

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри  В. М. Рябенський
д.т.н., професор

« 16 » грудня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему:

Нові дослідження збоїв у роботі технології AIS

Виконав: студент 6 курсу, групи 6321М
спеціальності 171

«Електроніка»

(шифр і назва спеціальності)

ОПП «Електронні системи»

Пустовий А. О. 

(прізвище та ініціали студента)

Керівник

Іхсанов Ш. М. 

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Дьяконов О. С. 

(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв – 2024 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

ННІ	автоматики та електротехніки
Кафедра	програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	171 «Електроніка»
ОПП	Електронні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри В. М. Рябенський
д.т.н., професор

« 16 » жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА магістерську АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пустовому Андрію Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Нові дослідження збоїв у роботі технології AIS

керівник роботи Іхсанов Шаміль Мухаметович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу
від «14» жовтня 2024 року № 1075-уч.

2. Строк подання студентом роботи Грудень 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Огляд системи автоматичної ідентифікації суден (AIS)
та ідентифікаційних номерів MMSI, дослідження якості передачі даних у системах
AIS, а також експериментальна оцінка впливу збоїв на точність відображення
інформації в AIS.

4. Мета дослідження Метою дипломної роботи є дослідження збоїв у роботі
технології AIS та проведенню аналізу, який дозволяє ідентифікувати, класифікувати
їхній негативний вплив на функціонування системи. У роботі здійснено огляд
основних функцій та особливостей використання систем AIS, а також розбір
структури та стандартизації MMSI як ключового елемента ідентифікації суден.
Проведено експериментальні дослідження для аналізу алгоритмів роботи системи
AIS, отримання та інтерпретації експериментальних даних із існуючої,
функціонуючої бази даних.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
(перелік питань, які потрібно розробити)

5.1 Огляд системи автоматичної ідентифікації суден (AIS)

5.2 Інструменти збору та обробки даних AIS

5.3 Аналіз і результати експериментальних досліджень

5.4 Охорона праці та навколишнього середовища

5.5 Висновки. Література. Додатки

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Таблиці, рисунки

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Тубальцев А.М.		

8. Дата видачі завдання « 16 » жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Опрацювання літератури з тематики AIS, визначення функцій та особливостей використання системи.	15.09.2024	виконано
2.	Огляд існуючої бази даних для аналізу AIS, вивчення програмного забезпечення для обробки AIS-сигналів, налаштування та тестування програм.	02.10.2024	виконано
3.	Розробка алгоритму аналізу даних, визначення методів верифікації та обробки результатів	15.10.2024	виконано
4.	Проведення експериментального аналізу даних AIS, фіксація отриманих результатів	25.10.2024	виконано
5.	Розробка розділу з охорони праці та довкілля	28.11.2024	виконано
6.	Оформлення дипломної роботи	30.11.2024	виконано

Студент

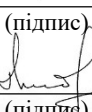


(підпис)

А. О. Пустовий

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

М. Ш. Іхсанов

(прізвище та ініціали)

Анотація

У теоретичній частині роботи проведено огляд системи автоматичної ідентифікації суден (AIS), її функцій та особливостей використання. Розглянуто структуру та стандартизацію MMSI, що забезпечує унікальну ідентифікацію суден.

Другий розділ присвячений інструментам збору та обробки даних AIS. Проаналізовано можливості баз даних для аналізу AIS і описано програму обробки AIS-сигналів, яка була використана в дослідженні.

У третьому розділі описано алгоритм аналізу AIS-даних і наведено результати експериментальних досліджень. Виконано аналіз отриманих даних.

Результати дослідження мають практичне значення для розробників навігаційних систем, морських адміністраторів та інших спеціалістів, які працюють із системами AIS.

Розроблено заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Ключові слова:

AIS, MMSI, збої в передачі даних, аналіз траєкторії суден, радіальна швидкість, гладкість траєкторії, координати суден, база даних AIS, станції прийому AIS, аномальні дані AIS, експериментальні дослідження

Abstract

The theoretical part of the study provides an overview of the Automatic Identification System (AIS), its functions and features of use. The structure and standardization of MMSI, which provides unique identification of ships, are described.

The second section is devoted to the tools for collecting and processing AIS data. It analyzes the capabilities of databases for AIS analysis and describes the AIS signal processing program used in the study.

Section 3 describes the algorithm for analyzing AIS data and presents the results of experimental studies. The data obtained are analyzed.

The results of the study are of practical importance for developers of navigation systems, maritime administrators and other specialists working with AIS systems.

Developed measures for labor protection and environmental protection.

Keywords: AIS, MMSI, data transmission failures, vessel trajectory analysis, radial velocity, trajectory smoothness, vessel coordinates, AIS database, AIS receiving stations, anomalous AIS data, experimental studies

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів..	6
Вступ.....	7
Розділ 1. Огляд системи автоматичної ідентифікації суден (AIS)....	10
1.1. Огляд систем AIS: функції та особливості використання	10
1.2. MMSI: призначення, структура та стандартизація	13
Розділ 2. Інструменти збору та обробки даних AIS.....	18
2.1. База даних для аналізу AIS.....	18
2.2. Програма обробки AIS-сигналів.....	18
Розділ 3. Аналіз і результати експериментальних досліджень.....	26
3.1. Алгоритм аналізу.....	26
3.2. Отримані експериментальні дані.....	30
Розділ 4. Охорона праці	48
4.1. Вступ.....	48
4.2. Дослідження потенційних ризиків, пов'язаних з розробкою та використанням імітаційного стенду для моделювання комп'ютерної системи.....	49
4.3. Правила безпеки при користуванні електроприладами	51
4.4. Надання першої медичної допомоги у разі ураження електричним струмом.....	52
4.5. Техніка безпеки при роботі з ПК.....	53
4.6. Вимоги до режимів праці та відпочинку при роботі з ПК.....	54
4.7. Профілактичні медичні огляди	55
Висновки	57
Список використаних джерел.....	59

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ**

MMSI – Maritime Mobile Service Identity

DSC – Digital Selective Calling

AIS – Automatic Identification System

VHF – Very high frequency

CRC – Cyclic Redundancy Check

БД – База даних

MID – Морські Ідентифікаційні Цифри

VTs – Vessel Traffic Station

					171.6321М.КР.ПЗ.Скорочення	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сьогодні автоматизовані системи відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки судноплавства та управлінні морським трафіком. Однією з найпоширеніших технологій, що використовується для моніторингу суден і передачі їхньої інформації, є Автоматична Ідентифікаційна Система (AIS) — система, що дозволяє здійснювати передачу даних про позицію, швидкість, курс і основні параметри судна. Вона є надзвичайно важливою для забезпечення безпеки навігації, запобігання зіткнень на морі, а також для моніторингу рибальських зон та екологічного контролю.

Однак, попри свою значущість, технологія AIS має низку вразливих місць та технічних недоліків, що можуть призводити до збоїв у її роботі. Ці збої можуть бути спричинені як внутрішніми помилками програмного забезпечення і апаратними збоями, так і зовнішніми факторами, такими як перешкоди в радіосигналі або навіть навмисні кібератаки. Дослідження в галузі збоїв у роботі AIS є важливими для вдосконалення цієї технології та підвищення її надійності.

У рамках даної роботи буде розглянуто основні функції та особливості використання систем AIS, які є важливим інструментом для забезпечення безпеки судноплавства та моніторингу руху суден. Детально буде проаналізовано структуру та стандартизацію MMSI, що є ключовим елементом ідентифікації суден у системі AIS. Також проведено експериментальні дослідження, спрямовані на аналіз алгоритмів роботи системи AIS. Для цього використано існуючу, функціонуючу базу даних AIS-повідомлень, яка дозволила отримати та інтерпретувати експериментальні дані. Отримані результати стали основою для виявлення збоїв, їхньої класифікації та оцінки впливу на точність і надійність системи AIS.

					171.6321М.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

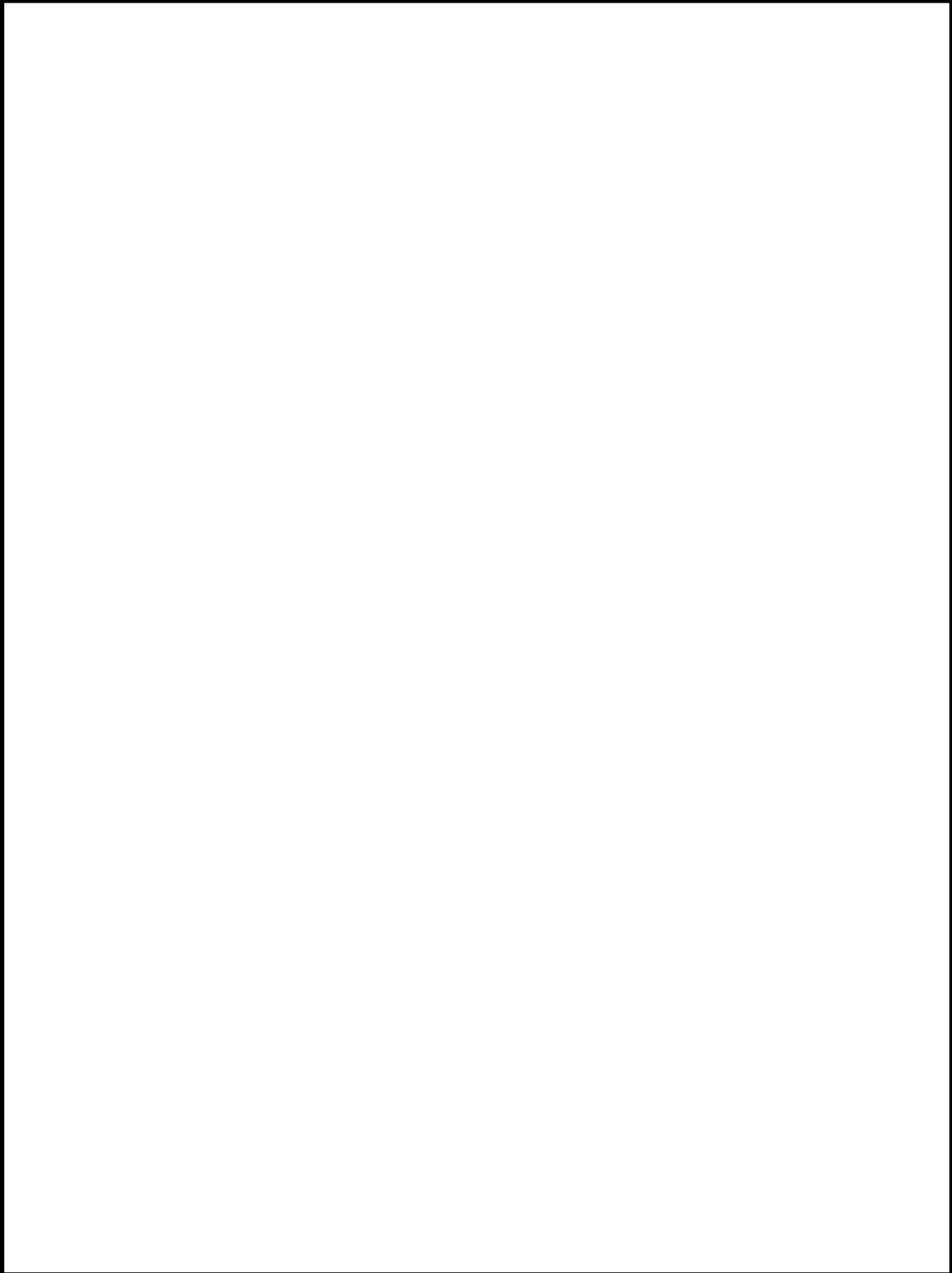
Мета роботи:

Метою дипломної роботи є дослідження збоїв у роботі технології AIS та проведенню аналізу, який дозволяє ідентифікувати, класифікувати їхній негативний вплив на функціонування системи.

Актуальність теми:

Актуальність даної роботи полягає у важливості системи автоматичної ідентифікації суден у сучасному морському судноплавстві. Точність і надійність передачі даних є критичними факторами для забезпечення безпеки руху суден, моніторингу їхніх траєкторій та ефективного управління морським транспортом.

					171.6321М.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					171.6321М.КР.ПЗ.Р1			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Пустовий А. О.			Огляд системи автоматичної ідентифікації суден (AIS)	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							9	
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Іхсанов Ш. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СУДЕН (AIS)

1.1. Огляд систем AIS: функції та особливості використання

Автоматична ідентифікаційна система (AIS) - це прибережна система стеження за суднами малого радіусу дії, яка використовується на судах. Вона була розроблена для надання інформації про ідентифікацію та місцезнаходження як суден, так і берегових станцій.

AIS є найбільш значущим досягненням у сфері безпеки мореплавства з часів появи радарів. Це цифрова система визначення місцезнаходження, що працює в морському діапазоні дуже високих частот (VHF). Її мета - допомогти ідентифікувати судна, сприяти відстеженню цілей, допомагати в пошуково-рятувальних операціях, спростити обмін інформацією і надавати додаткову інформацію для поліпшення ситуаційної обізнаності (Міжнародна морська організація (IMO), А 29/Res.1106) [1]. Спочатку AIS була розроблена як інструмент для запобігання зіткненням, щоб дозволити комерційним суднам краще «бачити» одне одного за будь-яких умов і покращити інформацію про навколишнє середовище для капітана судна. AIS робить це, безперервно передаючи ідентифікатор судна, його місцезнаходження, швидкість і курс, а також іншу необхідну інформацію всім іншим суднам, обладнаним AIS, що знаходяться в радіусі дії системи. У поєднанні з береговою станцією ця система також надає портовим властям і органам безпеки на морі можливість керувати морським рухом і зменшувати небезпеку морського судноплавства [2].

Дальність прийому може бути різною і залежить від таких факторів, як умови поширення сигналу, стан моря, висота передавальної та приймальної антени і потужність суднового передавача. Відстань прийому може становити лише 20 морських миль, або 350 морських миль для потужних передач за відповідних атмосферних умов. Враховуючи фактори, що впливають на дальність прийому AIS, вважається ймовірним, що в

					171.6321M.KP.ПЗ. P1	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

середньому радіус прийому мережі приймачів AIS може становити 40 морських миль. Ці ж припущення щодо покриття не застосовуються до AIS-B, яка має меншу вихідну потужність з радіусом дії до 10 морських миль (рис. 1.1.1).

