



International Science Group
ISG-KONF.COM



ТЕХНОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПРИ МАНЕВРУВАННІ МОРСЬКОГО СУДНА В РЕЙСОВОМУ ЦИКЛІ

ISBN 979-8-89480-695-2

DOI 10.46299/979-8-89480-695-2

Шумілова К., Шумілов Д.

**ТЕХНОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПРИ МАНЕВРУВАННІ
МОРСЬКОГО СУДНА В РЕЙСОВОМУ ЦИКЛІ**

Монографія

2024

УДК 656.61.052

Authors:

Шумілова Катерина – кафедра технічної експлуатації флоту, Національний університет «Одеська морська академія».

Шумілов Дмитро – кафедра управління судном, Національний університет «Одеська морська академія».

Reviewers:

Мальцев А.С. – д-р техн. наук, професор, професор кафедри управління судном Національного університету «Одеська морська академія», капітан далекого плавання, академік Транспортної академії України, академік Міжнародної академії навігації та управління рухом;

Тихонов І.В. – д-р техн. наук, с.н.с., професор кафедри навігації та управління суднами факультету судноводіння Державного університету інфраструктури та технологій, капітан далекого плавання, начальник Річкової інформаційної служби державного підприємства «УКРВОДШЛЯХ» Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України.

Шумілова К., Шумілов Д. Технологічні ризики при маневруванні морського судна в рейсовому циклі. Monograph. – Primedia eLaunch, Boston, USA, 2024. – 203 p.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN – 979-8-89480-695-2

DOI – 10.46299/979-8-89480-695-2

All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

UDC 656.61.052

ISBN – 979-8-89480-695-2

© Шумілова К., Шумілов Д.

АНОТАЦІЯ

Інтенсивне зростання кібератак, які створюють пошкодження програмного забезпечення електронних навігаційних систем і приладів морського судна, призвело до значних проблем в судноплаванні. Причиною виникнення кібернетичних ризиків стало стрімке впровадження інформаційних та операційних технологій і поширення мереж 5G. Кібератаки призводять до виходу з ладу інформаційно-навігаційних приладів і судноводій ніяк не може вплинути на їх стан. Відмови судових пристроїв і механізмів, техногенні катастрофи, складні природно-кліматичні умови характеризуються хронологічними даними самих подій, умовами виникнення, джерелами небезпеки і кількісними та якісними характеристиками. Небезпечні події в судноплаванні можуть бути віднесені не тільки до навігаційних. Впливи на рух морського судна проявляються у вигляді двох видів технологічних ризиків – навігаційних і кібернетичних. Основною причиною виникнення ризиків є відсутність інформації про вірогідність їх появи. Таку інформацію може забезпечити систематизація видів технологічних ризиків при плануванні шляху рейсового циклу для прогнозування їх виникнення при переході, виконання аналізу ризиків за навігаційними посібниками під час планування, встановлення причин їх появи і підготовки судноводія для управління ними. Тому, екіпажам необхідно підготуватися до управління кібернетичними і навігаційними ризиками, з урахуванням берегового навігаційного забезпечення, умов видимості та наявності ізольованого кластера управління процесом маневрування на судні. В роботі розроблено змістовну модель планування координат шляху та способи управління навігаційними ризиками. Рекомендується постійне використання розглянутої системи контролю ширини маневреного зсуву і своєчасного реагування на відхилення від планового шляху для попередження ризиків навалу на брівку каналу, посадки на мілину та вибору безпечного маневру в стиснених умовах плавання. Розроблено аналізатор ризиків для вибору заходів щодо мінімізації їх рівня. Для управління ризиками в рейсовому циклі вибрано

інженерний метод. Створено класифікацію кібернетичних ризиків в рейсовому циклі судна. Запропоновано ефективні способи управління процесом маневрування судна методом ізольованого кластера при виникненні кібератак. Оскільки завданням екіпажу є підготовка судна і команди ходового містка до плавання в умовах ризиків при переході в аварійно-небезпечних ділянках шляху, монографія є корисною для застосування в практичній роботі судноводія, оскільки враховує технологічні ризики і питання безпечного руху судна в рейсовому циклі.

ANNOTATION

The intensive growth of cyber-attacks, which create damage to the software of electronic navigation systems and instruments of a sea vessel, has led to significant problems in shipping. The reason for the emergence of cyber risks was the rapid introduction of information and operational technologies and the spread of 5G networks. Cyber-attacks lead to the failure of information and navigation devices, and the shipmaster cannot influence their condition in any way. Failures of ship devices and mechanisms, man-made disasters, complex natural and climatic conditions are characterized by chronological data of the events themselves, conditions of occurrence, sources of danger and quantitative and qualitative characteristics. Dangerous events in shipping can be attributed not only to navigational events. Impacts on the movement of a sea vessel are manifested in the form of two types of technological risks – navigational and cybernetic. The main reason for the occurrence of risks is the lack of information about the probability of their occurrence. Such information can be provided by the systematization of the types of technological risks when planning the route of the voyage cycle to predict their occurrence during the transition, performing risk analysis according to navigation aids during planning, establishing the reasons for their appearance and training the shipmaster to manage them. Therefore, the crews need to prepare for the management of cyber and navigational risks, taking into account the coastal navigation support, visibility conditions and the presence of an isolated control cluster for the maneuvering process on the ship. The work has developed a meaningful model of planning the coordinates of the path and methods of managing navigational risks. It is recommended to constantly use the considered system for controlling the width of the maneuvering shift and timely response to deviations from the planned path in order to prevent the risks of crowding onto the edge of the channel, running aground and choosing a safe maneuver in compressed sailing conditions. A risk analyzer was developed for choosing measures to minimize their level. An engineering method was chosen for risk management in the voyage cycle. A classification of cyber risks in the ship's voyage cycle has been created. Effective

methods of controlling the process of maneuvering the vessel by the method of an isolated cluster in the event of cyber-attacks are proposed. Since the task of the crew is to prepare the ship and the gangway team for sailing in conditions of risks when passing through accident-dangerous sections of the route, the monograph is useful for use in the practical work of the shipmaster, as it takes into account technological risks and issues of safe movement of the ship in the voyage cycle.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1. НАВІГАЦІЙНІ РИЗИКИ В РЕЙСОВОМУ ЦИКЛІ МОРСЬКОГО СУДНА	14
1.1. Аналіз причин і факторів виникнення та способів управління ризиками в судноплаванні.....	14
1.2. Класифікація ризиків в морському судноплаванні.....	31
1.3. Навігаційні ризики рейсового циклу, причини та фактори, які сприяють їх виникненню.....	36
1.4. Вплив людського фактору на технічний стан судна та його пристрої при виникненні навігаційних ризиків.....	42
1.5. Допустимий рівень навігаційного ризику та способи його управління.....	47
2. УПРАВЛІННЯ РІВНЕМ НАВІГАЦІЙНОГО РИЗИКУ	50
2.1. Змістова модель планування координат шляху та навігаційних ризиків рейсового циклу.....	50
2.2. Способи управління навігаційними ризиками	55
2.3. Аналізатор навігаційних ризиків рейсового циклу.....	61
2.4. Узагальнена таблиця навігаційних ризиків рейсового циклу.....	71
3. ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ	84
3.1. Способи визначення ширини маневреного зсуву.....	84
3.2. Вибір способів управління ризиками при посадці на міліну.....	98
3.3. Контроль ризику ситуації надмірного наближення та вибір маневру для його попередження.....	106
4. ВИБІР СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ДОПУСТИМОГО РІВНЯ НАВІГАЦІЙНИХ РИЗИКІВ	114
4.1. Алгоритми вибору координат опірних шляхових точок.....	114
4.2. Використання методу маршрутного листа при плануванні координат траєкторних точок рейсового циклу.....	115
4.3. Планування координат руху судна траєкторними точками методом модернізованої змістової моделі.....	121
5. КІБЕРНЕТИЧНІ РИЗИКИ В РЕЙСОВОМУ ЦИКЛІ МОРСЬКОГО СУДНА	134

5.1.	Класифікація кібернетичних ризиків.....	134
5.2.	Особливість кібернетичних ризиків та вразливість до кібератак навігаційних приладів ходового містка	158
5.3.	Способи управління процесом маневрування судном при виникненні кібератак.....	180
5.4.	Управління процесом маневрування при кібератаках способом ізольованого кластера.....	186
	ВИСНОВКИ.....	193
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	196

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ММО (ІМО)	Міжнародна морська організація
NAVTEX	Navigational Telex, система морського зв'язку для поширення навігаційної та метеорологічної інформації
МКУБ	Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден
БДЛК	Бузько-Дніпровсько-лиманський канал
ХМК	Херсонський морський канал
МПЗЗС	Міжнародні правила попередження зіткнення суден у морі
NSD	Navigation Safety Domain, домен безпеки навігації
CRI	Climate Risk Index, індекс ризику зіткнення на основі домену NSD
СППР	Системи підтримки прийняття рішень
ПДМНВ	Міжнародна конвенція про підготовку, дипломування моряків та несення вахти
РЛС	Радіолокаційна станція
AIC	Автоматична ідентифікаційна система
ECDIS (ЕКНІС)	Electronic Chart Display and Information System, електронна картографічна навігаційно-інформаційна система
VDR (РДР)	Voyage Data Recorder, реєстратор даних рейсу
УКХ/ПХ	Радіозв'язок на ультракоротких та проміжних хвилях
INMARSAT	International Mobile Satellite Organization, супутниковий морський зв'язок
РКЦ	Рятувальний координаційний центр
БРЛС	Берегова радіолокаційна станція
ЦРРС	Центр регулювання руху суден
СУРС	Система управління рухом суден
СДУРС	Система дистанційного управління рухом суден
ЗАРП	Засіб автоматичної радіолокаційної прокладки
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid, автоматизована система радіолокатора для визначення руху других суден та прогнозування зіткнень в умовах обмеженої видимості

ВСТУП

Історія мореплавання існує близько п'яти тисяч років. На етапах свого розвитку процес управління маневруванням судна пройшов шлях від заходу в порт без карти, але з використанням лоцманського проведення для заходу в порт прибуття, до появи ретельної навігаційної інформації стосовно акваторії порту. Натепер вимога обов'язкового лоцманського проведення зберігається. Вона є актуальною тому, що держава піклується про безпеку судноплавства, пояснюючи таку вимогу відсутністю на борту судна, яке прибуває в порт, належної оперативної інформації про навігаційну обстановку району порту і припортової акваторії.

Велика інтенсивність судноплавства призводить до необхідності контролю взаємодії суден, правила якого регламентуються Міжнародною морською організацією (ММО) у вигляді кодексів і рекомендацій, які узгоджені з усіма її членами. Як правило, таких рекомендацій дотримуються також держави, які не являються членами ММО.

Основною формою роботи морського транспортного судна являється рейсовий цикл з вантажоперевезення. Особливістю такого циклу є той факт, що він однаковий для всіх транспортних суден – відхід із порту на початку рейсу, перехід морем і захід в порт призначення. Тому рекомендації ММО з планування шляху рейсового циклу та його виконання будуть ідентичні.

Для попередження навігаційних аварій та інцидентів на морі Комітет з безпеки ММО прийняв у 2008 році Резолюцію MSC.255(84) та розробив Кодекс міжнародних стандартів для використання єдиної міжнародної практики розслідування аварій або інцидентів на морі (Кодекс розслідування аварій). Завданням Кодексу є забезпечення того, щоб держави застосовували загальний підхід під час проведення розслідувань аварій та інцидентів на морі і передавали інформацію про їх результати. Це необхідно для розміщення інформації в лоціях, на картах, у NAVTEX (Navigational Telex, система морського зв'язку для поширення навігаційної та метеорологічної інформації) та інших рекомендаціях. На підставі таких даних судоводії зможуть враховувати отриману інформацію

при плануванні рейсового циклу і виділяти аварійно небезпечні ділянки підвищеного навігаційного ризику. Це дозволить судноводіям визначити фактори зовнішнього впливу і вид ризику, підготуватися до проходження таких ділянок шляху та управляти їх допустимим рівнем.

В сучасному судноплаванні існуюча рекомендація з попереднього планування шляху рейсового циклу здійснюється за методикою нормативних документів ММО. Проте, при їх виконанні відсутній етап аналізу навігаційних ризиків та їх прогнозування, що супроводжується наближеними розрахунками і значними похибками.

Згідно з рекомендаціями [1] Керівництва з несення вахти на містку (Bridge Procedures Guide, 6th Edition, 2022), при плануванні безпечного переходу і організації безаварійного руху судна пропонуються чотири стадії: I. Оцінка (Appraisal). II. Планування (Planning). III. Виконання (Execution). IV. Контроль (Monitoring). Ці стадії повинні виконуватись одна за одною, у порядку, викладеному вище. Вони включені в Резолюцію ММО А. 893 (21) – Керівництво з планування рейсу. Недоліком існуючих рекомендацій являється відсутність окремо виділеного етапу «аналіз і оцінка ризиків», який повинен виконуватися після закінчення планування координат переходу.

Оновлений документ ДСТУ ISO/TR 31000:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) має узагальнений характер і корисний для розуміння сутності ризиків та побудови ефективного процесу управління ними. Відповідно до цього стандарту, метою управління ризиками є створення та захист цінності прийняття рішень для встановлення та досягнення цілей безпечного маневрування для підвищення ефективності технологічного процесу перевезення вантажів морем [2].

Технологічний ризик – це той, що виникає в певній галузі, де він і реалізується, а отже, й використовується. Поняття терміну «технологічний» є дуже широким, тому обмежимо найважливіші типи технологічного ризику для судноплавної галузі наступним чином – визначимо найбільш актуальні сучасні ризики такі, як *навігаційні* і *кібернетичні*.

Особливістю *навігаційних ризиків* являється той факт, що вони виникають при відсутності зовнішніх впливів на прилади контролю параметрів стану і управління рухом судна. Причиною виникнення ризиків є відсутність інформації про вірогідність їх появи. Таку інформацію може забезпечити систематизація видів ризиків при плануванні шляху рейсового циклу для прогнозування їх виникнення при переході, виконання аналізу ризиків за навігаційними посібниками під час планування, встановлення причин їх появи і підготовки судноводія для управління ними.

В останні два десятиріччя з'явилися *кібернетичні ризики*, які являються протилежними за способом впливу на навігаційні прилади ходового містка. Кібератаки призводять до виходу з ладу самого приладу і судноводій ніяк не може вплинути на його стан. Безпечна робота та плавання сучасних і майбутніх суден залежить від адекватної роботи кіберфізичних систем, які створені на основі інформаційних технологій, працюючих в комбінації із системами операційних технологій. Інтенсивне зростання кібератак, які створюють пошкодження програмного забезпечення електронних навігаційних систем і приладів, призвело до значних проблем в судноплавстві. Це показало, що для морських суден і компаній кібербезпека стає пріоритетом.

Будучи за своєю природою виникнення різними, навігаційні і кібернетичні ризики, як правило, виникають на одних і тих самих ділянках. Причиною цього є наявність навігаційних обмежень, через які виникають навігаційні аварії. Це являється сприятливим фактором для проведення кібератак, які призводять до максимального впливу на пристрої судна. Отже, судноводію потрібно спочатку спланувати траєкторію руху при рейсовому циклі. Потім, використовуючи аналізатор навігаційних ризиків, визначити аварійно-небезпечні ділянки шляху. Після цього необхідно скласти узагальнену таблицю навігаційних ризиків рейсового циклу і визначити способи управління допустимими рівнями різних видів ризиків. Далі потрібно підготуватися до управління кібернетичним ризиком, з урахуванням берегового навігаційного забезпечення, умов видимості та наявності ізольованого кластера управління процесом маневрування на судні.

Вищевказані впливи на рух судна проявляються у вигляді двох видів ризиків – навігаційних і кібернетичних. Завданням екіпажу є підготовка судна і команди ходового містка до плавання в умовах ризиків при переході в аварійно-небезпечних ділянках, шляхом зниження їх впливу на процес руху судна до допустимого рівня.

Натепер проблемою виникнення кібернетичних ризиків для морських систем безпеки стало поширення мереж 5G. Окремі системи в мережі судових операційних та інформаційних технологій є незахищеними і можуть бути застарілими через відсутність оновлень, що збільшує їх вразливість.

Указані види ризиків являються взаємно пов'язаними між собою за регіоном виникнення, оскільки кінцевою причиною їх появи являються навігаційні небезпеки на переході. Але в подальшому характеристики параметрів цих ризиків кардинально відрізняються. Навігаційні ризики є детермінованими, місце їх розташування, вид і причина виникнення є відомими та описаними в лоціях, на картах та в інформаційних джерелах з судноплавства. Крім того в таких посібниках містяться рекомендації для судноводіїв щодо зменшення їх впливу до допустимого рівня, які професійно визначені на підставі аналізу причин виникнення аварій в таких ділянках переходу або за наявності навігаційних небезпек. Зауважимо, що в світовому судноплавстві організована чітка система виконання розслідування навігаційних аварій, порядку передачі відомостей про них в державні і міжнародні організації та доведення інформації до лоцій і визначення її на картах, що є в рекомендаціях для судноводіїв.

Можливість попередження виникнення навігаційних ризиків повністю залежить від кваліфікації судноводія. Проте кібернетичні ризики носять випадковий характер за часом їх появи та не залежать від дій судноводія, але мають ціллю викликати якомога більші пошкодження судна та його вантажу і призвести до навігаційної аварії з тяжкими наслідками. Тому предметом дослідження в монографії є способи планування і управління допустимим рівнем навігаційного ризику та рекомендації щодо дій для судноводіїв в умовах ризику впливу кібератак.

1. НАВІГАЦІЙНІ РИЗИКИ В РЕЙСОВОМУ ЦИКЛІ МОРСЬКОГО СУДНА

1.1. Аналіз причин і факторів виникнення та способів управління ризиками в судноплаванні

Підвищення навігаційної безпеки судноплавання вимагає від міжнародної морської громадськості вжиття заходів, пов'язаних з неналежною організацією роботи на судні або на березі, оскільки 80% всіх аварійних інцидентів із суднами світового флоту пов'язані з людським фактором. Помилкові дії з боку екіпажу судна або оператора на березі призводять до аварійних подій, забрудненню навколишнього середовища, створюють для судна небезпечну ситуацію та сприятливі умови для здійснення кібератак. Тому виникає необхідність вдосконалення функціонування моделі системи управління безпекою для компаній, що експлуатують морські судна, яку визначено вимогами статей 3, 4 Закону України «Про транспорт», статті 3 Кодексу торговельного мореплавання України та затвердженого Наказом Міністерства транспорту України № 904 від 20.11.2003, які впроваджені в Положення про систему управління безпекою судноплавання на морському і річковому транспорті.

Система управління безпекою (СУБ) компанії та судна базується на Міжнародному Кодексі з управління безпечною експлуатацією суден (МКУБ), прийнятому Міжнародною морською організацією (ММО) в резолюції А.741 у 1993 році. МКУБ спрямований на те, щоб кожна судноплавна компанія розробляла і запроваджувала в дію СУБ, яка в сукупності з безпечною технікою і умовами роботи на суднах створювала культурне середовище, в якому ризики можливих загроз для судна і екіпажу було знижено до припустимого рівня.

Аналіз ризику включає дослідження інформації про ризик та забезпечує вхідні дані процесу загальної оцінки ризику. Це допомагає у прийнятті рішень щодо необхідності управління ризиком, а також виборі відповідних способів зменшення ймовірності його виникнення.

Як показує [3] аналіз «Annual Overview of Marine Casualties and Incidents» (Щорічний огляд морських аварій та інцидентів) від EMSA (Європейське агентство з морської безпеки) протягом 2011-2015 років половина інцидентів із суднами мала навігаційний характер, а саме: посадка на мілину – 18 %, втрата контролю управління – 26%, зіткнення – 16%.

Зауважимо, що за 2012-2021 роки, згідно джерела «Maritime Safety Report» (Звіт про безпеку на морі) було зафіксовано 947 втрат суден, 61% з яких (575 суден) сталися в результаті затоплення, у тому числі 8% склали причини пошкодження корпусу та обладнання та 16% – посадки на мілину [4].

Відповідно до звіту [5] «Стан безпеки судноплавства та аварійності на водному транспорті» в Україні встановлено, що протягом 2022 року на суднах морського і внутрішнього водного транспорту України, у тому числі з маломірними суднами, сталося 22 аварійні події, в яких 2 особи загинули. Аналіз аварійності протягом декількох років показав, що загальна кількість аварійних подій відбувається з маломірними суднами. Слід зазначити також значне зниження аварійних подій із суднами в Україні, яке пов'язане із тимчасовим припиненням судноплавства у територіальному морі та на внутрішніх водних шляхах через військову агресію російської федерації проти України.

Блокада морських портів на південному узбережжі України фактично почалась з 24 лютого 2022 року [6]. Оскільки військові кораблі країни-агресора блокували судноплавство в Чорному та Азовському морях, наказом Міністерства інфраструктури України від 28 квітня 2022 року № 256 «Про закриття морських портів» було закрито морські порти Бердянськ, Маріуполь, Скадовськ, Херсон. Вищезазначене вплинуло на стан аварійності морських та внутрішніх водних шляхів України. За результатами проведених [7] розслідувань аварійних інцидентів за 2022 рік (рис. 1.1, табл. 1.1) встановлено, що причинами їх виникнення були:

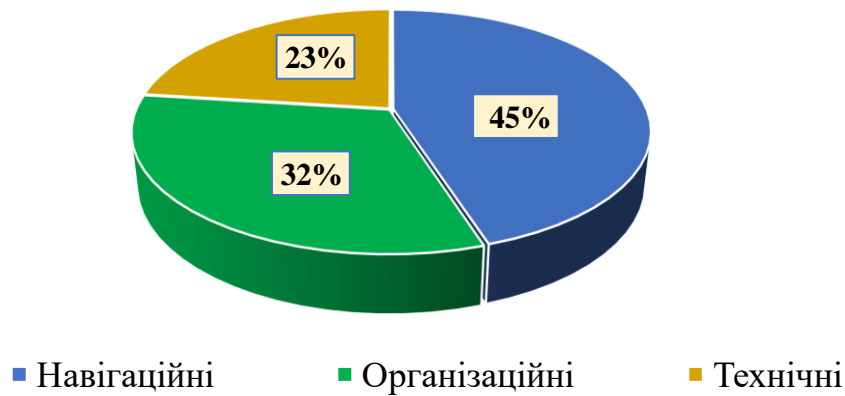


Рис. 1.1. Кількість аварійних подій за причинами виникнення, 2022 р.

1) *організаційні* – 7 випадків (32%): неналежна організація несення вахтової служби на ходовому містку, порушення вимог відповідних Правил плавання, Постанов щодо морських портів та Правил судноплавства, а також порушення правил техніки безпеки та охорони праці, тоді як у 2021 році сталося 24 випадки (43%);

2) *технічні* – 5 випадків (23%) включали неналежну організацію виконання правил технічного обслуговування рульового та якірного обладнання судна, а також експлуатації головних двигунів – проти 17 випадків (31%) протягом 2021 року;

3) *навігаційні* – 10 випадків (45%) склали потрапляння на мілину, навали на інші судна, невиконання відповідного маневру для запобігання зіткненню через несвоєчасне налаштування шкали радіолокатора, вихід за межі суднового ходу під час плавання на внутрішніх водних шляхах, в Бузько-Дніпровсько-лиманському каналі (БДЛК) і Херсонському морському каналі (ХМК) – проти 12 випадків (22%) протягом 2021 року;

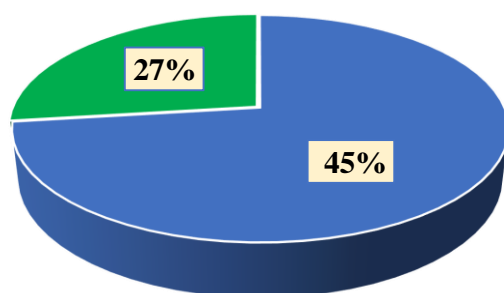
4) *психофізіологічні* – 0 випадків (0%).

Таблиця 1.1

Кількість аварійних подій з розрахунку на 100 суден, а також загиблих і травмованих осіб з розрахунку на 100 аварійних подій, 2022 р.

№ з/п	Показники	За відповідний період поточного року			За відповідний період минулого року			% до показників минулого року			Питоми показники безпеки судноплавства за звітний період				
		Кількість аварійних подій	Загинуло	Травмовано	Кількість аварійних подій	Загинуло	Травмовано	Кількість аварійних подій	Загинуло	Травмовано	Кількість аварійних подій на 100 суден	Кількість загиблих на 100 аварійних подій	Кількість травмованих на 100 аварійних подій		
Морський транспорт															
1	Дуже серйозні аварії	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00		
2	Серйозні аварії	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00		
3	Серйозні інциденти	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00		
4	Інциденти	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00		
	Всього:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00		
Внутрішній водний транспорт															
1	Дуже серйозні аварії	1	1	0	1	1	0	100,00	100,00	0	0,07	0,01	0,00		
2	Серйозні аварії	0	0	0	5	0	1	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00		
3	Серйозні інциденти	3	0	0	5	0	0	60,00	0	0	0,21	0,00	0,00		
4	Інциденти	4	0	0	12	0	0	33,33	0	0	0,29	0,00	0,00		
	Всього:	8	1	0	23	1	1	34,78	100,00	0,00	0,48	0,01	0,00		
Маломірні судна															
1	Дуже серйозні аварії	0	0	0	1	1	0	0,00	0,00	0	0,000	0,00	0,00		
2	Серйозні аварії	0	0	0	2	0	2	0,00	0	0,00	0,000	0,00	0,00		
3	Серйозні інциденти	0	0	0	1	0	0	0,00	0	0	0,000	0,00	0,00		
	Всього:	0	0	0	4	1	2	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00		
	Морський транспорт -				733										
	Внутрішній водний транспорт -				1659										
	Малі судна -				124506										

Розподіл аварійних подій за 2022 рік за місцем їх виникнення (рис. 1.2) складається таким чином, що: 27 % від загальної кількості аварійних подій сталося у морських районах (у відкритому морі, акваторії морських портів, каналів, якірних стоянок тощо), проти 53 % протягом 2021 року; 73 % від загальної кількості аварійних подій сталися на річкових внутрішніх водних шляхах та на річці Дунай, проти 47 % протягом 2021 року.



- Акваторія річок
- Акваторія морських портів, каналів, якірних стоянок

Рис. 1.2. Аварійні події за місцем виникнення, 2022 р.

В мореплавстві ризик завжди супроводжує судно і найменший навігаційний ризик буде у судна, яке знаходиться у відкритому морі, далеко від складних акваторій портів та стиснених умов плавання. Тому, для підвищення безпеки судноплавства важливо систематизувати види навігаційних ризиків та визначити характер обліку і фактори їх виникнення (ризики окремих операцій, напрямків діяльності, діяльності загалом). Це дасть можливість підвищити точність способу планування рейсового циклу судна на основі аналізу причин і наслідків від неврахування навігаційних ризиків.

Основними причинами аварійних подій протягом 2022-2023 років були наступні:

1. Неврахування капітанами суден та командного складу судна вимог звичайної морської практики, неврахування маневрених елементів судна та невиконання вимог щодо несення вахтової служби – «людський фактор», а саме – порушення вимог резолюції А. 741 (18) (МКУБ), незабезпечення своєчасних та

адекватних дій для запобігання потрапляння суден на міліну, навалу на причал, або інше судно.

2. Неналежна організація капітанами суден вахтової служби на ходовому містку у частині забезпечення належного спостереження за надводною обстановкою, зокрема місцем судна на фарватері під час плавання у обмежених умовах річки Дунай або на якірному місці під час стоянки судна на якорі.

3. Неналежна організація вахтової служби у частині організації спостереження за надводною обстановкою, зокрема місцем судна на фарватері під час плавання в стиснених умовах каналів БДЛК, ХМК та річки Дунай.

4. Неналежний контроль з боку капітана та командного складу судна за виконанням вантажних операцій, дотриманням плану по розміщенню вантажу та баласту у танках з урахуванням навігаційних обмежень, безпечного запасу глибини під кілем судна та міцності корпусу судна, а також завчасне визначення і **врахування рівня оцінки ризику**, згідно з МКУБ (резолюція ІМО А. 741 (18)) під час здійснення вантажних операцій (порушення вимог, зокрема пунктів 1.7.1, 1.7.2, 7.6.2 Правил судноплавства).

5. Неналежний контроль з боку капітана та командного складу судна за виконанням вантажних операцій, дотриманням плану по розміщенню вантажу та баласту у танках з урахуванням навігаційних обмежень, безпечного запасу глибини під кілем судна та міцності корпусу судна, а також завчасного визначення і **врахування рівня оцінки ризику**, згідно з резолюцією ІМО А.741(18) (МКУБ) при плаванні судна в обмежених умовах річки Дніпро та каналів БДЛК і ХМК.

6. Незабезпечення капітанами суден належної організації несення вахтової служби на ходовому містку, а саме спостереження за рухом, позицією та місцем судна для забезпечення безаварійного плавання в стиснених умовах каналів БДЛК, ХМК, річок Дніпро та Дунай, зокрема контролю за місцем знаходження судна за допомогою радіолокатора.

7. Незабезпечення капітаном судна належної організації щодо виконання членами екіпажу правил технічного обслуговування і експлуатації суднових

механізмів та систем, зокрема головного двигуна, рульового пристрою, допоміжних двигунів тощо, через зупинення яких відбувається «блекаут» судна та втрачається управляємість.

8. Недотримання капітанами суден вимог обов'язкових постанов по морських портах України щодо визначення кількості та потужності буксирів для здійснення безпечного швартування суден.

9. Порушення капітанами та командним складом суден вимог системи управління безпекою (СУБ) компанії щодо врахування капітанами та командним складом суден *рівня оцінки ризику* при слідуванні судна в обмежених умовах плавання по каналам, річковим внутрішнім водним шляхам тощо (резолюція ІМО А.741(18)).

10. Недотримання капітанами та екіпажем суден вимог Правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах України.

11. Недотримання капітанами, командним складом, особовим складом екіпажів суден вимог звичайної морської/річкової практики щодо забезпечення належної організації несення вахтової служби на ходовому містку у разі погіршення погодних умов, а саме: посилення візуального та радіолокаційного спостереження за позицією та місцем судна, а також вжиття заходів із забезпечення безпеки (віддача другого якоря, приведення головних двигунів у режим негайного запуску до роботи тощо), зокрема під час стоянки судна на якорі.

12. Незабезпечення капітаном судна належної організації виконання членами екіпажу правил технічного обслуговування і експлуатації суднових механізмів та систем, зокрема якорного пристрою, затримка та несвоєчасна віддача якого призводить до виникнення аварійних ситуацій, зокрема під час здійснення маневрування з постановки на якор в обмежених умовах річки Дунай.

13. Порушення капітанами та командним складом суден вимог відповідних правил технічного обслуговування судна, суднових систем та механізмів, інструкцій, формулярів тощо, що стосуються, зокрема, належного зберігання буксирних та швартових сталевих кінців (тросів) у технічно справному стані та

проведення їх технічного обслуговування, ремонту, а також експлуатаційних випробувань відповідно до вимог законодавства та документів з експлуатації виробників.

14. Порушення членами екіпажів суден вимог охорони праці та особистої безпеки щодо обов'язкового дотримання робочого часу та часу відпочинку, недопущення перевтомлення членів суднової команди під час виконання суднових робіт, використання пасків безпеки під час виконання робіт на палубі з низьким фальшбортом, а також обов'язково використання полутрапів для переходу з одного судна на інше при стоянці суден лагом один до одного, для попередження падіння людини за борт судна у воду під час проведення таких суднових робіт або здійснення такого переходу.

15. Порушення відповідальними особами судновласника та особовим складом караванної служби вимог Положення про систему управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті, системи управління безпекою судноплавства (СУБ) компанії та судна у частині, що стосується, зокрема, забезпечення безпечної стоянки суден у відстійному каравані у холодному відстої без екіпажів, а також попередження проникнення на зазначені судна сторонніх осіб.

Для підвищення точності планування шляху судна та уникнення зіткнень у джерелі [8] пропонується модель підтримки прийняття рішень, яка формується доменом безпеки навігації (NSD, Navigation Safety Domain) та індексом ризику зіткнення на основі домену (CRI, Climate Risk Index), який здатний визначати стадію зіткнення та ризик зіткнення між кількома суднами. Його створено відповідно до обмежень МПЗЗС (Міжнародні правила попередження зіткнення суден у морі). Запропонований CRI на основі домену приймає радіус NSD в різних ситуаціях зближення як пороговий параметр. Тому, можна розрахувати ризик зіткнення в будь-якому напрямку, включаючи фактичне значення та поріг ризику. Отже судна можуть вживати прямих і ефективних заходів для уникнення зіткнення.

Виникнення аварій, яке досліджено в роботі [9], здійснено для оцінки

навігаційного ризику та розгортання морських пошуково-рятувальних ресурсів (SAR – Seas At Risk), для якої пропонується всеосяжна структура прийняття рішень. Вона заснована лише на поєднанні прийняття рішень щодо безлічі критеріїв, геопросторових методів та теорії ігор, шляхом застосування просторового багатокритеріального аналізу прийняття рішень у зоні відповідальності.

Аналіз джерел [10-11] показує, що протягом останніх десятиліть зниження кількості морських аварій інцидентів не відбувається. Статистика 2023 року показує, що найчастішими є зіткнення та навали суден. Основні причини зіткнень суден визначалися статистично за якісними та кількісними показниками, з використанням аналізу дерева відмов. Результати показали, що найчастіше порушувались правила МПЗЗС. Первинні причини – це помилки в процесі маневрування, які є статистикою причин зіткнень суден, що пов'язані з людським фактором.

Збільшення розміру суден та морського трафіку викликає глобальну ескалацію аварій, пов'язаних із зіткненням суден. Тому, потреба в передових методах оцінки ризику зіткнення суден наразі дуже висока.

Нова модель об'єктивного та кількісного прогнозування навігаційних ризиків запропонована в науковій роботі [12], в якій показано, що навігаційний ризик зіткнення є найбільшим при вході/виході з порту. Також навігаційний ризик при механічних несправностях може бути результатом серйозної аварії під час переходу в морі. Отже, важливо використовувати спосіб аналізу ризику та його прогнозування при плануванні маршруту судна.

За статистикою [13] «Safety and Shipping Review 2023» Південний Китай, Індокитай, Індонезія та Філіппіни є глобальною гарячими точками аварійних подій – за минуле десятиліття було 204 втрати суден, які були спричинені такими факторами, як високий рівень торгівлі, перевантажені порти, застарілий флот і екстремальна погода. За останні 10 років було зареєстровано 807 загальних втрат суден. Основною причиною загальних втрат усіх типів суден було затоплення, що становило понад 50 %. Факторами, що сприяли цьому, були несприятливі

погодні умови, погана видимість, повінь і поломка обладнання. Пожежи/вибухи – займали друге місце серед причин збитків, а зіткнення суден посідало третє місце.

Кількість випадків аварійних інцидентів для всіх типів суден у 2020 році через пандемію COVID-19 зменшилась, за винятком рибальських суден, для яких відбулось збільшення на 6%. Судна, які зазнали морських аварій, упорядковуються за типом судна, поділяються на вантажне, рибальське, пасажирське, службове та інші судна (рис. 1.3).

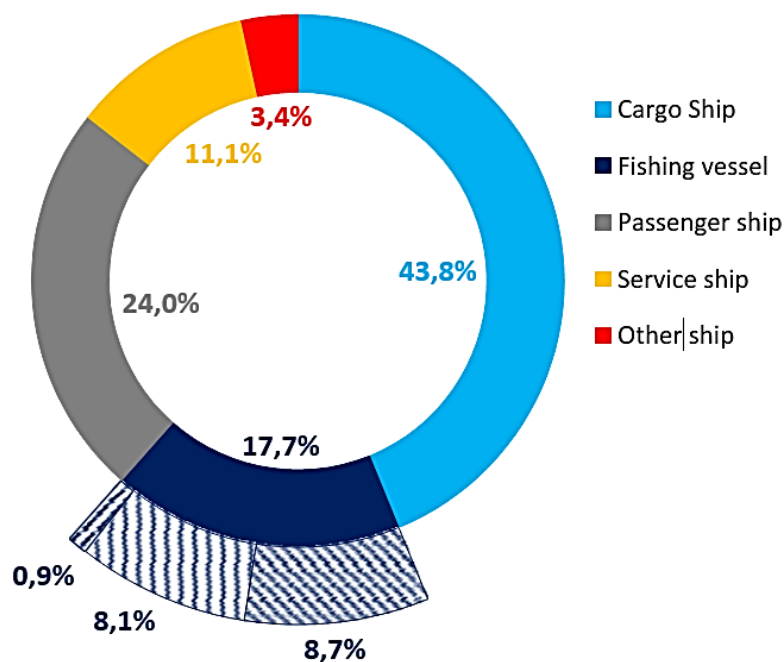


Рис. 1.3. Середній розподіл кількості суден за типом, які були залучені до морських аварій у 2020 р.

За даними [14] «European maritime safety report 2022», наслідки аварійного інциденту можуть варіюватися від дуже серйозних (Very serious) – смертельний результат або втрата судна – до несерйозних (Less serious), наприклад, незначна травма, коли непрацездатність триває менше 72 годин (рис. 1.4).

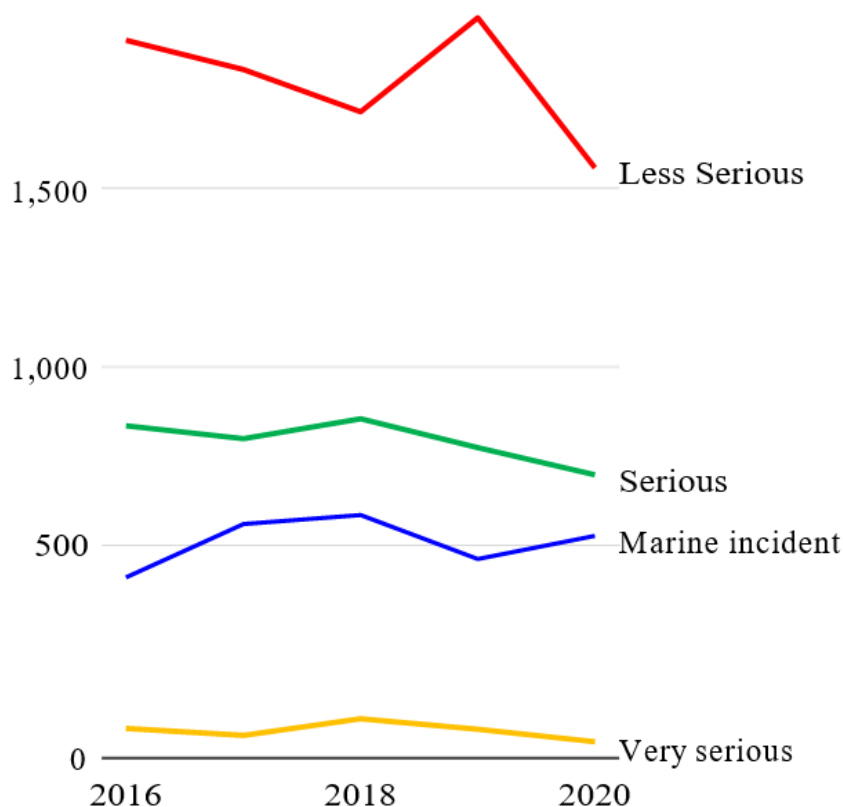


Рис. 1.4. Кількість морських аварій за ступенем тяжкості за 5-річний період

Події з загибеллю людей, втратою судна або серйозною шкодою навколишньому середовищу – дуже серйозні (Very serious) становили 2,4% усіх випадків. Серйозні аварії (Serious) з такими наслідками, як пошкодження суден (непридатність для плавання), тяжкі травми або незначна шкода навколишньому середовищу склали загалом 24,9%. Події, які призвели до наслідків, не згаданих вище, становили 56,8% усіх зареєстрованих інцидентів та відсоток аварій, де таких наслідків не було (морські інциденти) становив 15,9%.

Звіт [15] «Maritime Report 2012-2021», який розміщено на порталі Міжнародного інституту морської геодезії (International Institute of Marine Surveying) показує, що початковою причиною аварій, що призвели до найбільшої кількості втрат суден було затоплення (рис. 1.5).

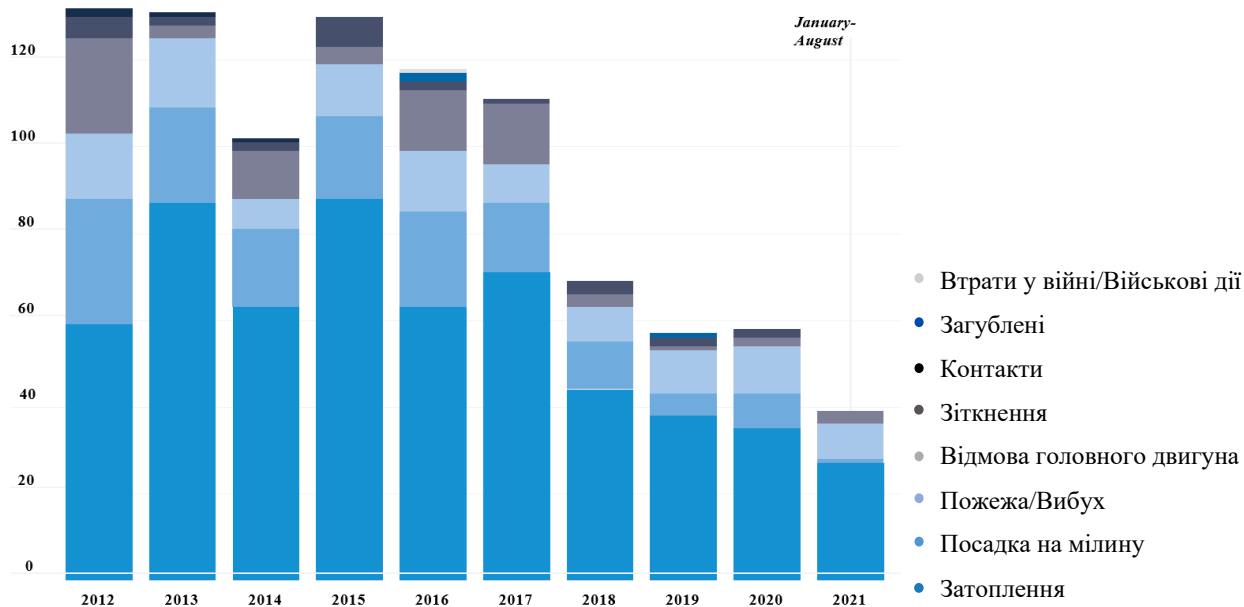


Рис. 1.5. Види аварій – втрати суден світового флоту у 2012-2021 роках

В період з 2012 по 2021 роки було зафіксовано всього 947 втрат, з яких 575 (61%) склали затоплення суден. Найпоширенішою причиною аварій було пошкодження корпусу та механізмів.

За останнє десятиріччя у регіоні Східного Середземномор'я та Чорного моря зафіксовано найбільшу кількість аварійних морських інцидентів – 4969 випадків. Проте у світовому суднопластві за цей період сталося 27477 інцидентів, 10753 з яких були спричинені відмовами механізмів або пошкодженням корпусу, з них аварії і посадки на міліну склали 2 936 подій та зіткнення суден – 3098 випадків.

Розглянемо навігаційні ризики поза межами водних шляхів України, які існують в стиснених акваторіях Турецьких проток (рис. 1.6, 1.7), що складаються з протоки Дарданелли, Мармурового моря і Босфорської протоки. Вони знаходяться під суверенітетом Турецької Республіки.



Рис. 1.6. Стамбульська протока – збільшення діаметра зіткнення (ефект поперечної течії під час маневрів – високий ризик потрапляння на мілину, різкий поворот біля мису Єнікөй)



Рис. 1.7. Стамбульська протока між містами Канділли та Асіян – найвужча частина з подвійними вигинами та високою ймовірністю зіткнень

Цей складний водний шлях протяжністю 164 морські між Чорним морем та Егейським морем відомий судноводіям наявністю небезпечних районів плавання, як показано на рис. 1.8 (вузькість, сильні течії, різкі повороти, мінливі кліматичні умови).

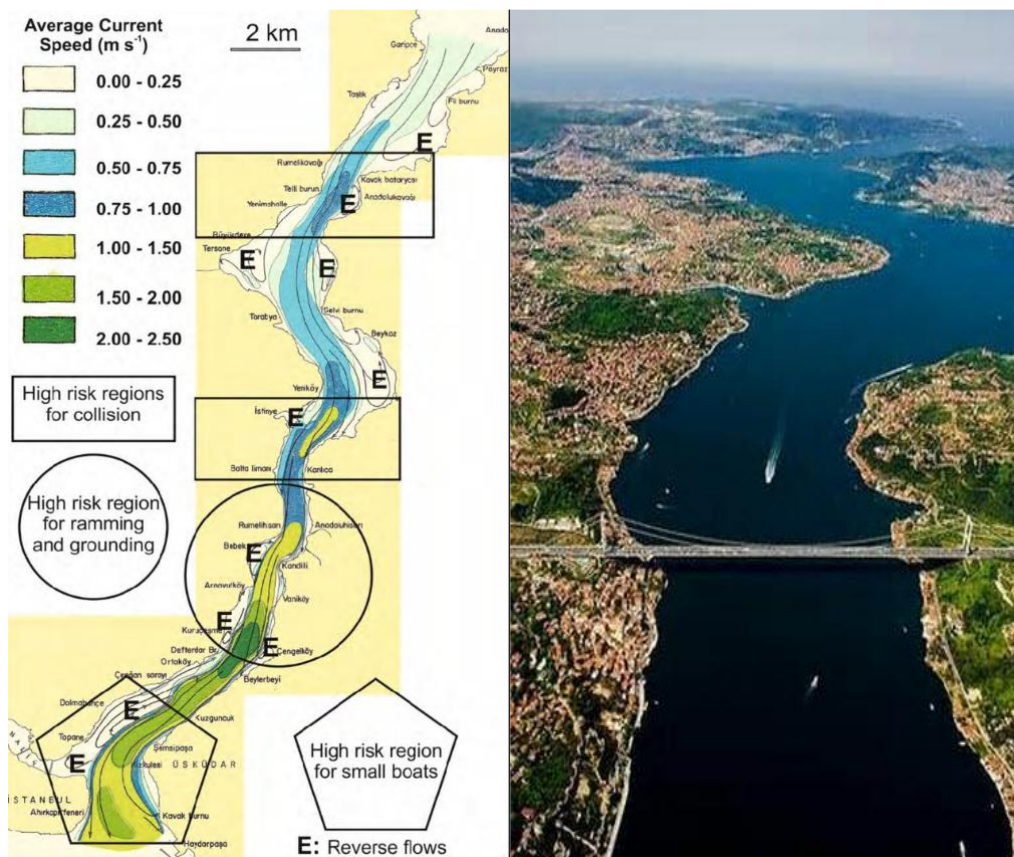


Рис. 1.8. Течії вздовж Стамбульської протоки (зліва – середні швидкості)

Види навігаційних інцидентів в Турецьких протоках [16-18] представлено на рис. 1.9, а саме: 21 % – навал на бривку; 1 % – втрата судна; 5 % – відмова двигуна; 16 % – посадка на міліну; 4% – зіткнення/контакт; 4% – бортовий нахил (крен); 56% – інші.

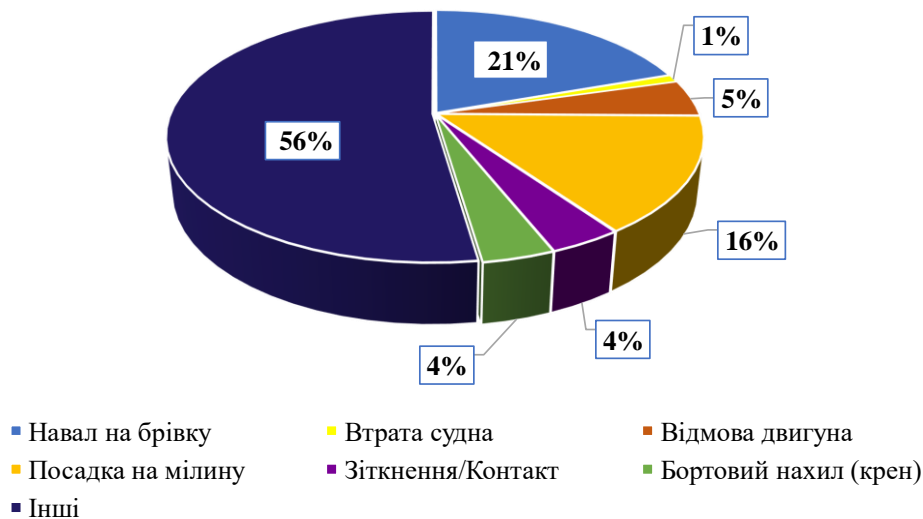


Рис. 1.9. Види навігаційних інцидентів в Турецьких протоках

Найбільш поширені морські аварії, що сталися в Турецьких протоках, а також в протоках Дарданелли і Стамбульській та інші наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Розподіл видів морських аварійних подій в Турецьких протоках

Місце морської аварії/інциденту	Кількість				Вид морських аварій/інцидентів
	Події	Загиблі судна	Втрати людей	Врятовано людей	
<i>Протоки Мармара-Дарданелли-Стамбульська:</i> Стамбул, Кефкен, Текірдаг, Сіле, Енез, Зонгулдак, Ігнеада, Карасу, Сіліврі, Ізміт, Ялова, Тузла, Анбарлі, К. Ереглі, Чанаккале, Гемлік, Карабіга, Гекчеада, Бандирма, Айвалик, Муданья, Бозджаада, Ердек, Едреміт, М. Острів, Галліполі.	56	8	3	921	Навал на бривку, зіткнення-контакт, посадка на міліну, несправність двигуна, бортовий нахил (крен), запит на допомогу, людина за бортом.

Продовження таблиці 1.2

<i>Егейське море:</i> Ізмір, Дікілі, Кушадаси, Бодрум, Фетхіє, Фоча, Чешме, Аліага, Гуллюк, Мармарис, Датча, Гечек.	24	13	1	43	Навал на брівку, зіткнення-контакт, посадка на міліну, несправність двигуна, бортовий нахил (крен), запит на допомогу, людина за бортом.
<i>Середземне море:</i> Мерсін, Ташуджу, Боташ, Анамур, Іскендерун, Анталія, Каш, Фініке, Аланія, Кемер.	18	3	2	28	Навал на брівку, зіткнення-контакт, пошкодження корпусу, посадка на міліну, несправність двигуна, бортовий нахил (крен), запит на допомогу, людина за бортом.
<i>Чорне море</i> Самсун, Амасра, Сіноп, Уньє, Герзе, Інеболу, Бартін, Орду, Аянджик, Фатса, Сіде, Трабзон, Тіреболу, Хопа, Різе, Фонд, Гіресун, Гереле, Сюрмене, Пазар, озеро Ван.	7	2	0	10	Навал на брівку, зіткнення-контакт, пошкодження корпусу, тримаюча сила якоря, посадка на міліну, несправність двигуна, бортовий нахил (крен), запит на допомогу, людина за бортом.
Загальна кількість	106	26	6	1002	

Таблиця 1.3

Категорії факторів впливу на рейсовий цикл судна в стиснених акваторіях

Категорія	Фактори
Безпека судна	Незадовільні властивості судна. Неприятливі зовнішні умови. Відмови суднових технічних засобів та обладнання. Впливи вантажів, функціональних систем та пристроїв. Помилки у діях людини. Плавучість. Вітер. Пожежі. Втрата остійності. Зіткнення.

Продовження таблиці 1.3

	Навали. Непотоплюваність. Погана видимість. Випромінювання. Механічні ушкодження. Втрата ходкості. Температура повітря. Відмови. Керованість. Підводні небезпеки. Мореплавність. Інтенсивність судноплавства. Міцність. Стислість у районі плавання. Живучість. Айсберги.
Безпека людини	Рівень організації та оснащеності пошуково-рятувальної служби в країні та взаємодія її з пошуково-рятувальними службами інших країн. Зовнішні дії, метеоумови. Психофізіологічний стан та професійна підготовка, дисциплінованість екіпажу. Стан безпеки та надійності судна як транспортного засобу в нормальних та аварійних режимах. Склад та стан судових рятувальних засобів індивідуального та колективного користування.
Безпека навколишнього середовища	Помилкові дії екіпажу при заправці паливом, завантаженні/розвантаженні небезпечних вантажів, здійсненні заходів щодо боротьби за живучість судна та ін. Аварійні пошкодження судна або його технічних засобів, що спричиняють розливи палива та нафтопродуктів. Радіоактивне зараження при аваріях суден з ядерними енергетичними установками тощо. Недотримання правил зберігання та перевезення небезпечних вантажів або недосконалості цих правил. Недотримання правил зберігання та перевезення небезпечних вантажів або недосконалості цих правил. Використання типів суден, особливо швидкохідних, що створюють потужну хвильову систему, що призводить до пошкоджень та руйнувань берегів та берегових споруд. Пожежі та вибухи на судні, особливо поблизу інших пожежо- та вибухонебезпечних суден та берегових об'єктів.
Безпека вантажоперевезення	Зовнішні умови та впливи: хитавиця, крен, заливність, зледеніння. Аварійні пошкодження судна та судових технічних засобів. Пожежі та вибухи. Фізико-хімічні та інші властивості вантажів. Умови розміщення вантажу на судні.

Зрозуміло, що зниження навігаційних ризиків при проходженні суден Турецькими протоками (Босфор, Дарданелли) можливо при врахуванні численних морських аварій, інцидентів і загроз навколишньому середовищу.

За даними дослідження [12] міжнародних аварійних інцидентів за останні 20 років (період 2002-2021 років) причинами виникнення навігаційних ризиків були наступні:

- порушення Міжнародних правил запобігання зіткненню суден у морі (МППЗС-72);

- відсутність у судноводіїв необхідних навичок управління судном;
 - навігаційні причини: посадки суден на міліну, навалювання суден на причали, плавучі кафе-ресторани та гідротехнічні споруди;
 - технічні причини;
 - психофізіологічні причини;
 - порушення Правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах;
 - порушення Правил користування маломірними суднами на водних об'єктах;
 - невикористання рятувальних засобів на маломірних (малих) суднах;
 - порушення Правил безпечної експлуатації баз для стоянки маломірних (малих) суден;
 - порушення правил пожежної безпеки на суднах;
 - недотримання вимог Кодексу ПДМНВ (Міжнародна конвенція про підготовку, дипломування моряків та несення вахти);
 - експлуатація суден без технічного нагляду;
 - управління суднами у стані алкогольного сп'яніння;
 - зберігання маломірних (малих) суден поза межами баз стоянок;
 - порушення Правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах України, затверджених наказом Міністерства транспорту України від 16.02.2004 № 91;
 - використання плавзасобів без належного технічного огляду та у невідповідних районах і умовах плавання;
 - порушення правил використання маломірних (малих) суден на водних об'єктах областей України;
 - у декількох випадках – управління у стані алкогольного сп'яніння;
- організаційні причини: неналежна організація несення вахтової служби на ходовому містку для забезпечення безаварійного плавання судна, неврахування маневрених елементів судна, порушення правил техніки безпеки та охорони праці.

1.2. Класифікація ризиків в морському суднопластві

Зростаюча аварійність флоту викликає необхідність в класифікації багатьох різновидів ризиків, виникаючих в складних умовах плавання. Тому, аналіз причинно-наслідкових зв'язків виникнення аварійних подій та визначення характеристик основних факторів ризику дозволить уникнути безлічі морських аварій та людських помилок. Результати аналізу аварійних інцидентів, який щорічно здійснює Регістр Ллойда показує, що 300-400 суден гине щорічно і в таких аваріях втрачається близько 200 тис. людських життів.

Для класифікації ризиків в навігації необхідно базуватись на систематизованому підході до існуючих та ймовірних ризиків на підставі виникаючих факторів та причин [19].

Процес класифікації ґрунтується на системі взаємопов'язаних понять будь-якої галузі та встановлення зв'язків між цими поняттями. Загальна класифікація ризиків враховує фактори та причини їх виникнення для забезпечення систематизації безлічі ризиків на підставі аналізу причинно-наслідкових зв'язків аварійності флоту.

Ризики постійно ідентифікуються і обговорюються різними міжнародними організаціями та оцінюються в світовому масштабі.

Існує 4 способи аналізу та оцінки ризиків:

1. *Інженерний* – базується на статистиці, розрахунку частоти, аналізі імовірності небезпеки і побудові дерев небезпеки.

2. *Модельний* – побудова моделей факторів впливу на людський фактор, соціальні або професійні групи тощо, але для цього методу, побудованого на розрахунках не завжди є дані.

3. *Експертний* – ймовірність подій визначається на основі даних звітів з розслідувань і враховує опитування досвідчених експертів галузі.

4. *Соціологічний* – побудований на опитуванні свідків аварійного випадку.

Для вирішення завдання класифікації навігаційних ризиків доцільно використовувати статистичні та експертні дані з аварійності, які можна буде

використовувати для обліку виникаючих ризиків протягом всього рейсового циклу судна, а також при плануванні майбутнього маршруту у складних умовах плавання. Опис причин виникнення аварійних інцидентів та їх наслідків дозволить спрогнозувати ризики на момент часу вперед.

Для аналізу існуючих навігаційних ризиків доцільно використовувати *інженерний* та *експертний* способи оцінки.

Основними факторами ризику є: залежність людини від стану зовнішнього середовища та сил природи; відмова судових пристроїв; небезпечні властивості вантажів; постійне оновлення інформаційних технологій та складність багато операторної системи управління рухом судна; помилки судноводіїв та операторів при управлінні судном, або членів екіпажу в рамках забезпечення надійної експлуатації судна; психофізіологічні особливості моряків та берегових фахівців; вразливість до кібератак інформаційно-навігаційного обладнання.

Для визначення видів ризиків ідентифікуємо і розподілимо їх за основними групами:

1. **Природні ризики** – землетруси, цунамі, тропічні циклони, сходження лавин, припливи, шторми, топографічні особливості місцевості та ін.

2. **Техногенні ризики** – пожежі, аварії або катастрофи, пов'язані з невідповідним станом або відмовами головних механізмів, обладнання та систем, аварії транспортних засобів і технологічних ліній; сюди відносяться екологічні ризики – розлив палива, отрутохімікатів, вибухи небезпечних вантажів.

3. **Експлуатаційні ризики** – невідповідна комерційна експлуатація морського транспорту, яка включає наступні ризики: втрати/псування вантажу; простої суден і технологічних ліній; відмови головного двигуна, механізмів і систем на судні та ін.

4. **Економічні ризики** – економічний стан (криза) в країні або регіоні або в судноплавній компанії; інфляція; економічна депресія; зміни податкових тарифів та платежів; зменшення вантажопотоків через порти всіх країн; зниження попиту на вантажоперевезення; збільшення розмірів суден, яке створює складнощі для

інфраструктури портів, яка потребує відповідного оснащення і фінансування; загострення конкуренції між портами, яке впливає на організацію мережі перевезень та призводить до перегляду політики надання терміналів; інвестиційні ризики; втрата фрахту і вантажу, транспортних засобів; збитки внаслідок зміни ситуації на ринках; помилки планування і управління та ін.

