

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра ЕКС

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

Спеціальність 271 Морський та внутрішній водний транспорт
Спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

Калінін Володимир Валентинович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи *Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна*
«Horizon Highway» за маршрутом Саутгемптон – Ашдод

Підпис магістранта Калінін В.В.

Завідувач кафедри _____

Керівник Вагущенко Л.Л.

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

Магістерська робота містить 127 с., 27 рис., 46 таб., 56 використаних джерел.

У роботі проведено комплексне опрацювання та дослідженню етапів переходу судна « Horizon Highway» з Саутгемптон (порт навантаження) в Ашдод (порт вивантаження). Відстань між портами 3254 милі. Період плавання с 10.08.25 по 18.08.25.

Виконано розрахунок вантажного плану з перевіркою остійності згідно до вимог ІМО

Дослідницький розділ присвячено удосконаленню технології високоточного позиціонування NRTK (Мережевий кінематичний час у реальному часі) для забезпечення безпечної морської навігації. Актуальність дослідження зумовлена високим відсотком аварій (зіткнення та посадки на мілину), першопричини яких пов'язані з людським фактором і браком часу на прийняття рішень.

Мета роботи полягає у наданні критеріїв для розробки інструментів підтримки прийняття рішень на основі динамічного прогнозу судна, що вимагає високоточної інформації про позиціонування.

Виконано економічне обґрунтування рейсу та аналіз кількісних і якісних його показників.

Представлені деякі аспекти з охорони праці, охоронні заходи та цивільної оборони на судні.

The master's thesis contains 127 pages, 27 figures, 46 tables, 56 used sources.

The work involved a comprehensive study and study of the stages of the transfer of the «Horizon Highway» from Southampton (port of loading) to Ashdod (port of unloading). The distance between the ports is 3254 miles. Swimming period from 10/08/25 to 18/08/25.

Cargo plan calculation with stability check in accordance with IMO requirements.

The chapter is dedicated to improving the Network Real-Time Kinematic (NRTK) high-precision positioning technology to ensure safe maritime navigation. The relevance of the study is driven by the high percentage of accidents (collisions and groundings), the root causes of which are often linked to human factors and limited time for decision-making.

The aim of the work is to provide criteria for developing decision support tools based on dynamic vessel forecasting, which requires highly accurate positioning information.

The economic justification of the flight and the analysis of its quantitative and qualitative indicators were performed.

Some aspects of occupational safety, security measures and civilian defense are presented.

ВСТУП

Проблема забезпечення безпеки мореплавства залишається критично актуальною, оскільки основними видами серйозних аварій є зіткнення та посадка на мілину. Статистичні дані свідчать, що ці категорії становлять близько двох третин усіх аварій, а їхні першопричини часто криються у людському факторі: поганому спілкуванні, низькій ситуаційній обізнаності та втомі. Особливо для ситуацій зіткнення, де час для прийняття рішення обчислюється секундами, підвищення ситуаційної обізнаності екіпажу є ключовим.

Метою цього дослідження є надання обґрунтованих доказів критеріїв для розробки інструментів підтримки прийняття рішень на основі динамічного прогнозу судна. Ці інструменти вимагають високоточної інформації про позиціонування від суднового приймача GNSS, отриманої за допомогою технології Network Real-Time Kinematic (NRTK). Однак, інтеграція NRTK-корекцій у морські системи ускладнена низькою пропускну здатністю наявних каналів зв'язку, таких як AIS.

У розділі буде проаналізована ефективність точності NRTK на основі шведської мережі опорних станцій SWEPOS, детально описана методика віртуальної опорної станції (VRS) та запропоновано удосконалений спосіб розповсюдження корекційних даних через систему обміну даними VDES (VHF Data Exchange System), яка має значно більшу пропускну здатність, ніж AIS.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	9
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	9
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики	10
1.3 Маневрені характеристики.....	13
1.4 Навігаційне обладнання.....	13
2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ ...	18
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу.....	18
2.2 Оцінка запланованого переходу	21
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	25
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	29
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	32
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	36
2.3.1 Розрахунок ортодромії.....	36
2.3.2 Складання маршрутних листів	36
2.3.3 Графічний план переходу.....	36
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	43
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	44
2.4 Висновки	45
3 ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ	47
3.1 Транспортні характеристики вантажів	47
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	49

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	54
3.4 Складання вантажного плану.....	57
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	59
4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....	61
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна.....	61
4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності.....	66
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	70
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	70
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	72
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	76
4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу	77
5 УДОСКОНАЛЕННЯ КОРЕКЦІЇ МЕРЕЖІ З НИЗЬКОЮ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЇ РЕАЛЬНОГО КІНЕМАТИЧНОГО ЧАСУ ДЛЯ ВИСОКОТОЧНОЇ МОРСЬКОЇ НАВІГАЦІЇ.....	78
5.1 Оцінка якості позиціювання ГНСС із застосуванням технології реального кінематичного часу (RTK) для безпечної навігації у стислих умовах	80
5.2 Оцінка точності руху уздовж профілів зондування за допомогою автопілоту з підтримкою високоточного приймача ГНСС RTK	90
5.3 Рекомендації щодо настроювання корекції даних NRTK.....	96
6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	102
6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі	102
6.2 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу	108
7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	111
7.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	111
Висновок	121

Список використаних джерел	123
----------------------------------	-----

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	HORIZON HIGHWAY
2.	Тип судна	Cargo ship
3.	Позивний сигнал судна	3FVP9
4.	IMO	9726700
5.	MMSI	353105000
6.	Рік і місце побудови	2016 SHIN KURUSHIMA ONISHI SHYPPYARD в ІМАБАРІ, ЯПОНІЯ
7.	Клас Регістру	NIPPON KAIJI KYOKAI (NKK)
8.	Порт приписки	LIMASSOL
9.	Судновласник	К ЛІНІЯ - ТОКІО, ЯПОНІЯ
10.	Менеджмент	К ЛІНІЯ - ТОКІО, ЯПОНІЯ
11.	Довжина найбільша L (м)	169,55 м
12.	Довжина між перпендикулярами L _{PP}	158,00 м
13.	Ширина найбільша B (м)	28,00 м
14.	Висота борту до верхньої палуби H (м)	30,56 м
15.	Найбільша осідання T (м)	T/S/W 8.898 / 8.717 / 8.536
16.	Осадка T (м) в повному вантажу и порожньому	9.053/5.4
17.	Водотоннажність (т) в повному вантажу Δ порожньому Δ_0	T/S/W 23714 / 23037 / 22368 8302
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w (т)	T/S/W 12038 / 11361 / 10692
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	MAN B&W 6S60 ME-C8.2, Tier II: 12200 kw × 127 RPM

20.	Режим роботи головного двигуна	Full ahead 85.0 Half ahead 70.0 Slow ahead 55.0 Dead slow ahead/ astern 43.0
21.	Швидкість судна	вантажу 19,3 в баласті 20,4
22.	Гребний гвинт: Кількість лопастей: Діаметр та крок гвинта (м) Дискове відношення: Напрямок обертання:	5 4200/3.9316 1,59
23.	Тип руля і площа його пера (м ²)	полубалансирований, підвісний, 27.920.
24.	Тип стернової машини: Підрулюючий пристрій:	електрогідравлічна, 2 х 441 кН.м носові - 2 х 900 kw; кормові – 1 х 700 kw
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району А1, А2, А3, А4 та включає в себе:	УКВ установка JRC JHS-32A ПВ/КВ радіоустановка JSS-800 INMARSAT A JUE-45A INMARSAT C JUE-75A
26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	36825
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	11048
28.	Добова витрата палива: На ходу: важке паливо (HFO) На стоянці: дизельне паливо (DO)	важке паливо (HFO) – 40.5 дизельне паливо (DO) – 3.5 дизельне паливо (DO) – 3.5
29.	Координати центру мас порожнього судна	X = -8.04 Z = 15.76

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики

Схематичне креслення бічного виду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів наведено на рис.1.1.

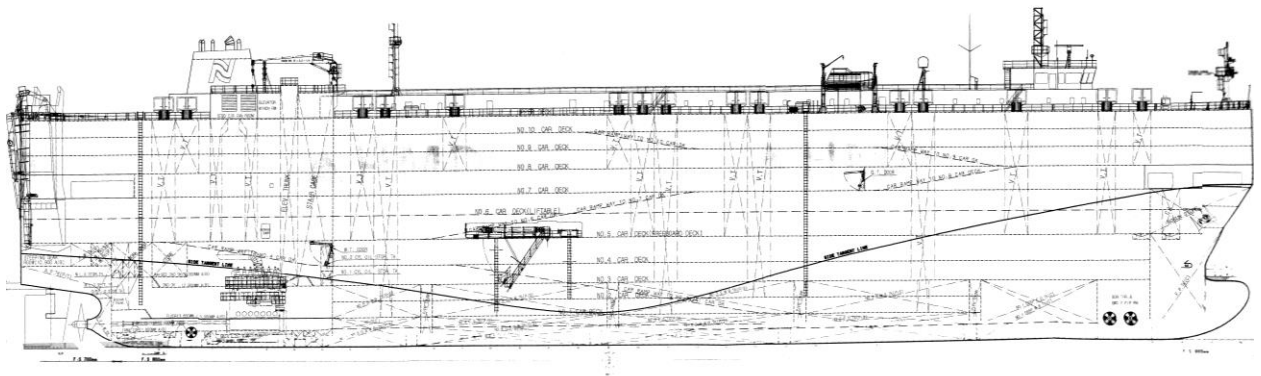


Рисунок 1.1 - Схематичне креслення бічного виду судна

План верхньої палуби наведено на рис 1.2.

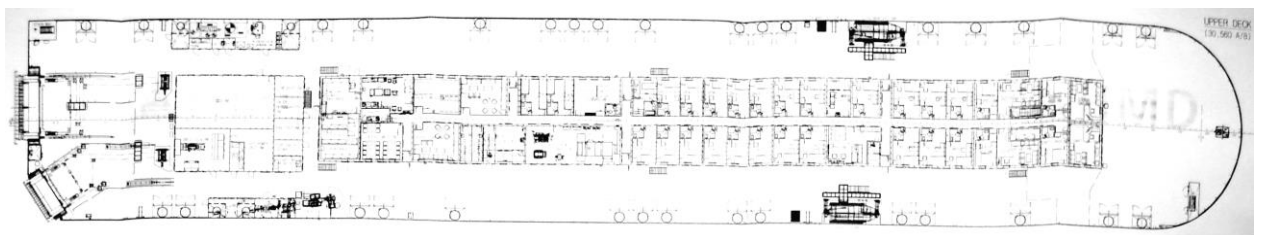


Рисунок 1.2 - План верхньої палуби

Кількість тон вантажу на 1 см осадки в солоній і прісній воді для судна у його вантажу, в баласті і при середній осаді відображені на вантажній шкалі, представленої на рис. 1.3., де: MTC (Moment to change trim one centimeter in metric ton-meter), LCB (longitudinal center of buoyancy from mishap in meter), LCF (longitudinal center of floatation from mishap in meter), KMT (Transverse metacentric height above base line in meter).

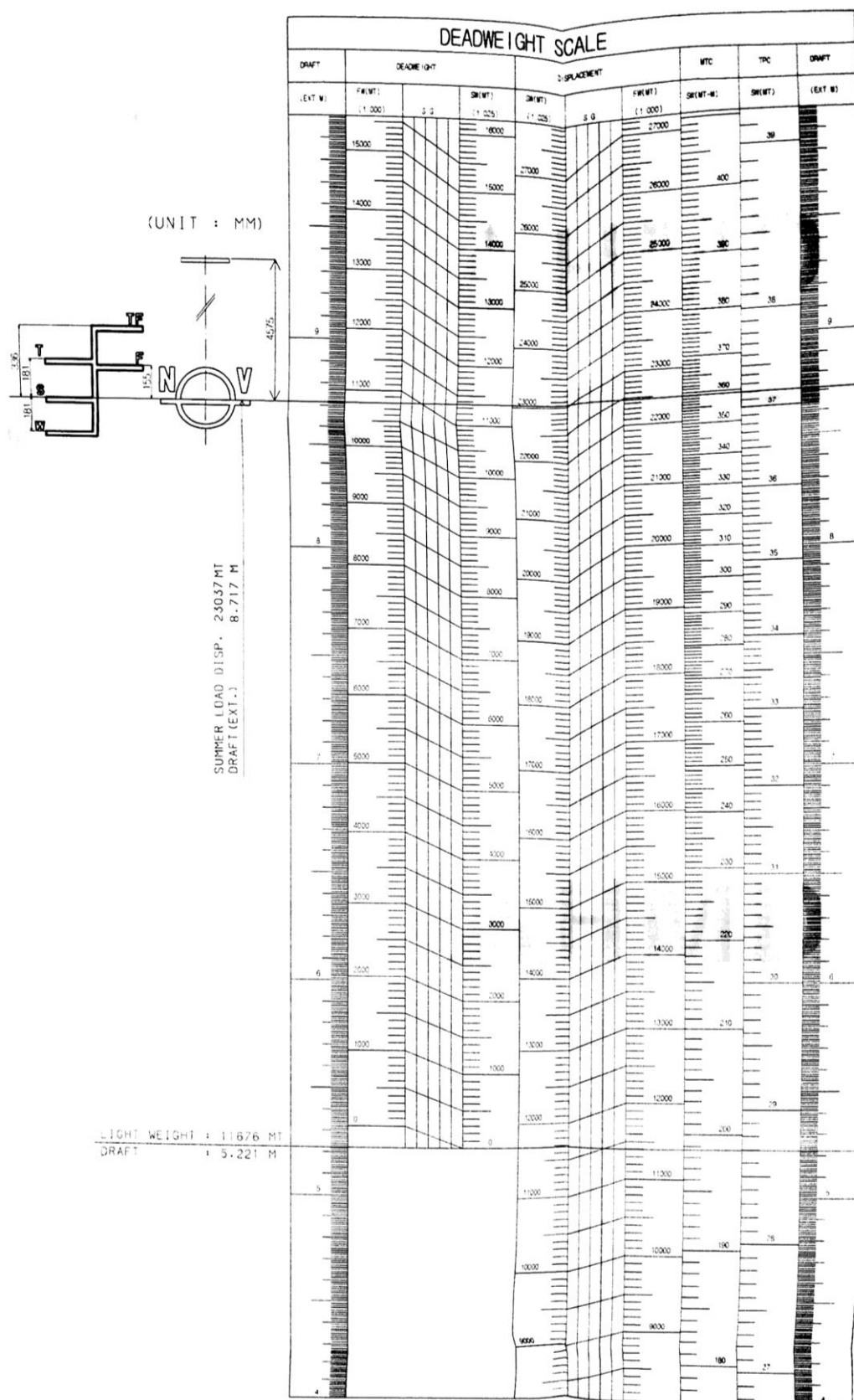


Рисунок 1.3 – Вантажна шкала

1.3 Маневрені характеристики

Якірний пристрій:

Брашпиль електрогідравлічний, швидкість підйому якоря (м/хв), тягове зусилля – 19.5×9 т/мін; якоря Холла 3×5175 кг; діаметр ланцюга (мм) – 64, довжина - правий якорь 302.5 м, лівий якорь 302.5 м.

Рульовий пристрій:

Рульова машина електрогідравлічна, крутний момент 441 кНм, привід електричний.

Дані про маневрені характеристики представлені на рис 1.4.

1.4 Навігаційне обладнання

Дані про всі технічні засоби навігації (ТЗН) судна (електрорадіонавігаційні прилади та системи) наведені в таблиці 1.2.

Виконана в масштабі схема розташування ТЗН і пультів на ходовому містку (вид зверху) представлена на рис 1.6.

WHEEL HOUSE POSTER

Ship's name : HORIZON HIGHWAY
 Call sign : 3FVP9
 IMO No. : 9726700

L.B.P. : 158.00 m
 B.(mld) : 28.00 m
 D.(mld) : 30.56 m
 d.(mld) scantling : 8.70 m

WARNING

The response of the _____ may be different from that shown below if any of the loading conditions, upon which the manoeuvring information is based, are varied :

1. Calm weather-wind 10knots or less calm sea
2. No current
3. Water depth twice the vessel's draft or greater
4. Clean hull
5. Intermediate drafts or unusual trim

Prepared by Hyundai Mipo Dockyard Co.LTD.

Date _____

DRAUGHTS AT WHICH THE MANOEUVRING DATA WERE OBTAINED (mld.)

	Normal Loaded		Ballast	
	Estimate		Trial	
Forward	7.80 m		6.76 m	
Aft	7.80 m		7.40 m	

SHIP'S PARTICULARS

Gross tonnage	36825
Net tonnage	11048
Displacement, maximum	23037 MT
Deadweight, maximum	11361 MT
Block coefficient at scantl. draught	0.582

DRAUGHT INCREASE(LOADED)

Estimated squat effect		
Under keel clearance	Ship speed (kts)	Draught increase(m)
1.74 m	2.0	0.014
	6.0	0.125
	10.0	0.348
4.35 m	2.0	0.011
	6.0	0.100
	10.0	0.278

PROPULSION PARTICULARS

Type of engine :		Hyundai-B&W 7S50MC-C8				
		11620 kw (15799 BHP)				
Type of propeller :		CPP				
Engine order	RPM / PITCH (Deg.)	Speed(kts)		Engine order	RPM / PITCH (Deg.)	
	Load	Bal.	Load		Bal.	
Ahead	Max.	127-27.2	21.2	21.8	Max.	120-17
	Nav. Full	83/26.2	14.3	14.4	E.Full	110-16
	Full	83/21.1	12.3	12.4	Full	100-15
	Half	83/14.2	9.2	9.3	Half	83-10
	Slow	83/8.3	6.1	6.1	Slow	83-8
	Dead slow	83/3.9	3.1	3.1	Dead slow	83-5
Critical revolutions				37-48 RPM		
Minimum revolution(Pitch ahead full 27.2°)				30.8 RPM		
Emergency full ahead to stop				301 sec		
Maximum number of consecutive starts				8		

STEERING PARTICULARS

Type of rudder(s)	Semi-balanced spade type
Maximum rudder angle	35 °
Time hard-over to hard-over with one power unit	25 "
Time hard-over to hard-over with two power unit	13 "
Rudder angle for neutral effect	0 ° PORT/STBD

BOW THRUSTER EFFECT

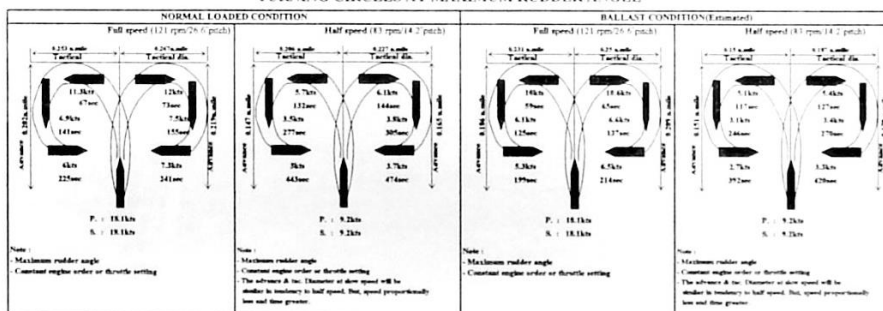
POWER (kw)	Time delay for full thrust (sec.)	Turning rate at zero speed (deg./min)	Time delay to reverse thrust (sec.)	Not effective above speed (kts)
450	10	12	22	4
450	10	12	22	4

ANCHOR CHAIN

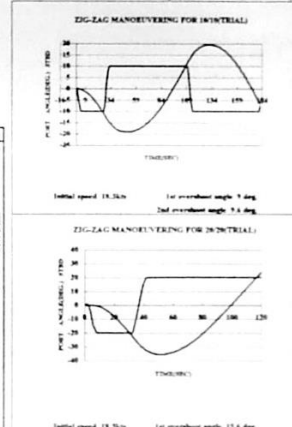
	Number of shots	Max. rate of heaving
PORT	11	2'37"
STARBOARD	12	2'37"

1 shot = 27.5m

TURNING CIRCLES AT MAXIMUM RUDDER ANGLE

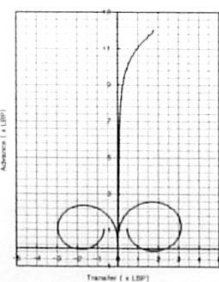


ZIG ZAG DIAGRAMS(Normal loaded Condition)



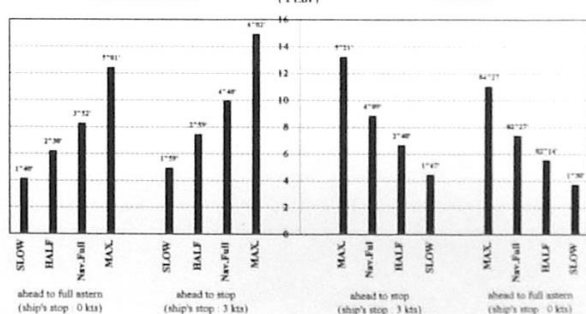
EMERGENCY MANOEUVERING

(Normal Loaded, Trial-1st Ship)



STOPPING CHARACTERISTICS (Estimated)

Track reach (x LBP)



EMERGENCY MANOEUVERING

(Ballast condition, Estimated-1st Ship)

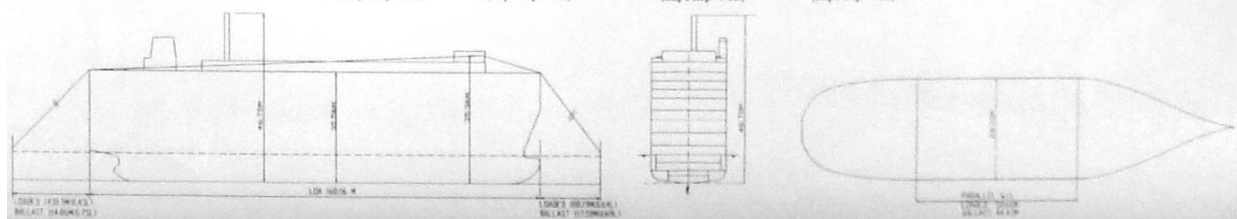
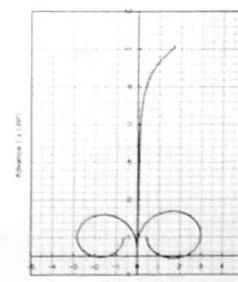


Рисунок 1.4 – Маневрені характеристики

Лоцманська картка показана на рис. 1.5.

