезпечного зближення суден, прогнозувати ризик посадки на мілину або визначати потенційно небезпечні райони маршруту. Такі системи можуть надавати екіпажу попередження та рекомендації щодо найбільш безпечних варіантів дій.

Штучний інтелект дедалі активніше використовується і для управління технічними ризиками. Алгоритми машинного навчання можуть аналізувати параметри роботи суднового обладнання та визначати ознаки майбутніх відмов. Наприклад, зміни рівня вібрації, температури або тиску можуть свідчити про розвиток несправності задовго до її фактичного прояву. У результаті екіпаж або береговий технічний персонал отримують можливість завчасно вжити необхідних заходів.

Перспективним напрямом є інтеграція штучного інтелекту з системами підтримки прийняття рішень на містку. У такому випадку AI не лише аналізує інформацію, а й формує рекомендації щодо вибору оптимального маршруту, швидкості руху, маневрування або реагування на аварійні ситуації. При цьому остаточне рішення залишається за судноводієм, який оцінює рекомендації з урахуванням усіх особливостей конкретної ситуації.

Подальший розвиток цифрових технологій безпосередньо пов'язаний із концепцією автономного судноплавства. Під автономним судном розуміють

судно, здатне частково або повністю виконувати функції управління без безпосередньої участі екіпажу. У міжнародній практиці для таких суден використовується термін Maritime Autonomous Surface Ship (MASS).

Міжнародна морська організація визначає декілька рівнів автономності. На початкових рівнях екіпаж залишається на борту, але частина функцій управління автоматизується. Наступні рівні передбачають дистанційне керування судном із берегового центру управління. Найвищий рівень автономності характеризується повністю автономною роботою судна без екіпажу на борту та без постійного контролю людини.

Головною перевагою автономного судноплавства вважається потенційне зниження ризиків, пов'язаних із людським елементом. Протягом багатьох десятиліть результати розслідувань морських аварій показують, що людський елемент залишається одним із ключових факторів виникнення небезпечних подій. Помилки під час навігації, неправильне прийняття рішень, порушення процедур, втома та недостатня комунікація можуть призводити до серйозних наслідків. Автоматизація певних функцій потенційно дозволяє знизити вплив таких факторів.

Водночас автономне судноплавство породжує нові ризики. Насамперед це стосується надійності програмного забезпечення, стійкості систем зв'язку, кібербезпеки та здатності автоматизованих систем діяти в нестандартних ситуаціях. На відміну від людини, яка здатна адаптуватися до непередбачених обставин, алгоритми працюють у межах закладених моделей та можуть мати обмеження в умовах високої невизначеності.

Особливої актуальності набувають ризики кіберзагроз. Сучасні автономні системи значною мірою залежать від цифрової інфраструктури та обміну даними. У разі несанкціонованого втручання в роботу навігаційних або керуючих систем можуть виникати нові види небезпек, які раніше були відсутні у традиційному судноплавстві. Саме тому питання кібербезпеки сьогодні розглядаються як невід'ємна складова управління ризиками в морській галузі.

Попри стрімкий розвиток технологій більшість експертів сходяться на думці, що в найближчі десятиліття повністю автономні судна навряд чи повністю замінять традиційне судноплавство. Натомість найбільш імовірним напрямом розвитку є поступове розширення функцій автоматизованих систем підтримки прийняття рішень та часткова автоматизація окремих операцій. У такій моделі людина продовжуватиме відігравати центральну роль у забезпеченні безпеки, а цифрові технології виступатимуть інструментом підвищення ефективності управління ризиками.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ТЕМИ 8

1. Що розуміють під ризико-орієнтованим управлінням у судноплавстві?
2. Чому ризико-орієнтований підхід є основою сучасного управління безпекою?
3. У чому полягає відмінність між традиційним та ризико-орієнтованим підходами до прийняття рішень?
4. Яка основна мета ризико-орієнтованого управління?
5. Чому неможливо повністю усунути всі ризики в судноплавстві?
6. Які основні принципи ризико-орієнтованого управління?
7. Що означає принцип проактивності в управлінні ризиками?
8. У чому полягає принцип системності під час оцінювання ризиків?
9. Чому оцінювання ризиків має бути безперервним процесом?
10. Які етапи включає процес ризико-орієнтованого управління?
11. Що таке ідентифікація небезпек?
12. Як визначається рівень ризику?
13. Які заходи можуть використовуватися для контролю ризиків?
14. Чому важливо ранжувати ризики за рівнем їх значущості?
15. Яку роль відіграє людський елемент у ризико-орієнтованому управлінні?
16. Яке значення має аналіз випадків near miss для підвищення безпеки?
17. Які міжнародні підходи базуються на принципах ризико-орієнтованого управління?
18. Що таке концепція ALARP?
19. Як розшифровується абревіатура ALARP?
20. Яка головна ідея концепції ALARP?
21. Чому концепція ALARP широко використовується в управлінні ризиками?
22. На які три зони поділяється рівень ризику відповідно до концепції ALARP?
23. Який ризик вважається неприйнятним?
24. Що характеризує зону ALARP?
25. Який ризик вважається прийнятним?
26. Що означає поняття «розумна практичність» (reasonable practicability)?
27. Як оцінюється доцільність впровадження додаткових заходів безпеки?
28. Яке значення має ALARP під час оцінювання навігаційних ризиків?
29. Як концепція ALARP використовується в методології FSA?
30. Чому ALARP не означає економію на заходах безпеки?
31. Яку роль відіграє людський елемент у застосуванні концепції ALARP?
32. Що таке Dynamic Risk Assessment?