5. Тероризм і піратство – дії зловмисників з метою викрадення судна, з метою отримання грошової компенсації або порушення цілісності його конструкції, або для будь-якої форми залякування чи вчинення акту насильства проти будь-якої особи на борту морського судна (території порту), або нанесення фінансового збитку компанії судновласника, які можуть призвести до загибелі людей, втрати вантажу та ін.; руйнування навігаційних конструкцій та портових споруд; забруднення навколишнього середовища; використання судна у якості об'єкта терористичної діяльності.

6. Людський фактор – недостатня кваліфікація судноводіїв, екіпажу або операторів берегових служб; помилки при прийнятті рішень щодо безпечного руху судна та інших операцій рейсового циклу; погане знання мови; високе робоче навантаження у зв'язку із скороченням екіпажів; втома та погіршення психофізіологічного стану та ін.

7. Кібернетичні ризики – вразливість навігаційних інформаційних систем до кібератак; незахищеність та застарілість програмного забезпечення; незахищеність критично важливої інформації на судні; несанкціоноване підключення до мережі морських інформаційних систем; фальсифікація аварійних сигналів; використання кіберзлочинцями вірусних програм для зміни даних про судно; створення «кораблів-примар» та крадіжки вантажів: злом системи для впровадження шкідливих вірусів в програмне забезпечення суднових та берегових систем.

Оскільки морські акваторії зі складними умовами плавання є зонами підвищеного ризику, класифікацію ризиків доцільно будувати за схемою: фактори ризику – ризики – ймовірні наслідки реалізації ризику (табл. 1.4).

Класифікація ризиків за групами та наслідки від їх впливу

Групи ризиків	Ризики	Ймовірні наслідки реалізації ризику
1. Природні	Втрата судна, вантажу, фрахту, відмови технічних засобів.	Загибель людей. Конструктивні пошкодження судна. Загибель судна. Втрата вантажу. Загибель членів екіпажу.
2. Техногенні	Виникнення пожежі, відмова технічних засобів, пошкодження корпусу, несанкціонована зупинка головного двигуна, розлив палива та інше.	Часткове або повне руйнування судна вогнем. Посадка судна на міліну, конструктивне руйнування судна. Втрата або псування вантажу. Нездатність судна продовжити рейс.
3. Експлуатаційні	Зниження ефективності роботи судна внаслідок порушення правил технічної та комерційної експлуатації судна. Невиконання термінів доставки вантажу.	Втрати експлуатаційного часу. Втрати або псування вантажу. Простої транспортних засобів і технологічних ліній та ін.
4. Економічні	Неефективне вкладення або втрата інвестицій. Втрати фрахту і вантажу, транспортних засобів.	Економічні та фінансові втрати. Ризик збитків внаслідок зміни ситуації на ринках, економічних криз, помилок планування, управління та ін.
5. Тероризм і піратство	Збройний напад, захват судна, пошкодження судна, крадіжка вантажу, викрадення моряків.	Втрата судна, вантажу, часткове або повне руйнування судна, загроза життю екіпажу та пасажирів. Ризик екологічної катастрофи.
6. Людський фактор	Ухвалення помилкових/неефективних управлінських рішень. Некваліфікований підхід до вирішення технічних питань,	Зниження рівня ефективності роботи судна, виникнення аварійних ситуацій. Втрата судна, вантажу, фрахту. Пошкодження корпусу внаслідок навалу/ зіткнення, посадки на ґрунт.

Продовження таблиці 1.4

	<p>організація і виконання технічних регламентів та ін. Втома: порушення режиму спостереження, тривалий робочий день, проблеми зі сном членів екіпажу, стрес і робочий тиск, мовний бар'єр, проблеми з відносинами на борту судна і часовим циклом рейсу.</p>	<p>Перекидання судна. Загибель судна і вантажу. Матеріальні і фінансові втрати. Пошкодження корпусу та ін. Помилки в судноводінні та маневруванні. Помилкові дії з боку судноводіїв, у зв'язку з психологічними труднощами адаптації (входження в робочий ритм), помилкові дії, пов'язані з нервово-соматичними реакціями і когнітивним дисонансом у членів екіпажу.</p>
7. Кібернетичні	<p>Вразливості, створені доступом, з'єднанням або підключенням до мережі морських кіберсистем. Шкідливі віруси. Злом інформаційно-навігаційної системи або впровадження шкідливих програм. Застаріле програмне забезпечення або неефективні брандмауери. Недоліки в проектуванні, інтеграції та/або обслуговуванні систем. Контроль хакерами системи терміналу порту і управління вантажними операціями без відома портових служб.</p>	<p>Шкідливе програмне забезпечення може призвести до зупинки систем судна. Зміна даних про судно, включаючи його місце розташування, курс, інформацію про вантаж, швидкість та назву. Створення «суден-примар», впізнаваних іншими судами як існуюче судно в будь-якій локації світу. Відправка помилкової погодної інформації конкретним суднам, щоб змусити їх змінити курс для обходу неіснуючого шторму. Активація помилкових попереджень про зіткнення, яка може стати причиною автоматичного коригування курсу судна. Можливість зробити існуюче судно «невидимим». Фальсифікація сигналів аварійного радіобуя, активуючих тривогу на суднах, що знаходяться поблизу. Збої в перевезенні вантажів і пасажирів, у зв'язку з пошкодженням, втратою або компрометацією інформації або систем, пов'язаних із терміналами.</p>

Для забезпечення прогнозування ймовірності настання навігаційних ризиків важливо використовувати індивідуальний підхід до їх класифікації, який враховує ризики, що існують протягом всього рейсового циклу судна, від порту відходу до порту прибуття.

1.3. Навігаційні ризики рейсового циклу, причини та фактори, які сприяють їх виникненню

Рейсовий цикл судна завжди пов'язаний із складністю навігації та небезпечними умовами плавання, які включають канали, вузькості, протоки, фарватери, мілководдя та райони з обмеженою акваторією («стиснені умови»). Тому на рух судна впливає безліч факторів: глибина води під кілем, ширина каналу, швидкість течії, шквалистий вітер, топографія місцевості та розташування інших суден і портових споруд.

Підготовка до навігаційного планування, управління та контроль руху судна здійснюються згідно з рекомендаціями Керівництва з планування рейса (Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р.) та Керівництва з несення вахти на містку, 6-го видання (Bridge Procedures Guide, 6th Edition, 2022).

Навігаційний ризик – це ризик, з яким стикається судно під час рейсового циклу в складних умовах плавання, а саме: зіткнення; посадка на міліну; навал на брівку каналу, фарватеру чи інші споруди і судна. Навігаційні інциденти пов'язані з посадкою судна на міліну, торканням ґрунту (брівки каналу), зіткненнями, перекиданням, навалами на портові споруди, з обривом підводного кабелю чи трубопроводу. Щоб забезпечити ефективне виконання рейсового циклу судна, необхідно аналізувати попередні навігаційні події і враховувати ймовірність виникнення ризиків в процесі планування маршруту руху судна.

Розглянемо аварійність [20] за бюлетенем P&I Club за 2012-2021 роки у п'яти районах Японських акваторій – Токіо, Кобе, Імабарі, Фукуока та Саекі. Зрозуміло, що інциденти сталися за різними причинами і були пов'язані розливом нафти та інцидентами, спричиненими прибережними та океанічними суднами. Загалом за 10-річний період рівень аварійності становив 9,7%, що означає, що приблизно 1 з 10 суден було залучено в аварію, а також сталось 82 інциденти, причиною яких був розлив нафти (у середньому приблизно 8 подій – щорічно), це дорівнює 0,4% аварійності. Рівень аварійності визначається

відношенням кількості аварійних подій до кількості суден, що проходять певний район плавання (рис. 1.10).

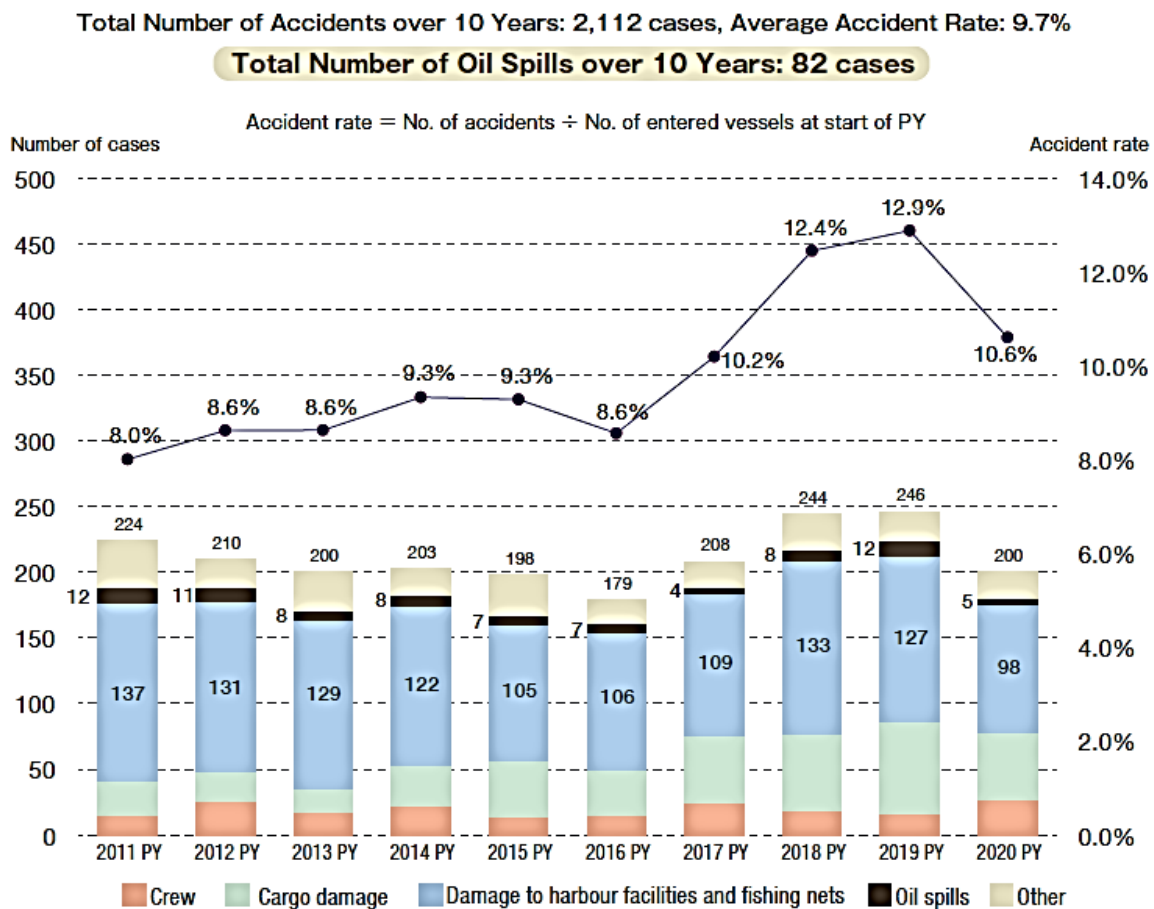


Рис. 1.10. Причини аварійних подій із суднами океанічного та прибережного плавання

Для визначення навігаційних ризиків, існуючих в рейсовому циклі судна і забезпечення точного управління судном, в дослідженні, були розглянуті навігаційні умови, як одні з найважливіших факторів впливу на безпеку руху. Представлено модель оцінки навігаційного ризику урахує умови течії за допомогою реляційного аналізу Грея. Запропоновано чотири визначальні індекси безпеки мореплавання: ухил водної поверхні, протитечія, швидкість і глибина та п'ятирівнева класифікація оцінки навігаційного ризику. Але не було розглянуто ризики посадки на мілину, навали на брівку каналу чи фарватеру, зіткнення, відмови головного двигуна та інші, які зустрічаються в рейсовому циклі судна.

Для ідентифікації та оцінки причин і факторів навігаційних ризиків, які існують в рейсовому циклі судна необхідно враховувати статистичні і експертні дані про відповідні аварії та інциденти, а також дані про надійність систем та обладнання. Їх можна використати для обліку при плануванні майбутнього маршруту судна у небезпечних районах плавання, оскільки ризики можуть бути охарактеризовані за допомогою статистичних характеристик для прогнозування ймовірності їх настання. Тому, безпечне виконання рейсового циклу судна складається з врахування навігаційних ризиків, існуючих на аварійно-небезпечних ділянках шляху. Для вибору способів зменшення та запобігання їх виникненню необхідна систематизація їх видів і груп. Модель класифікації навігаційних ризиків [12, 19] за визначенням змісту і характеристиками наведена на рис (рис. 1.11).

Основними причини аварійних подій є наступні:

- несвоєчасне виявлення зустрічного судна – невиконання вимог МПЗЗС-72; незадовільне спостереження: 1) зустрічне судно виявлено з дуже великим запізненням ($D = 0,2...1,0$ милі, D – відстань); 2) зустрічне судно виявлено із запізненням ($D = 1...3$ милі);

- бездіяльність при своєчасному виявленні судна: 1) не визначалися елементи руху «цілі» (відповідно до вимог ММО з попередньої інформації в пам'яті системи позиціонування судна (СПС) необхідно зберігати координати засічок «цілей» протягом не менше 8 хвилин, для забезпечення перегляду їх «слідів»). Це дозволяє визначити, чи робила «ціль» маневр, коли оператор відволікався від екрана СПС та, чи не розраховувався маневр розбіжності;

- не виконано зупинку судна (уникнення зіткнення в аварійній ситуації без вчасного зупинення руху свого судна);

- не виконано рух заднім хід для безпосередньої безпеки зіткнення.

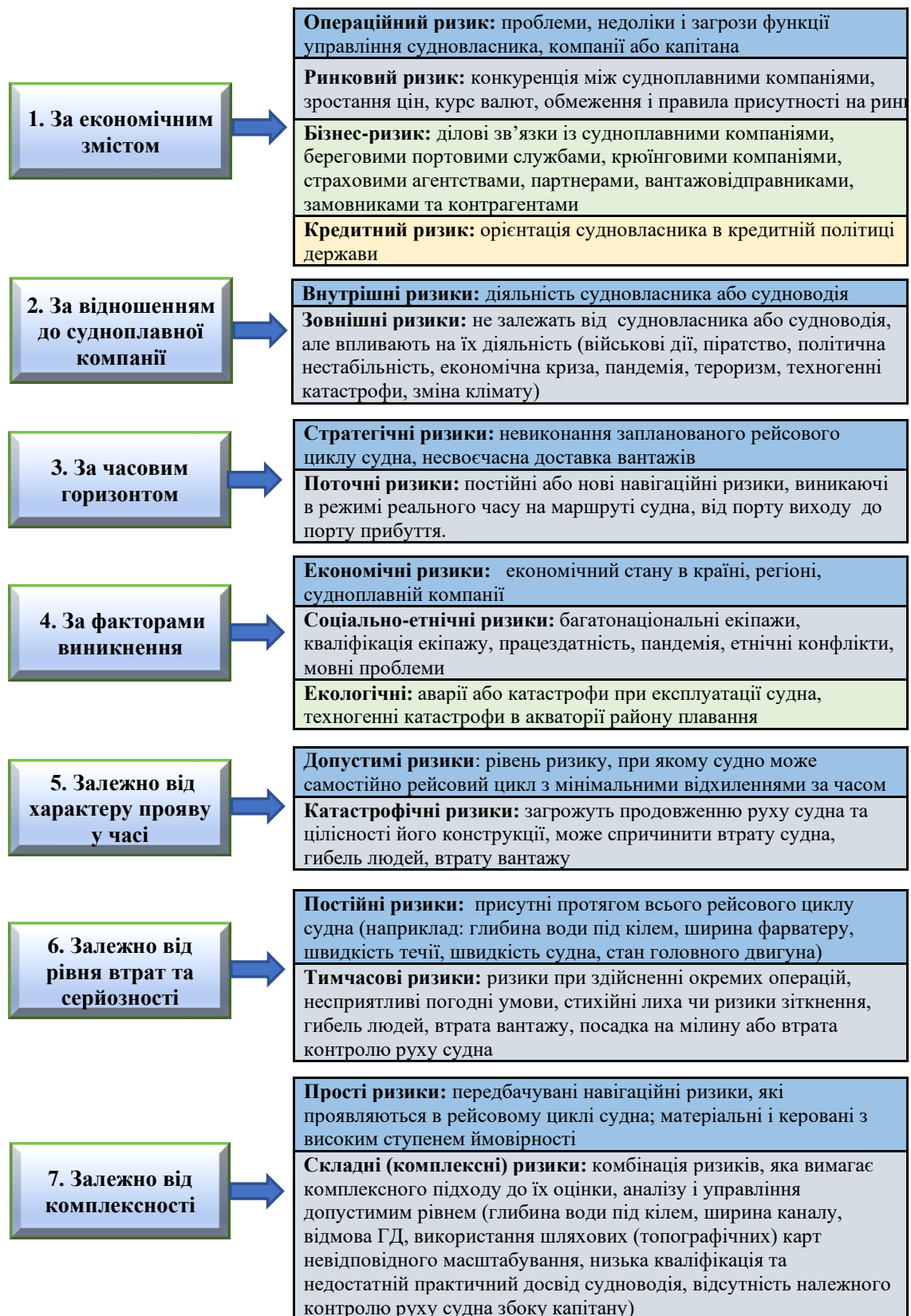


Рис. 1.11. (1 частина) Модель класифікації навігаційних ризиків рейсового циклу судна

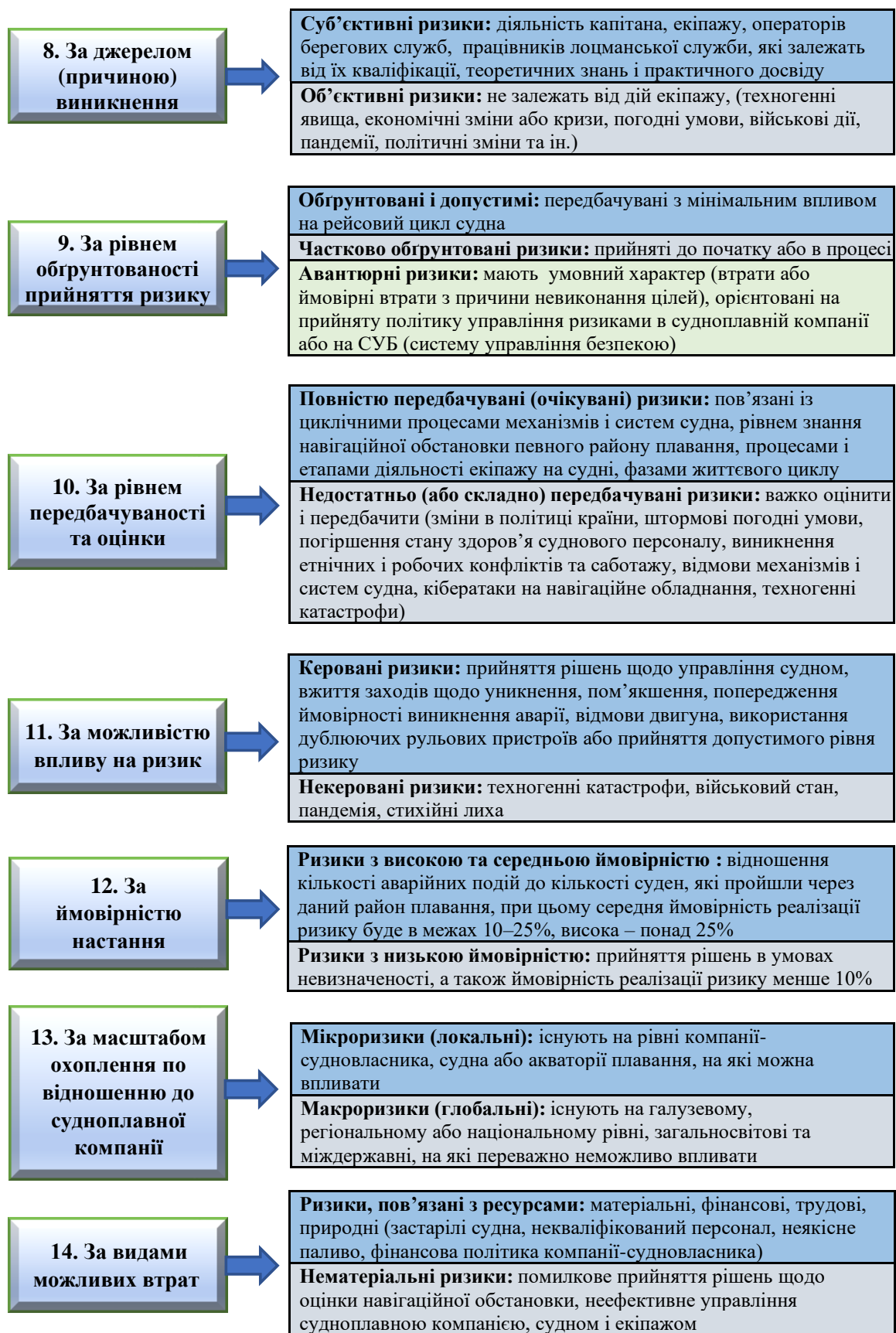


Рис. 1.11. (2 частина) Модель класифікації навігаційних ризиків рейсового циклу судна

Звернемо увагу, що найбільш розповсюдженими причинами посадки на мілину, навалів на брівку каналу, фарватеру або торкання ґрунту є наступні:

- незадовільний контроль за місцем судна у вузкостях, при підході до берега із боку моря, при вході в порт і на рейд та при стоянці на якорі;

- неправильне управління судном у штормових умовах, яке призвело до втрати орієнтування (втрата місця на карті через порушення правил ведення навігаційної прокладки або грубих помилок в контролі місцерозташування судна); плавання без лоцмана у районі лоцманської проводки; перекладання відповідальності управління судном на лоцмана; неуважне спостереження за навігаційною обстановкою під час маневру розбіжності; перевищення швидкості у стиснених районах плавання та вузкостях;

- незадовільна навігаційна підготовка до виходу в море;

- помилки зчислення або низька його якість;

- помилки, пов'язані з обсерваціями;

- помилки аналізу навігаційної інформації та навігаційної обстановки;

- грубі помилки під час навігаційної прокладки;

- недотримання допустимих параметрів навігаційної безпеки плавання;

- порушення встановленої організації взаємодії «оператор – судно – берег»,

відсутність взаємної інформації з питань судноводіння;

- низька організація використання радіолокаційної станції (РЛС), гідроакустичної станції та ехолота для спостереження за навігаційною обстановкою при підході до берега та при плаванні у вузкостях;

- вихід в море з невідрегульованими технічними засобами судноводіння: з невизначеними поправками приладів та систем; із застарілими даними про девіацію та радіодевіацію.

Для забезпечення прогнозування ймовірності настання навігаційних ризиків з метою їх індивідуальної класифікації та ефективного управління ними, необхідно враховувати ризики, які існують в рейсовому циклі судна, від порту відходу до порту прибуття.

1.4. Вплив людського фактору на технічний стан судна та його пристрої при виникненні навігаційних ризиків

Основною причиною більшості аварій та інших інцидентів на морі є людські помилки. Якість управління рухом судна залежить кваліфікації як операторів різних спеціальностей, так і судноводіїв, які аналізують навігаційну інформацію і приймають рішення щодо безпечного виконання рейсового циклу.

Найчастіше порушення правил безпеки мореплавання може бути пов'язане з індивідуальними негативними якостями людей: некомпетентністю, недбалістю та безтурботністю, недисциплінованістю, емоційною нестійкістю тощо. Такі причини поєднують в одне поняття «людський фактор».

Відомі випадки, коли найдосвідченіші капітани приймали неправильне рішення, іноді навіть у порівняно нескладних ситуаціях. Кожному судноводію властиві обмеження можливостей, зумовлені невідповідністю його психологічних та психофізіологічних характеристик щодо рівня складності завдань, які виникають в процесі управління рухом судна.

Емоційна напруженість, яка складається з відсутності повної впевненості в успішності судноводіння, сумнівів у можливості адекватного реагування на морські небезпеки на маршруті судна, надмірного хвилювання та переживання веде до погіршення організації діяльності та зростання ймовірності помилкових дій.

Вплив вищевказаних характеристик людини чітко прослідковується в звіті [21] берегової охорони Японії за 2017-2021 роки, в якому 74% інцидентів (7826 подій) відбулись через людський фактор («Human factors»), інші – непереборні сили та матеріали і конструкції склали 26% (2766 подій) від загальної кількості аварій (рис. 1.12).

Вищезазначені інциденти відбулися за наступними причинами:

- недостатній контроль («Insufficient lookout») – 20% (2148 подій);

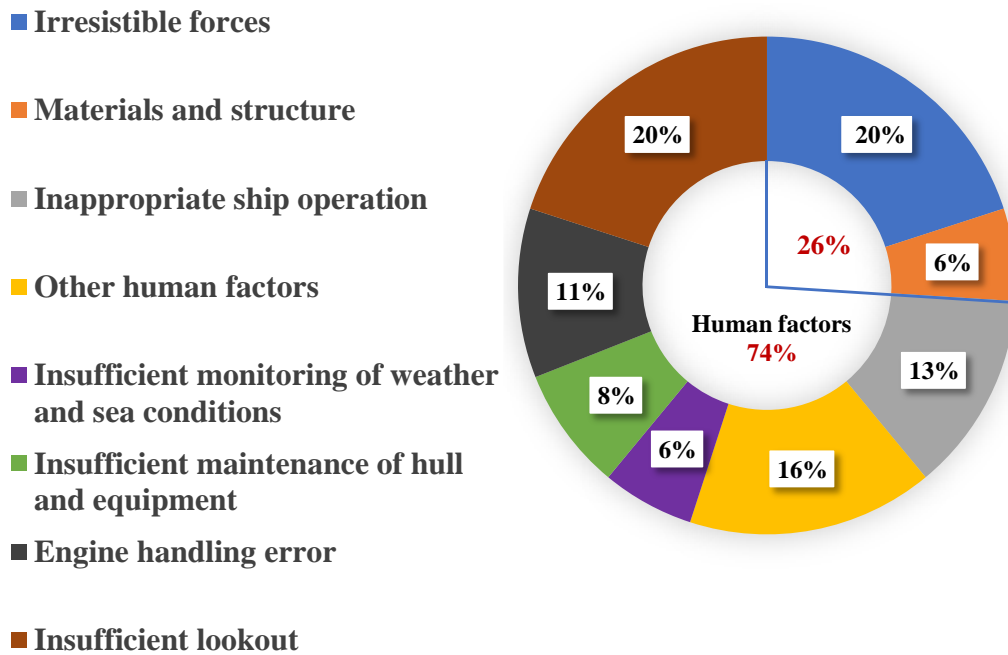


Рис. 1.12. Людський фактор («Human factors») – причини загальної кількості аварій за 2017-2021 роки

- неналежна експлуатація судна («Inappropriate ship operation») – 13% (1378 подій);
- інші людські фактори («Other human factors») – 16% (1704 події);
- недостатній моніторинг погодних та морських умов («Insufficient monitoring of weather and sea conditions») – 6% (590 подій);
- недостатнє обслуговування корпусу та обладнання («Insufficient maintenance of hull and equipment») – 8% (883 події);
- помилки управління двигуном («Engine handling error») – 11% (1123 події);
- непереборні сили («Irresistible forces») – 20 % (2173 події);
- матеріали і конструкції («Materials and structure») – 6% (593 події).

Причини помилок людського фактору можна об'єднати у кілька груп: 1) недосконалість інформаційного забезпечення; 2) вплив зовнішніх факторів; 3) фізичний та психологічний стан та особистісні характеристики людини; 4) недостатність ресурсів та підтримки для виконання прийнятого рішення.

Проблемою в інформаційному забезпеченні може бути дефіцит і фрагментарність інформації, що надходить з різних джерел. Складність інформаційного навантаження людини складається з великої кількості сигналів, що надходять та які важко виділити для прийняття адекватного рішення.

Інформаційне навантаження може бути, коли вахтовий помічник капітана в районі інтенсивного руху суден при заході в порт або на перетині судноплавних шляхів плутається в безлічі відміток на екрані станції радіолокації та не може виділити серед них найбільш небезпечне судно, розходження з яким необхідно зробити першочергово. Формування у свідомості людини цілісної картини розглянутого явища ускладнюється фрагментарністю інформації, оскільки відомості про подію чи об'єкт надходять у формі розрізнених ознак. Це може призвести до помилок декодування сигналу, наприклад, коли спостерігач, виявивши вогонь знаку навігаційного огороження, приймає його за вогонь іншого знаку з подібною характеристикою.

Інформаційне забезпечення (рис. 1.13) при несенні вахти судноводієм на містку включає 24 види обміну інформацією різного характеру, включаючи навігаційний.

Зміст інформації не завжди стосується процесу управління судном, що викликає напругу в роботі вахтового помічника і призводить до навігаційних помилок. Помилки виникають у процесі отримання зорової інформації, через необхідність її обробки, що призводить до втрати орієнтування судна. Тому необхідно використовувати інформацію, яка однозначно сприймається судноводієм. Для їх зменшення необхідно розробляти інформаційну систему підтримки прийняття рішень при взаємодії зовнішніх операторів, лоцмана і капітана.

Ризики посадки на ґрунт, навали на брівку каналу, інше судно або знаки огороження виникають через недоліки в організації прямого, зворотного і локального зв'язків між елементами системи управління під час лоцманської проводки для маневрування судна.

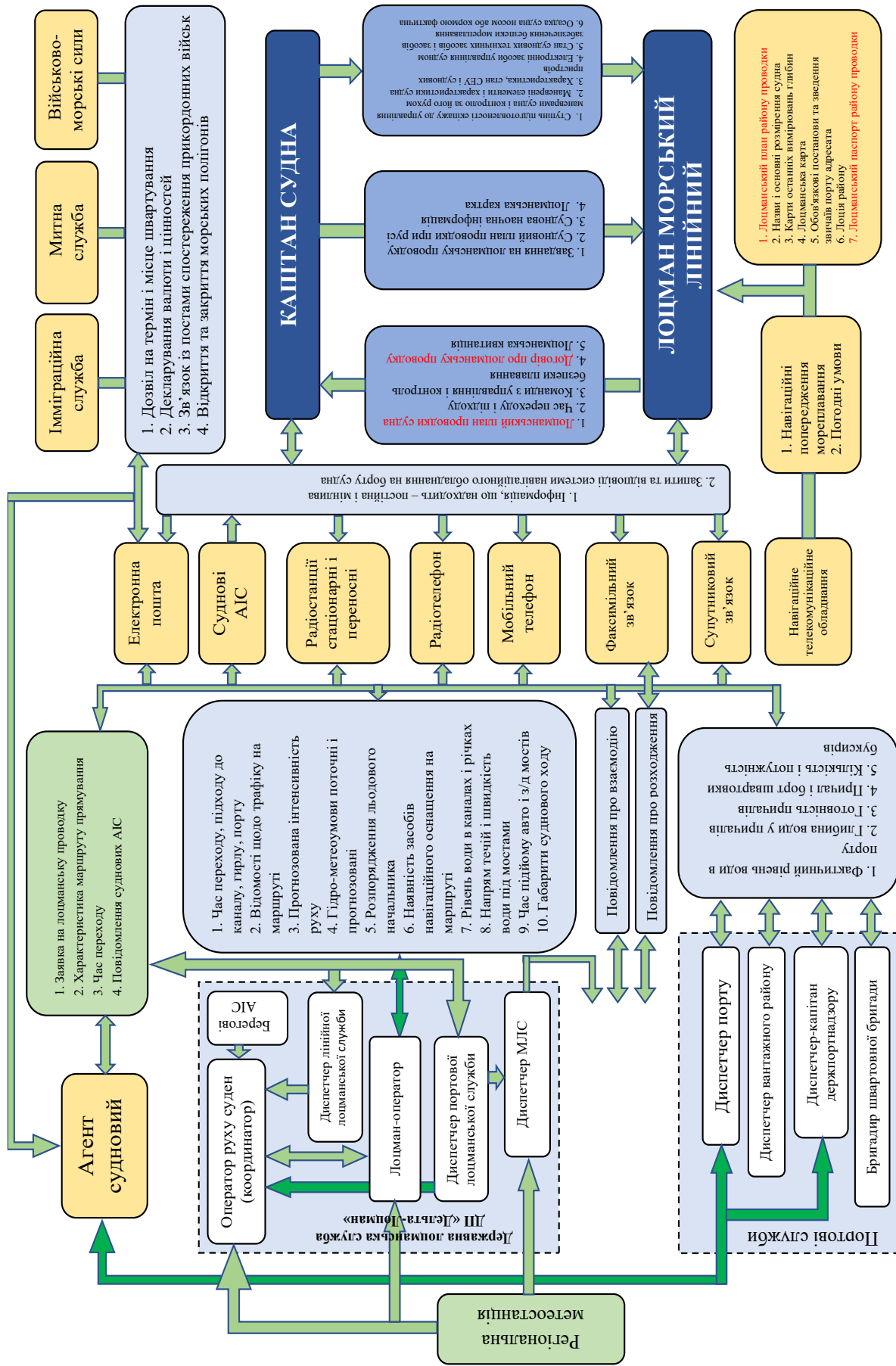


Рис. 1.13. Зв'язки між елементами системи управління під час лодманської провідки для маневрування

Зовнішніми факторами впливу, які сприяють виникненню помилок є засвітлення центру екрану суднової радіолокаційної станції (РЛС), гідрометеорологічні умови, потрапляння об'єкта спостереження до тіньового сектора тощо. Все це призводить до неправильної оцінки навігаційної ситуації.

Обмеження, викликані фізичним і психічним станом та особистісними характеристиками людини перешкоджають повноті оцінки обстановки та аналізу даних. Сумніви у можливості досягнення мети діяльності породжують емоційну напруженість, яка веде до погіршення організації діяльності, перезбудження або загальної загальмованості та скутості у поведінці, зростання ймовірності помилкових дій. Появі напруженості людини сприяють імпульсивність у поведінці, зайва вразливість, надмірна старанність, недостатня загальна витривалість. Також при монотонній роботі можуть виникати помилки, які практично ніколи не зустрічаються у напружених ситуаціях.

Причинами, що сприяють появі такого стану, можуть бути переживання будь-якої неприємної події, втома, захворювання, що починається, а також невпевненість у своїх силах або недостатня підготовленість до даного складного або нового виду діяльності.

При несподіваних відмовах обладнання чи екстремальних ситуаціях у людини може бути незадовільний психічний стан: пригнічений настрій, дратівливість, уповільненість реакцій, зайве хвилювання, метушливість та непотрібна балакучість.

Людську помилку можна охарактеризувати за 12 відмінностями, а саме: 1) помилки за причиною недостатнього досвіду; 2) необережність; 3) погана пам'ять; 4) неуважність; 5) погане спостереження; 6) періодична здатність бачити або думати тільки про одну річ; 7) поспіх; 8) емоційність; 9) здатність робити припущення; 10) лінь; 11) паніка; 12) неадекватні дії за причиною відсутності контролю.

При відсутності чи недостатності інтелектуальної підтримки, особливо в екстремальних ситуаціях, в умовах дефіциту часу на прийняття рішення для безпечного управління рухом судна, важливо своєчасно звернутися до вахтового

помічника капітана та повідомити капітана про появу будь-яких проблем. В свою чергу капітан у необхідних випадках повинен звернутися до берегових фахівців.

Неприпустимо рознесення за допущені помилки, прояви грубості, недовірливості і підозрливості, які людина завжди тяжко переживає.

В таких випадках важливо організувати психологічну підтримку з боку капітана та екіпажу. Поважне та тактовне відношення до підлеглого чи товариша, чітка команда або порада, подані впевненим, твердим голосом знімуть розгубленість та відновлять адекватну поведінку. Зауважимо, що також причинами людських помилок можуть бути наступні психологічні фактори:

1. Психологічна реактивність – відмова робити щось проти власної волі.

2. Захоплення, упередженість норми (виправдання та когнітивний дисонанс) – впевненість в тому, що будь-хто інший зробив би те саме або переживання про те, що подумують інші.

3. Несвідома схильність вірити лише у те, у що хочеться вірити – зміщення підтвердження.

1.5. Допустимий рівень навігаційного ризику та способи його управління

Існуючі навігаційні ризики розглядають залежно від рівня втрат та можливості продовження рейсового циклу судна при виникненні аварійної події. Тому, допустимим ризиком є той, при якому у випадку аварійної події судно може самостійно завершити рейсовий цикл з мінімальними відхиленнями за часом. В сучасних наукових роботах немає узгоджених способів та методів оцінки рівня ризиків та вибору засобів реагування. Ті, які існують, носять абстрактний і узагальнений характер нормативної бази і потребують використання системного підходу до їх класифікації. Такий підхід допоможе підібрати індивідуальні способи щодо оцінювання, вимірювання, прогнозування ризиків та вибору способів для їх уникнення і зменшення ймовірності настання.

Нормативний документ «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) ДСТУ ISO 31000:2018 надає детальні відомості, про оцінку ризиків, в яких описується класифікація їх видів, переваги і недоліки методів для розуміння сутності ризиків і побудови ефективного процесу управління ними. Однак в діючих рекомендаціях відсутні вимоги щодо планування навігаційних ризиків та способів управління їх допустимим рівнем.

Недоліком існуючих рекомендацій являється відсутність окремо виділеного *етапу аналізу і оцінки ризиків*, який необхідно виконувати після закінчення планування координат переходу. Це забезпечить оцінку навігаційної безпеки рейсового циклу та дозволить управляти ризиками на маршруті судна.

Для управління допустимим ризиком існує три способи: 1) планування шляху високоточними координатами траєкторних точок, включаючи криволінійні відрізки шляху, яке враховує маневрені характеристики судна, кут перекладки руля та конфігурацію акваторії для маневрування; 2) використання резервних та дублюючих механізмів і пристроїв судна; 3) технічний ремонт механізмів перед плаванням в районах стиснених вод та інтенсивного судноплавства, який дозволить судну самостійно виконати рейсовий цикл.

Спосіб 1. складається з високоточного планування координат руху судна та враховує маневрені характеристики судна, кут перекладки руля, конфігурацію акваторії плавання і контроль управління по криволінійних траєкторіях. Такий спосіб є корисним при плаванні в стиснених водах: фарватерах, каналах і припортових акваторіях. Алгоритм його розрахунків та планування криволінійних траєкторій представлені в роботах [12, 22-23].

Спосіб 2. будується на використанні резервних та дублюючих механізмів і обладнання судна. Ризик зіткнення трапляється з двох основних причин: при виході з ладу двигунів або при відмові рульового пристрою та додатковою причиною (втрата управляємості судна). Передбачити таку аварію можливо за рахунок здійснення профілактичної моточистки і своєчасної заміни запчастин перед заходом в акваторію стиснених вод. Для запобігання аварійним випадкам, пов'язаним з несправністю рульового приводу, у вузкостях і в районах з

інтенсивним судноплавством, слід тримати в готовності ручне управління рулем та за можливістю планувати маневр з урахуванням ймовірності зупинки двигуна.

Зазвичай на судні є два рульових пристрої – основний і запасний. При зупинці головного двигуна (ГД) або його відмові, можна використовувати дублюючий пристрій. Проте на одно-гвинтовому судні з одним ГД, у разі його зупинки виникає навігаційний ризик підвищеного рівня, оскільки немає запасного пристрою. Такі навігаційні ризики, як посадка на міліну, навал на брівку каналу, зіткнення та інші інциденти виникають тоді, коли на ГД не подається живлення.

Список 3. Базується на технічному обслуговуванні та ремонті механізмів перед плаванням в стиснених акваторіях та районах інтенсивного судноплавства.

Технічний профілактичний ремонт включає мінімальний за обсягом вид роботи для забезпечення нормальної експлуатації судна. Під час такого ремонту виконують регульовальні роботи та усувають несправності судових механізмів шляхом заміни або відновлення окремих складових частин. На підставі даних аналізатора ризиків заздалегідь визначають і заносять в судовий журнал час проходження аварійно небезпечних ділянок шляху та виконані заходи з використання способів управління допустимим ризиком. Перед плаванням на аварійно небезпечних ділянках шляху використовують карту самого крупного масштабу і останні випуски відомостей для судноводіїв (контроль параметрів маневрування, ширина полоси та маневрений зсув) [12].

Для управління допустимим рівнем ризику необхідно забезпечити належне документування всіх дій, прийнятих при використанні аналізатора ризиків, які відповідають виникаючим ситуаціям. Для надійної експлуатації судових пристроїв, перед початком рейсового циклу, потрібно виконати позачерговий профілактичний огляд і ремонт.

2. УПРАВЛІННЯ РІВНЕМ НАВІГАЦІЙНОГО РИЗИКУ

2.1. Змістова модель планування координат шляху та навігаційних ризиків рейсового циклу

Рейсовий цикл є основною формою експлуатації морського транспортного судна. При його виконанні судно проходить небезпечні ділянки зі складними умовами плавання. В таких умовах виникають навігаційні ризики, пов'язані з потраплянням на мілину, зіткненням суден, навалами на брівку каналу та іншими інцидентами.

Факторами виникнення навігаційних ризиків є наступні: недостатня узгодженість капітана і лоцмана при маневруванні; посадка на мілину, викликана неточним плануванням траєкторії руху судна; недостатня підготовка судна та суднового обладнання для плавання в районах з аварійно небезпечними ділянками; несправність головного двигуна; відсутність оперативного контролю бічного зсуву, який викликає навали на портові споруди та інші судна; неточне планування координат шляху в стиснених акваторіях; відсутність аналізу навігаційних ризиків в складних умовах плавання; недостатня підготовка команди навігаційного містка для управління рівнем навігаційних ризиків.

Для визначення рівня індивідуальних навігаційних ризиків при плануванні шляху рейсового циклу необхідно установити причину виникнення і способи управління їх допустимим рівнем.

Міжнародна морська організація нормує планування і контроль руху при рейсовому циклі морського судна. Проте, питання управління маршрутом детально не враховують навігаційні ризики в небезпечних районах плавання та стиснених або складних акваторіях портів. Тому виникає необхідність аналізу всіх небезпечних ділянок шляху при рейсовому циклі судна для можливості визначення факторів ризику та планування способів управління їх допустимим рівнем. Відсутність конкретних рекомендацій з планування навігаційних ризиків

рейсового циклу призводить до неготовності суднового персоналу до управління судном при виникненні аварійних інцидентів в небезпечних районах плавання.

На точність планування маршруту судна і безпеку управління впливає положення координат *шляхових точок* (ШТ). На першому етапі планування необхідно визначити характерні ШТ та оформити у вигляді таблиці ШТ рейсового циклу. Такий спосіб має недоліки, які особливо проявляються при плаванні в каналах, по фарватеру, в припортовому районі і на акваторії порту.

Зауважимо, що класичний спосіб контролю координат руху потребує зняття параметрів відліку координат, нанесення місця на карту і оцінювання положення судна відносно планової траєкторії. Для виконання процесу контролю місця судна необхідно близько 2 хвилин, тому інформація запізнюється до моменту прийняття рішення з коректурі руху. Використання системи підтримки прийняття рішень (СППР), паралельних індексів та сітки координат дозволяє скоротити час обробки інформації з контролю координат руху судна.

Недоліком такого способу є той факт, *що судно ніколи не пройде по шляховим точкам*, які судноводій наносить на карту, оскільки така геометрія значно знижує точність координат *траєкторних точок* (ТТ). Це особливо проявляється в стиснених водах, коли виникає ризик аварійного інциденту.

Для підвищення точності необхідно автоматизувати процес обробки інформації з використанням перерахунку координат, які визначає супутникова антена; визначення абсциси центру ваги, абсциси полюсу повороту і зсуву та ширини маневреної полоси.

Високоточне планування заданого шляху і контроль параметрів переміщення з можливим коригуванням руху при відхиленні дозволить організувати роботу СППР при русі в складних умовах плавання. Для цього необхідні наступні навігаційні параметри:

- 1) розрахунок гальмівних характеристик;
- 2) розрахунок параметрів повороткості;
- 3) розрахунок абсциси центру ваги;

4) визначення високоточних координат приймальної антени та перерахунок їх на центр ваги;

5) розрахунок таблиці координат траєкторії руху у вигляді ШТ, курсів та плавання за ними;

б) розрахунок кутів повороту для кожної ШТ та вибору кута перекладки руля.

На початку руху виконують розрахунок відхилення поточних координат від планових. Далі – розробляють пропозиції щодо коригування руху і результати представляють у вигляді таблиці ШТ, яка прокладається на генеральній карті у вигляді відрізків між ШТ.

Запропонований етап алгоритму планування шляху з процедурою аналізу навігаційних ризиків на основі інженерного способу дозволяє отримати інформацію про аварійно небезпечні ділянки шляху, які зазвичай розміщують в лоціях та інформаційних бюлетенях страхових компаній. Це забезпечує визначення виду навігаційного ризику, відомості про який поступають на аналізатор, що дає можливість вибрати відповідний спосіб управління допустимим рівнем ризику. Змістова модель планування методом шляхових точок наведена на рисунку 2.1.

Натепер в сучасних наукових роботах і нормативному документі «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) ДСТУ ISO 31000:2018 відсутні узгоджені способи та методи оцінки рівня ризиків. Недоліками нормативної бази є узагальненість та абстрактність рекомендацій, тому необхідно використання системного підходу до класифікації існуючих ризиків для вибору способів реагування на їх виникнення.

Інженерний метод управління допустимим рівнем ризику використовують страхові компанії, експерти з розслідування морських аварій, капітанія порту, а також компанії, які управляють судноплавними процесами, оскільки він враховує статистику аварійних подій і частоту прояву видів небезпек.

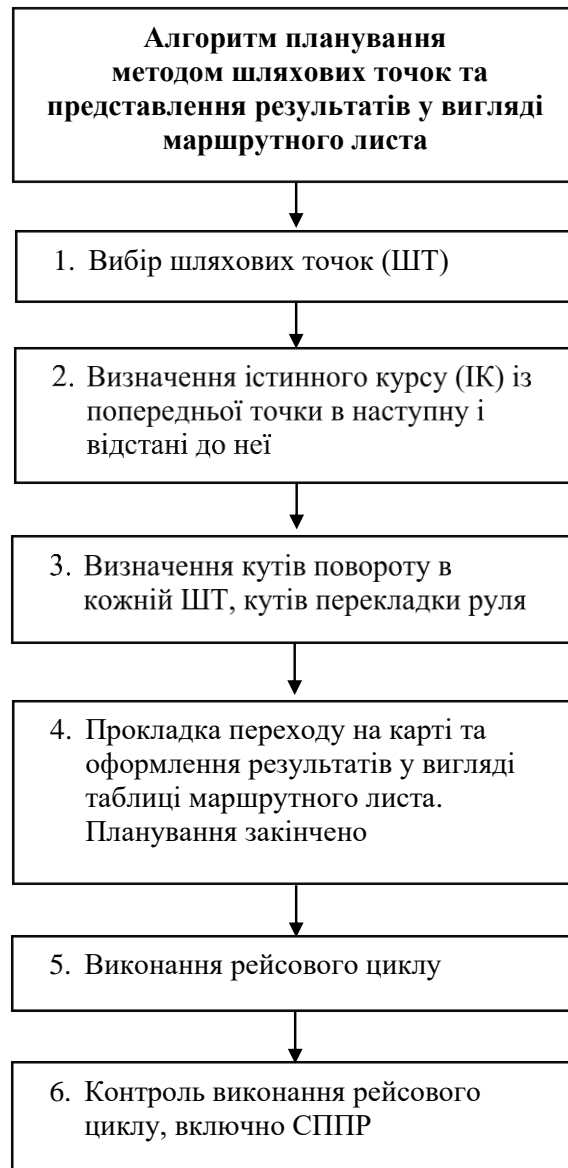


Рис. 2.1. Планування методом шляхових точок у вигляді змістовної моделі

Після прокладки сумарної матриці на основі інженерного методу, на генеральній карті, проводять етап аналізу ризиків протягом всього рейсового циклу. Потім виділяють аварійно-небезпечні відрізки шляху і визначають види ризиків, які будуть зустрічатися на маршруті для розробки методів управління ризиками. Для визначення способів управління існуючими навігаційними ризиками необхідно використання модернізованої системи на базі змістовної моделі планування рейсового циклу *методом траєкторних точок (ТТ)*, яка приведена на рис. 2.2.

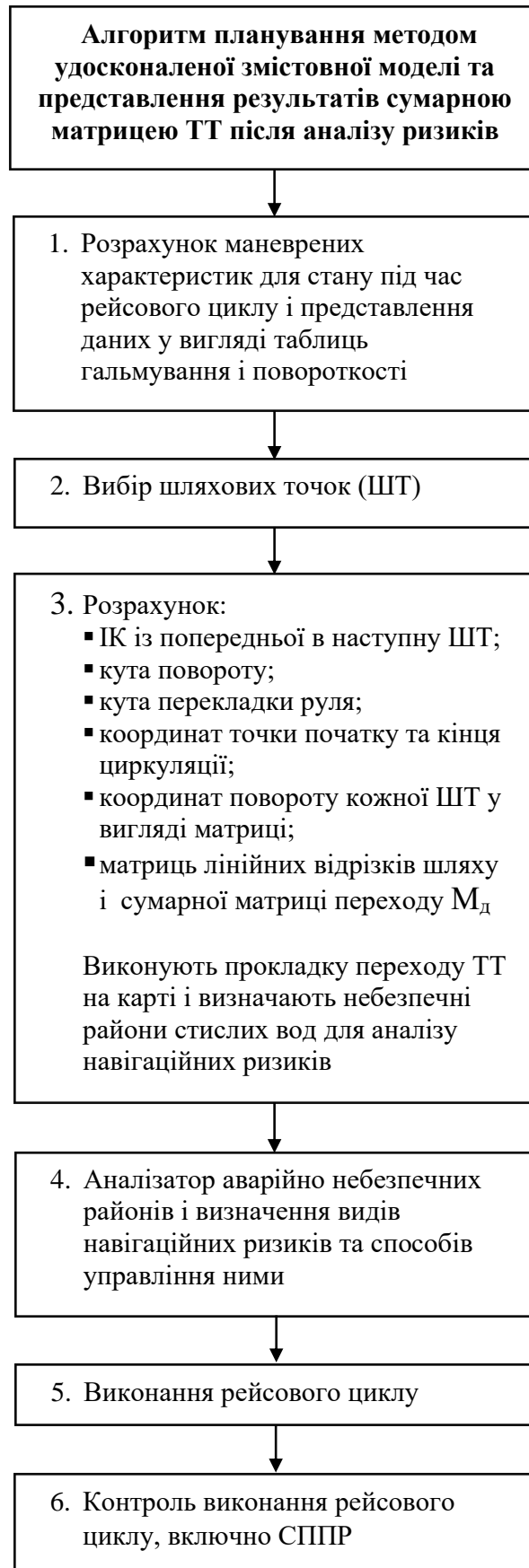


Рис. 2.2. Модернізована система планування методом траєкторних точок

Високоточне планування руху траєкторними точками зменшує рівень ризику посадки на міліну. Тому необхідний автоматичний контроль величини бічного зміщення і введення коректного запасу глибини води під кілем.

Зрозуміло, що постійний автоматичний контроль ширини полоси, шляхом розрахунку абсциси полюсу повороту, дозволяє попередити посадку на міліну, навал на стінку каналу, фарватеру чи судно у причалу або зіткнення.

Застосування запропонованого способу виконано у вигляді «Аналізатора ризиків», який дозволяє визначити причину виникнення ризиків, вибрати алгоритм забезпечення безаварійного руху. Спосіб оформлено у вигляді удосконаленої модернізованої системи, в основі якої закладено змістовну модель планування рейсового циклу методом ТТ. Отже, з початком руху судна необхідним етапом є оперативний контроль бічного зсуву від безпечних планових ТТ, який дозволяє розробити адекватну процедуру коригування руху судна.

Для зменшення рівня навігаційних ризиків, можуть бути розглянуті методи імітаційного моделювання, які базуються на основі побудови моделей впливу небезпек, з врахуванням всіх зовнішніх і внутрішніх факторів, що зустрічаються на шляху рейсового циклу судна.

2.2. Способи управління навігаційними ризиками

Навігаційне планування рейсу судна визначено Міжнародною конвенцією з підготовки, дипломування та несення вахти для моряків (ПДНВ) 1978 року із Манільськими поправками 2010 р. у розділі А-VIII/2, в частині 2:

1. Рейсовий цикл потрібно планувати заздалегідь, беручи до уваги всю наявну до цього інформацію, а будь-який прокладений курс потрібно перевірити до початку рейсу.

2. Старший механік повинен, після узгодження з капітаном, визначити заздалегідь потреби майбутнього рейсу в паливі, воді, мастильних матеріалах, хімікатах, витратних та інших запасних частинах, інструментах, запасах та ін.

3. Капітан кожного судна повинен забезпечити попереднє планування маршруту до початку кожного рейсу (від порту відходу до першого порту заходу), використовуючи відповідні карти та іншу навігаційну документацію, які містять точну, повну і відкориговану інформацію щодо навігаційних небезпек, які стосуються безпеки плавання судна та мають постійний або передбачуваний характер.

4. Запланований шлях має бути прокладений на відповідних картах тільки після перевірки всієї інформації, яка його стосується і бути постійно доступним для вахтового помічника капітана, який до того як забезпечити дотримання відповідного курсу, зобов'язаний перевірити всі параметри запланованого рейсового циклу.

Для оцінки майбутнього маршруту та ймовірності виникнення навігаційних ризиків судноводій може зібрати з інформацію з наступних джерел:

- 1) Catalogue of Admiralty Charts and Publications NP131 – каталог карт і книг;
- 2) Charts – навігаційні карти для підвищення достовірності прокладки на них обсервацій, отриманих за навігаційними супутниками, необхідно з'ясувати, на якій картографічній основі складено карти;
- 3) Ocean Passage For the World – океанські шляхи світу, які містять відомості про кліматичні особливості районів світу та системи океанських течій;
- 4) маршрутні та лоцманські довідкові карти;
- 5) інформація щодо логістики і географічних даних.

Планування переходу складається з трьох етапів: трансокеанський перехід і відкриті морські води; прибережні води і стиснені води; ділянки лоцманського проведення.

Трансокеанський перехід включає планування переходу з урахуванням оцінки та прогнозування майбутніх метеорологічних умов за багаторічними даними (клімат, погода), а також фактичної погоди. Для цього враховують океанські течії, визначають відстань між портами, розраховують на перехід з урахуванням штормового запасу та визначають необхідну кількість бункера, мастил, води і провізії.

Плавання в стиснених акваторіях складається з планування маршруту з урахуванням систем поділу руху, відстанню від небезпек, обмеженням під час проходження територіальних вод, часу проходження найскладніших ділянок, освітленості на час переходу та впливу приливних течій тощо.

Планування плавання ділянками лоцманської проводки враховує маневрові характеристики судна, співвідношення осадки і глибин під кілем, збільшення осадки від швидкості, кут крену на повороті, зміну швидкості, коли можуть виникнути обмеження під час маневрування вночі або залежно від висоти припливу.

Для оцінки ризиків при плануванні рейсового циклу судна доцільно використовувати стандарт «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) ДСТУ ISO 31000:2018, який надає пояснення щодо сутності ризиків і побудови ефективного процесу управління ними.

Розглянемо три способи управління навігаційними ризиками та підходи до оцінки і реагування на їх виникнення.

Спосіб 1. Високоточне планування координат руху судна з урахуванням конфігурації акваторії плавання (планування і контроль управління по криволінійних траєкторіях), маневрених характеристик, кута перекладки руля. Такий спосіб особливо є доцільним при плаванні в стиснених водах, фарватерах, каналах, припортових водах та акваторії порту.

У процесі функціонування СППР використовуються вихідні дані та керовані параметри, які наведено в таблиці 2.1. Вони забезпечують можливість найповнішої реалізації функціональних можливостей СППР судноводія під час планування рейсового циклу судна.

Початкові дані та параметри управління в СППР судноводія для планування рейсового циклу судна

Вихідні дані судна	Фактори впливу	Параметри управління
<ul style="list-style-type: none"> • Довжина судна • Ширина судна • Осадка носом, кормою • Висота надводного борту • Паливо на борту і добова витрата в різних умовах • Вартість палива за тонну • Швидкість судна за різних режимів СЕУ і погодних умов • Кількість вантажу на борту • Кількість баласту на борту • Остійність судна і період хитаєвості • Необхідна вантажна марка на наступний порт заходу • Льодовий клас судна і відповідні йому швидкості за різною товщиною льоду • Опір води і вітру • Сила дії гвинта • Опір пера руля 	<ul style="list-style-type: none"> • Ділянки суші на шляху проходження • Напрямок і сила вітру • Напрямок і висота хвилі • Напрямок і висота брижі • Напрямок і сила течії • Ділянки мілин, банок, скель та інших навігаційних небезпек • Зустрічні циклони, торнадо, тайфуни, області низького тиску, цунамі, аномальні хвилі та ін. • Піратські райони на шляху прямування • Льодові ділянки на шляху прямування • Канали, вузькості та системи розділення руху 	<ul style="list-style-type: none"> • Варіанти маршрутів рейсового циклу з можливістю зміни в процесі проходження • Зміна курсу та/або швидкості • Зміна режиму роботи суднової енергетичної установки (СЕУ) • Зміна налаштувань авторульового • Зміна осадок і посадки судна • Зміна остійності судна • Досягнення необхідної вантажної марки • Приблизна витрата палива • Розрахункова дальність шляху прямування

В сучасних електронних картографічних навігаційно-інформаційних системах (ЕКНІС) використовується приблизний графічний спосіб апроксимації шляху відрізком кривої, яка поміщена в даних про судно, який дозволяє планувати криволінійні траєкторії. Проте такий спосіб є не точним та не задовольняє сучасним вимогам до планування координат криволінійного руху.

У разі використання спеціалізованих СППР судноводія, вибір раціональних параметрів руху судна на переході істотно спрощується. Наведена оптимізація рейсового циклу судна і режимів роботи суднової енергетичної

установки (СЕУ) під час його виконання дасть змогу зменшити ймовірність виникнення аварійних інцидентів та підвищити рівень безпеки вантажоперевезення.

Зміна форми представлення даних про характеристики гальмування і поворотності є результатом переходу на електронні карти. Зрозуміло, що компактна таблична форма на 2-х сторінках паперу формату А4 включає всі необхідні дані про характеристики гальмування і поворотності судна.

Спосіб 2. Використання резервних та дублюючих механізмів і пристроїв судна. Традиційно основний рульовий привод забезпечує перекладку руля з 35° одного борту на 30° іншого борту за 28 секунд (на максимальній швидкості судна). Запасний привод забезпечує поворот з 20° одного борту на 20° іншого борту за 60 секунд (на половинній швидкості, але не менше 7 вузлів).

Практика використання рульового обладнання показала, що в стиснених умовах та при швартуванні вмикають в паралельну роботу два насоси, а при плаванні у відкритих морях задіяно лише один насос. Робота двох насосів забезпечує підвищення швидкості перекладки руля майже в 2 рази. Компанії-виробники рульових пристроїв дозволяють використання режиму сумісної роботи насосів, але в такому режимі трапляються часті відмови. Отже, ризик зіткнення через втрату управляємості судна може трапитись за причинами виходу з ладу двигунів або при відмові рульового пристрою. Тому передбачити такий інцидент можливо за рахунок здійснення профілактичного технічного обслуговування, моточистки та своєчасної заміни запчастин перед заходом в стиснені акваторії.

Попередити ризик виникнення аварії, пов'язаної з несправністю рульового приводу у районах з інтенсивним судноплавством та стиснених водах можливо за рахунок підтримки готовності ручного управління рулем та планування маневру з урахуванням ймовірності зупинки головного двигуна.