Pilot Card

VESSEL DETAILS:

Ship's Name: HORIZON HIGHWAY Date: _____
 Call Sign: 3FVP9 Year Built : keel _____
 Deadweight: 11361 MT Displacement: 23037 MT Lightship: 11676 MT Gross : 36825 Net : 11048
 Draft Forward: _____ m/ _____ ft _____ in Draft Aft _____ m/ _____ ft _____ in

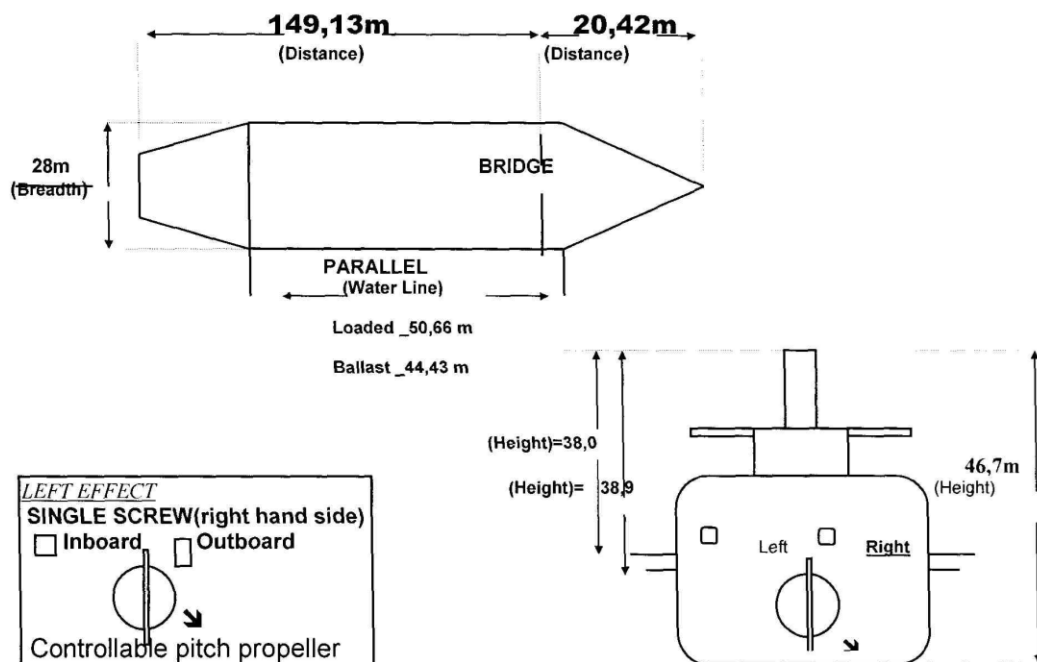
SHIP'S PARTICULARS:

Length Overall: 169,55 m Breadth: 28.0 m
 Anchor Chain : Port: 12 shackles Starboard: 11 shackles
 Stern: NIL shackles (1 shackle = 27.5 m/ _____ fathoms)
 Bulbous Bow ? ☒ Yes ☐ No

STEERING CHARACTERISTICS:

Type of rudder: One Semi-Balanced Spade type Turning Circle: Tactical Diameter: Max=494m
 Maximum Angle: 35 degrees Advance: Stbd 405,459m/Port 373,516 m
 Rudder Angle for neutral effect: 0 degrees Transfer: Stbd 266,162m/Port 265,587 m
 Hard over to hard over: 13(2umps)25(1pump)- seconds Radius: Stbd 211,048m/Port 180,163 m

KEY DISTANCES:



THE MASTER _____ Capt. N.Petridis

PILOT _____

Рисунок 1.5 – Лоцманська картка

На рис. 1.6. показана схема розташування ТЗН і пультів на ходовому містку

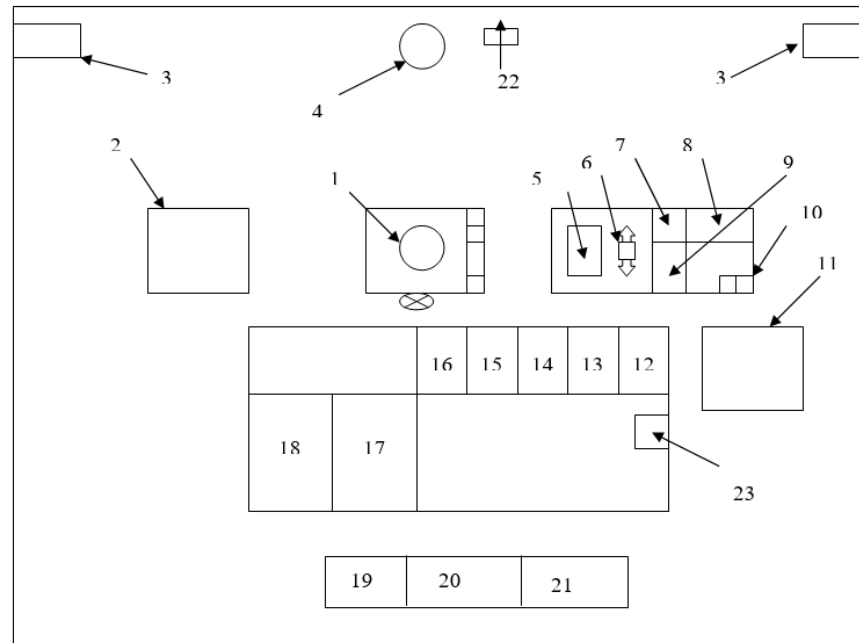


Рисунок 1.6 - Схема розташування ТЗН і пультів на ходовому містку

- 1) Гірокомпас і авторульовий
- 2) КОРП
- 3) УКВ станція
- 4) Репітер гірокомпаса
- 5) Управління машиною
- 6) Телеграф
- 7) Управління судновими тифонами
- 8) Управління пожежними насосами
- 9) загальносуднову зв'язок
- 10) Кнопки тривоги
- 11) РЛС
- 12) G P S Shipmate
- 13) Курсограф
- 14) Анеометр
- 15) Самописець ехолота
- 16) NAVTEX

- 17) Стійка ГМССБ
- 18) Приймач факсимільних карт погоди
- 19) Комутатор вогнів
- 20) Станція пожежної сигналізації
- 21) Transmitter / Receiver unit NTG-3030
- 22) G P S Furuno
- 23) Барограф

Точнісні характеристики наявних на судні ТЗН представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Точнісні характеристики технічних засобів навігації

Тип, марка ТЗН	Умови	Вимірювані навігаційні параметри	СКП одного вимірювання	Модуль градієнта параметра
ГКУ	судно, що рухається	курс, пеленг	0,8°	57,3° /D
РЛС	єл. візир	пеленг	1,0°	57,3° /D
	шкала 0,5	відстань	15м	1
	шкала 2,5-5,0	відстань	1,5%	1
Эхолот	шкала 15,0-50,0	відстань	0,6%	1
	глибина 0-20 глибина 20-2000	глибина	0,1м 1-1,5%	—

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Вимоги та рекомендації щодо планування переходу містяться в таких документах як:

- Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (SOLAS-74), Розділ V "Безпека мореплавства";
- Конвенція та кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (STCW-78 з поправками), Розділ VIII;
- Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р. "Керівництво по плануванню рейсу";
- Рекомендації по організації штурманської служби на морських судах України – 1998 р.;
- Bridge Procedures Guide, 5th Edition, 2016;
- Bridge Team Management, 2nd Edition, 2004.

Загальні вимоги у кодексі з підготовки та дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ-78/95) у розділі А-VIII / 2, частина 2, сформулюються наступним чином:

1. Майбутній рейс має плануватися заздалегідь, беручи до уваги всю наявну до цього інформацію;
2. Старший механік повинен, проконсультувавшись з капітаном, визначити заздалегідь потреби майбутнього рейсу, беручи до уваги потреби в паливі, воді, мастильних матеріалах, хімікатах, витратних та інших запасних частинах, інструментах, запасах та інших вимог;
3. До початку кожного рейсу капітан кожного судна повинен забезпечити, щоб передбачуваний шлях з порту відходу до першого порту заходу планувався, використовуючи правильно підібрані відповідні карти та інші навігаційні посібники, необхідні для майбутнього рейсу, що містять

точну повну і відкориговану інформацію щодо тих навігаційних обмежень і небезпек, які мають постійний або передбачуваний характер, і які мають відношення до безпеки плавання суден;

4. Після перевірки запланованого шляху, беручи до уваги всю інформацію що до нього, запланований шлях повинен бути прокладений на відповідних картах і бути постійно доступним для вахтового помічника капітана, який до того як лягти на відповідний курс, зобов'язаний перевірити його;

5. Якщо в ході рейсу прийнято рішення про зміну наступного порту заходу або якщо необхідно суттєво відхилитися від запланованого шляху з інших причин, змінений шлях повинен опрацьовуватися заздалегідь, до того як він буде істотно змінений.

Планування переходу і його виконання включає в себе послідовні фази:

Оцінка (Appraisal);

Планування (Planning);

Підготовка (Preparation);

Виконання (Execution);

Управління (Monitoring).

Оцінка майбутнього плавання проводиться на основі зібраної інформації, яку судноводій може зібрати з таких джерел:

- Каталог карт і книг (Catalogue of Admiralty Charts and Publications NP131);
- Океанські шляхи світу (Ocean Passage For the World) – містять відомості про кліматичні особливості районів світу, про системи океанських течій;
- Маршрутні і лоцманські довідкові карти;
- Лоції (Pilot Books, Sailing Directions);
- Перелік вогнів і туманних сигналів (Admiralty List of Lights and Fog Signals);
- Таблиці припливів (Tide Tables);
- Повідомлення мореплавцям (Notices to Mariners);

- Інформація про радіосигнали (Radio Signal Information);
- Радіонавігаційні і місцеві попередження (Radio and Local Warnings);
- NAVTEX
- Посадка і остійність судна (Draft and Stability of Ship).

Планування переходу складається з трьох етапів:

Трансокеанський перехід і відкриті морські води;

Прибережні води і вузькості;

Ділянки лоцманської проводки.

При плануванні трансокеанського переходу вибирають шлях з урахуванням оцінки метеорологічних умов (клімату, погоди) за багаторічними даними, а також з урахуванням фактичної погоди і її прогнозу. Необхідно враховувати також океанські течії. Визначають відстань між портами, розраховують на перехід з урахуванням штормового запасу необхідну кількість бункера, мастил, води, провізії.

Прибережне плавання і плавання в обмежених водах вимагає значно більшої уваги. Шлях обирають осторонь від небезпек з урахуванням систем розподілу руху. Беруть до уваги національні вимоги та обмеження при проходженні територіальних вод. Враховують час проходження найбільш складних ділянок, освітленість на цей час, дії приливних течій і т.д.

При плануванні плавання по ділянках лоцманської проводки необхідно враховувати маневрові елементи свого судна, співвідношення заглиблення і глибин під кілем, збільшення опаді від швидкості і від крену на повороті, зміна швидкості, необхідне для встановлення часу проходження, коли можуть виникнути обмеження при підході вночі або залежно від висоти припливу.

При виконанні переходу головним завданням є контроль за безпечним плаванням судна за маршрутом, заданому попередньою прокладкою шляхом безперервного ведення виконавчої прокладки.

2.2 Оцінка запланованого переходу

У цьому параграфі наводимо конкретну інформацію, що відноситься до розроблюємого переходу, що відповідає етапу «Passage plan Appraisal». Для цього проводиться підбір навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогі Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications). Вибрані Адміралтейські карти на перехід Саутгемптон - Ашдод представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1-Список адміралтейських карт на перехід

№ карти Chart No.	Назвакарти Title of Chart or Plan	Масштаб Natural Scale	Перше видання Date of publication	Нове видання New Edition
1	2	3	4	5
НАВИГАЦІЙНІ КАРТИ (NAVIGATIONAL CHARTS)				
Генеральнікартимасштабу 1: 1000000 ікрупніше (The World Index of Charts at 1 : 1 000 000 or comparable scale)				
4014	North Atlantic Ocean – Eastern Part	1:1000000	Aug 1975	07.2020
1104	Bay of Biscay	1:1000000	Nov 1972	06.2021
176	Mediterranean Sea - Cap Bon to Ras At Tin	1:1175000	Jul 1988	05.2018
183	Ras At Tin to Iskenderun	1:1100000	Oct 1969	02.2021
Шляхові карти(Coastal and Large-Scale Charts)				
2036	The Solent and Southampton Water	1:25000	Jan 2000	08.2019
2045	Outer Approaches to Solent	1:75000	May 1974	04.2020
2656	English Channel central part	1:325000	Jun 1982	03.2020
2647	France-North coast-Ile Douessant to He De Batz	1:150000	May 2009	07.2021
2643	France-West coast-Ile Viergo to pointe Dpenmarch	1:150000	Jul 2011	10.2019

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
1111	Spain-North west coast-Punta Da Estaca De Bares to Cabo Fenisterre	1:200000	July 2013	-
3633	Spain and Portugal- West coast- Islas Sisargas to Rio Mino	1:200000	July 2013	-
3634	Portugal-West coast-Montedor	1:200000	Aug 1984	07.2019

	to Cabo Montedu			
635	Portugal-West coast-Cabo Mondego to Cabo Espichel	1:200000	Aug 1984	11.2018
3636	Portugal-West coast-Cabo Espichel to Cabo De Saovicente	1:200000	Aug 1984	11.2018
91	Cabo De Sao Vicente to The Strait of Gibraltar	1:375000	Nov 2003	11.2018
142	Strait of Gibraltar	1:100000	Jun 1971	11.2018
3578	Eastern Approaches to the Strait of Gibraltar	1:150000	Mar 1971	11.2018
773	Strait of Gibraltar to isla De Alboran	1:300000	Feb 1972	04.2018
774	Spain-South coast- Motril to Cartagena including isla De Alboran	1:300000	Oct 1974	11.2018
1909	Algeria-Ice Plane to Cherchell	1:300000	Jul 1976	07.2017
1910	Algeria- Cherchell to Bejaia	1:300000	Jul 1976	07.2017
252	Algeria - Cap Corbelin to Cap Takouch	1:300000	Feb1972	07.2021
2121	Algeria and Tunisia - Cap de Fer to lies Cani	1:300000	June 1972	01.2021
2122	Bizerte to Capo San Marco	1:300000	Aug 1972	01.2021
2123	Sicilia - south coast - Capo Granito-la to Capo Passero	1:300000	Aug 1972	07.2020

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
2573	Mediterranean Sea- Egypt, Al Bu-ruhul to Al Arish	1:300000	Sep 1982	02.2021
2634	Lebanon and Israel - Beyrouth to Gaza	1:300000	May 1983	03.2011
1591	Ports on the coast of Israel A-HaDera B-Tel Aviv and Yafo C-Ashdod D-Ashqelon E-Tel Aviv to Ashqelon	1:25000 1:25000 1:25000 1:25000 1:100000	Dec 1998	02.2020

Вибрані Адміралтейські книги на перехід Саутгемптон - Ашдод представлені в табл. 2.2:

Таблиця 2.2 - Адміралтейські публікації на перехід

NPNо.	Назва
-------	-------

1	2
Admiralty Tide Tables (ATT)	
NP 201 vol. 1	United Kingdom and Ireland
NP 202 vol. 2	Europa, Mediterranean Sea and Atlantic Ocean
	Tidal Stream Atlas
NP264	The Chanel Islands and adjacent Coast of France.
NP265	France, West coast
NP250	The English Channel
Admiralty Tidal Prediction Software	
158	Tidecalc (Program Disc) - Version 1.2
DP 550	Total Tide CD-ROM
DP 560	Simplified Harmonic Method of Tidal Prediction CD-ROM
Лоции (Sailing Directions)	
NP27	Channel Pilot- Isles of Scilly and south coast of England, from Cape Cornwall to Bognor Regis, and north-west coast of France, from Pointe de Penmarc'h to Cape Antifer

Продовження табл. 2.2

1	2
NP22	Bay of Biscay Pilot- Bay of Biscay and approaches with adjacent coast of France and Spain from Pointe De Penmarc'h to Cabo
NP67	West coast of Spain and Portugal Pilot- Fom Cabo Ortegal to Gibraltar, Strait og Gibraltar, north coast of Africa from Cap Spartel to Ceuta, and Arquipelago dos Acores.
NP45	Mediterranean Pilot, Volume 1 - The coast of Spain from Gibraltar to Cap Cerbere, Islas Baleares, the north coast of Africa from Ceuta to Ras Ajdir, Isola di Pantelleria and Isole Pelagia, the Maltese Island, Isole Egadi, sici-lia and Isole. Eolie, the coast of Italy from Capo Suvero to Capo Santa Maria di Leuca.
NP49	Mediterranean Pilot, Volume 5- Coast of Libya, Egypt, Israil, Lebanon, Syria, couth coast of Greek islands from Kriti to Rodos and Turkey with the island of Cyprus.
Admiralty List of Lights and Fog Signals (ALL) (NPs 74-84)	
74	List of Lights Vol. A
77	List of Lights Vol. D
78	List of Lights Vol. E
Admiralty List of Radio Signals	

281(1)	Vol. 1 - Coast Radio Stations, Part 1
281(2)	Vol.2 - Coast Radio Stations, Part 1
282	Vol.2 - Radio Navigational Aids, Electronic Positioning Fixing Systems and Radio Time Signals
283(1)	Vol.3 - Radio Weather Services and Navigational Warnings, Part 1
284	Vol.4 - List of Meteorological Stations
285	Vol.5 - Global Maritime Distress and Safety System
286(1)	Vol.6 - Vessel Traffic Services, Port Operations and Pilot Stations, Part
286(3)	Vol.6 - Vessel Traffic Services, Port Operations and Pilot Stations, Part
Астрономічні публікації (Astronomical Publications)	
314-00	The Nautical Almanac 2014
303(4)	Sight Reduction Forms (H.494)
323	Star Finder and Identifier
Miscellaneous Publications(Разные навигационные публикации)	

Продовження табл. 2.2

1	2
100	The Mariners Handbook - Containing information on Admiralty Charts and Navigational Publications, General Navigation, General Meteorology and Ice (9th Edition, 2009)
136	Ocean Passages for the World (5th Edition, 2004)
NP735	IALA Maritime Buoyage System (Edition,2013)
NP5011	Symbols and Abbreviations Used on ADMIRALTY Charts
NP5012	ADMIRALTY Guide to ENC Symbols used in ECDIS
NP294	How to Keep Your ADMIRALTY Products Up-to-Date
NP231	ADMIRALTY Guide to the Practical Use of ENCs
NP232	ADMIRALTY Guide to ECDIS Implementation, Policy and Procedures
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications - 2014
139	Echo-sounding Correction Tables, Edition 3 1980
133A	Chart Correction Log and Folio Index
	Weekly Edition of Admiralty Notices to Mariners
	Annual Summary of Admiralty Notices to Mariners
	International Regulations for Preventing Collisions at Sea 1972 (COLREG - 72) – Міжнародні правила попередження Зіткнень Судів у Морі (МППЗС - 72)
	Міжнародне Звід Сигналів (МЗС)
	Морехідні Таблиці (МТ-75)
	Software
	Fairplay - World Shipping Encyclopaedia
	Ports Guide

На підставі аналізу підібраних і відкоригованих карт, публікацій і матеріалів можна зробити висновок, що інформаційного забезпечення для безпечного плавання на переході достатньо.

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

В даний час всі завдання отримання, передачі інформації на судах вирішуються штурманським складом в процедурах і з використанням апаратних засобів ГМЗЛБ. Однією з функцій ГМЗЛБ є передача на судна в море Інформації з Безпеки Мореплавання (ІБМ). Способом, координацією і передачею ІБМ займається міжнародна служба безпеки SafetyNET, що є складовою частиною ГМЗЛБ. Структура SafetyNET і завдання, які вирішуються службою, викладені в керівництві IMO International SafetyNETxManual.

Служба SafetyNET передає на судна навігаційні і метеорологічні попередження, метеопрогнози, повідомлення про лихо, дані по коректурі карт і іншу термінову інформацію.

Інформація з безпеки мореплавання надходить у SafetyNET від безлічі офіційних постачальників інформації, зареєстрованих ІМО, основним з яких є Всесвітня служба навігаційних попереджень (ВЗНП), статус і завдання якої визначені прийнятої ІМ Про Резолюцією Асамблеї A.419 (X1).

Для отримання ІБМ в приймач повинен бути введений номер НАВАРЕА (при бажанні можна організувати прийом повідомлень і для сусіднього району; для цього достатньо ввести через кому два номери районів НАВАРЕА, інформацію по яких необхідно приймати). Приймач не може перебувати в стані, коли немає ніякого номера району НАВАРЕА. Якщо номер не введений в ручну, він буде проставлений автоматично за координатами судна. Якщо координати судна не оновиться на протязі 24 годин, то автоматично введений номер НАВАРЕА буде анульовано і приймач почне здійснювати прийом

інформації мережі SafetyNET по всьому океанському району, який обслуговується даними супутником.

Крім повідомлень NAVAREA на переході організовується прийом ІБМ по мережі NAVTEX. NAVTEX (навігаційний телекс) -це міжнародна автоматизована систем передачі навігаційних і метеорологічних попереджень і термінової інформації, що відноситься до вод в відстані до 400 миль від берега. Приєм здійснюється автоматично за допомогою окремого, жорстко налаштованого середньохвильового приймача з приставкою для буквопечатання. Для прийому інформації мережі NAVTEX в приймач повинні бути внесені умовні позначення необхідних станцій, умовні позначення обраних судноводієм видів навігаційної інформації.

Для прийому текстової інформації про погоду - прогнозі, аналізі, метеопередження зазвичай не підбирають спеціальних станцій, оскільки випуски NAVAREA і NAVTEX містять її в достатньому обсязі.

З посібника ALRS 283 вибираємо інформацію, для отримання факсимільних карт погоди за маршрутом переходу Саутгемптон - Ашдод і зводимо її в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№ п/п	Радіостанція	Позначення, межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Olympia	A 55N; 13W; 46N; 45E 31N; 09W; 27N; 31E	Surface analysis 24 hrs surface prognosis 48 hrs surface prognosis	08ч45м(06) 08ч57м(06) 09ч09м(06)

З посібників ALRS 285 вибираємо інформацію по районах NAVAREA і станціях NAVTEX за маршрутом преходу Саутгемптон - Ашдод. Дані зводимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№ п/п	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Коорд. NAVAREA
1	2	3	4	5

2	Англійський канал	I	Corsen[A]	Франція
3	Біскайська затока	II	Coruna[D]	Іспанія
4	П-С Атлантичний океан		Penalva[R]	Португалія
5	Пролив Гібралтар		Tarifa[G]	Іспанія
6	Море Альдеборан		Cabo de Nao[X]	Іспанія
7	Середземне море		el Kiffan[B]	Алжир
8	Середземне море		Kelibia[T]	Туніс
9	Пролив Мальти		Malta[0]	Мальта
10	Середземне море		Haifa[P]	Ізраїль

За допомогою посібника ALRS 286 визначають наявність за маршрутом контрольних постів, районів, де здійснюється рух суден постами СУДС (Reporting Areas), вирішують питання про зв'язок з контрольними станціями і постами - терміни, форми і способи подачі інформації. З'ясовують деталі зв'язку з лоцманськими станціями та операторами терміналів у портах. Отримані відомості зводимо в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Зв'язок на переході

N п/ п	ALRS №	Назва	Позив- ний сигнал	Наданий сервіс	φ	λ	Час
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Vol 6(1) 286	Griz-Nez	Giz-Nez Traffic	WT(MF), WT(HF), RT(MF), RT(HF), VHF	50°52'N	001°35'E	24
2	Vol 6(1) 286	Jobourg	Jobourg Traffic	WT(MF), WT(HF), RT(MF), RT(HF), VHF(13/16/80)	49°41'N	001°54'W	24
3	Vol 6(1) 286	Ushant	Ushant Traffic	WT(MF), WT(HF), RT(MF), RT(HF), VHF(13/16/79)	48°54'N	005°47'W	24
4	Vol 6(1) 286	Finisterre	Finisterr e Traffic	WT(MF), WT(HF), RT(MF), RT(HF), VHF(11/16)	43°18'N	010°06'W	24

5	Vol 6(1) 286	Cap Roca	Roca Control	WT(MF), WT(HF), RT(MF), RT(HF), VHF(22/16/69/79)	38°42'N	010°06'W	24
6	Vol 6(1)	Tangier	Tangier VTS	WT(MF), WT(HF), RT(MF), RT(HF), VHF(69/16/68)	35°53'N	005°45'W	24

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Важливою частиною підготовки до майбутнього рейсу є вивчення гідрометеорологічних умов на всьому протязі передбачуваного шляху судна. Сюди входить вивчення переважаючих напрямків вітрів і їх сили, припливів-течій, коливань температури, випадання опадів, оцінка можливості сильного хвилювання і т.д.

Опис гідрометеорологічних умов переходу Саутгемптон-Ашдод будемо для зручності виконувати по ділянках:

Протока Ла-Манш, Біскайська затока, Середземне море.

Час виконання переходу - місяць червень.

Протока Ла-Манш. Гідрометеорологічні умови для плавання суден в описуваному районі несприятливі з жовтня по березень. У цей період часто спостерігаються сильні вітри і хвилювання, через опади і туману погіршується видимість. Плавання суден можуть ускладнювати сильні місцеві вітри, розвиваючи значне хвилювання.

У травні - вересні гідрометеорологічні умови для плавання суден більш сприятливі: рідше спостерігаються сильні вітри і хвилювання. Однак у цей час плавання суден можуть ускладнювати тумани.

Описуваний район розташований в помірній кліматичній зоні. Клімат тут типовий - морський. Він характеризується незначними коливаннями температури повітря протягом року, великою вологістю і хмарністю, значною кількістю опадів і переважанням західних вітрів.

Літо прохолодне. Відзначаються рідкісні тумани, значна хмарність, помірна кількість опадів, що випадають переважно у вигляді злив. Сильні вітри бувають рідко і продовжуються недовго.

Найбільш істотним фактором у формуванні клімату описуваного району є циркуляція атмосфери. Характерна особливість її - переважання потужного західного переносу теплих і вологих мас морського повітря помірних широт, що формуються в північній частині Атлантичного океану. Західний перенос обумовлюється дуже інтенсивної циклонічної діяльністю, розвивається протягом усього року на фронті помірних широт, що проходить через весь океан від берегів Північної Америки до берегів Європи.

У описуваному районі відзначаються в основному чотири типи погоди: південно-західний, північно-західний, південно-східний і антициклонічний.

Істотний вплив на клімат описуваного району надає Північно-Атлантичний перебіг, що приносить до берегів Західної Європи великі маси теплої води, що надходить в протоку Ла-Манш, що обумовлює підвищення температури повітря взимку і деяке зниження її влітку.

Особливі метеорологічні явища. Грози спостерігаються рідко і найчастіше влітку.

Біскайська затока. У літні місяці біля входу в Біскай постійні течії мають переважно SW напрямок. Вітри дмухають переважно з напрямків від SW до NW, але влітку вони зустрічаються рідше. Уздовж північного узбережжя Іспанії спостерігаються Galernal (шквали), особливо в літній час, що призводить до сильних E течій.

Тумани і низька видимість (менше 1 км) спостерігаються у відкритому морі пізньою весною і влітку, коли тепле вологе повітря рухається над відносно прохолодним морем.

Західний берег Іспанії та Португалії. У літній час тумани часті у NW узбережжя Іспанії, але їх частота зменшується у Португалії. Низька видимість також часто спостерігається в Гібралтарській протоці. Протягом усього року постійні течії вздовж узбережжя мають спрямування з N на S. Хвилювання

переважно йде з півночі. Середнє атмосферний тиск у липні коливається в межах 1018 - 1020 гПа. Вплив на нього чинять дії Азорського максимуму. Вітри дують переважно північні.

Середземне море. Описуваний район розташований в субтропічній кліматичній зоні. Клімат тут типовий середземноморський, який характеризується сухим помірним жарким літом і дощовою м'якою зимою.

У теплий період року (квітень - вересень) тут спостерігається малохмарна зі слабкими вітрами погода, пов'язана з розвитком відрога Азорського максимуму. Переважною повітряною масою влітку є тропічне повітря, сухий і спекотний.

Відносна вологість повітря у відкритому морі протягом року 70-80%; на узбережжі Африки і островах вона зменшується влітку до 60, а взимку збільшується від 65 до 80%.

Вітри. У відкритому морі протягом року панують вітри від W, а в східній частині описуваного району - і від NW. Повторюваність кожного з них становить 20-40%. Крім цих вітрів, від E, повторюваність їх 25-50%.

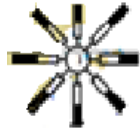
На узбережжі Африки з жовтня по квітень переважають вітри від W, NW і SW, повторюваність кожного з них досягає 30-35%. З квітня- травня по вересень - жовтень найчастіше відзначаються вітри від N, NE і E, повторюваність кожного з них змінюється від 20 до 35%.

Повторюваність штилів протягом року повсюдно змінюється від 1 до 12%, місцями досягаючи 18%. Слід зазначити, що протягом доби штилі на більшій частині узбережжя розподілені нерівномірно, проте частіше вони спостерігаються в ранкові години.

Повторюваність швидкості вітру 16 м / с і більше у відкритому морі протягом року не більше 5%. лише в грудні вона місцями досягає 10%.

У відкритому морі, в західній його частині, сильні вітри найбільш вірогідні від W і E, а в східній частині - від NW, W, E і SE. На узбережжі Африки шторми в основному приходять від SW, W і NW.