33. У чому полягає відмінність між статичним і динамічним оцінюванням ризиків?
34. Чому виникла потреба у Dynamic Risk Assessment?
35. Які переваги має динамічне оцінювання ризиків?
36. У яких умовах особливо необхідне Dynamic Risk Assessment?
37. Які етапи включає процес Dynamic Risk Assessment?
38. Чому моніторинг навколишньої обстановки є важливим елементом DRA?
39. Які фактори можуть спричиняти зміну рівня ризику під час рейсу?
40. Як ситуаційна обізнаність впливає на ефективність DRA?
41. Що таке Situational Awareness?
42. Які когнітивні помилки можуть впливати на оцінювання ризиків?
43. Як надмірна впевненість може впливати на безпеку?
44. Яке значення мають BRM та CRM для динамічного оцінювання ризиків?
45. Як цифрові технології підтримують Dynamic Risk Assessment?
46. Чому Dynamic Risk Assessment особливо важливий під час аварійних ситуацій?
47. Що таке невизначеність у процесі прийняття рішень?
48. У чому полягає відмінність між ризиком та невизначеністю?
49. Які основні джерела невизначеності в судноплавстві?
50. Чому погодні умови є джерелом невизначеності?
51. Як поведінка інших суден впливає на невизначеність навігаційної ситуації?
52. Які технічні фактори створюють невизначеність?
53. Як людський елемент впливає на процес прийняття рішень?
54. Що таке ситуаційна обізнаність?
55. Які когнітивні упередження можуть впливати на рішення судноводія?
56. У чому полягає підтверджувальне упередження?
57. Як стрес впливає на процес прийняття рішень?
58. Яку роль відіграє досвід під час роботи в умовах невизначеності?
59. Що таке сценарний підхід до прийняття рішень?
60. Які переваги має сценарний аналіз?
61. Як сучасні інформаційні системи допомагають працювати в умовах невизначеності?
62. Що таке Risk-Informed Decision Making?
63. Що таке система підтримки прийняття рішень (DSS)?
64. Яке основне призначення систем підтримки прийняття рішень на містку?
65. Чому виникла необхідність у використанні DSS у судноводінні?
66. Які джерела інформації використовують сучасні DSS?
67. Що таке інтегрована навігаційна система?
68. Які функції виконує ECDIS у процесі підтримки прийняття рішень?

69. Які можливості надає система ARPA?
70. Що таке CPA та TCPA?
71. Яке значення AIS для оцінювання навігаційної обстановки?
72. Як DSS допомагають оцінювати ризик зіткнення?
73. Які функції виконують системи погодного маршрутизування?
74. Як DSS використовуються під час планування рейсу?
75. Які переваги мають DSS під час аварійних ситуацій?
76. Які ризики пов'язані з надмірною довірою до автоматизованих систем?
77. Чому остаточне рішення повинно залишатися за судноводієм?
78. Як DSS впливають на управління ризиками в сучасному судноплавстві?
79. Що таке цифровий двійник (Digital Twin)?
80. Чим цифровий двійник відрізняється від звичайної комп'ютерної моделі?
81. Які дані використовуються для створення цифрового двійника судна?
82. Які можливості цифровий двійник надає для управління ризиками?
83. Як цифрові двійники використовуються під час планування рейсів?
84. Яку роль цифрові двійники відіграють у предиктивному технічному обслуговуванні?
85. Що таке штучний інтелект (AI)?
86. Які завдання штучний інтелект може виконувати в судноплавстві?
87. Як AI використовується для прогнозування навігаційних ризиків?
88. Які переваги має використання AI під час аналізу великих масивів даних?
89. Як штучний інтелект допомагає управляти технічними ризиками?
90. Що таке автономне судноплавство?
91. Що означає термін MASS?
92. Які рівні автономності суден визначає IMO?
93. Які потенційні переваги автономного судноплавства?
94. Як автономні системи можуть зменшувати ризики, пов'язані з людським елементом?
95. Які нові ризики виникають у зв'язку з автономним судноплавством?
96. Чому кібербезпека є важливим аспектом автономного судноплавства?
97. Які обмеження мають сучасні автономні системи?
98. Чому людина продовжує відігравати ключову роль у забезпеченні безпеки мореплавства?
99. Як цифрові технології змінюють підходи до управління ризиками в судноплавстві?
100. Які перспективи розвитку цифрових двійників, штучного інтелекту та автономного судноплавства у майбутньому?