Судна, які обладнані двома рульовими пристроями (основним і запасним), мають менший ризик відмови головного двигуна (ГД), оскільки є дублюючий пристрій. Проте, на одно-гвинтовому судні з одним ГД, коли настає зупинка

головного двигуна, навігаційний ризик має підвищений рівень, оскільки відсутній резервний рульовий пристрій. У випадках, коли на ГД не подається живлення – існує високий рівень навігаційного ризику (посадка на міліну, навал на брівку каналу, інше судно або зіткнення). Тому, для надійної роботи систем дистанційного управління рульовою машиною необхідно *забезпечити перехід на ручний режим управління*, який повинен виконувати вахтовий помічник, а вахтовий механік зобов'язаний доповісти про інцидент старшому механіку.

Спосіб 3. Технічний ремонт механізмів перед плаванням в стиснених умовах. Для забезпечення надійної експлуатації судна, до чергового планового ремонту необхідно здійснення технічного профілактичного ремонту за мінімальним обсягом роботи для усунення несправностей судових механізмів, заміни або відновлення окремих складових частин та виконання регулювальних робіт.

На підставі попереднього аналізу аварійно небезпечних ділянок шляху судна потрібно заздалегідь визначити і занести в судовий журнал час їх проходження для визначення способів управління допустимим ризиком d_{don} . Тому, перед плаванням на аварійно небезпечних ділянках шляху потрібно виконати *позачерговий профілактичний огляд і ремонт судових пристроїв*, які забезпечують рух судна для їх надійної експлуатації.

У відповідності з теорією надійності вірогідність безвідмовної роботи судових механізмів $P(t)$ визначається за формулою:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2.24)$$

де $\lambda = 1 / T_o$ – інтенсивність відмов або помилок; $T_o = \Sigma t_i / n$ – напрацювання на відмову або помилку; Σt_i – аналізований час роботи руху на аварійно небезпечній ділянці (несення вахти); n – кількість помилкових дій; t – час проходження ділянки шляху; $e = 2,7182$ – основа натурального логарифму.

Контроль статистичних даних значних помилок, промахів і помилкових дій судоводіїв дозволить отримати вірогідні значення параметрів T_o и λ за

інтервал часу проходження аварійно небезпечної ділянки шляху. Такі характеристики дозволять оцінити кваліфікацію та досвід роботи судноводія.

2.3. Аналізатор навігаційних ризиків рейсового циклу

Оцінка навігаційних ризиків рейсового циклу здійснюється за статистичними та експертними даними про аварійні інциденти, які включають параметри надійності судових систем та обладнання, що збираються протягом усього рейсу судна від порту відходу до порту прибуття. Таких даних та інформації має бути якнайбільше.

Прогнозування навігаційних ризиків можливо за рахунок отримання статистичних характеристик. При цьому аналіз навігаційних ризиків здійснюється за звітними даними експертного розслідування причин і факторів виникнення аварій та їх наслідків (див. розділ 1.3).

Розслідування страхової компанії P&I Club (Protection & Indemnity) причин морських аварій в стиснених районах плавання вказує на однакову природу і фактори виникнення інцидентів. Тому зрозуміло, що способи управління їх рівнем не залежать від регіону, в якому розташовані стиснені води.

Для планування заходу в порт необхідно використовувати більш точні способи виконання підготовки до переходу, чим планування шляху у відкритому морі.

Підготовка координат безпечного переходу судна методом маршрутного листа виконується за чотирма стадіями, згідно з вимогами ММО: I. Appraisal (Оцінка); II. Planning (Планування); III. Execution (Виконання); IV. Monitoring (Контроль). Оскільки цей метод не містить детального плану заходу та виходу із порту, кожна судноплавна компанія окремо розробляє рекомендації для своїх суден.

При плануванні координат шляху першим кроком є вибір шляхових точок (ШТ) на паперових картах для визначення координат опірних пунктів з точністю до десятих частин метра. Зазвичай рекомендується використовувати генеральні

карти (масштаб 1:1000 000), шляхові навігаційні карти (масштаб 1:100 000) і часткові навігаційні (масштаб 1:25 000).

Генеральні карти: дозволяють визначити наявність аварійно небезпечних районів на переході в рейсовому циклі судна за попереднім вибором шляхових точок і початкових даних про їх координати.

Шляхові навігаційні карти: використовуються для всього переходу, включаючи вибір аварійно небезпечних ділянок.

Часткові навігаційні карти: використовуються в стиснених акваторіях плавання (каналах, фарватерах, припортових водах та портових акваторіях). Для деталізації аналізу навігаційних умов в таких районах рекомендовано використовувати карти більш крупного масштабу.

При роботі з картами різних держав виникають похибки двох типів: 1. Використання різних геодезичних основ. Проте, впровадження єдиної координатної системи WGS-84 для розрахунку обсервованих координат в супутникових радіо навігаційних системах дозволило забезпечити тісний зв'язок між національними геодезичними системами. 2. Невисока точність визначення геодезичних координат опорних пунктів, відносно яких на карту наносяться частки прибережжя (розташування нанесених об'єктів зміщено на величину похибки, допущеної при визначенні геодезичних координат опорних пунктів). Вказані похибки обох типів зазвичай мають сумісну дію.

Визначення шляхових точок на основі геодезичної навігації здійснюється в 2 етапи, на перетині рекомендованих шляхів та серединних ліній наступним чином:

Eman 1 – виконується на генеральній карті за координатами портів відходу та приходу;

Eman 2 – починається з порту відходу на карті масштабу 1:25 000, у вигляді суднового плану лоцманської проводки до точки висадки лоцмана.

Для підбору ШТ на весь перехід до точки прийому лоцмана використовуються шляхові навігаційні карти масштабу 1:100 000. Від точки прийому лоцмана, на карті масштабу 1:25 000 складається судновий план заходу

та формується таблиця координат ШТ переходу з допоміжними навігаційними даними для всього рейсового циклу судна, які отримуються на паперовій карті та вручну заносяться в таблицю для використання під час переходу.

Розглянемо планування переходу т/х «Сіріус» по маршруту Йокогама (Японія) – Альма (Австралія), яке може бути виконано двома способами:

- 1) *методом маршрутного листа*;
- 2) *методом траєкторних точок*.

При використанні *методу маршрутного листа*, за координатами шляхових точок (ШТ) знаходиться відстань між двома сусідніми ШТ, а також взаємні напрями, як показано в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Сценарне планування – ШТ при виході із порту Йокогама

№ ШТ	Координати точки	Відстань, кбТ	Курс в наступну точку	Кут повороту	Кут перекладки руля
0	$\varphi = 35^{\circ}22'N$; $\lambda = 139^{\circ}41'E$	-	143°	0°	Перемінні
1	$\varphi = 35^{\circ}27'N$; $\lambda = 139^{\circ}35'E$	87	197°	63°	15° , висадка лоцмана
2	$\varphi = 35^{\circ}59'N$; $\lambda = 139^{\circ}42'E$	170	159°	38°	Перемінні

Другий метод сценарного планування *методом траєкторних точок* (ТТ), при маневруванні, використано для складання суднового плану лоцманської проводки при відході т/х «Сіріус» із порту Йокогама. Висадка лоцмана виконується в шляховій точці ШТ₁, як представлено в табл. 2.4 і на рис. 2.3.

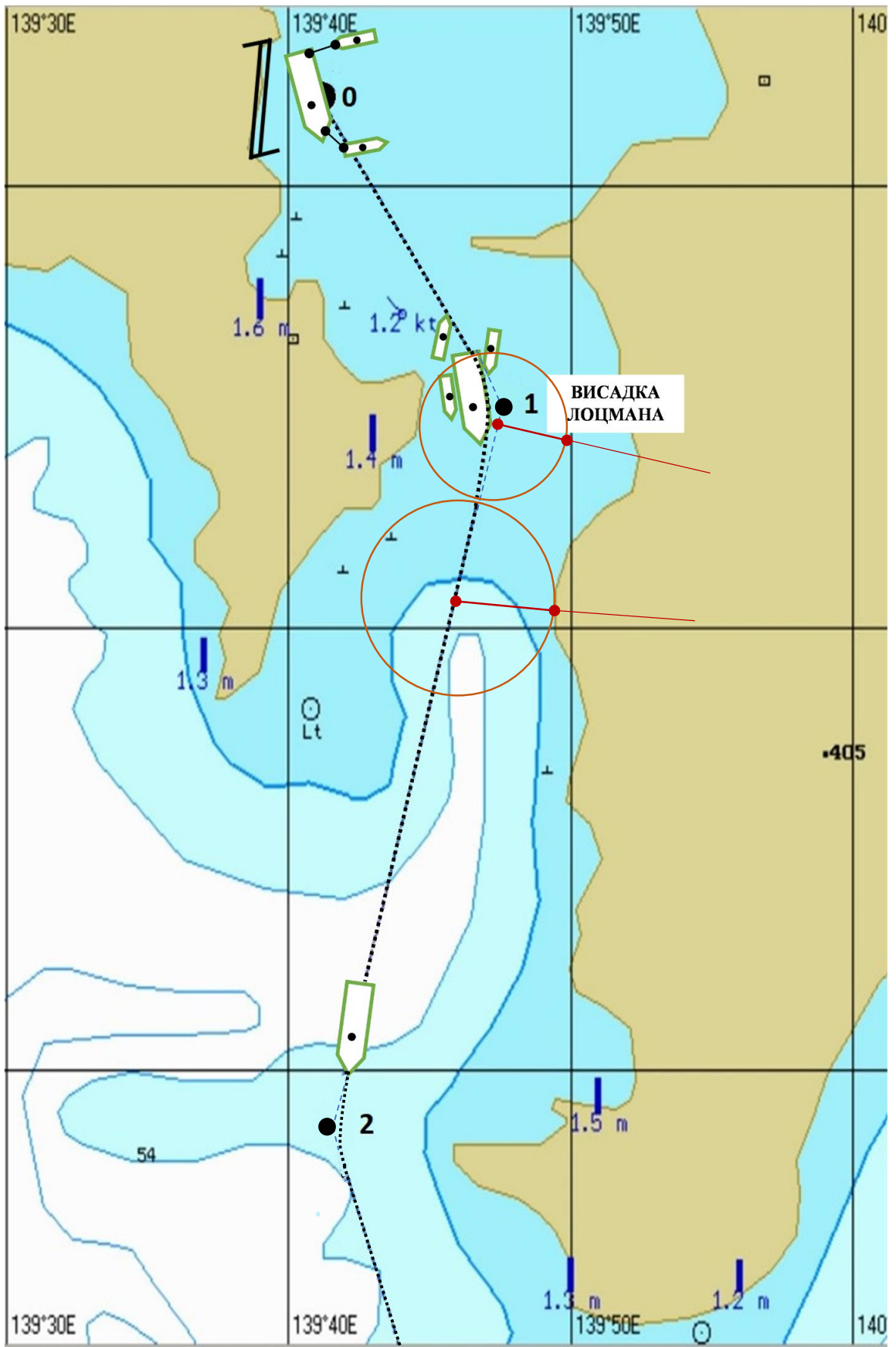


Рис. 2.3. Планування виходу із порту Йокогама траекторними точками (ТТ₀ – ТТ₂)

Таблиця 2.4

Сценарне планування – ШТ переходу Йокогама – Альма для т/х «Сіріус»

№ ШТ	Координати точки	Відстань, морські милі	Загальна відстань, морські милі	Курс в наступну точку	Примітка
0	35° 22.000' N; 139° 41.100' E	-	-	-	Причал – порт Йокогама
1	35° 15.070' N; 139° 47.523' E	8,69	8,69	142,8 °	Висадка лоцмана
2	34° 58.800' N; 139° 41.500' E	16,98	25,67	196,9 °	-
3	08° 49.800' N; 150° 49.800' E	1680,00	1705,67	158,6 °	-
4	01° 32.700' S; 153° 56.300' E	646,86	2352,53	163,3 °	-
5	04° 20.100' S; 153° 53.100' E	166,61	2519,14	181,1 °	-
6	11° 27.500' S; 154° 36.800' E	427,59	2946,73	174,2 °	-
7	21° 50.600' S; 154° 04.500' E	621,34	3568,07	182,9 °	-
8	22° 38.398' S; 154° 04.538' E	47,63	3615,70	180,0 °	-
9	22° 47.000' S; 152° 50.393' E	69,09	3684,79	262,9 °	-
10	22° 58.543' S; 152° 09.545' E	39,44	3724,23	253,0 °	-
11	23° 11.496' S; 151° 38.247' E	31,61	3755,84	245,9 °	-
12	23° 24.410' S; 151° 00.935' E	36,68	3792,52	249,5 °	Прийом лоцмана
13	23° 25.979' S; 150° 58.822' E	2,49	3795,02	231,2 °	-
14	23° 28.848' S; 150° 57.784' E	3,01	3798,03	198,5 °	-
15	23° 31.866' S; 150° 56.248' E	3,32	3801,35	205,1 °	-
16	23° 34.029' S; 150° 53.386' E	3,40	3804,75	230,6 °	-
17	23° 34.468' S; 150° 52.172' E	1,20	3805,95	248,6 °	-
18	23° 34.896' S; 150° 51.856' E	0,52	3806,47	214,3 °	Причал – порт Альма

Точка ШТ₁ є початковою для переходу та визначення координати ШТ. На основі даних табл. 2.4 прокладаємо план переходу шляховими точками (ШТ), схема якого приведена на рис. 2.4.

Прийом на борт лоцмана в порту Альма здійснюється в ШТ₁₂, координати якої наведені в табл. 2.5 для складання плану суднового заходу.

Подальшим кроком є розрахунки матриць координат ТТ циркуляції для ШТ₂ – ШТ₁₀ та матриць прямолінійних відрізків шляху M_{12} , M_{23} , M_{34} , M_{45} , M_{56} , M_{67} , M_{78} , M_{89} , M_{910} , M_{1011} , M_{1112} , які складаються за даними всіх ШТ рейсового циклу (табл. 2.4).

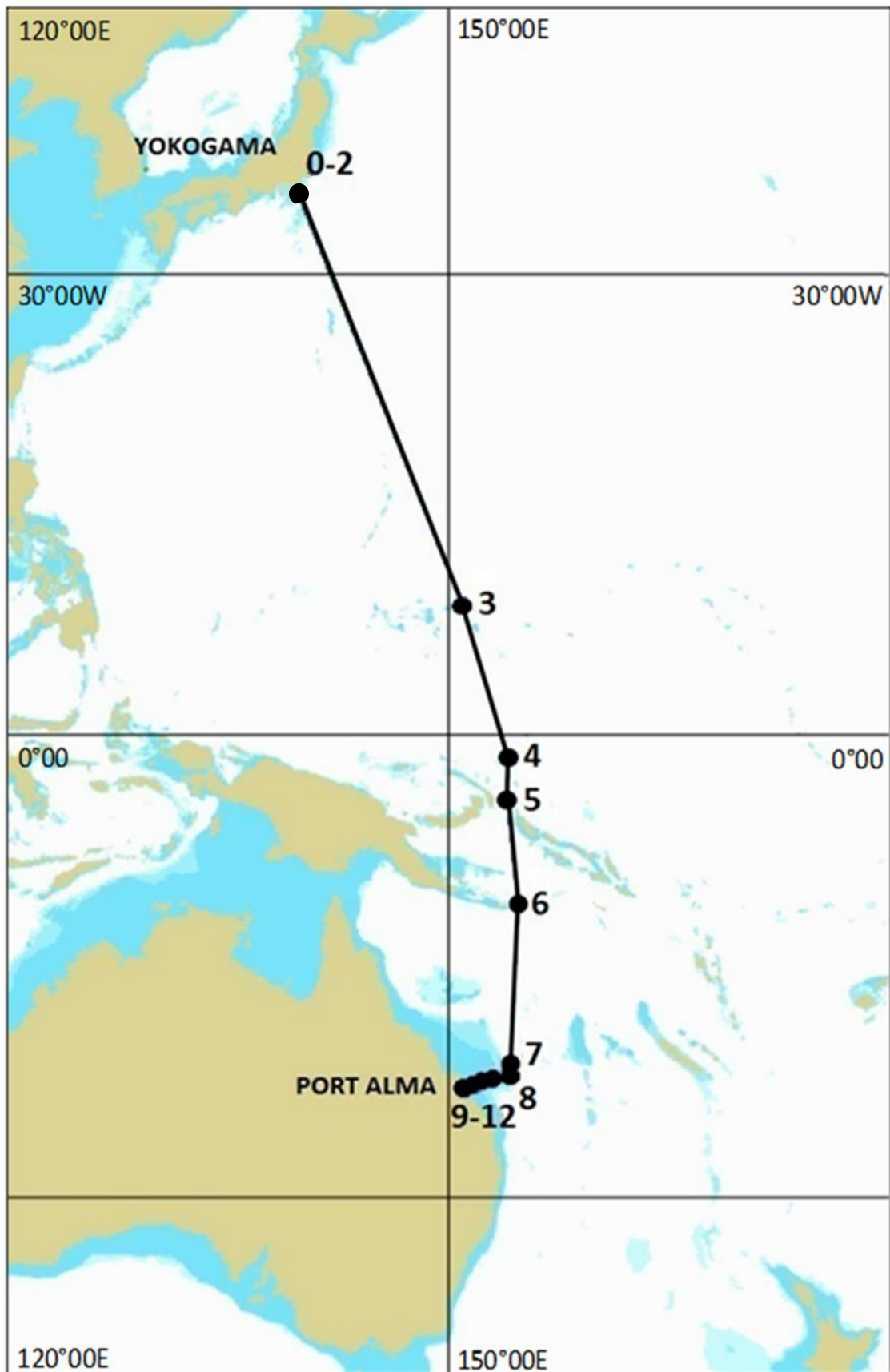


Рис. 2.4. Планування переходу *шляховими точками* (ШТ₀– ШТ₁₂) при виході із порту Йокогама

Шляхові точки – планування входу в порт Альма

№ ШТ	Координати точки	Відстань, морські милі	Загальна відстань, морські милі	Курс в наступну точку	Примітка
12	23° 24.410' S; 151° 00.935' E	36,68	3792,52	249,5 °	Прийом лоцмана
14	23° 28.848' S; 150° 57.784' E	3,01	3798,03	198,5 °	-
15	23° 31.866' S; 150° 56.248' E	3,32	3801,35	205,1 °	-
16	23° 34.029' S; 150° 53.386' E	3,40	3804,75	230,6 °	-
17	23° 34.468' S; 150° 52.172' E	1,20	3805,95	248,6 °	-
18	23° 34.896' S; 150° 51.856' E	0,52	3806,47	214,3 °	Причал – порт Альма

Сумарна матриця рейсового циклу від моменту висадки лоцмана в порту відходу до прийому лоцмана в порту приходу буде розраховуватись за наступною формулою:

$$M_{pq} = M_{12} + M_{12} + M_{23} + M_{23} + M_{34} + M_{34} + M_{45} + M_{45} + M_{56} + M_{56} + M_{67} + M_{67} + M_{78} + M_{78} + M_{89} + M_{89} + M_{910} + M_{910} + M_{1011} + M_{1011} + M_{1112}. \quad (2.25)$$

Траєкторні точки результатів прокладки на карті показано на рис. 2.6-2.8.

Далі, до приходу т/х «Сіріус» в ШТ₁₁, виконується сценарне планування траєкторними точками (ТТ) для швартування до причалу в ШТ₁₈ (рис. 2.5)

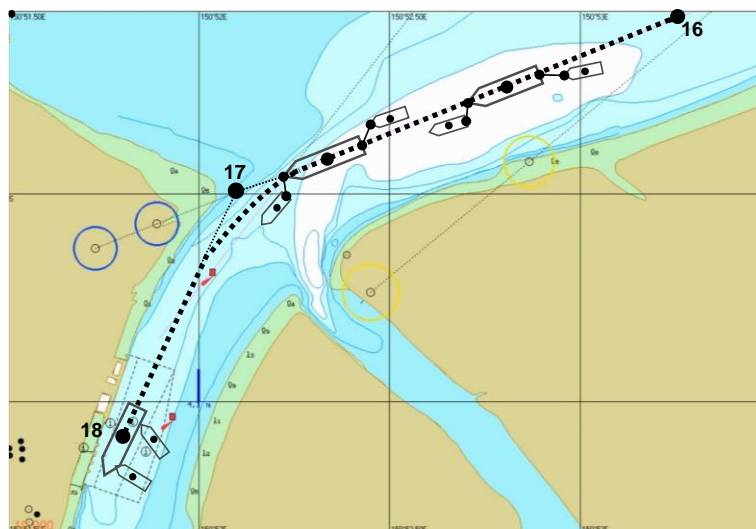


Рис. 2.5. Планування швартування траєкторними точками в порту Альма (ТТ₁₆ – ТТ₁₈)

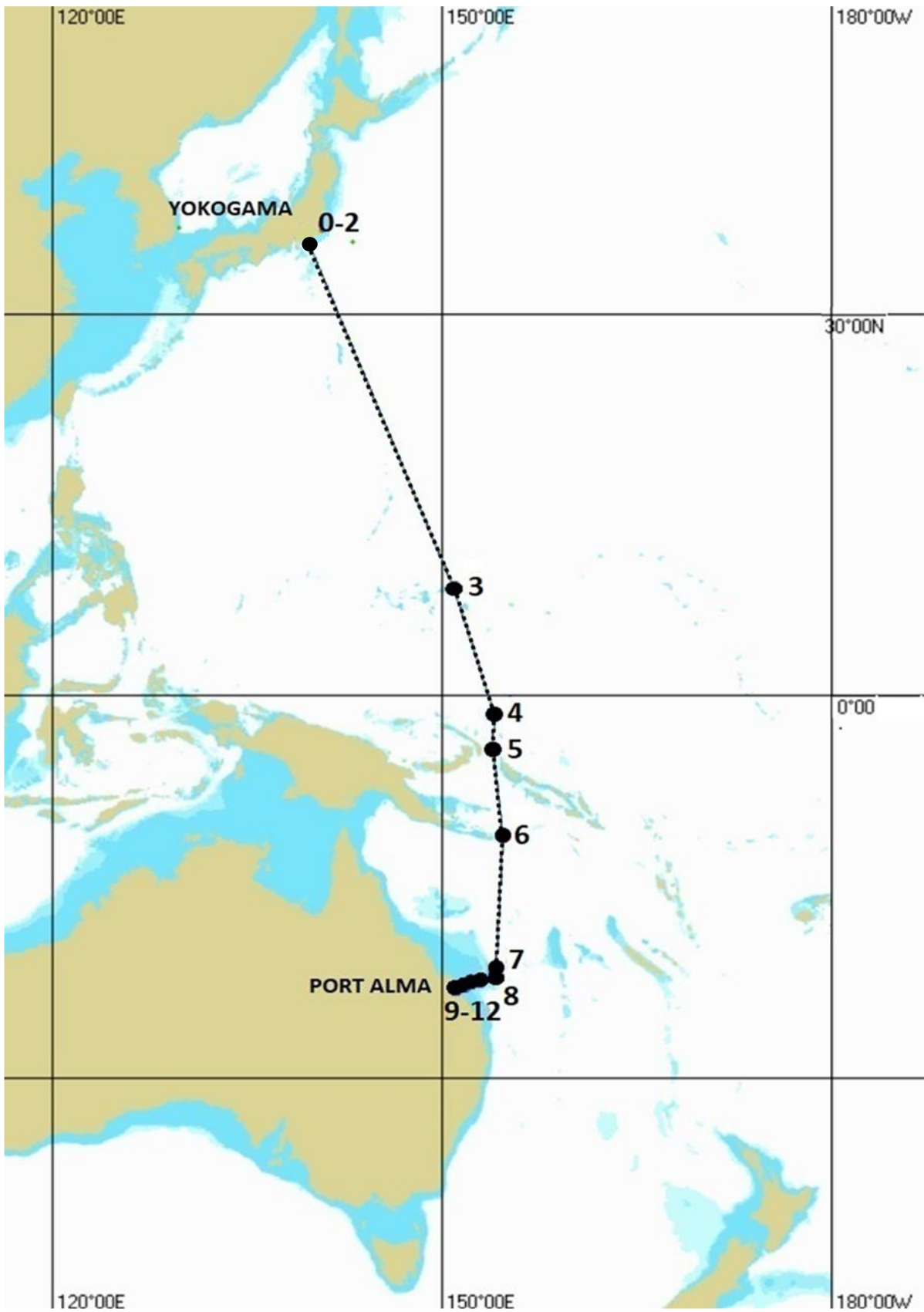


Рис. 2.6. Планування траєкторними точками переходу т/х «Сіріус» за маршрутом Йогоґама – Альма (ТТ₀ – ТТ₁₂)

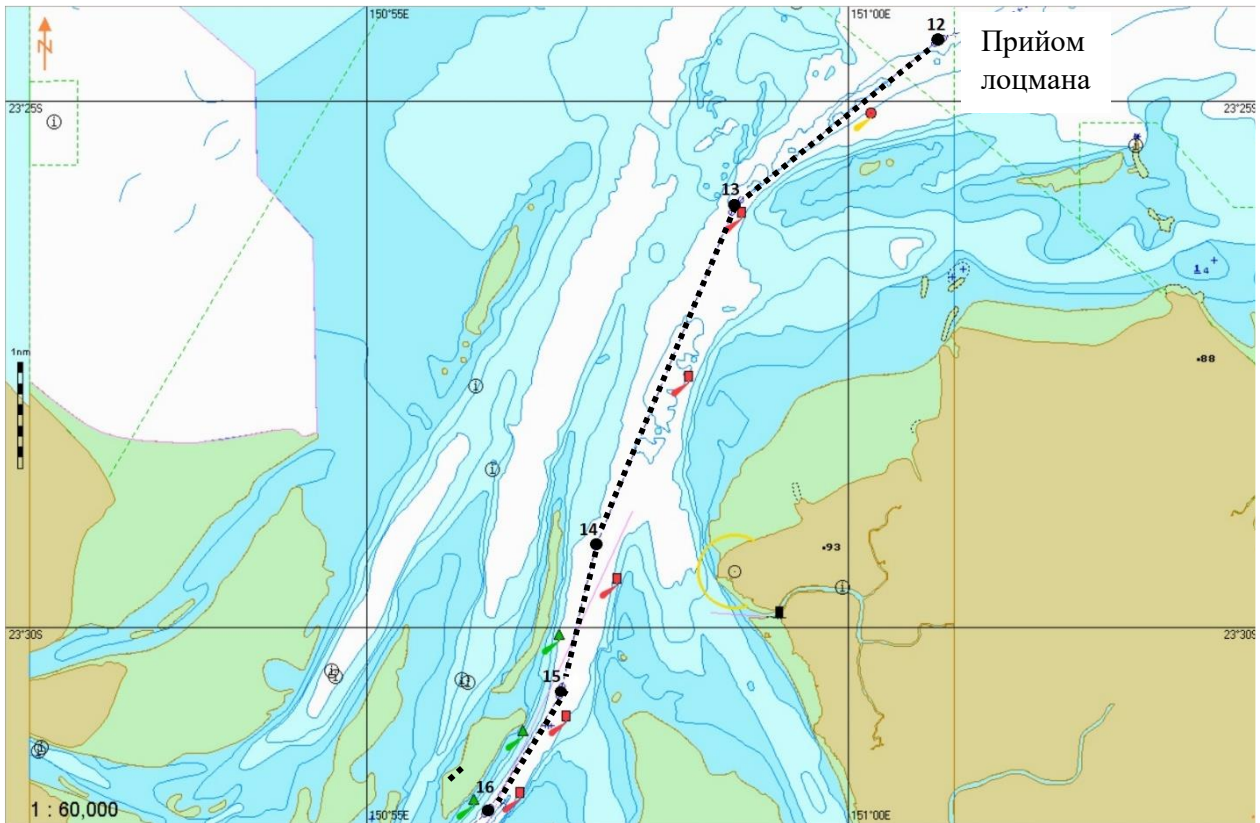


Рис. 2.7. Планування загального переходу Йокогама – Альма (ТТ₁₂– ТТ₁₆)

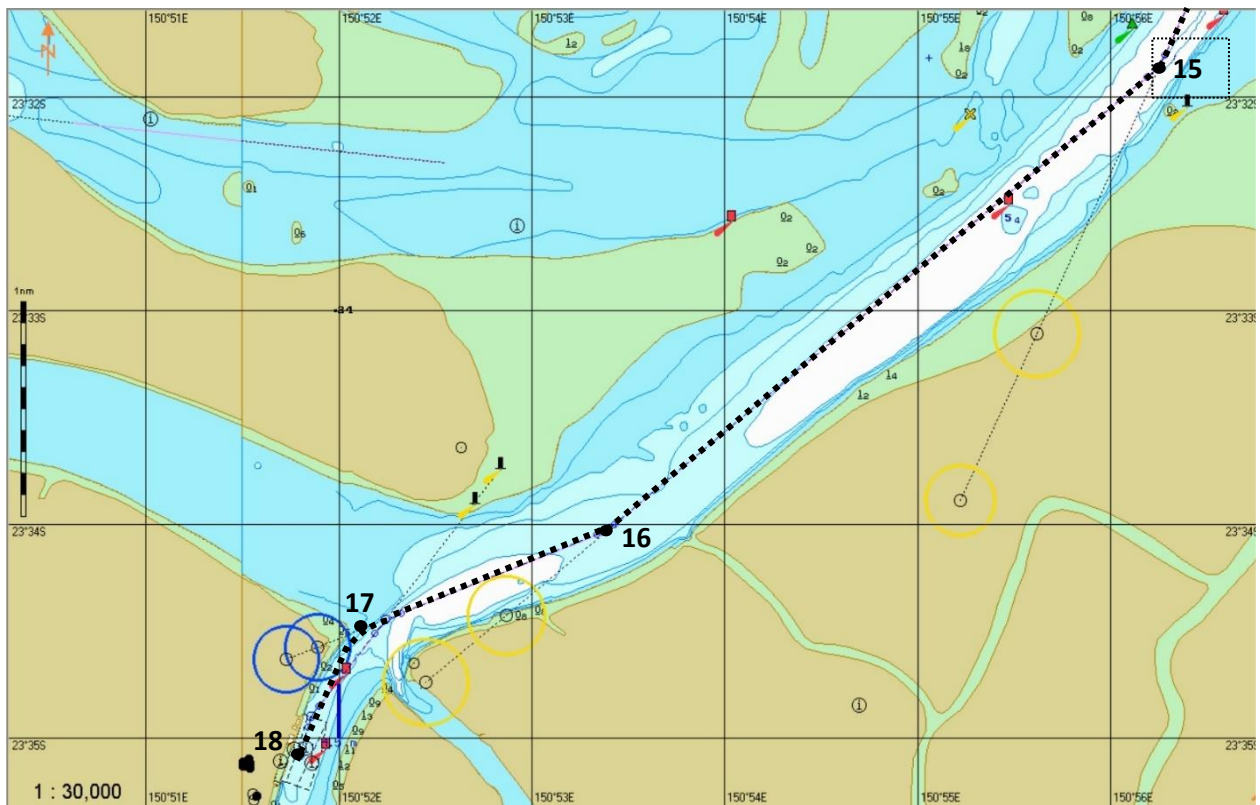


Рис. 2.8. Планування загального переходу Йокогама – Альма (ТТ₁₅ – ТТ₁₈)

Для безаварійного виконання рейсового циклу необхідно використовувати аналізатор виду ризиків (рис. 2.9), який дозволяє визначити їх характер та необхідну передрейсову підготовку для підтримання допустимого рівня ризиків в процесі переходу. Для цього необхідно визначити аварійно небезпечні ділянки, які зустрічаються протягом всього рейсового циклу судна.

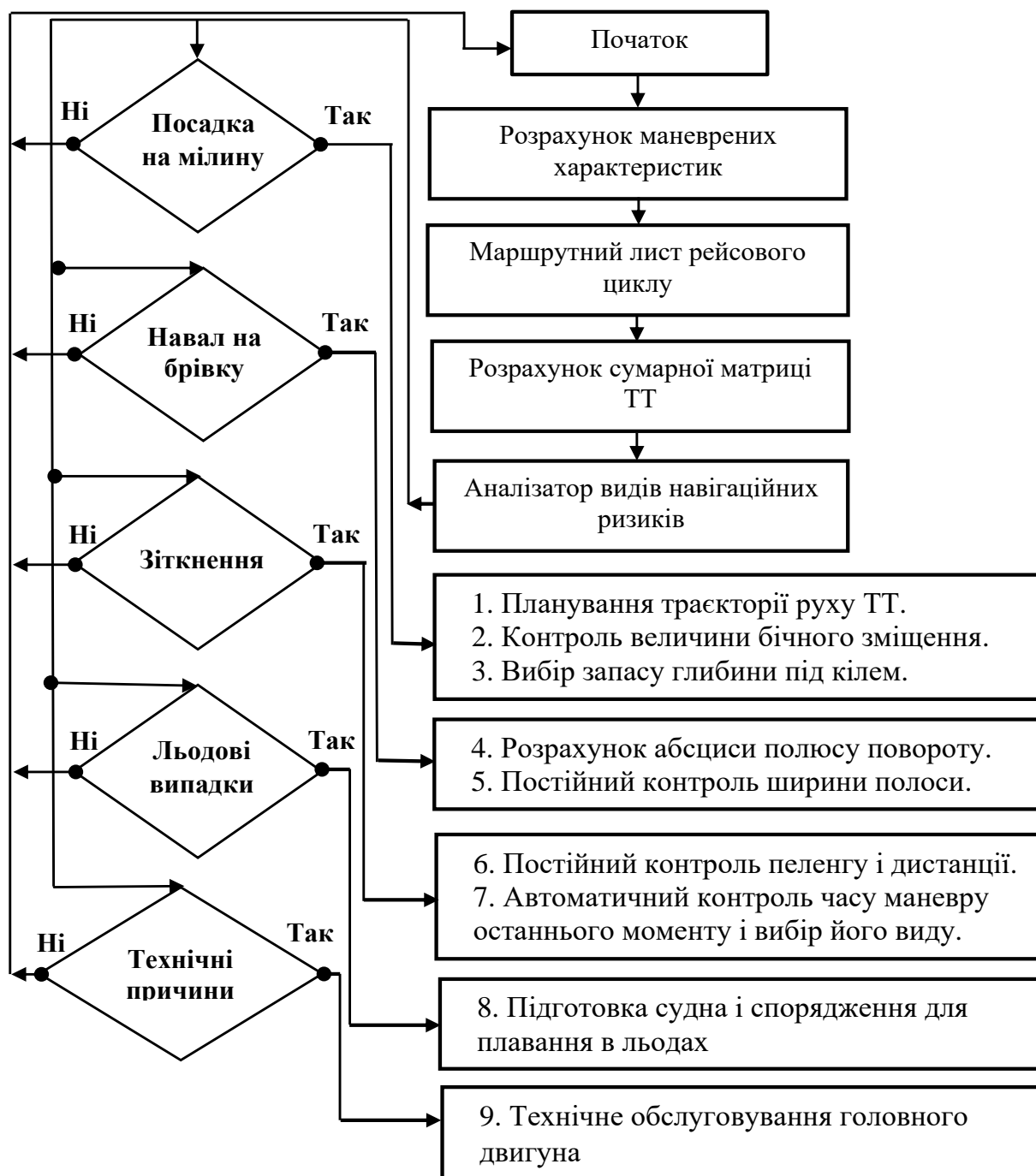


Рис. 2.9. Аналізатор видів навігаційних ризиків

Цей процес дозволить скласти перелік факторів навігаційних ризиків для аналізу їх різновидів, причин і визначення способів управління їх рівнем. Потім на карті прокладається сумарна матриця координат у вигляді ТТ і визначаються аварійно небезпечні ділянки переходу для вибору факторів безпеки і ризику. Для цього враховуються наступні параметри:

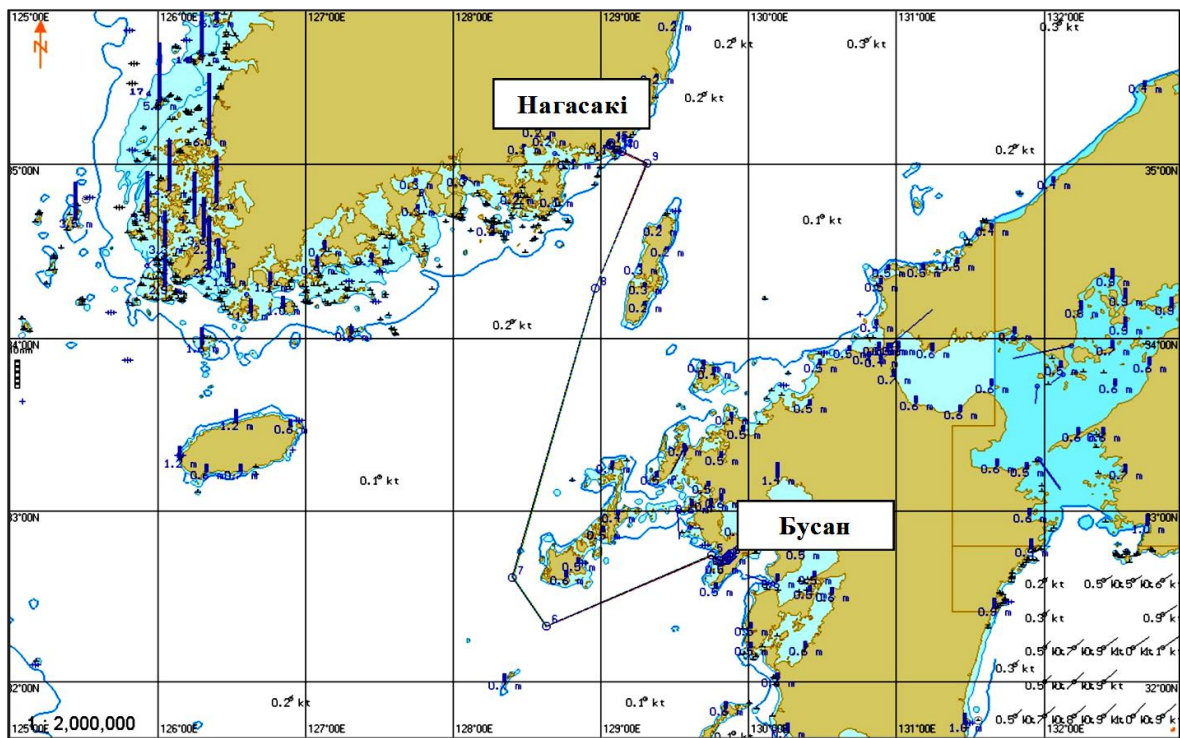
- вид навігаційного ризику;
- інтенсивність судноплавства;
- відношення осадки судна та глибини моря;
- ширина маневреного зсуву;
- статистичні дані ймовірності настання аварійних інцидентів.

Аналізатор навігаційних ризиків дасть змогу підвищити точність існуючого способу планування маршруту судна і дозволить представити дані у вигляді компактної таблиці.

2.4. Узагальнена таблиця навігаційних ризиків рейсового циклу

Оцінку існуючих навігаційних ризиків необхідно здійснювати протягом всього рейсового циклу судна. Особлива увага приділяється аварійно небезпечним ділянкам, де існують найменші дистанції до різних небезпек. Тому, етап аналізу навігаційних ризиків в процесі планування маршруту судна дозволить ідентифікувати їх різновиди, визначити географічне розташування і види орієнтирів та створити узагальнену таблицю з визначенням відстані до небезпек на кожному відрізку шляху. Приклад планування рейсового циклу з визначенням навігаційних ризиків в програмі «Navi Sailor 3000 Transas I» на переході «Нагасакі (Японія) – Бусан (Південна Корея)» наведено на рис. 2.10.

Розглянемо планування маршруту «Йокогама – Альма», для якого рекомендовано враховувати інформацію за морськими лоціями (для порту Альма дані обмежуються до розділу «Port Clinton»), наприклад: Admiralty sailing directions: Australia Pilot Vol. 3 (NP15), 15TH Edition 2022 (рис. 2.11-2.12).



WP	Name	Lat	Lon	RL/GC	Distance	Course	Total Distance	Port XTE	Stb. XTE
0		32° 44.210' N	129° 52.016' E	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
1		32° 43.752' N	129° 51.463' E	RL	0,65 nm	225,6 °	0,65 nm	0,10 nm	0,10 nm
2		32° 43.150' N	129° 50.859' E	RL	0,79 nm	220,3 °	1,44 nm	0,10 nm	0,10 nm
3		32° 42.720' N	129° 49.779' E	RL	1,01 nm	244,8 °	2,45 nm	0,10 nm	0,10 nm
4		32° 42.750' N	129° 48.466' E	RL	1,11 nm	271,5 °	3,56 nm	0,10 nm	0,10 nm
5		32° 44.628' N	129° 44.945' E	RL	3,51 nm	302,3 °	7,07 nm	0,10 nm	0,10 nm
6		32° 19.595' N	128° 37.787' E	RL	62,03 nm	246,2 °	69,10 nm	0,10 nm	0,10 nm
7		32° 36.850' N	128° 24.078' E	RL	20,76 nm	326,0 °	89,86 nm	0,10 nm	0,10 nm
8		34° 17.328' N	128° 57.783' E	RL	104,18 nm	015,7 °	194,04 nm	0,10 nm	0,10 nm
9		35° 00.319' N	129° 18.681' E	RL	46,25 nm	021,9 °	240,29 nm	0,10 nm	0,10 nm
10	P/S	35° 04.185' N	129° 08.782' E	RL	9,00 nm	295,4 °	249,29 nm	0,10 nm	0,10 nm
11		35° 04.729' N	129° 06.763' E	RL	1,74 nm	288,1 °	251,03 nm	0,10 nm	0,10 nm
12		35° 04.976' N	129° 06.287' E	RL	0,46 nm	302,3 °	251,49 nm	0,10 nm	0,10 nm
13		35° 06.471' N	129° 03.667' E	RL	2,62 nm	304,8 °	254,11 nm	0,10 nm	0,10 nm
14		35° 06.794' N	129° 03.626' E	RL	0,32 nm	354,1 °	254,44 nm	0,10 nm	0,10 nm
15		35° 07.192' N	129° 04.113' E	RL	0,56 nm	045,1 °	255,00 nm	0,10 nm	0,10 nm

Характеристики навігаційних ризиків	<p>WP* 5-6 – праворуч прохід повз островів O-Shima 7NM*.</p> <p>WP 6-7 – острів Fukue Shima 8NM справа.</p> <p>WP 7-8 – Fukue Shima 7,5 NM мінімальна дистанція справа, далі 6NM справа банку Korai-sone.</p> <p>WP 8 – 2NM справа Fish Haven (рибні ферми) глибини невідомі, небезпечні для навігації.</p> <p>WP 8-9 – можуть зустрітися об'єкти, що плавають на поверхні, включаючи китів.</p> <p>WP10 – P/S (Pilot Station, висадка лоцмана).</p> <p>*WP – waypoints, шляхові точки;</p> <p>*NM – nautical miles, морські милі.</p>
--	--

Рис 2.10. Приклад планування переходу порт Нагасакі – порт Бусан

Home Contents Index

CHAPTER 3

with overfalls further S, overfalls also occur N and S of Berwick Island. Thence:
ENE of High Peak Island (22 miles N 05.05) Curtis and Capricorn Channels converge in this vicinity. (Directions continue at 6.37)

Alternative route
5.220
1 From the vicinity of a position 5 miles NE of Cape Capricorn (23°29'45" 151°14'04") (5.219), an alternative route leads generally NNW and beaches between the route described above to pass between Cape Townshend (23°12'15" 150°29'02") and High Peak Island. The route subsequently rejoins a continuation of the main route NE of Bakley Islet (21°02'25" 149°33'51"). The track leads initially NNW to a position 4 miles ENE of Clara Group (22°29'05" 150°43'12"), passing (positions from Egg Rock (23°12'15" 150°29'02")):
2 ENE of Hammocky Island (12½ miles SSE) (5.219), thence:
ENE of Egg Rock (5.219), thence:
ENE of Barren Island (2½ miles NNW) (5.219), thence (positions from Clara Group);
ENE of The Pinnacles (32½ miles SSE) (5.219), thence:
WSW of Flat Island (28 miles SSE) (5.219), thence:
WSW of Peak Island (23½ miles SSE), (Peaked Island on chart AUS 367) (5.219), and:
ENE of Cape Mansfield (22 miles SSE), composed of rocky banks with sandy beaches between the land behind rises quickly to the high, bold and wooded Mansfield Hills. An inlet, sparsely covered with vegetation, lies 3 cables E of the cape, with an above-water rock, inside-race rock, between the inlet and rock. Thence:
4 ENE of Quoin Island (14½ miles SSE), a rocky patch, which dries 0.6 m less 2 cables SSW of the island; thence:
ENE of the N end of Cape Clinton Peninsula (12 miles SSE), identifiable by Mount Flinders, 15.2 m in height and 1.5 miles NNW, standing 1½ miles WSW of Cape Clinton. The peninsula is the S entrance point to Port Clinton. Thence:
ENE of Entrance Island (9 miles SSE), which is rocky and surrounded by stands of Clinium. The island lies off the N entrance point to Port Clinton. Thence:
ENE of Dome Island (2½ miles SSE) which together with Split Island (2½ miles SSE) (5.219) forms the S group of Hayes Islands. Thence:
4 ENE of Clara Group (5.219).
Thence the track leads NNW, adjusting course as necessary to pass:
NE of a bank with a least depth of 12.4 m over it (7 miles WNW), lying off the entrance to Strong Tide Passage, thence:
1 1 mile SSW of the bank with a least depth of 9.4 m over it (10 miles NNW), marked by overfalls; the rock lies close E of a sector (010°-012°) of High Peak Island Light (23°12'15" 150°29'02") which is obscured by Cheviot Island. Thence:
4 SW of Cheviot Island (15 miles N 05.05), thence:
NE of Cape Townshend (15 miles NNW), the N extremity of Townshend Island which is high, level and sparsely wooded on its E and SE sides, cliffs 120 to 150 m in height extend 2½ miles SE from the cape. Cape Island, a rock, lies at the end of a
dry rock ledge extending 4 cables W from Cape Townshend.
Useful marks
5.221
1 Mount Adberton (22°46'S 150°45'E) (5.211).
2 Mount Nicolson (22°25'S 150°33'E), highest and N summit of Peninsular Range, a radio tower (15 m in height; obstruction light) stands on the summit. (Directions continue at 6.37)

Strong Tide Passage
Chart AUS 822 (see 1.15)
Strong Tide Passage
5.222
1 **General description.** Strong Tide Passage (22°20'S 150°32'E) is the SE entrance to Shoalwater Bay, which is described at 6.53. The passage and the bay lie within Shoalwater Bay Military Training Area and are subject to restriction of access: see 5.214.
2 The NE entrance between Reef Point (22°19'S 150°34'E) and the SE extremity of Townshend Island, 1 mile NW, has a rocky bottom and a depth in the fairway of about 2 m. Within the entrance there are depths of more than 5 m through the greater part of the length of the passage, which is partially obstructed by rocks and shoals, some of which lie in mid-channel, Crane Island, 6 m in height, bare and rocky, lies on the N side of the fairway; 2 miles WSW of Reef Point (22°19'S 150°34'E), over which there is a depth of about 2.9 m, extends across the SW entrance.
3 **Caution.** The passage is dangerous at all times and not recommended.
Local knowledge is essential.
4 **Tidal streams** set through the passage at rates of 5 to 6 kn. There are overfalls in the NE entrance of the out-going stream.

Port of Rockhampton
Chart AUS 247, AUS 366, AUS 819
General information
5.223
1 **Position and function.** The city of Rockhampton (23°23'S 150°31'E), with an estimated population in 2004 of 65,100, stands on Fitzroy River 35 miles above its entrance. The deep-water berths and principal facilities of the port are situated at Port Alma (23°25'S 150°32'E) which is a natural deep-water harbour offering security and shelter with a minimal requirement for dredging. Port Alma is able to handle larger expensive cargoes than any other port in Queensland.
2 A fishing fleet operates from the port.
3 **Topography.** The whole area of the extensive delta of Fitzroy River and its connecting creeks lying S of a line between Sea Hill Point (23°29'55" 150°57'E) and Sea Hill Point, 6 miles W, is low and mangrove-covered except for low hills rising from some of the creeks. The coastal belt on the N side of Curtis Island is similar but rises inland to the moderately high and wooded ground of Ramsay Range.
4 There is also higher ground on the mainland N of Fitzroy River basin where Flat Top Range extends to Inroadment (23°28'S 150°46'E), in SE summit, and where Mount Boreker 13 miles further WNW, the SW-most of Boreker Range, rises near the city of Rockhampton.

174

© CROWN COPYRIGHT 2005 Admiralty Watermark Protected

Home Contents Index

CHAPTER 3

Chart AUS 247
Harbour
5.224
1 **General layout.** The main berthing area is at Port Alma (23°25'S 150°32'E), lying in the mouth of Raglan Creek about 13 miles from Fitzroy Light-buoy and approached through marked channels continuing on from Sea Reach. Anchorage areas are available off Sea Hill Point and Shell Point, both situated along this approach.
2 **Tidal streams** - Keppel Bay. In the approaches to the port in the outer part of Keppel Bay, and also in the N part of the bay between Keppel Isles and the mainland, the tidal stream sets in the in-going stream to Rockhampton and W in the out-going stream. From about Cape Capricorn (23°29'45" 151°14'04") however, to Hummocky Island 6½ miles NW, these directions are reversed, probably due to an eddy; and the in-going stream to the bay sets N in this area. Close E of Cape Capricorn the in-going stream runs N for approximately 7¼ hours from about 3 hours before LW at Mackay to about 1 hour before HW at the same port; the out-going stream then runs S for approximately 4½ hours.
3 In the vicinity of Cotter Bank, 7½ miles WNW of Cape Capricorn, the in-going tidal stream sets N for approximately 4½ hours.
4 The rates of the above streams have seldom been found to exceed 1½ kn.
5 In the vicinity of the pilot boarding ground (23°24'45" 151°01'40"), the in-going stream sets strongly W on to East and Centre Banks at spring rates up to 3½ kn; the out-going stream sets E at similar rates.
6 **Fitzroy River.** Off Sea Hill Point (23°29'55" 150°57'E), the tidal streams set fairly strongly SSW/NW through the Narrows (5.209).
7 In the vicinity of Owebery Rock (23°32'45" 150°55'55"E), the in-going stream has a W component setting towards Hayes Spit and the out-going stream sets towards Cardigan Point.
8 At Port Alma (23°25'S 150°32'E), both in and out-going streams set parallel to the line of the berths.
9 **Major light:**
1 Cape Capricorn Light (23°29'25" 151°14'20") (5.218).
Directions
1 **Approaches from south and east** should be made from the vicinity of Cape Capricorn (23°29'45" 151°14'04").
2 **Caution:** see 5.213.
3 **Leading mark.** Peak Island, also known as Second Lamp (23°29'45" 150°56'20") shaped like a sugar loaf, bears 201° in height; Mount Wheeler (16 miles WNW of the island), the N and highest summit of Ross Range, open N of it leads to the approach to the port of Rockhampton. A rock (23 m in height) stands close N, and Split Rock, divided into two parts, lies 3 cables NW of Peak Island; Hayes Spit and a high though it stands at the outer end of a reef of above and below-water rocks extending 1 mile SSE from the island.
4 The track passes (positions from Cape Keppel (23°26'55" 151°03'30")):
NNE of Cape Capricorn (10 miles ESE) (5.219),
NNE of a patch with a depth of 8.2 m over it (6½ miles E), the outermost dune on the edge of Hayes Spit, and light-buoys extending up the N coast of Curtis Island, a 1.8 m patch
dry rock ledge extending 4 cables W from the E end of Casuarina Island. Allowance must be made for the set of the tidal stream (see 5.220). The track passes (positions from Fitzroya Point (23°34'55" 150°31'00")):
9 NW of a light-beacon (special) (4½ miles ENE), marking the NW side of Curlew Spit, the track into South Channel and Fitzroy River (5.220) leads WSW from this vicinity. Thence:
NW of Cardigan Point (4½ miles ENE), a beacon used as a leading mark for South Channel stands off the point, thence:
10 NW of No 1 Light-buoy (port hand) (3½ miles ENE), marking Owebery Rock.
11 **Eapatoria Point Leading Light:**
Front light-beacon (white square topmark) standing on Eapatoria Point, the W entrance point to Raglan Creek.
12 Rear light-beacon (similar topmark) (295 m WSW of front beacon).
13 The alignment (248°) of the above light-beacons leads WSW between Shell and Karach Point in a least depth of 10 m, passing:
SSE of Shell Point (1 mile NE), the SE extremity of Casuarina Island; leading lights (see below) stand on the point, off which there is an anchorage (5.230).
14 **Shell Point Leading Light:**
Front light (9½ cables NE).
The alignment (038°) of the above lights leads SW through a dredged channel 100 m in width to the berths at Port Alma. The depth in the channel is given at 5.227. The track passes:
15 NW of No 10 Light-buoy (port hand) (2 cables SSE), marking Hayes Spit, the S entrance point to Keppel Bay.
16 **Cherchess Point Leading Light:**
Front light-beacon (white square topmark) standing on Cherchess Point, the S entrance point to Kamsheir Passage; thence:
NW of No 12 Light-buoy (port hand) (4½ cables S), marking the NE corner of the swing basin with a least depth of 6.1 m. The basin is dredged to a width of 240 m between the four of the wharves and No 12 Light-buoy, and to a width of 290 m from the S mooring dolphin of No 3 berth.

175

© CROWN COPYRIGHT 2005 Admiralty Watermark Protected

Home Contents Index

CHAPTER 3

lying 1½ miles SSE of the 8.2 m patch is the N-most of depths less than 2 m which extend from there S to shore. Thence:
4 SSW of Fitzroy and Ship Rocks and Hummocky Island (6 miles ENE) (5.219); there is deep water between them; thence:
NNE of Cotter Bank (2 miles ENE); Boat Rock and numerous patches with depths less than 2 m over them, lie between the bank and Curtis Island. Thence:
To a position NNE of Cape Keppel, a green headland rising to Bald Hill, 7 cables SSE.
4 Thence the track leads ZIP for about 4 miles, with Hummocky Island bearing astern, to the vicinity of the pilot boarding ground (23 miles NW), passing:
N of a patch with a depth of 9.6 m over it (1½ miles N), the shoaldest danger N of Keppel Rocks which consist of a rocky ridge extending from the cape. The outermost above-water danger on this ridge is a rock (17 m in height). Thence:
5 N of an isolated patch with a depth of 7.9 m over it (2½ miles NNW), an 11 m patch lies 6 cables farther NW; and:
N of Timandra Bank (1¼ miles NNW) which dries in places and which extends 3½ miles W from the outer end of Keppel Rocks. Timandra Light-buoy, also known as Fitzroy Light-buoy, (side water) (3½ miles WNW) is moored off the NW side of Timandra Bank and marks the start of the entrance channel into the port.
6 **Caution.** See 5.230 for details of tidal streams in the vicinity of the pilot boarding ground.
7 **Clearing bearing.** The line of bearing 121° of Cape Capricorn Light (23°29'25" 151°14'20") (5.218) passes NE of Cotter Bank 8 miles ENE; thence:
Useful marks when entering Keppel Bay:
1 Fitzroy Light (23°25'S 151°01'E) (5.219) and Ship Rock, 1 mile farther ENE.
Chart AUS 820
5.223
1 **Approach from north.** From a position N of Keppel Bay the track leads about 5 m approximate longitude 151°01'E towards Cape Keppel (23°26'55" 151°03'30"), passing (positions from Cape Keppel):
E of Outer Rock (23½ miles NNW), bold and steep-to. The rock is the E-most danger of the N group of Keppel Isles. Thence:
E of Man and Wink Rocks (20 miles NNW), steep-to and standing together, thence:
2 1 mile W of Barren Island (17 miles N 05.219), and:
E of Great Keppel Island (Whangabarra) (16 miles NNW), the largest of Keppel Isles. It is inhabited and covered with grass and a few trees; (see view A on chart AUS 366). A light (white CRP) but, 2 m in height) is displayed from the E point of the island; Sykes Rock (below-water) and Haman Rock, 3½ cables ENE, and 1½ miles SSE respectively from the same E point, are the E-most dangers off the island. Thence:
3 W of Egg Rock (15 miles N 05.219), thence:
Chart AUS 247
W of Lisa Jane Shoals, three patches with depths of 7.6 to 11.9 m over them, (8½ miles NW). Thence with Sea Hill Point (23°29'55" 150°57'E) (5.223) bearing SSW, the track leads SSW to the pilot boarding ground (¼ miles NNW) and towards Timandra Light-buoy (3½ miles WNW) (5.222), passing:
4 ENE of Jahn Shoals (3½ miles NNE), patches with depths between 7.9 and 10 m over them, thence:
ENE of East Bank (5 miles NW), the seaward end of an irregular spit known locally as Long Spit, with the depths less than 5 m over it, extending 9 miles NE from Cattle Point (10¼ miles WSW).
5 **Caution.** See 5.230 for marks on tidal streams in the vicinity of the pilot boarding ground.
6 **Useful marks:**
1 Mount Barker (23°31'45" 151°00'30"), rising from the moderately high and wooded N coast of Curtis Island.
2 **Entrance channel.** From the vicinity of the pilot boarding ground (23°24'45" 151°01'40") the track leads SW in depths of more than 10 m between Timandra Bank (23°26'S 151°00'E) (5.222) and Centre Bank, 6 cables NW, which forms a part of Long Spit (5.222). The track passes (positions from Sea Hill Point (23°29'55" 150°57'E)):
2 NW of Timandra Light-buoy (4½ miles NNE) (5.222), thence:
NW of No 2 Light-buoy (port hand) (3½ miles N), marking the W extremity of Timandra Bank. Thence the track leads SSW, passing:
WNW of No 4 Light-buoy (port hand) (2 miles N), marking the NW side of North West Bank, extending from the coast of Curtis Island.
3 **Balacava Island Leading Lights:**
Front light-beacon (white triangle point up on white beacon) (4½ miles SW), standing on Balacava Island, a mangrove-covered mud flat except where South Hill rises to 5 m over it, extending 9 miles NE from Reef Light-beacon (white triangle point down on white beacon) (9 cables SSW of front beacon).
4 The alignment (209°) of the above light-beacons leads SSW from the outer edge of North West Bank through Sea Reach in a least depth of 7.6 m, between the drying mud flats in the N entrance to The Narrows to E and Wagtail Sands to W. The track passes:
5 WNW of Sea Hill Point, the NW extremity of Curtis Island and the N entrance point to The Narrows (5.209). Sea Hill Point Light (12 m in height) is displayed from the point. Sea Hill itself rises 1 mile ENE. See 5.240 for anchorage details. Thence:
ESE of Wagtail Sands (1½ miles W), about 4 miles in length and which dries; thence:
6 WNW of No 6 Light-buoy (port hand) (2½ miles SW), marking the NW edge of South Head Shoal which, with Curlew Spit, a drying mud flat, extends from the N end of Balacava Island. Thence:
ESE of No 1 Light-buoy (starboard hand) (3½ miles SW), marking the SE edge of Wagtail Sands.
7 **Karatch Point Leading Light:**
Front light-beacon (white triangle point up, on beacon 7 m in height) (7½ miles SW), standing close off the N coast of Karatch Point on the W extremity of Balacava Island.
8 Rear light-beacon (white triangle point down, on beacon 15 m in height) (5 cables SW of front beacon).
9 The alignment (236°) of the above light-beacons leads SW in a least depth of 7.3 m between Balacava Island and

176

© CROWN COPYRIGHT 2005 Admiralty Watermark Protected

Home Contents Index

CHAPTER 3

Haynes Spit, a drying mud flat extending from the E end of Casuarina Island. Allowance must be made for the set of the tidal stream (see 5.220). The track passes (positions from Fitzroya Point (23°34'55" 150°31'00")):
9 NW of a light-beacon (special) (4½ miles ENE), marking the NW side of Curlew Spit, the track into South Channel and Fitzroy River (5.220) leads WSW from this vicinity. Thence:
NW of Cardigan Point (4½ miles ENE), a beacon used as a leading mark for South Channel stands off the point, thence:
10 NW of No 1 Light-buoy (port hand) (3½ miles ENE), marking Owebery Rock.
11 **Eapatoria Point Leading Light:**
Front light-beacon (white square topmark) standing on Eapatoria Point, the W entrance point to Raglan Creek.
12 Rear light-beacon (similar topmark) (295 m WSW of front beacon).
13 The alignment (248°) of the above light-beacons leads WSW between Shell and Karach Point in a least depth of 10 m, passing:
SSE of Shell Point (1 mile NE), the SE extremity of Casuarina Island; leading lights (see below) stand on the point, off which there is an anchorage (5.230).
14 **Shell Point Leading Light:**
Front light (9½ cables NE).
The alignment (038°) of the above lights leads SW through a dredged channel 100 m in width to the berths at Port Alma. The depth in the channel is given at 5.227. The track passes:
15 NW of No 10 Light-buoy (port hand) (2 cables SSE), marking Hayes Spit, the S entrance point to Keppel Bay.
16 **Cherchess Point Leading Light:**
Front light-beacon (white square topmark) standing on Cherchess Point, the S entrance point to Kamsheir Passage; thence:
NW of No 12 Light-buoy (port hand) (4½ cables S), marking the NE corner of the swing basin with a least depth of 6.1 m. The basin is dredged to a width of 240 m between the four of the wharves and No 12 Light-buoy, and to a width of 290 m from the S mooring dolphin of No 3 berth.