Таблиця 2.6. - Метеорологічна таблиця

Метеорологічні елементи		Саутгемптон	Ла Манш	Біскайська затока	Гибралтар протока	Ашдод порт
1		2	3	4	5	6
Повторюваність вітру, %	N	11	8	22	0	6
	NE	6	10	24	13	2
	E	8	10	5	37	1
	SE	6	7	2	1	4
	S	11	9	5	5	11
	SW	22	13	8	23	37
	W	23	30	12	18	18
	NW	11	12	4	0	13
Швидкість вітру, м / с		5	7	8	8	4
Число днів з туманом		1	2	1	22	0
Середня хмарність, бали		5	3	3	4	1
Число ясних днів (0-2 бали)		15	15	15	17	17
Число пасм. днів (8-10 балів)		2	4	3	3	2
Середнє у опадів, мм		57	56	31	13	2
Число днів з грозою		1	1	2	2	0
Середня температура повітря, С		25	27	30	31	34
Рози вітрів						

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Саутгемптон 50° 54' N 001° 24' W

Головний технікообробний і круїзний порт. Другий за величиною контейнерний термінал Великобританії. Також обробляються навалочні вантажі та рибна продукція. Нафтові термінали знаходяться у Fawley і Hamble. Місцерозташування: Центральна південна частина узбережжя Англії навпроти

острова Уайт.

Карти BA Charts No. 2036, 2037, 2041 and 2045.

Документи:

- 1 Bonded Stores List
- 1 Cargo Manifest
- 1 Crew Effects Declaration
- 1 Crew List
- 1 Derat (Exemption) Certificate
- 1 General Declaration
- 1 ISM Certificate
- 1 ISSC
- 1 Maritime Declaration of Health
- 1 Passenger List
- 1 Safe Manning Certificate
- 1 Ship's Register
- 1 StoresList

Підхід для суден з великим заглибленням через канал Наб. Приливні течії йдуть під майже прямим кутом до цього каналу і, в певних випадках течії, повинна дотримуватися обережності при проходженні всередині каналу. У північному кінці канал повертає приблизно на 45° на захід, але це не позначено на іншій стороні. Найбільш складна навігаційна частина між NabFawley. Між PrinceConsortBuoy, CowesRoads, BlackJackBuoy і Calshot, особливо для суден з великим заглибленням, які повинні триматися в стороні від NorthGurnardBuoy до повороту на 145° до західного підходу каналу, що звужується до 305 м. Приливні течії в цьому районі можуть досягати до 3,5 вузлів в сизигію. Влітку зустрічаються безліч яхт та інші малі судна. Потрібно підтримувати зв'язок з SouthamptonVTS.

Лоцманська провідка: обов'язкова для всіх суден довжиною 61 м і більш і для суден, які перевозять понад 12 пасажирів і довжиною 20 м і більше. Всі судна, що вимагають лоцмана, повинні звернутися до SouthamptonVTS не менш

ніж за 12 годин у відповідності з їх ЕТА. Судновласники, капітани або агенти можуть замовити лоцмана факсом: +44 (2380) 232991 або VTSCentre, Tel: +44 (2380) 608209. Пункт призначення і посадочне місце повинні бути забезпечені. ЕТА повинно бути перевірено з Southampton VTS на VHF Channel за 12 і 3 години до приходу.

Якірна стоянка: Контрольована якірна стоянка на півночі Hook Light Buoy для судів понад 91,4 м і каботажних танкерів. Судна довжиною більше 91,4 м і каботажні судна можуть використовувати основну якірну стоянку. План порту Саутгемптон представлений на рис.2.1.

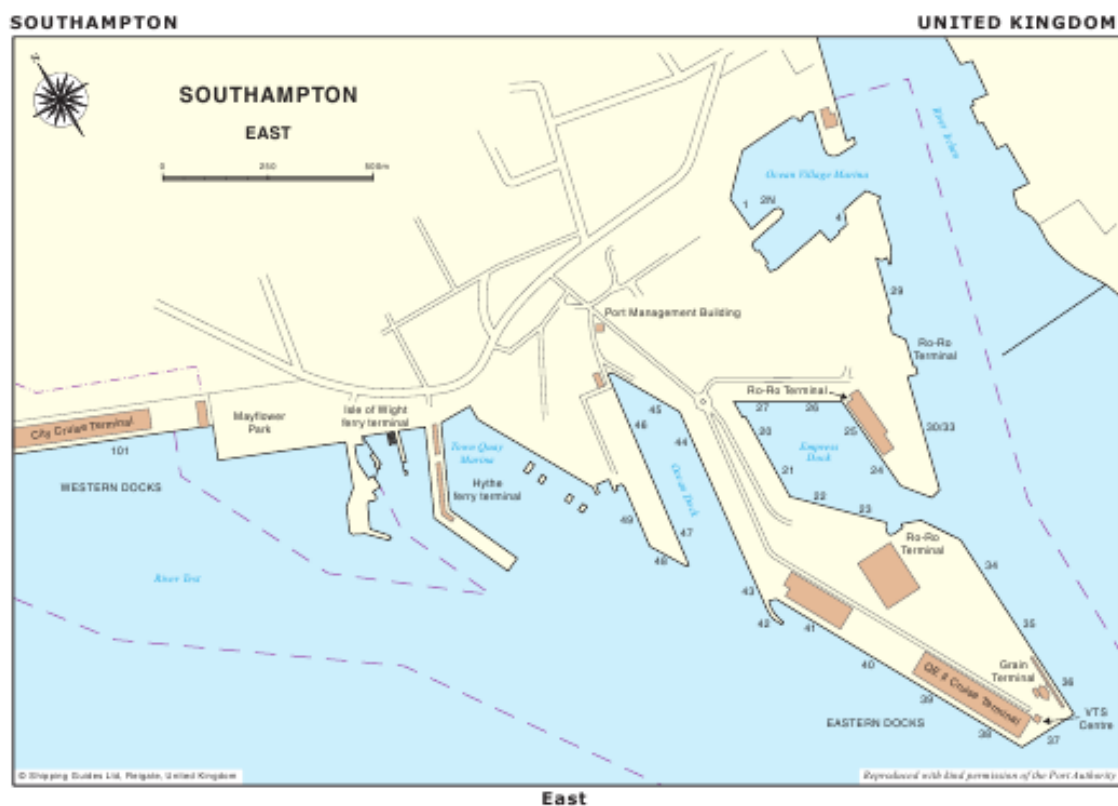


Рисунок 2.1 - План порту Саутгемптон

Ашдод / Ashdod. Ізраїль. Координати: 31° 50 'N, 034° 39' E. - п'яте за величиною місто в Ізраїлі, розташований в Південному окрузі країни на узбережжі Середземного моря, в тридцяти кілометрах на південь від Тель-Авіва. Місто є важливим регіональним промисловим центром. Порт Ашдода - найбільший порт в країні, через нього проходить 60% всіх ввезених вантажів.

Підхід до порту оточений двома хвилерізами. Основний хвилеріз 3350 м завдовжки. Підвітряний хвилеріз 900 м завдовжки. Довжина підхідного каналу

300 м, ширина 14,8 м. Діаметр місця для розвороту 450 м на захід Причалу №24, з глибиною 16 м. Діаметр місця для розвороту 430 м північніше причалу № 8, з глибиною 14,5 м.

Лоцманська проводка обов'язкова в порту і доступна 24 години. Час прибуття судна має бути відправлено за 24 години через агента, або Хайфа Радіо, за 12:00 перед прибуттям. Канали для виклику лоцмана УКВ 16 і 14. Місце посадки лоцмана залежить від погодних умов.

Якірні місця. Зовнішня якірна стоянка західніше порту з глибинами 22 - 29 м. Весь район відкрите море. Немає захищеної якірної стоянки. Судна повинні уникати постановки на якір біля підхідного каналу та біля нафтових вишок. При постановці на якір, капітан повинен повідомити позицію, час і очікуваний час постановки біля причалу. План порту Ашдод представлений на рис.2.2.

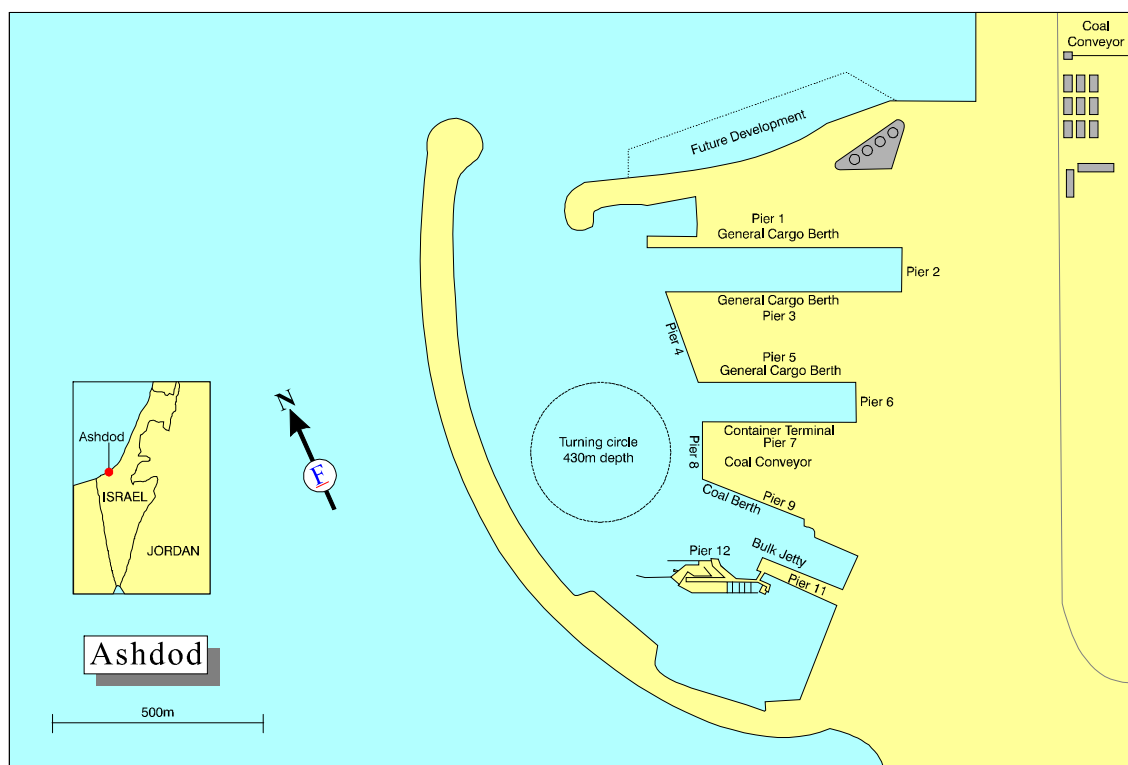


Рисунок 2.2- План порта Ашдод

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Перехід Саутгемптон – Ашдод не містить трансокеанського переходу. Розрахунок ортодромії не виконувався.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Відповідно до рекомендацій ІМО, при плануванні рейсу необхідно скласти маршрутні листи, які повинні лежати на штурманському столі. Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи (рис.2.3) вносяться необхідні зміни.

2.3.3 Графічного плану переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляють у вигляді графічного плану переходу (рис. 2.4). На графічному плані наноситься наступна інформація: курс судна (ортодромія чи локсодромія), назви портів відходу/заходу, основні течії, рози вітрів.

Route: <Southampton - Ashdod>

WP	Lat	Lon	Course	Total Distance	ETA	ETD	TTG	Total Time	Speed
10/06 12:40 Pilot boards the ship. Check all systems. Unmooring from the pier and proceed to English Channel. BACH # 2036, 2045, 2656, 2647 VHF CH 16, 12, 20									
0	50° 53.038' N	001° 23.957' W		3,20 nm		10.08.2025 13:00	00d 00h 29m	00d 00h 38m	6,0 kt
Pilot disembarkation. Main Engine changed status to Man. and proceed to English Channel and Dover Strait. Proceeding through the channel system farther to Atlantic Ocean. Keep sharp look out. VTS VHF CH: 11; 79 BACH # 2613, 1104, 1111, 3633, 3634, 635, 3636									
1	50° 50.240' N	001° 19.069' W	132,1°	10,10 nm	10.08.2025 14:47	10.08.2025 14:47	00d 01h 08m	00d 01h 47m	6,0 kt
2	50° 48.489' N	001° 17.272' W	147,0°	16,00 nm	10.08.2025 15:07	10.08.2025 15:07	00d 00h 20m	00d 02h 07m	17,0 kt
3	50° 46.307' N	001° 19.814' W	216,4°	48,40 nm	10.08.2025 17:02	10.08.2025 17:02	00d 01h 54m	00d 04h 02m	17,0 kt
4	50° 42.345' N	001° 32.538' W	243,9°	105,40 nm	10.08.2025 20:24	10.08.2025 20:24	00d 03h 21m	00d 07h 24m	17,0 kt
5	49° 59.000' N	002° 55.000' W	258,3°	125,10 nm	10.08.2025 21:34	10.08.2025 21:34	00d 01h 09m	00d 08h 34m	17,0 kt
6	49° 43.000' N	003° 45.000' W	243,7°	161,10 nm	10.08.2025 23:42	10.08.2025 23:42	00d 02h 07m	00d 10h 42m	17,0 kt
7	49° 12.970' N	005° 00.000' W	238,4°	218,40 nm	11.08.2025 03:04	11.08.2025 03:04	00d 03h 22m	00d 14h 04m	17,0 kt
8	48° 54.000' N	005° 47.000' W	238,4°	254,50 nm	11.08.2025 05:12	11.08.2025 05:12	00d 02h 08m	00d 16h 12m	17,0 kt
9	43° 18.000' N	010° 06.000' W	208,2°	635,40 nm	12.08.2025 02:38	12.08.2025 02:38	00d 22h 25m	01d 14h 38m	17,0 kt
10	38° 42.000' N	010° 06.000' W	180,0°	911,40 nm	12.08.2025 18:51	12.08.2025 18:51	00d 16h 13m	02d 06h 51m	17,0 kt
11	36° 46.650' N	009° 33.035' W	167,2°	1029,60 nm	13.08.2025 01:48	13.08.2025 01:48	00d 06h 56m	02d 13h 48m	17,0 kt
12	36° 33.200' N	009° 16.900' W	136,0°	1048,40 nm	13.08.2025 02:54	13.08.2025 02:54	00d 01h 05m	02d 14h 54m	17,0 kt
13	35° 53.400' N	006° 12.000' W	104,9°	1202,80 nm	13.08.2025 13:01	13.08.2025 13:01	00d 09h 06m	03d 00h 01m	17,0 kt
Proceed to Gibraltar Strait. Proceeding through the channel system. Keep sharp look out. VTS VHF CH: 16, 10 BACH # 142, 91									
14	35° 53.400' N	005° 45.000' W	090,0°	1224,70 nm	13.08.2025 14:18	13.08.2025 14:18	00d 01h 17m	03d 01h 18m	17,0 kt
15	35° 53.400' N	005° 35.200' W	090,0°	1232,80 nm	13.08.2025 14:46	13.08.2025 14:46	00d 00h 28m	03d 01h 46m	17,0 kt
16	35° 54.800' N	005° 25.600' W	079,8°	1241,00 nm	13.08.2025 15:14	13.08.2025 15:14	00d 00h 27m	03d 02h 14m	17,0 kt
Gibraltar strait passed, changing RPMs of ME. Mediterranean Sea passage for 3,5 days. Astronomical position observations as alternative ship position fixing. BACH#3578, 773, 774, 2121, 2122, 1909, 1910, 252, 2123, 2573, 2634									
17	37° 08.000' N	004° 00.000' E	080,9°	1700,80 nm	14.08.2025 18:24	14.08.2025 18:24	01d 03h 09m	04d 05h 24m	17,0 kt
18	37° 20.000' N	006° 30.000' E	084,3°	1820,90 nm	15.08.2025 01:29	15.08.2025 01:29	00d 07h 04m	04d 12h 29m	17,0 kt
19	37° 20.000' N	009° 00.000' E	090,0°	1940,20 nm	15.08.2025 09:31	15.08.2025 09:31	00d 07h 02m	04d 19h 31m	17,0 kt
20	37° 34.000' N	010° 02.000' E	074,2°	1991,30 nm	15.08.2025 12:32	15.08.2025 12:32	00d 03h 01m	04d 22h 32m	17,0 kt
21	37° 34.000' N	010° 13.000' E	090,0°	2000,10 nm	15.08.2025 13:03	15.08.2025 13:03	00d 00h 30m	04d 23h 03m	17,0 kt
22	37° 23.000' N	011° 08.000' E	104,1°	2045,10 nm	15.08.2025 15:42	15.08.2025 15:42	00d 02h 39m	05d 01h 42m	17,0 kt
23	37° 18.500' N	011° 17.500' E	120,7°	2053,90 nm	15.08.2025 16:13	15.08.2025 16:13	00d 00h 31m	05d 02h 13m	17,0 kt
24	36° 26.900' N	014° 35.100' E	108,0°	2220,10 nm	16.08.2025 02:01	16.08.2025 02:01	00d 09h 48m	05d 12h 01m	17,0 kt
25	32° 22.940' N	032° 43.860' E	105,1°	3150,50 nm	18.08.2025 09:54	18.08.2025 09:54	02d 06h 52m	07d 18h 54m	17,0 kt
26	32° 08.100' N	033° 48.500' E	105,1°	3207,10 nm	18.08.2025 13:14	18.08.2025 13:14	00d 03h 20m	07d 22h 14m	17,0 kt
27	31° 52.450' N	034° 27.600' E	115,2°	3243,80 nm	18.08.2025 15:24	18.08.2025 15:24	00d 02h 09m	08d 00h 24m	17,0 kt
End of Sea Passage. Main Engine to Maneuring Status. Reduce speed. Port Ashdod Pilot boards the Ship and proceeding to the port. BACH #2634, 1591. VHF CH 14, 16, 10									
28	31° 51.300' N	034° 37.000' E	098,2°	3251,90 nm	18.08.2025 16:44	18.08.2025 16:44	00d 01h 20m	08d 01h 44m	6,0 kt
29	31° 51.200' N	034° 38.100' E	096,1°	3252,80 nm	18.08.2025 16:54	18.08.2025 16:54	00d 00h 09m	08d 01h 54m	6,0 kt
30	31° 50.790' N	034° 38.360' E	151,6°	3253,30 nm	18.08.2025 16:59	18.08.2025 16:59	00d 00h 04m	08d 01h 59m	6,0 kt
31	31° 50.370' N	034° 38.390' E	176,5°	3253,70 nm	18.08.2025 17:03	18.08.2025 17:03	00d 00h 04m	08d 02h 03m	6,0 kt
32	31° 50.050' N	034° 38.310' E	192,0°	3254,00 nm	18.08.2025 17:09	XXXX	00d 00h 06m	08d 02h 09m	3,0 kt

Рисунок 2.3 – Маршрутный лист

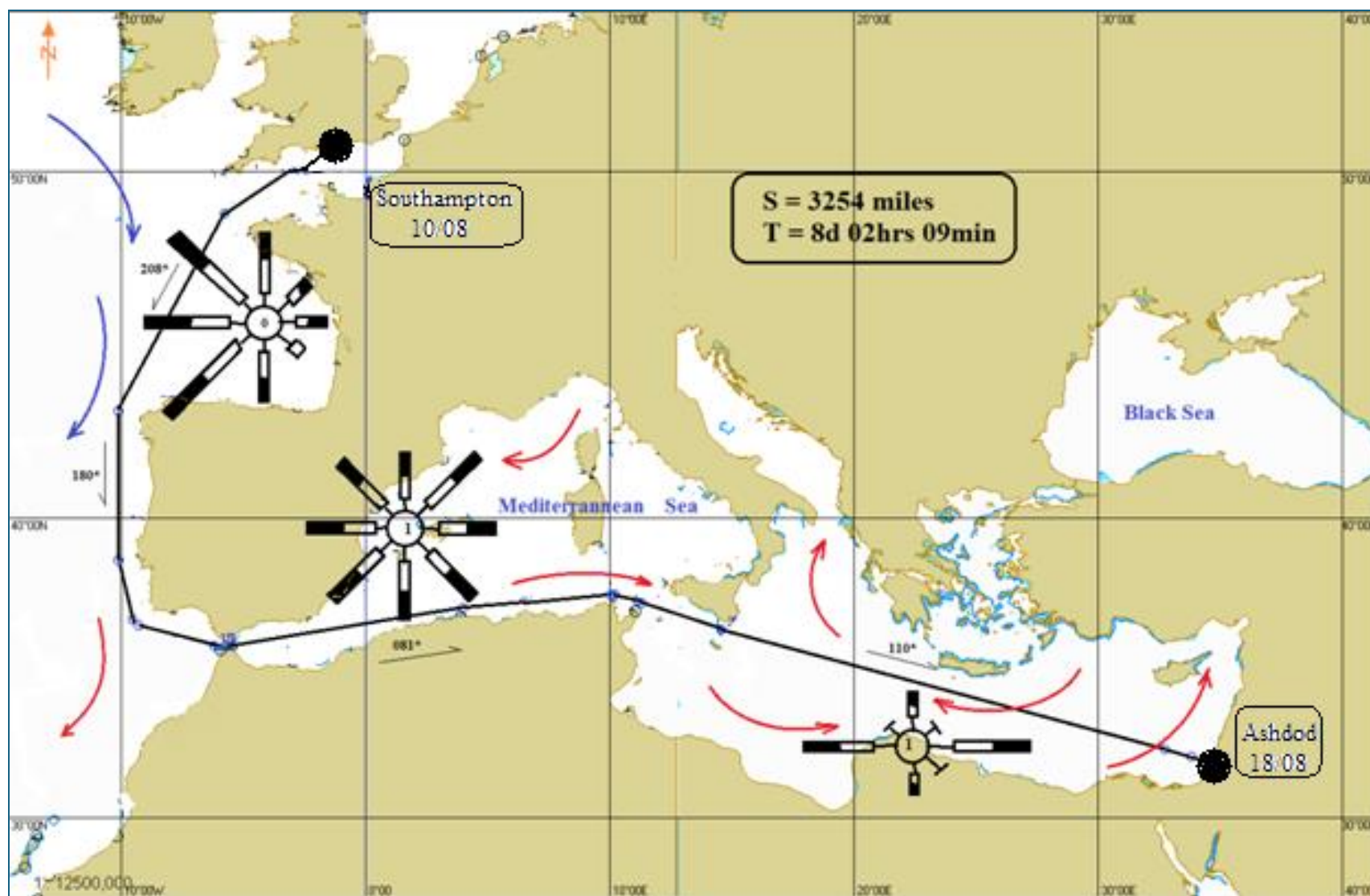


Рисунок 2.4 - Графічний план переходу Саутгемптон – Ашдод

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Природна освітленість суттєво впливає на безпеку плавання, як про це свідчить аварійна статистика. Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями. Спочатку, за широтою і Грінвічському дат планованого плавання, вибирають з МАЕ без інтерполяції моменти місцевого середнього часу сходу і заходу Сонця і Місяця. За округленої довготи передбачуваного місця на полудень кожної доби ці моменти переводять у суднове час T_c і на кожен такий момент знаходять прокладкою наперед координати φ і λ місця судна. Потім для передвчислення місця судна за звичайною методикою розраховують за МАЕ моменти T_c явищ, що характеризують освітленість.

Результати розрахунків моментів явищ, що характеризують освітленість на переході Саутгемптон - Ашдод, представлені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Елементи освітленості

Дата	Поч.	Сонце				Кінець	Місяць		
	Н.С.	Схід		Захід		Н.С.	Схід T_c	Возр	Захід
		T_c	A	T_c	A				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.08	03.09	04.39	63	19.41	297	21.06	06.25	1	21.03
11.08	03.44	05.06	65	19.36	295	20.47	08.15	3	21.33
12.08	03.24	04.33	66	18.31	294	19.34	08.47	4	21.10
13.08	04.47	05.47	67	19.07	293	20.06	10.52	5	22.15
14.08	04.15	05.15	68	18.34	292	19.34	11.27	6	22.15
15.08	04.45	05.44	70	19.01	290	19.59	13.01	7	23.18
16.08	04.16	05.14	72	18.27	288	19.24	13.33	8	23.32
17.08	04.50	05.48	72	18.53	288	19.49	15.01	9	00.32
18.08	04.26	05.21	72	18.22	288	19.18	15.24	10	00.52

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

На даному переході Саутгемптон - Ашдод приливні явища будуть розглядатися на ділянці, де їх величина найбільша. Якірні стоянки Ашдода і однойменний порт особливих приливних течій не мають, максимальний прилив 20 см. Особливий інтерес для безпеки переходу являє порт Саутгемптон.

Приливні течії в поєднанні з сильним вітровим хвилюванням або великої брижами у відкритій частині протоки Ла Маншу на деяких рейдах також створюють несприятливі умови для плавання і стоянки суден.

Характер і величина припливу в порту відбуття приведена в таблиці 2.8. Півдобовий прилив в порту навантаження Саутгемптон представлений на рис.2.5.