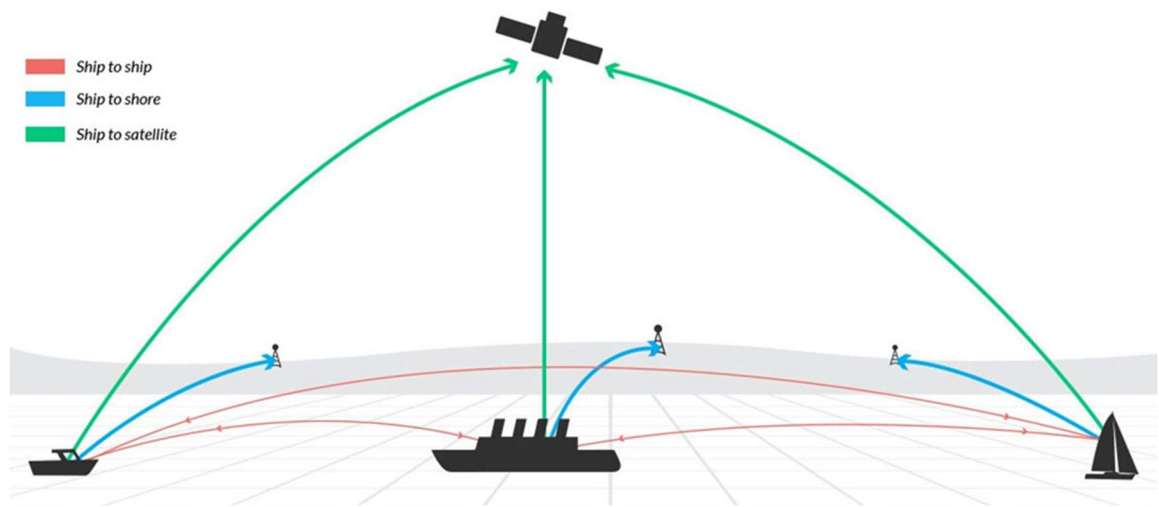


Рисунок 1.1.1 – Типи зв'язку в морському середовищі

Як працює AIS:

AIS визначає ваше місцезнаходження та переміщення за допомогою суднової системи GPS або внутрішнього датчика, вбудованого в блок AIS. Потім ця інформація зіставляється з програмованою інформацією з блоку AIS (наприклад, номер ідентифікатора морської мобільної служби (MMSI), назва судна, пункт призначення, тип вантажу) і передається у фоновому режимі через регулярні проміжки часу, одночасно отримуючи інформацію з AIS інших суден [2]. Пристрій AIS може мати власну окрему антену або використовувати розгалужувач антени від антени VHF-радіостанції, з якої передається інформація.

Які судна використовують AIS:

Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS) - це міжнародний морський договір, який визначає мінімальні вимоги до безпеки у проектуванні, оснащенні та експлуатації торгових суден.. Правило 19 Глави V Конвенції SOLAS детально описує мінімальні вимоги до перевезення суднових навігаційних систем та обладнання. Правило V/19.2.4

Конвенції ІМО з охорони людського життя на морі (SOLAS) вимагає, щоб усі судна валовою місткістю 300 тон і вище, що здійснюють міжнародні рейси, а також усі пасажирські судна, незалежно від розміру, мали на борту АІС [2].

Типи АІС:

Клас А: Обов'язковий для всіх суден валовою місткістю 300 тонн і вище, що здійснюють міжнародні рейси, а також для всіх пасажирських суден

Клас В: Надає обмежену функціональність і призначений для суден, що не входять до системи SOLAS. В основному використовується для таких суден, як прогулянкові судна

АІС працює в основному на двох виділених частотах або VHF-каналах:

- АІС 1: працює на частоті 161,975 МГц - канал 87В (симплекс, між суднами)
- АІС 2: 162,025 МГц - канал 88В (дуплексний зв'язок між судном і берегом)

Передані дані:

1. Статична інформація (Кожні 6 хвилин та за запитом):

- Номер ММSІ
- Номер ІМО
- Ім'я та позивний
- Довжина і ширина судна
- Тип судна
- Місце розташування антени для фіксації положення

2. Динамічна інформація (залежить від швидкості та зміни курсу)

- Позиція судна із зазначенням точності
- Мітка часу місцезнаходження (в UTC)
- Курс над землею (COG)

Морська безпека

					171.6321М.КР.ПЗ. Р1	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

AIS дозволяє органам влади ідентифікувати конкретні судна та їхню діяльність у виключній економічній зоні країни або поблизу неї. Коли дані AIS об'єднуються з існуючими радіолокаційними системами, владі легше розрізняти судна. Дані AIS можуть автоматично оброблятися для створення нормалізованих шаблонів активності для окремих суден, при порушенні яких з'являється сигнал тривоги, таким чином висвітлюючи потенційні загрози для більш ефективного використання засобів безпеки. AIS покращує обізнаність у морській галузі та дозволяє підвищити безпеку і контроль

AIS не можна вимкнути, за рідкісними винятками. Відповідно до рекомендацій ІМО, викладених у Резолюції А. 917(22), AIS завжди повинна працювати, коли судно перебуває на ходу або на якорі. Екіпаж судна за особливих обставин може вимкнути трансляцію AIS з різних законних причин, але така поведінка може свідчити про те, що судно приховує своє місцезнаходження та ідентифікаційні дані для приховування незаконної діяльності.

1.2. MMSI: призначення, структура та стандартизація

Ідентифікатор морської мобільної служби (MMSI) - це унікальний 9-значний номер, який присвоюється радіостанції цифрового селективного виклику (DSC). Він діє як цифровий відбиток пальців для суден, що полегшує іншим суднам та органам влади швидку ідентифікацію та зв'язок з судном у морі. Міжнародний союз електрозв'язку (ITU) в Женеві розподіляє, управляє і регулює MMSI [3].

Номер MMSI складається з двох частин:

Перші три цифри - це морські ідентифікаційні цифри (MID), які визначають країну, що видала номер. MID зазвичай являє собою тризначний код від 200 до 799. Список всіх MID можна знайти на сайті ITU.

Останні шість цифр - це ідентифікатор мобільної станції (MSI), який може бути будь-яким числом від 0 до 9 і є унікальним для судна або радіостанції. Номер MMSI окремого судна починається з MID, за яким

					171.6321M.KP.ПЗ. Р1	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

слідують 6 цифр для ідентифікації конкретного судна. Номер MMSI групи суден починається з нуля перед MID, за яким слідують 5 цифр для ідентифікації конкретної групи суден. Номер MMSI берегової станції або групи берегових станцій має два початкових нулі перед MID, за якими йдуть 4 цифри для ідентифікації конкретної станції або групи станцій.

Пошуково-рятувальні судна (SAR), які використовуються для допомоги в пошуково-рятувальних операціях, використовують MMSI з блоком 111 як першими трьома цифрами, за якими слідує MID країни, а потім три цифри для позначення окремого судна. Навігаційні засоби, такі як легкі судна і радіомаяки, мають MMSI з початковими цифрами 99, за якими слідує MID країни, а потім 4 цифри. Ці навігаційні засоби з номером MMSI в основному використовуються на морі.

Структура різних типів номерів MMSI наведена в таблиці 1.1 [4].

Таблиця 1.1 – Структура MMSI-номеру

Тип MMSI номера	Структура номера
Індивідуальне судно	$M_1 I_2 D_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9$
Група судів	$0_1 M_2 I_3 D_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9$
Берегова станція або група берегових станцій	$0_1 0_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$
Пошуково-рятувальне судно	$1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 X_7 X_8 X_9$
Навігаційні засоби	$9_1 9_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$

Основною метою MMSI є надання стандартизованого та унікального ідентифікатора для морських суб'єктів, що підвищує безпеку, зв'язок, навігацію та відповідність нормативним вимогам у морській галузі.

Транспондер суднової автоматичної ідентифікаційної системи (АІС) передає ММСІ кожні 30 секунд. Доступ до цієї інформації мають служби руху суден, берегові станції, берегова охорона та інші судна, що мають доступ до обладнання АІС.

ММСІ надає унікальний ідентифікаційний номер кожному морському суб'єкту, гарантуючи, що жоден з них не має однакового ідентифікатора. Це забезпечує точну ідентифікацію в морських системах зв'язку та відстеження.

Це також фундаментальний компонент АІС, який використовується для відстеження суден у режимі реального часу та уникнення зіткнень. ММСІ передається як частина сигналу АІС, що дозволяє ідентифікувати судна і відстежувати їх іншими суднами і морськими властями.

ММСІ використовується в DSC, методі організації цифрового зв'язку між суднами або між суднами і береговими станціями. Він дозволяє суднам надсилати і приймати сигнали лиха, звіти про місцезнаходження та інші повідомлення безпосередньо на інші судна з радіостанціями DSC.

У надзвичайних ситуаціях, ММСІ сприяє швидкій і точній ідентифікації судна. Пошуково-рятувальні органи покладаються на ММСІ для визначення місцезнаходження і координації зусиль з надання допомоги.

Нарешті, використання ММСІ сприяє ефективному управлінню рухом, дозволяючи морським властям відстежувати рух суден, запобігати зіткненням і керувати потоком морського транспорту на жвавих водних шляхах.

Різниця між номерами ММСІ та ІМО:

Номери ММСІ та ІМО використовуються для ідентифікації в морській галузі, але вони виконують різні функції і присвоюються різними організаціями.

ММСІ:

					171.6321М.КР.ПЗ. Р1	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Функція: MMSI в першу чергу використовується для ідентифікації та адресації обладнання радіозв'язку на судні. Також використовується в таких системах, як VHF-радіо, AIS і супутниковому зв'язку.

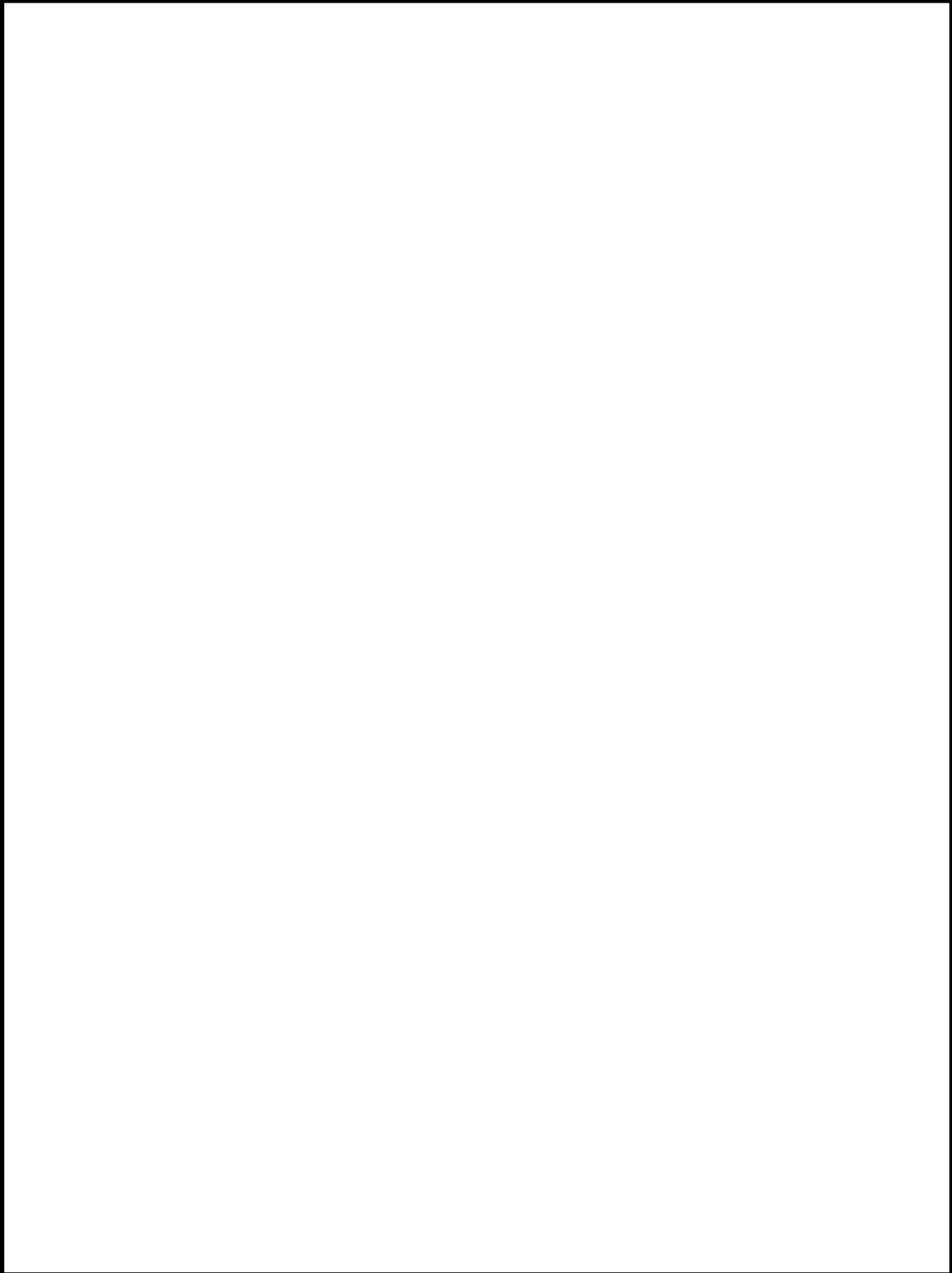
Присвоєння: Номери MMSI присвоюються національними органами, відповідальними за морський зв'язок у кожній країні. Зазвичай їх отримують власники або оператори суден.

ІМО:

Функція: номер ІМО однозначно ідентифікує судна. Це семизначний номер, який залишається за судном протягом усього його терміну служби, незалежно від зміни назви, власника або прапора. Це особливо важливо для суден, що беруть участь у міжнародній торгівлі.

Присвоєння: Номери ІМО присвоюються Міжнародною морською організацією (ІМО), спеціалізованою установою ООН, відповідальною за регулювання судноплавства. Номери присвоюються суднам валовою місткістю понад 100 тон і деяким типам менших суден.

					171.6321М.КР.ПЗ. Р1	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					171.6321М.КР.ПЗ.Р2				
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата	Інструменти збору та обробки даних AIS	Літ.		Арк.	Аркуші
Розробник		Пустовий А. О.							
Консультант								17	
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова			
Керівник		Іхсанов Ш. М.							
Зав. каф.		Рябенський В. М.							

РОЗДІЛ 2. ІНСТРУМЕНТИ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ AIS

2.1. База даних для аналізу AIS

Дані про збої та ефективність роботи AIS для дослідження збираються двома станціями прийому AIS-сигналів кафедри ПЕЕТ, які функціонують на базі апаратурно-програмного комплексу служби MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence. Ця служба забезпечує глобальний моніторинг судноплавства, збираючи та аналізуючи AIS-повідомлення з усього світу. Дані з обох станцій надходять до центральної бази, що дозволяє зберігати інформацію про судна та їхній рух для подальшого дослідження.

Для аналізу збоїв та ефективності роботи AIS використовується централізована БД. Ця база містить дані, отримані зі станцій прийому сигналів, розміщених на будівлі Інституту автоматики та електротехніки та на базі відпочинку Національного університету кораблебудування в Очакові. Дані з обох станцій записуються в цю базу з 30 серпня 2020 року, що дозволяє акумулювати інформацію для довготривалого аналізу [5, с. 1]. За цей час у базі накопичена унікальна колекція повідомлень, яка на сьогодні налічує 256,7 мільйонів записів. Це забезпечує значний обсяг даних для детального аналізу функціонування системи AIS, виявлення збоїв та вивчення їхньої природи. Усі записи зберігаються в стандартному форматі AIVDM.

Для подальшого аналізу, з бази даних було здійснено вибірка повідомлень за визначені часові періоди, що дозволяє досліджувати збої у певний проміжок часу або за конкретними станціями. Такий підхід є важливим для вивчення надійності AIS, а також для аналізу частотності і характеру можливих збоїв у роботі цієї системи.

2.2. Програма обробки AIS-сигналів

Для аналізу даних, отриманих з бази даних AIS-повідомлень, використовується програма на мові MATLAB, яка була розроблена на

					171.6321M.KP.ПЗ.P2	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

кафедрі ПЕЕТ. Програма здійснює обробку записів AIS, які надходять від станцій прийому, і дозволяє проводити детальний аналіз та виявлення можливих збоїв у роботі AIS. Програма для обробки даних AIS, має декілька версій, які налаштовуються залежно від мети дослідження або типу аналізу, який необхідно провести. Основна структура програми залишається незмінною, проте в окремих її модулях змінюються параметри та критерії обробки даних.