177

© CROWN COPYRIGHT 2005 Admiralty Watermark Protected

Рис. 2.1 Загальна інформація порту Альма: обмежувальні умови; прибуття; гавань; напрямки; річка Фіцрой; причали (Admiralty Sailing Directions. Australia Pilot, стор. 174-177)

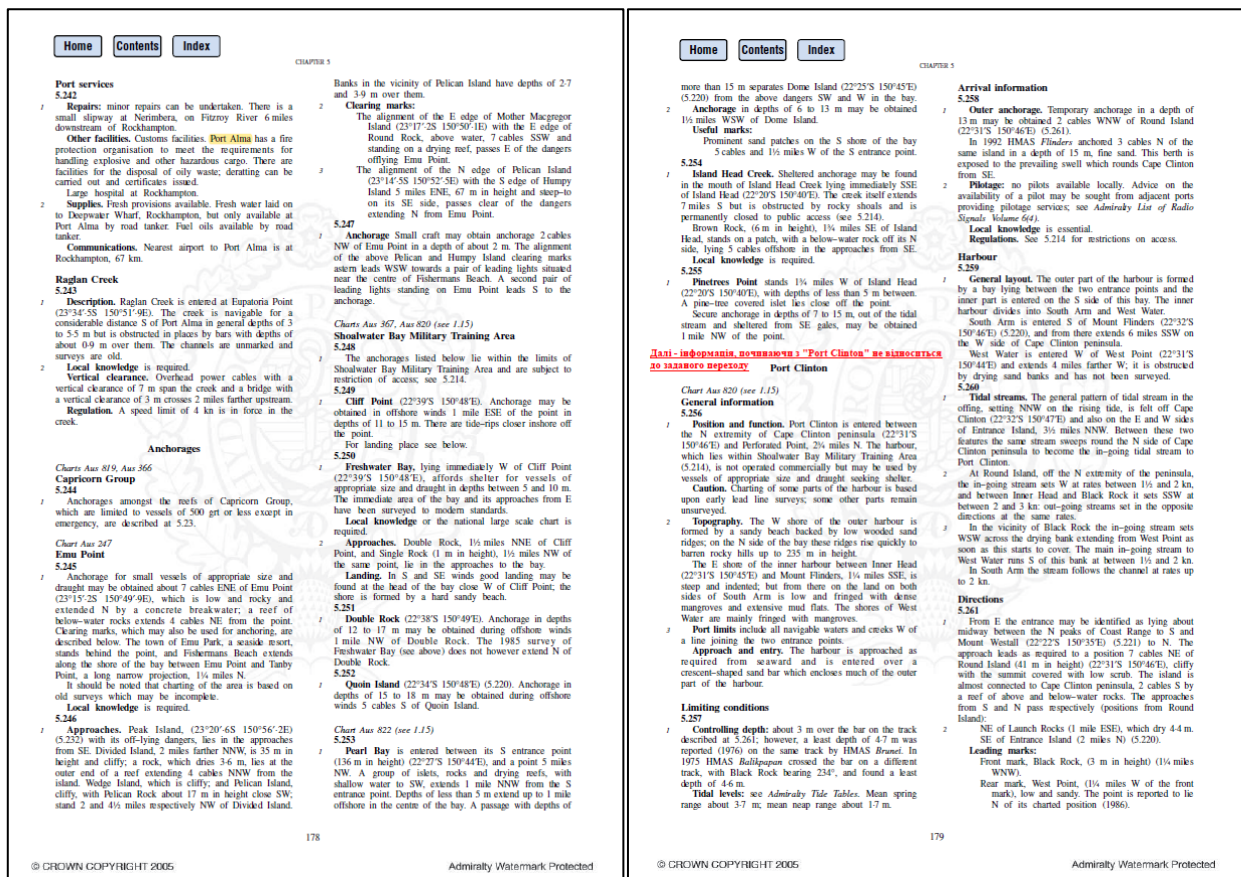


Рис. 2.12. Інформація порту Альма до розділу «Port Clinton»: портові послуги; опис протоки Реглан Крік; якірні операції; обмеження доступу Військового полігону Shoalwater Bay Military Training (Admiralty Sailing Directions. Australia Pilot, стор. 178-179)

Вихід з порту Йокогама до лоцманської станції (висадки лоцмана) необхідно виконувати з особливою обережністю під керівництвом лоцмана. Далі контролюємо наступні параметри:

- 1) найменша дистанція по правому борту до берегів Японії 2,42 морських милі (рис. 2.13);
- 2) найменша дистанція 2,92 морських милі по лівому борту (рис. 2.13);
- 3) спостереження за дистанцією 3,50 морських миль у маяка Nojima Saki по лівому борту (рис. 2.14);
- 4) зміна курсу, зменшення дистанції до 3,35 морських милі по лівому борту (рис. 2.15);

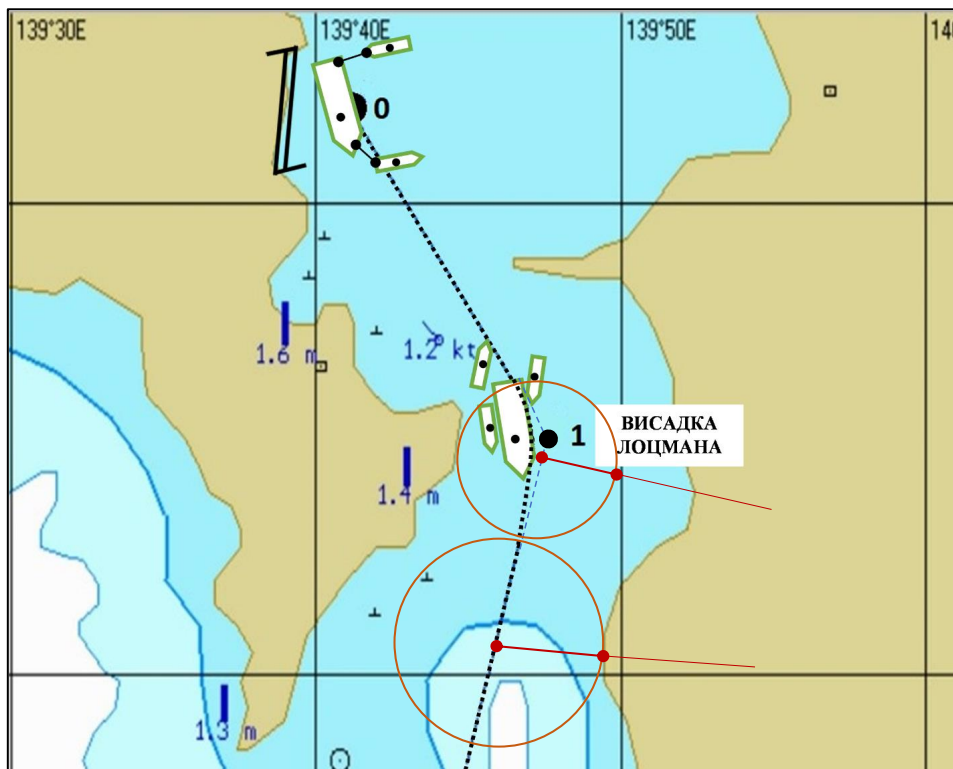


Рис. 2.13. Контроль дистанції по лівому та правому борту при виході із порту Йокогама (ШТ₀ -ШТ₁)

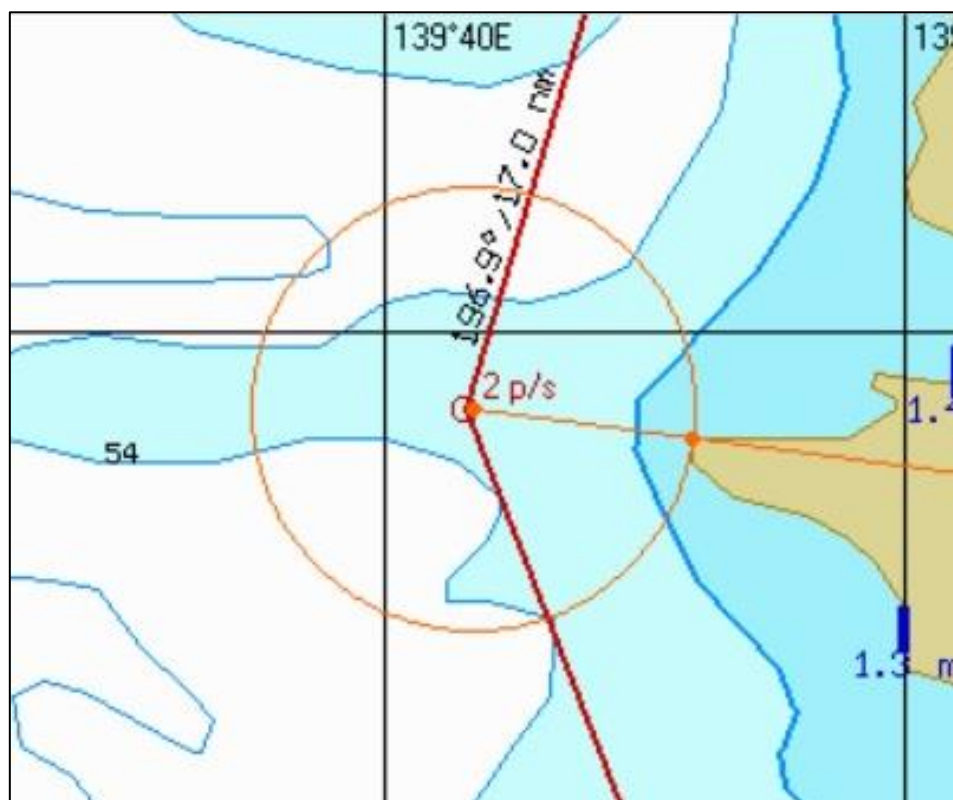


Рис. 2.14. Зміна дистанції по лівому борту 3,50 милі відносно маяка Nojima Saki, мису Suno Saki (Японія), який розташований на південному краю півострова Босо

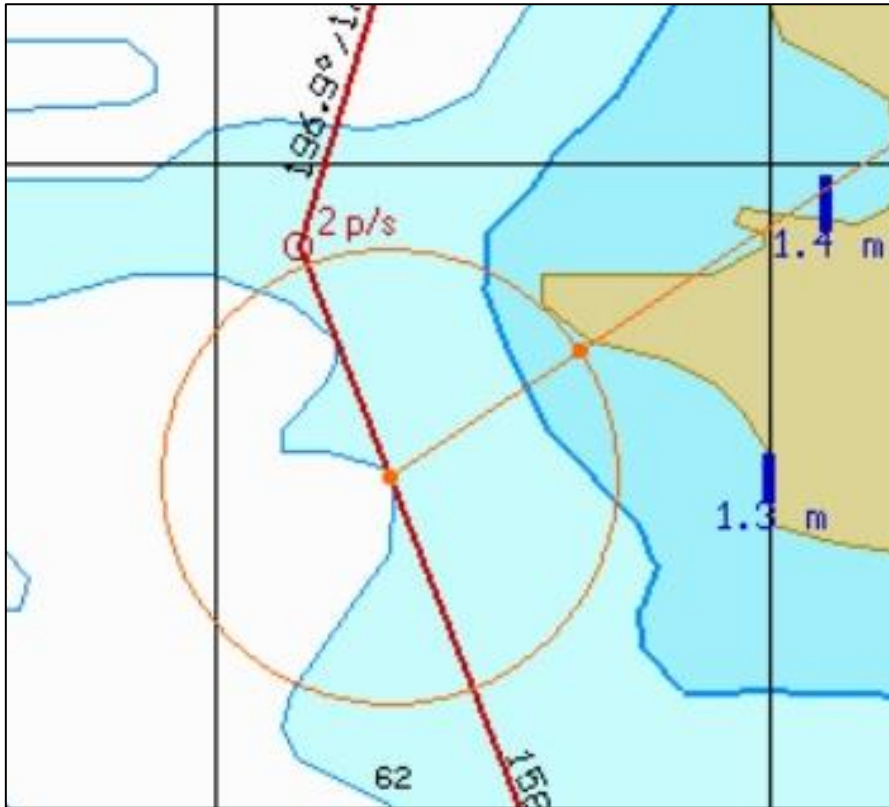


Рис. 2.15. Зміна дистанції 3,35 милі по лівому борту відносно маяка Nojima Saki (Японія).

5) врахування найменшої дистанції 8,7 морських милі на ділянці Puaanu Pass по лівому борту, острови Togas I, які не є безпосередньою небезпекою (рис. 2.16);

6) безпечна відстань 21,3 морських милі – прохідний Lyra Reef, видалений затоплений кораловий атол, діаметром близько 40 кілометрів на площі 1300 квадратних кілометрів, потім враховуємо відстань 7,5 морських милі та справа 30 метрову глибину, виміряну ще в 1944 році (рис. 2.17);

7) перед проходом Pioneer Channel з правого борту є безпечна дистанція до островів 8,7 морських милі – ділянка Feni Islands (архіпелаг в південно-західній частині Тихого океану, що належить Папуа – Новій Гвінеї, рис. 2.18);

8) особлива обережність в двосторонній зоні розділення руху, увага на ділянці з перетином смуг руху (рис. 2.19);

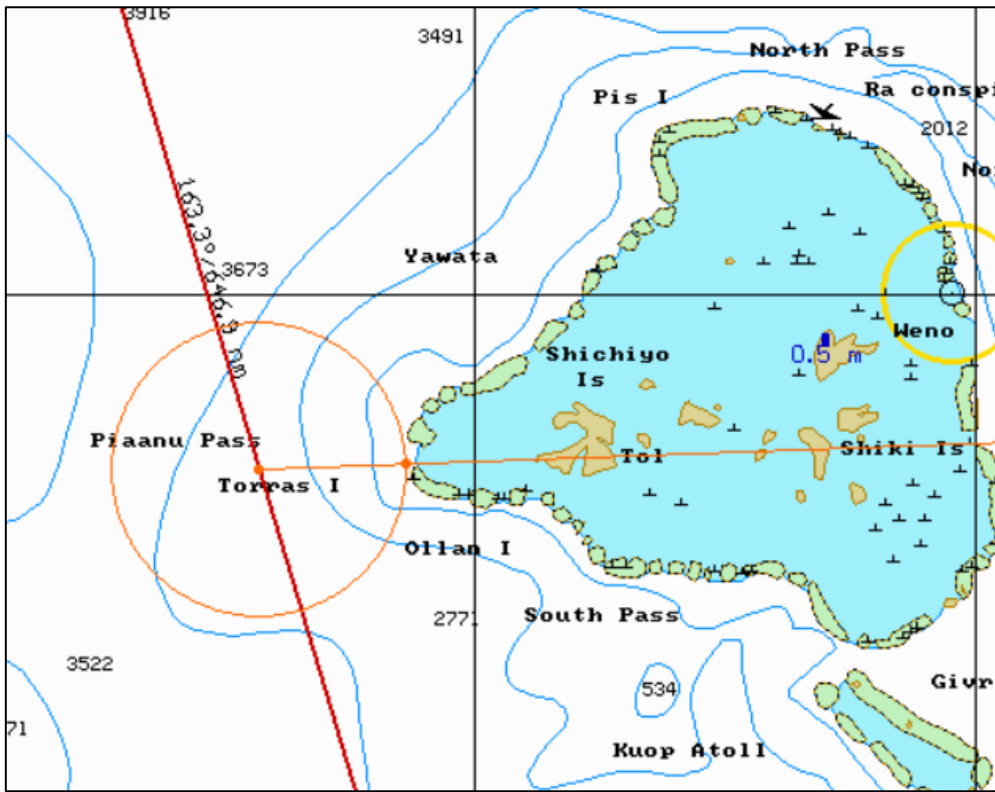


Рис. 2.16. Найменша дистанція 8,7 миль в зоні островів Торрас І по лівому борту, на ділянці Ріаану Пасс (південно-західна частина Тихого океану)

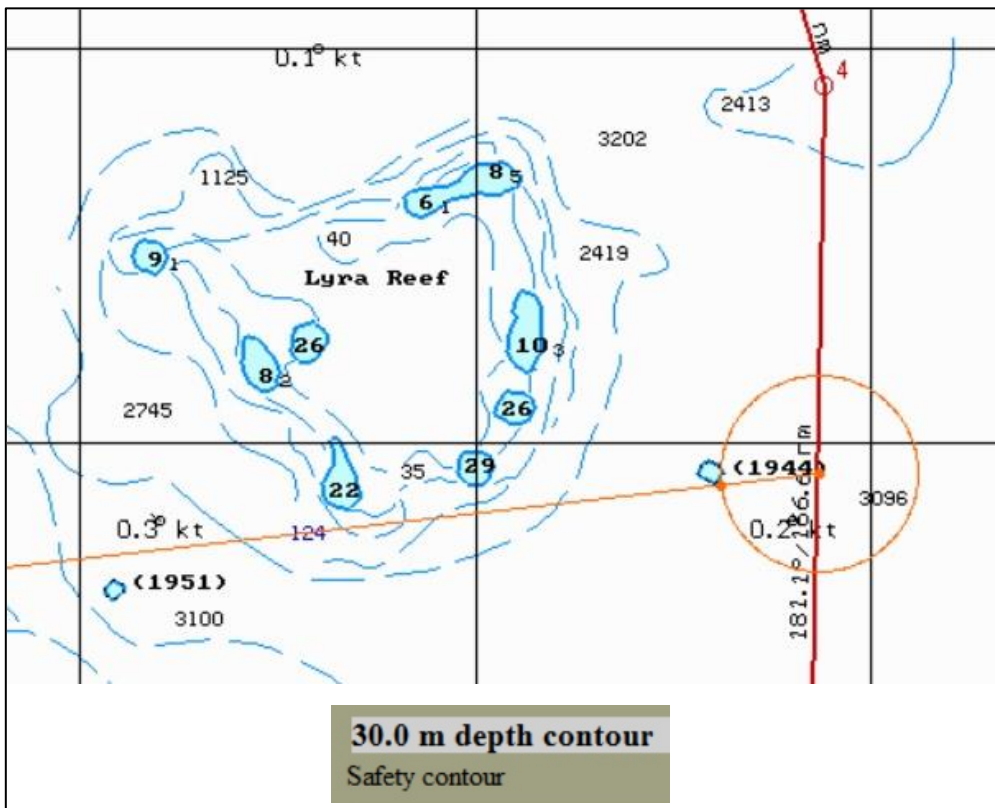


Рис. 2.17. Безпечна дистанція 21,3 миль – Lyra Reef, праворуч на дистанції 7,5 миль – глибина 30 метрів

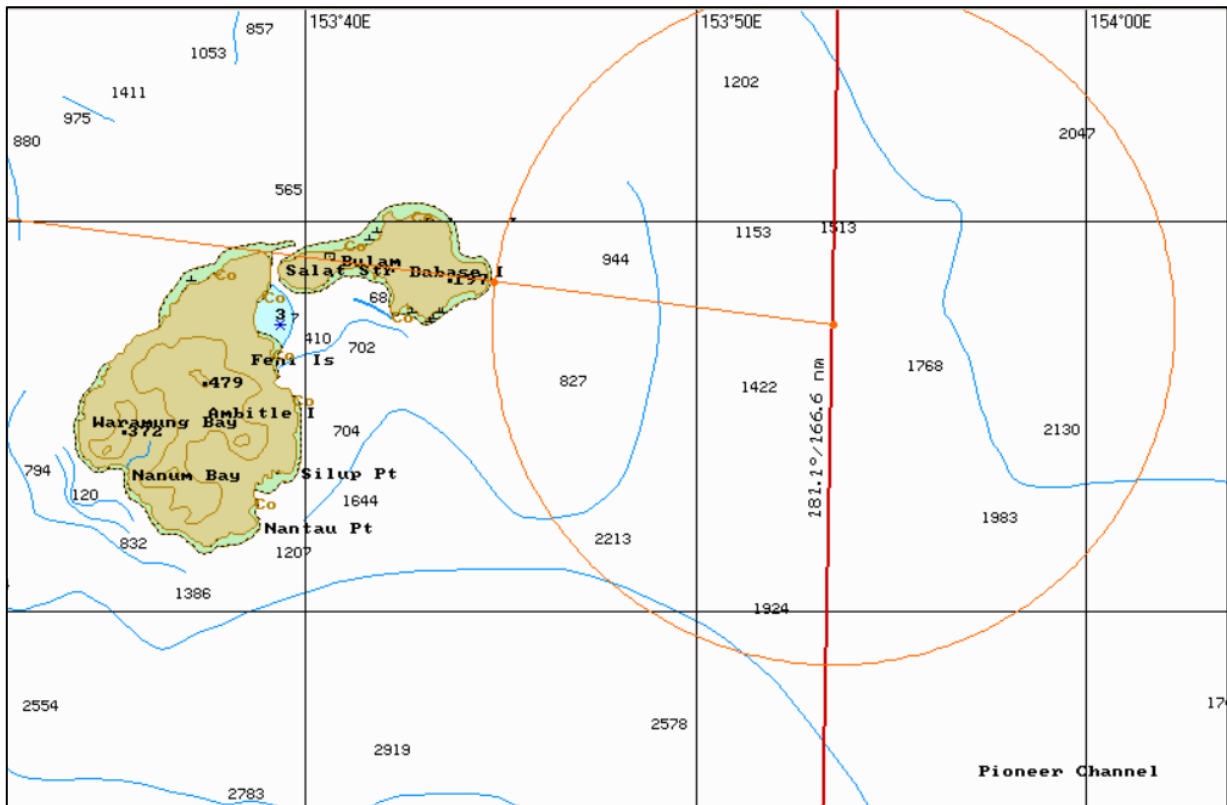


Рис. 2.18. Безпечна дистанція до островів 8,7 милі з правого борту, ділянка островів Feni Islands – зона перед проходом Pioneer Channel

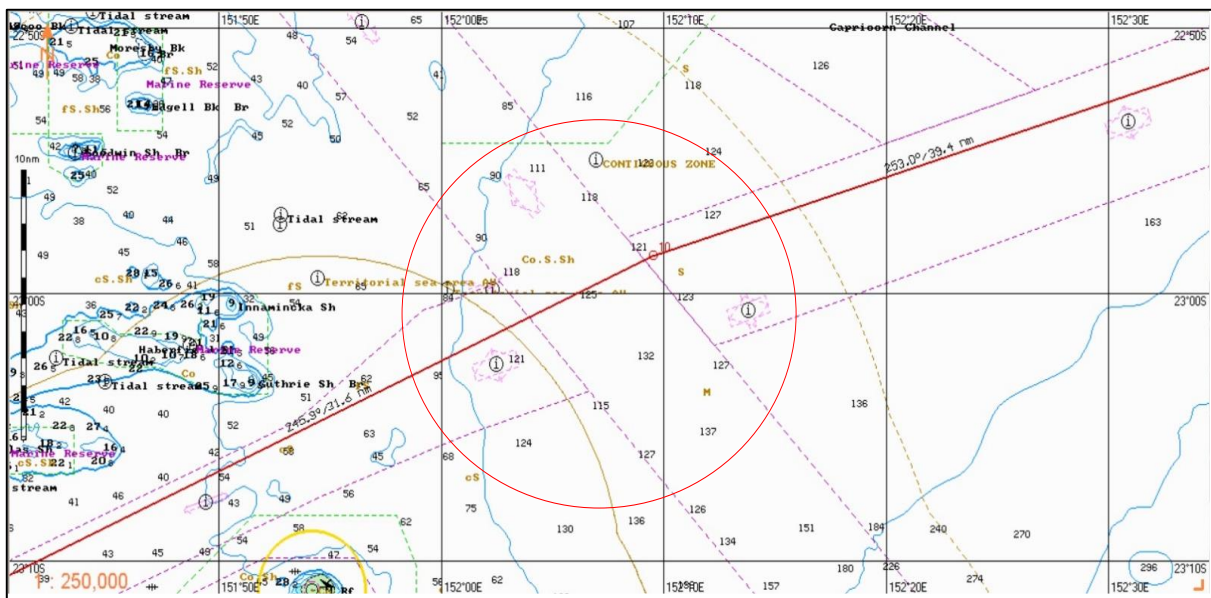


Рис. 2.19. Двостороння зона розділення руху на ділянці островів Feni Islands перед проходом Pioneer Channel (архіпелаг в південно-західній частині Тихого океану)

9) справа дистанція 2,0 милі до Guthrie Sh (Shoal) і 4,6 морських милі до рифа по лівому борту, дотримання особливої обережності в двосторонній зоні розділення руху (рис. 2.20);

10) особлива обережність при перетині двосторонньої зони розділення руху, дотримання дистанції 1,2 милі по лівому борту при проході островів Overfalls (рис. 2.21);

11) дотримання дистанції 1,2 милі по лівому борту при проході островів Overfalls та дистанції 0,5 милі по правому борту до островів Jabiru Shoals (рис. 2.22-2.23);

12) прохід через канал з лоцманом на борту – ділянка з підводною скелею Oswestry Rk і глибиною 5,4 метра (рис. 2.24).

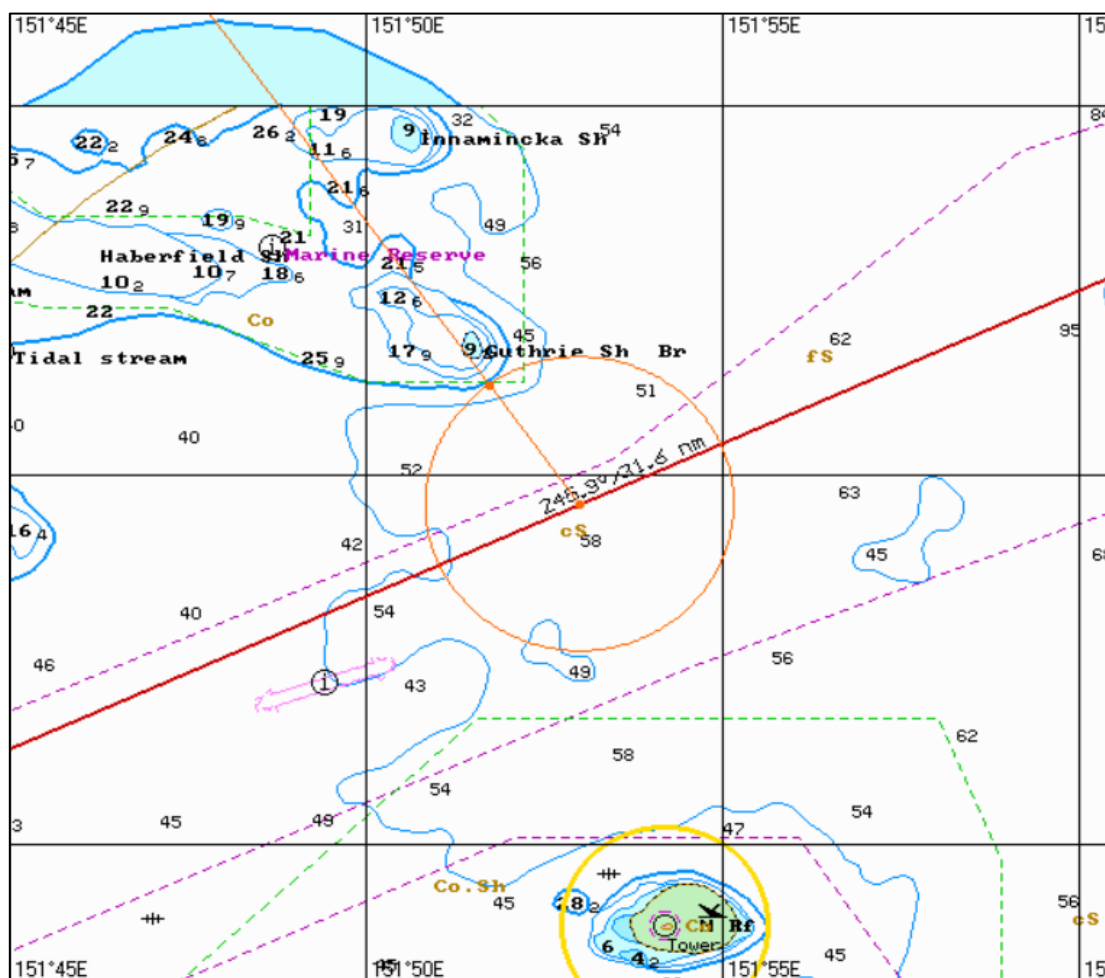


Рис. 2.20. Дистанція до рифа Guthrie Sh (Shoal) 2,0 милі по правому борту і 4,6 морських милі до рифа по лівому борту

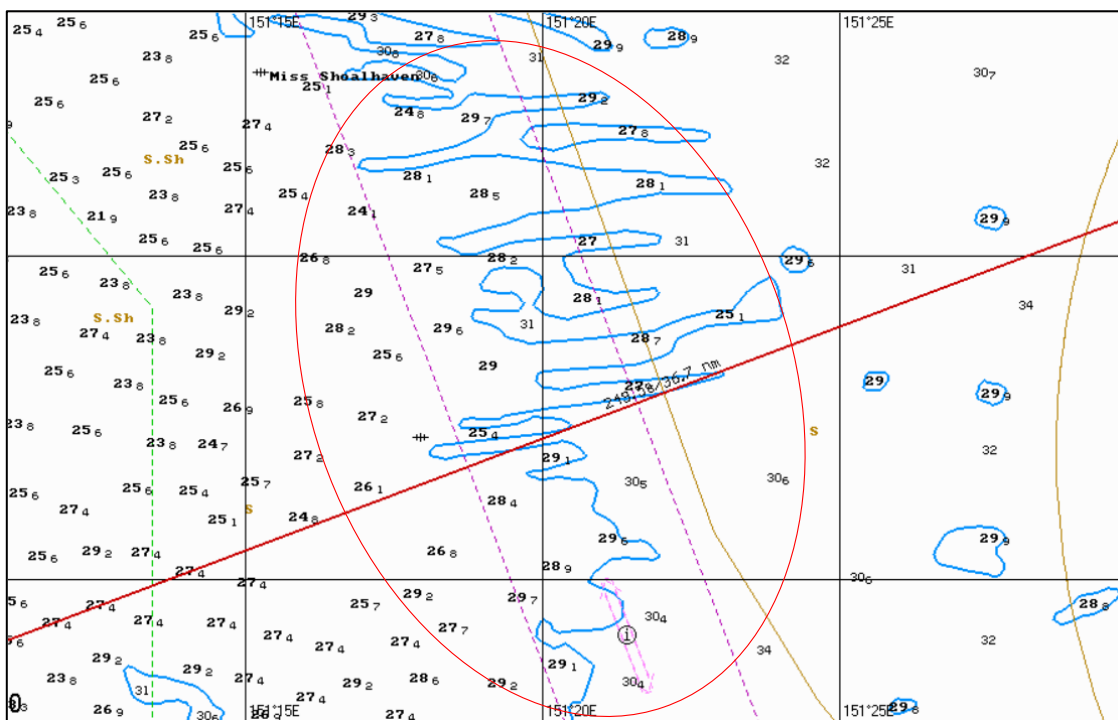


Рис. 2.21. Дистанція 1,2 милі по лівому борту при проході островів Overfalls, двостороння зона розділення руху на ділянці з рифом Guthrie Sh (Shoal)

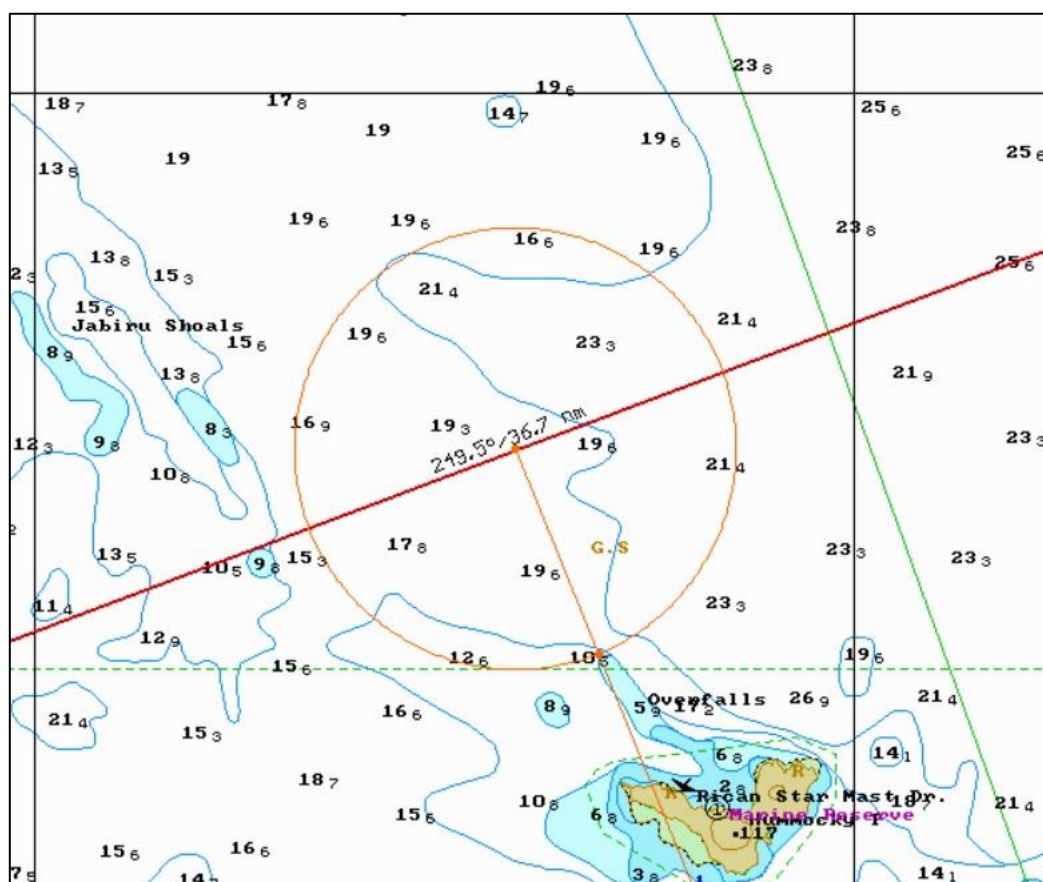


Рис. 2.22. Дистанція 1,2 милі по лівому борту – острови Overfalls дистанції 0,5 милі по правому борту до островів Jabiru Shoals

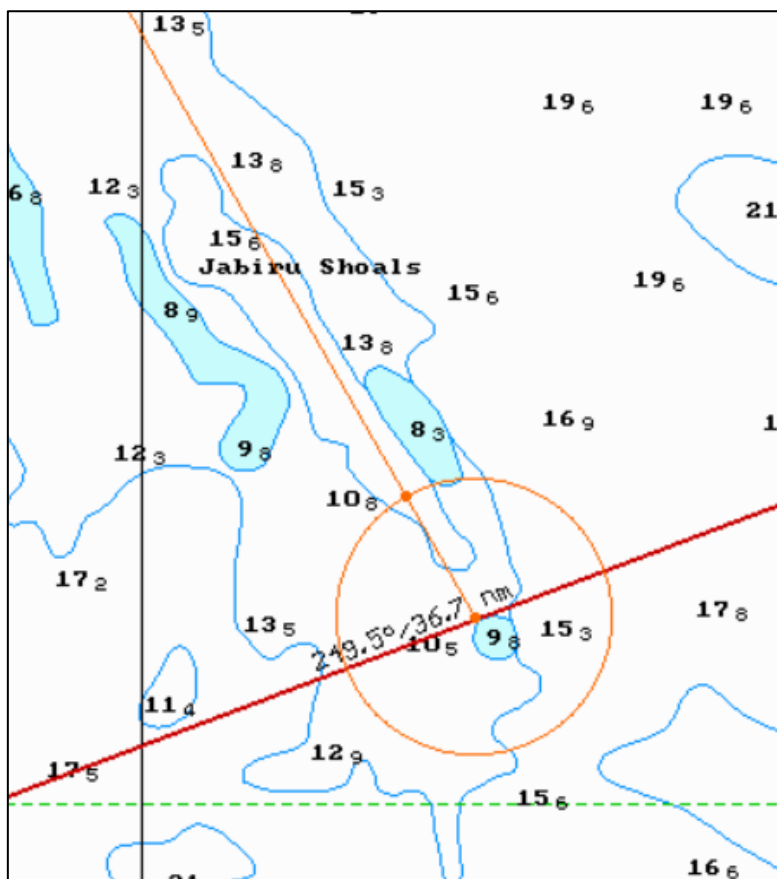


Рис. 2.23. Дистанція 0,5 милі по правому борту – острови Jabiru Shoals

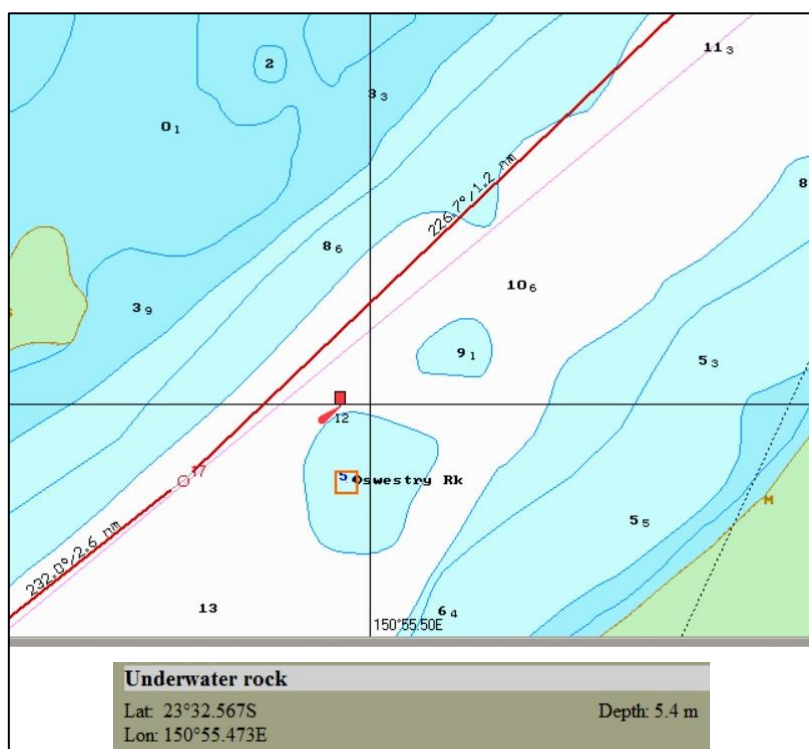


Рис. 2.24. Ділянка з підводною скелею Oswestry Rk, з глибиною 5,4 метри – прохід через канал з лоцманом на борту

За результатами планування маршруту визначаються характеристики навігаційних ризиків та мінімальні дистанції, які існують на переході «Йокогама– Альма» наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Характеристика навігаційних ризиків рейсового циклу на маршруті
«Йокогама – Альма»

№ шляхової точки (ШТ)	Коротка характеристика ризику небезпеки	Мінімальна дистанція, морські милі	Назва орієнтиру
0	Акваторія порту Йокогама, навал на портове обладнання, посадка на міліну	Навал на обладнання	Портове обладнання (причал № 22)
ШТ 1	Виступаючий мис справа	2.42	Маяк Kannon Saki, півострів Мігура (гирло Токійської затоки)
Між ШТ 1-2	Виступаючий мис зліва	2.92	Мис Suno Saki, розташований в південно-західній точці півострова Босо на острові Хонсю (в Тихому океані, в місті Татеяма).
ШТ 2	Виступаючий мис зліва	3.50	Маяк Nojima Saki, мис Suno Saki
Між ШТ 2-3	Виступаючий мис	3.35	Ділянка Pīaanu Pass, острови Togras I
Між ШТ 3-4	Група островів	8.7	Група островів (ділянка Pīaanu Pass) Togras I в південно-західній частині Тихого океану між островами Санта-крус і Нові Гебриди
Між ШТ 4-10	Різке падіння глибини до 30 м і так далі	7.5	Підводний кораловий атол Lyga Reef, близько 40 кілометрів (25 миль) в діаметрі, на площі 1300 квадратних кілометрів (500 квадратних миль).
ШТ 10	Двостороння зона розділення руху		Острови Feni Islands, ділянка з перетином смуг руху
Між ШТ 10-12	Дистанція до рифу справа	2.0	Риф Guthrie Sh (Shoal)
	Дистанція до рифу зліва	4.6	Риф Guthrie Sh (Shoal)
	Дистанція до островів зліва	1.2	Острови Overfalls
	Дистанція до островів справа	0.5	Острова Jabiru Shoals
Між ШТ 13-14	Ділянка з підводною скелею з глибиною 5.4 метра в каналі		Підводна скеля Oswestry Rk
ШТ18	Акваторія порту Альма (кранці, причал, крани, інші судна, мілководдя)	Навал на обладнання	Портове обладнання (причал № 22)

Оцінка навігаційних ризиків виконується на основі статистичних і експертних даних звітів про аварії та інциденти, які збираються протягом усього рейсу судна від порту відходу до порту прибуття. Такі дані можна використати для обліку при плануванні майбутнього маршруту судна у складних акваторіях плавання.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ

3.1. Способи визначення ширини маневрового зсуву для попередження ризику навалів на брівку каналу чи фарватеру

При русі судна в каналі на нього впливають симетричні сили тиску відносно обох стінок. Такі сили з боку найближчого берега мають більший вплив, оскільки судно може зміститись з осі каналу до однієї зі стінок та обтікання корпусу стає несиметричним. Тому утворюється вища хвиля у районі носової частини, яка відштовхує ніс у бік осі фарватеру. Аналогічна ситуація може відбуватись при різних глибинах відносно правого і лівого борту по ходу судна. Ніс судна починає ухилятися у бік глибшої води, оскільки з боку мілководдя утворюється різкий перепад тиску. При проходженні каналу важливо враховувати вплив рельєфу дна та берегової лінії на рух судна. Потрібно мати на увазі, що берегові ніші в береговій лінії на маршруті будуть притягувати ніс судна, а виступи – відштовхувати. Особливо слід звернути увагу на ймовірність зустрічі у стиснених акваторіях з іншим судном та знати, як поведуться судна при розходженні.

Для управління навігаційними ризиками існують наступні способи: інженерний, імітаційний (модельний) та експертний. Ефективно управляти ризиками навалів на брівку каналу чи фарватеру дозволяє використання *інженерного способу*, який побудовано на основі математико-статистичного аналізу. Такий спосіб забезпечує визначення частоти виникнення різних видів ризиків, як наведено в табл. 3.1 (дані розслідування страхової компанії Japan P&I Club за 2008-2016 роки).

Для прогнозування ймовірності виникнення аварійних інцидентів судноплавні та страхові компанії використовують саме інженерний спосіб, який дозволяє визначити причини навігаційних подій для організації заходів щодо їх зменшення. Він базується на розрахунку маневрених властивостей судна під час

реального рейсового циклу для створення компактного формату таблиць, з використанням в електронно-обчислювальних системах. Тому високоточне планування координат переходу рейсового циклу траєкторними точками (ТТ) на основі статистичних даних з аварійності, які надає кожна держава для небезпечних акваторій стиснених вод (фарватерів, каналів, припортових регіонів і портових вод) дозволяє врахувати фактори навігаційних ризиків та знизити ймовірність їх виникнення.

Таблиця 3.1

Види і причини аварійності в протоках Японії

Вид аварії	Причина	Кількість випадків	Частота виникнення, %
Проблеми із обладнанням	Несправність швартовної лебідки	16	1,2%
	Несправність берегового обладнання	16	1,2%
	Несправність іншого суднового обладнання	14	1,0%
	Несправність обладнання під час обробки вантажу	13	0,9%
	Несправність головного двигуна	12	0,9%
	Проблема з люковим закриттям	1	0,1%
	Інша несправність обладнання	2	0,1%
	Проміжний підсумок несправності обладнання	74	5,3%
Людський фактор	Помилка в маневруванні на судні	853	61,4%
	Помилка лоцмана в маневруванні	107	7,7%
	Інші помилки, спричинені людиною	91	6,5%
	Недостатній огляд	38	2,7%
	Помилка маневрування буксира	29	2,1%
	Помилка маневрування інших суден	25	1,8%
	Помилка берегового персоналу	29	2,1%
	Засинання	1	0,1%
	Брак знань та інформації	1	0,1%
	Проміжний підсумок за людським фактором	1174	84,5%
Погодні і морські умови	Несприятливі погодні та морські умови	142	10,2%
Всього		1390	100,0%

Ризик навалу на брівку, портове обладнання чи інші судна виникає тоді, коли ширина маневреного зсуву відносно планових координат заданих ТТ більше допустимого значення. Визначення величини існуючого зсуву зазвичай

займає час, якого немає у судноводія. Тому, автоматичне визначення зсуву і ширини полоси за допомогою навігаційного приладу значно підвищить швидкість прийняття рішення відносно безпечного руху судна.

При описі руху судна зазвичай використовують лінійні та нелінійні диференціальні рівняння залежності зміни курсу від кута переключки керма. Для ідентифікації моделі руху розглядають два види моделі Номото – першого порядку та нелінійну.

Для ідентифікації параметрів моделі Номото першого порядку зазвичай розглядають диференціальні рівняння руху судна:

$$\begin{cases} \dot{\phi} = \omega \\ \dot{\omega} = -\mu \cdot \omega + \mu \cdot k \cdot \delta + m_d \\ \dot{\delta} = -\mu_g \cdot \delta + \mu_g \cdot u \end{cases} \quad (3.1)$$

де ϕ – кут рискання; ω – кутова швидкість рискання; δ – кут переключки руля; $\mu = 1/T$ – величина, зворотна постійної часу судна; k – коефіцієнт передачі; μ_g – величина, зворотна постійної часу приводу; m_d – збурюючий момент.

Управління рухом проводиться з використанням змінного впливу керма від U_1 до U_2 при положенні руля від δ_1 до δ_2 , з вектором стану $X_1 = (\phi_1 \ \omega_1 \ \delta_1)^T$ і $X_2 = (\phi_2 \ \omega_2 \ \delta_2)^T$ відповідно.

Для ідентифікації постійної часу судна була взята методика визначення постійного часу перехідного процесу після перемикання сигналу управління. Інтервал часу з моменту перемикання сигналу управління $-u_2$ на $+u_1$ прийнято рівним $t_x = 0,3 \cdot t_2$, кутова швидкість судна при цьому дорівнює $-\omega_x$. Тоді розрахункова формула для постійної часу судна, отримана з рівняння (3.1), дорівнюватиме:

$$T = \frac{1}{\mu} = \frac{t_x}{\ln\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{\omega_2 - \omega_x}\right)}. \quad (3.2)$$

Для точної ідентифікації параметрів моделі руху використовуємо модель Номото другого порядку. Вона визначається рівнянням:

$$\tau_1 \tau_2 \frac{d^2 \omega}{dt^2} + (\tau_1 + \tau_2) \frac{d\omega}{dt} + \omega + H(\omega) = k\delta + k\tau_3 \frac{d\delta}{dt}, \quad (3.3)$$

де ω – кутова швидкість повороту судна; δ – кут відхилення руля; $H(\omega) = \nu_2 \omega^3 + \nu_1 |\omega| \omega$ – нелінійна функція, яка враховує управляємість судна; $\tau_1, \tau_2, \tau_3, k, \nu_2, \nu_1$ – параметри моделі.

Створене рішення цього рівняння дає точніші результати при кутах повороту більше 20 градусів. Тому при розгляді стабілізації курсу доцільно використовувати лінійне рівняння руху судна.

Для підвищення ефективності управління пропонується ввести два контури зворотного зв'язку, окремо за вітром та хвилюванням. За рахунок введення другого контуру підвищується інформативність системи при використанні двох сигналів – впливу вітру та хвилювання окремо. Схема системи керування курсом наведена на рис. 3.1.

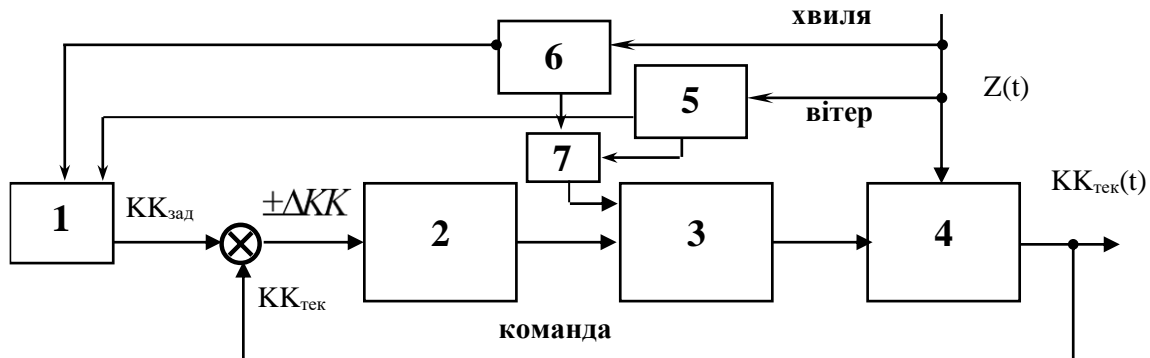


Рис. 3.1. Схема системи керування курсом судна

Позначення: 1 – задатчик курсу, 2 – інформаційно-керуючий пристрій, 3 – засіб управління, 4 – об'єкт управління. 5 – компенсатор вітрового впливу, 6 – компенсатор хвильового впливу, 7 – розрахунок кута компенсації для пристрою управління

Працює система управління в такий спосіб: за координатами пункту приходу і відходу визначається $KK_{зад}$, значення якого надходить на пристрій порівняння. По каналах зворотного зв'язку сюди надходить поточне значення курсу $KK_{тек}$, і за розбіжності заданого і фактичного стану інформаційно управляючого пристрою виробляє команду на засоби управління для приведення

об'єкта маневрування в заданий стан.

При появі зовнішніх збурень включаються два канали компенсаційного управління за вітром 5 і хвилюванням 6. Зазначені елементи проводять розрахунок вихідних даних для розрахунку кута компенсації, з урахуванням вітру і хвилювання. У блок 1 від блоків 5 і 6 надходить значення кута вітрового та хвильового дрейфу, які вводять поправку в $KK_{зад}$. Крім того, в блоці 7 виробляються значення кутів компенсації, які надходять безпосередньо на засіб управління 3.

Для зменшення кута і числа перекладок руля вводять коригуючий елемент 7, який обчислює значення кута компенсації, за формулою:

$$\delta_k = \frac{1 + (2/\lambda_p)}{S_p \cdot \rho} \cdot \left[\left(0.25 + \frac{\ell_{цп}}{L} - \frac{q_w}{360} \right) \cdot 0.37 \cdot \sin q_w \cdot \rho_v \cdot S_n \cdot \frac{W^2}{V_n^2} + \left(0.5 + \frac{\ell_{цбс}}{L} - \frac{\alpha}{180} \right) \cdot \frac{0.23 \cdot \sin \alpha + 1.09 \cdot \sin^2 \alpha}{(2.1 \cdot \delta_{оп} - 7 \cdot T/L)^2} \cdot \rho \cdot S_n \right], \quad (3.4)$$

де λ_p – відносне подовження керма, S_p – площа пера керма, ρ – щільність води, $\ell_{цп}$ – віддалення центру парусності від мідель-шпангоуту, L – довжина судна між перпендикулярами, q_w – курсовий кут уявного вітру, ρ_v – масова щільність вітру, S_n – площа надводної частини корпусу судна на діаметральну площину, W – швидкість уявного вітру, V_n – швидкість судна за лагом, $\ell_{цбс}$ – відстань центру бокового опору від мідель-шпангоуту, можна приблизно розрахувати за формулою:

$$\ell_{цбс} = \frac{1 + 2 \cdot T_H/T_K}{3 \cdot (1 + T_H/T_K)} - 0.5, \quad (3.5)$$

α – кут вітрового дрейфу, $\delta_{оп}$ – коефіцієнт загальної повноти, T – середня осадка, T_H і T_K – осадка носом и кормою відповідно, S_n – площа проекції підводної частини корпусу судна на діаметральну площину.

Величини складових хвильової сили X_w, Y_w і моменту M_w нерегулярного хвилювання може визначатися за частотним складом послідовності регулярних хвиль:

$$X_w = C_x^w \cdot (0.1 - \cos q_w) \cdot \rho \cdot g \cdot L \cdot \left(\frac{h_{3\%}}{2}\right)^2 \cdot e^{-A_0 \frac{\lambda}{L}} \cdot \left(1 + A_1 \frac{V_n}{V_w}\right), \quad (3.6)$$

$$Y_w = C_y^w \cdot \sin q_w \cdot \rho \cdot g \cdot L \cdot \left(\frac{h_{3\%}}{2}\right)^2 \cdot e^{-A_0 \frac{\lambda}{L}} \cdot \left(1 + A_1 \frac{V_n}{V_w}\right), \quad (3.7)$$

$$M_w = C_m^w \cdot \frac{\sin(2 \cdot q_w)}{1 + \frac{\pi - |q_w|}{\pi}} \cdot \rho \cdot g \cdot L^2 \cdot \left(\frac{h_{3\%}}{2}\right)^2 \cdot e^{-A_0 \frac{\lambda}{L}} \cdot \left(1 + A_1 \frac{V_n}{V_w}\right), \quad (3.8)$$

де q_w – курсовий кут бігу хвиль; A_0 – емпіричний коефіцієнт, що враховує співвідношення довжини хвилі та судна (рекомендується приймати $A_0 = 3,3$); A_1 – емпіричний коефіцієнт, що враховує ступінь впливу швидкості руху судна на сили від хвилювання $A_1 \in [1,0 ; 8,5]$; λ – довжина регулярної хвилі; V_n – складова швидкості руху судна, спрямована вздовж напрямку бігу хвиль; V_w – швидкість бігу хвиль.

Для уточнення точності розрахунку кута компенсації δ_k введемо момент від хвильової складової, тоді формула для розрахунку спільного кута компенсації від вітру та хвилювання набуде вигляду:

$$\begin{aligned} \delta_k = & \frac{1 + (2/\lambda_p)}{S_p \cdot \rho} \left\{ \left[\left(0.25 + \frac{\ell_{цп}}{L} - \frac{q_w}{360} \right) \cdot 0,37 \cdot \sin q_w \cdot \rho_e \cdot S_H + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left(0.5 + \frac{\ell_{цбс}}{L} - \frac{\alpha}{180} \right) \cdot \frac{0.23 \cdot \sin \alpha + 1.09 \cdot \sin^2 \alpha}{(2.1 \cdot \delta_{оп} - 7 \cdot T/L)^2} \cdot \rho \cdot S_n \right] + \right. \\ & \left. + \left[C_m^w \cdot \frac{\sin(2 \cdot q_w)}{1 + \frac{\pi - |q_w|}{\pi}} \cdot \rho \cdot g \cdot L^2 \cdot \left(\frac{h_{3\%}}{2}\right)^2 \cdot e^{-A_0 \frac{\lambda}{L}} \cdot \left(1 + A_1 \frac{V_n}{V_w}\right) \right] \right\}. \quad (3.9) \end{aligned}$$

У компенсаторі 7 міститься пристрій оцінки втрати керованості, що дозволяє вчасно вжити заходів щодо її збереження.

Для компенсації постійних впливів зовнішніх факторів руль

перекладається на постійний кут δ_k та для утримання судна на курсі в умовах шторму відбувається маніпуляція на кут δ_e навколо δ_k до значення $\delta_k \pm \delta_e$.

Втрата управління настає тоді, коли $((\delta_k + \delta_e) \geq \delta_{max} = 35^\circ$.

Для уточнення наведемо визначення основних параметрів, що характеризують рух при рисканні щодо лінії заданого курсу.

Представимо судно у вигляді прямокутника з шириною B і довжиною між перпендикулярами L з характерними точками: центр ваги G , який при розгляді питань управління приймають таким, що знаходиться на мідель-шпангоуті; центр управління $ЦУ$ – точка на судні, в якій знаходиться особа, що виробляє окомірне визначення положення судна і керує маневруванням; крайні точки ватерлінії носа H_l і H_n ; крайні точки ватерлінії по кормі K_l та K_n . Отже, представимо судно у вигляді прямокутника з наступними параметрами:

B_c – ширина судна;

L – довжина між перпендикулярами;

G – центр ваги (ЦВ);

$ЦУ$ – центр управління, точка на судні, в якій судноводій проводить окомірне визначення положення судна;

H_l і H_n , K_l і K_n – крайні характерні точки ватерлінії по носу та кормі відповідно.

Визначимо **ширину полоси маневреного зсуву** в два етапи:

1) при русі судна на прямолінійних відрізках шляху;

2) при криволінійному русі судна – при збільшенні ширини маневреного зсуву.

Перший етап: рух судна на прямолінійних відрізках шляху, коли ширина смуги, займана судном при маневруванні B_{Π} визначається проекціями крайніх точок характерного лінійного розміру $L_x = \sqrt{L^2 + B_c^2}$ на лінію, перпендикулярну вектору переміщення судна:

$$B_{\Pi} = L_x \cdot \sin \left(C + \arctg \left(\frac{B_c}{L} \right) \right), \quad (3.10)$$

де C – сумарний кут зсуву.

Ширина маневреного зсуву Y_M визначається за формулою:

$$Y_M = 2 Y_o + B_{\Pi}, \quad (3.11)$$

де Y_o – бічний зсув ЦВ від лінії планового шляху за рахунок рискання, який визначається за формулою:

$$Y_o = V t_3 \sin \varphi (t), \quad (3.12)$$

де t_3 – час запізнення в обробці інформації в системі управління; $\varphi (t)$ – кут рискання; V – швидкість судна за лагом.