Таблиця 2.8 - Характер і величина припливу в порту відбуття

Саутгемптон			
10/08		10/08	
Тп	hп	Тп	hп
00:01	4.5	12:17	4.7
Тм	hм	Тм	hм
04:53	1.1	17:11	1.0

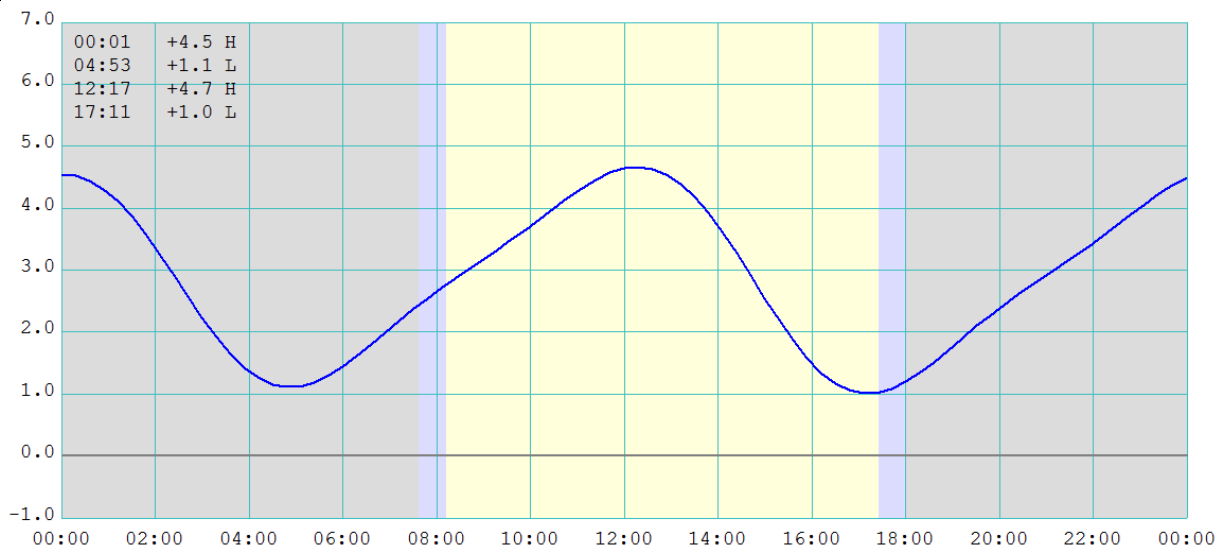


Рисунок 2.5 - Графік припливів в порту навантаження Саутгемптон

2.4 Висновки

Перехід з порту Саутгемптон до порту Ашдод проходить уздовж Піренейського півострова по Атлантичному океану потім по всій південній частині Середземного моря із заходу на схід.

У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Загальна протяжність переходу склала 3254 миль; час виходу з порту Гавр 10/08/25 о 13:00 за місцевим часом; час приходу в порт Ашдод 18/08/25 о 17:09.

Зібрана інформація та виконані розрахунки, а також виконана попередня прокладка дають змогу прийти до висновку, що в навігаційному відношенню безпека плавання на даному переході забезпечена.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

До перевезення приймаються легкові автомобілі.

Важливим етапом підготовки до розрахунку вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів та правильне врахування цих характеристик сприяє забезпеченню безпеки плавання суден, своєчасній і бережливій доставці вантажу.

Автомобілі - генеральний вантаж, перевозитися в самохідному стані або на спеціальних платформах. На спеціальних суднах (автовозах, поромах) при горизонтальному способі навантаження - перевозяться в самохідному стані, при вертикальному способі навантаження на інших суднах (перевезення на кришках трюмів) - перевозяться на спеціальних платформах, або без них , але вантажаться і розвантажуються краном. Оскільки в баках автомобілів знаходиться пальне, то після навантаження виконується відключення акумуляторних батарей автомобілів від їхньої бортової мережі . До перевезення допускаються тільки стандартні автомобілі (заводські моделі). З метою запобігання появи подряпин на лакофарбовому покритті, капот, багажник і дах автомобілів покривають захисною плівкою. Інформацію про кожен автомобіль (VIN-номер і т.д.) розміщають на наклейках на одному зі скла автомобіля. Як правило автоскладальні заводи виконують 99% зборку автомобілів, інші компоненти знаходяться усередині автомобіля вигляді частин (дзеркала, ковпаки, антени і т.д.).

Основні транспортні характеристики вантажів які перевозять, представимо в табличній формі (табл. 3.1).

При навантаженні виконувалися умови згідно Cargo Securing Manual по максимальних навантаженнях на палуби, рампи навантаження на кріпильний матеріал.

Підготовку судна до навантаження виконує палубна команда, що у процесі підготовки повинна встановити, відповідно до суднового керівництва по кріпленню, перевірити надійність люкових закриттів, працездатність систем вентиляції й освітлення, позначити місця, які повинні мати вільний прохід для забезпечення доступу до пожежних постів і люків. Перевіряється також і справність засобів огороження рамп, трапів.

Вантаж на судні повинен бути розміщений виходячи з наступних умов: забезпечення необхідної остійності протягом усього рейсу; розподіл маси вантажу повинен задовольняти вимогам інформації про остійність, а також загальної й місцевої міцності судна, незміщуваності вантажу під впливом хитамиці й вібрації.

Враховувати сумісність вантажу немає необхідності.

Таблиця 3.1 - Кількісно-масові характеристики вантажів

Найменування вантажу	Маса 1 місця, кг	Кількість, шт
1	2	3
Volkswagen Passat	1398	173
Volkswagen Jetta	1000	485
Volkswagen Caddy	1532	420
Volkswagen Crafter	2471	97
Volkswagen Golf	1328	68
Volkswagen T5	2150	133
Volkswagen Tiguan	1604	26
Volkswagen Toareg	2235	20
Audi A1	1490	6

Продовження табл.3.1

1	2	3
Audi A3	1315	76
Audi A4	1460	70
Audi A5	1495	19
Audi A6	1880	108
Audi Q5, Q7, R8	1895	37
Audi TT	1525	1
Kia	1525	110
Hyundai	1830	138
Skoda	1255	63
Chevrolet Capt.	1750	56
Chrysler	1805	24
Citroen/Peugeot	1620	177
Renault Clio	1160	20
Toyota Aygo	1230	81
Ford	1166	4
Trailers	20000	3
Truck	14000	2
Crane	10500	1

3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення

Номенклатура, властивості вантажів, характеристики вантажних приміщень і умови майбутнього рейсу визначають підготовку судна.

Всі вантажні пристрої судна повинні бути повністю підготовлені до приймання вантажу, обумовленого в договорі морського перевезення.

До заходу судна в порт навантаження, всі вантажні палуби повинні бути перевірені на наявність сторонніх предметів, які будуть заважати в ході навантажувальних робіт. Всі кріпильні ремені, повинні бути не ушкодженими, вирівняними й бути розвішеними уздовж перегородок на відповідних місцях.

Всі додаткові пристосування, такі як, гальмові колодки, дорожні конуси й знаки напрямку руху й зупинки, повинні бути на своїх місцях. Після проведення збирально-очисних робіт, варто зібрати всю воду з палуби, для проведення безпечного навантаження. Так як це судно є чистим автомобілевозом, то варто приділяти особливу увагу протипожежній системі, включаючи систему CO₂. Щомісяця всі вогнегасники, гідранти, шланги, що знаходяться на вантажних палубах, повинні ретельним образом перевірятися. Електромеханіком перевіряються димові й теплові сенсори системи пожежогасіння, так само він перевіряє все палубне освітлення. Перед заходом судна в порт навантаження, вантажні палуби повинні бути провентильовані, для запобігання появи конденсату на вантажних палубах.

До початку вантажних операцій факт готовності вантажних приміщень оформляють актом.

Перевізник відповідає за повну схоронність вантажу з моменту його прийому до перевезення й до видачі вантажоодержувачеві. Забезпечення правильної організації прийому-здачі вантажу і його схоронності в процесі морського перевезення є однією з найважливіших задач капітана, його помічників і всього екіпажу судна.

Особливо ретельно слід приймати вантажі на судно. При цьому суднова адміністрація має право вимагати від відправника вантажу й стивідора порту суворого виконання загальних і спеціальних правил і інструкцій, контролювати кількість і стан вантажу, організацію й технологію вантажних операцій.

Вантажі, яким потрібне упакування для запобігання від псування й ушкодження повинні пред'являтися відправником у міцній, стандартній і справній тарі, що забезпечує їх схоронність в умовах морського перевезення. Всі тарні вантажі повинні мати повне і ясне стандартне маркування із вказівкою в необхідних випадках місць застропки й попереджувальних знаків. У всіх випадках, коли тара не відповідає наведеним вище вимогам, суднова адміністрація має право відбракувати відповідні вантажні місця, вимагати їх заміни або усунення відзначених недоліків.

Перевізник відповідає за правильне розміщення, кріплення й сепарацію вантажів на судні, навіть у тих випадках, коли стивідорні операції організуються й оплачуються фрахтувальником або коли відповідно до коносаменту перевізник не відповідає за кількість і масу вантажу. Вантажі повинні розміщатися на судні в повній відповідності з каргопланом, погодженим з капітаном судна, будь-які відступи від нього допускаються тільки з дозволу суднової адміністрації. Навантаження повинне здійснюватися коносаментно, для того щоб не допустити змішання окремих партій.

При навантаженні необхідно організувати належний облік вантажу. Точність підрахунку досягається уважним його веденням і безперервним звіренням між судновими й береговими тальманами. У випадку, якщо між судновою адміністрацією й представником відправника вантажу є розбіжність у підрахунку місць і не представляється можливим провести вторинну перевірку рахунку, у штурманській розписці повинне бути зроблене застереження "... місць менше (або більше) у супереччі". Аналогічно організується й здача в порту призначення.

Прийом і перевезення вантажів судном оформляється документами, які виконують певні функції протягом усього транспортного процесу або на окремих його етапах. Дані у вантажних документах необхідні для правильного складання каргоплану, своєчасної й схоронної доставки вантажів по призначенню. Крім того вони фіксують кількість і стан вантажів, прийнятих перевізником на свою відповідальність, а дати підписання цих документів визначають момент прийняття вантажів на борт судна й момент видачі вантажу одержувачеві.

Ордер на вантаж (shipping order) є найважливішим внутрішньотранспортним документом під час перевезення вантажів морем. Номер ордера на вантаж є чисельником знака транспортної марки (у знаменнику проставляється кількість місць у даній партії).

Ордер на вантаж складається портом у декількох екземплярах (для портів відправлення, одержання й судна).

Після того, як помічник капітана розписується на екземплярі ордера, що залишається в порту навантаження, підтверджуючи, що вантаж прийнятий на судно, цей екземпляр ордера на вантаж називається штурманською розпискою (mates receipt).

Коносамент є одним з найбільш важливих документів і є доказом прийняття перевізником позначеного в ньому вантажу. Він може замінити договір перевезення і є товаророзпорядчим документом.

Товаророзпорядча функція коносамента виражається в тім, що під час знаходження вантажу в процесі транспортування він у руках його власника як би персоніфікує собою вантаж. Власник коносамента є юридичним власником вантажу, що надає право його власникові робити з вантажем різні угоди.

Коносаменти бувають чистими, тобто без яких-небудь застережень, що ганьблять вантаж, про недоліки його зовнішнього вигляду й стану й дефектні, тобто які мають застереження.

Варто досить обережно підходити до рішення про видачу чистого коносамента замість дефектного під гарантійний лист, тому що важко передбачати ускладнення, які можуть виникнути в порту призначення при здачі дефектного вантажу. Якщо фрахтувальники протестують проти дефектного коносамента, капітан може відгородити себе, зробивши застереження: "signed under protest". Іноді доцільно вручити фрахтувальникові офіційний протест.

Коносамент виписується на кожну окрему партію вантажу, прийнятого на судно по одному дорученню.

Коносаменти представляються на підпис капітанові фрахтувальником. Необхідно простежити, щоб не було протиріч між чартером і коносаментом.

Фрахтувальники не вправі затримати подання коносаментів на підпис капітанові щоб уникнути простою судна.

Крім тієї або іншої кількості екземплярів оригіналу коносамента, у практиці виникає необхідність у виготовленні певного числа копій коносамента, призначених для комерційних служб, агентів у портах відправлення й приходу, митниці й т.д. На копіях коносамента обов'язково

ставиться штамп: "Копія" (Copy) або "Не має торговельного значення" (Not negotiable).

Разом з вантажем ідуть товарні документи: сертифікати, якісні посвідчення, сортові свідоцтва, аналізи й т.д.

Приймально-здавальна відомість (маніфест) являє собою опис коносаментів або накладних.

Маніфест необхідний митниці для огляду вантажів. Він також служить документом, по якому в порту призначення вантажні документи передаються агентів або порту. У деяких випадках у маніфесті розписуються про прийом вантажів.

Люкові записки складаються роздільно по кожному трюму й містять перелік всіх коносаментних партій, розташовуваних у даному відсіку в порядку черговості їхнього вивантаження.

При здачі вантажів доводиться зіштовхуватися з різноманітними порядками й умовами, які визначаються як національним законодавством у різних країнах, так і місцевими правилами й звичаями, що діють в окремих портах.

При будь-якому діючому в даному порту порядку прийому вантажів, що доставляються судном, капітан повинен заручитися тим або іншим документом, що підтверджує доставку вантажу.

Класичним способом остаточного документального підтвердження видачі судном вантажу одержувачеві є розписка останнього на оригіналі коносамента або хоча б на капітанській копії коносамента. Або видається капітанові особливий документ - Autturn report, або сертифікат. Ця розписка незалежно від найменування й форми повинна констатувати результати здачі вантажу судном роздільно по кожній коносаментній партії.

Правила прийому-здачі вантажу при перевезеннях між портами можуть здійснюватися також на основі проформ чартеру й коносамента, невідомих раніше капітанові, які можуть містити специфічні застереження й умови в частині організації прийому-здачі вантажу, відповідальності судна й т.д.

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повна розрахункова водотоннажність судна Δ_p , що служить вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності $\Delta_{\text{ч}}$ на рейс, залежить від вантажних марок у портах навантаження і вивантаження і вантажних марок і обмежень осадки на трасі переходу.

Для визначення Δ_p необхідно по карті зон і сезонних районів визначити діючі вантажні марки відповідно до часу року.

Перехід Саутгемптон – Ашдод проходить в зоні дії літньої вантажної марки без обмежень по осадці. За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлену для зони дії літньої вантажної марки.

Повна водотоннажність для літньої вантажної марки (з ТЕХ судна):

$$\Delta_p = 23037 \text{ т.}$$

Після знаходження розрахункової водотоннажності судна визначають повну вантажопідйомність (дедвейт) судна:

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_0,$$

де Δ_0 - водотоннажність судна порожнього, т.

$$\Delta_w = 23037 - 11676 = 11361 \text{ т}$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_p = S / (V_s \cdot 24) + t_{\text{зп}},$$

де V_s - швидкість судна;

S - довжина траси переходу, милі;

$t_{\text{зп}}$ - час затримок судна в дорозі, діб.

$$t_x = 3254 / (17,0 \cdot 24) + 0,1 = 8,1 \text{ діб.}$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum Q_i}{M} + t_{\text{доп}},$$

де Q_i - маса вантажу одного найменування (кількість автомобілів), шт;

M - валова норма вантажних робіт, шт/рік;

$t_{\text{доп}}$ - час на допоміжні операції в порту.

Норма вантажно-розвантажувальних робіт складає - 120 автомобілів на годину.

Час стоянки розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \frac{Q_i}{24M}$$

$$t_{\text{ст}} = 2418 / (24 \cdot 120) + 0,1 = 0,9 \text{ доби}$$

Кількість вантажу, що може прийняти судно, залежить від величини запасів. Звичайно немає необхідності враховувати стояночні запаси, що витрачаються в порту навантаження, тому що до моменту закінчення навантаження стояночні запаси, передбачені на час навантаження будуть витрачені. Тому загальна кількість рейсових запасів $P_{\text{зап}}$ розраховується як сума ходових запасів $P_{\text{зап}}^x$ і необхідних для порту вивантаження стояночних запасів $P_{\text{зап}}^{\text{ст}}$:

$$P_{\text{зап}} = P_{\text{зап}}^x + P_{\text{зап}}^{\text{ст}};$$

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_{\text{т}}^x + P_{\text{в}}^x + P_{\text{см}}^x;$$

де $P_{\text{т}}^x$, $P_{\text{в}}^x$, $P_{\text{см}}^x$ - відповідно кількість палива, води і мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням коефіцієнта штормового запасу $k_{\text{шт}}$ (за даними судновласника 10%).

$$P_{\text{т}}^x = q_{\text{т}}^x \cdot t_{\text{х}} \cdot k_{\text{шт}};$$

$$P_{\text{в}}^x = q_{\text{в}}^x \cdot t_{\text{х}} \cdot k_{\text{шт}};$$

$$P_{\text{см}}^x = q_{\text{см}}^x \cdot t_{\text{х}} \cdot k_{\text{шт}};$$

де $q_{\text{т}}^x$, $q_{\text{в}}^x$, $q_{\text{см}}^x$ - добова норма витрати палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу.

$$P_{\text{т}}^x = (40,5 + 3,5) \cdot 8,1 \cdot 1,1 = 392 \text{ т}$$

$$P_{\text{в}}^x = 5 \cdot 8,1 \cdot 1,1 = 44,6 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^x = 0,3 \cdot 8,1 \cdot 1,1 = 2,7 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^x = 292 + 44,6 + 2,7 = 439,3 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасів:

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = P_{\text{т}}^{\text{ст}} + P_{\text{в}}^{\text{ст}} + P_{\text{см}}^{\text{ст}};$$

$$P_{\text{Т}}^{\text{СТ}} = q_{\text{Т}}^{\text{СТ}} \cdot t_{\text{СТ}};$$

$$P_{\text{В}}^{\text{СТ}} = q_{\text{В}}^{\text{СТ}} \cdot t_{\text{СТ}};$$

$$P_{\text{СМ}}^{\text{СТ}} = q_{\text{М}}^{\text{СТ}} \cdot t_{\text{СТ}};$$

де $q_{\text{Т}}^{\text{СТ}}, q_{\text{В}}^{\text{СТ}}, q_{\text{СМ}}^{\text{СТ}}$ - добова норма витрати палива, води і мастила на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$P_{\text{Т}}^{\text{СТ}} = 3,5 \cdot 0,9 = 3,15 \text{ т}$$

$$P_{\text{В}}^{\text{СТ}} = 5 \cdot 0,9 = 4,5 \text{ т}$$

$$P_{\text{СМ}}^{\text{СТ}} = 0,05 \cdot 0,9 = 0,05 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^{\text{СТ}} = 3,15 + 4,5 + 0,05 = 7,7 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}} = 439,3 + 7,7 = 447 \text{ т}$$

Оскільки рейс фактичний, то кількість запасів прийнятих на судно відрізняється від розрахованого.

Запаси палива, мастила і води прийняті трохи більше чим необхідно на рейс.

На відхід на судні було: важкого палива 1000,2 т; дизельного палива 98,6 т; води 183,5 т; мастила 40,5 т; інших запасів 32,7 т.

$$\text{Усього } P_{\text{зап}} = 1355,5 \text{ т}$$

За рейс буде витрачено моторного палива 328,1 т, дизельного палива 28,4 т, мастила 2,4 т, води 40,5 т.

Розрахувавши загальну кількість рейсових запасів, приступають до визначення чистої вантажопідйомності судна ($\Delta_{\text{ч}}$) на рейс:

$$\Delta_{\text{ч}} = \Delta_{\text{W}} - (P_{\text{зап}} + \text{const});$$

де const – екіпаж, постачання та ін.

$$\Delta_{\text{ч}} = 11361 - (1355,5 + 181) = 9824,5 \text{ т}$$

Значення чистої вантажопідйомності судна визначає максимальну кількість вантажу, що судно може прийняти до перевезення на даний рейс.

Оскільки для перевезення вантажу сепарація не потрібні, то розрахунок маси сепарації не виконується.

Для обов'язкових вантажів підраховується сумарна маса. Одержані дані для порту вантаження представляються в табличній формі (табл. 3.2).

Таблиця 3.2-Відомості про маси завантажених партій вантажу

Назва вантажу	кількість, шт	Маса вантажу Qi, т
1	2	3
Cars	2412	3641,713
Trailers	3	60,0
Truck	2	28,0
Crane	1	10,5
Всього	2418	3740,213

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення, кріплення і сепарацію вантажів на судні. Невірне або невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминуче приводять до перенапружень корпусу, а в окремих випадках до пошкоджень і навіть аварії судна. Тому судно повинне бути завантажено так, щоб не з'явилося крену, були належний диферент і достатня остійність, не були порушені умови місцевої і загальної (подовжньої) міцності. Це досягається відповідним розподілом вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна.

При перевезенні різнорідних вантажів в практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційно кубатурі вантажних приміщень (для суден ро-ро площі палуб або довжині проїздів) за допомогою коефіцієнта порівняння вантажомісткості кожного вантажного приміщення

Комплектація вантажів по суднових приміщеннях супроводжується багатоваріантністю рішень і враховує всі фактори раціонального завантаження, збереження вантажу, безпеки судна з урахуванням виконання різних факторів.

Розміщення вантажу представлено в табл.3.3.

Таблиця 3.3- Розміщення вантажів на судні

Найменування вантажних палуб	Вантаж	Кількість	Маса, т
1	2	3	4
1	Audi A1	6	8,94
	Audi A3	76	99,94
	Audi A4	70	102,2
	Audi A5	5	7,475
2	Audi A5	14	20,93
	Audi A6	108	203,04
3	Audi Q5, Q7, R8	37	70,115
	Audi TT	1	1,525
	Chrysler	24	43,32
	Hyundai	120	219,6
	Skoda	14	17,57
4	Volkswagen T5	133	285,95
	Volkswagen Caddy	55	84,26
5	Volkswagen Crafter	97	239,687
	Toyota Aygo	81	99,63
	Hyundai	18	32,94
	Trailers	3	60,0
	Truck	2	28,0
	Crane	1	10,5
	Renault Clio	4	4,64
	Ford	4	4,664
	Citroen/Peugeot	7	11,34
6	Volkswagen Jetta	75	75,0
	Citroen/Peugeot	170	275,4
	Skoda	49	61,495
	Renault Clio	16	18,56
7	Volkswagen Jetta	140	140,0
	Kia	110	167,75
	Chevrolet Capt.	56	98,0
8	Volkswagen Caddy	365	559,18

Продовження табл.3.3

1	2	3	4
9	Volkswagen Jetta	270	270,0
	Volkswagen Golf	68	90,304
	Volkswagen Tiguan	26	41,704
	Volkswagen Toareg	20	44,7
10	Volkswagen Passat	173	241,854
ВСЬОГО		2418	3740,213

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

При складанні вантажного плану необхідно в комплексі враховувати характеристики судна, вантажів, траси і портів заходу.

Гідрометеорологічні умови плавання і характеристика портів заходу в частині яка відноситься до вантажних операцій представлені в главі 2.

Відстань між портами: $S = 3254$ милі

Порт відходу: Саутгемптон (Великобританія). Густина води $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$.

В порту Саутгемптон діє літня вантажна марка.

Саутгемптон розташований недалеко від Англійського каналу в 123 км від Лондону.

Державні свята: Загальні відомості щодо стандартних свят у Великобританії.

Час роботи: як правило, загальні причали 07.00-23.00 год; причали для контейнерів і цистерн протягом 24 годин.

Порт приходу: Ашдод (Ізраїль). Густина води $\rho = 1,025 \text{ т/м}^3$.

В порту Ашдод діє літня вантажна марка.

Ашдод розташований в 40 км від Тель-Авіва.

Порт доступний для суден з осадкою до 12,9м, довжиною до 300м, шириною до 42м і дедвейтом до 160,000 т.

Державні свята: Немає роботи в суботу чи офіційні свята, серед яких: Пасха, День незалежності, Перший день врожаю, Єврейський Новий рік, Йом Кіпур, День спокути та День Скинїї.

Час роботи: неділя - четверг 06.30-14.30 год, 15.00-22.00 год. Є третя зміна, Субота - четверг 22.30-05.00 год.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Абсциси відраховуються від мідель-шпангоуту і мають знак в кормовій частині “ – ”, а в носовій частині “ + ”. Диферент на корму має знак “ – ”, а на ніс “ + ”.