Основний алгоритм програм включає:

1. Зчитування даних із файлу: Програма відкриває та оброблює текстовий файл, що містить записи AIS у форматі AIVDM, які були вибрані з бази даних. Кожен запис містить дані про поточний стан і навігаційні параметри суден, прийняті обраною станцією.

2. Обробка даних по станціях: Для зручності програма працює з даними однієї з двох станцій, дозволяючи обрати ту, яку слід аналізувати. Дані від кожної станції обробляються окремо, що дозволяє відслідковувати роботу кожної станції незалежно.

3. Формування звітнього файлу: Після завершення обробки даних програма зберігає результати у звітний файл. Це включає часові мітки, відстані, параметри стану сигналу та іншу статистичну інформацію, яка може бути використана для подальшого аналізу роботи AIS-системи.

Загалом, ця програма на MATLAB є потужним інструментом для обробки та аналізу даних AIS, що надходять від приймальних станцій, і забезпечує надійний спосіб вивчення ефективності та стабільності роботи AIS-системи.

Для ефективного аналізу даних AIS було розроблено чотири різні версії програми. Кожна з них має свою специфіку та вирішує конкретні завдання:

Версія програми для аналізу достовірності супутникових даних, що надходять від базових станцій, у повідомленнях AIS. Основне завдання — оцінка змін якості даних у часовому розрізі. Показник якості (HealthM)

					171.6321M.KP.ПЗ.P2	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

надсилається безпосередньо в повідомленнях типу 17 самою системою AIS, а програма відображає ці дані. Ця інформація дозволяє оцінювати надійність отриманих супутникових даних. Цей показник обчислюється на основі інформації, закодованої в AIS-повідомленнях. Програма зберігає часові мітки кожного повідомлення (TimeM) разом із показниками якості (HealthM) та відстані (distM). Це дозволяє побудувати залежність якості даних від часу, що є ключовим завданням цієї версії (рис. 2.2.1).

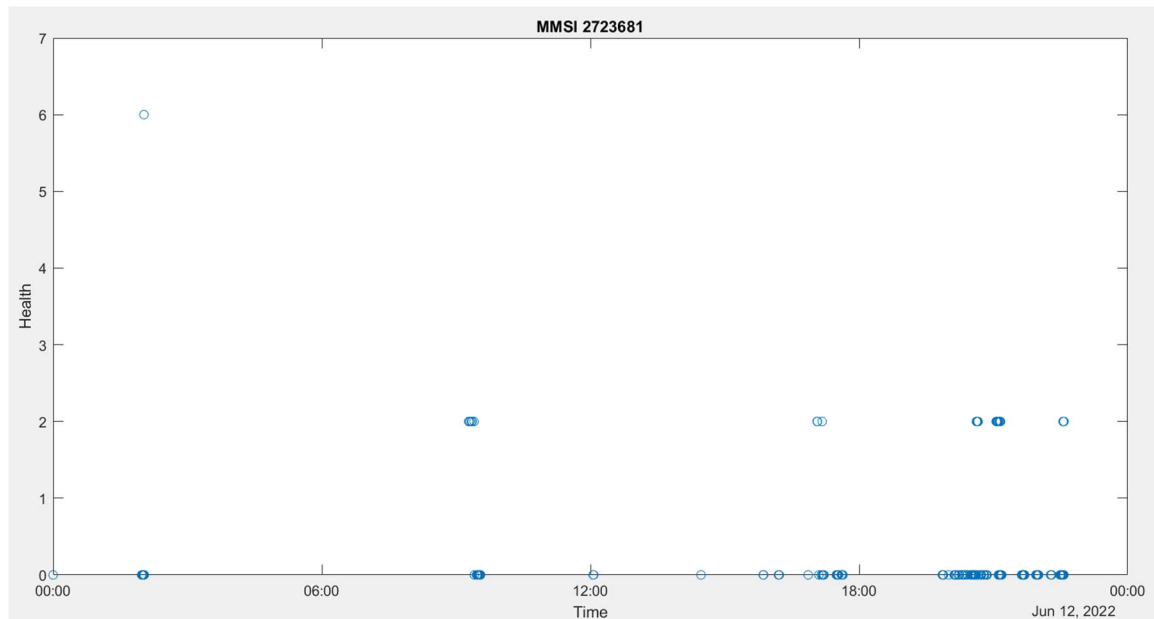


Рисунок 2.2.1 – Залежність достовірності супутникових даних (Health) від часу для VTS 2723681 за 12.06.2022 (Очаківська станція прийому)

Версія програми, яка забезпечує фільтрацію та вибірку інформації про всі судна, що передають AIS-повідомлення. Вона формує список суден за їхнім MMSI та зберігає інформацію про всі отримані повідомлення. Це дозволяє отримувати загальну картину руху суден у вибраному нами районі, який задається через параметр dist0. Цей параметр визначає порогове значення відстані для суден, повідомлення яких будуть оброблятися. Це дозволяє адаптувати програму для аналізу суден у певному радіусі прийому сигналів. Програма також враховує поширені випадки відмови бортового обладнання GPS, які в AIS-повідомленнях фіксуються некоректними значеннями координат: широтою 91° та довготою 181°. Ці значення є явно неправильними, оскільки вони виходять за межі допустимого діапазону

географічних координат (рис. 2.2.2) [5, с. 5]. Для забезпечення точності аналізу програма автоматично визначає такі повідомлення та ігнорує їх у подальшій обробці. Це дозволяє уникнути спотворення результатів і забезпечити коректний аналіз роботи AIS.

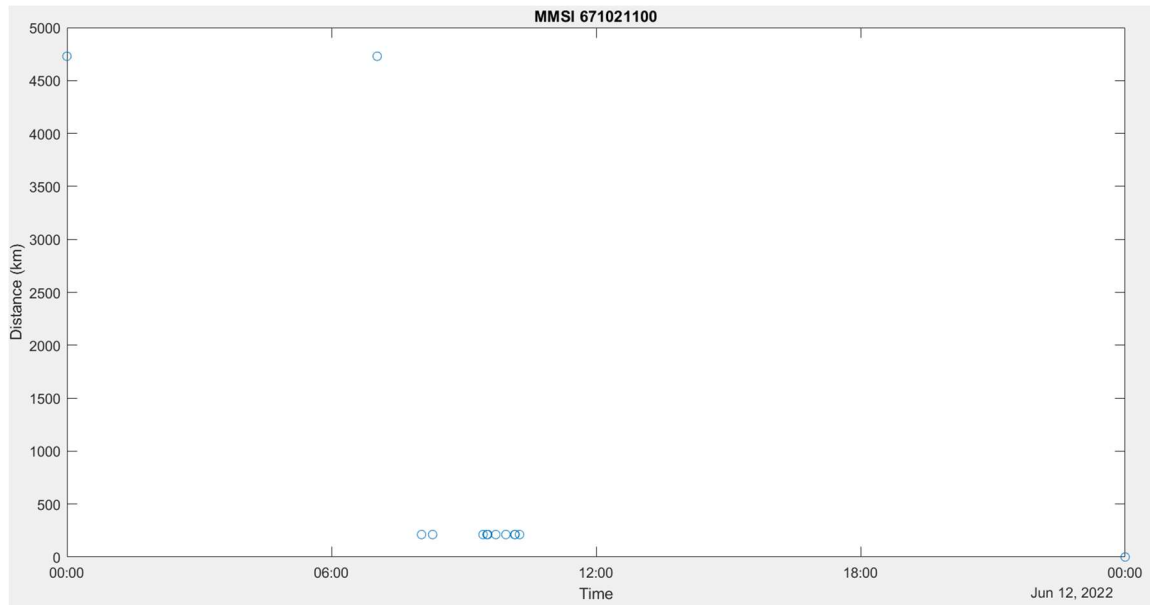


Рисунок 2.2.2 – Приклад фіксації некоректних координат у разі відмови обладнання за 12.06.2022 (Очаківська станція прийому)

Версія програми, яка аналізує записані AIS-повідомлення та обчислює залежність дальності судна від часу, використовуючи дані про координати судна. Вона обробляє дані лише для конкретного судна за його унікальним ідентифікаційним номером MMSI, який водиться окремо та будує графік для візуального спостереження. Це дозволяє зосередитися на аналізі сигналів від одного судна, що є корисним для вивчення збоїв у його передачах або перевірки коректності роботи системи.

Під час роботи над дослідженням програма була доопрацьована для моніторингу траєкторій руху суден. Ця версія перевіряє "гладкість" кожної траєкторії, виявляючи аномальні зміни в положенні суден. Це дозволяє фіксувати раптові зміни координат, які можуть свідчити про збої в обладнанні або інші фактори. Аналіз траєкторій дозволяє оцінити їхню реалістичність та виявляти некоректні дані.

Основні функції програми:

					171.6321M.KP.ПЗ.P2	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1. Відстеження суден: Під час обробки програма фіксує інформацію про всі судна, що перебувають у зоні дії приймальних станцій.

2. Виявлення різких змін у траєкторії: Програма визначає випадки різких змін положення суден, які можуть свідчити про технічні несправності або порушення у передачі даних.

Основні особливості цієї версії включають:

Структура даних ship: для кожного судна, яке перебуває під наглядом, програма використовує структуру ship, яка містить наступні дані:

- MMSI: Унікальний ідентифікаційний номер судна (Maritime Mobile Service Identity).
- Nmess: Кількість повідомлень, отриманих від судна.
- TimeLastMess: Час отримання останнього повідомлення.
- DistLastMess: Відстань до судна згідно з останнім повідомленням (у кілометрах).
- RadVelocity: Радіальна швидкість судна відносно станції (у км/год).
- SuddenPositionChange: Логічний прапорець, який вказує на наявність різкого зміщення положення судна.

Вимірювання швидкості судна: швидкість судна вимірюється як радіальна швидкість (RadVelocity), що обчислюється за допомогою різниці відстаней між двома точками за певний проміжок часу. Процес вимірювання реалізовано наступним чином:

Розрахунок часу між двома повідомленнями:

$T1 = \text{FormatEtime}(\text{DateM0}, \text{ship}(i).\text{TimeLastMess});$

$T2 = \text{FormatEtime}(\text{DateM0}, \text{Time});$

$dt = \text{etime}(T2, T1);$

Ці рядки обчислюють різницю в часі між поточним повідомленням та попереднім (між TimeLastMess та поточним Time), використовуючи функцію etime, яка повертає час у секундах.

					171.6321M.KP.ПЗ.P2	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Обчислення відстані:

$DD = \text{abs}(\text{dist} - \text{ship}(i).\text{DistLastMess});$

Тут обчислюється абсолютна різниця між поточною відстанню (dist) і відстанню з попереднього повідомлення (DistLastMess).

Розрахунок радіальної швидкості:

$\text{RadVelocity} = DD / dt * 3600;$

Радіальна швидкість обчислюється як зміна відстані (DD) за час, виражений у годинах.

Перевірка умов для різкої зміни позиції:

$\text{if } (dt < \text{MinTime} \ \&\& \ DD \geq \text{MaxDeltaDist} \ \&\& \ \text{RadVelocity} \geq \text{MaxRadVelocity}) \parallel \dots$

$(dt \geq \text{MinTime} \ \&\& \ \text{RadVelocity} \geq \text{MaxRadVelocity})$

де в програмі були розраховані та встановлені такі параметри:

- dt — часовий інтервал між поточним та останнім отриманим повідомленням від судна;
- DD — зміна відстані між поточною та попередньою позицією судна;
- MinTime — мінімальний проміжок часу (20 секунд).
- MaxDeltaDist — максимальна допустима зміна відстані за один проміжок часу (0.25 км);
- MaxRadVelocity — максимальна допустима радіальна швидкість (50 км/год);
- RadVelocity — радіальна швидкість судна;

Ця умова перевіряє два сценарії:

Сценарій 1: Якщо час між повідомленнями дуже малий ($dt < \text{MinTime}$), і при цьому: відстань, яку пододало судно (DD), є такою же або перевищує допустиму (MaxDeltaDist), і радіальна швидкість судна (RadVelocity) більша або дорівнює максимальній допустимій (MaxRadVelocity).

					171.6321M.KP.ПЗ.P2	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сценарій 2: Якщо час між повідомленнями більший або дорівнює мінімальному порогу ($dt \geq \text{MinTime}$), і при цьому: радіальна швидкість судна (RadVelocity) більша або дорівнює максимальній допустимій (MaxRadVelocity).

Якщо хоча б один із цих сценаріїв виконано, судно позначається як таке, що здійснило різке переміщення:

`ship(i).SuddenPositionChange = true;`

Таким чином, радіальна швидкість вимірюється шляхом обчислення зміни відстані між двома точками. Цей механізм дозволяє виявляти аномальні зміни швидкості та координат, що можуть свідчити про збої в роботі обладнання або інші несправності, і позначати їх для подальшого аналізу.

					171.6321M.KP.ПЗ.P2	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Пустовий А. О.			Аналіз і результати експериментальних досліджень	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							25	
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Іхсанов Ш. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Алгоритм аналізу

Для аналізу ефективності роботи AIS та виявлення можливих збоїв було використано експериментальні дані, отримані з БД AIS-повідомлень. У межах дослідження було відібрано 20 файлів за період з 12.06.2022 до 06.08.2022. Дати та розмір кожного з відібраних файлів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Дати та розмір файлів, використаних для проведення дослідження

Назва файлів	Розмір файлів, КБ
BD2022-06-12	6558
BD2022-06-17	9211
BD2022-06-22	311
BD2022-06-27	6726
BD2022-07-02	3394
BD2022-07-07	7709
BD2022-07-12	4786
BD2022-07-17	7413
BD2022-07-22	3863
BD2022-07-25	2590
BD2022-07-26	4389
BD2022-07-27	27404
BD2022-07-28	23824
BD2022-07-29	2816
BD2022-07-30	6998
BD2022-07-31	16049
BD2022-08-01	9883
BD2022-08-02	2895
BD2022-08-04	3112
BD2022-08-06	6140

Усі ці файли були оброблені, що дозволило отримати загальну картину роботи системи за вибраний період.

Аналіз реальних експериментальних даних, отриманих із бази AIS-повідомлень, здійснювався у кілька етапів із використанням спеціально розроблених програм. Спершу було здійснено підготовку вхідних даних. У межах дослідження було обрано 20 файлів з БД, в період від 12.06.2022 до 06.08.2022, кожен із яких містив повідомлення, що реєструвалися протягом одного дня.

На наступному етапі виконувалася попередня обробка даних, яка передбачала завантаження кожного з 20 файлів у програму. Для кожного файлу обиралися конкретні параметри обробки, зокрема вказувався номер станції з якої приймалися повідомлення (параметр Station0). Крім того, задавалася гранична відстань dist0, яка визначала радіус охоплення, у межах якого судна включалися до аналізу. Ці параметри відігравали ключову роль, оскільки дозволяли зосередитися на судах, розташованих у межах певного радіусу від приймальної станції, що було важливим для забезпечення коректності й релевантності вибірки.

Така обробка даних проводилася програмою, яка забезпечує фільтрацію та вибірку інформації про всі судна, що передають AIS-повідомлення. Вона виконувала покроковий аналіз AIS-повідомлень за кожен день. У процесі роботи програми здійснювалося зчитування кожного повідомлення із файлу, після чого для кожного повідомлення обчислювалася відстань судна від станції на основі координат, закодованих у повідомленні. До вибірки включалися лише ті судна, які відповідали заданому критерію відстані, тобто перебували в межах граничного значення dist0, та інші параметри. Програма формувала список усіх суден, які відповідали заданим критеріям обробки.