Вірогідна ширина смуги (рис. 3.2) маневреного зсуву Y_{MB} знаходиться шляхом лінійного складання Y_M і середньоквадратичної похибки (СКП) визначення місця судна M_o :

$$Y_{MB} = 2 (Y_M + M_o) + B_{\Pi}. \quad (3.13)$$

Важливо дотримуватись вимог щодо безпечного проходження одиночного судна через небезпечний район стиснених акваторій плавання.

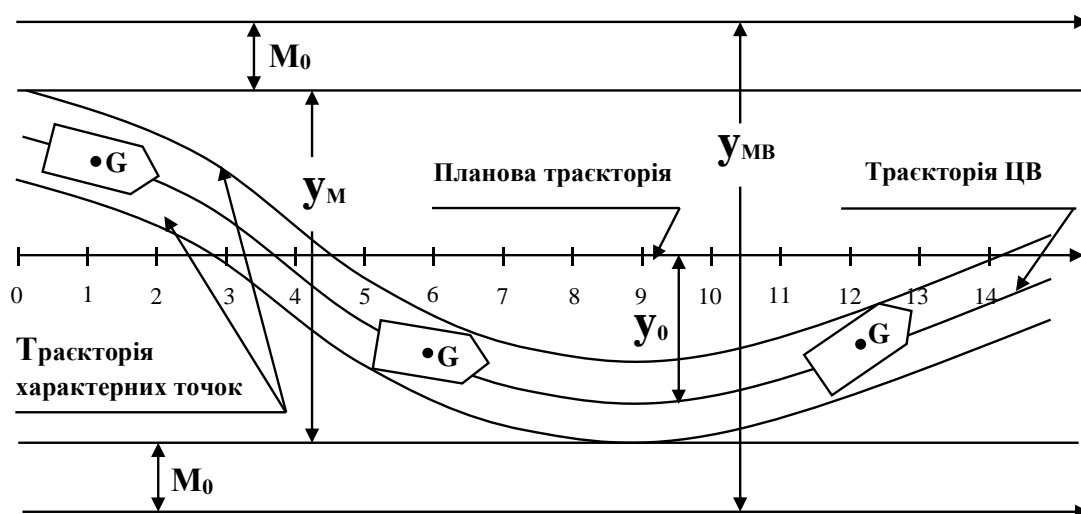


Рис. 3.2. Вірогідна ширина полоси при русі центру ваги G судна

При цьому, допустима ширина безпечної смуги руху $У_{МД}$, що визначається за допомогою карти, повинна бути більше ймовірної ширини смуги $У_{МВ}$:

$$У_{МД} > У_{МВ}. \quad (3.14)$$

З цієї нерівності можна визначити вимоги до необхідної точності визначення місця для забезпечення безаварійного проходу району аварійно-небезпечних вод, з урахуванням максимального значення кута зсуву $C = 90^\circ - \arctg (B / L)$, коли ширина смуги, займаної судном є максимальною і дорівнює L_x :

$$M_{ОД} < 0,5 У_{МВ} - У_О - 0,5 L_x, \quad (3.15)$$

де $M_{ОД}$ – допустима похибка визначення місця судна для безаварійного проходу ділянки.

Другий етап: визначення необхідної ширини маневреного зсуву *при криволінійному русі* за емпіричною формулою:

$$B_{ПК} = B_c + 0,09 \cdot L + M_o, \quad (3.16)$$

де $B_{ПК}$ – ширина суднохідної акваторії фарватеру чи каналу на повороті, м; B_c – ширина судна на міделі, м; L – довжина судна між перпендикулярами, м; M_o – похибка утримання судном місця (точність визначення місця).

При криволінійному русі ширина маневреного зсуву судна збільшується, порівняно з прямолінійним і вона визначається положенням полюсу повороту (ПП). Граничним значенням розподілу характеру руху являється величина рискання на постійному курсі $\omega_{\text{риск}}$, яка досягає значення кутової швидкості при утриманні в ручному режимі управління чи за допомогою авторульового (рис. 3.3). Розглянемо схему повороту судна для отримання більш точних

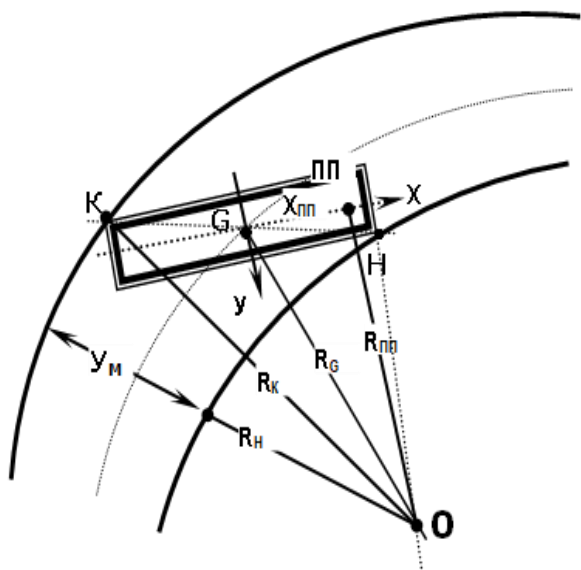


Рис. 3.3. Схема криволінійного руху при повороті судна

залежностей, які описують ширину маневреного зсуву при криволінійному русі, на якій приведено випадок розташування ПП в межах корпусу судна при передньому ході.

Випадок розташування ПП за корпусом не розглядається, оскільки він відповідає використанню якоря і буксирів та не представляє інтересу для руху в каналах і фарватерах при управлінні рульом. Ширина полоси маневреного зсуву Y_M дорівнює різниці радіусів кривизни траєкторій R_K точок корми K і носа R_H :

$$Y_M = R_K - R_H. \quad (3.17)$$

Радіус кривизни траєкторії ПП R_{PP} визначається із прямокутного трикутника $GPPO$ за формулою:

$$R_{PP} = \sqrt{R_G^2 - X_{PP}^2}, \quad (3.18)$$

де R_G – радіус кривизни ЦВ, відомий із суднової документації.

Радіус кривизни траєкторії зовнішньої кормової точки R_K визначається із трикутника зі сторонами $R_{PP} + \left(\frac{B_c}{2}\right)$, $\left(\frac{L}{2}\right) + X_{PP}$ за формулою:

$$R_K = \sqrt{\left(X_{\text{ПП}} + \frac{L}{2}\right)^2 + \left(R_{\text{ПП}} + \frac{B_c}{2}\right)^2}, \quad (3.19)$$

де $X_{\text{ПП}}$ – абсциса ПП , L – довжина між перпендикулярами, B_c – ширина судна.

Для визначення радіусу R_H носової внутрішньої точки H розглянемо трикутник HGO . Позначимо кут $\text{ПП}GO$ через α , кут $\text{ПП}GH$ через β , а кут HGO через γ . Тоді для HGO (рис. 4.3) за формулою косинусів отримаємо:

$$R_H = \sqrt{R_G^2 + (L_x/2)^2 - R_G \cdot L_x \cdot \cos \gamma}, \quad (3.20)$$

де L_x – характерний лінійний розмір HK , який дорівнює $L_x = \sqrt{L^2 + B_c^2}$.

Значення кута α розрахуємо за формулою:

$$\alpha = \arcsin(R_{\text{ПП}}/R_G). \quad (3.21)$$

Значення кута β розрахуємо за формулою:

$$\beta = \arcsin((B_c/2)/(L_x/2)). \quad (3.22)$$

Тоді значення кута γ розрахуємо за формулою:

$$\gamma = \alpha - \beta. \quad (3.23)$$

Формула для визначення вірогідної ширини маневреного зсуву при повороті судна враховує радіальну СКП визначення місця M_0 :

$$Y_{\text{МВК}} = R_K - R_H + 2M_0 = \sqrt{\left(X_{\text{ПП}} + \frac{L}{2}\right)^2 + \left(R_{\text{ПП}} + \frac{B_c}{2}\right)^2} - \sqrt{R_G^2 + (L_x/2)^2 - R_G \cdot L_x \cdot \cos \gamma} + 2M_0 \quad (3.24)$$

Отримана формалізована модель (3.24) визначення вірогідної ширини маневреного зсуву при повороті судна U_{MB} дозволяє установити її залежність від абсциси PPP і радіуса циркуляції від заданого кута перекладки руля.

Таким чином, величиною абсциси PPP і радіуса циркуляції центру ваги та кормової кінцівки судна задаються розміри акваторії, яка необхідна для безпечного виконання повороту судна і маневрування. Якщо вірогідна ширина зсуву співпадає з допустимою шириною, зображеною на карті, то для зменшення ризиків навалів на брівку, рекомендується використовувати кормовий буксир.

Для підвищення інформаційного забезпечення процесу маневрування для зменшення ризику навалу на брівку, рекомендується постійне використання розглянутої системи контролю ширини маневреного зсуву і своєчасного реагування на відхилення від планового шляху.

Необхідною та достатньою умовою безпечного проходження одиночного судна через небезпечний район стиснених вод є виконання вимоги, щоб допустима ширина безпечної смуги руху U_{md} , що знімається з карти, була більшою за ймовірну ширину смуги U_{mv} тобто, $U_{md} > U_{mv}$. З цієї нерівності можна визначити вимоги до точності визначення місця для організації безпечного проходу небезпечного району стиснених вод, з урахуванням максимального значення кута зносу $C = 90^\circ - \arctg(B/L)$, коли ширина смуги, яку займає судно, максимальна і дорівнює L_x : $M_o < 0,5 U_{mv} - U_o - 0,5 L_x$.

При прямуванні у вузьких відрізках шляху для зменшення ширини смуги у розпорядженні судноводія є три способи: 1) зменшення ризику за рахунок використання буксирів; 2) підвищення точності визначення місця судна; 3) поліпшення керованості судна за рахунок використання швидкості та пристрою, що підрулює.

Для наочного подання зобразимо судно у вигляді кола, діаметр якого дорівнює довжині судна між перпендикулярами L , як наведено на рис. 3.4.

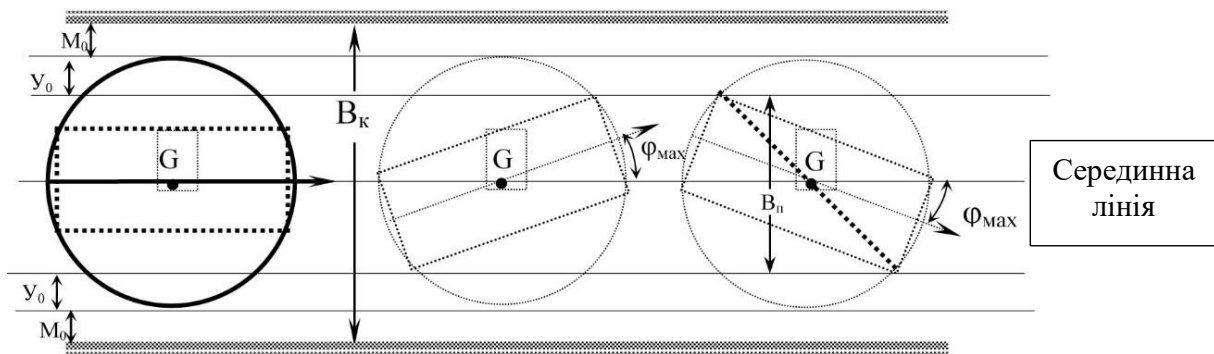


Рис. 3.4. Рискання судна на каналі в тиху погоду

Умовою безпечного проходження судном каналу за шириною маневреного зсуву є виконання умови $B_n + 2 \cdot Y_0 + 2 \cdot M_0 > B_k$. Значення максимального кута рискання, яке може бути допустимо при самостійному слідуванні судна φ_{max} , який можна розрахувати з виразу:

$$B_n = B_k - (2 \cdot Y_0 + 2 \cdot M_0). \quad (3.25)$$

Розв'язавши його щодо φ_{max} отримаємо:

$$\varphi_{max} = \frac{1}{2} \arcsin \frac{B_k - 2Y_0 - 2M_0}{\sqrt{L^2 + B^2}}. \quad (3.26)$$

При точності окомірної оцінки місця судна на каналі $M_0 = 10$ м і зміщення $Y_0 = 10$ м, значення $\varphi_{max} = 13,7^\circ$ буде для крупнотоннажного судна. Це означає, що при проходженні каналу порту «Південний» шириною 100 м і судні шириною $B = 47,2$ м і довжиною $L = 300$ м, необхідно слідувати зі швидкістю більше 5 вузлів, при самостійному русі і швидкості вітру до 10 м/с. Якщо рискання при проходженні каналу буде більше $\varphi_{max} > 13,7^\circ$, то прохід такого судна каналом неможливий, і необхідно вживати заходів для зменшення кута рискання шляхом збільшення швидкості або використання буксирів. При русі каналом у штормових умовах ширина ймовірної смуги маневреного зсуву буде збільшуватися за рахунок введення поправки в курс на величину кута зносу C , як показано на рис. 3.5. Для утримання судна на серединній лінії можливе відхилення вліво буде обмежено значенням $\varphi_{max} - C$, а вправо $\varphi_{max} + C$.

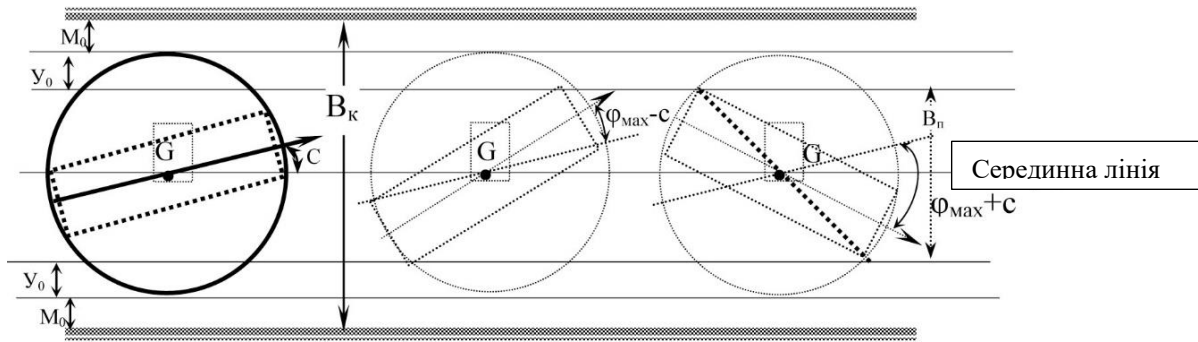


Рис. 3.5. Рискання судна на каналі в шторм

При оцінці можливості заходу судна з максимальними розмірами в порт каналом заданої ширини необхідно обмежувати або погодні умови, або передбачати заходи для зменшення ризику. Такими заходами можуть бути: використання буксирів; підвищення точності визначення місця окомірними чи інструментальними способами. Ймовірна ширина маневреного зміщення під час руху по створах визначається точністю окомірної оцінки положення судна на серединній лінії.

Нормативну оцінку лінійних навігаційних створів виконують згідно з Інструкцією з навігаційного обладнання (ІНО-2000). Основним параметром, що визначає якість створного обладнання, є *коефіцієнт оцінки створу*, який визначають за формулою:

$$K_{oc} = \left(\frac{p+B/2}{B_k/2} - 0,2 \right) \cdot 100\%, \quad (3.27)$$

де p – бокове відхилення середньої частини містка судна від осі створу, м;
 B – ширина судна; B_k – ширина каналу (фарватеру).

При оцінці якості створів, якщо $K_{oc} = 30\% \div 50\%$, то створи признаються задовільними, а при 10%-15% – відмінними. Особливість параметра K_{oc} закладається в тому, що він характеризує якість створів для даного конкретного судна.

3.2. Вибір способів управління ризиками при посадці на міліну

Для управління ризиком посадки на міліну необхідно виконання наступних вимог:

- високоточне планування шляху траєкторними точками з врахуванням криволінійних відрізків шляху;
- використання системи автоматичного контролю бічного зсуву при високоточному визначенні місця судна;
- установлення надійного навігаційного запасу води під кілем.

Загальний запас води під кілем визначається, як різниця між існуючою висотою води і осадкою судна, з врахуванням висоти припливів.

Навігаційний запас – відстань під кілем, яка залишилась від загального запасу після віднімання поправок на динамічний рух судна при хвилюванні, просідання з урахуванням поправок на замулювання і врахування похибок при визначенні глибини та осадки. Коли запас води падає нижче критичного рівня маневреність судна погіршується, оскільки знижується його здатність виконувати заплановані маневри без допомоги буксирів. Такий навігаційний запас не повністю залежить від вертикальної хитавиці.

Динамічний запас води під кілем (ДЗВК) залежить від припливів, хитавиць при хвилюванні, нахилення та просідання. Розглянемо характеристики кожного фактору:

- *припливи*: вплив розглядається протягом всього часу руху в стиснених водах, при цьому враховуються випадки зміни в гідрометеорологічних параметрах, викликаних тиском та ефектом рівня води;

- *хитавиця*: поведінка судна на хвилюванні залежить від форми та розмірів корпусу, включаючи рушійно-рульовий комплекс, завантаження, швидкість судна, характер хвилювання та курсовий кут між судном та хвилюванням, характеристики вітру, глибину моря та рельєф дна. Під час руху на хвилюванні судно зазнає коливальних переміщень у шести ступенях свободи (рис. 3.6):

- 1) поздовжньо-горизонтальна (surge – u);

- 2) поперечно-горизонтальна (sway – v);
- 3) вертикальна (heave – w);
- 4) бортова (roll – p);
- 5) кильова (pitch – q);
- 6) рискання (yaw – r);

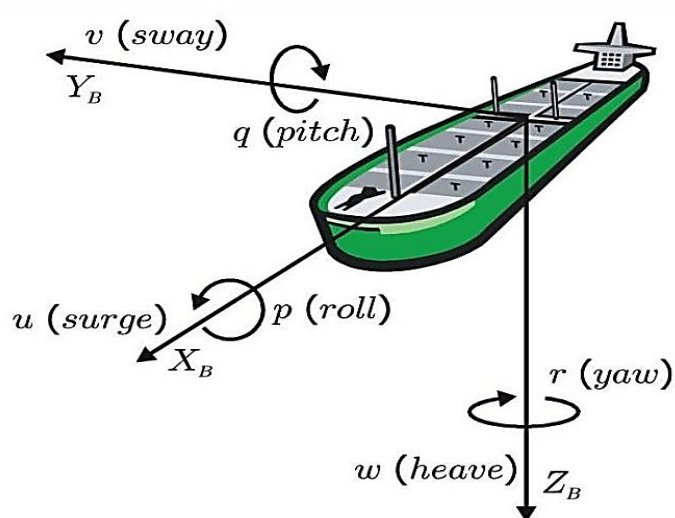


Рис. 3.6. Коливальні рухи біля положення рівноваги, що здійснюються вільно плаваючим на поверхні води судном

- *нахилення*: динамічний кутовий рух з вертикального положення в поперечній площині, який характеризується ДЗВК, осадкою T , шириною B , швидкістю судна V , кутом крену KG , метацентричною висотою GM та радіусом циркуляції;

- *просідання*: комбінація притопленого корпусу судна і зміни диференту від ходу.

Швидкісне просідання судна виникає тільки на мілководді, у момент, коли запас води під кілем сильно обмежений. У воді на судно діють 2 сили – ваги згори та підтримки знизу. Коли збільшаться сили тяжіння (взяли більше вантажу або зменшаться сили підтримки (перейшли у воду із меншою щільністю), судно може просісти нижче або збільшити свою осадку.

При русі на мілководді, у носовій частині корпусу судна виникає зона підвищеного тиску (High Pressure). Вода прагне піти під корпус судна і оскільки місця там зовсім небагато, вода збільшує швидкість потоку, тобто протікає швидше, ніж якби не було обмежень щодо запасу води під кілем. При збільшенні швидкості потоку рідини тиск, який вона чинить на корпус судна (сила підтримки) зменшується, згідно із законом Бернуллі: чим вище швидкість потоку, тим менше в ньому тиску – Low Pressure (рис. 3.7).

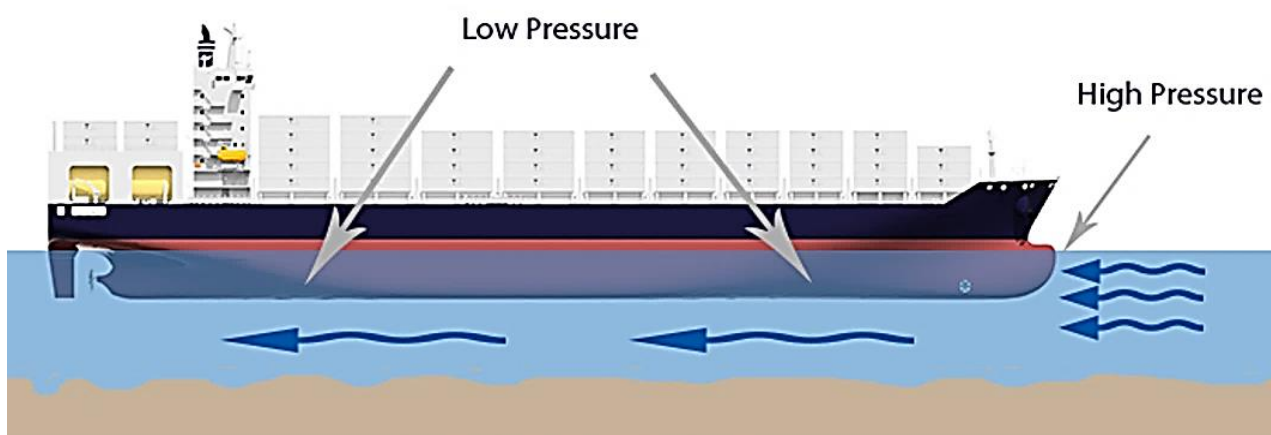


Рис. 3.7. Зменшення сили підтримки під корпусом судна на мілководді (закон Бернуллі)

Просідання середньої частини корпусу судна знаходиться за формулами:

$$\left. \begin{aligned} \Delta d_{cp} &= \frac{(K^2 - 1) * V_c^2}{2g}, \text{ при } \frac{H_{гл}}{d} \leq 1.4, \\ \Delta d_{cp} &= \sqrt{\frac{d}{H_{гл}}} \frac{(K^2 - 1) * V_c^2}{2g}, \text{ при } 1.5 \leq \frac{H_{гл}}{d} \leq 1.4, \end{aligned} \right\} (3.28)$$

де Δd_{cp} – просідання середньої частини корпусу судна, м; K – коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини судна L до його ширини B (табл. 3.2); V_c – швидкість руху судна, м/с. Найбільш логічним представляється використовувати в розрахунках довжину судна по ватерлінії $L_{вл}$, що діє.

Таблиця 3.2

Значення коефіцієнта K

L/B	4	5	6	7	8	9	12
K	1.32	1.27	1.23	1.19	1.17	1.15	1.1

Критично важливим фактором, який впливає на просідання, являється швидкість судна відносно води (рис. 3.8).

Зауважимо, що малий запас води під кілем в даних умовах являє собою реальну навігаційну небезпеку, оскільки поведінка судна на мілководді істотно відрізняється від поведінки на глибокій воді.

Мінімальна глибина, необхідна для безпечного плавання судна в метрах, розраховується за формулою:

$$H_{\min} = T_k + UKC + \Delta T_{xв} + Z, \quad (3.29)$$

$$T_k = T_{cp} + \Delta T_k, \quad (3.30)$$

де T_k – осадка судна з урахуванням диференту на корму, м; UKC (Under Keel Clearance) – запас води під кілем; $\Delta T_{xв}$ – осадка судна з урахуванням хвилювання; Z – мінімальний запас води під кілем, який повинен бути більше 1 метра; T_{cp} – середня осадка.

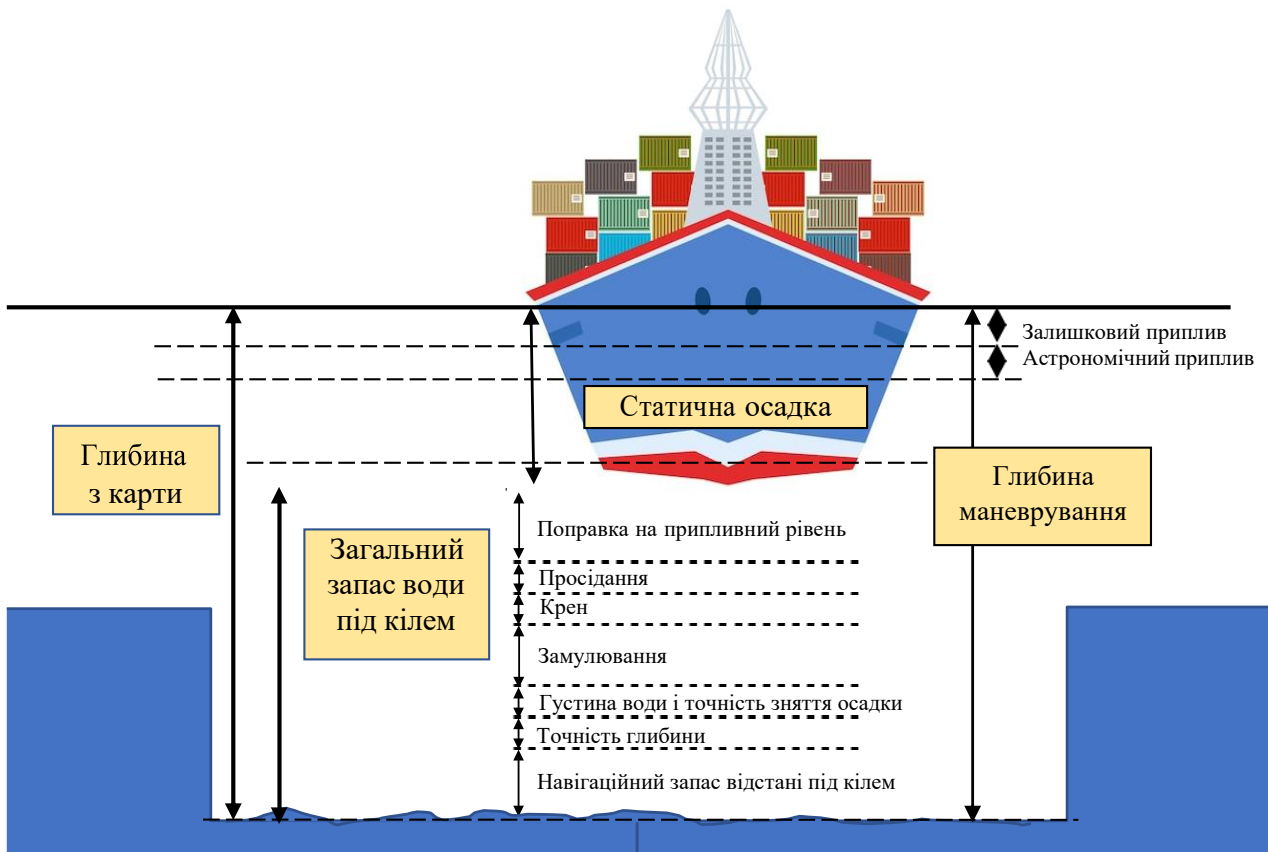


Рис. 3.8. Фактори впливу на динамічний запас води під кілем

Збільшення диференту на корму на мілководді враховує T_n , T_k , T_{cp} і ΔT , а також співвідношення довжини судна до ширини L/B і кут диференту φ :

$$\Delta T_k = \varphi \cdot T_{cp}, T_k = T_{cp} + \Delta T_k. \quad (3.31)$$

Запас води під кілем UKC залежить від водотоннажності, розмірів судна, швидкості його руху та розраховується за формулою:

$$UKC = \frac{2V^2 Cb}{100}. \quad (3.32)$$

На хвилюванні збільшується осадка:

$$\Delta T_{xв} = 0,6h_{xв}, \quad (3.33)$$

тоді мінімальна глибина для безпечного проходу буде дорівнювати:

$$H_{min} = T_k + UKC + \Delta T_{x6} + Z. \quad (3.34)$$



Через швидку зміну метеорологічних умов прогноз судна може бути зроблений тільки на обмежений проміжок часу в 24-36 годин. Точні рішення щодо переходу і під час стоянки в порту можуть бути зроблені тільки під час самого процесу. Фактори безпеки включаються в похибки замірів глибин, замулювання та хвилювання разом з різницею між передбачуваними та фактично заміряними на переході.

Система ДЗВК розраховує максимальні осадки та припливні вікна так, щоб межі не порушувалися уздовж всього переходу судна, оскільки мінімальні відстань під кілем та навігаційний запас встановлюються згідно з міжнародними нормативними правилами. Максимальна осадка та припливні вікна справедливі тільки для певного часу переходу. При всіх прогнозах для припливних вікон поза межами допустимого інтервалу можуть використовуватися правила стандартного запасу води під кілем (СЗВК). Такі правила базуються на метеорологічних умовах від середнього до критичного ступеня їх розвитку. Приливні вікна, отримані за правилами СЗВК часто можуть бути легшими, чим отримані згідно правил ДЗВК.




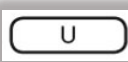
Особливості використання електронних навігаційних карт (ЕКНІС) для вибору запасу води під кілем призвели до виділення на картах категорій зон довіри даним CATZOC (Category Zone of Confidence), для виділення точності параметрів навігаційних знаків, які нанесені на карті. Це дозволяє судноводію за кількістю нанесених зірок в даній частині карти, обведених фігурною лінією, проаналізувати точність вимірювання глибин, відстаней на карті та якість обстеження акваторії (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Зони довіри CATZOC на електронній карті

ZOC		Точність місця	Точність за глибиною		Покриття дна	Типові характеристики обстеження
	A1	±5 m +5% depth	= 0.50 + 1%<i>d</i>		Проведено повне обстеження площі. Виявлені значні риси морського дна та виміряні глибини.	Контрольоване, систематичне обстеження позиції та глибини з високою точністю, що досягається за допомогою DGPS та 3-х високоякісних ліній положення (LOP) і багатопроменевої, каналної або механічної системи розгортки.
			Глибина (м)	Точність (м)		
			5	0,55		
			10	0,6		
			15	0,65		
			20	0,7		
25	0,75					
	A2	±20 m	= 1.0 + 2%<i>d</i>		Проведено повне обстеження площі. Виявлені значні риси морського дна та виміряні глибини.	Контрольоване, систематичне обстеження позиції та глибини з точністю, меншою ніж ZOC A1 і з використанням сучасного обстеження ехолотом та гідролокатором, або механічною системою розгортки.
			Глибина (м)	Точність (м)		
			5	1,1		
			10	1,2		
			15	1,3		
			20	1,4		
25	1,5					

Продовження таблиці 3.3

	B	±50 m	= 1.0 + 2%d		Не досягнуто повного обстеження площі, незвідані ризики, небезпечні для поверхневої навігації не очікуються, але можуть існувати.	Контрольоване, систематичне обстеження, досягнуте з такою ж точністю за глибиною, але з меншою точністю позиції, ніж ZOC A2, з використанням сучасного обстеження ехолотом, але не гідролокатором або механічною системою.
			Глибина (м)	Точність (м)		
			5	1,1		
			10	1,2		
			15	1,3		
			20	1,4		
25	1,5					
	C	±500 m	= 2.0 + 5%d		Повне обстеження площі не досягнуто, можливо очікувати великі аномалії глибини.	Обстеження низької точності або дані, зібрані по змозі, такі, як проміри глибини при проходженні.
			Глибина (м)	Глибина (м)		
			5	5		
			10	10		
			15	15		
			20	20		
5	5					
	D	Гірше ніж ZOC C			Повне обстеження площі не досягнуто, можливо очікувати великі аномалії глибини.	Дані низької якості або дані, які не можуть бути оцінені якісно через відсутність інформації.
	U	Без оцінки – якість батиметричних даних, що повинна бути оцінена.				

При виникненні загрози навігаційних ризиків такі дані доцільно відображати на карті та використовувати тільки під час проходження аварійно-небезпечних ділянок стиснених акваторій плавання.

3.3. Контроль ризику ситуації надмірного наближення та вибір маневру для його попередження

Складність вибору маневру при ризиках зіткнення в стиснених акваторіях обумовлена різноманітністю ситуацій і великою кількістю альтернатив, які на перший погляд не дають можливості вирішити задачу однозначно. Для вирішення завдання необхідно ввести дві аксіоми, які очевидні і не вимагають доказів.

Аксіома 1. Якщо існує ймовірність зіткнення і ці цілі небезпечні, то виконується умова: $(d\Pi / dt) = 0$, $(dD / dt) < 0$.

Аксіома 2. Оптимальним курсом відвороту для попередження зіткнення є паралельний або зустрічний курс небезпечного судна. Якщо наше судно відверне на такий курс, то відразу зменшується залежність небезпечного зближення від ймовірного маневру зустрічного судна. Збільшення або зменшення швидкості і відворот його від нашого судна послабляють ситуацію зближення, а відворот в нашу сторону малоімовірний, але його можна передбачити і врахувати введенням навігаційного запасу.

Введенням аксіоми 2 вноситься визначеність у вирішення завдання і можна завчасно розрахувати для небезпечного судна *маневр останнього моменту*. Розрахунок часу настання маневру зручно зробити за спостережуваними параметрами – відстані між суднами та курсовим кутом q .

Для отримання аналітичної залежності розглянемо трикутник AMB_u , наведений на рис. 3.9, з якого отримуємо співвідношення з урахуванням того, що пеленг цілі не змінюється:

$$\sin q = \frac{k \cdot \sin P}{\sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}} \text{ і } D_{\Pi} = V_A \cdot t_{\text{пер}} \sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (3.35)$$

де P – відносний курс, який змінюється від 0° до 180° ; $t_{\text{пер}}$ – час початку спостережень до приходу в точку перетинання курсів; k – відношення швидкостей суден V_A/V_B ; D_n – початкова відстань між суднами; q – курсовий кут.

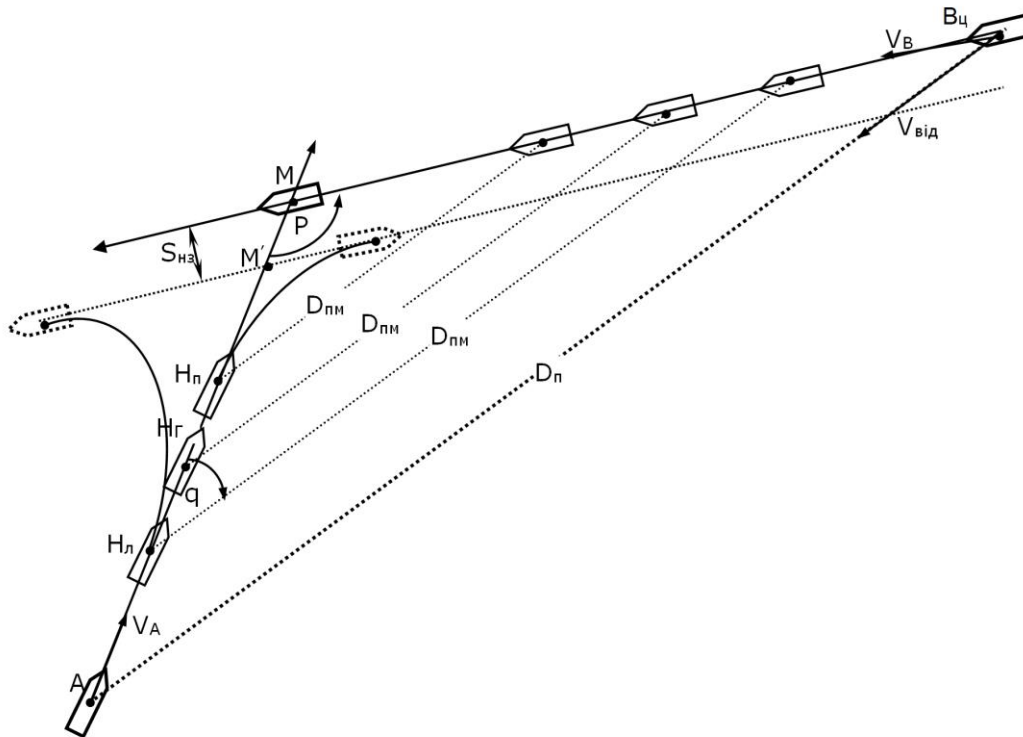


Рис. 3.9. Надмірне наближення суден, які мають навігаційний запас

Наведені залежності (3.35) показують, що ситуація небезпечного зближення визначається відношенням швидкостей руху нашого судна і цілей, значенням відносного курсу P і, що особливо важливо, швидкістю нашого судна.

Для отримання аналітичних залежностей і обліку характеристик судна для виконання маневру при надмірному зближенні необхідно визначити, на якій відстані між ними необхідно починати маневрування і настає час, коли можна попередити зіткнення.

З урахуванням залежностей (3.35) і рис. 3.6. отримаємо:

$$D_{\text{ПМГ}} = H_{\text{Г}} M \sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (3.36)$$

$$D_{\text{ПМП}} = H_{\text{П}} M \sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (3.37)$$

$$D_{\text{ПМЛ}} = H_{\text{Л}} M \sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (3.38)$$

де $H_{ГМ}$ – відстань, яку пройде власне судно від моменту подачі команди на задній хід до повної зупинки руху; $H_{ПМ}$ – відстань, яку пройде власне судно від моменту подачі команди «право на борт» до моменту розходження; $H_{ЛМ}$ – відстань, яку пройде власне судно від моменту подачі команди «ліво на борт» до моменту розходження.

При звичайному маневруванні судноводій використовує управляючі дії з запасом. Для режиму руху судна це означає використання швидкості до середнього ходу, а перекладки руля – до 15^0 . Цей запас необхідно мати на випадок, коли виникають відхилення від планового маршруту. При настанні надмірного зближення потрібно використовувати максимально можливі управляючі команди – «задній повний (ЗП)», «право на борт» і «ліво на борт». Черговість настання кожного випадку визначається геометрією зближення. При цьому, в процесі зближення настає три етапи:

- 1) надмірне наближення, коли в розпорядженні судноводія існує три альтернативи;
- 2) надмірне небезпечне наближення, коли залишається дві альтернативи;
- 3) аварійне наближення настає при однієї можливості попередження зіткнення, яка отримала назву «маневр останнього моменту». Цей момент може бути визначений заздалегідь, як і вид необхідного маневру для попередження зіткнення.

Позначимо вираз під коренем у формулі (3.23) символом R , тоді отримаємо $R = \sqrt{1 - 2k \cos P + k^2}$.

З урахуванням похибки вимірювань, геометричних розмірів суден і вірогідного неблагополучного маневру в наш бік зустрічного судна, необхідно ввести навігаційний запас $S_{нз} = f(L, m_D, B_u, \ell_{2u})$. З урахуванням залежностей (3.35) формули (3.36)-(3.37) приймуть вигляд (рис. 3.9.):

$$D_{ПМГ} = (S_{ГМ} + MM') \cdot R; \quad (3.39)$$

$$D_{ПМЛ} = \left[\left(a_{Л} + b_{Л} \operatorname{tg} \frac{\Delta k_{Л}}{2} \right) + MM' \right] \cdot R; \quad (3.40)$$

$$D_{\text{ПМП}} = \left[\left(a_{\text{П}} + b_{\text{П}} \operatorname{tg} \frac{\Delta k_{\text{П}}}{2} \right) + MM' \right] \cdot R; \quad (3.41)$$

де $S_{\text{ГМ}}$ – гальмівний шлях для режиму роботи ЗП; $a_{\text{л}}, v_{\text{л}}$ – коефіцієнти поворотності при повороті вправо; $a_{\text{н}}, v_{\text{н}}$ – коефіцієнти поворотності при повороті вліво; Δk – кут повороту, який визначається за формулами:

$$\Delta k_{\text{л}} = P, \text{ при } q_{\text{пб}}; \Delta k_{\text{п}} = 180 - P, \text{ при } q_{\text{лб}}. \quad (3.42)$$

$$\Delta k_{\text{л}} = 180 - P, \text{ при } q_{\text{лб}}; \Delta k_{\text{п}} = P, \text{ при } q_{\text{пб}}. \quad (3.43)$$

MM' – відстань від точки перетинання курсів до лінії безпечного руху, яку можливо розрахувати із виразу:

$$MM' = \frac{S_{\text{НЗ}} \cdot R}{k \cdot \sin P}, \quad (3.44)$$

де $S_{\text{НЗ}}$ – навігаційний запас.

З урахуванням залежностей (3.39)-(3.44), момент часу, коли необхідно виконувати маневр останнього моменту гальмуванням, визначається за формулою:

$$T_{\text{ПМГ}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{\text{ПМГ}}}{V_0} \cdot R. \quad (3.45)$$

Час виконання маневру останнього моменту поворотом вліво:

$$T_{\text{ПМЛ}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{\text{ПМЛ}}}{V_0} \cdot R. \quad (3.46)$$

Час виконання маневру останнього моменту поворотом вправо:

$$T_{\text{ПМП}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{\text{ПМП}}}{V_0} \cdot R. \quad (3.47)$$

Отримані залежності дозволяють скласти необхідні рекомендації щодо виконання маневру останнього моменту, а також автоматизувати процес вибору його виду. Таким чином, у розпорядженні судноводія з початку зближення є три види маневрів: гальмування заднім повним ходом; перекладка руля вліво на борт;

перекладка вправо на борт. При цьому будемо вважати «маневром останнього моменту» той, який настане останнім.

Для підвищення надійності маневрування при надмірному зближенні необхідно ввести запас, який буде враховувати зону безпеки, яку судноводій зазвичай вводить навколо зустрічного судна, як показано на рис. 3.9.

З урахуванням приведеного величину $S_{\text{нз}}$ можливо отримати за формулою:

$$S_{\text{нз}} = L_{\text{РЛС}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{P}{2} + \frac{B_{\text{ц}}}{2} + m_D \frac{\sin P}{\sin(P+q)} + \ell_{2\text{ц}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{P}{2}, \quad (3.48)$$

де $L_{\text{РЛС}}$ – відстань від антени РЛС до крайньої точки по носу судна; m_D – середня квадратична похибка визначення відстані; $\ell_{2\text{ц}}$ – пряме зміщення цілі при перекладці руля на борт; $B_{\text{ц}}$ – точка цілі (В), яка розташована на одній штриховій лінії з власним судном А.

Для зручності випадки настання моменту надмірного зближення справа зведені в табл. 3.4.

На підставі приведених вище математичних моделей в роботі [22] наведена функціональна схема навігаційного приладу, який автоматично визначає ризики наявності надмірного, небезпечного чи аварійного наближення і визначає вид маневру для попередження ризику.

Принцип, на якому побудований пристрій полягає у наступному: в звичайних умовах маневрування судноводій повинен використовувати управляючі сили з запасом, для попередження зіткнення, коли така потреба виникне. Це означає, що він використовує кути перекладки руля до 15° , а режими роботи машини тільки до переднього і заднього середнього.

Черговість настання маневру останнього моменту при відмітках справа

Курсовий кут q	Відносний курс P	Вид зближення і маневру		
		Надмірне	Небезпечне	Аварійне
менше 90^0		гальмування	поворот вліво	поворот вправо
	більше 90^0	поворот вліво	гальмування	поворот вправо
		поворот вліво	поворот вправо	гальмування
		гальмування	поворот вліво	поворот вправо
	дорівнює 90^0	поворот вліво	поворот вправо	Гальмування
		поворот вправо	поворот вліво	гальмування
		гальмування	поворот вправо	поворот вліво
	менше 90^0	поворот вправо	гальмування	поворот вліво
дорівнює 90^0		поворот вправо	поворот вліво	гальмування
	менше 90^0	гальмування	поворот вправо	поворот вліво
		поворот вправо	гальмування	поворот вліво
більше 90^0		поворот вправо	поворот вліво	гальмування
	менше 90^0	гальмування	поворот вправо	поворот вліво
		поворот вправо	поворот ліво	гальмування

При виникненні аварійно небезпечної ситуації судноводій повинен використовувати максимальні сили засобів управління. Таких альтернатив у нього три: повний задній, право на борт чи ліво на борт. Порядок настання альтернативи (як показано на рис. 3.9) визначається курсовим кутом зустрічного судна q та відносним його курсом P .

Особливості управління індивідуальними навігаційними ризиками залежать від джерел виникнення аварійних подій, а саме зовнішніх або внутрішніх факторів. Проте не всі небезпечні події можуть бути віднесені до навігаційних. До списку навігаційних подій не відносяться пожежі, відмови суднових пристроїв і механізмів, техногенні катастрофи, складні природно-кліматичні умови тощо. Тому список небезпечних подій базується на описі порядку їх ідентифікації, хронологічних даних самих подій, умов виникнення, джерел небезпеки і кількісних та якісних характеристик.

1. Для управління ризиками в рейсовому циклі вибрано *інженерний метод*. Він базується на оголошених прибережними державами статистичних

даних з аварійності в аварійно небезпечних районах рейсового циклу. Такі дані дозволяють визначити фактори ризику за шляхом переходу і вибрати способи управління їх допустимим рівнем. Для їх впровадження в дослідженні розроблено аналізатор ризиків для вибору заходів щодо мінімізації їх рівня. Для досягнення цього рекомендується використовувати наступні заходи:

1) підготувати дані про характеристики гальмування і поворотності для стану при переході у вигляді таблиць, які підходять для використання в електронно-обчислювальних системах;

2) скласти координати ШТ, представлених у вигляді маршрутного листа переходу;

3) використати програмне забезпечення для планування сумарної матриці координат ТТ рейсового циклу переходу, від місця висадки лоцмана в порту відходу до прийому його в порту приходу. Планування заходу в порт і виходу із нього виконується за окремою методикою – у вигляді суднового лоцманського плану для навігаційних цілей;

4) здійснити прокладку сумарної матриці на карті у вигляді ТТ, виділити аварійно-небезпечні ділянки шляху та вибирати фактори безпеки і ризику. Вибір виконується по відношенню осадки судна та глибини моря, ширини маневреного зсуву, виду та інтенсивності судноплавства і статистичних характеристик вірогідності аварійних подій.

Практична реалізація запропонованого способу в роботі судноводіїв та страхових компаній потребує необхідності розрахування маневрених властивостей судна для стану, у якому воно знаходиться під час рейсу. Представлення маневрених характеристик у вигляді таблиць дасть змогу замінити існуючий спосіб планування координат у вигляді маршрутного листа на сумарну матрицю координат ТТ переходу. Використовуючи інженерний спосіб управління, визначають фактори навігаційних ризиків та управління ними для зниження до допустимого рівня. Аналіз факторів ризиків дозволяє визначити причини їх виникнення в рейсовому циклі і дозволяє підготувати заходи для зниження рівня навігаційних ризиків до допустимого значення.

2. При розходженні суден надмірне зближення настає тоді, коли для попередження ризику зіткнення у судноводія в розпорядженні є *три альтернативи*. Якщо він не використав першу з них, коли настає небезпечне зближення і визначено вид маневру, який він повинен вибрати для зниження ризику зіткнення із табл. 3.4, за значеннями курсового кута q і відносного курсу P . Проте, невикористання судноводієм перших двох альтернатив, призводить до того, що у нього залишається лише одна, яка призводить до аварійного зближення і настання маневру останнього моменту. При наявності навігаційного пристрою-аналізатора ризику небезпечного зіткнення судноводій повинен виконати маневр, який рекомендує пристрій, оскільки він вибраний на підставі існуючого *закону маневру останнього моменту*.

4. ВИБІР СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ДОПУСТИМОГО РІВНЯ НАВІГАЦІЙНИХ РИЗИКІВ

4.1. Алгоритми вибору координат опорних шляхових точок

При використанні карт різних держав виникають похибки двох типів: 1) використання різних геодезичних основ; 2) порівняно невисока точність визначення геодезичних координат опорних пунктів, відносно яких на карту наносяться частки прибережжя.

Використання супутникових навігаційних систем користувачами різних держав призвело до тісного зв'язку між національними геодезичними системами. Це стало результатом розповсюдження в світі єдиної координатної системи WGS-84, яка використовується при розрахунку обсервованих координат в супутникових радіонавігаційних системах. Тому різниця в геодезичних основах морських навігаційних карт практично усунена.

Другим джерелом похибок являється відносно невисока точність визначення геодезичних координат самих опорних пунктів, які використовуються при нанесенні на карту частки прибережжя, яка прилягає до них. При цьому на карті зберігається правильне взаємне розташування нанесених об'єктів, але вони зміщені на величину похибки, допущеної при визначенні геодезичних координат опорних пунктів. Похибки другого типу носять випадковий характер і не піддаються попередньому обчисленню. Тому похибки обох типів діють сумісно і це необхідно враховувати на картах різних держав.

Основні принципи такого врахування наступні: при першій можливості, з підходом до берегу, необхідно своєчасно переходити на визначення місця судна за береговими орієнтирами, для отримання сумарних похибок за широтою $\Delta\phi_n$ і довготою $\Delta\lambda_n$, які можливо розрахувати за формулою:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\phi_n &= \phi_k - \phi_o, \\ \Delta\lambda_n &= \lambda_k - \lambda_o, \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

де ϕ_k і λ_k – координати, визначені візуальним способом; ϕ_o і λ_o – координати, визначені супутниковою системою.

Векторні карти у звичайному вигляді, які зроблено за стандартом S-57, у вільному продажу та розповсюдженню відсутні. Карти стандарту S-57 використовуються лише в гідрографічних службах для обміну між собою та для виробництва. Для поширення необхідно їх кодувати, шифрувати, щоб уникнути підробок. Тому було розроблено спеціальний стандарт шифрування S-63, який криптує стандарт S-57. Для цього необхідно мати data-сервер, зареєстрований та схвалений Міжнародною гідрографічною організацією, а також відповідні сертифікати.

Попередню прокладку для рейсового циклу зручніше робити на електронних картах, ніж на паперових. Крім того, легше підібрати масштаб карти відповідно до тривалості рейсового циклу. Для зручного планування і коректного вибору ШТ процес рекомендується виконувати в три етапи:

- 1) попередній, з нанесенням ШТ на генеральній карті масштабу 1:1000000;
- 2) детальний, з нанесенням ШТ на навігаційних шляхових картах масштабу 1:100000;
- 3) інверсний судновий високоточний план лоцманської проводки заходу/виходу із порту для навігаційних цілей на часткових навігаційних картах масштабу 1:25000.

4.2. Використання методу маршрутного листа при плануванні координат траєкторних точок рейсового циклу

Існуючий спосіб планування методом маршрутного листа не містить детального плану заходу/ виходу із порту, хоча вимоги про планування шляху від причалу порту відходу до причалу порту приходу містяться в рекомендаціях ММО. Причиною такого положення є той факт, що планування заходу в порт вимагає більш точних способів виконання підготовки до переходу, чим планування шляху у відкритому морі, які на сьогодні не розроблені до кінця.

Спосіб планування сумарною матрицею являється більш точним, і дозволяє використовувати автоматичні СППР при переході і маневруванні. Матриці переходу можуть бути використані для навігаційних цілей при плануванні траєкторії шляху від причалу до місця висадки лоцмана, при відході і від місця прийому лоцмана до причалу в порту приходу. Ці відомості повинні формуватися у вигляді суднового плану плавання під лоцманською проводкою, для навігаційних цілей. Але спосіб планування сумарною матрицею базується на необхідності визначати опірні шляхові точки, які використовуються як в першому, так і в другому способах та впливають на точність визначення координат криволінійних траєкторій.

Приведена методика планування рейсового циклу в нормативних документах ММО володіє цілим рядом недоліків:

- 1) не приведена методика вибору ШТ і визначення їх координат;
- 2) нанесення шляху у вигляді прямолінійних відрізків не відповідає дійсності, оскільки судно ніколи не проходить через ШТ. Особливо цей недолік проявляється при плануванні шляху в каналах, фарватерах, на припортових акваторіях та в межах порту. Це вимагає використовувати і розробляти нові методики планування для районів стиснених вод;
- 3) відсутня методика планування криволінійних відрізків шляху з врахуванням характеристик поворотності;
- 4) не розглянуті способи підвищення точності планування та контролю координат руху;
- 5) Не розглянуті способи планування навігаційних ризиків та методи управління їх рівнем.

Оскільки методика планування ШТ в нормативних документах не розглянута, це суттєво впливає на точність побудови матриць ТТ поворотів, тому дослідження цього питання являється актуальним.

Отримання шляхових точок рекомендується виконувати на підставі апарату геодезичної навігації. Вони назначаються на перетині рекомендованих шляхів, які наносяться на карту геодезичними способами, чи на серединних

лініях в два прийоми. Для цього спочатку шлях переходу наноситься на генеральну карту за координатами портів відходу та приходу рейсового циклу. Другий етап виконується, починаючи з порту відходу на карті масштабу 1:25000, у вигляді суднового плану лоцманської проводки до точки висадки лоцмана.

Потім підбираються шляхові навігаційні карти масштабу 1:100000 на весь перехід до точки прийому лоцмана і на них підбираються ШТ. Потім на карті масштабу 1: 25000 від точки прийому лоцмана складається судновий план заходу і формується таблиця координат ШТ переходу для рейсового циклу. Після цього складається зведена таблиця координат ШТ, яка додатково доповнюється допоміжними навігаційними даними, які на паперовій карті отримуються вручну і заносяться в таблицю для використання під час переходу.

Після цього за навігаційними посібниками і картами знаходять аварійно-небезпечні ділянки переходу та визначають інженерним методом вид навігаційного ризику, його причини та способи управління допустимим рівнем. Це значно підвищить інформативність даних про навігаційні умови на переході по плановому шляху і дозволить підготуватися судноводію по оперативному контролю відхилення від безпечних планових траєкторних точок і управляти допустимим рівнем ризику.

Алгоритм вибору шляхових точок при формуванні координат переходу в рейсовому циклі може бути виконано *методом маршрутного листа* та сумарною матрицею координат ТТ. Тому, в роботі розглянуто методики вибору ШТ на морській карті з урахуванням її геодезичної основи, нанесених ліній рекомендованих безпечних зон і курсів, характеристик ґрунту, навігаційних і гідрометеорологічних умов, зон індивідуальних навігаційних ризиків рейсового циклу морського судна за факторами, які їх спричиняють.

Для визначення координат ШТ було рекомендовано використовувати наступний алгоритм роботи судноводія:

- провести аналіз необхідного масштабу карт для оцінки існуючих способів оцінки індивідуальних навігаційних ризиків за факторами впливу;

- розробити спосіб визначення положення ШТ з урахуванням зон підвищеної навігаційної аварійності та факторів, які їх викликають;
- визначити особливості управління індивідуальними навігаційними ризиками в залежності від вибору місця розташування ШТ;
- розглянути методику використання високоточного планування схеми маневрування ТТ при заході/виході із порту.

Для систематизації алгоритму визначення необхідних даних і отримання ШТ було розроблено чек-лист підготовки судна на прикладі входу/виходу в турецький порт Самсун.

Підбір шляхових точок необхідно починати з порту відходу. Для прикладу розглянемо перехід т/х «Вільнюс Сівейс» із турецького порту Самсун від причалу № 5, як показано на рис. 4.2, до причалу «Fishing Port 8» українського порту Чорноморськ.

Для отримання координат ШТ в порту Самсунг нанесемо рекомендовану геодезичну лінію входу/виходу в порт до причалу №5 інверсним способом від точки прийому лоцмана і отримаємо координати ШТ 3, в якій буде виконуватися висадка лоцмана.

За координатами ШТ, використовуючи пряму і обернену геодезичну задачу, розраховуємо відстань між ними і взаємні напрями. Пряма геодезична задача дозволяє за даними координатами однієї точки, азимутом чи дирекційним кутом з неї на другу точку і відстанню між ними знайти координати другої точки і напрям на першу; розрахунки зведемо в табл. 4.1.

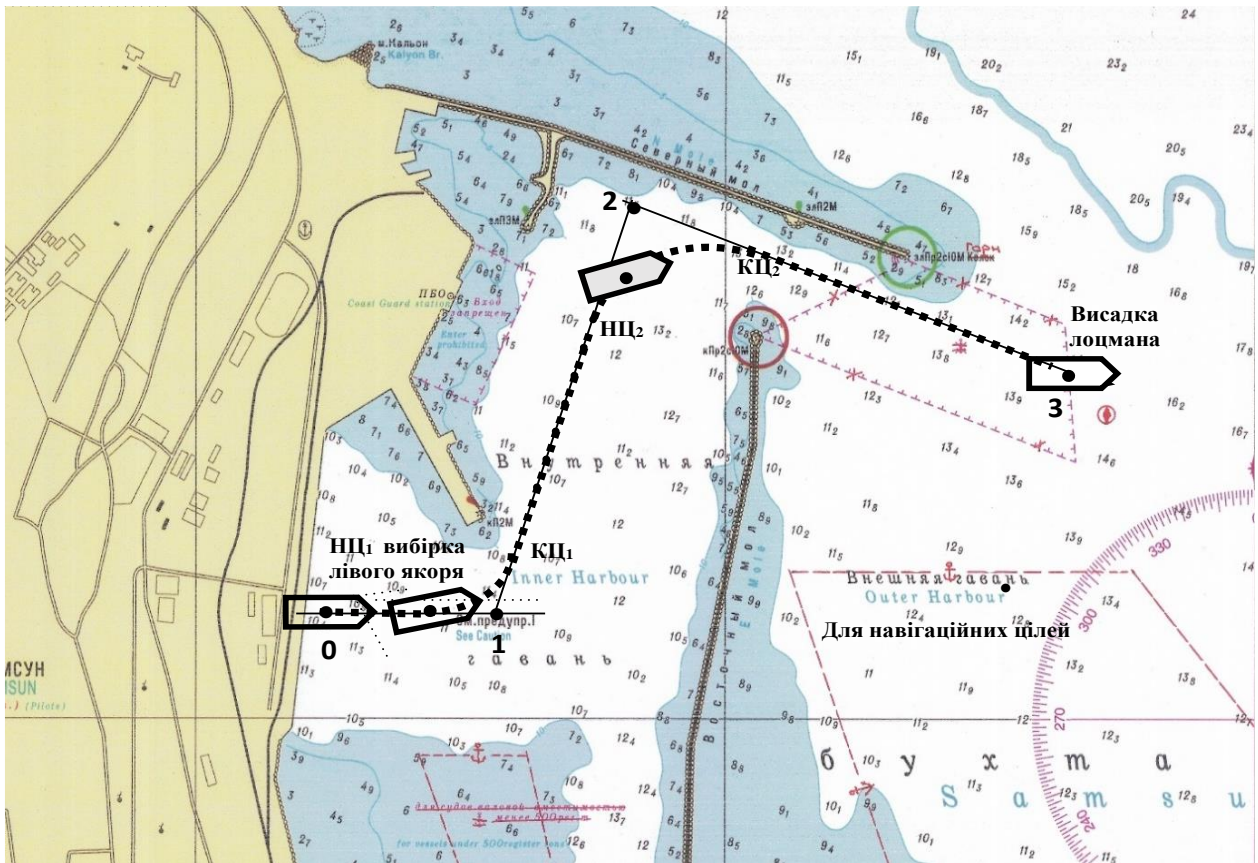


Рис. 4.2. Сценарне планування відходу т/х «Вільнюс Сівейс» в порту Самсун методом шляхових точок

Таблиця 4.1

Шляхові точки сценарного планування виходу із порту Самсун

Номер точки	Координати точки	Відстань, кбТ	Курс в наступну точку	Кут повороту	Кут перекладки руля
0	$\varphi = 41^{\circ}18'.045N; \lambda = 31^{\circ}20'.27E$	-	90°	0°	Змінні
1	$\varphi = 41^{\circ}18'.045N; \lambda = 36^{\circ}20'.5E$	0,9	27°	63°	15°
2	$\varphi = 41^{\circ}18'.65N; \lambda = 36^{\circ}20'.89E$	6,8	109°	72°	15°
3	$\varphi = 41^{\circ}18'.445N; \lambda = 36^{\circ}21'.72E$	6,5	109°	-	Висадка лоцмана

Подальше планування виконується наступним чином. За координатами ШТ₁, куту повороту 63° і куту перекладки руля 15° розраховуємо матрицю ТТ і координати точок початку НЦ₁ і закінчення траєкторії циркуляції КЦ₁, та обчислюємо матрицю повороту M_{u1} . Після цього розраховуємо координати початку НЦ₂, закінчення КЦ₂, та координати ТТ повороту за координатами ШТ₂ у вигляді матриці M_{u2} . Далі розраховуємо координати прямолінійних ТТ від КЦ₁

до точки НЦ₂ у вигляді матриці прямолінійного відрізка шляхової точки ШТ₁ – M_{n1} та від КЦ₂ до ШТ₃ – M_{n2} і представляємо у вигляді матриці прямолінійного відрізка ШТ₂ через інтервал 0,2 кбт. Навігаційна підготовка до швартування закінчена і може бути записана як сума матриць відходу M_6 складових етапів:

$$M_6 = M_{u1} + M_{n1} + M_{u2} + M_{n2}. \quad (4.2)$$

Подальший крок – розробити маршрут від точки висадки лоцмана у порту Самсун в ШТ₃ до пункту прийому лоцмана в порту Чорноморська. Чек-лист нанесення ШТ в порту Самсун при заході/виході судна до причалу 5 буде наступним, як приведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Чек-лист нанесення ШТ для виходу судна від причалу 5 порту Самсун

№ з/п	Алгоритм і характер виконуваних операцій	Отримані результати
1.	Розрахунок характеристик повороткості	l_1, l_2, D_m, D_y
2.	Визначення координат прийому лоцмана ШТ ₃	$\varphi = 41^{\circ}18'.045N$ $\lambda = 31^{\circ}20'.27E$
3.	Проведення рекомендованої зворотної геодезичної лінії курсу виходу із порту	ЗІК = 289 ⁰
4.	Проведення лінії ІК відходу від причалу	ІК = 90 ⁰
5.	Проводять серединну лінію ІК = 27 ⁰ , із дотриманням рекомендованої відстані до мису хвилеріза зліва і визначають координати точки перетину з рекомендованим курсом заходу в порт і відходу від причалу та визначають координати ШТ ₁ і ШТ ₂	$\varphi_1 = 41^{\circ}18'.045N$; $\lambda_1 = 36^{\circ}20'.5E$ $\varphi_2 = 41^{\circ}18'.65N$; $\lambda_2 = 36^{\circ}20'.89E$
6.	Перевіряють глибину вздовж серединної лінії і наявність навігаційних перешкод	Глибина 10,0 м, перешкод немає

Для кожного порту чек-лист заходу/виходу буде свій, оскільки конфігурація акваторії для маневрування і число ШТ будуть відрізнятися. Однак алгоритм і принципи вибору ліній для отримання положення ШТ будуть такими, як наведено в чек-листі.