Розподіл запасів на судні на відхід і прихід представлений в табл.4.1 і табл.4.2

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,99 \text{ т/м}^3$						
NO.1 DEEP F.O.TK.(C)	372,8	170,4	53,316	4,950	9085	843
NO.2 F.O.TK.(P)	177,3	120,0	34,154	2,748	4098	330
NO.2 F.O.TK.(S)	177,3	120,0	34,154	2,748	4098	330
NO.4 F.O.TK.(P)	273,6	250,0	-15,390	2,750	-3848	688
NO.4 F.O.TK.(S)	273,6	250,0	-15,390	2,750	-3848	688
NO.1 H. F.O. SETT. TK.(P)	23,9	23,5	-42,600	10,450	-1001	246
NO.2 H. F.O. SETT. TK.(P)	23,9	23,5	-42,600	10,450	-1001	246
NO.1 H. F.O. SERV. TK.(P)	21,9	21,4	-42,667	10,643	-913	228
NO.2 H. F.O. SERV. TK.(P)	21,9	21,4	-42,667	10,643	-913	228
Всього моторного палива		1000,2			5757	3827
Дизельне паливо $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
M.D.O. TK.(P)	32,2	32	-46,311	1,110	-1482	36
M.D.O. TK.(S)	48,6	48,5	-46,021	1,123	-2232	54
M.D.O. SERV. TK.(P)	18,3	18,1	-42,598	10,468	-771	189
Всього дизельного палива		98,6			-4485	279

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6	7
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
MAIN L.O.SUMP. TK.	15,0	7,9	-52,229	0,999	-413	8
G.E. L.O. SETT. TK.(S)	3,9	1,7	-67,000	11,15	-114	19
G.E. L.O. STOR. TK.(S)	3,9	1,8	-67,000	11,15	-121	20
M.L.O. SETT.TK.(S)	15,4	7,2	-68,200	11,15	-491	80
M.L.O. STOR.TK.(S)	15,4	5,4	-69,800	11,15	-377	60
S/T L.O. SUMP. TK.	1,3	0,6	-62,577	1,431	-38	1
NO.1 CYL.O.STOR. TK.(S)	10,4	6,8	-41,000	8,900	-279	61
NO.2 CYL.O.STOR. TK.(S)	16,6	9,1	-41,000	10,55	-373	96
Всього мастила		40,5			-2206	345
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
F.W.TK.(P)	104,2	93,5	-73,828	12,456	-6903	1165
F.W.TK.(S)	68,2	60,0	-72,000	12,453	-4320	747
DRINK.W.TK. (P)	32,1	30,0	-72,000	12,450	-2160	374
Всього води		183,5			-13383	2286
Інші танки						
F.O.JVER.TK.(P)	16,4	7,9	-41,345	1,112	-327	9
B.H.TK.	33,1	17,8	-64,671	0,972	-1151	17
OILY BILGE TK.	6,5	3,1	-54,553	1,223	-169	4
SLUDGE TK.(P)	8,3	3,9	-48,600	7,500	-190	29
Всього		32,7			-1837	59
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		1355,5	-11,92	5,01	-16154	6796

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,99 \text{ т/м}^3$						
NO.2 F.O.TK.(P)	177,3	120,0	34,154	2,748	4098	330
NO.2 F.O.TK.(S)	177,3	120,0	34,154	2,748	4098	330
NO.4 F.O.TK.(P)	273,6	170,0	-15,390	2,750	-2616	468
NO.4 F.O.TK.(S)	273,6	172,3	-15,390	2,750	-2652	474

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6	7
NO.1 H. F.O. SETT. TK.(P)	23,9	23,5	-42,600	10,450	-1001	246
NO.2 H. F.O. SETT. TK.(P)	23,9	23,5	-42,600	10,450	-1001	246
NO.1 H. F.O. SERV. TK.(P)	21,9	21,4	-42,667	10,643	-913	228
NO.2 H. F.O. SERV. TK.(P)	21,9	21,4	-42,667	10,643	-913	228
Всього моторного палива		672,1			-900	2550
Дизельне паливо $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
M.D.O. TK.(P)	32,2	30	-46,311	1,110	-1389	33
M.D.O. TK.(S)	48,6	22,1	-46,021	1,123	-1017	25
M.D.O. SERV. TK.(P)	18,3	18,1	-42,598	10,468	-771	189
Всього дизельного палива		70,2			-3177	247
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
MAIN L.O.SUMP. TK.	15,0	6,5	-52,229	0,999	-339	6
G.E. L.O. SETT. TK.(S)	3,9	1,7	-67,000	11,15	-114	19
G.E. L.O. STOR. TK.(S)	3,9	1,8	-67,000	11,15	-121	20
M.L.O. SETT.TK.(S)	15,4	7,2	-68,200	11,15	-491	80
M.L.O. STOR.TK.(S)	15,4	5,4	-69,800	11,15	-377	60
S/T L.O. SUMP. TK.	1,3	0,6	-62,577	1,431	-38	1
NO.1 CYL.O.STOR. TK.(S)	10,4	6,8	-41,000	8,900	-279	61
NO.2 CYL.O.STOR. TK.(S)	16,6	8,1	-41,000	10,55	-332	85
Всього мастила		38,1			-2091	332
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
F.W.TK.(P)	104,2	60,0	-73,828	12,456	-4430	747
F.W.TK.(S)	68,2	56,0	-72,000	12,453	-4032	697
DRINK.W.TK. (P)	32,1	27,0	-72,000	12,450	-1944	336
Всього води		143			-10406	1780
Інші танки						
F.O.JVER.TK.(P)	16,4	7,9	-41,345	1,112	-327	9
B.H.TK.	33,1	17,8	-64,671	0,972	-1151	17
OILY BILGE TK.	6,5	3,1	-54,553	1,223	-169	4
SLUDGE TK.(P)	8,3	3,9	-48,600	7,500	-190	29
Всього		32,7			-1837	59
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		956,1	-19,26	5,20	-18411	4968

Оскільки на судні, для забезпечення остійності, необхідний баласт, приведемо таблицю його розміщення (табл.4.3).

Таблиця 4.3.— Розподіл баласту

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
NO.1 DEEP W.B. TK.(C)	538	538	55,468	4,28	29842	2303
NO.2 D.B.W.B. TK.(P)	356,3	356,3	34,305	1,613	12223	575
NO.2 D.B.W.B. TK.(S)	356,3	356,3	34,305	1,613	12223	575
NO.2 S.W.B. TK.(P)	321,8	321,8	35,606	6,013	11458	1935
NO.2 S.W.B. TK.(S)	311,1	311,1	35,434	5,992	11024	1864
NO.3 INN.D.B.W.B. TK.(P)	341,9	341,9	10,026	1,095	3428	374
NO.3 INN.D.B.W.B. TK.(S)	341,9	341,9	10,026	1,095	3428	374
NO.3 S.W.B. TK.(P)	241,7	241,7	11,543	5,819	2790	1406
NO.3 S.W.B. TK.(S)	243,3	241,3	11,978	5,83	2890	1407
NO.3 OUT.D.B.W.B. TK.(P)	294,6	294,6	9,533	2,265	2808	667
NO.3 OUT.D.B.W.B. TK.(S)	303,9	303,9	9,533	2,265	2897	688
NO.4 INN.D.B.W.B. TK.(P)	347,2	347,2	-15,387	1,097	-5342	381
NO.4 INN.D.B.W.B. TK.(S)	347,2	347,2	-15,387	1,097	-5342	381
NO.4 OUT.D.B.W.B. TK.(P)	350,5	350,5	-13,771	2,219	-4827	778
NO.4 OUT.D.B.W.B. TK.(S)	350,5	350,5	-13,771	2,219	-4827	778
NO.5 D.B.W.B. TK.(P)	248,3	248,3	-33,943	1,736	-8428	431
NO.5 D.B.W.B. TK.(S)	248,3	248,3	-33,943	1,736	-8428	431
ВСЬОГО БАЛАСТУ:		5540,8	10,43	2,77	57817	15348

Розподіл вантажів представлено в табл.4.4

Таблиця 4.4— Розподіл вантажу

Найменування приміщень	Площа прим.,м ²	m, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Палуба 1	1715	218,555	-7,66	4,10	-1674	896
Палуба 2	1661	223,97	-4,52	6,30	-1012	1411
Палуба 3	2258	352,13	9,65	8,50	3398	2993

Продовження табл.4.4

1	2	3	4	5	6	7
Палуба 4	2490	370,21	15,85	11,10	5868	4109
Палуба 5	3564	491,401	-2,70	14,60	-1327	7174
Палуба 6	3710	430,455	-1,85	17,65	-796	7598
Палуба 7	3659	405,75	2,75	20,66	1116	8383
Палуба 8	4199	559,18	3,40	23,86	1901	13342
Палуба 9	4196	446,708	2,56	26,47	1144	11824
Палуба 10	4208	241,854	2,40	28,87	580	6982
ВСЬОГО ВАНТАЖУ:		3740,213	2,46	17,30	9198	64712

На основі виконаних розподілів вантажу, баласту і запасів складемо таблицю зведених даних і розрахунку водотоннажності з указівкою координат центру ваги судна.

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	М _х	М _z
Судно порожнє	11676	-8,04	15,76	-93875	184014
Константа	181	-26,15	10,50	-4733	1901
Суднові запаси	1355,5	-11,92	5,01	-16154	6796
Вантаж	3740,213	2,46	17,30	9198	64712
Баласт	5540,8	10,43	2,77	57817	15348
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ:	22493,5	-2,12	12,13	-47747	272771

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	М _х	М _z
1	2	3	4	5	6
Судно порожнє	11676	-8,04	15,76	-93875	184014
Константа	181	-26,15	10,50	-4733	1901
Суднові запаси	956,1	-19,26	5,20	-18411	4968

Продовження табл.4.6

1	2	3	4	5	6
Вантаж	3740,213	2,46	17,30	9198	64712
Баласт	5540,8	10,43	2,77	57817	15348
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ:	22094,1	-2,26	12,26	-50004	270943

Схематично вантажний план представлений на рис.4.1 і рис.4.2.

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

Розрахунок посадки судна на відхід на прихід виконується з використанням вантажної шкали і гідростатичних кривих.

Таблиця 4.7 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	22493,5	22094,1
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	-2,12	-2,26
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	21945	21555
Густина забортної води, т/м ³	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	8,59	8,47
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	350,2	343
Абсциса центра величини судна, м	x_c	-1,55	-1,5
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	-3,71	-3,61
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	14,11	14,11
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,577	0,576
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,37	-0,49
Осадка судна носом, м	$T_H = T + (L/2 - x_f) d / L$	8,40	8,21
Осадка судна кормою, м	$T_K = T_H - d$	8,77	8,70

Stowage Plan

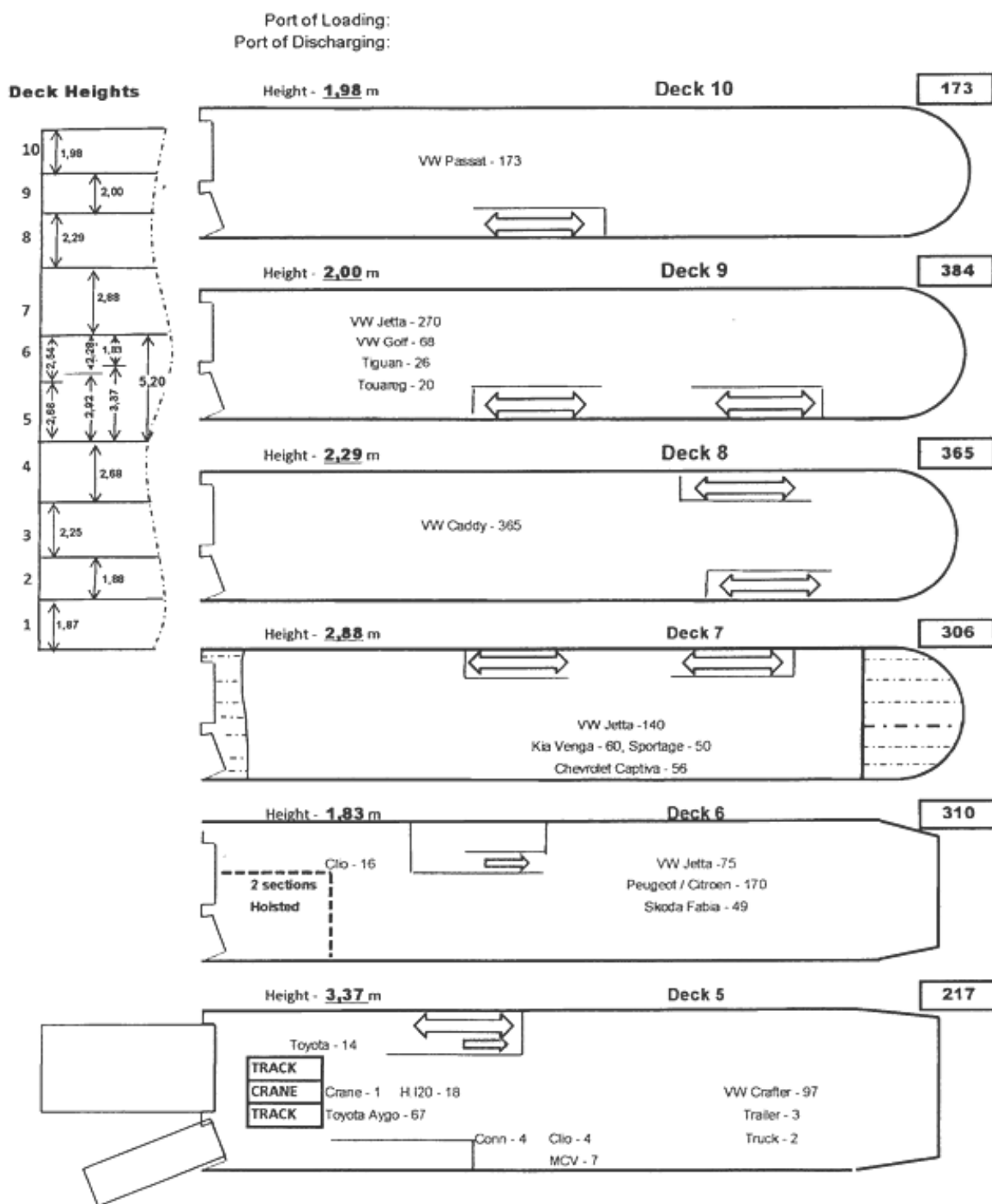


Рисунок. 4.1 – Вантажний план судна (сторінка 1)

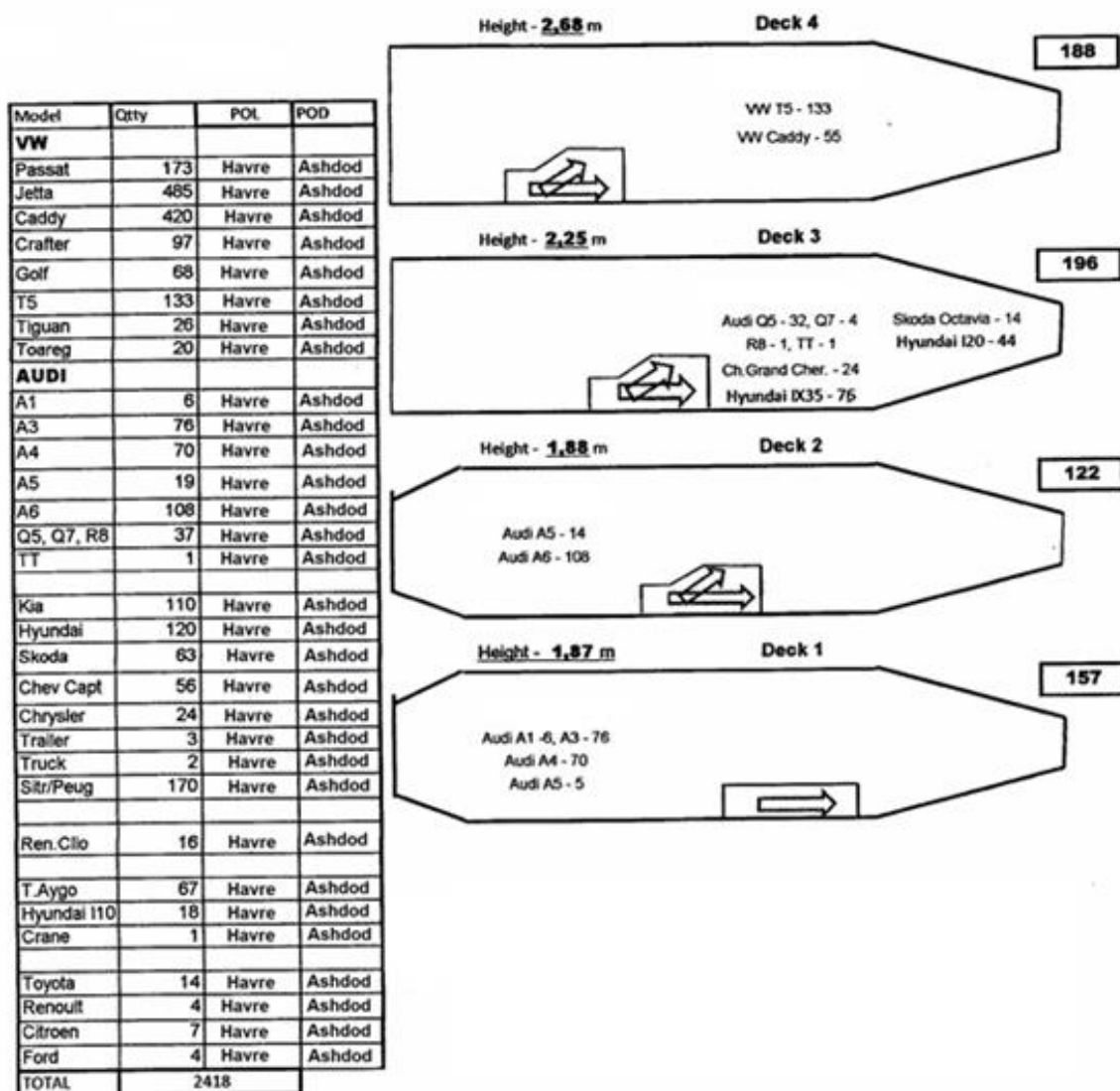


Рисунок 4.2 – Вантажний план судна (сторінка 2)

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів і баласту) до метацентричної висоти і плечам статичної остійності. При визначенні виправлення на вільні поверхні в розрахунок приймаються цистерни запасів з найбільшим виправленням Δm_h незалежно від ступеня їхнього

заповнення. Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних по суднових цистернах, що приводиться в Інформації.

Таблиця 4.8 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
NO.1 DEEP F.O.TK.(C)	109
NO.2 F.O.TK.(P)	292
NO.2 F.O.TK.(S)	292
NO.4 F.O.TK.(P)	853
NO.4 F.O.TK.(S)	853
M.D.O. TK.(P)	40
M.D.O. TK.(S)	75
F.W.TK.(P)	165
F.W.TK.(S)	119
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	2798

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл.4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	22493,5	22094,1
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	12,13	12,26
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	14,11	14,11
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	1,98	1,85
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,12	0,13
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	12,25	12,39
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	1,86	1,72

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

Перевірку остійності за матеріалами Інформації виконаємо по критичній аплікаті центра ваги судна

Таблиця 4.10 – Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	22493,5	22094,1
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	12,25	12,39
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	13,36	13,38

Так як $Z_g < Z_g^{\max}$, то остійність задовольняє всім вимогам.

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

Плечі статичної остійності розраховані з використанням таблиці плечей остійності форми (Cross-Curves of Stability).

Плечі остійності форми l_ϕ вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі відлічуються від точки К, що відповідає кільовій лінії, то плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

$$l_g = z_g \sin \theta,$$

а виправлені на вплив вільних поверхонь плечі статичної остійності будуть рівні:

$$l = l_\phi - l_g.$$

Розрахунок плечей діаграми статичної остійності виконується в табличній формі. У таблиці також представлений розрахунок площ під діаграмою статичної остійності до 30° , до 40° і від 30° до 40° з використанням коефіцієнтів Сімпсона.

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							22493,5	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							12,13	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							12,25	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,450	0,174	2,132	0,318	4	1,272	3	0,954
20	4,833	0,342	4,190	0,643	2	1,286	3	1,929
30	7,080	0,500	6,125	0,955	4	3,820	1	0,955
40	9,175	0,643	7,877	1,298	1	1,298	$\sum_{30}$	3,838
50	11,186	0,766	9,384	1,802	$\sum_{40}$	7,676	$\alpha_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 3,838 / 8 = 0,251$	
60	13,339	0,866	10,609	2,730	$\alpha_{0-40} = 0,1745 \times 7,676 / 3 = 0,446$			
70	15,760	0,940	11,515	4,245	$\alpha_{30-40} = 0,446 - 0,251 = 0,195$			

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							22094,1	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							12,26	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							12,39	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,452	0,174	2,156	0,296	4	1,184	3	0,888
20	4,845	0,342	4,237	0,608	2	1,216	3	1,824
30	7,103	0,500	6,195	0,908	4	3,632	1	0,908
40	9,210	0,643	7,967	1,243	1	1,243	$\sum_{30}$	3,620
50	11,223	0,766	9,491	1,732	$\sum_{40}$	7,275	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 3,620 / 8 = 0,237$	
60	13,367	0,866	10,730	2,637	$a_{0-40} = 0,1745 \times 7,275 / 3 = 0,423$			
70	15,778	0,940	11,647	4,131	$a_{30-40} = 0,423 - 0,237 = 0,186$			

За результатами розрахунків будуюмо діаграми остійності на відхід (рис.4.3) і на прихід (рис.4.4).

4.5. Розрахунки нормованих параметрів остійності

Рекомендовані критерії остійності неушкоджених суден Міжнародною Морською Організацією (ІМО) містяться в Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 - Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	22493,5	22094,1
Осадка судна, м	T	8,59	8,47
Виправлена метацентрична висота, м	h	1,86	1,72
Площа парусності, м ²	A _v	4065	4085
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	11,97	12,04
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	16,27	16,28
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1}=0,504 A_v z_v / (g D)$	0,151	0,155
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,227	0,233
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,625	
Коефіцієнт	k	0,988	
Відносна ширина	B/T	3,26	3,31
Безрозмірний множник	X ₁	0,848	0,838
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,577	0,576
Безрозмірний множник	X ₂	0,922	0,921
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,380	0,381
Період хитавиці, с	$T_0 = 2 c B / \sqrt{h}$	15,6	16,3
Коефіцієнт	S	0,0458	0,0431

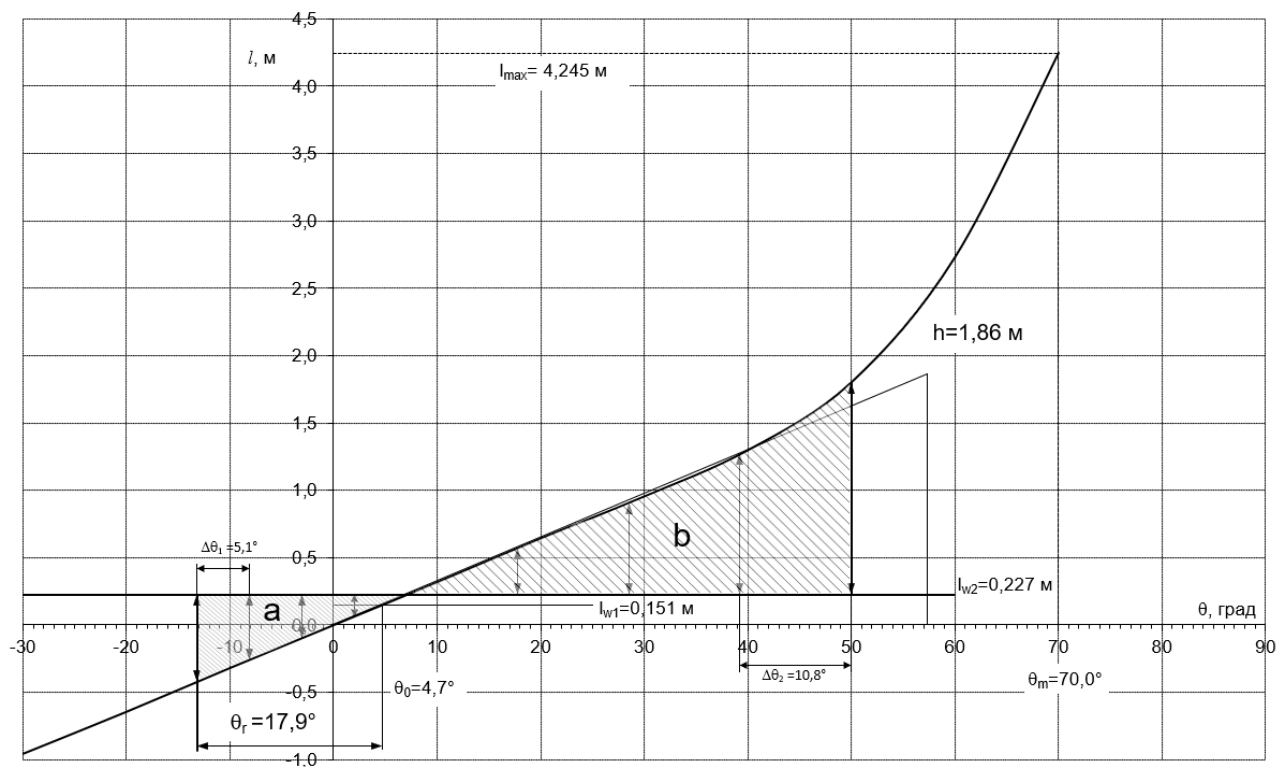


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

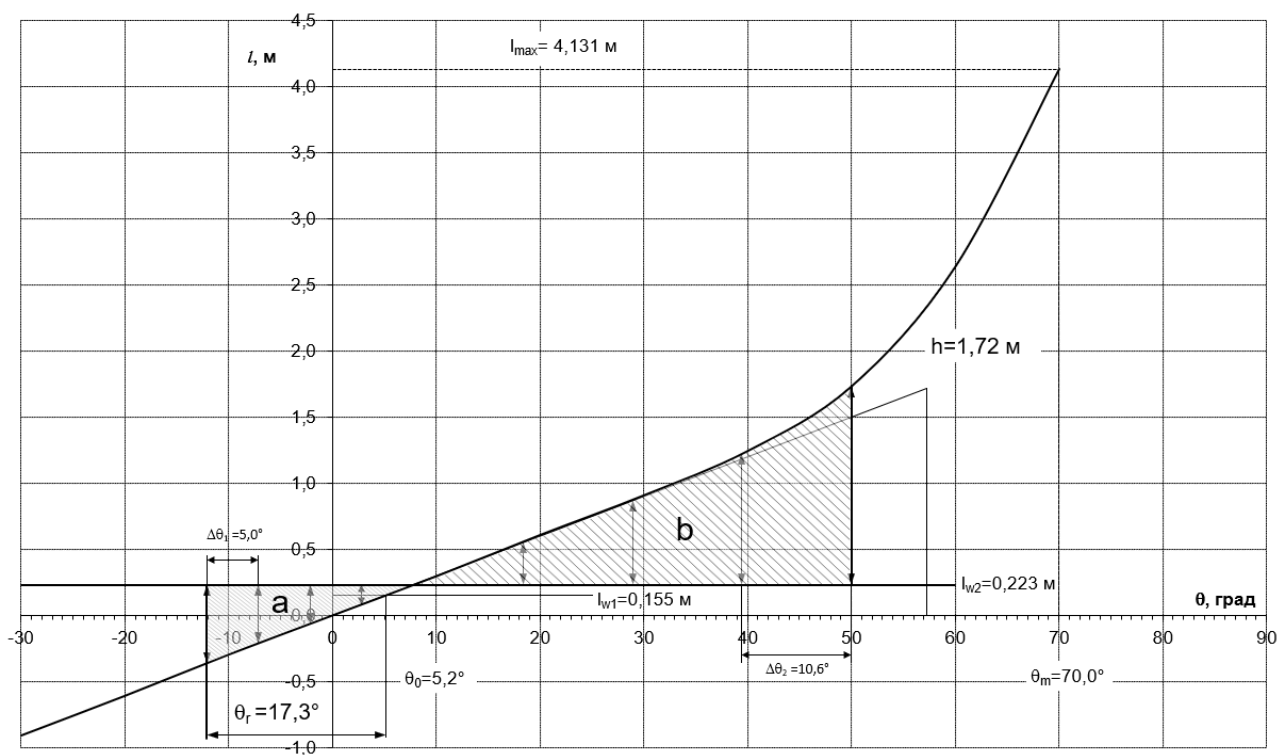


Рисунок 4.4 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

Продовження табл.4.13

1	2	3	4
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,986	1,000
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	17,9	17,3
Кут заливання, °	θ_r	>60	>60
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	57,5	57,6
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	4,7	5,2
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	13,2	12,1
Границя площ.“b” діаграми праворуч, °	θ_b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,115	0,103
Площа “b” діаграми, м-рад	b	0,531	0,493
Критерій погоди	$K = b / a$	4,62	4,79

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності необхідно побудувати площі “a” і “b”.