Отриманий список суден для кожного окремого дня, для кожної станції та для кожного встановленого значення відстані був використаний як вхідні

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

дані для наступного етапу аналізу. Здійснювався за допомогою версії програми, яка аналізує записані AIS-повідомлення та обчислює залежність дальності судна від часу. Основною метою цього етапу було детальне вивчення руху кожного судна та його поведінки у просторі й часі. Для цього кожне судно з отриманого списку, ідентифіковане за його унікальним MMSI, оброблялося окремо. Такий підхід дозволив зосередитися на індивідуальних характеристиках кожного об'єкта, що є критично важливим для глибокого аналізу та виявлення специфічних закономірностей або відхилень у роботі системи AIS.

Процес обробки полягав у зчитуванні програми всіх повідомлень, які програма може обробити, пов'язаних із конкретним MMSI. Програма виділяла з цих повідомлень ключові дані, такі як час отримання кожного повідомлення, поточні координати судна (широта і довгота) та розраховану відстань до станції, яка фіксувала це повідомлення. На основі цих даних створювався набір точок, де кожна точка відповідала певному моменту часу та відстані судна від станції. Використовуючи ці точки, програма будувала графік, який ілюстрував залежність дальності судна від часу.

Графіки, отримані таким чином, стали важливим інструментом для візуалізації та аналізу. Завдяки цим графікам вдалося оцінити траєкторію руху кожного судна, перевірити його динаміку та ідентифікувати можливі аномалії у поведінці. Наприклад, графіки дозволили помітити раптові зміни відстані, які могли свідчити про маневри судна (рис. 3.1.1), зупинки чи збої (рис. 3.1.2) у передачі повідомлень. Окрім того, графіки надали змогу дослідити, як різна інтенсивність руху впливає на функціонування станцій AIS, особливо в умовах значного навантаження системи.

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

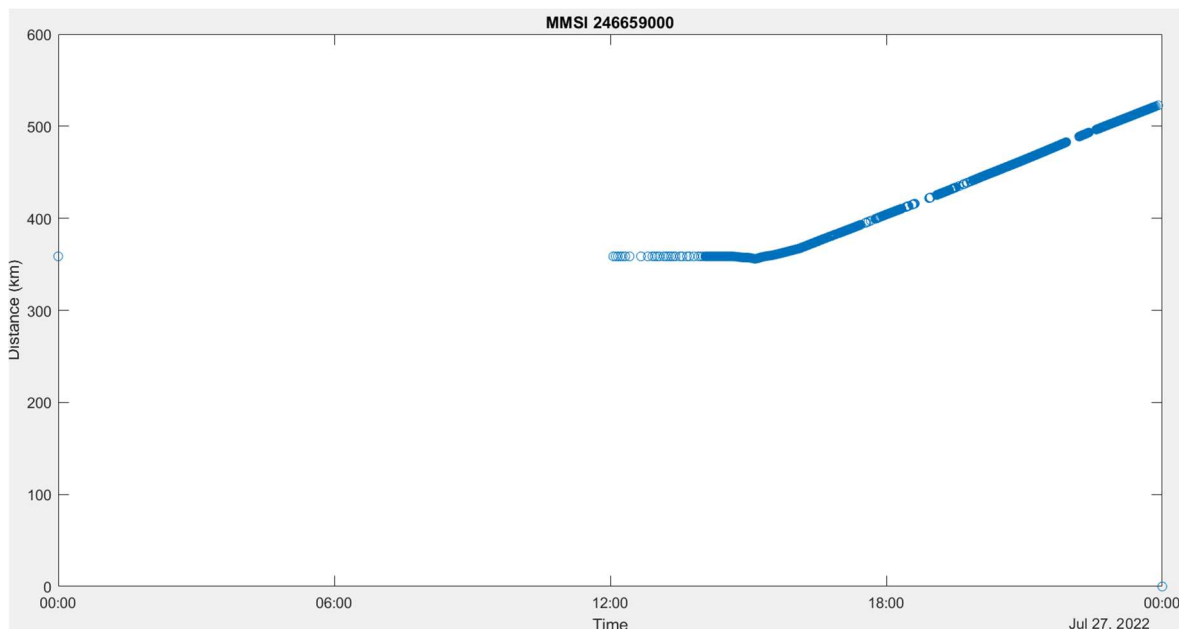


Рисунок 3.1.1 – Графік залежності дальності судна від часу при маневрі судна за 27.07.2022 (Очаківська станція прийому)

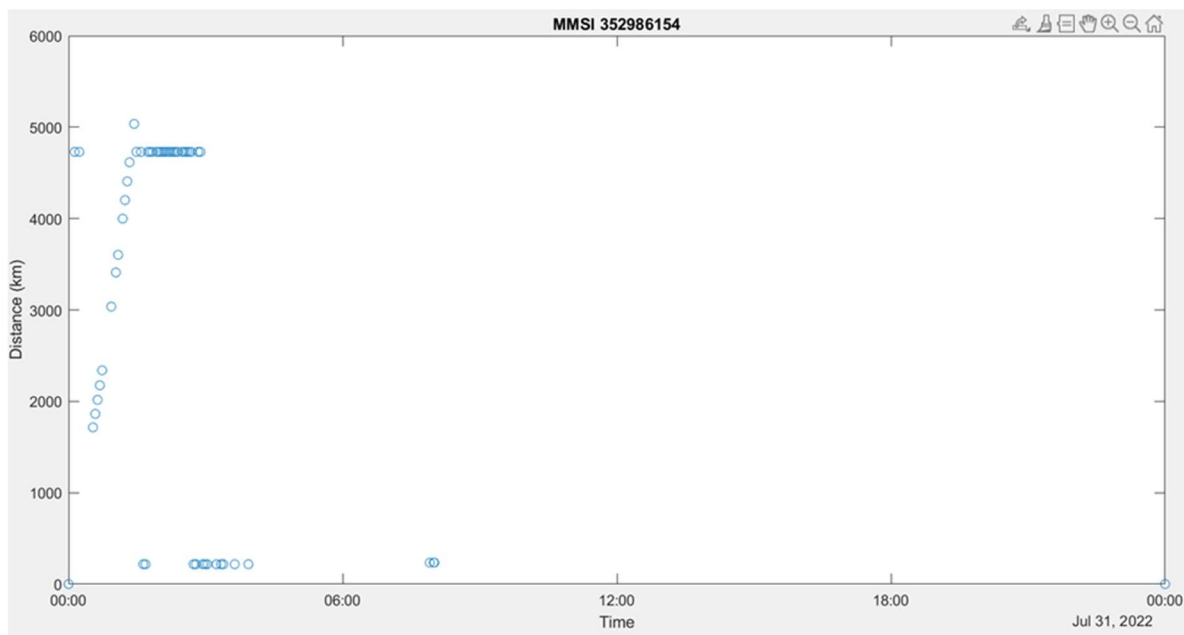


Рисунок 3.1.2 – Графік залежності дальності судна від часу при збоях за 31.07.2022 (Очаківська станція прийому)

Цей підхід до аналізу забезпечив гнучкість у дослідженні: кожен графік можна було окремо розглянути для вивчення характеристик руху конкретного судна.

Проте, такий підхід потребував значного часу на обробку даних та візуалізацію кожної траєкторії. Тому була розроблена версія програми,

орієнтовану на перевірку "гладкості" кожної траєкторії суден, яка видає перелік суден із нетиповими змінами в траєкторіях. Було проведено аналіз декількох файлів, які містять найбільший обсяг даних серед усіх доступних. Це дозволило протестувати алгоритм на великому обсязі даних та оцінити його ефективність у реальних умовах. У результаті програма сформувала список суден із аномальними змінами в траєкторіях. Ці судна були виділені для подальшого аналізу, який дозволив виявити характер збоїв.

3.2. Отримані експериментальні дані

В ході аналізу функціонування систем AIS було отримано великий обсяг експериментальних даних, що дозволяють оцінити загальну ефективність роботи системи та якість переданої інформації.

А саме було виявлено різну ефективність функціонування станцій у досліджуваних регіонах. Зокрема, вже досліджувані станції VTS Руська коса (2723683) та VTS поблизу Очакова (2723682) не працювали протягом аналізованого періоду [5, с. 8]. На відміну від них, VTS поблизу Одеси (2723681) функціонувала нормально. Однак, під час детального аналізу виявлено невелику різницю в координатах, переданих у 4 і 17 повідомленнях, яка склала приблизно 120 метрів (рис. 3.2.1).

Координати в 4 і 17 повідомленні:

Date 2022-07-27 Time 12:03:39.843 Station Distance 65.85

Message_Type: 4

Repeat_Indicator: 0

MMSI: 2723681

Longitude: 30.74808

Latitude: 46.37864

Date 2022-07-27 Time 12:04:02.796 Station Distance 65.97

Message_Type: 17

Repeat_Indicator: 0

MMSI: 2723681

Longitude: 30.74667

Latitude: 46.37833

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

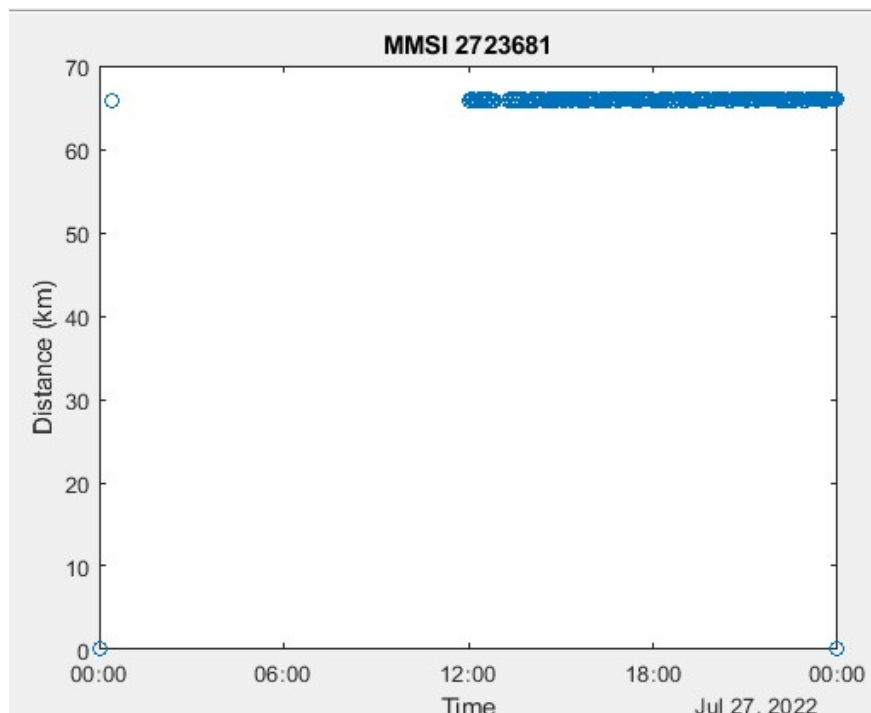


Рисунок 3.2.1 – Залежність дальності VTS 2723681 від часу за 27.07.2022
(Очаківська станція прийому)

Під час проведення дослідження по гладкості кожної траєкторії було зафіксовано VTS з раптовою зміною положення, а саме VTS 2723627, VTS 2723703. Аналіз даних показав, що для Manned VTS 2723627 спостерігалися суттєві відмінності у координатах, зазначених у 4 і 17 повідомленнях.

Date 2022-07-27 Time 12:32:07.496 Station Distance 65.97

Message_Type: 17
Repeat_Indicator: 0
MMSI: 2723627
Longitude: 30.74667
Latitude: 46.37833

Date 2022-07-27 Time 12:32:50.261 Station Distance 101.50

Message_Type: 4
Repeat_Indicator: 0
MMSI: 2723627
Longitude: 30.46960
Latitude: 46.07407

Ці розбіжності досягли значної величини, яка перевищує 35 км, що є нетиповою для нормальної роботи AIS (рис. 3.2.2).

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

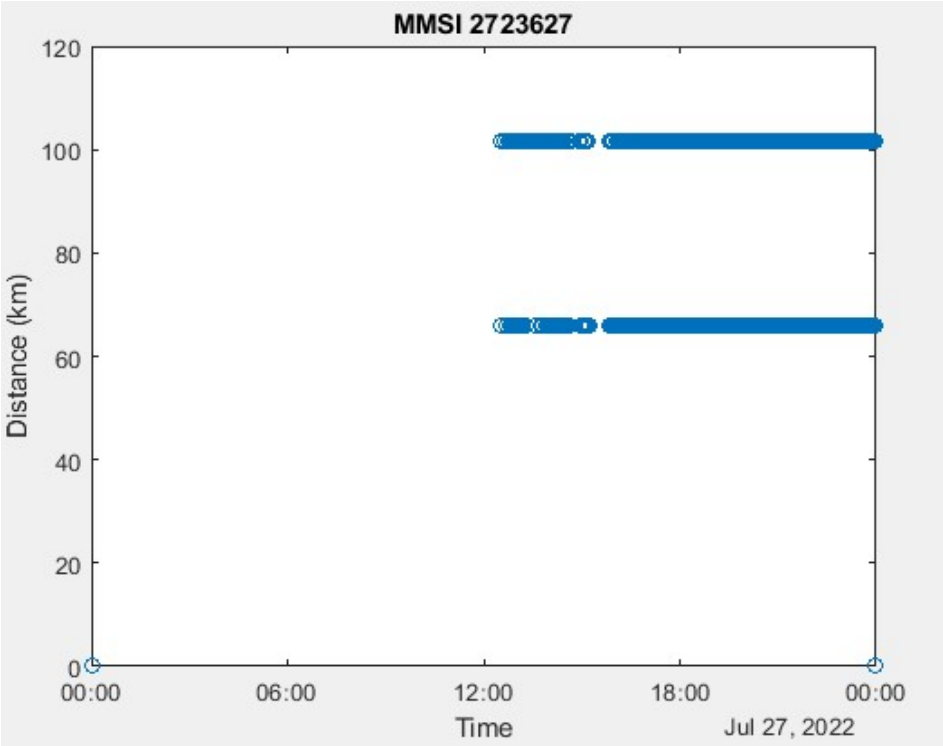


Рисунок 3.2.2 – Залежність дальності VTS 2723627 від часу зазначених у 4 і 17 повідомленнях за 27.07.2022 (Очаківська станція прийому)

Відображення VTS 2723627 на загальній карті в режимі онлайн на рисунку 3.2.3.