Для визначення ШТ рекомендовано:

1. Використовувати геодезичні лінії, які співпадають з напрямком руху.
2. Проводити серединні лінії, які співпадають з напрямком руху і вздовж яких немає навігаційних перешкод.
3. Планування шляху виконувати траєкторними точками, включаючи криволінійні траєкторії, а координати представляти у вигляді матриць.

Таким чином приведені способи вибору ШТ дозволяють визначити їх безпечні координати та розрахувати ТТ криволінійних траєкторій, включаючи координати точок початку і закінчення циркуляції та визначити відрізки прямолінійних траєкторій, на підставі параметрів маневрування та динамічних характеристик судна.

4.3. Планування координат руху судна траєкторними точками методом модернізованої змістовної моделі

Створення навігаційного пристрою планування рейсового циклу морського судна за шляховими точками за допомогою координат траєкторних, у вигляді суми матриць прямолінійних та криволінійних відрізків шляху та оперативного контролю параметрів маневрування характерних точок судна, можливе тільки на підставі таблиці ШТ.

Методика визначення координат ШТ у вигляді таблиці була розглянута в попередньому розділі. Актуальною проблемою є розробка нових методів планування заданого алгоритму управління рухом та контролю пересування за заданими координатами з урахуванням акваторії для маневрування, маневрених властивостей судна та зовнішніх впливів, для своєчасного виявлення відхилення фактичних параметрів руху від планових.

Розрахунок планових координат проводиться для центру ваги (ЦВ) та характерних точок траєкторії руху судна – початку повороту, закінчення повороту, початку гальмування та траєкторних точок ЦВ прямолінійних відрізків шляху через 0,2 кбт та криволінійних ділянок через 1,5 або 10 градусів

повороту відносно початкового курсу, залежно від масштабу карти та кута повороту. Координати заданого шляху оформлюються як суми лінійних матриць прямолінійних і криволінійних ділянок шляху.

Навігаційна система управління рухом складається з пристроїв автоматичного визначення відхилень від планових координат і систем підтримки прийняття рішення з маневрування, для коригування відхилень, що з'являються. Використання запропонованого методу планування руху координатами ТТ у вигляді суми матриць прямолінійних та криволінійних відрізків шляху та управління рухом за ними виконано шляхом комп'ютерного моделювання та перевірки в натурних умовах запропонованих моделей, результати яких показали, що розрахована оптимальна задана траєкторія забезпечує проведення центру ваги за плановим шляхом засобами управління судном та відповідає встановленим критеріям оптимальності.

Основною перевагою методу планування шляху руху судна за таблицею шляхових точок являється розрахунок оптимальних координат ТТ за заданою акваторією для маневрування, кутом перекладки руля для криволінійних траєкторій і заданим курсом для прямолінійних, представленням шляху у вигляді суми лінійних матриць координат прямолінійних та криволінійних ділянок і автоматичним оперативним контролем параметрів руху системами підтримки прийняття рішень. Запропонований метод може бути використаний при розробці засобів управління для автоматизованих суден з безвахтовим обслуговуванням.

Загальні вимоги до планування рейсового циклу морського судна містяться в таких міжнародних та державних документах України, як:

1. Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі – 1974 р. (SOLAS-74), Розділ V «Безпека мореплавства».
2. Конвенція та кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками), Розділ VIII.
3. Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р. (Керівництво з планування рейсу).
4. Рекомендації з організації штурманської служби на морських суднах України – 1998 р.

5. Bridge Procedures Guide, 6th Edition (Керівництво з процедур на містку) – 2022 р.

6. Bridge Team Management, 2nd Edition (Керівництво командою містка)– 2004 р.

Зміст указаних вимог потребує від судноводія планування шляху від причалу порту відходу до причалу порту приходу. Оформлення виконаної роботи завершується складанням єдиної таблиці, у вигляді плану переходу від причалу до причалу. Указана таблиця містить наступні дані:

1. Номер ШТ, за початкову точку за номером «0» приймають координати причалу.

2. Номер ШТ 1, 2, ..., i, ..., n та їх координати.

3. Курс із попередньої в наступну ШТ і відстань до неї.

4. Відстань до кінцевої точки рейсу.

5. Допустима швидкість руху згідно з правилами порту чи експлуатаційна на переході.

6. Запас води під кілем (УКС).

Крім того, в таблицю заносять додатково дані про течію, рекомендований інтервал обсервацій, часовий пояс, ступінь організації команди навігаційного містка (підвищена «Red», звичайна «Normal») і ряд інших навігаційних даних, які необхідно знати і пам'ятати судноводію.

Існуючі чотири стадії планування безпечного переходу і організації безаварійного руху повинні виконуватись одна за одною у наступному порядку: I. Appraisal (Оцінка). II. Planning (Планування). III. Execution (Виконання). IV. Monitoring (Контроль). На стадії оцінки повинна бути вивчена вся інформація, що відноситься до рейсу. При цьому потрібно враховувати наступне:

1. Стан судна, його остійність, експлуатаційні обмеження.

2. Особливі характеристики вантажу та його розміщення на судні.

3. Наявність всіх необхідних сертифікатів та документів, що стосуються судна.

4. Відкориговані карти належного масштабу та лоції, які будуть використовуватись впродовж переходу.

5. Додаткова навігаційна інформація: атласи приливів, метеорологічні дані, інтенсивність руху суден в районі плавання, інформацію з лоцманської проводки та ін.

На основі вищезазначеної інформації необхідно дати загальну оцінку майбутнього рейсу чи переходу. Ця оцінка повинна чітко вказувати на всі небезпечні для плавання райони.

На стадії планування необхідно підготувати детальні дані, засновані на точній оцінці переходу. Цей план повинен охоплювати весь рейс, включаючи райони лоцманського проведення. Детальний план рейсу повинен включати в себе наступне:

1. Прокладку істинного курсу маршруту на картах належного масштабу, на яких будуть зазначені всі аварійно небезпечні райони, та доступні способи визначення координат шляхових точок руху суден;

2. Визначення всіх основних параметрів маневрування і елементів безпечного та ефективного плавання та захисту моря під час переходу: безпечну швидкість, необхідні зміни швидкості, мінімальну глибину під кілем, точки зміни курсу, плани дій в надзвичайних умовах, захист морського середовища, спосіб та частота визначення місцеположення судна. Подробиці створеного плану повинні бути чітко відмічені та зафіксовані на картах та в таблиці рейсового плану.

Приведена методика планування рейсового циклу в нормативних документах володіє цілим рядом недоліків, основні з них наступні:

1. Не приведені рекомендації з методики вибору координат ШТ.

2. Нанесення шляху у вигляді прямолінійних відрізків не відповідає дійсності, оскільки судно ніколи не проходить через ШТ. Особливо цей недолік проявляється при плануванні шляху в каналах, фарватерах, на припортових акваторіях та в межах порту.

3. Відсутня методика планування руху з використанням даних про маневрені характеристики судна.

4. Відсутня методика планування криволінійних відрізків шляху з врахуванням характеристик повороткості і геометрії акваторії для маневрування.

5. Не використовуються навігаційні пристрої автоматизації планування руху.

6. Не розглянуті способи підвищення точності планування координат руху.

По завершенню підготовки плану рух судна повинен виконуватися відповідно до нього. При цьому треба враховувати наступні фактори:

- надійність суднового навігаційного обладнання;
- час перебування в критичних маршрутних точках;
- метеорологічні умови;
- умови руху суден в районі плавання.

Капітан судна повинен постійно переглядати план переходу, щоб прийняти рішення, чи варто намагатися виконати цю частину переходу в разі надзвичайних ситуацій або важкої метеорологічної обстановки.

Недоліком цього етапу являється відсутність рекомендацій з використання автоматичних систем підтримки прийняття рішень з контролю за параметрами процесу руху та надання рекомендацій з їх коригування при недопустимому відхиленні. Швидкодія процесу управління і обмаль часу для отримання коректної інформації про параметри маневрування під час руху вимагає попередньої підготовки капітана до роботи в екстремальних умовах при виході із ладу засобів забезпечення руху та маневрування. Адекватність процесу управління судном в різних умовах плавання забезпечується за принципами синергічного командного управління.

Зростання ефективності маневрування внаслідок трьох операторського управління відбувається за рахунок з'єднання навігаційної інформації від берегових джерел, суднових навігаційних пристроїв та лоцмана на борту судна. Однак особливість суднової синергетичної системи управління полягає в тому,

що відповідальність за ухвалені рішення покладено на капітана. Це вимагає від нього готуватися до управління командою містка самостійно в будь-яких умовах, розглядаючи інформацію берега та лоцмана як додаткову та допоміжну.

Створений план зазвичай вводиться в суднову супутникову навігаційну систему та повинен постійно знаходитися на навігаційному містку, щоб вахтові помічники капітана судна могли в будь-який момент ним скористатись. Пересування судна відповідно до плану рейсу повинно постійно контролюватись, а будь-які зміни до плану повинні бути чітко зафіксовані в документальній формі. Недолік існуючих та рекомендованих способів контролю руху, згідно плану, закладається в відсутності автоматизованих способів контролю параметрів стану судна та маневрування, які оперативно визначаються в процесі переміщення. Зображення шляху судна у вигляді прямолінійних ліній між ШТ не враховує маневрених властивостей судна і потребує додаткового планування при плаванні в фарватерах, каналах, припортових акваторіях та на територіях портів.

Першим кроком для підвищення точності планування рейсу, після переходу від паперових до електронних носіїв карт, являється зміна форми представлення даних про маневрені характеристики судна, яка існує натеper. Згідно вимог міжнародної морської організації (ММО) вони представлені у графічній формі, яка є незручною для використання під час планування, оскільки вимагає додаткової обробки для отримання необхідних даних. Крім того вона не може бути використана оперативно під час маневрування. Більш підходящим способом представлення для використання під час планування і контролю руху являється таблична форма. Вона компактна і дозволяє на двох сторінках формату А4 розмістити всі необхідні дані, в зручному для комп'ютерної обробки вигляді.

Наступним кроком являється розробка методики планування криволінійних траєкторій. Існуючі способи приблизного врахування діаметра циркуляції не можуть бути використані для навігаційних цілей. Тому був використаний метод розрахунку точки початку циркуляції та її закінчення за координатами ШТ і характеристиками поворотності, з наступним визначенням

координат ТТ методом відрізків через 1, 5, 10 градусів повороту відносно точки початку перекладки руля.

Особливість планування шляху ТТ полягає в наступному. Спочатку планування проводиться як звичайно ШТ, приклад якого наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Фрагмент початкової ділянки ШТ

№ ШТ	К	Плавання S, миль	φ	λ	$\Delta\theta_i$
0	102 ⁰	3,7	38 ⁰ 07,9 ¹ S	144 ⁰ 31,7 ¹ E	-
1	55 ⁰	4,0	38 ⁰ 05,7 ¹ S	144 ⁰ 36,1 ¹ E	47 ⁰
2	67 ⁰	0,7	38 ⁰ 05,5 ¹ S	144 ⁰ 36,9 ¹ E	12 ⁰

Початковою точкою планування переходу є координати місця висадки лоцмана, а кінцевою точкою місце прийому лоцмана для проходження в порт. Ділянки від причалу порту відходу до місця висадки лоцмана і від місця прийому лоцмана до причалу порту приходу повинні плануватися окремо, за спеціальною більш точною методикою. Існуючі рекомендації ММО зі складання лоцманського плану проводки судна, не можуть бути використані для навігаційних цілей, про що повідомляє лоцман капітану в «Pilot passage Plan».

За цією причиною капітан повинен сам складати судновий план лоцманської проводки («Ship's passage pilot plan»), який повинен бути підготовлений для використання для навігаційних цілей. Він підтверджує факт підготовки капітана до заходу в порт, документує його роботу і доповнює інформацію, яку лоцман розміщає в «Pilot Passage Plan».

Надалі траєкторія переходу між ШТ була розділена на прямолінійні і криволінійні ділянки. При цьому координати ШТ виключаються з контрольних, та її замінює криволінійна ділянка у вигляді матриці повороту. Розрахунок координат точок прямолінійних ділянок проводиться в морі через інтервал шляху ΔS кбт, а координати криволінійних ділянок через кут $\Delta\Delta\theta = 5^0$ при куті повороту до $\Delta\theta_i = 60^0$ або $\Delta\Delta\theta = 10^0$ при куті повороту більше 60 градусів. Заданий інтервал шляху необхідно вибирати з урахуванням похибки визначення

місця і району плавання – відкрите море або стиснені води. У відкритому морі рекомендується призначати $\Delta S = 1$ кбт, а в умовах обмеженого простору – до $\Delta S = 0,2$ кбт.

З урахуванням вищевикладеного алгоритм роботи судноводія при плануванні шляху ТТ з інтервалом ΔS кбт в умовах обмеженого простору буде наступним.

1. На карті наносять ШТ району обмежених вод і результати прокладки заносять в табл. 4.3.

2. Визначають кути повороту $\Delta\theta_i$ і вибирають кути переключки руля δ для кожної ШТ точки маршруту:

- розраховують кут повороту $\Delta\theta_i$ за формулою:

$$\Delta\theta_i = IK_{i+1} - IK_i. \quad (4.3)$$

- вибирають кут переключки δ_{ex} з урахуванням наступних рекомендацій:

$$\delta_{ex} = \begin{cases} 5^\circ & \text{при } \Delta\theta \text{ до } 30^\circ \\ 10^\circ & \text{при } \Delta\theta = 30^\circ - 60^\circ \\ 15^\circ & \text{при } \Delta\theta \text{ більше } 60^\circ. \end{cases} \quad (4.4)$$

- вибирають інтервал дискретизації $\Delta\Delta\theta$ і розраховують кількість проміжних точок на циркуляції по формулі $n = \Delta\theta_i / \Delta\Delta\theta$;

- із системи розрахунку маневрених характеристик поступає інформація про характеристики повороткості ℓ_1, ℓ_2, D_T, D_y , за якими визначаються координати точок криволінійної траєкторії і отримані дані поступають на індикацію на екрані і в пам'ять.

Надалі формуються матриці прямолінійних ділянок від початкової точки до точки початку циркуляції. Потім слідує матриця циркуляції, остання точка якої є початковою для наступної прямолінійної ділянки. У зв'язку з тим, що

визначальними точками, що розділяють ділянки шляху на прямолінійні і криволінійні, будуть точки початку і закінчення повороту, то в першу чергу необхідно проводити розрахунок координат криволінійних ділянок. Як приклад, розрахунок зробимо для 3-х ШТ, наведених в табл. 4.3.

Подальший алгоритм розрахунку буде наступним:

- визначають кут повороту із 1-ої до 2-ої ШТ $\Delta\theta_i = 47^\circ$;
- вибирають кут перекладки руля за формулою (4.4) $\delta_{ex} = 10^\circ$ і кут $\Delta\Delta\theta = 5^\circ$;
- визначають число точок криволінійної траєкторії $n = 47/5 = 9$;
- вибирають із табл. 4.4. для кута перекладки 10° значення $\ell_1 = 4,22$ кбт і $D_m = 6,79$ кбт;
- розраховують значення відрізків МН і МК за формулами:

$$МН = \ell_1 - \frac{D_m}{2} + \frac{D_m}{2} \operatorname{tg} \frac{\Delta\theta_i}{2} = 4,22 - 3,395 + 3,395 \cdot \operatorname{tg} 23,5^\circ = 2,301 \text{ кбт.} \quad (4.5)$$

$$МК = \frac{D_m}{2} \operatorname{tg} \frac{\Delta\theta_i}{2} = 3,395 \cdot \operatorname{tg} 23,5^\circ = 1,476 \text{ кбт.} \quad (4.6)$$

Таблиця 4.4

Фрагмент таблиці параметрів циркуляції т/х «Green Mountain»

Кут перекладки руля, δ_{ex}	Параметри	Умовне позначення	В вантажі	В баласті
			Експериментально-розрахункове, кабельтов	
5°	Зсув	ℓ_1	6,25	5,67
	Пряме зміщення	ℓ_2	4,83	4,32
	Тактичний діаметр	D_T	10,37	9,31
	Сталий діаметр	D_y	11,14	9,85
10°	Зсув	ℓ_1	4,22	3,95
	Пряме зміщення	ℓ_2	2,95	2,73
	Тактичний діаметр	D_m	6,79	6,0
	Сталий діаметр	D_y	6,79	5,9

Розрахунок відрізків необхідно виконувати до третього знаку в кабельтов,

з наступним закругленням до другого:

- за координатами 1-ої ШТ, напрямком зворотнім IK_1 із 0-ої точки і відрізком МН розраховують, за формулами письмового числення, координати точки початку циркуляції $H_{ц1}$:

$$PШ = МН \cdot \cos(IK_1 + 180^0) = 0,2301' \cdot \cos(102^0 + 180^0) = 0,04784' \text{ кN}, \quad (4.7)$$

$$ДД = МН \cdot \sin(IK_1 + 180^0) = 0,2301 \cdot \sin(102^0 + 180^0) = -0,22507, \quad (4.8)$$

$$PД = ДД \cdot \sec \phi_m = -0,2250 \cdot \sec 38,1^0 = -0,28593', \quad (4.9)$$

де РШ – різниця широт; ДД – довжина дуги між меридіанами початкового і кінцевого пунктів плавання, яку відраховують за середньою паралеллю; РД – різниця довгот;

- розраховуємо координати точки початку циркуляції:

$$\phi_{ц1} = \phi_{пт1} + PШ = 2285,7' - 0,04784 = 2285,65216' = 38^0 05,6522' S, \quad (4.10)$$

$$\lambda_{ц1} = \lambda_{пт1} + PД = 8676,1' - 0,2859' = 8675,7141' = 144^0 35,7142' E, \quad (4.11)$$

- за координатами 1-ої ШТ, напрямком IK_2 із 1-ої точки і відрізком МК розраховують координати точки закінчення циркуляції $K_{ц1}$:

$$PШ = МК \cdot \cos IK_2 = 0,1476' \cdot \cos 55^0 = 0,08466' \text{ кN}. \quad (4.12)$$

$$ДД МК \cdot \sin IK_2 = 0,1476 \cdot \sin 55^0 = 0,12091. \quad (4.13)$$

$$PД = ДД \cdot \sec \phi_m = 0,1209 \cdot \sec 8,1^0 = 0,15364'. \quad (4.14)$$

- розраховуємо координати точки закінчення циркуляції:

$$\phi_{кц1} = \phi_{пт1} + PШ = 2285,7' - 0,1209' = 2285,65216' = 38^0 05,54636' S, \quad (4.15)$$

$$\lambda_{\text{кц1}} = \lambda_{\text{пт1}} + \text{РД} = 8676,1' + 0,2859' = 8676,3859' = 144^{\circ}36,3859'E. \quad (4.16)$$

Розраховують траєкторні точки криволінійної траєкторії, і формують матрицю координат повороту в ШТ 1.

Аналогічно формують матрицю ТТ повороту заданого алгоритму для кожної шляхової точки $M_{n12}, M_{n23}, \dots, M_{ni(i+1)}, \dots, M_{n(m-1)m}$, для всіх $i \in \{1, \dots, m\}$, де m – число шляхових точок.

Матрицю ТТ повороту із першої ШТ в другу можна записати так:

$$M_{n12} = \left\| \left| \begin{array}{c} \varphi_{\text{нц1}} \\ \lambda_{\text{нц1}} \end{array} \right|, \left| \begin{array}{c} \varphi_{\text{п11}} \\ \lambda_{\text{п11}} \end{array} \right|, \left| \begin{array}{c} \varphi_{\text{п21}} \\ \lambda_{\text{п21}} \end{array} \right|, \dots, \left| \begin{array}{c} \varphi_{\text{пi1}} \\ \lambda_{\text{пi1}} \end{array} \right|, \dots, \left| \begin{array}{c} \varphi_{n(n-1)1} \\ \lambda_{n(n-1)1} \end{array} \right|, \left| \begin{array}{c} \varphi_{\text{пн1}} \\ \lambda_{\text{пн1}} \end{array} \right|, \left| \begin{array}{c} \varphi_{\text{кц1}} \\ \lambda_{\text{кц1}} \end{array} \right| \right\|, \quad (4.17)$$

для всіх $i \in \{1, \dots, n\}$, де n число ТТ криволінійної траєкторії даної ШТ.

За координатами 0-ої ШТ $\varphi_0 = 38^{\circ}07,9'S$, $\lambda_0 = 144^{\circ}31,7'E$, напрямку $\text{IK}_1 = 102^{\circ}$ із 0-ої точки і відрізьку дискретизації шляху 0,1 милі в відкритому морі і 0,02 милі в стиснених умовах розраховують, за формулами письмового зчислення, координати наступних точок траєкторії руху за наступними формулами:

$$\text{РШ} = \Delta S \cdot \cos \text{IK}_1 = 0,1' \cdot \cos 102^{\circ} = 0,02079' \text{ кН}, \quad (4.18)$$

$$\text{ОТШ} = \Delta S \cdot \sin \text{IK}_1 = 0,1 \cdot \sin 102^{\circ} = 0,0978', \quad (4.19)$$

$$\text{РД} = \text{ОТШ} \cdot \sec \phi_m = 0,0978 \cdot \sec 38,1^{\circ} = 0,12428', \quad (4.20)$$

- розраховуємо координати точки траєкторії:

$$\varphi_{011} = \varphi_0 + \text{РШ} = 2287,9' + 0,02079' = 2287,92079' = 38^{\circ}07,92079' S. \quad (4.21)$$

$$\lambda_{011} = \lambda_0 + \text{РД} = 8671,7' + 0,12428' = 8671,82428' = 144^{\circ}31,8243'E. \quad (4.22)$$

Надалі розраховують координати точок прямолінійної траєкторії від

початкової $|\phi_0, \lambda_0|$ до першої точки початку повороту $|\phi_{\text{нц1}}, \lambda_{\text{нц1}}|$ і формують масив ТТ у вигляді першої шляхової матриці. Розрахунок точок виконують за формулами письмового числення, до п'ятого знаку хвилини і наступним округленням до чотирьох. Така точність необхідна в зв'язку з малою відстанню між точками, що визначає положення центра ваги, і високою точністю визначення місця судна супутниковими (рис. 4.3) системами в диференціальному режимі, коли радіальна СКП досягає значення ± 2 метри.

При автоматичному виконанні повороту з надходженням обсервованої точки від навігаційного комплексу проводять розрахунок відстаней і пеленгів від обсервованих точок до планової траєкторії за відомими формулами навігації:

$$\Pi_{\text{тек}} = \arctg[(\lambda_0 - \lambda_i) \cdot \cos \phi_0 / (\phi_0 - \phi_i)], \quad (4.23)$$

$$d_{\text{тек}} = 1852(\phi_0 - \phi_i) / \cos \Pi_{\text{тек}}. \quad (4.24)$$

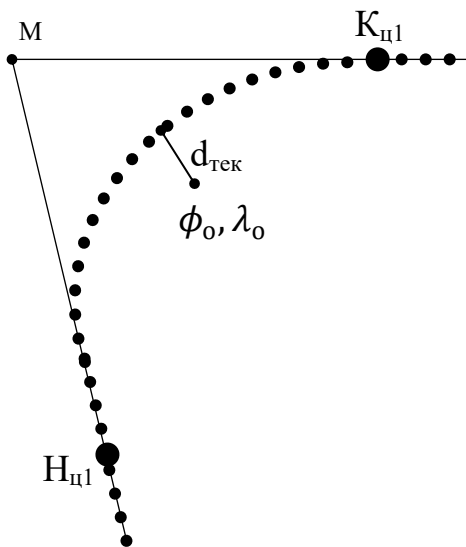


Рис. 4.3. Контроль траєкторії при повороті

При виконанні поворотів існує два способи управління рухом судна – курсом і рулем. Для виконання поворотів рекомендується використовувати *спосіб управління рулем*. Це дає можливість вивчити характеристики судна тому, хто ним керує. До них слід віднести час запізнювання керуючих впливів, характеристики повороткості і параметри отримання повороту. В результаті судноводій буде добре відчувати судно і

впевнено керувати ним в обмежених водах. *Спосіб управління курсом* рекомендується використовувати при уточненні напрямку руху для невеликих відхилень.

Існуючі навігаційні пристрої на морських суднах можуть видавати інформацію у вигляді, який вимагає додаткової обробки для прийняття рішення.

Необхідність використання розумових здібностей оператора призводить до затримки прийняття рішення, пізнє виконання якого ускладнює процес управління маневруванням, включаючи передаварійний стан. Це викликає необхідність підготовки інформації у вигляді знання, яке не вимагає додаткової обробки та готове для прийняття рішення. Для формування таких даних необхідно введення в структуру навігаційних пристроїв та систем блоків розрахунку маневрених характеристик, які дозволяють визначати параметри гальмування та керованості, без знання яких забезпечити безпечне маневрування неможливо.

З урахуванням сучасного стану науки судноводіння можна запропонувати системи підтримки прийняття рішень, які формують інформацію у вигляді, готовому до віддачі команд на маневрування:

1. Навігаційний пристрій розрахунку маневрених характеристик для поточного стану судна та його режиму руху і подання у вигляді таблиці гальмування та поворотності.

2. Навігаційний пристрій високоточного планування заданого шляху переходу судна траєкторними точками.

3. Система вибору кількості буксирів для безпечного маневрування в екстремальних умовах.

4. Система оцінки положення полюсу повороту та його візуалізація.

5. Система перерахунку координат супутникової антени до центру тяжіння судна.

6. Система високоточного контролю відхилення центру тяжіння судна від лінії заданого шляху (попередження посадки на мілину).

7. Система оцінки небезпеки зіткнення суден за курсовим кутом лінії відносного руху.

8. Навігаційний пристрій оцінки надмірного, небезпечного або аварійного зближення та система вибору маневру для його попередження.

5. КІБЕРНЕТИЧНІ РИЗИКИ В РЕЙСОВОМУ ЦИКЛІ МОРСЬКОГО СУДНА

5.1. Класифікація кібернетичних ризиків

Проблема виникнення кібернетичних ризиків для морських навігаційних систем починається у зв'язку з впровадженням на судах мереж 5G, які починають конфліктувати із застарілим судовим обладнанням. Це призводить до вразливості судових пристроїв та берегових систем, які їх обслуговують [23].

Необхідність організації обліку кіберризиків на судні при плануванні в існуючих системах управління маневруванням в рейсовому циклі обумовлена введенням перевірок суден, які заходять в порти на предмет виконання рекомендацій Міжнародної морської організації з кібербезпеки відповідно до вимог резолюції MSC.428 (98), починаючи з 1 січня 2021 року [24].

Відсутність надійного захисту судових інформаційних систем дозволила хакерам реалізувати кібернетичні атаки, які призвели до значних фінансових збитків [25-26]. В умовах обмежень, пов'язаних з COVID-19 багато автоматизованих інформаційних систем в судноплаванні не можуть своєчасно оновлюватися і тому знаходяться в зоні ризику кібернетичних атак [27]. Це потребує перегляду змісту та форми передачі інформаційного забезпечення судна і берегових підрозділів. Такий підхід потребує систематизації даних про кібернетичні ризики для розробки національних і міжнародних нормативних документів, які регламентують підготовку судових екіпажів і берегової адміністрації з боротьби за зменшення впливу на процес судноплавства та нейтралізацію наслідків кібератак, а також організацію роботи судових навігаційних та берегових систем при їх появі. Особливо вплив кібернетичних атак проявляється при виконанні рейсового циклу морського судна. Для вирішення питань планування та управління кібернетичними ризиками скористаємося методикою визначення аварійно небезпечних ділянок рейсового циклу, яка використовується для планування і управління допустимим рівнем

навігаційних ризиків. Як показує аналіз, існує співпадіння регіонів виникнення кібернетичних атак і аварійно небезпечних ділянок навігаційних ризиків, результати якого представлені у вигляді узагальненої таблиці навігаційних ризиків переходу. Тому методика визначення ділянки навігаційних ризиків, з використанням інженерного способу, може бути застосована при плануванні ділянок шляху уникнення кібернетичних атак.

Сучасне використання цифрових способів при розробці навігаційних приладів для суднових і берегових систем морського господарства супроводжується підвищеною автоматизацією процесів обробки інформації. Це значно підвищує оперативність прийняття рішень з управління процесами експлуатації та забезпечує автономність судна як господарчої одиниці. Такий процес часто називають Shipping 4.0, що означає посилення використання цифрових навігаційних приладів і систем судна.

Безпечна робота сучасних суден в найближчому майбутньому залежить від надійної роботи кібернетичних навігаційних приладів і фізичних систем, які створені на основі інформаційних технологій та працюють при взаємодії із системами операційних технологій.

Існуючі взаємозв'язки інформаційних суднових приладів і систем неминуче підвищують вразливість цифрової навігаційної інфраструктури судна до кібернетичних атак. Запропоновані методології STRIDE (класифікація загроз: Spoofing (підміна), Tampering (фальсифікація), Repudiation (відмова), Information Disc/losure (приховування інформації)) та DREAD (оцінка ризику: Damage potential (потенціал загрози), Reproducibility (відтворюваність), Exploitability (можливість використання), Affected users (постраждалі користувачі), Discoverability (можливість виявлення) дозволяють якісно та кількісно оцінити вірогідність появи кібернетичних ризиків суднових навігаційних та інформаційних систем [24].

STRIDE – це модель загроз, що використовується, щоб допомогти ідентифікувати та знайти загрози для системи. Вона використовується у поєднанні з моделлю цільової системи, яка може бути побудована паралельно та

включає повну розбивку процесів, сховищ даних, потоків даних і меж довіри. Мета моделювання загроз є надання захисникам систематичного аналізу того, які засоби контролю або захисту необхідно включити, враховуючи природу системи, профіль ймовірного зловмисника, найбільш ймовірні вектори атаки та активи, які є найбільш бажаними для зловмисника. Моделювання загроз відповідає на такі запитання:

- Де я найбільш вразливий до атак?
- Які загрози найбільш актуальні?
- Що мені потрібно зробити, щоб захиститися від цих загроз?

DREAD – це частина системи оцінки ризиків загрози комп'ютерній безпеці за наступними категоріями [24]:

- Пошкодження – наскільки серйозною була б атака?
- Відтворюваність – наскільки легко відтворити атаку?
- Можливість використання – скільки роботи потрібно для запуску атаки?
- Постраждали користувачі – на скільки людей це вплине?
- Ідентифікація – наскільки легко виявити загрозу?

Трансформація Industry 3.0 в Industry 4.0 і об'єднання кібернетичних навігаційних фізичних систем морських портів і суден, які розглянуті в джерелах [25-26], вказують на причини виникнення кібернетичних ризиків, які можуть призвести до збоїв як на судні, так і на берегових підприємствах. Запропонована цілісна система оцінки ризиків для морських портів на основі інтегрованого методу з кібернетичної фізичної точки зору для суден та берегових навігаційних підрозділів. Виконано аналіз чотирьох типових сценаріїв кібернетичних атак, які використовувались на практиці. Результати оцінки кібернетичних небезпек показали, що вказані ризики були оцінені як неприйнятні. Це дозволило розробити стратегії пом'якшення впливу кіберризиків на суднові системи та інформаційну інфраструктуру портів.

Цифровізація, інтеграція, автоматизація обладнання суден та мережевих берегових систем при обробці інформації в навігаційних приладах та системах

створили необхідність розгляду нових параметрів оцінки рівня кібернетичних ризиків при організації безпечного судноплавства.

Аналіз причин кібернетичних ризиків вказує на ускладнення відносин між людьми та новими технологіями переробки вантажів в портах. Неадекватні фактичним обставинам дії екіпажу на борту судна, призводять до виникнення кібернетично небезпечного стану судна. Проте, судноводій в той же час, є життєво важливим елементом для організації і вибору способів роботи системи управління рівнем кібернетичної безпеки. Тому поведінка команди навігаційного містка на борту судна, має дуже важливе значення при прийнятті адекватного рішення, щодо попередження і боротьби з кібернетичними ризиками на морі [27-28].

На основі аналізу проведених інтерв'ю старшого командного складу навігаційного містка та порівняльного аналізу параметрів процесу роботи навігаційних приладів та судових систем були встановлені фактори впливу кібернетичного ризику на команду навігаційного містка під час офшорних операцій. Виконаний аналіз контекстних змістовних моделей цих факторів вказує на те, що на сприйняття кібернетичних ризиків впливає: відчуття відстані до джерела виникнення кібернетичних небезпек; обмеженість робочого середовища, яка пов'язана із впровадженням цифрових навігаційних систем та довіра до надійної їх роботи негативно впливає на екіпаж судна. Така модель потребує розробки способів зменшення впливу кібернетичних ризиків на судна та пов'язані з ними морські транспортні підприємства.

Враховуючи недавні кібератаки, було встановлено, що вони появились через автоматизацію та цифровізацію судових і берегових інформаційних систем. Оскільки на морську транспортну систему припадає понад 80% світової товарної торгівлі, зацікавлена адміністрація портів повинна розробити рекомендації по організації безпечної роботи суден в умовах дії кібернетичних атак і виникаючих ризиків. Крім того, необхідно врахування економічних наслідків від кібератак, які впливають на роботу морських портів [29-30].

На форумі з кібербезпеки в липні 2020 року повідомлялося про кількість кібератак на системи операційних технологій в морській галузі, яке зросло на 900 відсотків [31]. Виконане ними опитування фахівців з 3400 транснаціональних компаній, встановило, що через пандемію COVID-19 в дистанційному режимі працює 92% обстежених підприємств. Очевидно, що дії хакерів спрямовані на дистанційних працівників, які мають відкриті лінії зв'язку, та значну вразливість їх систем. Атаки на відеоконференції додатків Zoom, Cisco Webex і Microsoft Teams за останні три місяці 2020 року пережили 39% компаній [32].

Під час пандемії значно зросли атаки з використанням програм-вимагачів. Про щоденні кібератаки повідомили 31% компаній, проте 50% піддавалися їм як мінімум раз на тиждень [33]. Експерти антивірусної компанії McAfee повідомляють, що світовий збиток від дій хакерів досягає 600 мільярдів доларів на рік. При цьому встановити реальні масштаби втрат від дій кіберзлочинців надзвичайно складно, оскільки більшість компаній приховують інформацію про кібератаки, щоб зберегти репутацію і статус в бізнесі. Витрати компаній поділяються на шість основних категорій: 1) порушення безперебійності роботи ІТ-систем; 2) втрата інтелектуальної власності; 3) усунення наслідків кібератак; 4) втрата бізнес-інформації; 5) вартість забезпечення захисту мереж; 6) шкода репутації в результаті атаки [34]. Збільшення кількості кібератак і дезінформаційних кампаній, яке спостерігалось напередодні українського Саміту миру 15-16 червня 2024 року, було зафіксовано Швейцарією [35].

Всі ці дані наочно демонструють необхідність і актуальність створення стратегії інформаційної безпеки судноводіння в морському секторі [36].

Розробка нових сучасних суден із використанням інтелектуальних технологій і підвищеною автономністю призвело до підвищеної вразливості до кібернетичних атак на інформаційні системи навігації судна. Це створило збільшення фінансових втрат, забруднення навколишнього середовища та збільшення нещасних випадків на судах.

Зростання довіри до інформаційних технологій створює появу нових потенційно серйозних кібернетичних ризиків, з якими зіткається морська галузь,

яка взагалі не готова з ними впоратися. Технічний розвиток і оцифрування обладнання на судах призвело до появи нових проблем, таких як кібернетичні атаки, які впливають на управління судном та дезорганізують роботу берегових підприємств. Загрози кібернетичній безпеці продовжують зростати через виникнення дедалі складніших кібернетичних атак. Для організації безпечного управління системою маневрування судна необхідно переконатись, що вона працює відповідно до визнаних міжнародних стандартів і рекомендацій, таких як ISO (Міжнародна організація стандартизації) серії 27000, IEC (Міжнародна електротехнічна комісія) 62443, NIST (Національний інститут стандартів і технологій) та рекомендацій з кібербезпеки IADC (Міжнародна асоціація бурових підрядників).

Приклади результатів реальних перевірок [37] з кібернетичної безпеки та працездатності мережі, виконаних компанією DNV GL Marine Cybernetics Advisory на різних типах суден показали, що бортова кібернетична безпека включає:

- неадекватні механізми захисту програмного забезпечення навігаційних приладів;
- помилки інсталяції програмного забезпечення (ПЗ);
- неузгодженість між документацією на навігаційні прилади та інсталяцією ПЗ;
- вразливі місця в контролерах і недостатня пропускна здатність мережі.

Дослідження темпів зростання кібернетичних атак, які створюють пошкодження програмного забезпечення електронних навігаційних систем показало наявність фактів підробки документів контролю обсягів вантажоперевезень, які приховують дійсну кількість вантажу показало, що для морських судноплавних компаній кібернетична безпека таких порушень являється пріоритетним напрямком їх діяльності.

Систематизація основних недоліків системи контролю параметрів безпечного морського вантажоперевезення показала два напрямки основних факторів, які впливають на роботу інформаційно-навігаційних систем та

технологій на сучасних суднах. Перший з них направлений на вивід із ладу навігаційних приладів систем управління маневруванням. Другий направлений на судові пристрої забезпечення руху і управління рульовим пристроєм та технологічним процесом перевезення вантажів. Тому актуальною проблемою є необхідність оцінки та класифікації кібернетичних ризиків, оскільки залишаються вразливі місця та загрози, що стосуються систем інформаційних та операційних технологій сучасних суден. Вони впливають на їх роботу та діяльність судноплавних компаній, які ними управляють, але рекомендації по способам боротьби з якими поки що не розроблені [38-40].

Необхідність класифікації кібернетичних ризиків обумовлена доступністю і недостатньою захищеністю судових навігаційних приладів та систем, які можуть стати мішенню для кібератак. Її розробка дозволить створити опис і виконати аналіз причин виникнення кібернетичних атак та розробити адекватні заходи щодо зменшення збитків, запобігання їх появі [41-43] та вибору способів управління їх рівнем.

Після першого аналізу можливостей ймовірності виникнення кібернетичних атак та недоліків в підготовці екіпажу до управління судном в умовах появи кібернетичних ризиків, необхідно підготувати *план безпеки судна*, забезпечити відповідне навчання команди містка способом управління процесом маневрування в умовах дії кібернетичних атак та виконувати своєчасну перевірку щодо їх виконання шляхом періодичних аудитів.

Аналіз точок доступу зовнішньої інформації на навігаційні прилади містка сучасних суден, таких як підключення до Інтернету, використання систем супутникового та радіозв'язку, АІС (Автоматична ідентифікаційна система), радіолокатора, ЕКНІС (Електронна картографічна навігаційно-інформаційна система) показує, що кіберзлочинці можуть здійснювати кібернетичні атаки навіть у відкритому морі.

Нові методи кібернетичних атак можуть включати, але не обмежуються наступними діями:

- вимагання/програмне забезпечення-вимагач, щоб дозволити судну відновити роботу;
- цифрове піратство шляхом закриття доступу навігаційної інформації на судно;
- шпигунство для отримання конфіденційної інформації, яка може бути використана конкурентами;
- наклеп на судовий процес, через невідповідність Кодексу ISPS (Міжнародний кодекс з охорони суден та портових засобів) організації роботи судових приладів та систем, що викликає неритмічну роботу на переході, затримку руху судна та спричиняє перебої в їх роботі;
- тероризм, що призводить до зіткнення суден, організує перебої для роботи портів та небезпечні ситуації для інших суден.

Очевидно, що для кібербезпеки судноплавства найважливішим наступним кроком є розробка класифікації кібернетичних ризиків, для розділення їх по факторам виникнення, причинам появи, змісту небезпек, об'єктах кібернетичних атак на судні та берегових підприємствах і розробці способів управління їх рівнем для зменшення збитків від їх атак.

Однак вирішення всіх питань організації кібербезпеки судноплавства являється дуже складним завданням, тому в подальшому будемо розглядати планування і управління кібернетичними ризиками при маневруванні під час виконання рейсового циклу морського судна.

Класифікацію кібернетичних ризиків будемо виконувати шляхом аналізу змісту факторів інформаційних повідомлень про кібернетичні ризики, які виникають в судноплаванні. Крім того необхідно розглядати: перелік навігаційних пристроїв містка судна, які використовуються під час маневрування, та можливих їх вразливостей і ризиків виходу із ладу; перелік судових систем, які забезпечують рух судна і зміну його напрямку; перелік систем організації безпечних вантажоперевезень в умовах, які виникають під час кібернетичних атак. Це потребує вивчення наслідків кібернетичних атак,

здійснених на морські інформаційні системи та суднові пристрої на основі даних звітів про них.

Класифікація виникаючих кібернетичних ризиків та їх причин дозволяє розробити способи зменшення впливу наслідків атаки, шляхом складання реєстру вразливостей навігаційних пристроїв ходового містка. Це дозволить визначити базові процедури для реалізації сучасної стратегії кібербезпеки судна у разі появи кожного з них. Необхідність вирішення проблеми кіберзахисту на судні пов'язана із відсутністю стратегії превентивної кібербезпеки, національних та міжнародних нормативних документів щодо захисту суден від кібератак та рекомендацій для кожного виду кіберризиків і загроз, з відповідним планом реагування для зменшення негативних наслідків.

Кібернетичні технології стали особливо важливими для роботи та управління процесом маневрування численними навігаційними системами судна та критично важливими при організації безпеки і охорони судноплавства. У деяких випадках ці системи повинні відповідати міжнародним стандартам і вимогам Адміністрації прапорів. Однак вразливі ланки, які створені в результаті доступу до цих систем, їх взаємозв'язку або об'єднання в мережу, можуть призвести до кібернетичних ризиків, які слід враховувати та при можливості управляти ними.

Вразливі суднові системи включають, але не обмежуються наступними елементами:

1. Навігаційні системи ходового містка.
2. Системи обробки та управління вантажами.
3. Системи технічних силових установок та механізмів які забезпечують рух судна та управління їх роботою.
4. Системи контролю доступу на судно;
5. Системи обслуговування та управління пасажирами на пасажирських суднах.
6. Адміністративні та соціально-побутові системи екіпажу.
7. Системи побутового та навігаційного зв'язку.

Суднову інформацію з організації руху судна при перевезенні вантажів в рейсовому циклі можна розділити на п'ять змістовних категорій: сповіщення про лихо і безпеку; навігаційна; гідрометеорологічна; експлуатаційне та приватне листування. Виконаємо дескриптивне моделювання змістовних категорій інформаційного простору морських шляхів для розуміння вразливих сторін при кібератаках та пошуку способів управління їх рівнем.

Перша категорія – повідомлення про лихо та безпеки передаються в напрямках судно-берег, судно-судно, берег-судно, берег-берег. У напрямку берег-берег повідомлення циркулюють між береговими радіостанціями рятувального координаційного центру (РКЦ), метеорологічними і гідрографічними центрами, за встановленими правилами обміну. З судна на берег передаються повідомлення про лихо, безпеки на морі, напади піратів, небезпечні погодні явища та інші нестандартні ситуації. Форми повідомлень представлені в компонентах глобальної морської системи зв'язку у випадку лиха (ГМЗЛБ) і передаються автоматично після їх актуалізації та ініціалізації. Повідомлення, пов'язані із забрудненням моря, надсилаються за формою, зазначеною ММО та за адресами, зазначеними в судовому плані надзвичайних заходів щодо боротьби із забрудненням нафтою (SOPEP – Shipboard Oil Pollution Emergency Plan). Судновласники повідомляються про напади на судно стандартними сповіщеннями, автономною та/або автоматичною ідентифікаційною системою (AIS). З берега на судно і з судна на судно ретранслюються повідомлення про аварії суден, безпеки на морі, напади піратів, небезпечні метеорологічні явища та про проведення рятувальних операцій. У цій категорії проходять сповіщення окремими суднами-учасниками, підтвердженими двостороннім обміном.

Повідомлення про аварії власного судна та про виявлені інші безпеки на морі негайно передаються на адресу найближчої та/або обслуговуваної берегової радіостанції та ретранслюються до отримання підтвердження від берегової радіостанції.

Судно, що знаходиться поблизу другого судна, яке терпить лихо, повідомляє про свої дії та можливості щодо надання допомоги, за отриманням підтвердження про нещасний випадок на судні з берега. Обмін на каналі зв'язку про лихо зберігається між кореспондентами до закінчення рятувальної операції. Управління берег-судно, судно-берег передбачає інформаційний обмін відносно охорони судна та портових засобів. Інформація про аварії та небезпеки на морі передається з берега на судно на аварійних частотах негайно з моменту її отримання.

При організації рятувальних операцій призначається радіостанція на виділеному каналі зв'язку, який негайно передає вказівки рятувального – координаційного центру учасникам операції. Обмін на цьому каналі між кореспондентами зберігається до закінчення рятувальної операції. Сповіднення про небезпеку на морі передаються береговими радіостанціями протягом трьох суток як окремі повідомлення, так і в системах морських географічних районів, в яких різні уряди відповідають за навігацію та попередження про погоду (NAVAREA – Navigational Area) та міжнародних автоматизованих системах сповіщення (NAVTEX – Navigational Information over Telex) або до закінчення терміну дії небезпеки. Обмін інформаційними потоками між суднами відбувається в разі безпосередньої близькості аварії судна і судна-кореспондента або після ретрансляції повідомлень про аварії берегової радіостанції. Виділений канал зв'язку зберігається постійно і припиняється після завершення рятувальної операції або за вказівкою з берега. При проведенні рятувальних операцій за зв'язком суден між собою і «Координатором на місці» канал зв'язку контролюється береговою радіостанцією. Повідомлення про забруднення моря передаються суднами на берег негайно, в оперативному режимі до закінчення інциденту.

Друга категорія інформації визначається навігаційними повідомленнями в напрямках судно-берег, берег-судно. З судна на судно виконується типовий і нерегламентований інформаційний обмін. З берега на судно надходить інформація про виявлені навігаційні небезпеки, спостереження на морі про зміни

в правилах плавання, інформація про райони учбової підготовки і виконання навчальних стрільб. Вона передається в системах NAVAREA і NAVTEX. Окремі важливі повідомлення можуть дублюватися обома системами. У деяких випадках повідомлення передаються судновласниками та/або портовими агентами. Навігаційна інформація у форматі NAVAREA передається точно за районами, схеми яких встановлені міжнародним розписом, а також прямо у форматі NAVTEX за визначеною радіочастотою. Морські агенти, власники суден та їх оператори в процесі управління експлуатацією за необхідності інформують капітанів про особливості звичаїв порту та вимог пов'язаних з заходом у нього. Портові власті передають інформацію капітану судна в радіотелефонному та циркулярному режимі один раз на годину. Про виявлену в морі небезпеку будь-якого характеру судно негайно та у встановленому порядку повідомляє береговій адміністрації прибережної держави. Судна, зайняті спецопераціями, кожної години або при надмірному зближенні з іншими суднами передають інформацію про небезпеку та засоби щодо її запобігання. В інших випадках обмін не регламентується і відбувається на основі взаємності.

Третя категорія – гідрометеорологічна інформація, що включає окремі сповіщення про небезпечні явища.

Дані про погоду передаються з берега на судно за регламентом. За вимогою судновласника капітану даються вказівки слідувати маршрутом, вказаним береговими метеорологічними центрами. Інформація з берега на судно передається національними центрами за умовами системи NAVAREA. Регіональна та місцева інформація передається за запитом або циркулярно у встановлені терміни системою NAVTEX, каналами портових влад та береговими радіостанціями УКХ (ультракороткі хвилі). Факсимільні карти погоди надаються в глобальній мережі Інтернет. Іноді судновласники дають свої вказівки, пов'язані з погодою (зупинитися, скоротити шлях та інші) в інтересах комерції, експлуатації та інших особливостей. Деякі судновласники вимагають на регулярній основі надання судном на берег інформації про погодні умови. Передача інформації про погоду потрібна і при проведенні судна береговими

центрами, а також при проведенні рятувальних операцій. Регламент таких передач встановлюється відповідними правилами або окремими вказівками.

Інформаційний обмін судно-судно не має регулярного характеру, регламентом не визначений, крім випадків проведення аварійно-рятувальних операцій, де такий порядок встановлює РКЦ або «Координатор на місці». На практиці – це достатньо поширені потоки інформації на УКХ (ультракоротких хвилях) при обміні суден, що зустрілися в океані. Гідрометеорологічна інформація оновлюється і передається в нормальному режимі безпосередньо, крім неділі, за районами з берега на судно окремих служб, які встановлені для держави в системі NAVAREA, а також в рамках передачі в системі NAVTEX. Дублювання повідомлень може виконуватися з 6-ти і 12-ти годинною періодичністю.

При виникненні небезпечних погодних явищ (ураган, особливо сильний шторм, цунамі) відомості про них повідомляються кожні шість годин. Портова влада інформує про місцеву погоду на запит із судна. У деяких районах метеозведення повідомляються спеціальними УКХ метеорологічними каналами, портовими агентами, судновласниками та операторами суден при чергових сеансах зв'язку. Іноді цінними в цьому відношенні є передачі місцевих радіо телецентрів та погодні сайти Інтернету. При плаванні під проводкою берегового центру погода передається у формі та обсязі, встановленому ним раз на добу чи частіше. Іноді судно робить такі повідомлення на вимогу берегової радіостанції в обмін на згоду останньої прийняти для подальшої передачі його кореспонденцію.

Четверта категорія інформації представляє експлуатаційний обмін. Цю категорію формують судноплавні компанії, портова влада, берегові служби, агенції у напрямках берег-судно, судно-берег, берег-берег. Характер інформації між берегом і судном має різний характер з питань діяльності судна, а також третіх сторін. Сповідення за строками не мають встановленого порядку та передаються в межах робочого дня берега без урахування можливої різниці із судовим часом. Для привернення уваги на судні при стоянці в порту, коли

постійна вахта на містку не підтримується, іноді використовуються суднові сигнальні дублюючі засоби. Особливо важлива інформація надходить негайно, будь-якої доби.

Основний обмін між судном і берегом має ситуаційний характер, крім обов'язкових повідомлень, пов'язаних із ключовими моментами експлуатації. З судна на адресу судновласника та оператора надходить інформація про: 1) координати руху у морі; 2) очікуваний прихід в порт; 3) стоянку під вантажними операціями; 4) стоянку під допоміжними операціями; 5) очікувану дату відходу з порту.

Передача інформації про рух у морі за правилами компанії проводиться раз на 1-3 доби станом на полудень судового часу, про стоянку з вантажними операціями щодобово, решта – після закінчення виробничого циклу. Фрахтувальник має право вимагати іншу періодичність таких передач. Найбільш типовими є 2-х тижневі, 10-, 7-, 5-, 3-, 2-, 1 добові повідомлення. Іноді потрібна інформація в межах годин.

П'ята категорія визначає інформацію про приватне листування у напрямках судно-берег, берег-судно, судно-судно. Як правило, вона не має цінності і корисна лише для відправника та одержувача. Деякі судноплавні компанії та відомства проводять цензуру, щоб уникнути витоку інформації. Під час військових дій та спеціальних перевезень приватне листування заборонено. Порядок руху приватної інформації та контроль за дотриманням встановленого порядку покладається на капітана судна. Періодичність інформаційного обміну не регулюється, але іноді запроваджуються обмеження, пов'язані з умовами експлуатації судна. Приватна інформація не регламентована, досить типова та здійснюється за допомогою абонентів, які мають можливість використання супутникового зв'язку з судном.

Класифікація кібернетичних ризиків виконується за характеристиками навігаційних параметрів приймачів на судні та в береговому навігаційному обладнанні, які можуть приймати внутрішні сигнали судна та зовнішніх передатчиків.

Описове моделювання інформаційного простору водних шляхів дозволяє стверджувати, що будь-які відхилення від регламенту в 1-4 категоріях повідомлень призводять до дестабілізації інформаційного простору та створюють передумови виникнення аварійних ситуацій. Повнота та достатність подання категорій, спрямованості та періодичності повідомлень дозволяють формалізувати інформаційний простір процесу судноводіння, встановити взаємозв'язок його збурень із виникненням передумов до аварійних ситуацій.

Вирішення поставлених завдань можливе з використанням *методів моделювання* з параметричною та непараметричною оцінкою складних технічних рухомих систем. Найбільш відпрацьовані наступні методи: матричного моделювання; графоаналітичний; опису потоків інформації у вигляді графіка типу дерева; схем інформаційних зв'язків та дослідницького аналізу завдань управління.

При виконанні дослідження використовувався графоаналітичний метод, який дозволяє наочно прослідкувати за характером переміщення інформації та визначити впливові точки при появі кібератак.

Зазначені методи найбільш об'єктивно дозволяють, з урахуванням фактичних даних, визначити форму взаємозалежних параметрів управління маневруванням судна та його кількісне описання у вигляді кластеру.

На рис. 5.1 показані структурні компоненти інформаційного простору процесу руху, виділені лінії зв'язку та перехід потоків інформації за прямим, зворотнім та локальним каналами між елементами системи управління маневруванням та інформаційний взаємозв'язок між ними.

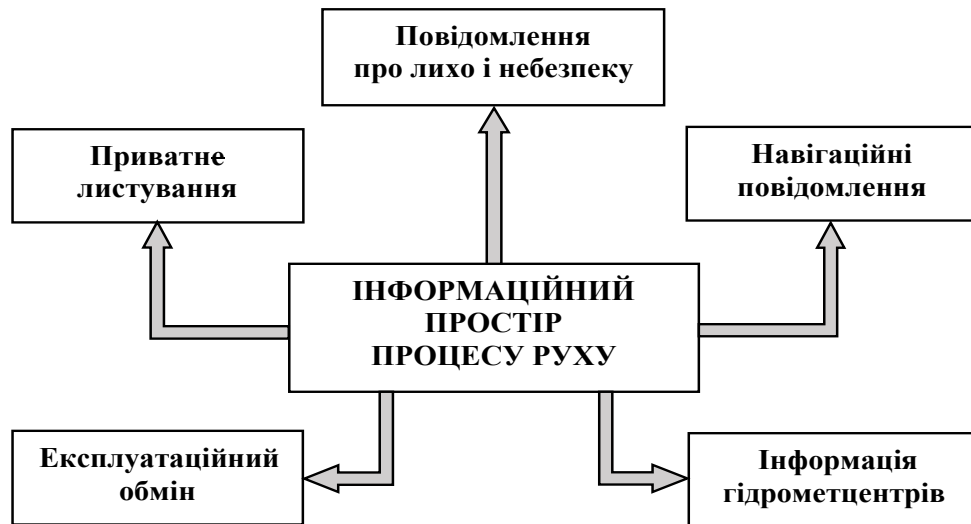


Рис. 5.1. Загальна структурна схема змістовних категорії інформаційного простору

З зазначених методів дослідження для формалізації якісних та кількісних властивостей інформаційних потоків рейсового циклу використовуємо матричний та графоаналітичний методи. Вони дозволяють проводити декомпозицію інформації, виконувати кластеризацію інформаційних потоків та виділити кластери інформаційної безпеки управління маневруванням судна, виділивши його в закритий для кібернетичних атак доступ.

На рис. 5.2 наведені структурні компоненти інформаційного простору судноводіння, де особливо виділено ізольований кластер судна з судовими системами інформації M_k . Він дозволяє перейти на ручне управління процесом маневрування у випадках, коли кібератака призводить до виходу із ладу штатних навігаційних приладів ходового містка.