Для розрахунку величини площ “a” і “b” використаємо правило Сімпсона. Для цього площі “a” і “b” діляться на чотири ділянки однакової довжини по куту крену. Розрахунок площ виконується в табличній формі аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . При цьому, замість множника 0,1745, приймаємо довжини ділянок $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ у радіанах.

Таблиця 4.14 – Визначення площ “a” і “b” на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (13,2 + 1,5 \cdot 4,7)/4 = 5,08^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,08^\circ / 57,3 = 0,0886 \text{ рад}$		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 4,7)/4 = 10,75^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 10,75^\circ / 57,3 = 0,1876 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,650$	1	0,650	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,487$	4	1,948	$b_2 = 0,346$	4	1,384
$a_3 = 0,327$	2	0,654	$b_3 = 0,680$	2	1,360
$a_4 = 0,164$	4	0,656	$b_4 = 1,042$	4	4,168
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,575$	1	1,575
		$\Sigma_a = 3,908$			$\Sigma_b = 8,487$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 3,908 \times 0,0886 = 0,115$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 8,487 \times 0,1876 = 0,531$		

Таблиця 4.15 – Визначення площ “a” і “b” на прихід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (12,1 + 1,5 \cdot 5,2)/4 = 4,98^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,98^\circ/57,3 = 0,0868 \text{ рад}$		
$\Delta\theta_2 = (\theta_5 - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 5,2)/4 = 10,55^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 10,55^\circ/57,3 = 0,1841 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,593$	1	0,593	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,443$	4	1,772	$b_2 = 0,322$	4	1,288
$a_3 = 0,296$	2	0,592	$b_3 = 0,640$	2	1,280
$a_4 = 0,150$	4	0,600	$b_4 = 0,990$	4	3,960
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,499$	1	1,499
		$\Sigma_a = 3,557$			$\Sigma_b = 8,027$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 3,557 \times 0,0868 = 0,103$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 8,027 \times 0,1841 = 0,493$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Виконаємо перевірку остійності за вимогами ІМО порівнюючи розраховані значення з нормативними.

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні вимоги:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,251	0,237	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	0,446	0,423	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,195	0,186	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	0,955	0,908	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	70,0	70,0	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	1,86	1,72	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	4,62	4,79	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 16,0	4,7	5,2	YES

На відхід і на прихід остійність судна задовольняє усім вимогам ІМО.

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

Загальна міцність контролюється по силах, що перерізують, і згинальним моментам у декількох поперечних перерізах по довжині корпусу.

Для кожного з обраних перерізів необхідно по прийнятому вантажному плану розрахувати силу, що перерізує, і згинальний момент і порівняти їх із припустимими значеннями.

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи суднову програму «Autload 6.0», схвалену класифікаційним товариством.

Результати розрахунку по судновій програмі перерізуючої сили, SF і згинального моменту BM на відхід судна представлені в табл.4.17.

Таблиця 4.16. – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Пере-різ	X, м	SF, т	SF _{sea} , %	Доп.SF, т	BM, тм	BM _{sea} ,%	Доп.BM,тм
12	-70,60	1184	42,27	2800	7488	42,79	17500
31	-55,40	1816	64,85	2800	31992	63,98	50000
50	-40,20	1634	56,36	2900	59452	69,94	85000
53	-37,80	1525	56,47	2700	63248	68,01	93000
65	-28,20	1085	40,18	2700	75871	68,97	110000
84	-13,00	304	11,24	2700	86316	68,50	126000
97	-2,60	-229	13,47	-1700	86757	67,78	128000
102	1,40	-493	18,27	-2700	85231	67,11	127000
120	15,80	-1100	40,75	-2700	73560	63,97	115000
129	23,00	-1348	49,94	-2700	64739	58,85	110000
138	30,20	-1532	56,76	-2700	54273	54,27	100000
156	44,60	-1596	59,09	-2700	31316	44,74	70000
161	48,60	-1551	57,46	-2700	25035	41,73	60000
173	58,20	-1069	39,59	-2700	12409	35,45	35000
190	71,80	-482	17,87	-2700	2366	23,66	10000

Максимальна перерізуюча сила 1816 т на 31 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент 86757 тм на 97 шпангоуті.

На рис.4.5. представлена епюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

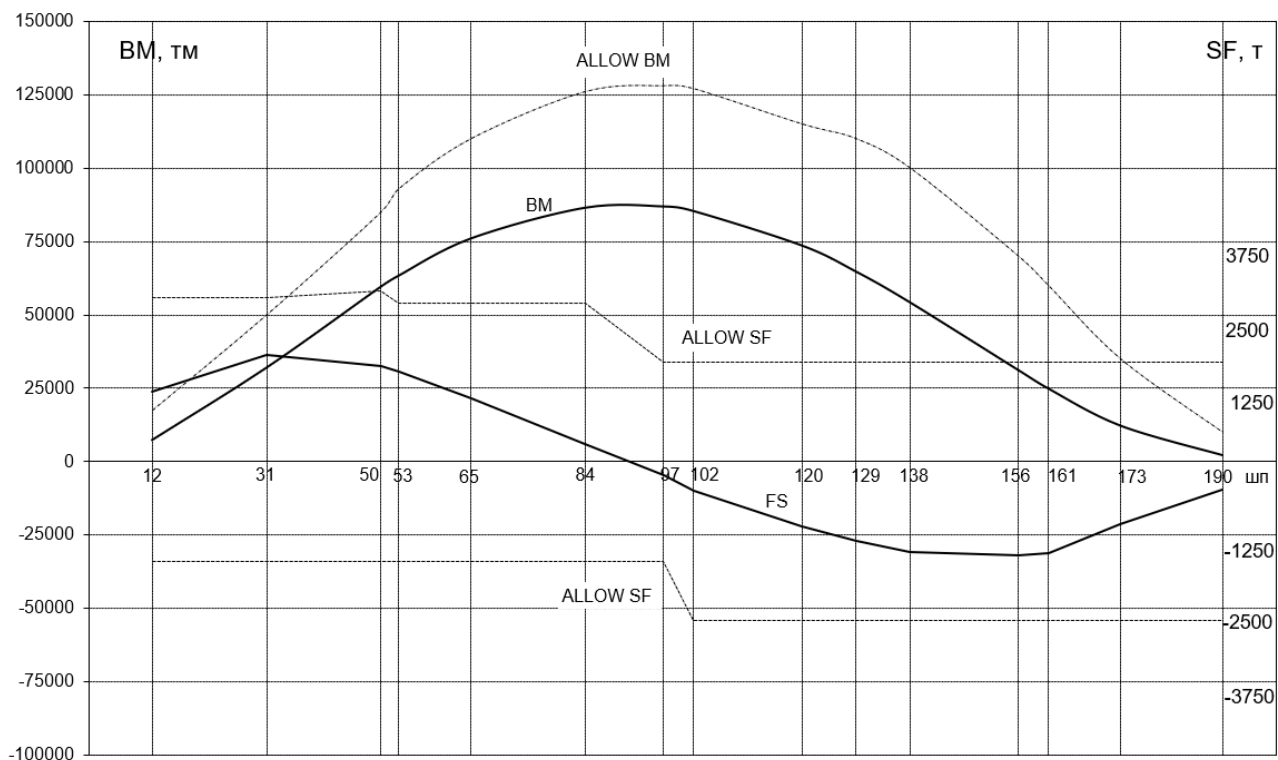


Рисунок 4.5 - Контроль міцності на відхід

РОЗДІЛ 5

УДОСКОНАЛЕННЯ КОРЕКЦІЇ МЕРЕЖІ З НИЗЬКОЮ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЇ РЕАЛЬНОГО КІНЕМАТИЧНОГО ЧАСУ ДЛЯ ВИСОКОТОЧНОЇ МОРСЬКОЇ НАВІГАЦІЇ

Вступ

Однією з найпоширеніших та найбільш критичних категорій аварій у морській галузі залишається посадка судна на мілину. Незважаючи на багатofакторність передумов аварійності, численні дослідження засвідчують, що вирішальну роль відіграють особливості прийняття рішень в останні хвилини перед інцидентом. Статистичні дані Європи [46], Японії [30] та Канади [33] свідчать, що на зіткнення та посадки на мілину припадає близько двох третин усіх зареєстрованих аварій.

Аналіз попередніх досліджень [44, 49, 34], статистики інцидентів [47] та аварій [34] дозволив визначити ключові людські фактори, що сприяють виникненню небезпечних ситуацій:

- низький рівень комунікації між членами екіпажу;
- недостатня ситуаційна обізнаність;
- незнання або неправильне використання суднового обладнання;
- професійна втома;
- неадекватна оцінка швидкості та просторового положення судна;
- недостатнє знання району плавання та недоліки рейсового планування.

Окрему увагу привертає різниця у часових рамках, доступних оператору для прийняття критичних рішень. Якщо уникнення посадки на мілину зазвичай допускає часовий запас у кілька хвилин, то запобігання зіткненню може вимагати реакції протягом секунд [48]. Згідно з висновками Холнагеля [45], людські помилки часто є наслідком мінливості зовнішнього контексту, а не неправильних дій самих операторів. Відповідно, зменшення варіабельності

зовнішніх умов та підвищення стійкості інформаційних систем може істотно знизити ймовірність небажаних подій.

У контексті високоточної морської навігації важливим є забезпечення стабільного та точного визначення координат у режимі RTK (Real-Time Kinematic). Дослідження точнісних характеристик позиціонування із використанням даних СКНЗ України проводилися як у локальних, так і у регіональних масштабах. Основною метою було оцінити доцільність використання інформації СКНЗ для вирішення завдань точного місцевизначення стаціонарних і рухомих об'єктів, включно із суднами, що рухаються в умовах вузьких проходів, мілководдя або складної навігаційної обстановки.

Журналювання інцидентів засвідчує, що значна частина аварій виникає тоді, коли внутрішня картина обстановки у членів екіпажу суттєво не збігається з реальною ситуацією, причому такі розбіжності спостерігаються на різних судах і навіть між навігаційними постами одного судна. Це підтверджує потребу в інструментах підтримки прийняття рішень, що базуються на високоточних даних GNSS та забезпечують постійне прогнозування динаміки руху судна.

Метою дослідження є формування науково обґрунтованих критеріїв створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі динамічного прогнозування. Такі системи потребують високоточної просторової інформації від GNSS-приймачів, доповненої даними від суднових датчиків (інерціальних систем, доплерівських лагів, гірокомпасів тощо). Відгуки практикуючих екіпажів підтверджують, що використання динамічних предикторів підвищує рівень ситуаційної обізнаності, дозволяє краще оцінювати наслідки маневрування та моделювати рух судна в умовах змінного вітрового та хвильового впливу.

5.1 Оцінка якості позиціонування ГНСС із застосуванням технології реального кінематичного часу (RTK) для безпечної навігації у стислих умовах

Сучасні тенденції підвищення інтенсивності судноплавства, особливо у вузьких фарватерах та прибережних районах, потребують використання високоточних навігаційних рішень. Одним із ключових елементів таких рішень є глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС), здатні забезпечувати точне та надійне позиціонування суден у реальному часі. Метою даного дослідження є оцінювання ефективності використання технології Network-RTK (NRTK) у морській навігації, а також обґрунтування її значущості для систем підтримки прийняття рішень (Decision Support Tools), що базуються на динамічному прогнозуванні траєкторії руху судна.

Важливість високоточного позиціонування для динамічних предикторів

Результати численних досліджень та аналіз аварій свідчать, що помилки у формуванні «внутрішньої картини обстановки» екіпажу стають ключовим фактором ризику. Особливо критичною є ситуація при загрозі зіткнення, коли часовий інтервал для прийняття рішення є мінімальним. Використання динамічних предикторів, що прогнозують майбутнє положення суден та обмінюються цією інформацією з навколишніми кораблями, значно підвищує ситуаційну обізнаність.

Для забезпечення роботи високоточних предикторів необхідні надійні та високоточні дані позиціонування, що формуються судновими приймачами ГНСС та коригуються зовнішніми джерелами — DGPS, SBAS, RTK, а також PPP. У контексті прибережної навігації найбільш ефективним підходом є технологія Network-RTK, яка передає диференціальні поправки через мережу опорних станцій.

Застосування корекцій NRTK та система PrePare-Ships

У рамках проекту PrePare-Ships розроблено інтегроване навігаційне рішення, що використовує:

- сигнали Galileo;
- корекції NRTK;
- високоточні інерціальні та навігаційні сенсори судна.

Приймач ANAvS, орієнтований на використання Galileo OS, отримує корекційні дані від шведської мережі SWEPOS — національної мережі постійних опорних станцій GNSS, яка забезпечує високу точність та інтегровану оцінку цілісності абонентських поправок.

Мережа SWEPOS та принцип створення VRS

SWEPOS охоплює близько 460 опорних станцій із відстанями між ними 10, 35 та 70 км залежно від регіону. Усі станції оснащені сучасними багаточастотними приймачами (Trimble Alloy, Septentrio PolaRx5) та антенами типу «choke-ring». Інфраструктура операцій включає:

- центральний обчислювальний центр (Lantmäteriet, Gävle);
- системи передачі даних у реальному часі за стандартом RTCM SC-104;
- програмні комплекси для моделювання атмосферних, іоносферних та годинникових похибок [32].

Система використовує методологію **Virtual Reference Station (VRS)**: на основі даних навколишніх PRS-станцій обчислюється «віртуальна» станція у точці, найближчій до користувача, що забезпечує:

- мінімізацію базової лінії,
 - точніше моделювання похибок,
- підвищення точності фазових вимірювань.

Поточна послуга SWEPOS NRTK заснована на концепції віртуальної опорної станції (VRS) з двостороннім мобільним мережевим зв'язком між процесинговим центром і користувачами NRTK. Методика VRS на даний момент є найпопулярнішою/використовуваною технікою NRTK завдяки її сумісності з існуючим програмним забезпеченням. Судновий приймач EGNSS застосовує стандартне диференціальне позиціонування своїх спостережень із спостереженнями від VRS. На основі спостережень з навколишніх станцій фізичного відліку (PRS) у цьому районі центр управління SWEPOS інтерполіює

та генерує набір спостережень/поправок ГНСС, розрахованих так, ніби вони були отримані гіпотетичним приймачем, розміщеним у необхідній контрольній позиції, таким чином отримання VRS. Мережевий обчислювальний центр розташований у Lantmäteriet (Gävle) і зазвичай виконує такі дії:

- Визначити різні помилки різного походження, включаючи атмосферні помилки, помилки годинника та локальну багатопроменевість із точністю см за допомогою виправлення неоднозначності базових ліній у мережі SWEPOS,
- Змодельюйте положення VRS шляхом геометричного зміщення даних опорної станції, найближчої до марсохода,
- Інтерполювати оцінені помилки в місці розташування VRS за допомогою математичних моделей,
- Передавати виправлення користувачам у режимі реального часу.

Поточна інфраструктура SWEPOS складається з приблизно 460 постійних опорних станцій ГНСС. Відстані між цими станціями можна класифікувати за такими конфігураціями [30].

– Звичайна конфігурація (NC): це оригінальна форма SWEPOS NRTK, яка була створена шляхом створення служби NRTK у 2002-2010 роках. Відстань між станціями 70 км.

– Ущільнена конфігурація (DC): це ущільнена форма служби NRTK. Відстань між станціями 35 км. Згущення з 70 до 35 почалося в 2010 році для покращення продуктивності мережі.

– Конфігурація високої щільності (HDC): це особлива форма служби NRTK, яка реалізована для областей, які потребують дуже високої продуктивності (сервіси позиціонування, орієнтовані на проект). Відстань між станціями 10 км.

Усі станції SWEPOS оснащені дуже сучасними GNSS-приймачами, які можуть приймати та обробляти сигнали/частоти з усіх поточних сузір'їв ГНСС (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou,...). На рис. 5.1 показано два типи приймачів ГНСС (Trimble Alloy і Septentrio PolaRx5), які є найпоширенішими типами на станціях SWEPOS. Дані збираються щосекунди і використовується 5-градусна

маска (у програмному забезпеченні для обробки даних). На кожній опорній станції SWEPOS використовується дросельна кільцева антена конструкції Дорна Марголіна, встановлена під обтекачем. Радіатори виготовлені з прозорого акрилу.



Рисунок 5.1 - Приймачі ГНСС, які використовуються в більшості станцій SWEPOS

Інфраструктура передачі є дуже важливою частиною Network-RTK. Він повинен мати можливість розповсюджувати потік даних у режимі реального часу від станцій до центру обробки та від центру до корабля за власними або стандартними протоколами.

Дані корекції NRTK зазвичай передаються на судно через формат RTCM. RTCM SC 104 на диференціальному ГНСС (ДГНСС) надає стандарти для розповсюдження диференціальної інформації ГНСС та RTK від постачальника послуг користувачам (судові приймачі ГНСС у нашому випадку). RTCM в основному використовувався для поширення даних корекції в проекті PrePare-ships. Передача даних від опорних станцій до сервера центру керування та від сервера центру керування до користувача для корекції RTK переважно здійснюється через мережевий транспорт RTCM через Інтернет-протокол (NTRIP) [31].

Оскільки 4G і майбутнє 5G не відповідають вимогам морської надійності, морська автоматична система ідентифікації (AIS) використовується у всьому світі для обміну звітами про місцезнаходження та іншими даними між

кораблями, а також між кораблями та береговими базовими станціями. Система працює на виділених каналах УКХ в морському діапазоні і заснована на концепції мультиплексованих передач за часом (TDMA), що забезпечується наявністю загального відліку часу від ГНСС. Перевезення транспондерного обладнання AIS потрібне для більшості комерційних суден, а базові станції AIS використовують більшість прибережних країн. Порівняння методів високоточного позиціонування ГНСС для морської навігації таблиця 5.1

Таблиця 5.1 - Порівняння методів високоточного позиціонування ГНСС для морської навігації

Метод	Принцип роботи	Точність	Переваги	Недоліки	Застосування
DGPS	Використання поправок від однієї базової станції	1–3 м	Проста інфраструктура, глобальна доступність	Низька точність для вузьких проходів	Морська навігація загального призначення
SBAS	Супутникові корекції GNSS	1–2 м	Широке покриття, не потребує наземної мережі	Не забезпечує сантиметрової точності	Океанські переходи
RTK	Виправлення фазового вимірювання від однієї опорної станції	1–3 см	Висока точність	Обмежена радіусом дії станції	Прибережні води
NRTK (VRS)	Інтерполювання даних від мережі PRS та генерація «віртуальної» станції	1–2 см	Найвища точність і стабільність, оцінка цілісності	Потребує розвиненої мережі та зв'язку	Судноплавство у стислих умовах, автоматизація
PPP	Моделювання глобальних супутникових помилок	10–30 см	Не потребує локальної мережі	Значний час ініціалізації	Океанські операції, автономні платформи

Динамічний предиктор, запропонований у проекті PrePare-ships, вимагає значної пропускної здатності зв'язку для підтримки точних і своєчасних

прогнозів від корабля до корабля. AIS не може забезпечити цю пропускну здатність, тому дослідження в рамках проекту будуть виконуватися з використанням УКХ-системи обміну даними (VDES) як каналу зв'язку. VDES – це AIS наступного покоління з пропускну здатністю в 32 рази більше, ніж у AIS [28]. Наземний канал VDES, позначений ідентифікатором каналу VDE-TER 19, може доставляти 702 байти на слот після FEC (прямого виправлення помилок), і проект PrePare-ships вибрав це посилення як основне посилення для дослідження динамічних предикторів. Альтернативним, але відкинутим рішенням, може бути VDE-ASM з ідентифікатором посилення 5, який може доставити 36 байт після FEC на слот. У системі зв'язку AIS/VDES є 2250 слотів на хвилину з 37,5 слотів в секунду. З ідентифікатором зв'язку VDE-TER 19 ліміт «корисного навантаження» динамічних провісників судна було встановлено на 650 байт/слот як початкове припущення, а решта байтів (52) зарезервовано для керування каналом.

VDES – це більш широка концепція, що підлягає постійним зусиллям з міжнародної стандартизації та розвитку. Мета полягає в тому, щоб збільшити обсяг даних, які можуть передаватися, і забезпечити можливості зв'язку в усьому світі, а не в прямій видимості, шляхом впровадження супутникового сегмента. VDES призначений для створення нових функцій, спрямованих на підвищення безпеки та ефективності транспортних операцій.

Передача корекцій: RTCM, NTRIP та обмеження морських каналів зв'язку

У проєкті PrePare-Ships стандартним засобом передачі поправок є RTCM через протокол NTRIP. Однак морські канали зв'язку (4G/5G) не забезпечують належної надійності на великих відстанях. AIS також не може задовольнити потреби у високій пропускну здатності для передачі динамічних предикторів. На рис. 5.2 показана схема цього методу.

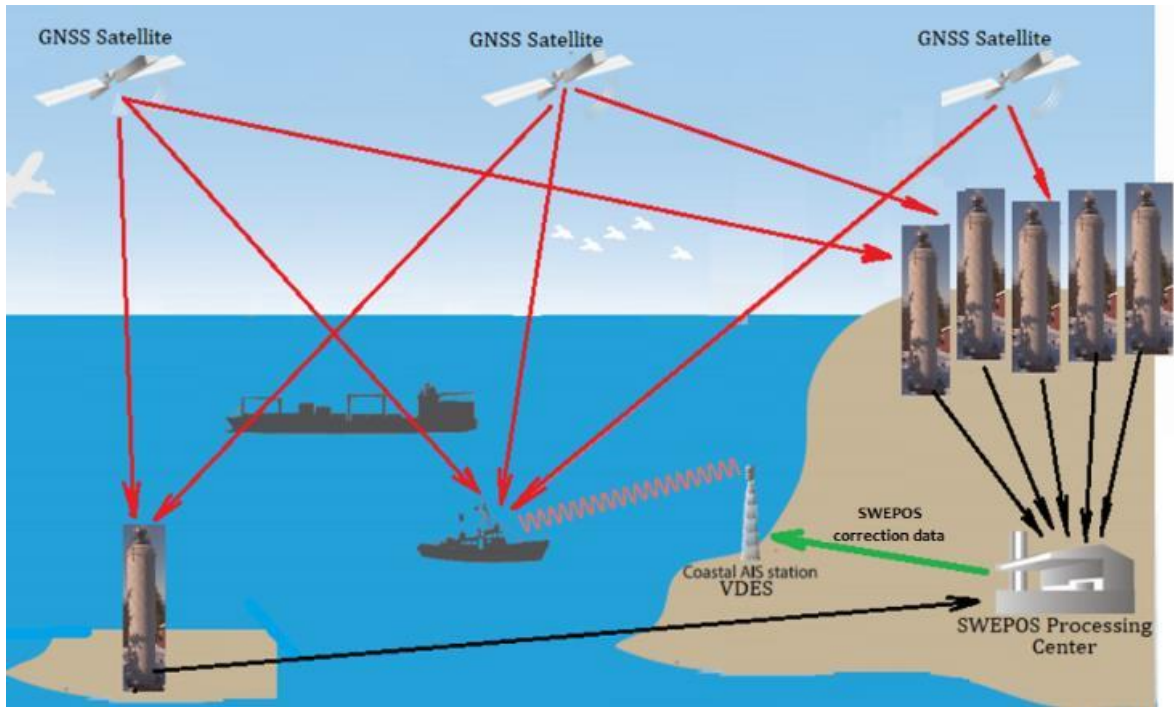


Рисунок 5.2 - Поширення даних корекції ГНСС через VHF та VDES

Використання VDES як каналу для передачі поправок NRTK

VDES (VHF Data Exchange System) — еволюційна система після AIS, яка забезпечує у 32 рази більшу пропускну здатність. У рамках проєкту впроваджено:

- передачу RTCM-поточних даних від SWEPOS до берегової базової станції VDES;
- трансляцію пакетів у виділені VDE-TER слоти (702 байти/слот після FEC);
- відновлення RTCM-даних судновим транспондером VDES через Ethernet (IEC 61162-450).

Прийнятним навантаженням визнано **1 слот/с**, що забезпечує приблизно **650 байт/с корисного RTCM-потoku**, чого достатньо для підтримки високоточних корекцій. Характеристики конфігурацій мережі SWEPOS таблиця 5.2.

Таблиця 5.2 — Характеристики конфігурацій мережі SWEPOS

Тип конфігурації	Відстань між станціями	Призначення	Переваги	Особливості
NC (звичайна)	~70 км	Базове покриття території	Оптимальна для широких територій	Менша точність при швидких змінах атмосфери
DC (ущільнена)	~35 км	Підвищення продуктивності NRTK	Збалансована точність та вартість	Використовується з 2010 р.
HDC (висока щільність)	~10 км	Проекти, що вимагають сантиметрової точності	Максимальна точність та стабільність	Використовується у критичних регіонах

Базова станція VDES інтегрується з клієнтом NTRIP для отримання компактних даних RTCM від SWEPOS. Отримані пакети форматуються та транслюються у вигляді повідомлень з одним слотом на УКХ-каналі призначений для цієї мети. Транспондер на судні, що бере участь, видаляє отримані дані з накладних даних VDES і відновлює вміст RTCM, як надається клієнтом NTRIP.

Транспондер VDES підключається до іншого обладнання на кораблі за допомогою мережевого інтерфейсу Ethernet, що відповідає стандарту IEC 61162-450. Цей стандарт диктує необхідні властивості мережі та методи обміну даними для використання з обладнанням та системами морського зв'язку на судах.

Стандарт IEC не визначає формат даних, призначений для передачі поправок ГНСС по мережі. Однак він, як правило, відкритий для спільного існування стандартизованих повідомлень і повідомлень із довільними форматами даних, якщо виконується набір мінімальних вимог.