ЛІТЕРАТУРА

1. Torskyi V., Rossomakha O., Oberto Santana L. (2024) SYSTEMATIC RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT IN MODERN SHIPPING: A COMPREHENSIVE APPROACH TO SAFETY ANALYSIS. Monograph. – Primedia eLaunch, Boston, USA, 2024. – 114 p. ISBN: 979-8-89692-749-5. DOI: 10.46299/979-8-89692-749-5. URL: https://isg-konf.com/uk/979-8-89692-749-5/
2. Стратегії і техніки управління ризиками в морській безпеці: монографія / І. П. Гончарук, А. І. Головань, Є. В. Калініченко та ін. – Одеса: НУ «ОМА», 2023. – 208 с. ISBN 978-617-7857-25-8 (авт. арк. 10,83 / 1,55) Авторський колектив: Гончарук І. П., Головань А. І., Калініченко Є. В., Очеретна В. В., Россомаха О. І., Сагайдак О. І., Саф'ян О. С.
3. Kalinichenko, Y., Vasalatii, N., Rossomakha, O., Koliesnik, O., Sagaydak, O., Oberto Santana, L. et al.; Kalinichenko, Y. (Ed.) (2025). Some issues of increasing the energy efficiency of ships by improving navigation methods. Tallinn: Scientific Route OÜ. doi: https://doi.org/10.21303/978-9908-9706-4-6
4. Россомаха О. (2025) Розділ 3. Розгляд та оцінка навігаційних ризиків для покращення енергоефективного управління суднами DOI: https://doi.org/10.21303/978-9908-9706-4-6.ch3
5. Сокол А.О. Людський елемент, як складова ризику виникнення небажаної події на морському судні. К: ДУІТ, 2023. – Випуск 2(38). С. 49-55
6. Бикова С. В. Специфіка схильності до ризику в осіб з різним типом емоційності. Наука і освіта: наук.-практ. журнал. 2012. № 6. С. 41-45.
7. Probability elicitation for Bayesian networks to distinguish between intentional attacks and accidental technical failures. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214212623000819
8. An Expert System for Optimizing the Operation of a Technical System. URL: https://doi.org/10.1108/JQME-05-2020-0033 (дата звернення: 07.11.2023).
9. Варій М. Й. Загальна психологія.: підр. [для студ. вищ. навч. закл. – 3-тє вид.]. К.: Центр учбової літератури, 2009. 1007 с.
10. Електронний курс освітнього компоненту в СУДК MOODLE URL https://onmu-moodle.od.ua/course/view.php?id=3568
11. Topalov, V. P., & Torskiy, V. G. (2007). Risks in Shipping / Ризики в судноплавстві. Odessa: Astroprint.
12. International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000: Risk management – Guidelines*. Geneva: ISO. https://www.iso.org/standard/65694.html
13. International Maritime Organization. (2018). Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2). https://wwwcdn.imo.org
14. Marine Accident Investigation Branch. (2012). Report on the investigation of the grounding of the Italian-registered passenger vessel Costa Concordia. Retrieved from https://www.gov.uk/maib-reports

15. National Geographic. (n.d.). Titanic disaster archive. Retrieved May 25, 2025, from https://www.nationalgeographic.com/history/article/titanic
16. Lloyd's List Intelligence. (2021). X-Press Pearl: Maritime incident report. Retrieved from https://www.lloydslistintelligence.com
17. International Maritime Organization. (2015). *International Safety Management (ISM) Code and Guidelines on Implementation*. London: IMO Publishing.
18. Marine Accident Investigation Branch. (2021). *Collision between Scot Carrier and Karin Høj*. https://www.gov.uk/maib-reports
19. Россомаха О.І., Александровська Н.І., Пізінцалі Л.В., Россомаха О.А., Рабоча Т.В. Використання діаграми Ісікави при аналізі впливу шорсткості корпусу судна на витрати суднового палива. Наука і техніка сьогодні» (Серія «Техніка»): журнал. 2024. № 1(29) 2024. С. 763 - 786. https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-1(29)-763-785
20. Melnyk, O., Petrov, I., Melenchuk, T., Zaporozhets, A., Bugaeva, S., Rossomakha, O. (2025). Causal Model and Cluster Analysis of Marine Incidents: Risk Factors and Preventive Strategies. In: Melnyk, O., Onishchenko, O., Zaporozhets, A. (eds) Maritime Systems, Transport and Logistics I. Studies in Systems, Decision and Control, vol 580. Springer, Cham. (SCOPUS) https://doi.org/10.1007/978-3-031-82027-4_6