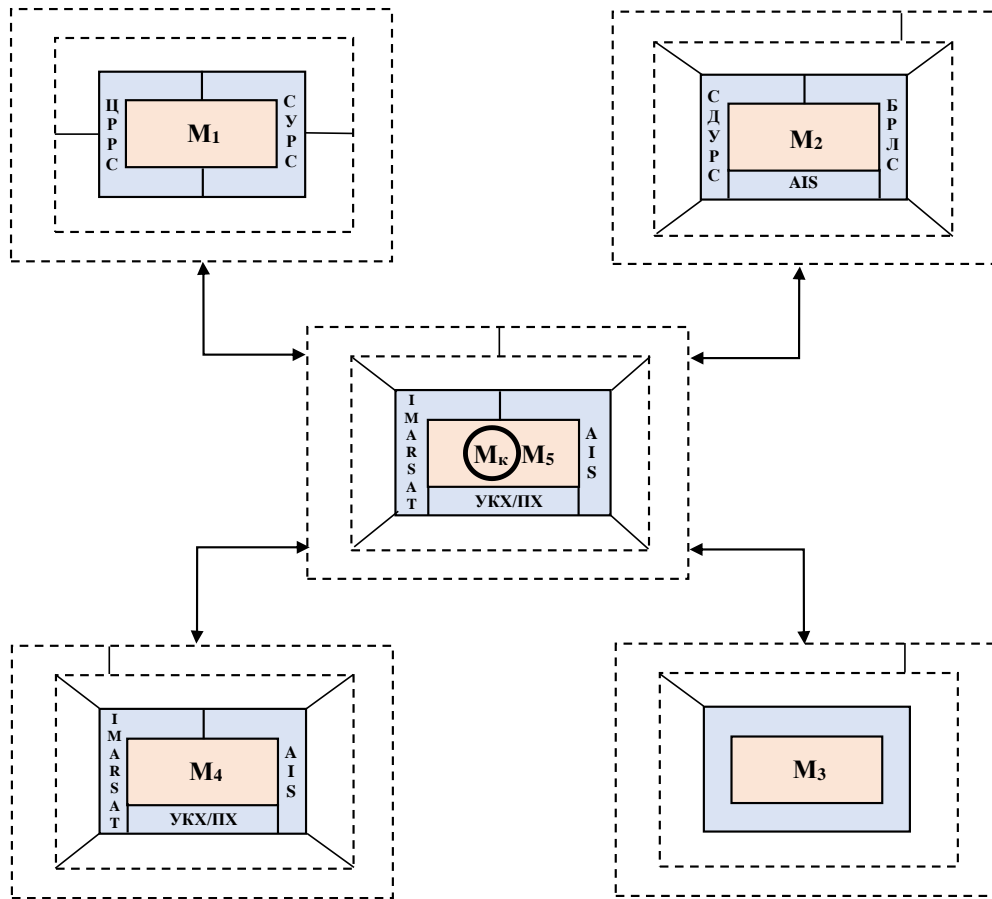


Рис. 5.2. Структурні компоненти інформаційного простору судноводіння

Позначення на рисунку: M_1 – портові системи інформації (ЦРРС – центр регулювання руху суден, СУРС – система управління рухом суден + зона відповідальності держави); M_2 – системи інформації на водних шляхах (СДУРС – система дистанційного управління рухом суден, БРЛС – берегова радіолокаційна станція, АІС); M_3 – супутникові системи інформації; M_k - ізольований кластер судна; M_5 – суднові системи інформації (ИМАРСАТ, АІС, УКХ/ПХ – проміжний діапазон хвиль); M_4 – суднові системи інформації (ИМАРСАТ, АІС, УКХ/ПХ).

Графологічна схема ІПС із відображенням інформаційних джерел у вигляді вершин орієнтованого графа з показом їх взаємозв'язків наведено на рис. 5.3. Кожна пара вершин M_i та M_j має взаємозв'язок, спрямований від M_i до M_j тільки в тому випадку, якщо здійснено перехід інформації від M_i до M_j .

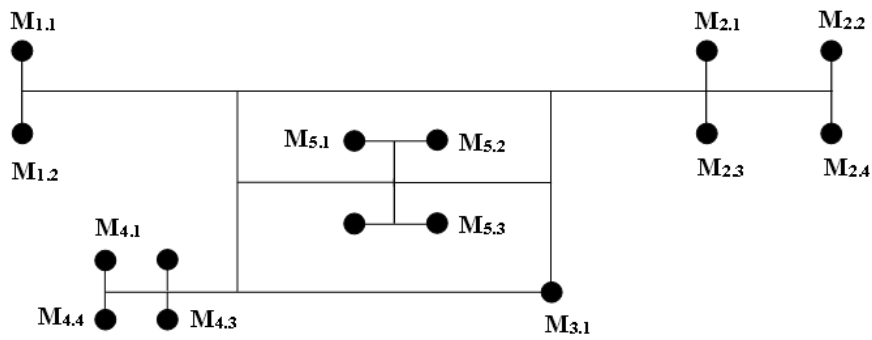


Рис. 5.3. Графологічна схема інформаційного простору процесу судноводіння

Вершини графів потоків інформації у категоріях спрямованості інформації судно-берег, судно-судно, берег-судно, берег-берег подаються у табличній формі (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Вершини графів потоків інформації

№ з/п	Вершини графів потоків інформації	Системи формування інформації	
		Джерела	Приймачі
1.	M_1-M_2	портові	берегові
2.	M_1-M_3	портові	супутникові
3.	M_1-M_4, M_1-M_5	портові	суднові
4.	M_2-M_1	берегові	портові
5.	M_2-M_3	берегові	супутникові
6.	M_2-M_4, M_2-M_5	берегові	суднові
7.	M_3-M_1	супутникові	портові
8.	M_3-M_2	супутникові	берегові
9.	M_3-M_1, M_3-M_5	супутникові	суднові
10.	M_4-M_1	суднові 1	портові
11.	M_4-M_2	суднові 1	берегові
12.	M_4-M_3	суднові 1	супутникові
13.	M_4-M_5	суднові 1	суднові 2
14.	M_5-M_1	суднові 2	портові
15.	M_5-M_2	суднові 2	берегові
16.	M_5-M_3	суднові 2	супутникові
17.	M_5-M_4	суднові 2	суднові 1

Використовуючи властивість ізоморфізму графів, яким володіють джерела інформації на водних шляхах, розглянуто характеристики потоків інформації в системі та їх вплив на інформаційне поле процесу судноводіння.

Ступінні матриці суміжності R, R^2, \dots, R^N і сумарна матриця $R = \sum_{n=1}^N R^n$,

утворені таким чином, що вони спрощують запис інформаційних моделей та встановлюють взаємно однозначну відповідність обміну даними між компонентами графа:

$$\begin{aligned}
 M_{11}-M_{12}=E_{11}, M_{11}-M_{21}=E_{12}, M_{11}-M_{22}=E_{13}, M_{11}-M_{23}=E_{14}, M_{11}-M_{52}=E_{1.10}, \\
 M_{12}-M_{11}=E_{21}, M_{12}-M_{21}=E_{22}, M_{12}-M_{22}=E_{23}, M_{12}-M_{23}=E_{24}, M_{12}-M_{52}=E_{2.10}, \\
 M_{21}-M_{11}=E_{31}, M_{21}-M_{22}=E_{32}, M_{21}-M_{23}=E_{33}, M_{21}-M_{24}=E_{34}, M_{21}-M_{52}=E_{3.10}, \\
 M_{52}-M_{12}=E_{10.1}, M_{52}-M_{21}=E_{10.2}, M_{52}-M_{22}=E_{10.3}, M_{52}-M_{23}=E_{10.4}, M_{52}-M_{11}=E_{10.10}.
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

Утворимо статичні матриці суміжності R, R^2, \dots, R^N і сумарну матрицю $R = \sum_{n=1}^N R^n$. Для спрощення запису матриці встановимо взаємно однозначну відповідність процесів обміну інформацією між компонентами таким чином. Складемо відповідну матрицю суміжності повідомлень:

$$R = \begin{pmatrix} E_{11} & E_{12} & E_{13} & E_{14} & E_{15} & E_{16} & E_{17} & E_{18} & E_{19} & E_{1.10} \\ E_{21} & E_{22} & E_{23} & E_{24} & E_{25} & E_{26} & E_{27} & E_{28} & E_{29} & E_{2.10} \\ E_{31} & E_{32} & E_{33} & E_{34} & E_{35} & E_{36} & E_{37} & E_{38} & E_{39} & E_{3.10} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_{10.1} & E_{10.2} & E_{10.3} & E_{10.4} & E_{10.5} & E_{10.6} & E_{10.7} & E_{10.8} & E_{10.9} & E_{10.10} \end{pmatrix} \tag{5.2}$$

Кількість станів визначається порядком матриці суміжності. Кожний стан визначає об'єм інформації при виконанні окремих видів морських операцій, та технологію його виконання. При цьому одна і та ж операція може виконуватися різними способами, кожний із котрих потребує різного об'єму інформації.

Рядки матриці характеризують кількість джерел інформації для судноводія, а стовпці – кількість взаємозв'язків потоків інформації у цій точці суднового шляху. За матрицею суміжності R і значенням порядку станів

визначається тривалість зберігання компонентів, що є проміжними по відношенню до вихідних.

Для структуризації різних видів впливу кібератак на навігаційні пристрої ходового містка та системи берегових засобів навігаційного забезпечення виконаємо їх класифікацію по функціональному призначенню, ступені вразливості кібернетичними атаками на інформацію, з якою працює даний прилад, та можливості судна управляти впливом кібератак на пристрої ходового містка або перехід на використання приладів і систем, на які не впливають такі атаки. Для цього потрібно визначити смислові категорії потоків інформації, їх структуру та зміст, як приведено на рис. 5.4, і виконати їх дескриптивне моделювання, аналіз ступені характеру кібератак та дослідження способів зменшення впливу при їх появі.

Смислові категорії потоків вхідної інформації на судно, їх структура та зміст мають інтерес для навігаційного призначення. Інші види інформації та її зміст не повинні передаватися сумісно з навігаційною. Така сумісна передача може сприйматися як кібератака. Походження передачі суднової інформації виконується від приладів, принцип роботи яких засновано на передачі інформації у вигляді зондуючого сигналу та прийому відображеного після повертання на судно. За змістом інформації об'єктом кібератак являються навігаційні, гідрометеорологічні та експлуатаційні її види.

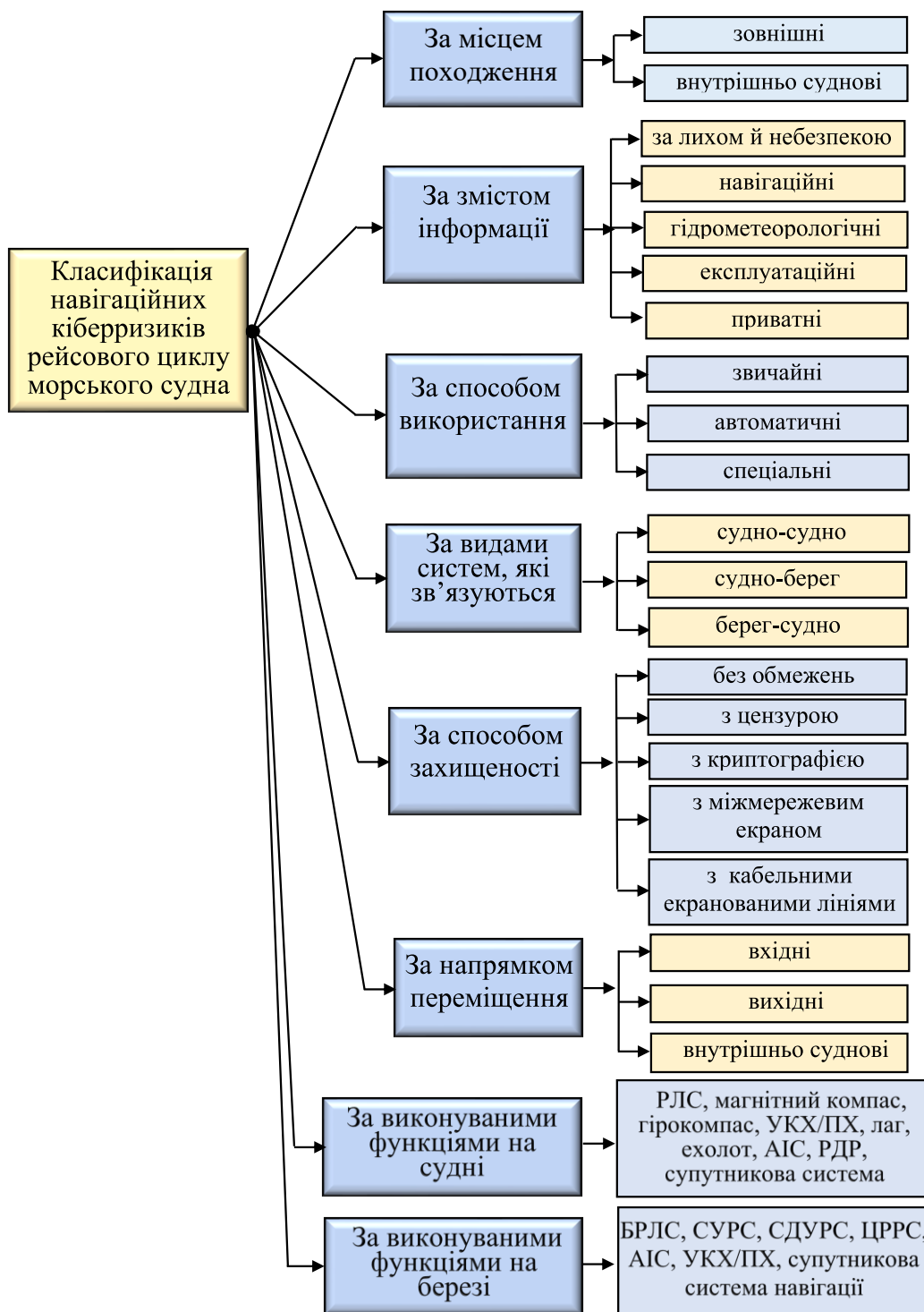


Рис. 5.4. Класифікація навігаційних кібернетичних ризиків рейсового циклу морського судна:

РЛС – радіолокаційна станція, АІС – автоматична ідентифікаційна система, РДР – реєстратор даних рейсу, УКХ/ПХ – радіозв'язок на ультракоротких та проміжних хвилях, ІНМАРСАТ – супутниковий морський зв'язок, БРЛС – берегова радіолокаційна станція, ЦРРС – центр регулювання руху суден, СУРС – система управління рухом суден, СДУРС – система дистанційного управління рухом суден.

Зміст передачі про лихо та небезпеку не підлягає впливу кібератак, оскільки канал не має приймача в складі системи. Приватна інформація зазвичай перевіряється тільки за вказівкою судновласника.

При використанні інформації для звичайного та автоматичного способу управління маневруванням судна, вона схильна до впливу кібернетичних атак і при використанні спеціального способу приймаються конструктивні заходи для ізоляції впливу кібернетичних атак і роботи судна при їх появі.

За видами систем, які зв'язуються, найбільшому впливу кібератак підлягають системи судно-судно та берег-судно. При цьому, як показує виконаний аналіз, зони аварійно небезпечних навігаційних ризиків, співпадають з зонами виникнення кібератак.

За способом захищеності звичайний шлях передачі інформації та з цензурою не захищає від впливу кібератак. Єдиним шляхом безпечної передачі даних являється їх передача з криптографією, але він потребує використання спеціальних технічних засобів і узгодження єдиної міжнародної системи.

За напрямком переміщення вихідна інформація власного судна, як правило, не містить сигналів кібератак. Сигнали кібератак сприймаються з вхідними потоками інформації, які поступають на приймачі радіозв'язку, або на навігаційні прилади, принцип роботи яких передбачає прийом відображеного зондуючого сигналу.

За виконуваними функціями на судні навігаційні прилади РЛС, УКХ/ПХ, лаг, ехолот, АІС, РДР і супутникова система згідно з принципом роботи мають у своєму складі приймачі, які можуть приймати корисні і спеціально створені паразитичні сигнали. По цій причині вони повинні бути відключені при появі кібератак і необхідно використовувати навігаційні прилади і способи управління маневруванням, на які не впливають кібератаки. Для цього потрібно використовувати магнітний компас, гірокомпас та астрономічні і візуальні способи визначення місця судна.

За виконуваними функціями на березі, як в навігаційних системах, так і в берегових знаках огороження навігаційні прилади СУРС, СДУРС, ЦРРС, АІС,

УКХ/ПХ, АІС і супутникова система, мають в своєму складі приймачі, які можуть приймати корисні і спеціально створені паразитичні сигнали. За цією причиною вони повинні бути відключені при появі кібератак. При цьому необхідно використовувати навігаційні прилади і способи маневрування суден в зоні відповідальності, на які не впливають кібератаки.

За методами матричного та графоаналітичного моделювання було розглянуто способи боротьби з кібернетичними ризиками різного походження, які визначають пріоритетність потоків, їх внутрішній взаємозв'язок та відносини з джерелами повідомлень які їх формують.

Для більш чіткого розуміння процесу впливу кібератак на судно та вибору способів зменшення їх впливу на маневрування судна в рейсовому циклі було виконано дескриптивне моделювання змістовних категорій інформаційного простору морських шляхів при кібератаках та пошуку способів управління їх рівнем.

Приведена класифікація кіберризиків дозволила розробити логічну структуру єдиного інформаційного банку предметних даних системи управління маневруванням судна, що базується на групуванні потоків повідомлень, згідно з використанням коефіцієнта кластерного зв'язку між ними та характеру впливу кібернетичних ризиків.

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні систем інформаційної підтримки прийняття рішень при маневруванні в умовах кібернетичних атак.

Аналізуючи вищевказані дані, зрозуміло, що кібератаки на суднове інформаційно-навігаційне обладнання можуть суттєво впливати на ймовірність виникнення навігаційного ризику. Тому, у питаннях кібернетичної безпеки суднам важливо зосередитись на основних аспектах вразливості навігаційного обладнання.

1. Захист власних даних судноплавних компаній і суден при рейсовому циклі необхідно виконувати шляхом використання сучасних інтелектуальних і

превентивних рішень в області IT/OT-кібернетичної безпеки та своєчасного оновлення комп'ютерних програм суднових навігаційних приладів і систем.

2. Удосконалення засобів протидії кібернетичним атакам, які повинні використовуватися шляхом взаємодії при оновленні програмного забезпечення суден та всіх морських структур, які взаємодіють з ними при виконанні рейсового циклу.

3. Завчасне впровадження системних рішень для підготовки суден при перевезенні вантажів до роботи в умовах кібернетичних атак та видачі рекомендацій по управлінню маневруванням при їх виникненні.

4. Ведення, незалежного від кібернетичних атак, контролю місця судна астрономічними та візуальними способами, на які не впливають кібератаки, для підтримки навиків по їх використанню.

Стратегія кібернетичного захисту суден та берегових підрозділів, які з ними взаємодіють, була розроблена ще у 2013 році, коли іранські хакери зламали морські інформаційні мережі управління та взаємодії між кораблями ВМС США. Не дивлячись на достатній час для прийняття відповідних наукових, технічних і організаційних рішень, належних кроків для організації протидії кібернетичним загрозам зроблено не було.

Головною проблемою сучасної світової системи кібернетичної безпеки морських інформаційних каналів суден в морі і берегових підрозділів є відсутність кваліфікованих державних структур, які зобов'язані організувати і контролювати належний рівень надзору за підготовкою персоналу морських суден і адміністрації морських берегових підрозділів до роботи в умовах кібернетичних атак. Тому необхідна організація підготовки морських фахівців з кібербезпеки берегового персоналу, який управляє роботою суден в морі, та команди навігаційного містка судна. В умовах недостатньої інформації їм доводиться приймати рішення по управлінню маневруванням судна, при виникненні кібернетичних ризиків і аварійних загроз.

5.2. Особливість кібернетичних ризиків та вразливість до кібератак навігаційних приладів ходового містка

При виконанні рейсового циклу морського судна на його пересування по плановому шляху із порту відходу до порту приходу впливають зовнішні фактори. Вони проявляються у вигляді двох видів ризиків: навігаційних і кібернетичних. По природі їх виникнення вони діаметрально протилежні.

Навігаційні ризики виникають через небезпеки від зовнішніх факторів перешкод водного шляху або відмову приладів ходового містка. Але в переважній більшості випадків навігаційні ризики призводять до аварійних випадків через помилки операторів, які управляють процесом маневрування, при відсутності відмов в роботі навігаційних приладів ходового містка. Це дуже важливий момент при характеристиці таких видів ризиків, оскільки він дозволяє планувати очікувану їх появу та приготуватися команді ходового містка до управління допустимим їхнім рівнем.

З метою запобігання аваріям та інцидентам на морі Комітет з безпеки Міжнародної Морської Організації (ММО) прийняв у 2008р. Резолюцію MSC.255(84) та розробив Кодекс міжнародних стандартів та рекомендованої практики розслідування аварії або інциденту на морі (Кодекс розслідування аварій). Завданням Кодексу є забезпечення того, щоб держави застосовували загальний підхід під час проведення розслідувань аварій та інцидентів на морі. Основною вимогою кодексу є обов'язок держави зони відповідальності, сповіщати інформацію про аварійний випадок всім учасникам ММО. Це дозволяє поміщати таку інформацію в лоції, на карти та в випуски навігаційних попереджень. Тому судноводії при плануванні шляху в рейсовому циклі можуть визначити небезпечні в навігаційному відношенні райони, визначити вірогідні причини і вид ризику та скласти узагальнену таблицю навігаційних ризиків при переході. Це дасть змогу визначити де, коли і які ризики будуть зустрічатися на переході і підготуватися до управління їх допустимим рівнем.

Кібернетичні атаки стрімко зростають в морському секторі транспорту протягом останніх років, що призводить до великих фінансових втрат у морських суден, які перевозять вантажі у рейсовому циклі. Це призводить до значних фінансових затрат суден і підприємств морського сектору на стягнення регуляторних санкцій, втрати вантажів та репутації і довіри до морських транспортних засобів.

Морський сектор, як перевізник, вважався більш безпечним ніж інші види транспорту, в зв'язку з відсутністю підключення до інтернету та ізолюваністю суден під час руху у відкритому морі. Однак підключення інтернету до морського сектору та цифровізація морських навігаційних приладів і судових систем призвели до десятикратного збільшення кібернетичних ризиків, після того, як інформація для морського сектору перейшла в цифрову еру.

Кібернетична безпека суден на морі не була досліджена в повному обсязі. Натепер відсутня систематизація даних про кібернетичні атаки, факторів які на них впливають та інформація про їх появу і наслідки впливу на морські судна.

Для підготовки судна в рейсовому циклі, до плавання в умовах кібернетичних атак, потрібно виконати детальне дослідження стану кібернетичної безпеки в рейсовому циклі, для морського сектору з метою висвітлення районів вірогідної появи кібернетичних ризиків, проблем та викликів небезпеки, та створення рекомендацій з підготовки команди ходового містка для маневрування в умовах кібернетичних атак.

Для цього необхідно виконувати дослідження: цифрових систем, доступних на суднах, які можуть бути ціллю зловмисників, їхні ймовірні можливі вразливості, якими вони зможуть скористатися; наслідки доступу до системи та фактичні інциденти, їх опис та аналіз можливих заходів пом'якшення, які можна використати заздалегідь, щоб запобігти таким нападам; способи планування кібернетичних ризиків і управління їх рівнем та напрямок майбутніх досліджень.

Розвиток судової електронної навігації та перехід з 2018 року суден всього світу під егідою ММО на електронні карти замість паперових, створює серйозну

проблему, яка обумовлена ймовірністю виникнення інформаційних загроз з боку морського цифрового середовища – кібернетичного простору.

Ризик здійснення кібернетичної атаки на суднове навігаційне обладнання та системи, необхідно враховувати заздалегідь, оскільки ціллю кібернетичних злочинців є крадіжка або спотворення критично важливої інформації систем судна, несанкціоноване підключення до мережі морських кібернетичних систем з метою фальсифікації аварійних сигналів, зміни даних про судно, крадіжки вантажів, створення «суден-примар», злом системи або впровадження шкідливих вірусів в програмне забезпечення судових та берегових систем, фальсифікація сигналів аварійного радіо-буя, активуючих тривогу на судах, що знаходяться поблизу [44-45]. Злами портів терміналів, умисне створення радіоперешкод, зараження шифраторами судових навігаційних пристроїв – тенденція, яка з кожним роком зростає дедалі більш інтенсивно. Окремі системи в мережі судових операційних технологій є незахищеними і можуть бути застарілими, в яких немає оновлень для системи безпеки, що збільшує їх вразливість щодо кібернетичних атак. Оскільки у разі здійснення кібернетичної атаки шкідливе програмне забезпечення може призвести до зупинки систем судна, необхідно розробити запобіжні заходи щодо можливої несправності судових навігаційних приладів та систем.

Серед таких заходів на першому місці стоїть організація міжнародної інформаційної служби про кібернетичні атаки під егідою ММО, та систематизація виникаючих ризиків, і розробка відповідних рекомендацій по управлінню їх рівнем, по аналогії як це зроблено для навігаційних ризиків.

Розвиток судової електронної навігації створює серйозну проблему, яка обумовлена ймовірністю виникнення інформаційних загроз з боку морського–кібернетичного простору. Ризик здійснення кібернетичної атаки на суднове навігаційне обладнання та системи необхідно враховувати заздалегідь, при плануванні координат шляху рейсового циклу. Необхідність створення ефективних заходів протидії шкідливому втручання в судові навігаційні пристрої та системи створює потребу вивчення та дослідження вразливих місць

у навігаційних приладах та судових кібернетичних системах, які можна визначити за принципом їх роботи.

Налагоджений вид кібернетичної злочинності, такий як програми-вимагачі RaaS (Ransomware as a Service), що є типом шкідливого програмного забезпечення, шифрує файли на пристрої жертви і вимагає викуп в обмін на повернення зашифрованих даних. Наявність у відкритому доступі засобів для злому та низька поінформованість судового і берегового персоналу у питаннях кібернетичної безпеки створюють необхідність дослідження вразливостей навігаційних пристроїв і судових кібернетичних систем та ймовірності впливу кібернетичних атак під час їхнього виникнення.

Вразливості можуть бути викликані недоліками в проектуванні, інтеграції та обслуговуванні систем. Як правило, у тих випадках, коли вразливість в інформаційній технології проявляється виникає втрата конфіденційності, цілісності та доступності навігаційної інформації. Крім того, у тих випадках, коли експлуатаційні або інформаційні технології судна піддаються впливу кібернетичної атаки, виникає загроза для безпеки критично важливих систем, головною серед яких являється система навігаційного містка.

Враховуючи ситуацію, що склалася з кібернетичною безпекою морської галузі, ММО у 2017 році розробила та прийняла ряд документів з кібернетичної безпеки, в яких [46] Резолюція ІМО MSC.428(98) рекомендує адміністраціям морського сектору забезпечити належний розгляд судових рекомендацій капітанам по управлінню кібернетичними ризиками під час маневрування і дії кібернетичних атак [47]. Рекомендації з управління кібернетичними ризиками в морській галузі необхідні для управління великою кількістю кібернетичних систем, які критично важливі для безаварійної роботи морського судна [48]. Однак уразливості, що створюються доступом, з'єднанням або мережевим підключенням навігаційних та судових кібернетичних систем, призводять до виходу їх із ладу, тому необхідно передбачити вірогідність появи та зменшити наслідки їх впливу.

Відсутність даних про морські кібернетичні атаки у реальному часі [49] робить неможливим планування шляху з урахуванням ймовірності появи таких атак. Оскільки аналізу наслідків морських кібернетичних атак приділялась незначна увага, тому підготовка фахівців з цього профілю не виконувалась. Це призвело до відсутності кваліфікованого персоналу для організації і управління існуючими кібернетичними загрозами [50].

Для виявлення наявності на суднах систем, які можуть стати мішенню для кібернетичних злочинців [51] був виконаний аналіз реальних кібернетичних атак. Це дозволило розробити опис характеру впливів на навігаційні прилади та суднові системи і розробити пропозиції стосовно можливих дій щодо пом'якшення наслідків кібернетичної атаки. Однак не вирішена проблема розробки способів управління рівнем захисту суднових інформаційних технологій від кібернетичних загроз.

Європейське агентство з мережевої та інформаційної безпеки (ENISA) в результаті аналізу встановило [52], що морська галузь стає все більш вразливою до ризиків кібернетичних атак, за рахунок відставання майже до 20 років від офісних комп'ютерних систем та конкуруючих галузей в усьому світі. Цей аналіз [9] показав, що морська інфраструктура містить різні кібернетичні та фізичні кібернетичні прилади і суднові системи, включаючи системи автоматичної ідентифікації (AIC), системи диспетчерського контролю та збору даних (SCADA), системи обміну даними VHF (VDES), операційні системи терміналів (TOS), служби руху суден, системи відображення електронних карт та інформації (EKNIC) і т. п.

Цифровізація судноплавного сектору збільшує складність взаємодії базових процесів, а отже, взаємозалежність фізичних кібернетичних систем. Побічним ефектом цієї системної зв'язності між морськими системами є їхня підвищена вразливість до кібернетичних атак. Хакери можуть тепер здійснювати свої атаки, не тільки локально, а й віддалено. Наприклад, уразливість, яка виявлена в судновій некритичній інформаційній службі з підтримкою Інтернету, може бути використана кібернетичними злочинцями як віддалена точка входу

для захоплення критичної застарілої системи. Тому, встановлення захищених і довірених систем комунікації на рівні програмного забезпечення та забезпечення захисту критичних морських інформаційно-навігаційних систем сучасних суден є вельми актуальною проблемою [52-54].

Принцип роботи суднових навігаційних пристроїв розроблявся на автономній основі, без можливості підключення до глобальної мережі або постійного та віддаленого отримання оновлень. Такі системи створювалися без будь-яких рівнів захисту від злому чи шифрування. Внаслідок цього виникає необхідність вивчення вразливостей сучасних засобів навігації у разі кібернетичної атаки. Визначення рівня залежності інформаційних критично важливих навігаційних приладів і систем судна від працездатності тих чи інших пристроїв дасть змогу детально розглянути можливість збоїв та відмов, а також виявити слабкі сторони навігаційних засобів у разі кібератаки для визначення можливих способів захисту навігаційного обладнання судна. Розгляд можливих сценаріїв у разі кібернетичної атаки дозволить розробити способи зменшення впливу кібернетичних атак та запобігти збоєм суднових інформаційних систем для зменшення негативних наслідків під час плавання.

Дослідження вразливостей навігаційних систем операційних та інформаційних технологій дозволяє визначити пріоритетні дії судового і берегового персоналу морського сектору для захисту критичних навігаційних приладів і систем та створити відповідні протоколи процедур з кібернетичної безпеки. На основі оцінки ймовірних сценаріїв збою у випадку кібернетичних атак на навігаційні системи, такі як EKNIC, AIC, RADAR, GPS, VDR та інші, можливо запобігти відмові головного двигуна, порушенню безпечного маршруту судна, економічних збитків, а також негативних наслідків для навколишнього середовища.

Вразливість суднових навігаційних пристроїв кібернетичних систем до кібернетичних атак будемо визначати шляхом аналізу принципу їх роботи, наявністю приймальних та передаючих антен і способу зв'язку з судовим та зовнішнім кібернетичним простором. Найбільш уразливими являються судові

системи ходового містка, управління двигунами і живленням, контролю доступу на судно, адміністративних та оперативних мереж і зв'язку. Хакерська атака може бути здійснена на будь-яке судно, що знаходиться у відкритому морі, а також на електронно-картографічні інформаційні пристрої і все суднове навігаційне обладнання. Розглянемо принцип роботи і уразливість найбільш критичних навігаційних приладів та інформаційно-управляючих судових систем, які наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Основні елементи для отримання інформації системою ECDIS

Датчики	Функції	Додаткові опції
GYRO COMPASS	Гірокомпас. Пристрій визначення напрямку осі обертання гіроскопа. Він використовується в морській навігації та авіації, тому що не залежить від магнітного поля Землі та забезпечує більш точні відомості, ніж магнітний компас.	Планування переходу
GPS (Global Positioning System)	Система глобального позиціонування, супутникова система визначення географічних координат, що забезпечує високоточне вимірювання часу і визначає координати місця у всесвітній системі WGS 84.	Опція датчика прийому прогнозу погоди
LAG	Лаг. Пристрій визначення швидкості судна шляхом вимірювання часу проходження радіосигналу через воду і зворотне повертання. Зазвичай працює на глибинах до 30 метрів.	Електронний журнал
AIS (Automatic Identification System)	Система ідентифікації суден, їх розмірів, курсу, швидкості та інших даних за допомогою радіохвиль діапазону УКХ (частота 161,975 МГц та 162,025 МГц)	Льодові карти
ARPA (Automatic Radar Plotting Aid)	Автоматизована система радіолокатора для визначення руху других суден та прогнозування зіткнень в умовах обмеженої видимості, працює на частотах мікрохвильового діапазону, зазвичай на 9,4-10 ГГц.	Інформація про припливи та течії

Продовження таблиці 5.2

NAVTEX (Navigational Telex)	Система морського зв'язку для поширення навігаційної та метеорологічної інформації. Радіосигнали NAVTEX поширюються на вузькій частоті 518 кГц і поділяються на 16 районів, що відповідають географічним областям. Кожен район містить власну унікальну інформацію.	Автоматична коректура через Інтернет
Echo Sounder	Ехолот. Вимірює глибину моря, річки, озера шляхом визначення часу, витраченого на проходження звукового імпульсу від судна до дна і в зворотному напрямку.	Радар-інтегратор
Voyage Data Recorder	Реєстратор даних рейсу (VDR). Система реєстрації даних, призначена для всіх суден, які повинні відповідати вимогам SOLAS (Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі) для збору даних з різних датчиків на борту судна, для автоматичної реєстрації даних про параметри маневрування.	Система може продовжувати працювати з додатковим живленням 24В у разі відключення основного джерела живлення. Після втрати судном свого аварійного живлення, батарея постачатиме живлення і перейде до запису звукових даних протягом 2 годин.

ECDIS: електронна картографічна навігаційна інформаційна система (Electronic Chart Display and Information System, ECHIS) призначена для відображення карт і розташування судна, прокладки планового шляху руху і контролю відхилень від заданого маршруту, вирахування безпечних курсів, попередження судноводія про небезпеку, ведення судового журналу, управління авторульовим і т. п. У ECDIS використовуються тільки векторні електронні карти (ECDIS-карти), дані яких підготовлені державними гідрографічними організаціями. Такі системи є найбільш уразливими для кібернетичних атак, а їх несправність може мати серйозні наслідки в умовах часткової автоматизації судових пристроїв.

Зауважимо, що в 2017 році групою організацій BIMCO (Балтійська і міжнародна морська рада), ICS (Міжнародний Кодекс Сигналів), CLIA (Організація міжнародного рівня, що об'єднує і представляє інтереси компаній, туристичних агентств та асоціацій), INTERCARGO (Міжнародна транспортна компанія), INTERTANKO (Міжнародна Асоціація незалежних власників танкерів) розробили «Посібник з кібербезпеки на суднах», тим самим підтвердивши наявність проблеми з безпекою цифрових навігаційних пристроїв. У переліку пристроїв, схильних до вразливості була система електронних карт ECDIS.

Слабким місцем ECDIS є те, що ця система залежить від зовнішніх оновлень, що забезпечуються за допомогою використання фізичних накопичувачів або встановлення оновлень за допомогою інтернет-мережі. Головною проблематикою можна виділити те, що ECDIS – система, що покликана збільшувати обізнаність в обстановці і спрощувати навігаційну роботу судноводія, а тому вона пов'язана з великою кількістю датчиків, які дозволяють виконувати різного роду задачі пов'язані з підтримкою прийняття рішень по маневруванню, кожна з яких використовує екран карти [55].

Зрозуміло, що ECDIS – система виведення даних (рис. 5.5), що орієнтується на інформацію з таких пристроїв як: Гірокомпас, GPS, Лаг, ARPA, NAVTEX, Echo Sounder, VDR. Достатньо однієї несправності в будь-якому з цих пристроїв, як інформація при виводі на дисплей [56] впливає одна на іншу, що призводить до збою в роботі всієї системи.

Отже, важливо докладніше розглянути питання з оновленням системи ECDIS, оскільки саме на цьому етапі можливе проникнення шкідливих програм або вірусів-шифрувальників у систему. Проблема починається з того, що стаття 19 SOLAS [57] вимагає від судна постійно оновлювати картографічну інформацію ECDIS, тому при кожному оновленні виникає ризик зараження шкідливими файлами або збій процесу.

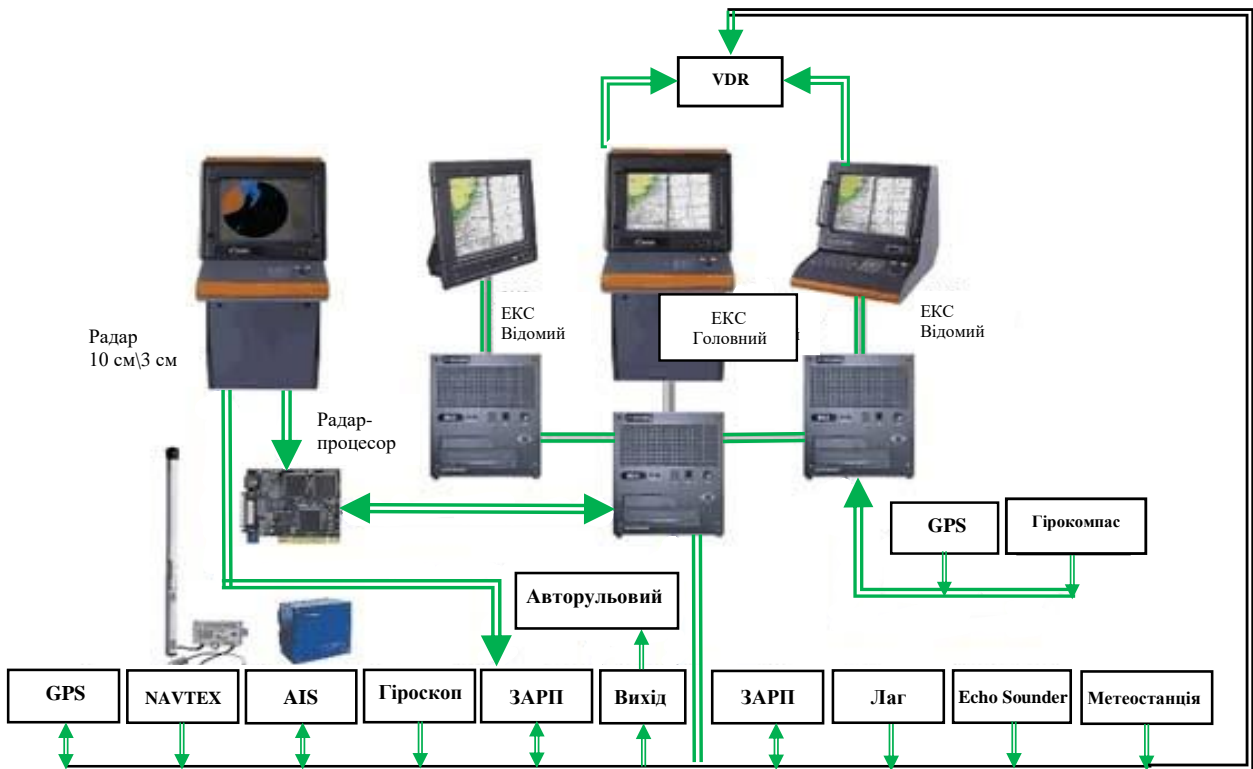


Рис. 5.5. Навігаційні пристрої системи виводу даних ECDIS:
 ЕКС – електронно картографічна система; ЗАРП – засіб автоматичної
 радіолокаційної прокладки

Оновлення можна проводити через флеш-накопичувач, через мережу інтернет (коли станція підключена до мережі інтернет), або через електронну пошту. Кожен із цих методів несе загрозу, але найбільш небезпечними можуть бути методи з отриманням файлу на пошту або з використанням флеш-накопичувача. Проблема перерахованих вище методів досить проста: використовуючи диск, флешку або завантажуючи файл, що може бути відправлений недоброзичливою особою ви ризикуєте отримати вірус-шифрувальник [58-59].

Причини для побоювання є, оскільки в 2017 році експертами Positive Technologies були надані статистичні дані щодо хакерських атак на ІТ-інфраструктуру (ІТ-інтернет технології), в яких зазначено, що найпоширеніший інструмент злому – вірус шифрувальник, який може заблокувати цифрові дані на судні [60].

Практично у відкритому доступі є такі віруси-шифрувальники та крипто-вимагачі, як: 1) Tox; 2) FAKBEN; 3) Hidden Tear; 4) Encryptor RaaS; 5) ORX Locker; 6) Ransom32. Перераховані вище послуги надають шкідливі програми, які можуть створити збої в роботі інформаційно-навігаційних систем судна, що може викликати відмову головного двигуна, зміну курсу, некоректну роботу пристроїв, завдавши величезних комерційних збитків.

GYRO COMPASS: гірокомпас – це пристрій, який використовується для визначення напрямків істинного північного полюса на основі принципу збереження кутового моменту гіроскопа (рис. 5.6).

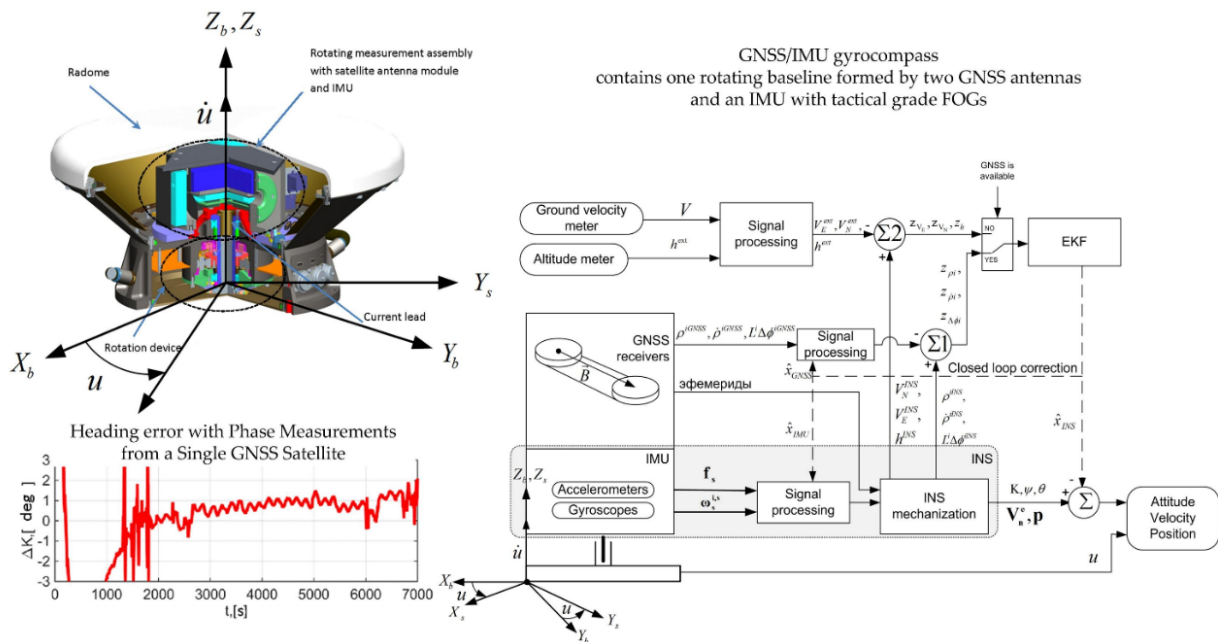


Рис. 5.6. Елементи навігаційного пристрою GYRO COMPASS

Основою гірокомпасу є гіроскоп, який представляє собою вертушку, що обертається з великою швидкістю навколо своєї осі. Коли гіроскоп піддається зміні напрямків, він зберігає свій кутовий момент, що означає, що ось його обертання залишається незмінною в просторі [61].

MAGNETIC COMPASS: магнітний компас – це пристрій, який використовується для визначення напрямків за допомогою магнітного поля Землі (рис. 5.7).

Основним елементом магнітного компаса є стрілка, яка вільно обертається на осі в горизонтальній площині. На стрілці встановлена магнітна голка, яка

виступає в ролі вказівника напрямку магнітного поля Землі. Магнітна голка має два полюса – північний і південний і виступає в ролі магніту, який вирівнюється в напрямку магнітних ліній сили Землі [62].

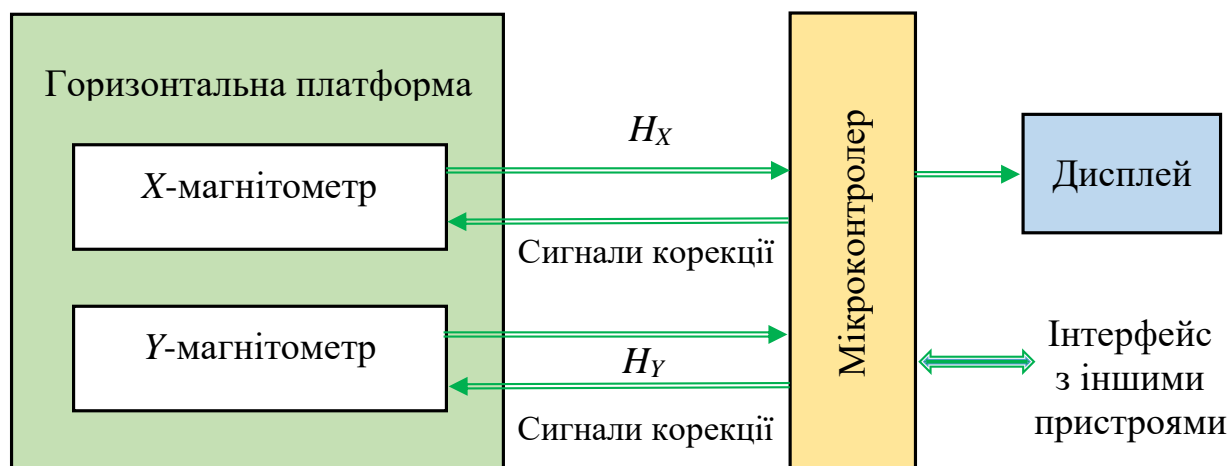


Рис. 5.7. Принцип роботи MAGNETIC COMPASS

LAG: принцип роботи сучасних лагів ґрунтується на вимірі напору води, або гідролокації морського дна (рис. 5.8). Гідролокатор – SONAR (Sound Navigation And Ranging) – це засіб звукового виявлення підводних об'єктів за допомогою акустичного випромінювання. Його робота не пов'язана із впливом інформаційних технологій, і ризик здійснення кібернетичних атак на цей прилад майже відсутній. Але, оскільки цей прилад є складовою системи ECDIS яка є вразливою до кібератак, то коректність його роботи буде залежати від роботи інших приладів.

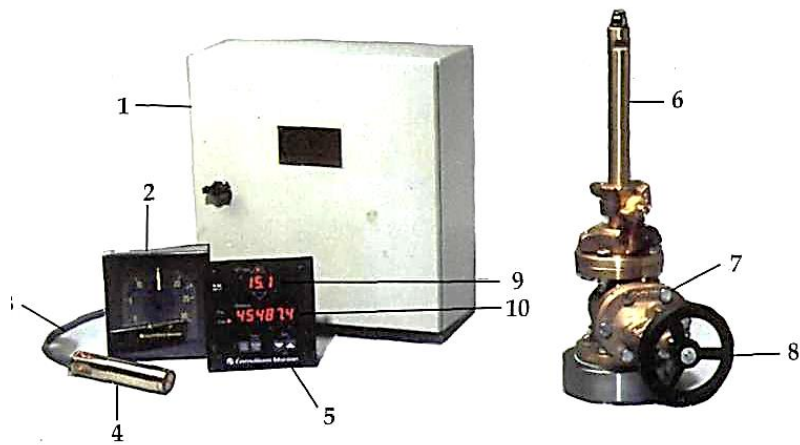


Рис. 5.8. Гідродинамічний лаг: 1 – основний блок; 2 – стрілочний вимірювач швидкості; 3 – сполучний кабель; 4 – штепсельний роз'єм; 5 - цифровий вимірювач швидкості та відстані; 6 - приймальна трубка лага; 7 – приймальний клапан; 8 – маховик приймального клапана

Гідроакустичний лаг передає звукові імпульси від двох датчиків. Вони розташовані в носовій та кормовій частинах судна на певній відстані один від одного. Після передачі імпульсу датчики переходять у режим прийому. У результаті отриманих імпульсів створюється профіль морського дна. Зіставлення двох профілів дає тимчасову затримку. Потім швидкість судна розраховується з урахуванням відстані, яка розділяє датчики, що спрямовані вертикально вниз. Існує два режими виміру: 1) швидкість щодо води поблизу корпусу (водний слід); 2) швидкість щодо морського дна (донний слід).

Якщо датчик підключений до гіроскопа швидкості і введено відстань від датчика до носа та корми, то швидкість поперечного переміщення на носі та кормі можна виміряти за допомогою лише одного датчика, який також може працювати як Echo Sounder (ехолот) для визначення глибини.

RADAR: радіолокатор це електронний пристрій, що використовується для виявлення об'єктів навколо судна та вимірювання відстані та напрямку до них і їх швидкості. Радіолокатор на судні використовує радіохвилі високої частоти для сканування навколишнього середовища та отримання інформації про інші об'єкти, що знаходяться в безпосередній близькості [63].

Принцип роботи радіолокатора на судні ґрунтується на принципі ехолокації. Коли радіолокатор випромінює короткий імпульс радіохвиль, він

поширюється від його антени на всі напрямки. Якщо ці хвилі стикаються з об'єктом, вони відбиваються у бік радара і приймаються його антеною. Чим більше видалений об'єкт, тим більше часу знадобиться для того, щоб відбита хвиля повернулася до радіолокатора (рис. 5.9).

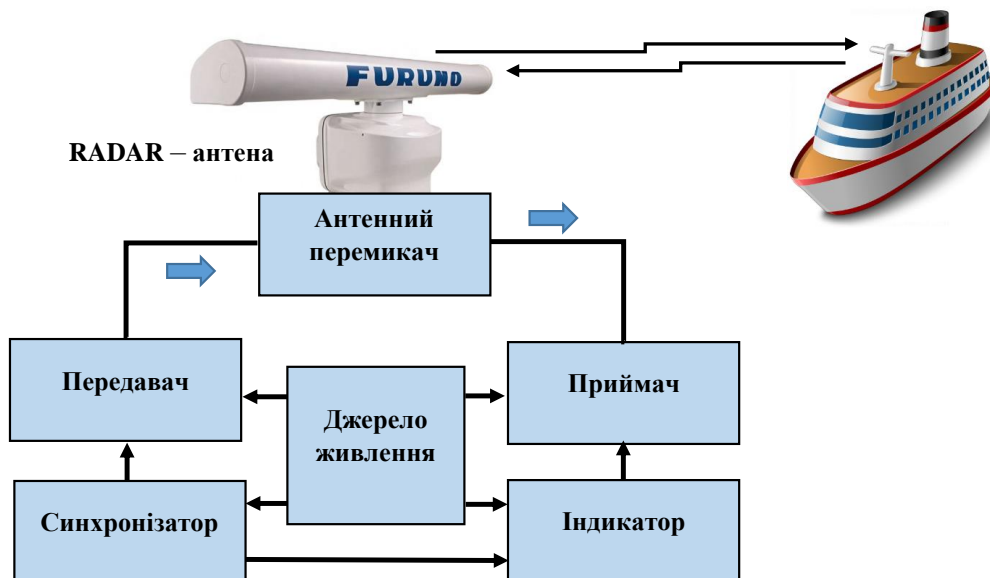


Рис. 5.9. Принцип роботи радіолокатора

Принцип роботи радіолокаційної системи являється головною його слабкістю. Як і було сказано вище, РЛС виробляє імпульс радіохвиль, які при зустрічі з другим судном чи предметом, відображаються, повертаються на антену і через приймач виводяться на монітор радіолокатора. Слабкість даного принципу роботи полягає в тому, що існують засоби генерації радіолокаційних перешкод. Тому цей прилад є вразливим до кібернетичних атак [64-65].

Для прикладу варто вказати на активні перешкоди, що створені штучно, та виникнення яких найбільш ймовірно при кібернетичній атаці зовні. У такому випадку варто розглянути активні перешкоди, які були викликані штучно і попередньо, а саме за допомогою спеціалізованих пристроїв. Подібні пристрої називаються «Глушилки», а ті, що здійснені за методом надання електромагнітних і радіохвиль мають назву «Jamming» [66].

AUTOPLOT: авторульовий представляє собою систему автоматичного утримання судна на курсі, яка дозволяє управляти ним без участі людини.

Принцип роботи авторульового полягає у використанні набору датчиків і комп'ютера, який аналізує дані про відхилення від заданого курсу, отримані від цих датчиків, і приймає рішення щодо перекладки руля, для управління напрямом руху судна. Датчики можуть включати в себе гіроскопи, акселерометри, компаси, а також системи GPS і радіолокатор (рис. 5.10).

Слід зазначити, що система прийняття рішень, заснована на автоматичних елементах і множині датчиків, апріорі може давати збій при меншому порушенні роботи одного з датчиків, які впливають на роботу інших, не кажучи вже про те, що система прийому інформації може бути несправною.

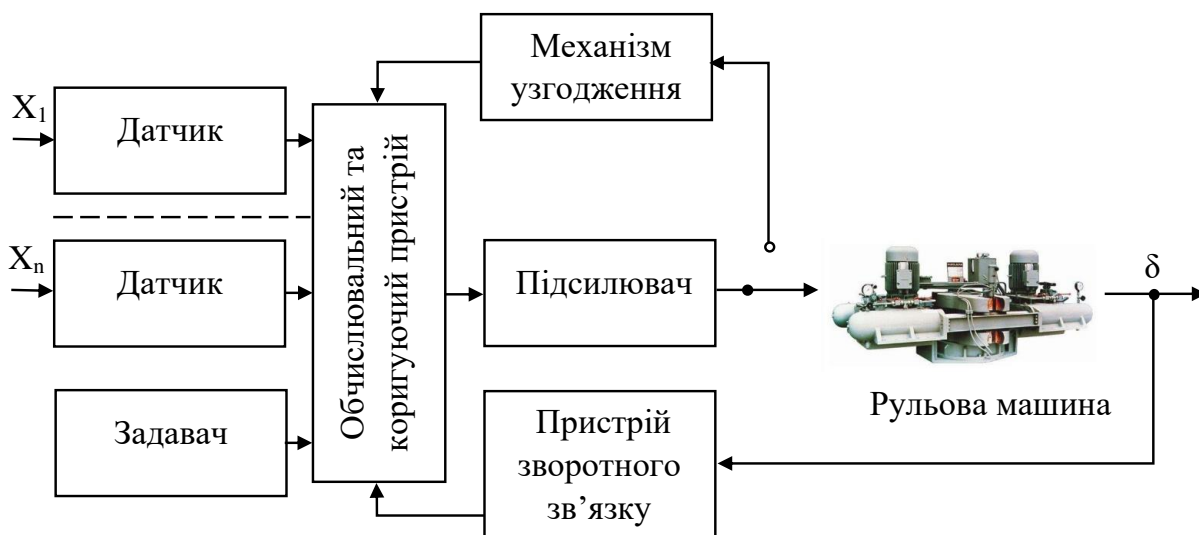


Рис. 5.10. Датчики-аналізатори авторульового

Для прикладу подібних відмов і збоїв в роботі системи автоматичного управління розглянемо аварію круїзного лайнера Costa Concordia, який в 2012 році зіткнувся з рифом у берегів Італії, що призвело до загибелі 32 людей. Детальне розслідування причин аварії показало, що причиною була некоректна робота авторульового. При цьому було виявлено недоліки в програмному забезпеченні комп'ютерної програми, відсутність належного технічного догляду та неправильне використання навігаційної системи екіпажом.

Як показує наше дослідження в подальшому, датчики, що «орієнтуються» на авторульовий, можуть бути найбільш вразливим місцем, але вже з приведеного

прикладу видно, що існують проблеми з програмним забезпеченням, які створюють неправильні обчислення та визивають критичну ситуацію.

Даний випадок показує, що зломисник може з легкістю завантажити шифрувальне програмне забезпечення, яке змінює алгоритм розрахунку інформації з датчиків, тим самим робить судно заручником аварійної ситуації.

Засоби навігації, які окремо не можуть піддаватися кібернетичним атакам, тобто являються стійкими до атак, але розгляд їх вразливості необхідно виконати для розуміння їх зв'язків з іншими приладами, що необхідно знати для оцінки взаємодії між навігаційними приладами ходового містка.

Після аналізу принципів роботи вищевказаних засобів навігації, які дозволяють нам визначити положення нашого судна відносно морського простору та його координати, варто звернутись до автоматизованої системи визначення положення тих чи інших об'єктів на земній та водній поверхні – системи глобального позиціонування (GPS).

GPS: супутникова система навігації, яка забезпечує вимірювання координат розташування судна у всесвітній системі координат WGS 84. Вона дозволяє практично при будь-якій погоді визначити місце розташування судна в будь-якому місці Землі та навколоземного космічного простору.

Попередньо варто відзначити, що така система, виходячи із принципу своєї роботи, має недоліки. Для отримання даних до виведення на екран подається сигнал на спеціалізований супутник, і якщо цей сигнал спотворити більш потужним, то можна легко вивести фальшиві дані на GPS-приймач.

Відмітимо, що імітаційна система GPS розроблялася виключно для військових потреб, але після створення цивільної версії, останнім часом залишилися шифрування та системи аутентифікації від свого імітаційного варіанту (рис. 5.11).

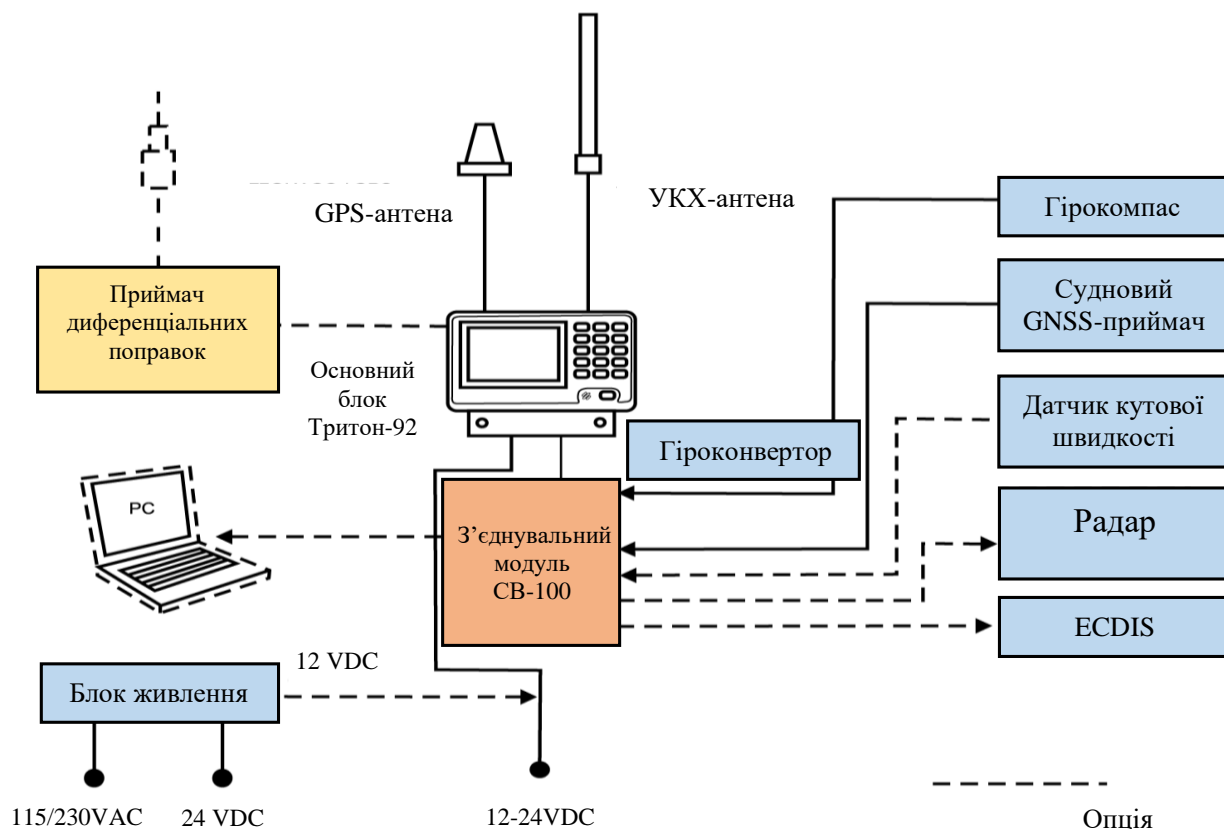


Рис. 5.11. Структура супутникової системи навігації GPS

У якості прикладу зауважимо, що група дослідників-ентузіастів з міста Остін, штат Техас, змогла створити пристрій, що передавав на частоті GPS, але його сигнали були сильніше за тих, що надходили із супутника. Більш потужний сигнал сприймався передавачем на судні, як теперішній за причиною того, що всі сигнали були незашифровані і не вимагали аутентифікації. У цьому випадку «студентам-хакерам» вдалося відхилити яхту «White Rose of Drachs» від істинного курсу. Така атака на GPS-приймач називається спуфінгом, і ведеться за рахунок більш потужних, але фальшивих сигналів, GPS-приймач прийнятий за основний.