Транспортним рівнем, який використовується для передачі повідомлень IEC61162-450, є протокол багатоадресної передачі UDP. Це дає можливість передавати пакети RTCM від транспондера VDES до навігаційного датчика як корисне навантаження UDP без додаткового форматування. Порівняння каналів передачі даних RTCM таблиця 5.3

Таким чином, транспондер VDES передає дані корекції RTCM, отримані від базової станції, через мережу Ethernet на кораблі. Навігаційна система отримує виправлення з мережі, знаючи узгоджену IP-адресу та номер порту, що використовується протоколом багатоадресної передачі (рис. 5.3).

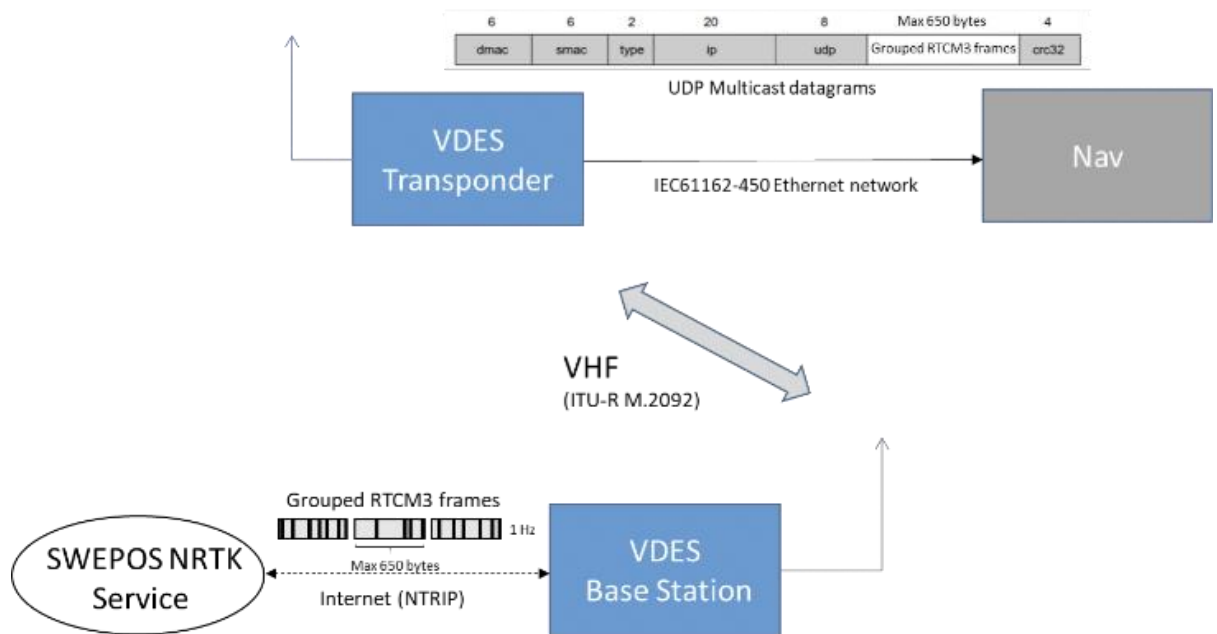


Рисунок 5.3 - Передача поправок ГНСС NRTK через VDES.

Таблиця 5.3 - Порівняння каналів передачі даних RTCM

Канал зв'язку	Пропускна здатність	Надійність у морській зоні	Переваги	Недоліки
4G / 5G	Висока	Низька поза прибережною смугою	Швидкість, універсальність	Нестабільність у морі
AIS	Дуже низька	Висока	Стандартизований морський канал	Недостатня пропускна здатність
VDES (VDE-TER)	Висока (≈702 байти/слот)	Висока	Підходить для NRTK, велика ємність	Потребує обладнання нового покоління
VDE-ASM	Низька	Висока	Резервний варіант	36 байт/слот — недостатньо для RTK

Інтеграція з судновими навігаційними системами

Судновий транспондер VDES передає RTCM через UDP-багатоадресну передачу, що дозволяє навігаційній системі автоматично отримувати корекції без додаткових протоколів перетворення. Така інфраструктура дозволяє застосовувати високоточне позиціонування навіть у портах без спеціальних мережових рішень.

Висновки

Сильні сторони вихідного матеріалу

- повнота опису SWEPOS та інфраструктури NRTK;
- наявність чіткої логіки передачі корекцій RTCM;
- зв'язок між високоточним позиціонуванням та підвищенням навігаційної безпеки;
- актуальність теми VDES як перспективного каналу морського зв'язку.

Проблеми, виявлені у вихідному тексті

- надмірна деталізація окремих технічних частин без логічних переходів;
- повторення інформації про структуру та призначення системи;
- недостатня узгодженість між описом системи та метою дослідження;
- відсутність висновків у межах підрозділу;
- стилістичні русифікми та кальки з англійської (виправлено у версії вище).

Покращення, реалізовані в оновленій версії

- вирівняно академічний стиль;
- введено чітку структуру підрозділу;
- посилено логічні зв'язки між частинами тексту;
- додано узагальнення та чіткий акцент на значенні технологій для безпеки судноплавства;
- оптимізовано термінологію.

5.2 Оцінка точності руху уздовж профілів зондування за допомогою автопілоту з підтримкою високоточного приймача ГНСС RTK

Точність ведення судна уздовж вимірювального профілю є критично важливою для забезпечення достовірності гідрографічних зйомок, оскільки значне відхилення від лінії руху (cross-track error, XTE) [35] призводить до появи прогалин у покритті або необхідності повторних проходів. Під час пілотованих знімачів цей параметр контролюється досвідченим керманичем. У випадку автономних безпілотних надводних апаратів (USV) це завдання виконує навігаційна система разом з автопілотом, який забезпечує підтримання курсу і швидкості відповідно до заданого маршруту.

Принцип роботи автопілоту та PID-регулятора

Для стабілізації курсу USV використовується PID-регулятор, який коригує керуючу дію $u(t)$ на основі поточної помилки $e(t)$ — різниці між заданим $r(t)$ і фактичним $y(t)$ значенням параметра (курсу, швидкості):

$$u(t) = A \cdot e(t) + \frac{1}{B} \int_0^t e(t) dt + C \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (5.1)$$

Параметри коефіцієнтів A , B , C регулятора налаштовуються автоматизовано [37,38,39] або вручну [40] під час ходових випробувань. Автопілот повинен забезпечувати підтримку мінімального відхилення XTEM, яке визначається сумою:

$$XTEM = XTET + \delta_{GNSS} \quad (5.2)$$

де XTET — фактична поперечна похибка USV відносно профілю,

δ_{GNSS} — проєкція похибки визначення координат.

Схему контролю XTE наведено на рис. 5.4.

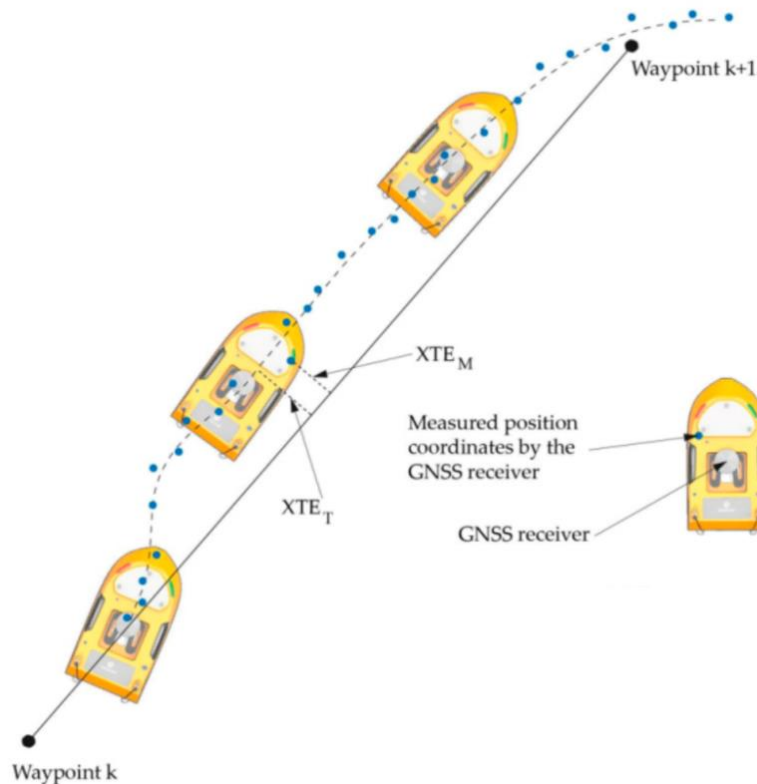


Рисунок 5.4 - Графічний спосіб ведення Безпілотного надземного транспортного засобу за профілем зондування за допомогою автопілоту

Умови експерименту та використовуване обладнання

Дослідження виконувалися на водосховищі у м. Гданськ у сприятливих гідрометеорологічних умовах, що мінімізувало вплив хвиль та течій [49]. Маршрути зондування формувалися у двох варіантах:

- паралельні профілі з відстанями 5 м та 10 м;
- спіральні/концентричні профілі зі звуженням до центру водоймища.

Для експериментів був використаний автономний USV OceanAlpha SL20, оснащений:

- високоточним RTK-приймачем Leica Viva GS15 (1–2 см, $p = 0.95$);
- тривісним компасом Honeywell HMC6343 (похибка $\approx 2^\circ$);
- автопілотом із заводськими PID-налаштуваннями:

$A = 0.9$, $1/B = 0.05$, $C = 0.0$, частота 5 Гц.

Для перших двох з них профілі зондування були розташовані паралельно один одному, а відстань між лініями становила 5 м (рис. 5.7(б)) або 10 м (рису. 5.7(а)). Проте інші два маршрути нагадували форму «квадратів, що

звужуються» до центру прошумованого водоймища. У цих випадках було вирішено вважати, що відстань між послідовними полігонами становитиме 5 м (рис. 5.5(г)) і 10 м (рис. 5.5(в)).

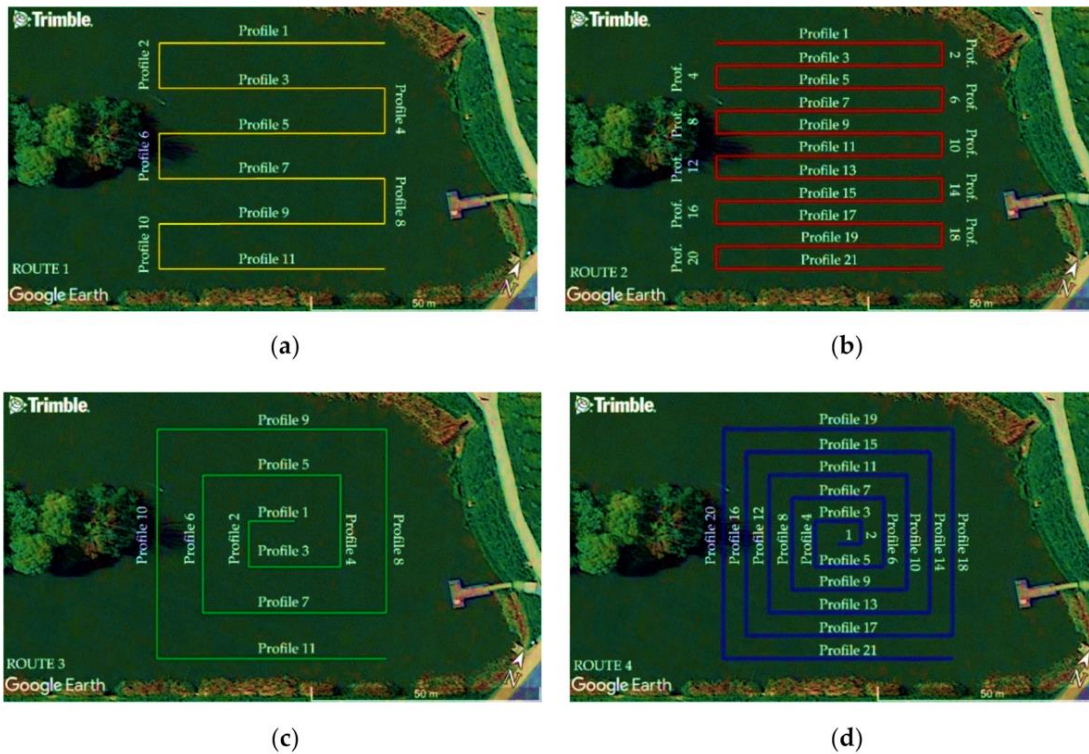


Рисунок 5.5 - Звукові профілі виконані в двох варіантах: паралельний (a,b) і спіральний (c,d)

Вимірювальною платформою, використаною для дослідження, був OceanAlpha USV SL20 (OceanAlpha Group Ltd., Гонконг, Китай) в автономній версії (рис. 5.8). Незаперечними перевагами безпілотного надводного апарату, які стали вирішальним фактором при його виборі, є невеликі розміри і висока маневреність, що дозволяє йому орієнтуватися на вузьких маршрутах. Крім того, ще однією перевагою USV є насосно-реактивний рух, що дає можливість пересуватися судном у водоймах, зарослих водною рослинністю, наприклад, очеретом. Для вимірювального обладнання безпілотний надводний апарат переміщався по профілях за допомогою геодезичного приймача Leica Viva GNSS GS15 (Leica Geosystems, Санкт-Галлен, Швейцарія), який зареєстрував повідомлення GGA Національної асоціації морської електроніки (NMEA) з частотою 5 Гц, а також триосьовий магнітний компас з трьохосьовим

акселерометром Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) і Honeywell HMC6343 (Honeywell Aerospace, Phoenix, AZ, USA), який характеризується середньою похибкою вимірювання курсу 2 м ($p = 0,68$). Технічні характеристики УСВ представлені в таблиці 5.4. Завдяки хорошим гідрометеорологічним умовам коефіцієнти автопілота були такими: $A=0,9$, $B=0,05$ і $C=0,0$. Частота автопілота була встановлена на 5 Гц. Це заводські налаштування для цього безпілотного наземного транспортного засобу.



Рисунок 5.6 - Безпілотний наземний транспортний засіб (USV) з обладнанням для зв'язку, передачі даних та керування

Таблиця 5.4. Технічні характеристики OceanAlpha USV SL20

Параметр	Значення OceanAlpha SL20
Матеріал корпусу	Карбон
Розміри	105 × 55 × 35 см
Вага	17 кг
Корисне навантаження	8 кг
Осадка	15 см
Рухова установка	водомерний рушій
Дальність управління автопілотом	2 км

Ідентичні вимірювання (за тими самими маршрутами) були проведені 7 березня 2019 року за допомогою USV HyDrone, навігація якого здійснювалася в автономному режимі за допомогою популярного автопілота (Pixhawk) та глобальної системи позиціонування (GPS)/глобальної навігаційної супутникової системи (ГЛОНАСС).) приймач u-blox NEO-M8N (u-blox, Thalwil, Switzerland) з підтримкою магнітного компаса Fluxgate [42]. Випробування на маневрування 2019 року проводилися для однієї випробувальної швидкості, яка була схожа на найнижчу швидкість під час вимірювань 2020 року (1,25 узла). Тому було проведено порівняльний аналіз отриманих значень вимірів ХТЕ за вимірювальні кампанії 2019 та 2020 років (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 - Порівняння ХТЕ68 та ХТЕ95 для маршрутів

Accuracy Measure	Route No. 1	Route No. 2	Route No. 3	Route No. 4
Measurement year	2019	2020	2019	2020
Number of measurements	458	571	848	1 092
ХТЕ68	0.92 m	2.11 m	1.15 m	1.73 m
ХТЕ95	2.01 m	2.72 m	2.38 m	2.36 m

Основні спостереження

- Значення **ХТЕ95** для маршрутів №2–4 відрізнялися незначно (1–3%).
- Найбільші відмінності зафіксовано на маршруті №1 (до 0.7 м).
- Значення **ХТЕ68** змінювалися сильніше: від кількох сантиметрів до 1 м.
- В цілому, ХТЕ95 знаходився в межах **2–2.5 м**, що відповідає середній точності ведення USV у реальних умовах.

На рис. 5.7 показано, що значення вимірювань ХТЕ68 та ХТЕ95, отримані під час вимірювальних кампаній 2019 та 2020 років, подібні. Наприклад, значення похибки ХТЕ95 для маршрутів № 2, 3 і 4 відрізнялися один від одного на кілька сантиметрів (відносна відсоткова зміна вимірювань ХТЕ95 досягає приблизно 1–3%). Більшу зміну значення міри ХТЕ95 було виявлено для маршруту № 1 і становило бл. 70 см. Тому можна констатувати, що похибки

ХТЕ95 коливалися в діапазоні 2–2,5 м. Для вимірювання ХТЕ68 це було прибіл. вдвічі нижчий за міру ХТЕ95 і становив 1–1,5 м. Однак відносні відсоткові зміни помилки ХТЕ68 для окремих маршрутів у кампаніях вимірювання 2019 та 2020 років були більшими, ніж у випадку вимірювання ХТЕ95. Наприклад, точність проходження УСВ по маршрутах № 2, 3 і 4 відрізнялася лише від кількох сантиметрів до прибіл. 50 см (відносна відсоткова зміна вимірювань ХТЕ68 досягає прибілно 4–50%). Більшу зміну значення міри ХТЕ68 виявлено для маршруту № 1 і воно перевищило 1 м.

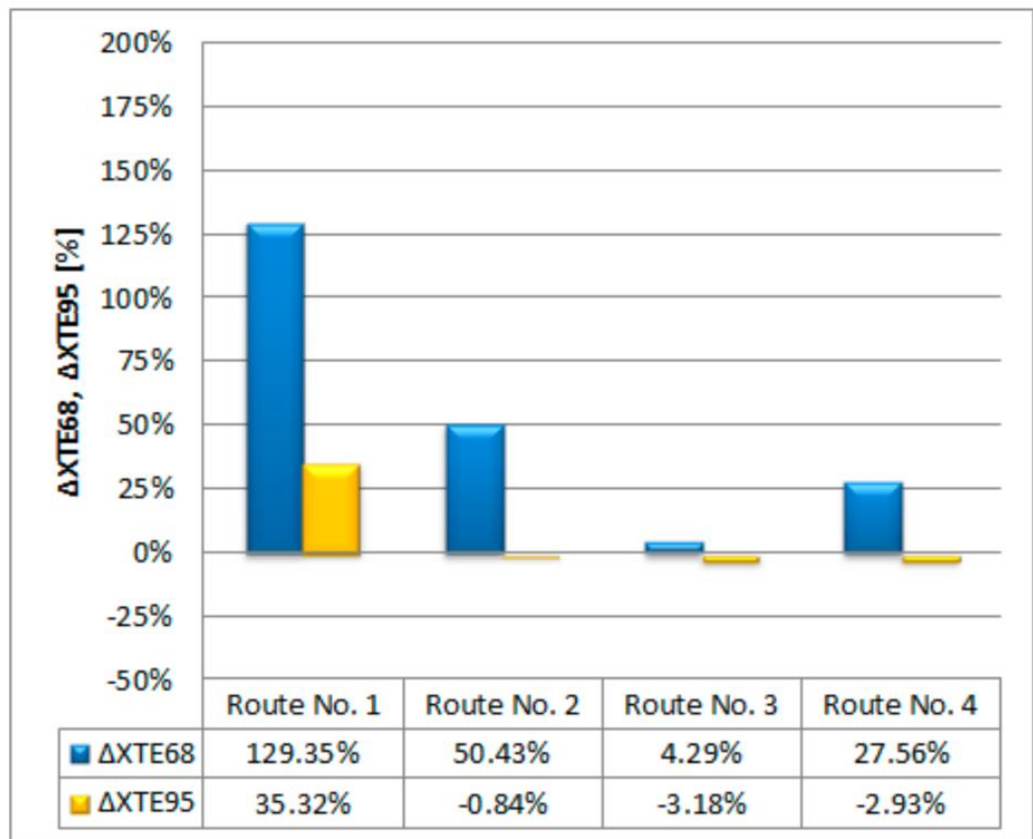


Рисунок 5.7 - Відносна відсоткова зміна вимірювань ХТЕ68 та ХТЕ95 між кампаніями вимірювання 2019–2020 років

Висновки

1. PID-регулятор забезпечує достатню якість керування, однак чутливий до налаштування коефіцієнтів та динаміки руху судна при зміні профілю.
2. Точність GNSS істотно впливає на результат, оскільки ХТЕ включає як реальне бічне відхилення, так і похибку визначення координат.

3. Паралельні маршрути характеризуються меншою зміною ХТЕ, оскільки вимагають мінімального маневрування.
4. Спіральні маршрути створюють складніші умови, що підвищує нерівномірність ХТЕ через необхідність частих змін напрямку.
5. Відносні відсоткові зміни показників ХТЕ68 у різних кампаніях свідчать про високу чутливість системи до геометрії маршруту та стабільності автопілота.
6. Значення ХТЕ95 у межах 2–2.5 м вказують на те, що USV з RTK GNSS здатний забезпечити прийнятну точність для гідрографічних зйомок, але подальші покращення потребують точнішої навігаційної інтеграції (GNSS + IMU).

5.3 Рекомендації щодо налаштування корекції даних NRTK

Щоб надати послугу NRTK у зоні випробувань (Гетеборг, Швеція), SWEPOS створив три нові майданчики (розташованих у Вінга, Хеллсвік та Стирсе) для опорних станцій для підтримки поточної інфраструктури. SWEPOS у зоні випробування та однієї станції моніторингу (розташованої у Fotö) для надання необхідних даних цілісності (дані, які будуть надсилатися паралельно з даними корекції SWEPOS на бортовий GNSS-приймач для опису справності корекції або попереджень, коли система не повинна використовуватися для навігації). Розташування чотирьох нових станцій (чорним кольором) показано на рис. 5.8, а також існуючих станцій (синім кольором).

Випробування на судні відбулось біля берегів Гетеборга (Швеція) і показаний на морській карті на рис. 5.8. Він почався на острові Хоно і закінчився приблизно в 5 км від Гетеборга.



Рисунок 5.8 - Станції SWEPOS в зоні випробувань проекту PrePare-ships

Під час їзди було пройдено міст між Сольвіком і Донсо, показаним на рис. 5.9. Пройшовши міст, корабель повернувся і пройшов його вдруге і втретє. Також було здійснено маневр, який складається з кількох поворотів.



Рисунок 5.9 - Морська діаграма, що показує територію, придатну для запланованого випробувального майданчика

Випробування (3 вересня 2020 р.) на морі для тестування VRS проводилися в різних тестових середовищах, наприклад, у сценаріях без прямої видимості для ГНСС під мостами (рис. 5.10) та у вузьких проходах. Лоцманський човен, який використовувався для випробування, був зроблений для обертання з мінімально можливими радіусами в морі на відстані приблизно 10 км від VRS для вивчення можливостей позиціонування бортового багатосенсорного RTK модуля ANAvS з його GNSS/INS тісно пов'язаним позиціонуванням RTK і визначення ставлення.



Рисунок 5.10 - Лоцманський катер при проходженні мосту

На рис. 5.11 показано маршрут доставки, визначений багатосенсорним модулем RTK ANAvS. Колір позначає наявність фіксованого розчину RTK, тобто зелені ділянки вказують на фіксований розчин RTK, а червоні — на плаваючий розчин RTK.



Рисунок 5.11 - Маршрут у 2 години в районі Гетеборга. Колір позначає наявність фіксованого розчину RTK, тобто зелені ділянки вказують на фіксований розчин RTK, а червоні — на плаваючий розчин RTK

На рис. 5.12 показано курс у часі, визначений модулем RTK Multi-Sensor ANAvS. Збільшений розділ відноситься до кількох поворотів із зміною кута курсу від 0° до 360° .

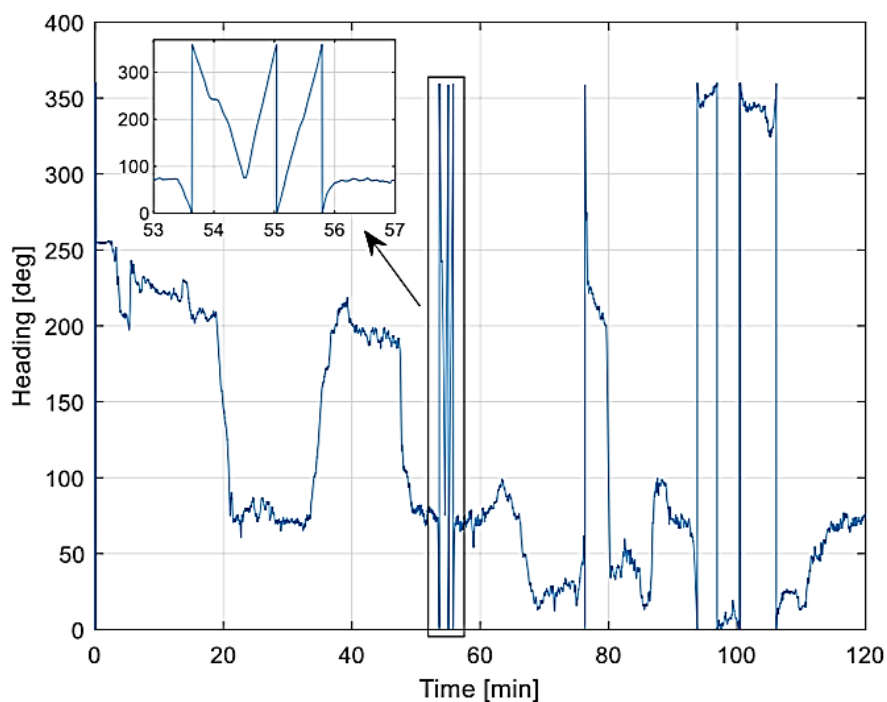


Рисунок 5.12 - Вирішення проблеми курсу

Рис. 5.13 показує точність рішення позиції з часом. Краще 5 см для фіксованого розчину RTK, який виходить більшу частину часу. Точність знижується до кількох дециметрів для розчину RTK з поплавком.