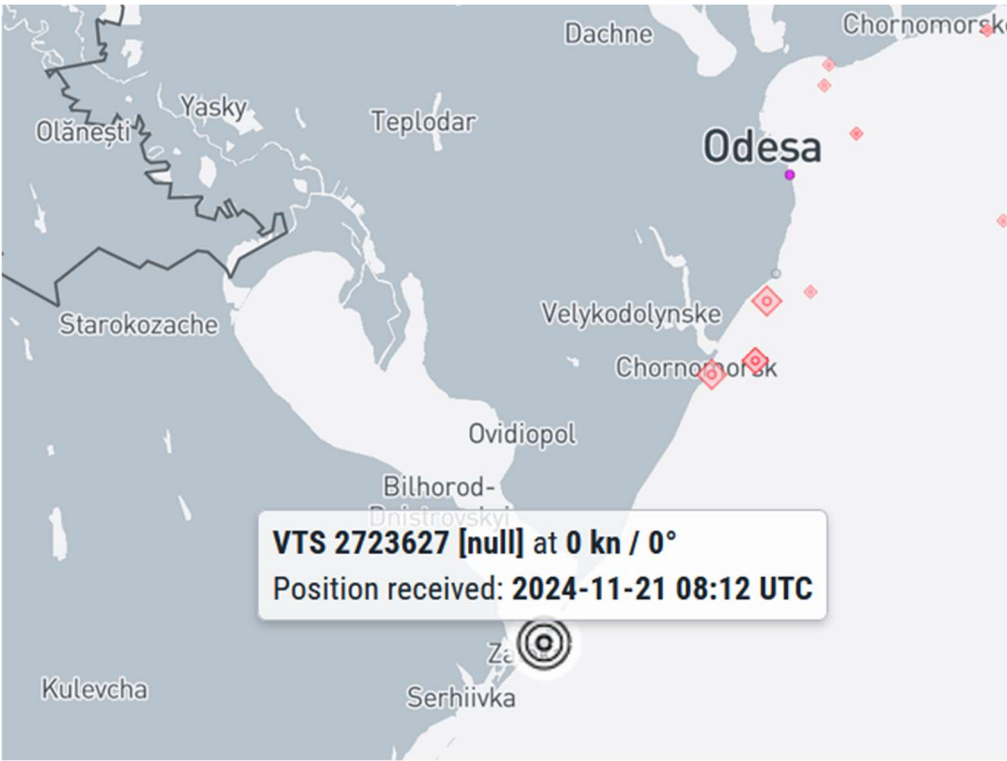


Рисунок 3.2.3 – Відображення VTS 2723627 на картах реального часу

Координати, зазначені в 4 повідомленні, відповідають актуальному місцю розташування станції, яке відображається на онлайн-карті. Водночас координати в 17 повідомленні вказують на зовсім інше місце, розташоване на значній відстані від цього регіону (рис. 3.2.4).

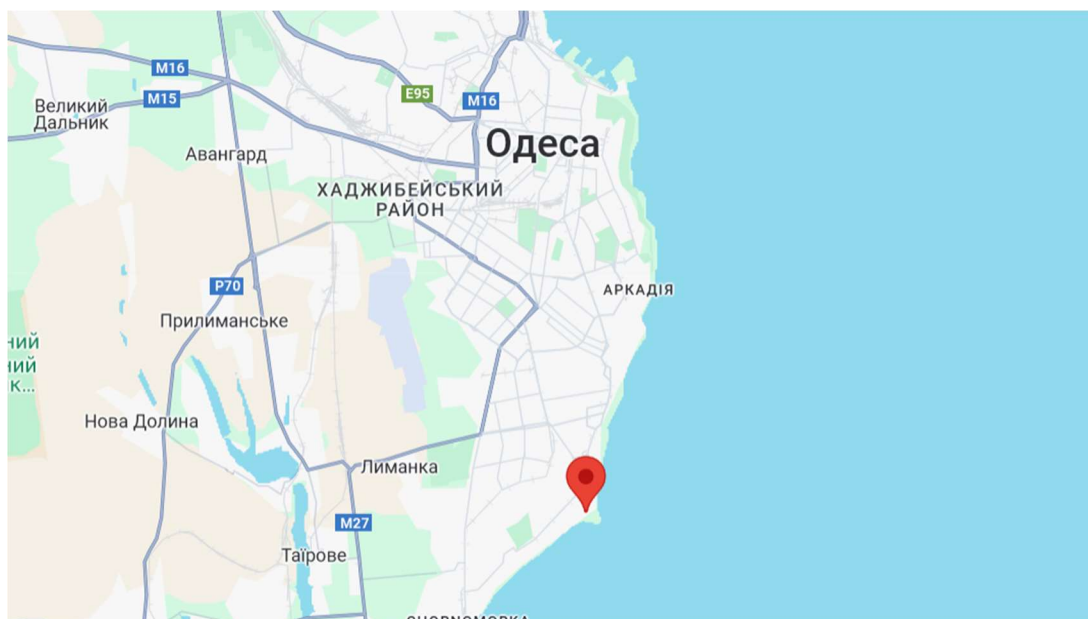


Рисунок 3.2.4 – Відображення VTS 2723627 на карті за координатами в 17 повідомленні

Для VTS 2723703 аналіз показав суперечливі результати щодо її ідентифікації та функціонування. На таких популярних платформах, як MarineTraffic та MyShipTracking, ця станція спочатку не була знайдена, що може вказувати на проблеми з реєстрацією чи оновленням даних у цих системах. Однак, через пошук у Google було виявлено, що сайт MyShipTracking все ж має сторінку, пов'язану з цією станцією. На цій сторінці відсутня будь-яка детальна інформація про VTS 2723703, але зазначено, що станція стабільно отримує сигнал і відображається на загальній карті в режимі онлайн (рис. 3.2.5).

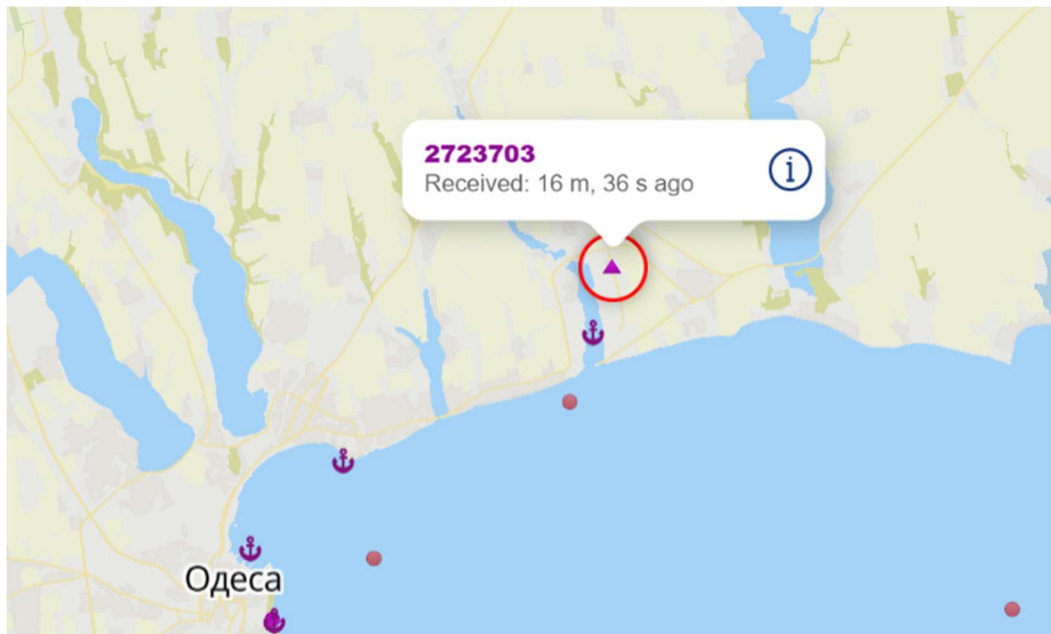


Рисунок 3.2.5 – Відображення VTS 2723703 на картах реального часу

Разом із цим, для цієї станції виявлено значне розходження в координатах, що передаються в 4 і 17 повідомленні, яке досягло 37 км, що є критичним відхиленням для системи AIS (рис. 3.2.6).

Координати в 4 і 17 повідомленні:

Date 2022-07-27 Time 00:11:42.608 Station Distance 38.97

Message_Type: 4
Repeat_Indicator: 0
MMSI: 2723703
Longitude: 31.03378
Latitude: 46.65457

Date 2022-07-27 Time 00:21:39.897 Station Distance 65.97

Message_Type: 17
Repeat_Indicator: 0
MMSI: 2723703
Longitude: 30.74667
Latitude: 46.37833

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

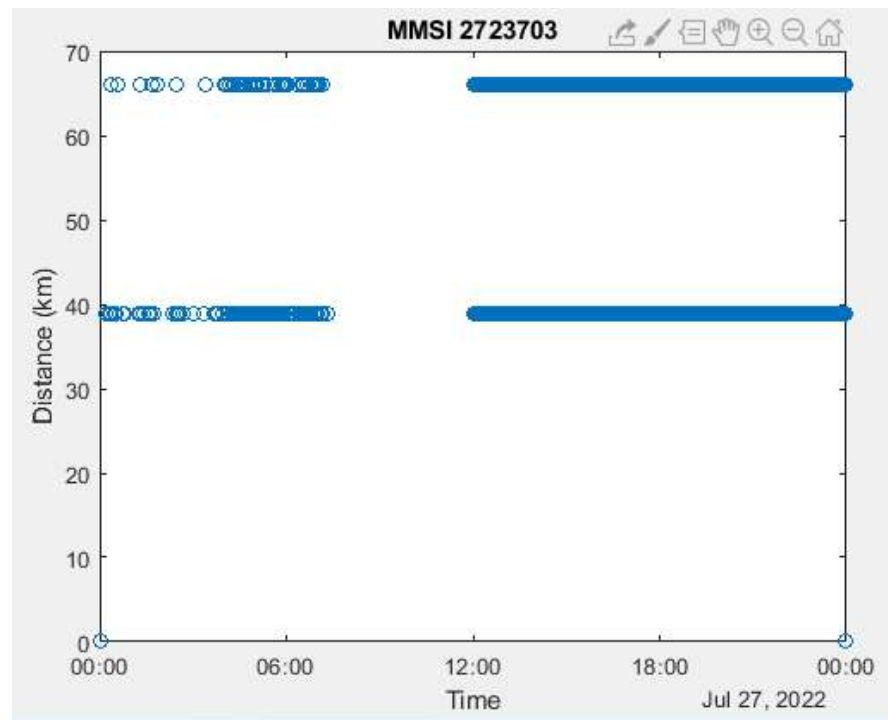


Рисунок 3.2.6 – Залежність дальності VTS 2723703 від часу зазначених у 4 і 17 повідомленнях за 27.07.2022 (Очаківська станція прийому)

Координати в 4 повідомленні збігаються з поточним місцем розташування станції, яке відображається на онлайн-карті. Натомість координати в 17 повідомленні вказують на інше місце, значно віддалене від цього регіону (рис. 3.2.7).

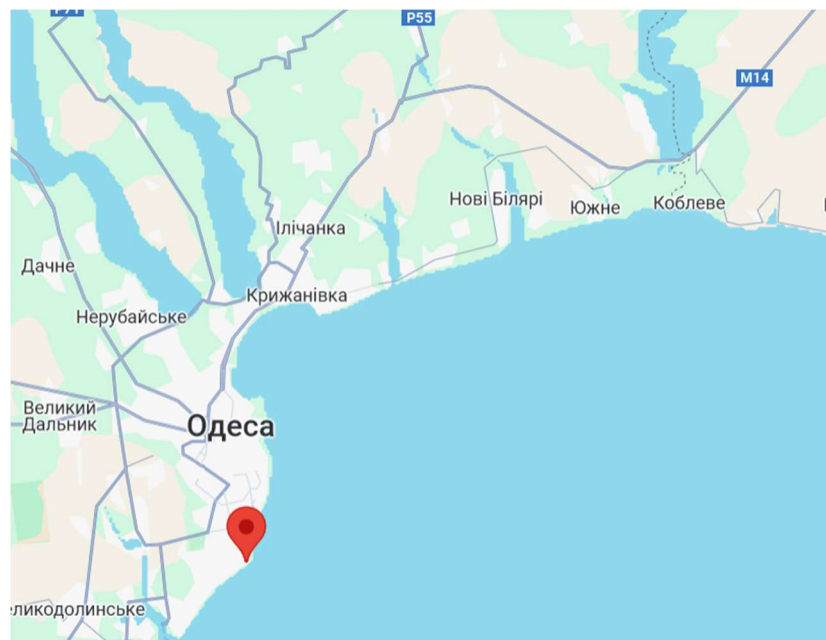


Рисунок 3.2.7 – Відображення VTS 2723703 на карті за координатами в 17 повідомленні

У всіх випадках розбіжностей між координатами в 4 і 17 повідомленнях для різних VTS однозначно визначити причину таких відхилень неможливо. Це може бути пов'язано з різними факторами, включаючи технічні особливості або несправності станції, наприклад, затримку передачі даних чи проблеми із синхронізацією координат. Вплив зовнішніх умов, таких як перешкоди в ефірі або погодні явища. Зазначимо, що в наших дослідженнях актуальні координати розташування станцій в 4 повідомленні збігаються з їх реальним місцем розташування. Натомість координати у 17 повідомленні можуть суттєво відрізнятися, вказуючи на інші, значно віддалені місця. Не виключено, що деякі з цих станцій працювали у відладочному режимі, коли передані координати не відображали реальні дані, а були частиною внутрішніх тестувань чи калібрувань обладнання.

Одним із класів збоїв у роботі технології AIS є помилки, пов'язані з контрольними сумами CRC. Основна проблема полягає в тому, що для CRC-контролю виділено лише 16 біт, що створює ймовірність $1/2^{16} = 1.53 \cdot 10^{-5}$ випадкового збігу контрольного коду CRC незалежно від обсягу інформації, яку він покриває. При випадковому збігу коду CRC декодована інформація може бути значно спотворена. Зокрема, номер MMSI, що повинен бути унікальним для кожного судна, може не відповідати реальному судну. Ймовірність такого збігу для випадкового MMSI складає не більше ніж $5 \cdot 10^{-5}$, враховуючи, що загальна кількість суден у світі не перевищує 500 тисяч [5, с. 11].

Під час аналізу збойних повідомлень було зафіксовано аномальні повідомлення, в яких зазначався номер MMSI 940572672, які випадково пройшли CRC контроль (рис. 3.2.8). Проте жодної інформації про цей MMSI немає в базах даних, таких як MarineTraffic або MyShipTracking.

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

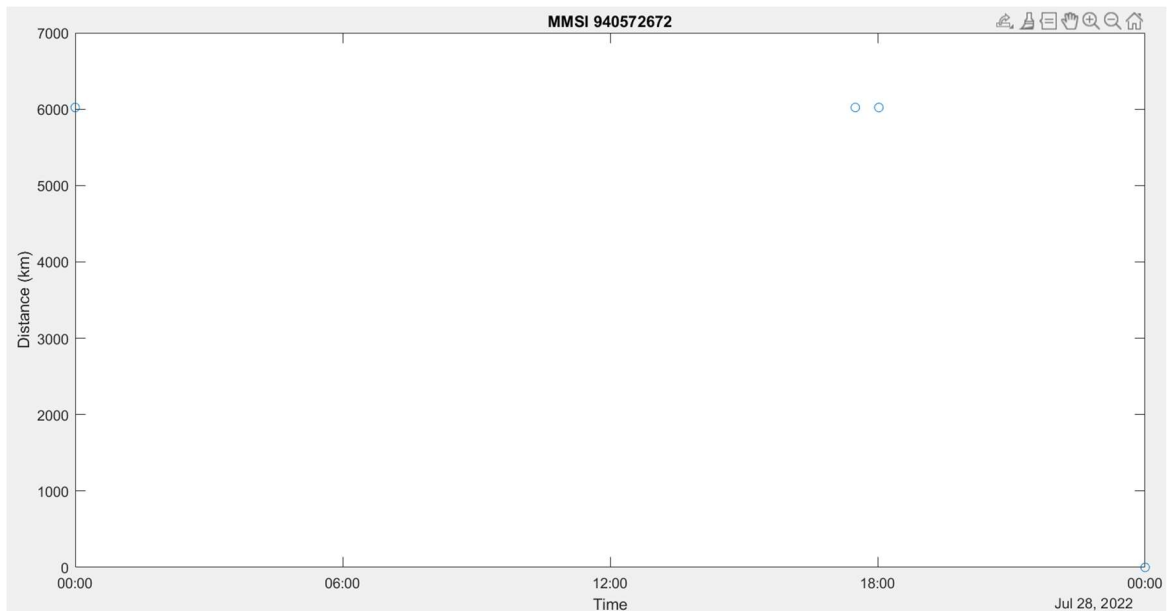


Рисунок 3.2.8 – Залежність дальності повідомлень від часу із зазначеним номером MMSI 940572672 за 28.07.2022 (Очаківська станція прийому)

Особливість цих повідомлень полягає в тому, що було отримано два майже однакових повідомлення за 28.07.2022, що є вкрай рідкісним явищем.