Подібні атаки проводилися і на військові об'єкти, а особливо на підкріплені до них безпілотні засоби. Примітним є те, що відомий угон американського безпілотника з військової бази іранських військових, був здійснений за допомогою зміни супутникових сигналів.

Вищевказані інциденти вказують на те, що дешеві методи для здійснення кібернетичної атаки можуть спотворити складне сучасне навігаційне обладнання та призвести до втрати судна, економічних збитків і людських жертв.

Система VDR маркірує, стискає і зберігає інформацію про параметри маневрування у зовнішньому захищеному блоці. Це блок, який має захист від несанкціонованого доступу і може витримувати екстремальні удари, тиск та температурні явища, які можуть бути пов'язані з морськими інцидентами

(пожежа, вибух, зіткнення, затоплення тощо). Крім захищеного блоку зберігання, система VDR може складатися з блоку ручного управління записом та блоку збору даних. Вони підключені до різного обладнання та датчиків на борту судна. Нові правила Резолюції MSC.333 (90) при ухваленні розглянутих експлуатаційних вимог до судових приладів реєстрації даних про рейс VDR, також встановлюють, що мінімум 30 днів записані дані повинні зберігатися в неушкодженому вигляді. Основною метою VDR є перевірка дій екіпажу в рейсовому циклі та при розслідуванні аварійних випадків. Записані дані можуть використовуватися і в інших цілях при профілактичному обслуговуванні, моніторингу ефективності роботи, аналізу пошкоджень за сильних погодних умов, запобігання аваріям та з метою навчання для підвищення безпеки і зниження експлуатаційних витрат.

Відома компанія Furuno виробляє реєстратори VDR, які складаються з двох модулів: DCU (Data Collection Unit) та DRU (Data Recording Unit). Модуль DCU являє собою Linux-машину з набором інтерфейсів (USB, IEEE1394 і LAN) для підключення до судових сенсорів, датчиків та інших систем, а також оснащених HDD з частковою копією даних другого модуля. Усередині захищеного від агресивних зовнішніх впливів модуля DRU знаходиться блок із флеш-дисків, розрахованих на запис даних за 12-годинний період. Пристрій збирає і зберігає різноманітні навігаційні та статистичні дані судна, розмови на містку і всі радіо перемовини та знімки радарів. Отже з боку злочинця існує можливість зміни та видалення даних як з диска DCU, так і з DRU, а також можливість віддаленого

виконання команд з привілеями супер-користувача або редагування та зміни даних на самописці, що повністю компрометує пристрій.

NAVTEX: це пристрій на борту судна для автоматичного забезпечення інформацією щодо безпеки на морі. Система NAVTEX автоматично надає дані з точністю до хвилини. Зона покриття NAVTEX може поширюватися на відстані до 400 морських миль від передаючої станції. Приймач NAVTEX на борту судна виводить навігаційні та метеорологічні попередження та прогнози погоди, а також термінову інформацію про морську безпеку для суден що формує важливий елемент системи GMDSS. Обладнання NAVTEX використовує функції радіо телекса або вузько-смугового букво-друку (Narrow Band Direct Printing – NBDP) для автоматичної трансляції даних. Досліджуючи слабкості даної системи, було складно виявити існуючі приклади злому NAVTEX, але можна скласти кілька ймовірних сценаріїв стосовно цілей і способів подібних дій (рис. 5.12).

Станція NAVTEX повторює всі дійсні повідомлення в кожній передачі, за умови, що вона може бути передана протягом 10 хвилин. Приймач зберігає на борту отримані повідомлення протягом 72 годин.

При наступній передачі, якщо судно все ще знаходиться в межах досяжності, воно тільки одержуватиме і роздрукуватиме будь-які нові повідомлення. Припустимо, що ви отримали повідомлення NAVTEX тільки зараз.

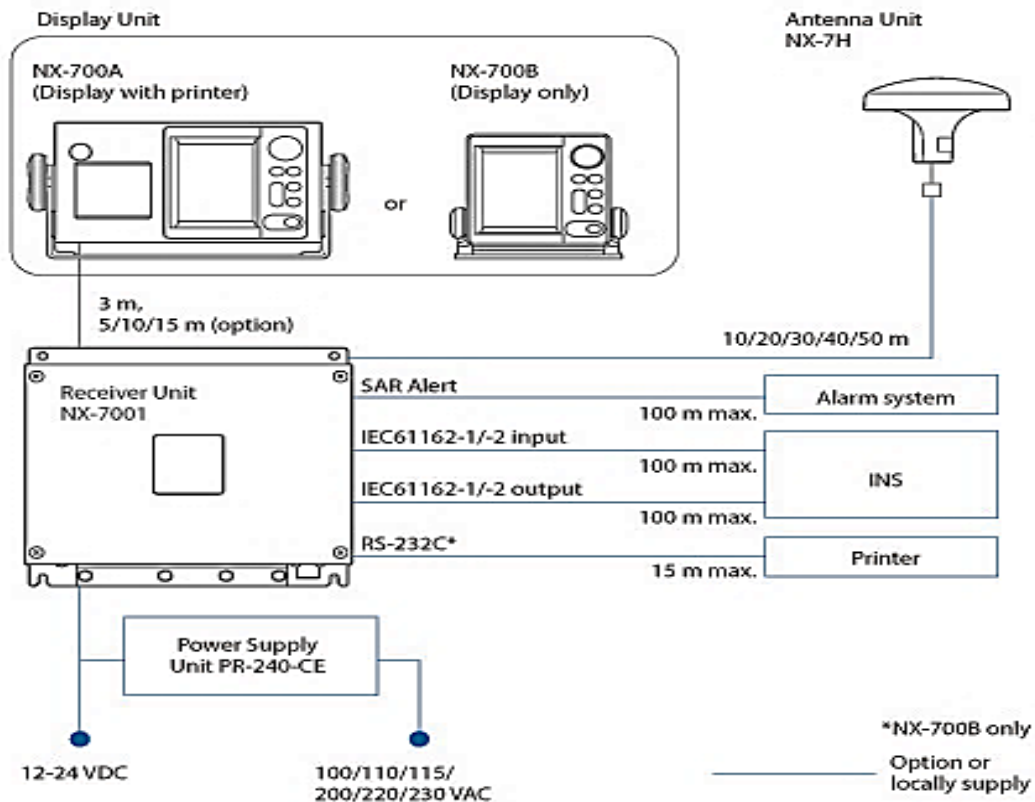


Рис. 5.12. Блок-схема роботи NAVTEX

Якщо ви хочете знову отримувати всі повідомлення за наступною запланованою передачею станції, то потрібно вимкнути приймач, а потім знову ввімкнути. Це дозволить очистити пам'ять від NAVTEX і знову отримати дійсні повідомлення протягом 72 годин. При наступній передачі, якщо судно все ще знаходиться в межах досяжності, воно тільки одержуватиме і роздрукуватиме будь-які нові повідомлення. Злом цієї системи, навіть при успішному випадку, не принесе критичної шкоди судну і лише буде часткове введення систем в оману, а тому можливий злом NAVTEX слід розглядати в сукупності зі зломом інших навігаційних систем.

На основі проведеного аналізу вразливостей судових та берегових кіберсистем створимо реєстр найбільш критичних з них, враховуючі суттєві наслідки від впливу кібератак, які наведені в табл. 5.3.

Реєстр кібератак та вразливостей навігаційних систем судна

Навігаційні системи	Вразливості/Кібератаки	Наслідки кібератак
Automatic Identification System (AIS)	<ul style="list-style-type: none"> • Інтерференція сигналу • Поширення фальшивої інформації • Шкідливе програмне забезпечення • Підробка пристрою • Сигнал не має шифрування • Заглушення сигналу 	<ul style="list-style-type: none"> • Захоплення судна • Знищення даних • Крадіжка цінних даних
Electronic Display Information System (ECDIS)	<ul style="list-style-type: none"> • Застарілі версії операційних систем • Небезпечні / не зареєстровані носії оновлення 	<ul style="list-style-type: none"> • Втрата зв'язку • Захоплення судна • Викрадення конфіденційних даних • Компрометація комп'ютерів та операційних систем
Global Navigation Satellite System (GNSS –Глобальна навігаційна супутникова система) та GPS Radar	<ul style="list-style-type: none"> • Атаки глушіння • Слабкий рівень сигналу • Dos/DDos атаки • Модифікація пакетів. Редагування пакетів – це модифікація створених або перехоплених пакетів. Це передбачає модифікацію пакетів у спосіб, який важко або неможливо виконати на етапі збирання пакетів, наприклад, зміну корисного навантаження пакета. • Атаки глушіння • Dos/DDos атаки 	<ul style="list-style-type: none"> • Захоплення судна • Крадіжка цінних даних • GPS надає неправдиву інформацію • Порушення роботи судна • Затримки в наданні послуг • Порушення роботи судна • Втрати життів і вантажу • Затримки в управлінні вантажоперевезеннями
Global Maritime Distress System (GMDSS – Глобальна морська система зв'язку під час лиха та для забезпечення безпеки мореплавства)	<ul style="list-style-type: none"> • Шкідливе програмне забезпечення • Dos/DDos атаки • Атаки глушіння • Заглушення сигналу 	<ul style="list-style-type: none"> • Неправильне положення судна • У разі аварійної ситуації судно не зможе викликати допомогу • Подальші атаки на систему ECDIS

<p>Industrial Control Systems (ICS – Індустріальні системи управління, це позначення кількох типів систем управління, включаючи системи диспетчерського управління та збору даних Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Неправильна робота ACMS (Automatic Control Maritime System – Морська система автоматичного управління) • Відсутня підтримка перевірки цілісності системи • Вразливість інформації • Неякісне управління виправленнями • Апаратні збої • Неправильна конфігурація безпеки • Відсутність сегментації мережі • Слабка політика паролів • Відсутність брандмауерів (Firewall, мережевих екранів прикладного типу) • Відсутність шифрування • Слабка політика віддаленого доступу • Слабка політика захисту USB • Відсутність реагування на випадок SOS 	<ul style="list-style-type: none"> • Викрадення судна • Відсутність ICS • Витік даних • Фізичне пошкодження об'єктів • Втручання в роботу систем безпеки • Незаплановані зупинки • Пошкодження обладнання
<p>Very Small Aperture Terminal (VSAT) (мала супутникова наземна станція – термінал з маленькою антеною)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Фальшиві сигнали • Атака шкідливим програмним забезпечення • Крадіжка 	<ul style="list-style-type: none"> • Крадіжка конфіденційних даних • Завантаження шкідливого програмного забезпечення • Зміна GPS-координат
<p>ІТ-мережева система</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Неякісний контроль доступу • DoS/DDoS-атаки • Слабка політика паролів • Атаки шкідливих програм • Погане управління виправленнями • Неправильна конфігурація безпеки • Погана документація з безпеки • Відсутність сегментації мережі • Відсутність брандмауерів • Відсутність шифрування • Слабкість політики віддаленого доступу • Слабка політика захисту USB 	<ul style="list-style-type: none"> • Завантаження шкідливого програмного забезпечення • Несанкціонований фізичний доступ • Несанкціонований логічний доступ • Втрата конфіденційних документів • Фінансові збитки • Крадіжка конфіденційних даних • Пошкодження репутації

Якщо допустити можливість злому приймача і посилання на нього хибних повідомлень, то це може бути зроблено з наступною метою: введення систем транспортних засобів в оману; ускладнення або зміни маршруту; зміни маршруту судна з метою прибуття у тимчасово небезпечний для судноплавства регіон; крадіжки вантажів або критично важливих даних судного навігаційного обладнання та ін.

Зрозуміло, що перспективні дослідження необхідно спрямовувати на системи навігаційного містка, такі як: AIS, LAG, ECHO SOUNDER, VDR. Кожна з цих систем цікава тим, що втручання в роботу даних пристроїв зі сторони хакерів або звичайних зловмисників зі сторони екіпажу може призвести до найбільш катастрофічних наслідків. Також ці пристрої привертають увагу тим, що протоколи кібербезпеки для них практично не розроблені. Тому вони можуть стати першою ціллю для злому, як неодноразово вже було з Voyage Data Recorder або як це може статись з системою AIS.

5.3. Способи управління процесом маневрування судна при кібернетичних атаках

Існує три способи управління рівнем впливу кібернетичних атак для захисту ходового містка, які судноводій повинен використовувати під час плавання в умовах кібернетичних ризиків: 1) від'єднання навігаційного пристрою від живлення; 2) ввімкнення резервних навігаційних пристроїв, які захищені від впливу кібернетичних атак або мають мережевий екран (Firewall, брандмауер) підвищеного рівня захисту; 3) ввімкнення ізольованого кластеру управління процесом маневрування.

Реалії мореплавання позначили роль і значення морських повідомлень у безпеці судноводіння, а вивчення морських інцидентів за останні роки показало низку проблем щодо забезпечення оперативними даними навігаційної обстановки на маршрутах руху суден. У отриманих від берегових джерел даних та в інформації яка циркулює по внутрішніх суднових лініях зв'язку, переважає

недостача інформації про фактори загрози безпеці руху. Крім того в навігаційних системах використовується система безкабельних ліній зв'язку між її елементами. При цьому використовується три способи передачі інформації про параметри системи, в залежності від напрямку її переміщення: прямі, зворотні та локальні. При прямих зв'язках інформація переміщується від елементів системи до об'єкта управління, яким в процесі маневрування виступає корпус судна. Більш детально контролюють параметри центру ваги, який характеризує його абсцисою.

При зворотних зв'язках інформація переміщується від об'єкта управління, у вигляді параметрів стану елементів системи управління маневруванням, до елементів системи управління.

При локальних зв'язках проходить обмін між елементами системи без проходження об'єкту управління.

Кібернетична атака впливає на передачу інформації по каналах зв'язку. Таке становище призводить до неадекватної оцінки параметрів морських повідомлень і помилок в показах судових приладів, що знижує безпеку управління маневруванням судна у реальних навігаційних умовах. Це призводить до прийняття некоректних стратегічних та ситуативних рішень під час управління маневруванням у рейсовому циклі.

Інформаційні потоки вимірюються кількістю оброблюваної чи переданої інформації за одиницю часу. У морській практиці інформаційний потік може існувати у вигляді паперових та електронних документів, а обсяг інформації вимірюється сумарною кількістю символів в оброблюваних та переданих повідомленнях. Класифікацію інформаційних потоків водних шляхів наведено на рис. 5.13, для того щоб із неї виділити інформацію для управління процесом маневрування при рейсовому циклі і управляти нею.

Для більш оперативного управління процесом маневрування всі навігаційні прилади ходового містка об'єднують у групи (кластери) по призначенню, спільними яких являється питання безпечного виконання процесу руху.

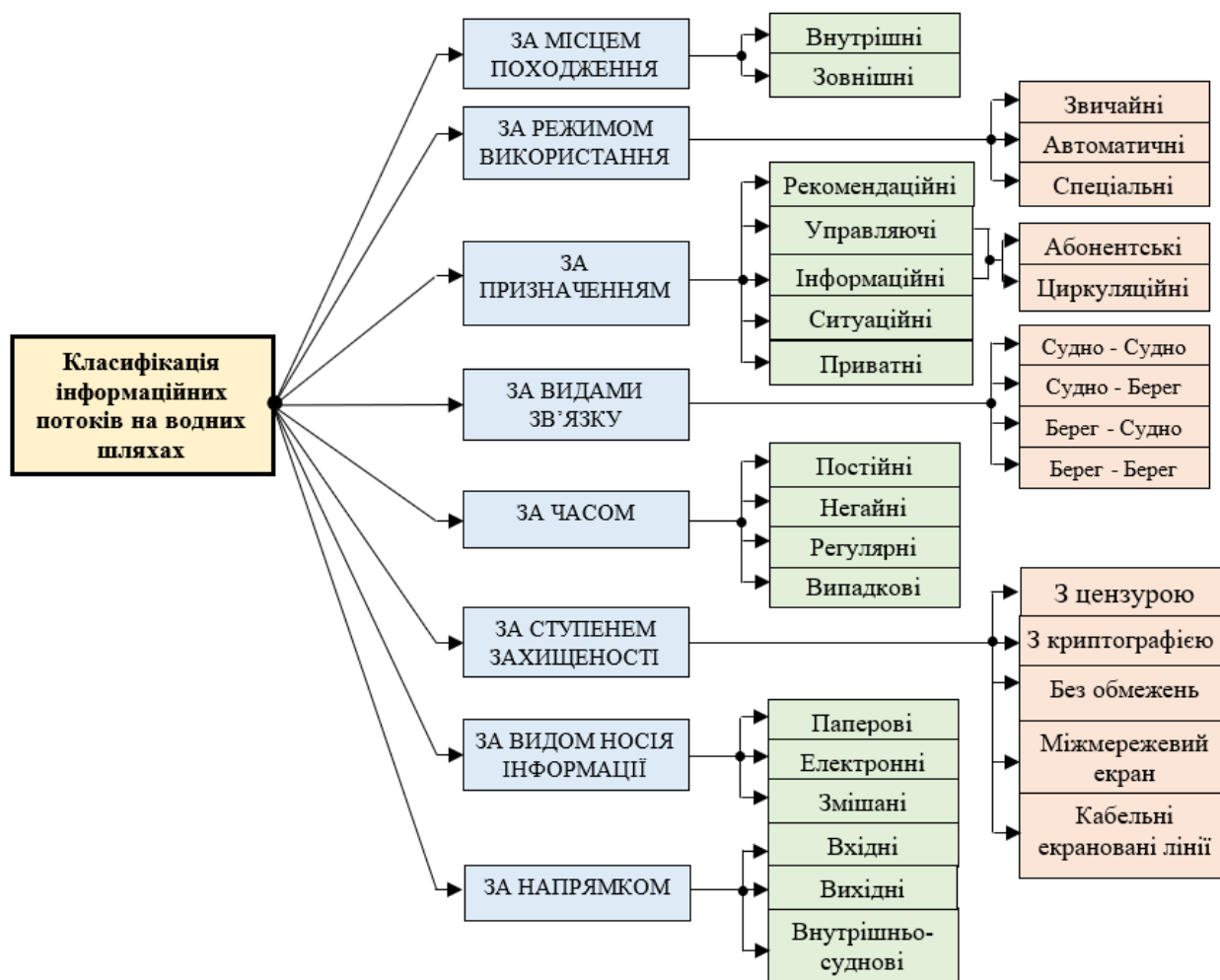


Рисунок 5.13. Класифікація інформаційних потоків на водних шляхах

Кластер (англ. «cluster») – група однакових або подібних елементів, зібраних разом або близько один до одного (в'язка, пучок, жмуток, пачка). Для процесу управління маневруванням судна можна описати таке визначення. Ізольований кластер – взаємно замінний елемент самодостатньої локалізованої системи управління роботою сукупності приладів ходового містка, надійно захищений від впливу кібернетичних атак.

Організація функціональних взаємозв'язків між елементами інформаційної управляючої системи показує, що їх побудова ведеться відповідно до механізму теорії кластерів. Дане твердження прослідковується на практиці аналізом взаємодії між суднами в морі і морської адміністрації на березі. Цей процес зображується у вигляді розгалужених – структурованих ланцюжків вертикалі морської адміністрації та суден, які знаходяться в зоні їх відповідальності.

Система циркуляції потоків відомостей між береговими системами та морськими рухомими об'єктами і всередині їх організується у вигляді морського кластера навігаційної безпеки і представляється сукупністю технічних засобів, каналів і мереж передачі даних для управління суднами, що входять до складу інтерактивних головних і регіональних центрів.

Окремі спеціалізовані підприємства морської галузі для формування та передачі навігаційних повідомлень застосовують логістичні методи побудови інформаційного простору водних шляхів, використовуючи автоматичну кластеризацію масивів параметрів руху суден. На механізмі кластерної теорії у судноплаванні вирішено низку завдань безпечного управління судном. У роботі [67] проведено дослідження супутникових систем навігаційно-інформаційної технології судноводіння. Їх дослідження з урахуванням дефініції "кластер" та реалізований підбір карт дозволили перейти до підготовки їх просторових полів помилок обсервацій у динамічному режимі руху і таким чином забезпечити судноплавання технологією високоточної навігації.

Відомі схеми обміну даними між суднами та береговими службами побудовані за *кластерною технологією* та реалізуються за рахунок сумісності апаратури супутникових навігаційних систем, телевізійних систем високої точності та транспортерів АІС. У кластерній концепції інформаційного забезпечення проектів VTМІS та POSEIDON міститься інтеграція морських повідомлень від берегових та супутникових систем зв'язку.

Незважаючи на опосередковане подання кластерних принципів у морській галузі, у вітчизняній та закордонній морській літературі не представлено визначення морського кластеру інформаційної безпеки руху судна. У зв'язку з цим є потреба використання кластерного механізму для систематизації даних параметрів і приладів системи аварійного управління маневруванням судна під час кібернетичної атаки.

Аналіз проведеного огляду наукових та практичних робіт показує опосередковане використання у мореплаванні кластерної теорії та говорить про

важливість кластеризації морських повідомлень в інформаційному забезпеченні маневрування при відмові приладів і способів управління.

Метою кластерного використання структури об'єднання морських повідомлень параметрів маневрування є утворення відокремлених від загальної інформації кластерів без передачі чи прийому ззовні даних для захисту їх від впливу кібернетичних атак. Методами кластерного аналізу вирішуються такі завдання судноводіння:

- проведення відокремлення засобів навігаційного оснащення (ЗНО) в ізольований кластер безпеки з захистом ліній зв'язку між його елементами від зовнішніх кібернетичних атак. Розв'язання такого завдання, як правило, призводить до забезпечення безаварійного управління процесом маневрування судна в умовах дії кібернетичних атак при виході із ладу основних навігаційних приладів ходового містка;

- перевірка та включення існуючого локального кластера безпеки та резервних навігаційних засобів і приладів, захищених від впливу кібернетичних атак;

- оптимізація вхідних та вихідних даних шляхом стиснення за її надмірності з залишенням одного параметра від кластера, якщо їх декілька.

При формуванні ізольованого аварійного кластера включення навігаційних приладів та інформаційних потоків параметрів в їх склад, можливі для використання наступні математичні інструменти: евристичні графові алгоритми; функціональні властивості параметрів і якості кластеризації; алгоритми статистичної та ієрархічної кластеризації.

Загальну картину кластерів інформаційних потоків під час управління маневруванням за ознаками наведено на рис. 5.14.

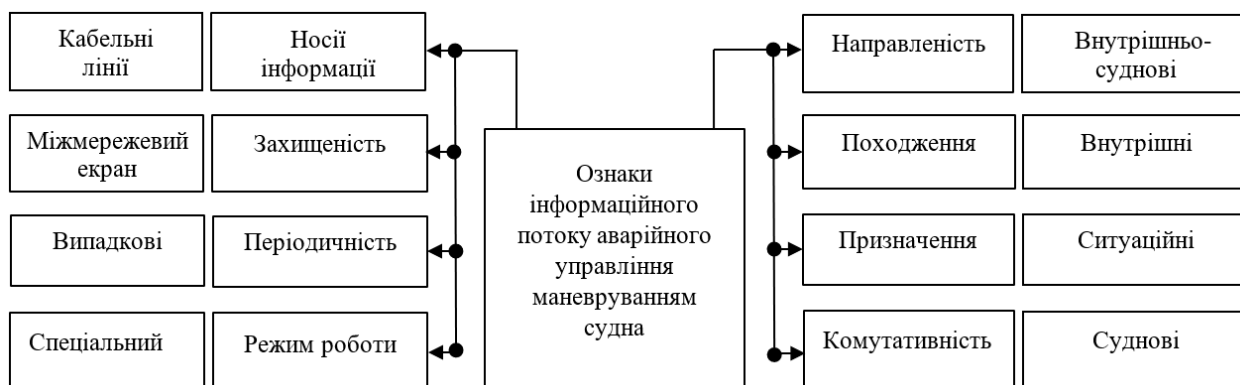


Рисунок 5.14. Кластеризація потоків інформації аварійного управління маневруванням за ознаками

Вісім ознак інформаційних потоків водних шляхів характеризують групи кластерів управління процесом маневрування наступними параметрами: спрямованість; походження; призначення; захищеність; комунікативність; режим роботи; періодичність; вид носіїв інформації. Вони складають основу кластерних полів ліній прямих, зворотних та локальних зв'язків сполучень при циркуляції інформації по управлінню маневруванням.

Кожна із зазначених ознак може утворювати свої розгалуження з детальним конкретним наповненням, що характеризує процеси формування, передачі, відображення, циркуляції потоків інформації та їх захищеність під час кібернетичних атак. Можлива додаткова кількість класифікаційних ознак у розгалуженнях може коливатися, як правило, у межах від двох до чотирьох.

Між розгалуженнями можуть утворюватися міжкластерні локальні в'язки, що дають повне уявлення про характеристику інформаційного поля, особливо під час аварійного управління маневруванням. Взаємну залежність можливих передумов та загрозливих факторів характеризує спеціальний ізольований кластер інформаційної безпеки управління маневруванням судна. Такий кластер показує відстані між гронами стану обстановки на містку судна, загрозливих факторів, що відбулися під час відмови штатних навігаційних приладів ходового містка при кібернетичній атаці і автоматично впорядковує їх зв'язок у порівняно однорідних класифікаційних групах.

Більш детальну характеристику кожної із ознак та її призначення приведемо на прикладі ізольованого аварійного кластера та його елементів. Особливість цих ознак закладається в тому, що інформація кластера передається тільки кабельними лініями зв'язку без передачі і прийому зовні та є надійно захищеною від зовнішніх і внутрішньо суднових впливів на параметри, які передаються за прямими, зворотними та локальними каналами системи.

5.4. Управління процесом маневрування при кібернетичних атаках способом ізольованого кластера

Кластер інформаційної безпеки маневруванням судна відкриває можливість селективного збору даних, сприяє виконанню розрахунків загроз інформаційної безпеки моделюванням ймовірнісних розподілів небезпек на ділянках водного шляху. При цьому вибірка використовує безліч категорій морських повідомлень, кожне з яких представляється безліччю певної кількості підкласів і описується виразом:

$$X_L = \{X_1 (Kn1), X_2 (Kn2), X_3 (Kn3), \dots, X_L (Knm)\}, \quad (5.3)$$

де X_L – безліч класів морських повідомлень; Kn – безліч підкласів кожного з морських повідомлень.

Виходячи з теорії кластерного аналізу, в завдання кластеризації інформаційних потоків водних шляхів при маневруванні входить градація наявних морських повідомлень на ряді підмножин, що не перетинаються. Необхідно, щоб кожен кластер складався з об'єктів, близьких до метрики, а об'єкти різних кластерів суттєво відрізнялися. При цьому в процесі кластеризації важливим аспектом є поняття відстані $p(x, x')$, яке відіграє роль кількості об'єктів та зв'язків, задіяних при формуванні та передачі певного потоку параметрів даних. Алгоритмізація формування кластерів інформаційних потоків водних шляхів виконується з використанням: евристичних графових алгоритмів; статистичних алгоритмів; алгоритмів ієрархічної кластеризації. Розрахунок

кластерної структури інформаційної безпеки доцільно виконувати у симбіозі статистичних методів із методом ієрархічної кластеризації [67-68].

Доцільність методу ієрархічної кластеризації полягає в розподілі потоків на підкласи, що не перетинаються і побудові з використанням графів дендрограм, які чітко визначають внутрішньо кластерні зв'язки. Для простору інформаційної безпеки водного шляху вводиться метрика, що показує величину визначення відстаней між кластерами. Цей простір називають метричним. Для розрахунків у метричному просторі кластерів інформаційної безпеки застосовується метрика Евкліда [69], у якій кластерні відстані відповідають виразу:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n \frac{(x_{ik} - x_{jk})^2}{\sigma_k^2}}, \quad (5.3)$$

де σ_k^2 – характеристика дисперсії об'єктів кластера.

Дана метрика доречна для розрахунку внутрішньо кластерних відстаней окремих підгруп, наприклад, при розрахунку відстаней усередині кластера інформаційної безпеки маневрування судна або при визначенні об'єктів у вигляді підкластера аварійного управління при кібернетичних атаках. Об'єкти кластера мають відмінну характеристику дисперсії (5.3), значення яких визначають інтенсивність негативного впливу на маневрування:

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^5 p_{1i} (X_i - \mu_x)}, \quad (5.4)$$

де σ_x – середнє квадратичне відхилення векторіальної похибки по осі x ; p_{1i} – значення ймовірностей виникнення ризиків за відповідними передумовами загроз; X_i – категорія морського повідомлення; μ_x – параметр виникнення ризику для інформаційної безпеки маневрування судна;

Розглянемо приведену на рис. 5.15. блок-схему аварійного ізольованого кластеру інформаційної безпеки маневрування судна при виході із ладу навігаційних приладів ходового містка в зв'язку з кібернетичною атакою.

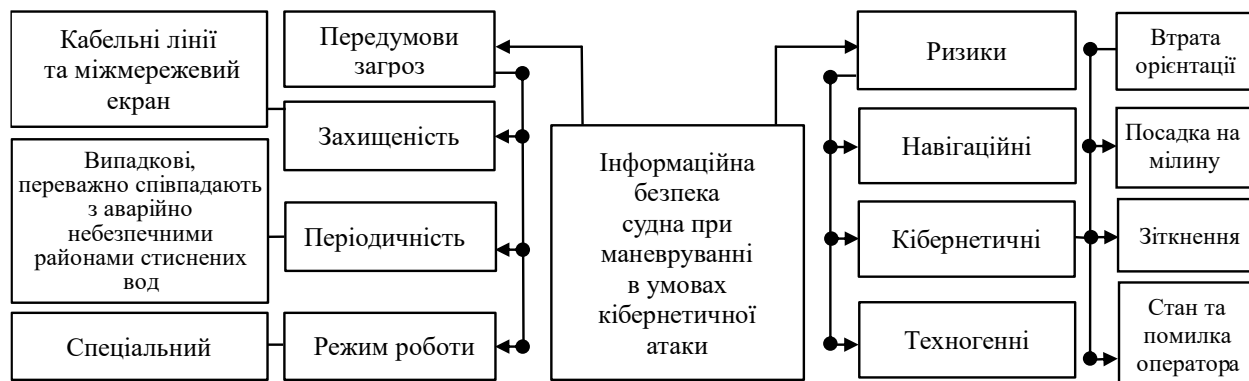


Рисунок 5.15. Блок-схема аварійного ізольованого кластеру системи управління маневруванням при кібернетичних атаках

Дослідження кластерних взаємозв'язків, загроз та ризиків на маршруті в умовах, коли судно перебуває на ходу, повинно забезпечуватись спеціальними розрахунками класичних способів судноводіння в рамках конкретної зони водного шляху.

Імовірнісні параметри безпечної суднової зони на ділянках водного шляху розраховуються на підставі аналізу вибірки показників аварійності для навігаційних ризиків за факторами передумови загроз «Втрата орієнтації», «Посадка на ґрунт», «Зіткнення» та ризику «Стан та помилка оператора» за останні 20 років у заданому районі плавання. Такі види інформації зобов'язані надавати держави, в зоні відповідальності яких знаходяться аварійні ділянки морського сектору. Пошук областей небезпеки виконується з використанням теореми Радона-Нікодима та розподілів Гауса та Пуассона. Розв'язання завдання у цьому випадку визначає всі області небезпеки, відомості про які надаються в морських джерелах – лоціях, картах та навігаційних повідомленнях для судноплавства різного напрямку призначення.

У подальшому при формуванні змісту аварійного кластеру інформаційної безпеки маневрування судна розглядається лише та частина складових кластера, основа характеристики якої має мінімальні розміри.

При розрахунку параметрів (μ_x, μ_y) виникнення ризику «Посадка на ґрунт» знаходиться їхнє математичне очікування та дисперсія σ_y за формулами:

$$\mu_x = \sum_{i=1}^5 p_{1i} \cdot X_i; \mu_y = \sum_{i=1}^5 p_{2i} \cdot Y_i; \sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^5 p_{2i} (Y_i - \mu_y)^2}, \quad (5.5)$$

де σ_y – середнє квадратичне відхилення векторіальної похибки по осі у.

Передумова загрози «Втрата орієнтації»						Ризик «Посадка на ґрунт»					
N ₁	0	1	2	3	4	N ₂	0	1	2	3	4
X	13	8	4	0	0	Y	14	9	4	0	0
P ₁	0,52	0,32	0,16	0	0	P ₂	0,52	0,33	0,15	0	0

Рис. 5.16. Розрахунки параметрів «Втрата орієнтації» і «Посадка на ґрунт»

Відповідно до отриманих результатів (рис. 5.16), імовірність P_{ij} виникнення ризику за даною передумовою загрози визначається виразом:

$$P_{ij} = P_{1i} \cdot P_{2j}. \quad (5.6)$$

Отримані дані дають наступні значення ймовірностей виникнення ризиків

$$P_{11} = 0,52 \cdot 0,52 = 0,2704,$$

$$P_{22} = 0,32 \cdot 0,33 = 0,1056,$$

$$P_{33} = 0,16 \cdot 0,15 = 0,024.$$

Усереднені результати ймовірності P_{nn} виникнення ризику «Посадка на ґрунт» за фактом виникнення передумови «Втрата орієнтації в навігаційній обстановці» дорівнює:

$$P_{nn} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} = \frac{0,2704 + 0,1056 + 0,024}{3} = 0,4. \quad (5.7)$$

Здійснене логарифмування отриманого результату ймовірності P_{nn} дає змогу визначати значення коефіцієнта відстаней A_{nn} у кластері за формулою:

$$A_{nn} = 10|\ln P_{nn}| = 9,00. \quad (5.8)$$

Коефіцієнти відстаней за іншими передумовами загроз і ризиків визначено аналогічним способом і занесено в табл. 5.3. При цьому пропонується кількісну оцінку передумов розраховувати за єдиною десятибальною шкалою. Така кваліметрія краще відображає вплив факторів на причини виникнення загроз.

Таблиця 5.3

Кластер інформаційної безпеки руху судна

Ризики	Погодні умови	Стан оператора	Помилки оператора	Втрата орієнтації	Тероризм
Посадка на ґрунт	8.00	8.00	7.25	9.00	7.25
Навал	6.25	7.00	6.00	7.00	6.00
Зіткнення	7.50	6.25	7.00	8.00	5.00
Техногенні	4.00	3.00	1.25	1.50	2.00
Тероризм	2.00	1.00	1.00	0.50	1.50

Під час розрахунку параметрів кластерів необхідно постійно враховувати вплив чинників погодних умов – видимість, швидкість вітру, висоту хвиль, швидкість течії та отримувати єдиний коефіцієнт для кожної загрози. З використанням метрики Евкліда першої категорії отримують симетричну матрицю відстаней (табл. 5.4), яка є головним показником кластерного аналізу.

Симетрична матриця відстаней кластера інформаційної безпеки

Загрози	Посадка на грунт (1)	Навал (2)	Зіткнення (3)	Техногенні (4)	Тероризм (5)
Посадка на грунт (1)	0.00	8.05	7.2	2.06	3.20
Навал (2)	8.05	0.00	8.25	4.05	1.25
Зіткнення (3)	7.03	8.25	0.00	5.25	7.80
Техногенні (4)	2.00	4.00	5.25	0.00	0.50
Тероризм (5)	3.00	1.00	8.10	0.50	0.00

Метод ієрархічної кластеризації дає змогу розділити потоки на підкласи, що не перетинаються і побудувати з використанням графів дендрограми з чітко вираженою структурою інформаційних кластерних зв'язків.

Результат застосування ієрархічного методу до отриманої матриці при використанні пакета статистичного аналізу, наприклад «STATISTICA», дає дендрограму спрощеного кластера загроз і ризиків руху (рис. 5.17) судна, яка показує структурне відображення кластера інформаційної безпеки руху судна (рис. 5.18). На дендрограмі по горизонтальній осі на однаковій відстані відкладено номери загроз ризиків, а по вертикальній осі – відстані всередині кластерів. Побудована дендрограма дає змогу виявити близькі за параметрами небезпечні фактори, що входять до кластера інформаційної безпеки, а також представляє структуру самого кластера в заданій точці на ділянках водного шляху.

Сам кластер інформаційної безпеки складається зі своєрідних підкластерів, до яких включено об'єкти, які є близькими за параметрами і набором вхідних даних, що свідчить про їхню рівноцінність виникнення. Статистична характеристика ймовірності реалізації події, що включена до параметра відстані, свідчить про ймовірність реалізації самої події, а точніше, про сукупність подій на даній ділянці водного шляху.

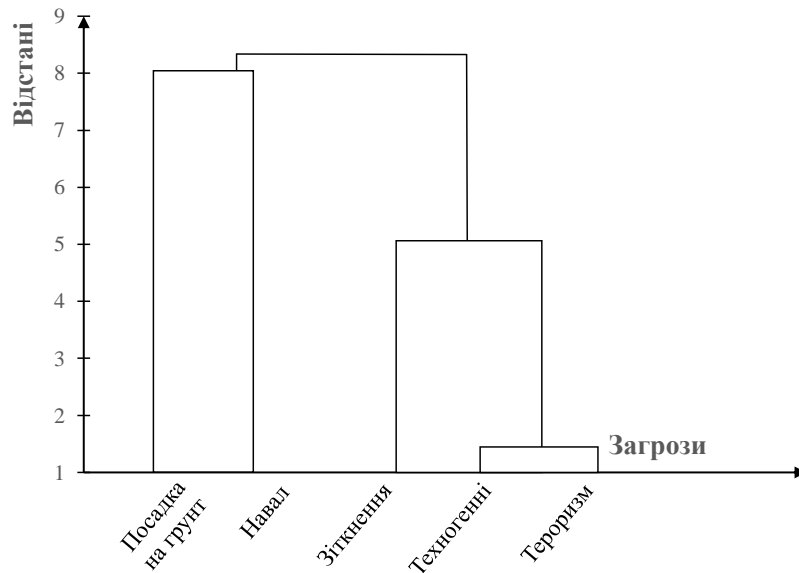


Рис. 5.17. Дендрограма спрощеного кластера загроз руху судна

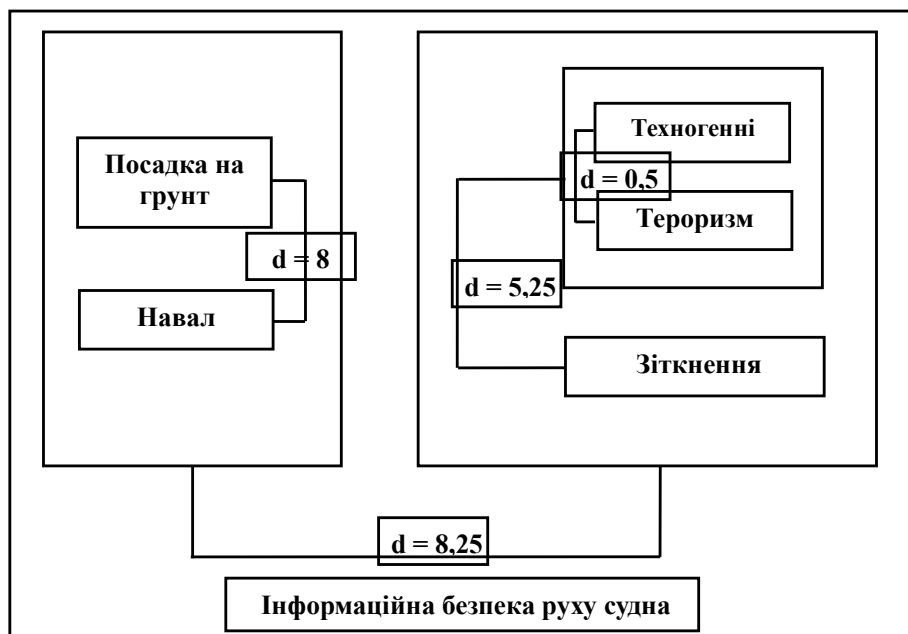


Рис. 5.18. Структура кластера інформаційної безпеки руху судна

Таким чином, розбивши об'єкти на класи, маємо класифікацію, яка показує, що для даного набору параметрів передумов і загроз найімовірнішими є ті аварійні ситуації, відстані між якими є максимальними. При цьому виокремлюються пари об'єктів із відстанями, які, з погляду формул Ейлера, характеризують рівну ймовірність аварійних подій [69-70].

ВИСНОВКИ

Стратегія навігаційної та кібернетичної безпеки базується на основних процедурах, які підвищують рівень поінформованості суднового і берегового персоналу та можуть бути використані для своєчасного реагування аварійні інциденти, кібератаки та інші небезпечні події. Тому систематизація видів *технологічних ризиків* рейсового циклу судна дозволить прогнозувати їх появу і своєчасно розробляти план для запобігання ймовірності їх виникнення, для встановлення причин і факторів їх появи і підготовки судноводія для управління ними. Отже, екіпажам необхідно підготуватися до управління кібернетичними і навігаційними ризиками, з урахуванням берегового навігаційного забезпечення, умов видимості та наявності ізолюваного кластера управління процесом маневрування на судні

Управління технологічними ризиками рейсового циклу судна, а саме навігаційними і кібернетичними, залежить від зовнішніх або внутрішніх факторів, а саме – джерел виникнення аварійних інцидентів і подій. Тому, судноводій, використовуючи інженерний спосіб управління, може визначити причини і фактори виникнення навігаційних ризиків. Це забезпечить своєчасне управління ними для зниження до допустимого рівня і дозволить підготувати заходи для реагування при їх появі. Також необхідність розрахування маневрених властивостей судна для стану, у якому воно знаходиться під час рейсу дасть змогу замінити існуючий спосіб планування координат у вигляді маршрутного листа на сумарну матрицю координат траєкторних точок переходу.

Судноводій, при визначенні небезпечного зближення, повинен вибрати вид маневру за значеннями курсового кута q і відносного курсу P , який наведено в табл. 3.4. При наявності навігаційного *пристрою-аналізатора ризику* небезпечного зіткнення штурман повинен виконати маневр, який рекомендує пристрій, оскільки він вибраний на підставі існуючого *закону маневру останнього моменту*. Виконання необхідного маневру допоможе забезпечити

саме пристрій-аналізатор ризику зіткнення, оскільки він рекомендує безпечний маневр, вибраний на підставі існуючого закону маневру останнього моменту.

Виявлення кібератак можливо за допомогою пристроїв для допуску, відмови, шифрування, пропуску через проксі-сервер всього комп'ютерного трафіка судна між областями різного ступеню безпеки. Отже, ефективними можуть бути фаєрволи (Firewall, брандмауери) – міжмержеві екрани прикладного рівня, серед яких існує три типи, а саме: прикладного рівня, мережного рівня і рівня з'єднання [71]. Враховуючі індивідуальний підхід до захисту мережі у кожного з них, зрозуміло, що фаєрвол прикладного рівня (сервер-посередник) встановить фізичний поділ між локальною мережею і Інтернетом, оскільки він відповідає найвищим вимогам безпеки.

В момент кібернетичної атаки лоцман може стати елементом захисту критично важливої інформаційної системи навігації, враховуючі автономність його планшета, наявність індивідуальних електронних засобів навігації, знання місцевих умов, професійні та унікальні навички щодо проведення суден, а також можливість застосування ручного режиму доведення судна до причалу.

Вирішення поставленого завдання можливе за допомогою найбільш відпрацьованих методів, а саме: матричного моделювання; графоаналітичного методу; схем інформаційних зв'язків; опису потоків інформації у вигляді графіка типу дерева та дослідницького аналізу завдань управління. При використанні графоаналітичного методу можна наочно прослідкувати характер переміщення інформації та визначити впливові точки при появі кібернетичних атак, а також показати структурні компоненти інформаційного простору процесу руху судна. Такий метод дозволить виділити лінії зв'язку та перехід потоків інформації за прямим, зворотнім та локальним каналами між елементами системи управління маневруванням. Отже, з урахуванням фактичних даних, необхідно визначити форму взаємозалежних параметрів управління маневруванням судна [72-74] та їх кількісне описання у вигляді *ізолюваного кластеру* із судовими системами (ІНМАРСАТ, АІС, УКХ).

Судноводій повинен використовувати під час плавання в умовах впливу технологічних ризиків ефективні способи управління рівнем їх впливу для захисту ходового містка:

1) від'єднання навігаційного пристрою від живлення;

2) ввімкнення резервних навігаційних пристроїв, які захищені від впливу кібератак або мають мережевий екран (Firewall, брандмауер) підвищеного рівня захисту;

3) ввімкнення ізольованого кластеру управління процесом маневрування.

Отже, пошук методів формалізації якісних та кількісних властивостей інформаційних потоків під час плавання судна, для декомпозиції інформації та виділення кластерів інформаційної безпеки управління маневруванням судна, забезпечить обмеження доступу для кібернетичних атак.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Bridge Procedures Guide, Sixth Edition. URL: <https://salo.li/c6f4ed9>
2. ДСТУ ISO/TR 31004:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови». URL: <http://surl.li/uksln>
3. Annual Overview of Marine Casualties and Incidents, 2019. URL: <http://surl.li/uksky> (дата звернення 07.05.2024).
4. Maritime Safety Report 2012-2021, 2021. URL: <https://www.iims.org.uk/maritime-safety-report-2012-2021/>
5. The state of accidents and safety of navigation on water transport, 2021. URL: <https://marad.gov.ua/ua/diyalnist/stan-avarijnosti-ta-bezpeki-sudnoplavstva-na-vodnomu-transporti>
6. Стан безпеки судноплавства та аварійності на водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна, за січень – грудень 2023 року з наростаючим підсумком. URL: <http://surl.li/ukslq>
7. Стан безпеки судноплавства та аварійності із суднами на морському та внутрішньому водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна, за 2022 рік з наростаючим підсумком. URL: <http://surl.li/uksla>
8. Zhou, J., Ding, F., Yang, J., Pei, Z., Wang, C., Zhang, A. Navigation safety domain and collision risk index for decision support of collision avoidance of USVs. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 2021. V. 13. pp. 340–350. ISSN 2092-6782. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2021.03.001>.
9. Xavier Bellsolà Olba, X. B., Daamen, W., Vellinga, T., Hoogendoorn, S. P. State-of-the-art of port simulation models for risk and capacity assessment based on the vessel navigational behaviour through the nautical infrastructure // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2018. V. 5. (5). pp. 335–347. ISSN 2095-7564. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.03.003>

10. Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2023. URL: <https://emsa.europa.eu/csn-menu/items.html?cid=14&id=5052>
11. Морські катастрофи. Неісторичний контекст. URL: <https://tyzhden.ua/morski-katastrofy-neistorychnyj-kontekst/>
12. Шумілова К. В. Удосконалення планування і управління навігаційними ризиками рейсового циклу судна: дисертація д-ра філософії:16.03.2023. Одеса, 2023. 307 с.
13. Safety and Shipping Review 2023. URL: <https://www.corporatecomplianceinsights.com/allianz-2023-safety-shipping/>
14. European maritime safety report 2022. URL: <https://emsa.europa.eu/publications/item/4735-emsafe-report.html>
15. Maritime Safety Report 2012-2021. URL: <http://surl.li/ukslw>
16. Reports. Coastal safety. Headquarters. URL: <https://www.kiyiemniyeti.gov.tr/raporlar>
17. Raporlar. (Звіти. Берегова безпека. Генеральна дирекція. URL: <https://www.kiyiemniyeti.gov.tr/raporlar>
18. 2021 Yili sektör raporu. (Галузевий звіт 2021). URL: <http://surl.li/ukslg>
19. Шумілова, К. (2022). Систематизований підхід до класифікації навігаційних ризиків рейсового циклу морського судна. Scientific Collection «InterConf+», (24(121), 337–358. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.032>
20. Japan P&I Loss Prevention Bulletin. Vol. 52. November 2021. Response to Oil Spills. URL: <http://surl.li/ukslx>
21. Vol.50 4M4(5)E Analysis. Analysis of Accident Cases. URL: <http://surl.li/ukslz>
22. Мальцев А. С. (2019). Системы принятия решений по управлению движением судна, монография/ А. С. Мальцев, А. П. Бень. – Херсон.: ХГМА. – 240 с.

23. MSC.428(98) – International Maritime Organization. URL: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Security/Documents/Resolution%20MSC.428\(98\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Security/Documents/Resolution%20MSC.428(98).pdf)

24. Shumilova, K., Shumilov, D., & Maltsev, A. (2024). Classification of Cyber Risks for Sea Vessel's Voyage Cycle. *Transactions on Maritime Science*, 13(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v13.n01.w201>

25. IMO / Maritime cyber risk. URL: www.imo.org/en/OurWork/Security/Pages/Cyber-security.aspx 1

26. National vulnerability database / Information Technology Laboratory / NIST, 2021. URL: <https://nvd.nist.gov/>1

27. Georgios Kavallieratos, Sokratis Katsikas. Managing Cyber Security Risks of the Cyber-Enabled Ship. *Journal volume & issue*. Vol. 8, no. 768. p. 768. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse8100768>.

28. Bunyamin Gunes, Gizem Kayisoglu, Pelin Bolat. Cyber security risk assessment for seaports: A case study of a container port. *Computers & Security*. Volume 103, 2021, 102196, ISSN 0167-4048, <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102196>

29. Marie Haugli Larsen, Mass Soldal Lund, Frøy Birte Bjørneseth. A model of factors influencing deck officers' cyber risk perception in offshore operations. *Maritime Transport Research*. Volume 3, 2022, 100065, ISSN 2666-822X. <https://doi.org/10.1016/j.martra.2022.100065>

30. Gabriel A. Weaver, Brett Feddersen, Lavanya Marla, Dan Wei, Adam Rose, Mark Van Moer. Estimating economic losses from cyber-attacks on shipping ports: An optimization-based approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 137, 2022, 103423, ISSN 0968-090X. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103423>

31. Maritime cyber-attacks up by 900% in three years. URL: <http://surl.li/ulmij>

32. Кібербезпека в інформаційному суспільстві. Інформаційно-аналітичний дайджест. URL: <https://ippi.org.ua/sites/default/files/2020-9.pdf>

33. Acronis Cyber Readiness Report 2021. URL: <https://dl.acronis.com/u/rc/White-Paper-Acronis-Cyber-Readiness-Report-2021-EN-US.pdf>
34. Світовий збиток від кібератак досягає 600 мільярдів доларів на рік. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2018/02/22/634346/>
35. Швейцарія фіксує збільшення кібератак напередодні Саміту миру. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2024/06/10/714968/> (дата звернення 04.05.2024).
36. Шумілова К. В. Реалізація стратегії кібербезпеки в системі управління безпекою судна. // Науково-технічний збірник «Судноводіння» / «Shipping & Navigation». – Одеса: НУ «ОМА», 2021, Випуск 31, С. 99-107. ISSN 2306-5761 | 2618-0073. <https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.99-107>
37. HIL testing of marine systems – DNV. URL: <https://www.dnv.com/services/hil-testing-of-marine-systems-83385/> (дата звернення 01.06.2024).
38. Lee, A. R., Wogan, H. P., 2018. All at Sea: The Modern Seascape of Cybersecurity Threats of the Maritime Industry. OCEANS 2018 MTS/IEEE Charleston, Charleston, SC, USA, 1-8, doi: <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2018.8604554>
39. Sea Traffic Management: Efficiency and Cybersecurity, 2022. Available at: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:lnu:diva-113223>, accessed on: 03 August 2023.
40. Csorba, M. J., Ramos de Carvalho, C., & Boff, S., 2017. Plain Sailing? Observations of Cybersecurity and Network Health Problems in Control Systems at Sea. Paper presented at the OTC Brasil, Rio de Janeiro, Brazil. Available at: <https://doi.org/10.4043/28039-MS>
41. Hemminghaus, C., Bauer, J., Padilla, E., 2021. BRAT: A BRidge Attack Tool for Cyber Security Assessments of Maritime Systems. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 15(1), pp. 35-44. Available at: <http://dx.doi.org/10.12716/1001.15.01.02>

42. Bolbot, V., Theotokatos, G., Boulougouris, E., Vassalos, D., 2020. A novel cyber-risk assessment method for ship systems. *Safety Science*, 131. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104908>

43. Vujović, I., Čoko, M., & Kuzmanić, I., 2020. Reliability and Availability of Ship's Computer Systems Based on Manufacturer's Data and Worksheets. *Naše more*, 67, pp. 25-31. Available at: <http://doi.org/10.17818/NM/2020/3.11>

44. Шумілова, К. (2022). Навігаційні ризики в аспекті кібербезпеки транспортних суден і військових кораблів. *Scientific Collection «InterConf+»*, (24(121)), 391–408. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.037>.

45. Кібербезпека в морському секторі. URL: <http://www.centurions.com.ua/news/kiberbezopasnost-v-morskom-sektore/>

46. IMO MSC-FAL.1/Circ.3, «Guidelines on Maritime Cyber Risk Management», July 2017. URL: <https://www.gard.no/Content/23896593/MSC-FAL.1-Circ.3.pdf>

47. MSC-FAL.1-Circ.3-Rev.1 – International Maritime Organization. URL: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Facilitation/Facilitation/MSC-FAL.1-Circ.3-Rev.1.pdf>

48. Afenyo, Mawuli & Caesar, Livingstone (2023). Maritime cybersecurity threats: Gaps and directions for future research. *Ocean & Coastal Management*. Volume 236, 106493, ISSN 0964-5691. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106493>.

49. Mawuli Afenyo, Livingstone D. Caesar. Maritime cybersecurity threats: Gaps and directions for future research. *Ocean & Coastal Management*, Volume 236, 2023, 106493, ISSN 0964-5691. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106493>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569123000182>.

50. Akpan F, Bendiab G, Shiaeles S, Karamperidis S, Michaloliakos M. Cybersecurity Challenges in the Maritime Sector. *Network*. 2022; 2(1):123-138. <https://doi.org/10.3390/network2010009>.

51. Maritime Cybersecurity: A Growing Threat Goes Unanswered. URL: <https://www.jdsupra.com/legalnews/maritime-cybersecurity-a-growing-threat-60393/>

52. Review And Reflections On Maritime Transport. URL: https://cybersec4europe.eu/review-and-reflections-on-maritime-transport/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=review-and-reflections-on-maritime-transport

53. The Rising Threat of Maritime Cyber-attacks: Level of Maritime Cyber-security Preparedness along the Straits of Malacca and Singapore. URL: https://www.navy.gov.au/sites/default/files/documents/Soundings_Papers_42_2021.pdf

54. ChannelForIT Review. URL: <https://channel4it.com/exec/review/files/assets/common/downloads/ChannelForIT%20Review%201.pdf>

55. Svilicic, B. & Brčić, David & Žuškin, Srđan & Kalebic, David. (2019). Raising Awareness on Cyber Security of ECDIS. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 13. 231-236. 10.12716/1001.13.01.24.

56. Kayisoglu, G., Bolat, P., & Tam, K. (2022). Evaluating SLIM-based human error probability for ECDIS cybersecurity in maritime. *The Journal of Navigation*, 1–25. <http://doi.org/10.1017/S0373463322000534>.

57. Резолюція А.820 (19). Експлуатаційні вимоги до навігаційного обладнання для радіолокації високошвидкісних суден. URL: http://www.rise.odessa.ua/texts/A820_19.php3

58. Longo, Giacomo & Russo, Enrico & Armando, Alessandro & Merlo, Alessio. (2022). Attacking (and defending) the Maritime Radar System. 10.48550/arXiv.2207.05623.

59. Jovic, Marija & Tijan, Edvard & Brčić, David & Pucihar, Andreja. (2022). Digitalization in Maritime Transport and Seaports: Bibliometric, Content and Thematic Analysis. *Journal of Marine Science and Engineering*. 109. 486. 10.3390/jmse10040486.

60. Cybersecurity threatscape 2017: trends and forecasts. URL: <https://www.ptsecurity.com/ww-en/analytics/cybersecurity-threatscape-2017/>

61. Emel'yantsev G, Stepanov O, Stepanov A, Blazhnov B, Dranitsyna E, Evstifeev M, Eliseev D, Volynskiy D. Integrated GNSS/IMU-Gyrocompass with Rotating IMU. Development and Test Results. Remote Sensing. 2020; 12(22):3736. <https://doi.org/10.3390/rs12223736>.
62. The magic compass in maritime. URL: <https://maritronics.com/magic-compass-maritime/>
63. RADAR/ARPA. Загальні принципи роботи. URL: <http://surl.li/gbglx>
64. RADAR/ARPA. Скорочення та аббревіатури - Education Marine. URL: <https://educationmarine.com/radar-arpa-chast-4/>
65. Гідрометеорологічні прилади та інструменти на морському судні. URL: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/gidrometeorologichni-priladi-ta-instrumenti-na.php>
66. Росіяни посилили атаки на супутниковий інтернет в Україні. URL: https://zaxid.net/rosiyani_posilili_ataki_na_suputnikoviy_internet_v_ukrayini_n1542571
67. Вільський Г. Б. Кластеризація морських повідомлень [Текст] / Г. Б. Вільський // Наук. Вісник ХДМА – № 1(6) / Херсон: ХДМА, 2012. – С.47-58.
68. Бузовський Д. А. Визначення ймовірності отримання високоточної інформації від оберненої системи радіолокації [Текст] / Д. А. Бузовський, В.Г. Алексишин // Судноводство: Зб. наук. трудов./ОНМА, Вип. 19. – Одеса: «ІздаІнформ», 2010 – С. 19-23.
69. Вільський Г. Б. Комплексна інформаційно-аналітична система управління рухом суден [Текст] / Г. Б. Вільський, С. В. Пілюгін, М. М. Надіч // Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції [Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2011)], (Херсон, 23-25 травня 2011) / МОНМС України. – Х.: ХДМІ, 2011. – С. 242-243.
70. Вільський Г. Б. Кластерно-вірогіднісна методологія дослідження інформаційної безпеки руху морських суден [Текст] / Г. Б. Вільський // Безпека інформації, Том 20, №1 / Київ: НАУ, 2014. – С.88-92.
71. Як працює Firewall. URL: <https://help.bcm.net.ua/yak-pratsyuye-firewall/>

72. Шумілова, К. В. (2022). Classification of navigational risks of the ship's voyage cycle. *The Scientific Heritage*, (95), 52–72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7014246>

73. Resolution A.893(21) IMO. Guidelines for voyage planning. URL: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.893\(21\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.893(21).pdf)

74. Maltsev A.S. Navigation support for the process of managing the maneuvering of a sea vessel. (Maneuvering booklet)/ – Eliva Press, 2023, – 218 p. <https://www.elivabooks.com/en/book/book-8240761357>