Видані повідомлення мають такий вигляд:

Date 2022-07-28, Time 17:29:54.236 Station Distance 6022.06
 Message_Type: 9
 Repeat_Indicator: 0
 MMSI: 940572672 - No record found in MarineTraffic
 Altitude: 0
 Speed_Over_Ground: 0
 Position_Accuracy: 0
 Longitude: 0
 Latitude: 0.0061
 Course_Over_Ground: 2942
 Time_Stamp: 37
 Regional_reserved: 85
 DTE: 0
 Spare: 5
 Assigned: 0
 RAIM_flag: 1
 Radio_status: 359952
 Report_Type: 'Standard SAR Aircraft Position Report'

 Date 2022-07-28, Time 18:01:37.012 Station Distance 6022.06
 Message_Type: 9
 Repeat_Indicator: 0
 MMSI: 940572672 - No record found in MarineTraffic
 Altitude: 0
 Speed_Over_Ground: 0

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Position_Accuracy: 0
 Longitude: 0
 Latitude: 0.0061
 Course_Over_Ground: 2942
 Time_Stamp: 37
 Regional_reserved: 85
 DTE: 0
 Spare: 5
 Assigned: 0
 RAIM_flag: 1
 Radio_status: 360021
 Report_Type: 'Standard SAR Aircraft Position Report'

Також було виявлені збойні повідомлення, в якому вказувався номер MMSI 136348168. Цей номер вже згадувався в попередніх дослідженнях, де вважалося, що у виданих збійних повідомленнях номер MMSI збігався з номером реального судна, оскільки це судно відмічається на сайтах MarineTraffic, MyShipTracking та відображалося у віддалених регіонах, зокрема, в Китаї [5, с. 10-12]. Однак, при більш детальному вивченні структури MMSI, можна стверджувати, що суден із такими номерами не може існувати. Це пояснюється тим, що перші три цифри MMSI є морськими ідентифікаційними кодами (MID), які визначають країну, що видала номер. MID зазвичай представляє тризначний код у діапазоні від 200 до 799. MMSI може починатися з цифри "1" лише у випадках, коли йдеться про пошуково-рятувальні судна (SAR). Але ці судна мають MMSI із блоком 111 як першими трьома цифрами. У цьому випадку номер 136348168 не відповідає жодному з існуючих кодів MID, що виключає можливість його належності реальному судну.

У поточному аналізі було помічено два повідомлення, в яких відображався цей MMSI (рис. 3.2.9). Видані повідомлення мають такий вигляд:

Date: 2022-07-07 Time: 00:59:15.651 Station Distance 16910.24
 Message_Type: 2
 Repeat_Indicator: 0
 MMSI: 136348168
 Navigation_Status: 2
 Rate_of_Turn: 0

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Speed_Over_Ground: 844
 Position_Accuracy: 1
 Longitude: -140.0650
 Latitude: -74.2877
 Course_Over_Ground: 8
 True_Heading: 74
 Time_Stamp: 41
 Maneuver_Indicator: 3
 Spare: 4
 RAIM_flag: 0
 Radio_status: 8
 Report_Type: 'Position Report Class A (Assigned schedule)'

 Date: 2022-07-07 Time: 05:43:41.426 Station Distance 15710.72

Message_Type: 2
 Repeat_Indicator: 0
 MMSI: 136348168
 Navigation_Status: 2
 Rate_of_Turn: 3
 Speed_Over_Ground: 369
 Position_Accuracy: 1
 Longitude: -84.1956
 Latitude: -74.2872
 Course_Over_Ground: 1955
 True_Heading: 343
 Time_Stamp: 58
 Maneuver_Indicator: 0
 Spare: 0
 RAIM_flag: 0
 Radio_status: 143595
 Report_Type: 'Position Report Class A (Assigned schedule)'

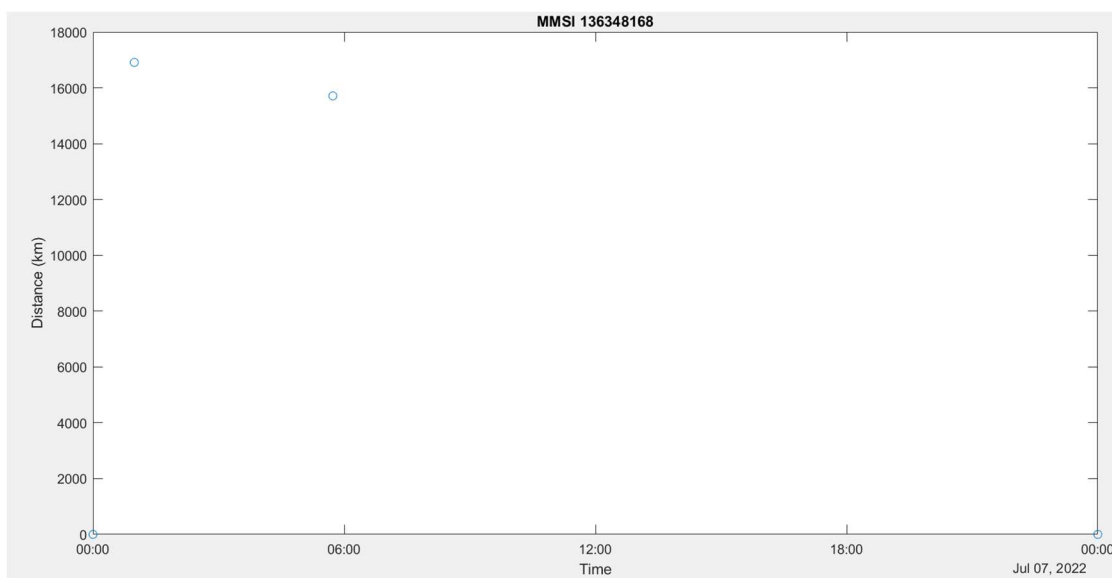


Рисунок 3.2.9 – Залежність дальності повідомлень від часу, які містять номер MMSI 136348168 за 07.07.2022 (Очаківська станція прийому)

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Згідно з двома отриманими повідомленнями AIS, координати кожного повідомлення вказують на розташування об'єкта в різних місцях в Антарктиді (рис. 3.2.10).



Рисунок 3.2.10 – Координати кожного отриманого повідомлення

Під час первинної обробки цих даних MMSI 136348168 також відображався в Антарктиді на відповідних сайтах моніторингу. Однак на момент написання цього дослідження система на онлайн карті показує його місцезнаходження в Африці, тоді як у текстовому відображенні на сайті цей MMSI досі зазначається в Антарктиді (рис. 3.2.11).

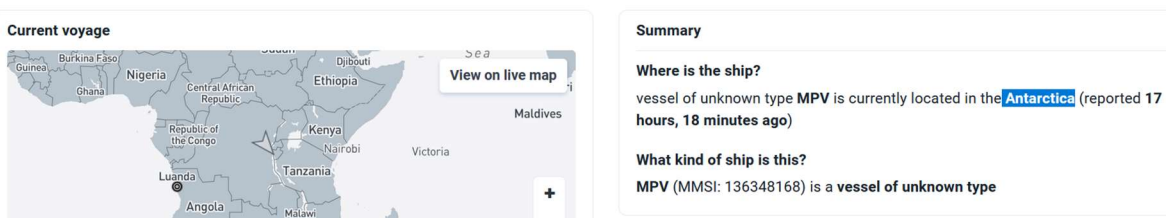


Рисунок 3.2.11 – Аномальне відображення місцезнаходження судна з номер MMSI 136348168 на сайті MarineTraffic

Розгадка цих феноменів, ймовірно, полягає у структурі бітового представлення повідомлень AIS. Найімовірніше, короткочасний сигнал невідомої природи накладався на більш тривалий сигнал AIS. Це накладення призводило до спотворення іншої частини повідомлення таким чином, що згенерований код CRC збігався з коректним. Як результат, система приймала таке повідомлення як валідне, що й спричиняло помилкове відображення судна в несподіваних місцях. Але точно не можна сказати, чому сайти

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

пропускають ці повідомлення, які містять саме номер MMSI 136348168 і відображають його в своїх БД, оскільки це може бути пов'язано з особливостями їхніх алгоритмів обробки AIS-даних, а також з різними механізмами перевірки та фільтрації інформації, що використовуються на цих платформах.

Як було зазначено раніше, при випадковому збігу коду CRC номер MMSI, який повинен бути унікальним для кожного судна, може не збігатися з номером реального судна, що призводить до некоректного відображення даних у системах AIS. Під час аналізу одиночних збоїв по CRC були помічені судна, які мали нестандартну структуру MMSI номера. Зокрема, було зафіксовано повідомлення з номером MMSI 8276, що є некоректним представленням, оскільки MMSI повинен мати дев'ятизначний формат. Це може свідчити про помилку в системі, де коротший номер був неправильно інтерпретований як валідний MMSI. Також було виявлені судна з десятизначним MMSI, а саме MMSI 1072889878, у якому відображення в розшифровці AIS було спотворене, і замість коректного номера зазначалося 1.0729e+09. Програма і не повинна відображати такі номери, тому в даному випадку значення 1072889878 було перетворено в експоненційний формат, що є наслідком неправильного кодування або форматування даних. Частина з виданого повідомлення має такий вигляд:

Time 22:36:02.971 Station Distance 6138.84
Date 2022-07-27 MMSI 1072889878
Message_Type: 9
Repeat_Indicator: 2
MMSI: 1.0729e+09
Altitude: 3219
Speed_Over_Ground: 977
Position_Accuracy: 1

Версією програми, орієнтовану на перевірку "гладкості" кожної траєкторії суден, яка автоматично формує перелік суден із нетиповими змінами в траєкторіях, було отримано список суден, повідомлення яких містили аномальні зміни в траєкторіях. Виявлено кілька суден, які спочатку

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

передавали одиночні збої в координатах, що могли виглядати як випадкові помилки. Однак згодом ці судна почали послідовно передавати некоректні координати протягом тривалого часу. Це тривало до моменту, поки самі судна не зафіксували ці випадки як відмови бортової апаратури GPS. У відповідності до протоколу AIS, в повідомленнях передаються спеціальні значення широти та довготи, а саме 91 і 181 градусів, що сигналізує про помилку в роботі системи навігації, при цьому відстань до наших станцій складає приблизно 4700 км (рис. 3.2.12 – рис. 3.2.17).

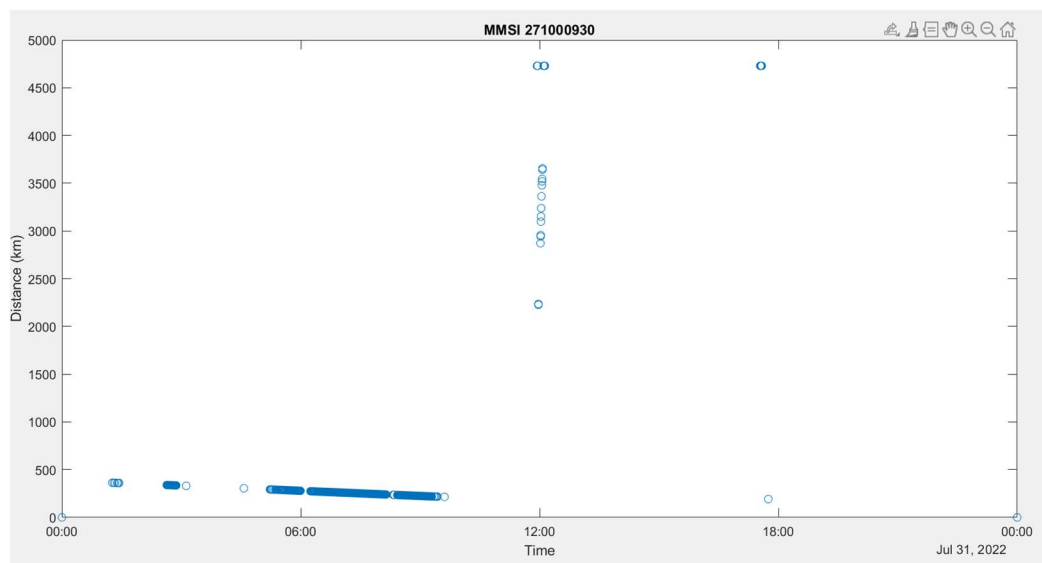


Рисунок 3.2.12 – Приклад послідовної передачі некоректних координат судном з MMSI 271000930 за 31.07.2022 (Очаківська станція прийому)

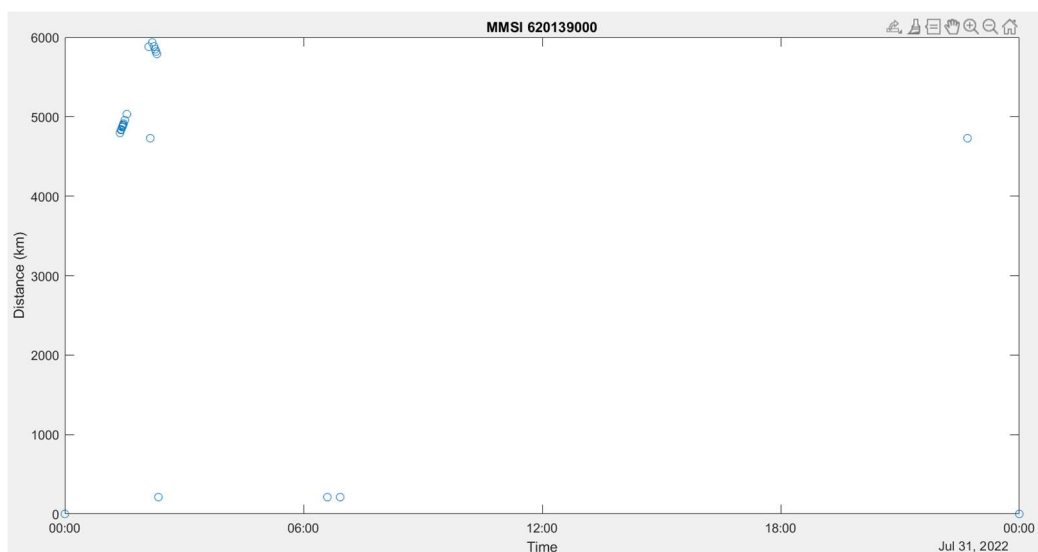


Рисунок 3.2.13 – Приклад послідовної передачі некоректних координат судном з MMSI 620139000 за 31.07.2022 (Очаківська станція прийому)

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

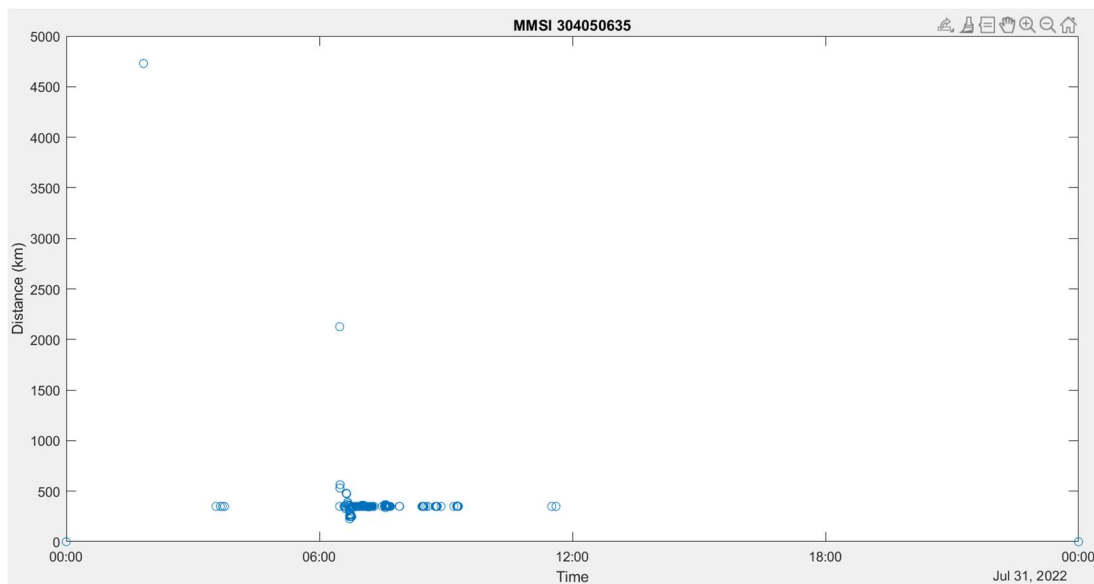


Рисунок 3.2.15 – Приклад послідовної передачі некоректних координат судном з MMSI 304050635 за 31.07.2022 (Очаківська станція прийому)

Перелік всіх суден із нетиповими змінами в траєкторіях за 31.07.2022, виданий версією програми, орієнтовану на перевірку "гладкості" траєкторії суден, відповідно до друку програми:

Ships and VTS with Sudden Position Change:

2723627
 2723703
 256934000
 264900062
 271000930
 271048139
 271049294
 304050635
 311010800
 311052200
 341531000
 352001181
 352001337
 352384000
 352525000
 352624000
 352980000
 352986154
 353218000
 353920000

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

356224000
 371458000
 373276000
 511000581
 538007659
 538007989
 538009051
 577054000
 577152000
 613003409
 613003603
 620139000
 620718000
 620912000
 677092400

Ця версія програми була допрацьована для більш чіткого візуального відображення різких змін у траєкторії руху суден. Дальність відображається за вирахуванням середньої дальності по всій вибірці.

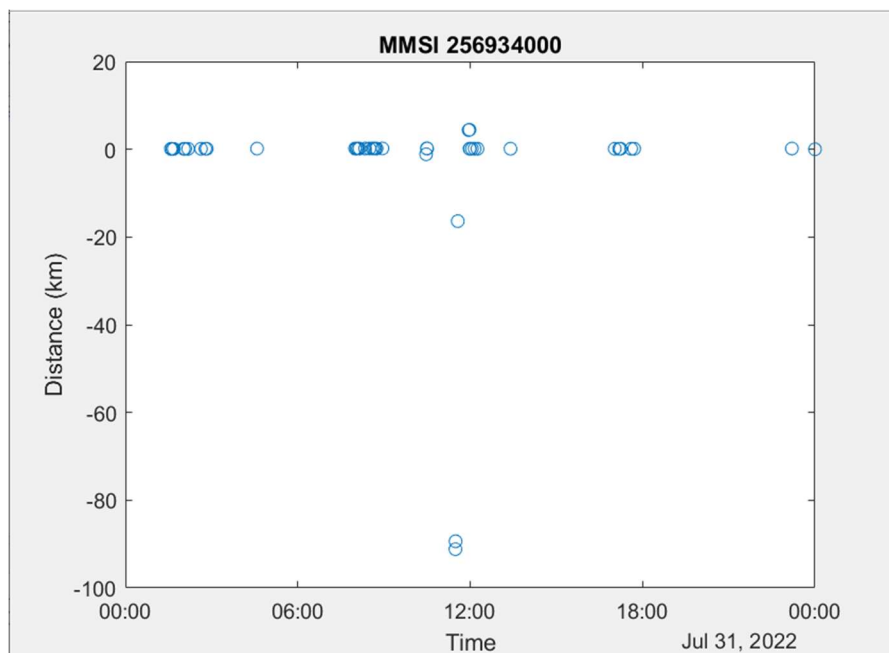


Рисунок 3.2.16 – Приклад послідовної передачі некоректних координат судном з MMSI 256934000 за 31.07.2022 (Очаківська станція прийому)

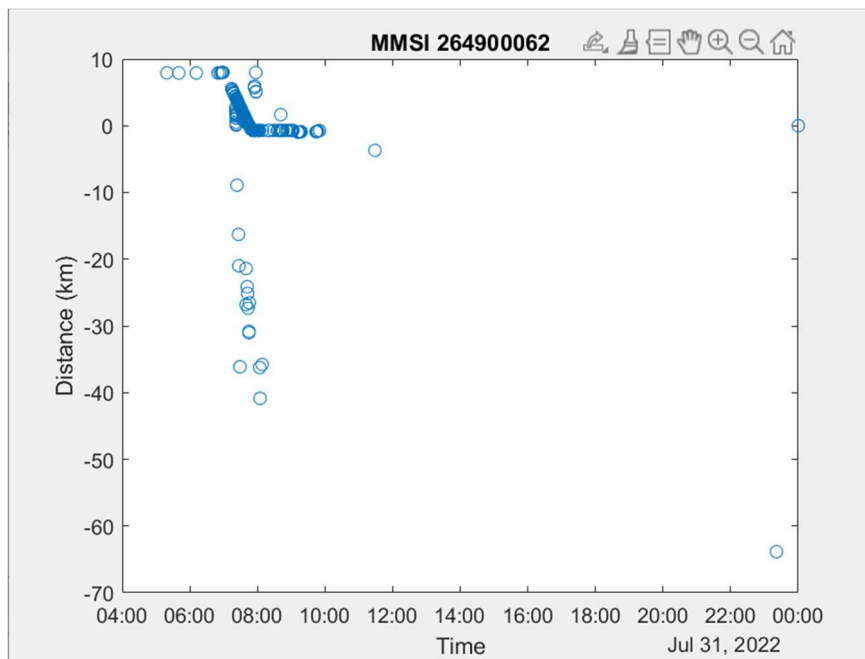


Рисунок 3.2.17 – Приклад послідовної передачі некоректних координат судном з MMSI 2649000062 за 31.07.2022 (Очаківська станція прийому)

Точну причину таких відмов визначити неможливо, проте можна припустити, що вони могли бути пов'язані з несправностями в самій бортовій апаратурі суден або з помилками у функціонуванні VTS.

Під час пошуку одиночних збоїв за CRC для Миколаївської та Очаківської станцій, отриманих за 27 липня 2022 року, було зафіксовано кілька випадків, які демонструють виняткові показники дальності прийому AIS-повідомлень. Максимальна дальність прийому AIS-повідомлень на Миколаївській станції склала 773 км, що є новим рекордом у спостереженнях. Всього від судна отримано 15 повідомлень у діапазоні 765.28 - 773.44 км за час 23:11:29 - 23:57:09 від Oil/Chemical Tanker Bristol Trader VALTELLINA (MMSI 548942000 - sailing under the flag of Phillipines). Для Очаківської станції максимальна дальність прийому за цей день склала 755.12 км для Manned VTS 2717204. Місцезнаходження судна та станції на момент отримання повідомлень наведено на рисунку 3.2.18.

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

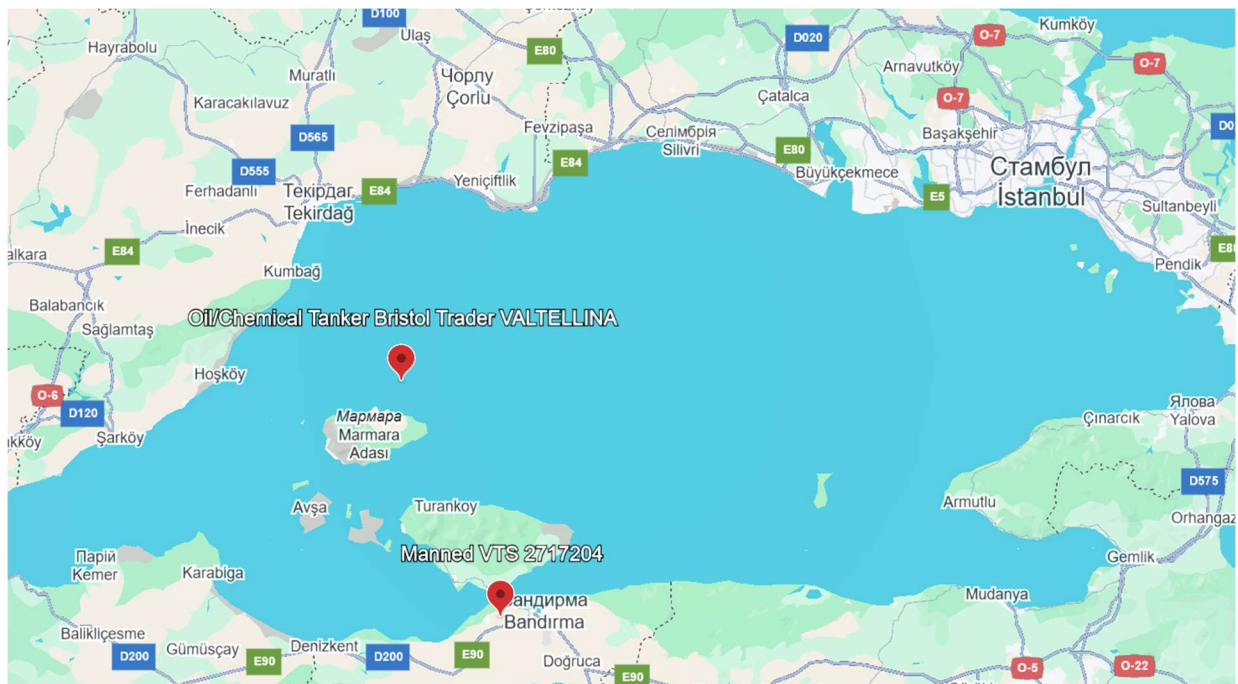
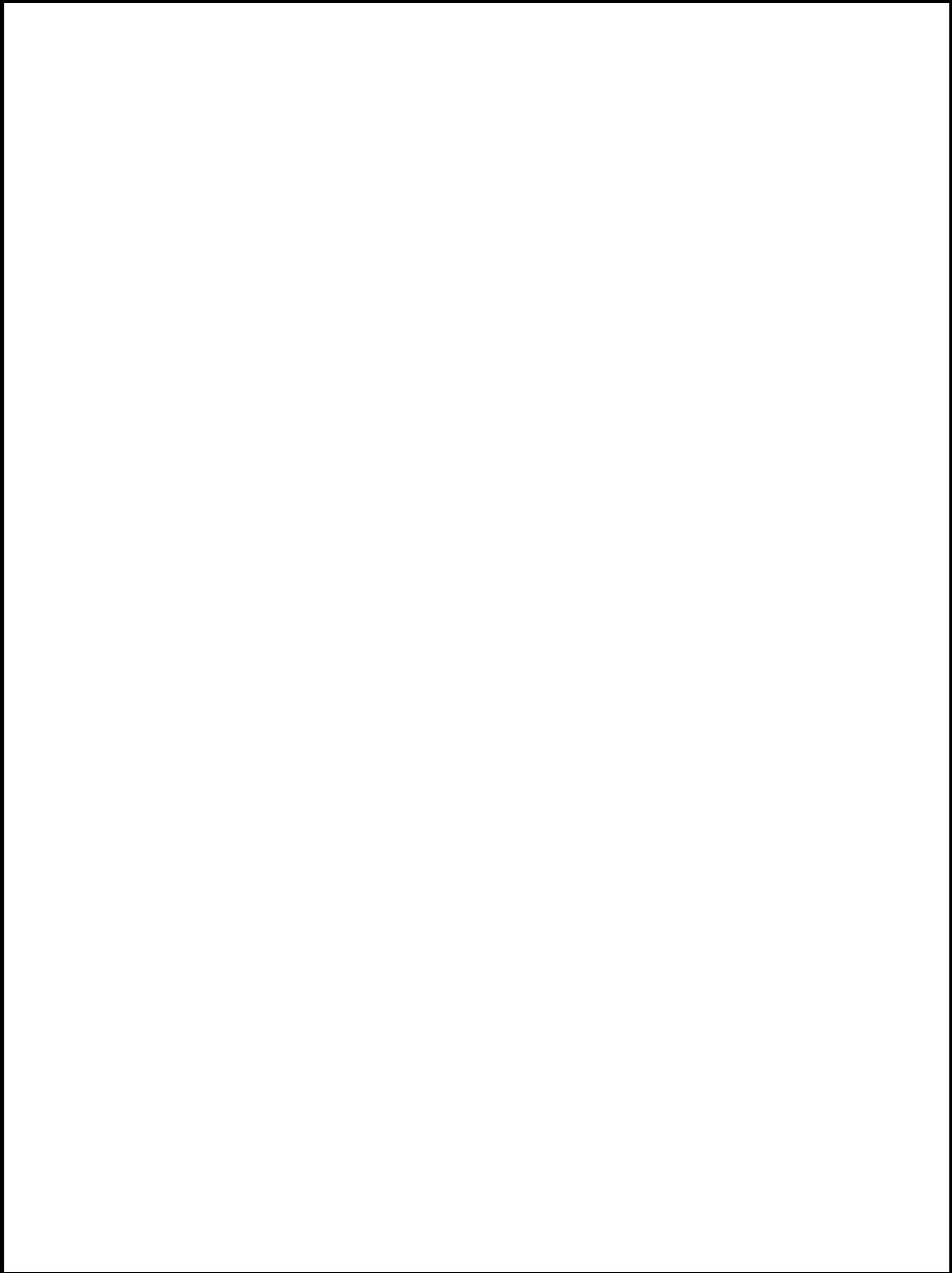


Рисунок 3.2.18 – Розташування судна та станції під час прийому найвіддаленіших сигналів Миколаївською та Очаківською станціями

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46



					171.6321М.КР.ПЗ.Р4		
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата	Охорона праці		
Розробник		Пустовий А. О.					
Консультант		Губальцев А. М.					
Н. контр.		Добрінова Л. П.					
Керівник		Іхсанов Ш. М.					
Зав. каф.		Рябенський В. М.					
					Літ.		
					Арк.		
					Аркуші		
					47		
					НУК		
					імені адмірала Макарова		

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вступ

Охорона праці охоплює комплекс законодавчих, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, які забезпечують безпеку, здоров'я та працездатність людини під час трудової діяльності. Таке широке визначення закріплено у статті 1 Закону України від 17 липня 1999 року.

У загальному сенсі охорона праці потрібна в будь-якому місці, де працює людина. Проте стаття 2 цього Закону дає більш вузьке трактування поняття, застосовуючи його до праці у громадських організаціях і на підприємствах усіх форм власності. Це охоплює як найманих працівників, так і адміністрацію, членів виробничих кооперативів, студентів-практикантів, військовослужбовців, залучених до роботи, а також осіб, які відбувають виправні роботи на підприємствах.

У трудовому праві охорона праці трактується вужче й передбачає систему правових норм, закріплених у законодавстві, колективних і трудових договорах, а також угодах. Вони спрямовані на створення безпечних і здорових умов праці для працівників, заходи з їх оздоровлення та покращення умов роботи.

Інститут охорони праці включає в себе низку норм, що взаємодіють між собою:

норми - принципи державної політики в області охорони праці й правила державного керування охороною праці;

- право працівника на охорону праці і його гарантії;
- норми організації й забезпечення охорони праці роботодавцем, включаючи попереджувальний нагляд і розслідування нещасних випадків на виробництві;
- правила по техніці безпеки й виробничої санітарії, система стандартів безпеки праці (ССБТ);

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

- правила особливої охорони праці жінок;
- правила особливої охорони праці молоді й осіб зі зниженою працездатністю.

Охорона праці має комплексне соціальне, економічне та правове значення.

Вимоги щодо безпечної роботи користувачів з електронно-обчислювальними машинами регламентуються "Правилами охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин". Ці правила затверджені наказом Держнаглядохоронпраці № 21 від 10 лютого 1999 року.

4.2. Дослідження потенційних ризиків, пов'язаних з розробкою та використанням імітаційного стенду для моделювання комп'ютерної системи

У сучасному світі значна увага приділяється поліпшенню умов праці користувачів електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). Робота з персональним комп'ютером передбачає зчитування візуальної інформації з екрана, що потребує точного та швидкого сприйняття. У багатьох розвинених країнах ризики, пов'язані з використанням дисплеїв, розглядаються як національна проблема.

Умови праці користувачів ПК визначаються такими факторами:

- організація робочого місця;
- параметри виробничого середовища (освітлення, мікроклімат, шум, вплив електромагнітних і електростатичних полів);
- особливості взаємодії людини з ПК.

Згідно з Держстандартом 12.0.003-74 «ССБТ. Небезпечні й шкідливі виробничі фактори. Класифікація», під час роботи на ПК можуть виникати такі негативні фактори:

- підвищена температура поверхонь пристрою;
- екстремальні показники температури та вологості повітря;
- виділення хімічних речовин у робочій зоні;

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- змінені рівні аеронізації повітря;
- електростатичне та електромагнітне випромінювання;
- недостатнє або надмірне освітлення;
- візуальне та нервово-емоційне напруження;
- монотонність роботи.

Особливої уваги потребує вплив роботи з дисплеєм на зір. Оператор під час роботи за ПК зазвичай дивиться прямо перед собою на джерело світла, яким є екран. На відміну від традиційного читання з паперу, це створює стресове навантаження на зоровий аналізатор через безпосередній контакт із джерелом світла, що може призводити до тривалого зорового та загального стомлення.

Робота за комп'ютером може викликати як фізичне, так і емоційне напруження. Це пов'язано з низкою факторів, зокрема обмеженим часом, великим обсягом інформації, особливостями взаємодії з комп'ютером та відповідальністю за точність даних. Тривала робота, особливо у діалоговому режимі, може призводити до підвищення нервово-емоційної напруги, порушення сну, погіршення фізичного самопочуття, зниження концентрації уваги та продуктивності, частих головних болів, підвищеної дратівливості та навіть депресії.

Навантаження, спричинені використанням комп'ютера, часто стають причиною статичного і динамічного перевантаження організму. Це може призводити до болю в спині, шиї та руках. Особливо поширеними є проблеми, пов'язані з роботою на клавіатурі, коли постійні рухи пальців викликають тертя сухожилів об м'які тканини і кістки, що може спричинити їх запалення (тендиніт) — форму травм через повторювані навантаження.

Багато користувачів ПК стикаються з болем у шиї та спині, який поступово накопичується та називається "синдромом тривалих статичних навантажень" (СТСН). Щоб уникнути цих проблем, важливо регулярно робити перерви під час роботи та застосовувати ергономічні рішення. Це

					171.6321M.KP.ПЗ.Р4	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

включає налаштування робочого місця для зручної пози і уникнення тривалої напруги.

Серед факторів, які негативно впливають на здоров'я користувачів комп'ютерної техніки, виділяють електромагнітні та електростатичні поля, шум, зміну іонного складу повітря, а також параметри мікроклімату. Згідно із Санітарно-епідеміологічними правилами від 10 грудня 1998 року, умови роботи з комп'ютерною технікою мають відповідати встановленим нормам, що спрямовані на запобігання шкідливого впливу на здоров'я. Ці правила поширюються на всі типи електронних пристроїв, включаючи комп'ютери, периферійне обладнання (принтери, сканери, клавіатури тощо) і відеодисплейні термінали (ВДТ). Робочі місця та приміщення для роботи з технікою повинні забезпечувати безпечні умови праці та мінімізувати вплив шкідливих факторів.

4.3. Правила безпеки при користуванні електроприладами

Правила безпечного користування електроприладами:

1. Перед увімкненням електроприладу обов'язково перевірте стан електропроводу, звертаючи увагу на наявність пошкоджень чи перегинів.
2. Електроприлад має бути правильно заземлений відповідно до вимог його установки.
3. Не використовуйте електроприлади, якщо руки вологі.
4. Не залишайте прилади ввімкненими без нагляду. Після завершення роботи переконайтеся, що все вимкнено.
5. У разі несправності приладу негайно звертайтеся до кваліфікованого електрика.
6. Ремонт електроприладів повинен виконувати тільки фахівець. Самостійний ремонт заборонений.
7. Уникайте використання саморобних електроприладів.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

8. Ніколи не гасіть електроприлади водою.

Профілактика пожежної безпеки:

- Використовуйте приховану електромережу для зменшення ризику пошкоджень.
- Обирайте розетки з вогнестійких матеріалів.
- Підключайте обладнання за допомогою кабелів, розрахованих на навантаження, що перевищує фактичне у 3–5 разів.
- Увімкнення та вимкнення електроприладів виконуйте через вбудовані вимикачі.
- Регулярно очищайте внутрішні частини комп'ютерів та іншого обладнання від пилу, щоб уникнути перегріву та іскріння.
- Розміщуйте комп'ютери на негорючих поверхнях.
- Зведіть до мінімуму кількість підключень і відключень штепсельних вилок у розетках.

4.4. Надання першої медичної допомоги у разі ураження електричним струмом

Порятунок людини, ураженої електричним струмом, часто залежить від швидкості та правильності дій тих, хто надає допомогу. Першочерговим завданням є якомога швидше припинити вплив струму на постраждалого. Якщо немає можливості вимкнути електрообладнання, необхідно звільнити людину від контакту зі струмоведучими частинами, уникаючи прямого контакту з потерпілим.

Дії з надання першої допомоги залежать від стану постраждалого після усунення дії струму. Допомогу потрібно надавати негайно та, за можливості, безпосередньо на місці події, паралельно викликавши швидку медичну допомогу. Якщо постраждалий у свідомості, важливо забезпечити йому спокій до прибуття медиків.

					171.6321M.KP.ПЗ.P4	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Якщо дихання потерпілого є нерегулярним і судомним, але пульс відчутний, слід негайно почати проводити штучне дихання. У разі зупинки дихання, розширення зіниць і зміни кольору шкіри необхідно одночасно проводити штучне дихання та непрямий масаж серця.

4.5. Техніка безпеки при роботі з ПК

Об'ємно-планувальні рішення будівель і приміщень, призначених для роботи з комп'ютерами, мають відповідати вимогам Державних санітарних правил і норм (ДСанПіН 3.3.2.007–98) "Гігієнічні вимоги до організації робочих місць із візуальними дисплейними терміналами".

Розміщення робочих місць із комп'ютерами в підвальних і цокольних приміщеннях забороняється. Мінімальна площа на одне робоче місце повинна становити не менше 6 м², а об'єм приміщення – не менше 20 м³. Приміщення мають бути обладнані природним і штучним освітленням відповідно до вимог ДБН В.2.5.28-2006 "Організація робочих місць з візуальними дисплейними терміналами". Природне освітлення повинно забезпечуватися через вікна, орієнтовані переважно на північ або північний схід, із коефіцієнтом природної освітленості (КПО) не менше 1,5%.

Приміщення для роботи з комп'ютерами слід обладнати шафами, полицями, стелажми, тумбами та іншими засобами для зберігання документів і матеріалів, враховуючи нормативи площі. Щоденно має проводитися вологе прибирання, а також необхідно облаштувати аптечку першої медичної допомоги.

У приміщеннях із ПК повинні бути організовані побутові зони для відпочинку, а також спеціальні кімнати для психологічного розвантаження. У таких кімнатах слід передбачити місця для приготування і роздачі тонізуючих напоїв, а також зони для занять фізичною культурою.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

4.6. Вимоги до режимів праці та відпочинку при роботі з ПК

Організація роботи з комп'ютерами повинна враховувати збереження здоров'я працівників, попередження професійних захворювань і підтримання працездатності. Для цього передбачаються регламентовані перерви впродовж робочого дня, які допомагають запобігти втомі й зниженню ефективності. Перерви слід планувати заздалегідь, враховуючи періоди перед появою ознак втоми.

Згідно з діючим класифікатором професій, трудову діяльність можна розподілити на три професійні групи в залежності від їх характеру:

- а) Розробники програм та інженери-програмісти виконують інтелектуально напружену роботу з високим рівнем зорової концентрації, нервово-емоційним навантаженням і значним використанням клавіатури. Їх діяльність пов'язана з творчими завданнями, пошуком помилок і прийняттям швидких рішень.
- б) Оператори електронно-обчислювальних машин переважно займаються обробкою інформації, що надходить через відеодисплейні термінали. Їхня робота характеризується середнім рівнем фізичного й нервового навантаження.
- в) Оператори комп'ютерного набору виконують одноманітну роботу, яка вимагає високої швидкості введення даних, що призводить до значного навантаження на кисті рук та напруження зору.

Рекомендації щодо перерв при 8-годинній зміні:

- Для розробників програм – перерва 15 хвилин після кожної години роботи.
- Для операторів ПК – перерва 15 хвилин через кожні 2 години роботи.
- Для операторів комп'ютерного набору – перерва 10 хвилин після кожної години.

Якщо виробничі умови не дозволяють дотримуватися таких перерв, безперервна робота за ПК не повинна перевищувати 4 години.

Рекомендації для 12-годинної зміни:

- У перші 8 годин роботи перерви встановлюються аналогічно до 8-годинної зміни.
- У наступні 4 години перерви повинні проводитися кожну годину тривалістю 15 хвилин.

Профілактика втоми та підвищення ефективності:

Для зменшення зорового та нервово-емоційного навантаження, поліпшення кровообігу та боротьби з гіподинамією рекомендовано виконувати спеціальні фізичні вправи під час перерв. Ці вправи зазначені у санітарних нормах і сприяють покращенню загального стану працівників, запобігаючи перевтомі.

4.7. Профілактичні медичні огляди

Працівники, які виконують свою діяльність із використанням ПК, зобов'язані проходити медичні огляди. Попередній огляд проводиться при прийомі на роботу, а періодичний — у процесі трудової діяльності згідно з наказом МОЗ України №45 від 31.03.1994 р. Періодичні медичні огляди організовуються раз на два роки й виконуються комісією, до складу якої входять терапевт, невропатолог та офтальмолог. За наявності медичних показань до складу комісії можуть додатково залучатися лікарі інших спеціальностей.

Під час оцінювання придатності до роботи за ПК основну увагу приділяють стану органів зору. Основними критеріями є гострота зору, рефракція, здатність до акомодатії, функціональний стан біноккулярного апарату ока та інші показники. Водночас оцінюється й загальний стан здоров'я працівника.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Виконання вимог, зазначених у Правилах, разом із впровадженням первинних і спеціальних профілактичних заходів має стати обов'язковою практикою для всіх працівників, які використовують ПК у навчальних або виробничих колективах.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

За результатами експериментальних досліджень збоїв у роботі системи AIS та аналізу даних, отриманих зі станцій прийому сигналів у Миколаєві та Очакові, можна сформулювати такі висновки:

1. Аналіз функціонування систем AIS дозволив виявити основні типи збоїв, які впливають на точність передачі інформації. Зокрема, відзначені проблеми з узгодженням координат між повідомленнями 4 і 17 для окремих станцій, що досягали розходження до 37 км, а також суперечливі результати в ідентифікації деяких станцій.
2. Виявлені проблеми з передачею некоректних повідомлень через випадкові збіги коду CRC. Це призводить до помилкової ідентифікації суден, включно з неправильними MMSI-номерами, що ускладнює відстеження суден і точність навігаційної інформації.
3. Виявлено збойні повідомлення з MMSI 136348168, який раніше з'являвся в дослідженнях як пов'язаний з реальним судном, однак детальний розбір структури MMSI показав, що такий номер не відповідає жодному існуючому судну. Це може бути результатом накладення сигналів AIS з короткочасними перешкодами, що призводять до спотворення повідомлень. Причини, чому ці повідомлення з таким номером потрапляють у бази даних платформ, потребують додаткового дослідження, зокрема щодо їхніх алгоритмів обробки даних.
4. За допомогою програми для перевірки "гладкості" траєкторій було виявлено судна з аномальними змінами в координатах. Виявлено кілька випадків, коли судна спочатку передавали одиночні збої в координатах, а згодом почали послідовно передавати некоректні координати протягом тривалого часу. Згодом це було зафіксовано як відмови бортової апаратури GPS, сигналізуючи про помилку в навігаційній

					171.6321М.КР.ПЗ.Висновки	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

системі. Причини таких відмов можуть бути пов'язані як з несправностями бортової апаратури, так і з помилками в роботі VTS.

5. На основі даних, отриманих із приймальних станцій AIS у Миколаєві та Очакові, було проаналізовано виняткові випадки прийому та обробки AIS-повідомлень. Максимальна дальність для Миколаївської станції склала 773 км, що стало новим рекордом у спостереженнях. Такий випадок є показником високої чутливості станцій і сприятливих умов проходження сигналу. Для Очаківської станції зафіксовано дальність у 755 км.

					171.6321М.КР.ПЗ.Висновки	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Resolution A.1106(29) — [Електронний ресурс]. URL: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/AIS/Resolution%20A.1106\(29\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/AIS/Resolution%20A.1106(29).pdf)
2. AIS (Automatic Identification System) overview — [Електронний ресурс]. URL: <https://shipping.nato.int/nsc/operations/news/2021/ais-automatic-identification-system-overview>
3. Maritime Mobile Service Identity (MMSI) — [Електронний ресурс]. URL: <https://windward.ai/glossary/what-is-maritime-mobile-service-identity-mmsi/>
4. MMSI — [Електронний ресурс]. URL: <https://www.telecomabc.com/m/mmsi.html>
5. Shamil Ikhsanov, Oleksii Diakonov, Hennadii Khudov. Investigation of Failures in the Operation of AIS Technology. 2022 IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Lviv, Ukraine, 2022, pp. 515-518. DOI: 10.1109/CSIT56902.2022.1000048

					171.6321М.КР.ПЗ.Література	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		