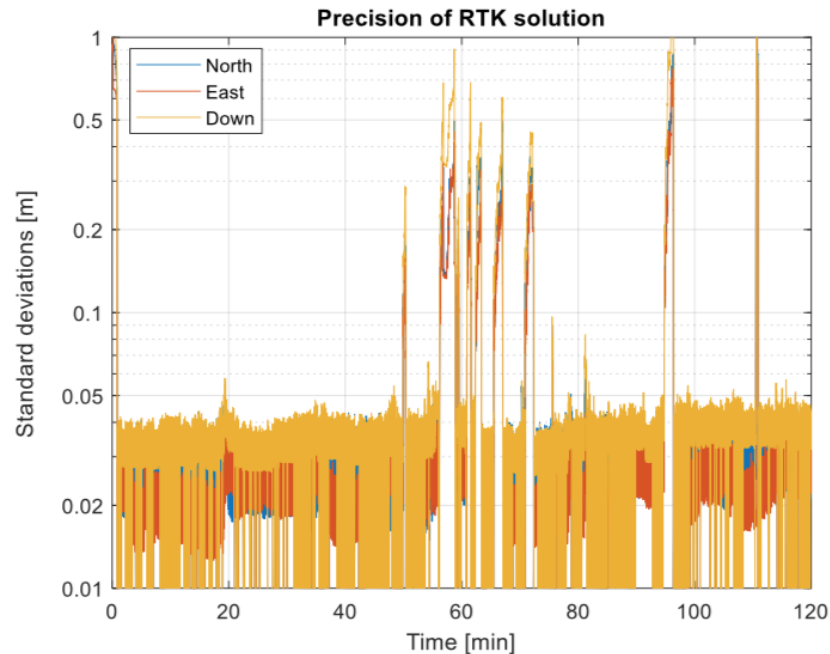


Рисунок 5.13 - Точність визначення RTK протягом 2 годин маршруту

Висновки

Випробування на морі для тестування VRS показують, що статистичні невизначеності порядку 5-10 см можна досягти на відстані 12 км від віртуальної опорної станції, що можна порівняти з точністю близько 5 м зі стандартним обладнанням, використовується сьогодні в морській промисловості. Результати тестування показали, що ми можемо отримати таку ж необхідну точність позиціонування, використовуючи рішення LAS, яке запропонувало зменшити розмір даних корекції NRTK, щоб миттєво адаптуватися до вимог VDES.

Ці результати довели, що вибраний дизайн системи (Пропонована служба позиціонування в цьому дослідженні та запропонований предиктор у проекті) має добре масштабуватися для впровадження в усьому світі в районах з інтенсивним рухом, де уникнення заторів у системі AIS/VDES є вирішальним. Покращення продуктивності навігації та визначення часу (PNT), не обмежуються сектором судноплавства, а є наріжним каменем для майбутніх

форм судноплавства, які ми зараз знаходимося на зорі. Сьогодні він може покращити морські споруди, автоматизоване швартування, кіберзахищене місцеве коригування положення, точнішу інформацію для пілотів і офіцерів у вузьких фарватерах або зонах із інтенсивним рухом транспорту.

Він розширює можливості пошуково-рятувальної служби (SAR), стійкого PNT, уможлиблює такі концепції, як дистанційне керування/допомога кораблів і навіть майбутній сценарій автономного судноплавства.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙС

6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломної практиці, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУ«ОМА», прейскурантів, тарифів та ін. Вихідні дані рейсу т/х «Horizon Highway» з порту Саутгемптон в порт Ашдод зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 - Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «Horizon Highway»	D_w	Тон	11361
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	628
3	Відстань між портами	L	милі	3254
4	Кількість навантаженого вантажу: автомобілі	$\Sigma Q_{шт}$	шт	2418
5	Фрахтова ставка за 1 шт вантажу	f	\$/шт	350
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	шт/ год.	120
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	шт/ год.	120
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	17,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	12
10	Добова витрата палива на ходу: важке легке	q^e_x	тон/доб	40,5 3,5
	Добова витрата палива на стоянці:	$q_{ст}$	тон/доб	3,5

	легке			
Продовження табл. 5.1				
1	2	3	4	5
11	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	550
	легке	C_l	\$/т	700
12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	3408300
13	Річна норма амортизації	Ha	%	10
14	Позаексплуатаційний час	T_{ze}	діб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	22
16	Час затримки в дорозі	$t_{зат}$	доб.	0,4
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{доо}$	доб.	0,2
18	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/доб	2300
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/доб	170
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/доб	100
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	23400
22	Агентування суден	$R_{аз}$	\$/доб	100
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/доб	120
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	350000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	10000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання [51, 53].

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_q = D_w - G_{зан}, \quad (6.1)$$

$$D_q = 11361 - 628 = 10733 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

$$T_{екс} = T_k - T_{вз}, \quad (6.2)$$

де T_k - календарний період, приймаємо 365 діб;

$$T_{екс} = 365 - 15 = 350 \text{ діб}$$

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

$$t_x = \frac{L}{V_{екс} \times 24} + t_{зод}, \quad (6.3)$$

$$t_x = 3254 / (17,0 \times 24) + 0,4 = 8,4 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

$$t_{cm} = t_{cm}^n + t_{cm}^e = \left(\frac{Q_1}{M_{n1}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{e1}} \right) + t_{дон} \quad (6.4)$$

$$t_{cm} = 2418 / (120 \times 24) + 2418 / (120 \times 24) + 0,2 = 1,9 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

$$t_p = t_x + t_{cm}, \quad (6.5)$$

$$t_p = 8,4 + 1,9 = 10,3 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено шт-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 2418 \times 3254 = 7868172 \text{ шт-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 10733 \times 3254 = 34925182 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

5. Розраховуємо доходи судна за рейс (\$/рейс):

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = \Sigma Qf, \quad (6.6)$$

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 2418 \times 350 = 846300 \text{ \$/рейс}$$

6. Розраховуємо витрати судна за статтями за добу і за рейс:

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{экс.}} = R_{\text{зн}} + R_{\text{хар}} + R_{\text{рем}} + R_{\text{ам}} + R_{\text{сн}} + R_{\text{м.нос}} + R_{\text{нав}} + R_{\text{норм}}/t_p + R_{\text{аг}} + R_{\text{стр}}, \quad (6.7)$$

- витрати на заробітну плату ($R_{\text{зн}}$) 2300 \$/добу;

- витрати на харчування екіпажу ($R_{\text{хар}}$) розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{хар}} = \text{Ч}_{\text{ек}} \cdot n_{\text{хар}} \quad (6.8)$$

де $n_{хар}$ – норма харчування на одного члена екіпажу 5 – 15 \$/добу на 1 особу.

$$R_{хар} = 22 \times 12 = 264 \text{ \$/добу};$$

- витрати на ремонт ($R_{рем}$) розраховуємо за формулою:

$$R_{рем}^{доб} = \frac{(n_{док} \times C_{док} + C_{рем}) / t_{мн}}{T_{екс}}, \quad (6.9)$$

де: $n_{док}$ – кількість докувань за міжремонтний період;

$t_{мн}$ – міжремонтний період 5 років.

$$R_{рем} = ((10000 + 350000) / 5) / 350 = 206 \text{ \$/добу}$$

- витрати на амортизацію ($R_{ам}$) розраховуємо за формулою:

$$R_{ам} = \frac{C_{бал} \times H_{ам}}{T_{ек} \times 100}, \quad (6.10)$$

$$R_{ам} = (3408300 \times 0,1) / 350 = 974 \text{ \$/добу};$$

- витрати на загальносуднове постачання ($R_{сн}$) розраховуємо за формулою:

$$R_{сн} = \frac{C_{бал} \times H_{сн}}{T_{ек} \times 100}, \quad (6.11)$$

де $H_{сн}$ - норма постачання;

$$R_{сн} = (3408300 \times 0,02) / 350 = 195 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.нос.}$) 170 \$/добу;

- навігаційні витрати, \$/добу ($R_{нав}$) 100 \$/добу;

- портові збори ($R_{порт}$) 23400 \$/рейс;

- витрати з агентування ($R_{аг}$) 100 \$/добу;

- витрати на страхування ($R_{стр}$) 120 \$/добу.

Підставляючи значення в формулу 6.7 розраховуємо постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{екс} = 2300 + 264 + 206 + 974 + 195 + 170 + 100 + 23400 / 10,3 + \\ + 100 + 120 = 6701 \text{ \$/ добу}$$

7. Розрахуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

$$R_{\text{кос.}} = R_{\text{екс}} \cdot k_{\text{ад}}, \quad (6.12)$$

де $k_{\text{ад}}$ - коефіцієнт на адміністративно-управлінський апарат (від суми постійних експлуатаційних витрат судна), приймаємо 2 %.

$$R_{\text{кос.}} = 6701 \times 0,02 = 134 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{\text{заг}} = R_{\text{екс}} + R_{\text{кос}} \quad (6.13)$$

$$R_{\text{заг}} = 6701 + 134 = 6835 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = R_{\text{заг}} \cdot t_p \quad (6.14)$$

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = 6835 \times 10,3 = 70401 \text{ \$/рейс}$$

10. Розраховуємо змінні витрати судна за добу і за рейс:

- витрати на паливо і мастильні матеріали на ходу за добу експлуатації:

$$R^m_x = k_{\text{см}} \cdot q_x \cdot \Pi_m \quad (6.15)$$

$$R^n_x = k_{\text{см}} \cdot q_x \cdot \Pi_n \quad (6.16)$$

де $k_{\text{см}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні, обтиральні матеріали, в залежності від двигуна = 1,05 - 1,15.

$$R^m_x = 1,1 \times 40,5 \times 550 = 24503 \text{ \$/ добу}$$

$$R^n_x = 1,1 \times 3,5 \times 700 = 2695 \text{ \$/ добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали на стоянці за добу експлуатації:

$$R^m_{\text{см}} = k_{\text{см}} \cdot q_{\text{см}} \cdot \Pi_{\text{л}} \quad (6.17)$$

$$R^m_{\text{см}} = 1,1 \times 3,5 \times 700 = 2695 \text{ \$/ добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{\text{неп}} = (R^m_x \cdot t_x) + (R^m_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}}) \quad (6.18)$$

$$\Sigma R_{nep} = (24503 + 2695) \times 8,4 + 2695 \times 1,9 = 233584 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{рейс} = \Sigma R_{заг.екс} + \Sigma R_{зм} \quad (6.19)$$

$$\Sigma R_{рейс} = 70401 + 233584 = 303985 \text{ \$/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\Sigma \Pi_{рейс} = \Sigma F_{рейс} - \Sigma R_{рейс}. \quad (6.20)$$

$$\Sigma \Pi_{рейс} = 846300 - 303985 = 542315 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Horizon Highway» з порту Саутгемптон в порт Ашдод з вантажем автомобілі за рейс склав 542315 \$/рейс.

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою [53]:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_e = \frac{T_{екс}}{T_k}, \quad (6.21)$$

$$K_e = 350 / 3134 = 0,959$$

2. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{cp.} = \frac{L}{t_x}, \quad (6.22)$$

$$V_{cp} = 3254 / 8,4 = 387$$

3. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_p}; \quad (6.23)$$

$$\varepsilon_x = 8,4 / 10,3 = 0,816$$

4. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_6 = \alpha_3 \cdot V_{cp.} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.24)$$

$$\mu_6 = 0,986 \times 387 \times 0,816 = 311,37$$

5. Валова прибутковість одних судно-діб:

$$\mu = \Sigma F_{рейс} / t_p, \quad (6.25)$$

$$\mu = 846300 / 10,3 = 82165 \text{ \$ / доба}$$

6. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_{ум} = \Sigma R_{рейс} / \Sigma Q, \quad (6.26)$$

$$S_{ум} = 303985 / 2418 = 125,72 \text{ \$ / шт}$$

7. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$S_{ум-м} = \Sigma R_{рейс} / \Sigma Ql, \quad (6.27)$$

$$S_{ум-м} = 303985 / 7868172 = 0,03863477 \text{ \$ / шт-м}$$

8. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$S_{с-д} = \Sigma R_{рейс} / t_p \quad (6.28)$$

$$S_{с-д} = 303985 / 10,3 = 29513 \text{ \$ / доба.екс}$$

10. Рівень прибутковості являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \Sigma F_{рейс} / \Sigma R_{рейс} \quad (6.29)$$

$$PF = 846300 / 303985 = 2,78$$

При $PF > 1$ рейс прибутковий. Рівень дохідності (target yield) — показник розрахунку ефективності виконаного рейсу заснований на аналізі кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі.

6.3. Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

Якісні показники роботи судна за експлуатаційний період розраховуємо з урахуванням розрахованого експлуатаційного період роботи судна за формулою (6.2) за методикою [53]:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p \quad (6.30)$$

$$Ч_p = 350 / 10,3 = 33,98$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_{екс} = \Sigma Q Ч_p \quad (6.31)$$

$$\Sigma Q_{екс} = 2418 \times 33,98 = 82164 \text{ шт / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

$$\Sigma Q l_{екс} = \Sigma Q l Ч_p \quad (6.32)$$

$$\Sigma Q l_{екс} = 7868172 \times 33,98 = 267360484 \text{ шт-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{екс} = \Sigma F_{рейс} Ч_p \quad (6.33)$$

$$\Sigma F_{екс} = 846300 \times 33,98 = 28757274 \text{ \$ / рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{екс} = R_{рейс} Ч_p \quad (6.34)$$

$$\Sigma R_{екс} = 303985 \times 33,98 = 10329410 \text{ \$ / рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma П = П_p Ч_p \quad (6.35)$$

$$\Sigma П = 542315 \times 33,98 = 18427864 \text{ \$ / рік}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma PF = \Sigma F_{екс} / \Sigma R_{екс} \quad (6.36)$$

$$PF = 28757274 / 10329410 = 2,78$$

Для оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період зведем розрахункові дані в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 - Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Валовий дохід	F	\$	846300
2	Затрати загальні	R	\$	303985
3	Прибуток	Π	\$	542315
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,816
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	387
6	Дохідність судна	μ	\$/ доб	82165
7	Рівень дохідності	PF		2,78
8	Собівартість перевезення 1 шт вантажу	$S_{шт}$	\$/шт	125,72
9	Собівартість 1 шт-милі	$S_{шт-м}$	\$/шт-м	0,0386347
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	$S_{с-д}$	\$/доб.	29513

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень прибутковості 2,78, прибуток 542315 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 18427864 \$. Судно «Horizon Highway» доцільно використовувати на даній лінії.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

7.1.1. Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)

Вантажне судно «Glasgow Maersk» стоїть в порту Нінбо (Китай) біля причалу № 3 під навантаженням. Отримано повідомлення про виникнення надзвичайної ситуації терористичного характеру. На відстані 0,5 км від судна при проведенні швартовних операцій підірвався на міні танкер-хімовоз.

В результаті вибуху на танкері-хімовозе сталося пошкодження вантажної ємності і розлив сірковуглецю. Кількість розлитої токсичної рідини, є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР), 12 т. Характер розливу «вільно». На території порту оголошено сигнал терористичної загрози.

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 16.00, температура повітря 20⁰, швидкість вітру 10 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. Характер місцевості – територія порту.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії.

Запропонувати заходи по зменшенню можливих втрат серед екіпажу судна.

Розподілити обов'язки та відповідальність щодо забезпечення охорони судна.

7.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах

морського транспорту (Додаток 1 до «Методичних вказівок по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні»).

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 10 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 7.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 7.1- Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6-2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за його еквівалентними значеннями.

При розливі токсичних рідин первинна хмара не утворюється, тому еквівалентна кількість $Q_{\text{э1}}$ (т) речовини у первинній хмарі:

$$Q_{\text{э1}} = 0 \text{ т.}$$

3) Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії та еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі

Площа розливу S_p (м²) сірковуглецю дорівнює:

$$S_p = V_p / h = Q_o / \rho / h = 12 / 1,263 / 0,05 = 190 \text{ м}^2,$$

де: V_p - об'єм сірковуглецю, що розлився, м³;

$Q_o = 12$ - кількість сірковуглецю, що розлився при аварії, т.

$\rho = 1,263$ - щільність сірковуглецю, т/м³ (таблиця 7.2);

$h = 0,05$ - товщина шару сірковуглецю (для характеру розливу – «вільно»),

м.

Тривалість вражаючої дії СДОР визначається часом, що потрібний на його випаровування з площі розливу, і часом, протягом якого триває спад його концентрації до безпечного рівня після відходу хмари зараженого повітря від заданої точки.

Таблиця 7.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найме- нування СДОР	Щільні сть СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °C	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температури повітря (°C)				
								-40	-20	0	20	40
Сіркову глець	-	1,26 3	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1

Примітка. У таблиці наведені значення K₇ для вторинної хмари, тобто K₇ = K₇^I

Розраховуємо тривалість вражаючої дії Т (год.) сірковуглецю:

$$T = h \cdot \rho / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}) + 1 / (K_m \cdot v_n) = 0,05 \cdot 1,263 / (0,021 \cdot 4 \cdot 1) + 1 / (0,2 \cdot 59) = 0,84 \text{ год. } 50 \text{ хв.},$$

де: K₂ = 0,021 - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірковуглецю (таблиця 7.2);

K₄ = 4 - коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 7.3);

K₇^{II} = 1 - коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 7.2);

K_m = 0,2 - коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари сірковуглецю (таблиця 7.4);

v_n = 59 - швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год. (таблиця 7.5).

Таблиця 7.3 - Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	1≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0

Таблиця 7.4 - Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
Територія порту	0,2	0,2	0,3

Таблиця 7.5 - Швидкість (км/год.) перенесення $v_{п}$ переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

Ступень вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	1≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Інверсія	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
Конвекція	7	14	21	28						

Розраховуємо еквівалентну кількість сірковуглецю Q_{32} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{32} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot Q_0 / (h \cdot \rho) =$$

$$1 \cdot 0,021 \cdot 0,013 \cdot 4 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12 / (0,05 \cdot 1,263) = 0,05 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0$ - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 7.2);

$K_3 = 0,013$ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози сірковуглецю (таблиця 7.2);

$K_5 = 0,23$ - коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$ - коефіцієнт, що залежить від часу N , що пройшов з моменту початку аварії; за умовами завдання $N = 1$ год.

4) Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 7.6.

Так як первинна хмара відсутня, то для $Q_{\text{в1}} = 0,0$ т та швидкості вітру $u = 10$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,0$ км.

Для $Q_{\text{в2}} = 0,05$ т та швидкості вітру $u = 10$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою сірковуглецю: $\Gamma_2 = 0,26$ км.

Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_{Σ} (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,26 + 0,5 \cdot 0,0 = 0,26 \text{ км} ,$$

де: Γ' - найбільший, Γ'' - найменший з розмірів Γ_1 і Γ_2 .

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас Γ_{Π} (км):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 59 = 59 \text{ км}.$$

За остаточну розрахункову глибину зони зараження Γ (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень Γ_{Σ} і Γ_{Π} :

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,26 \text{ км} .$$

Таблиця 7.6 - Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31

Визначаємо площу зони можливого зараження S_v (км²) хмарию сірковуглецю:

$$S_v = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ = 3,14 \cdot 0,26^2 \cdot 45^\circ / 360^\circ = 0,027 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 0,26$ - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 45^\circ$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 8.7).

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_ϕ (км²):

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,26^2 \cdot 1^{0,2} = 0,009 \text{ км}^2,$$

де: $K_8 = 0,133$ - коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря - ізотермії (п. 3.4. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту).

Таблиця 7.7 - Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	$\leq 0,5$	0,6 - 1	1,1 - 2	>2
φ , град	360	180	90	45

5) Розрахунок глибин поширення хмари СДОР у вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні

Територія можливого хімічного зараження умовно представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 45^\circ$ (таблиця 8.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,26$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження - місцем розливу сірковуглецю. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

У районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації, важкого, середнього і легкого ураження.

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1} \right)^\Psi = 0,92 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,05}{6} \right)^{0,515} = 0,016 \text{ км},$$

де: $\lambda = 0,92$; $\Psi = 0,515$ - коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 8.8);

Таблиця 7.8 – Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 і менше	2	3	4	5	6	7	10
λ	3,73	2,31	1,80	1,52	1,34	1,20	1,11	0,92
ψ	0,606	0,580	0,563	0,551	0,542	0,537	0,531	0,515

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,0 + 0,05 = 0,05$ - загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_1 = 6$ - летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,41}$ (км):

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 0,92 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,05}{2,4} \right)^{0,515} = 0,026 \text{ км},$$

де: $D_{0,41} = 0,4 \cdot D_1 = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ - значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $\Gamma_{0,21}$ (км):

$$\Gamma_{0,21} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,21}} \right)^\Psi = 0,92 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,05}{1,2} \right)^{0,515} = 0,036 \text{ км},$$

де: $D_{0,21} = 0,2 \cdot D_1 = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ - значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,26$ км.

б) Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту (до надбудови судна)

Час підходу хмари СДОР до заданого об'єкту t (год.) залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$t = x / (K_m \cdot v_{\Pi}) = 0,5 / (0,2 \cdot 59) = 0,04 \text{ год.} \approx 2,5 \text{ хв.},$$

де: x – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км.

7.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного на території порту показала, що судно «Glasgow Maersk» знаходиться за межами зони хімічного ураження.

Для уникнення можливих втрат серед екіпажу судна пропонуються наступні заходи:

- попередити людей про надзвичайну ситуацію, що трапилась в порту;
- зв'язатися з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварії та концентрацію СДОР в повітрі;
- не допускати, щоб люди наближались до небезпечної зони протягом часу дії вражаючих концентрацій СДОР (50 хв.).

7.1.4. Розподіл обов'язків і відповідальності щодо забезпечення охорони судна

Розподіл обов'язків та відповідальності членів екіпажу, залучених до охорони судна, визначається наказом капітана. Насамперед, це відноситься:

- до вахтового помічника капітана і персоналу палубної вахти;
- до вахтового механіка і персоналу машинної вахти;
- до персоналу, відповідального за своїм завідуванням.

Основним видом виконання судовим екіпажем службових обов'язків щодо забезпечення охорони судна є судова вахтова служба. Вахтовий помічник капітана являється головним судовим вахтовим начальником, який очолює

судову вахтову службу. Він підпорядковується тільки капітану і несе відповідальність за безпечну експлуатацію судна. З питань охорони судна вахтовий помічник капітана також підпорядковується особі командного складу, відповідальній за охорону судна, і виконує покладені на вахтового помічника обов'язки по охороні.

Обов'язки і відповідальність вахтового помічника капітана:

- забезпечує постійне несення радіовахти, проводить регулярні перевірки зв'язку;
- при одержанні вказівки Адміністрації про зміну рівня охорони доповідає про це капітану і особі командного складу, відповідальній за охорону судна;
- спільно з особою командного складу, відповідальній за охорону судна, організовує виконання вахтовим персоналом заходів охорони для відповідного рівня охорони; при необхідності виділяє і залучає додатковий персонал;
- здійснює контроль ефективного виконання заходів охорони, передбачених планом охорони судна; за наявності невідповідностей та недоліків вживає заходів до їх подолання, та доповідає капітану і особі командного складу, що відповідає за охорону;
- організує дії, спрямовані на підготовку судна до швидкого реагування при зміні рівня охорони (при встановленні рівня 2 або 3);
- проводить інструктаж вахтового персоналу з питань охорони і керує його діями.

Вахтовий механік очолює машинну вахтову службу. Він підпорядковується вахтовому помічникові капітана і несе відповідальність за контроль і управління суднової енергетичною установкою і технічними засобами. З питань охорони судна вахтовий механік підпорядковується також особі командного складу, відповідальній за охорону судна, і виконує покладені на вахтового механіка обов'язки по охороні.

Обов'язки і відповідальність вахтового механіка:

- виконує вказівки вахтового помічника капітана і особи командного складу, відповідальній за охорону судна, які стосуються підтримання відповідного рівня охорони або переходу на новий рівень охорони;

- організує та забезпечує виконання заходів охорони, передбачених планом охорони судна, із залученням персоналу машинної вахти.

- доповідає вахтовому помічникові та особі командного складу, відповідальній за охорону судна, про всі недоліки або невідповідності та вживає заходів щодо їх усунення;

- проводить інструктаж персоналу машинної вахти з питань охорони та керує його діями.

Загальне керівництво по вирішенню всіх питань, пов'язаних із забезпеченням охорони, здійснює особа командного складу, відповідальна за охорону судна (офіцер з охорони судна). Особа командного складу, відповідальна за охорону судна, підзвітна капітану.

Обов'язки з охорони судна додатково включені в коло вже існуючих прямих обов'язків членів суднового екіпажу. Персонал, який несе вахту на палубі, або вахтовий персонал машинного відділення, в ході звичайного щоденного виконання своїх обов'язків з несення вахти фактично виконує обов'язки патруля безпеки.

ВИСНОВОК

Даний дипломний проект виконаний для економічного та безпечного переходу з порту Саутгемптон– Ашдод.

За каталогом карток, книг і посібників з маршрутами проведений підбір необхідної літератури. Виконано маршрутний план переходу, розраховане плавання по них і природна освітленість за маршрутом переходу.

Запропонований шлях судна є економічним і безпечним з точки зору навігації маршрутом для даного переходу.

Вироблено розміщення вантажів з трюмами, виконані розрахунок і перевірка статичної і динамічної остійності за вимогами Регістру та ІМО. Проведена перевірка подовжньої міцності судна.

Проведені дослідження та випробування на морі підтвердили ефективність та доцільність використання високоточного позиціонування NRTK для підвищення безпеки морської навігації.

1. Точність RTK: Випробування VRS на морі показали, що статистична невизначеність позиціонування в межах 5–10 см може бути досягнута на відстані до 12 км від віртуальної опорної станції, що є значним покращенням порівняно зі стандартним обладнанням (близько 5 м).

2. Вирішення проблеми пропускну́ї здатності: Результати тестування довели, що запропонований дизайн системи (зменшення розміру корекційних даних NRTK через рішення LAS) успішно адаптується до вимог пропускну́ї здатності VDES. Це робить можливим передачу високоточних корекцій як від берега до судна, так і обмін прогностною інформацією між суднами.

3. Перспективи та масштабованість: Обраний дизайн системи позиціонування та прогнозування судна має високу масштабованість для впровадження у всьому світі в районах з інтенсивним рухом, де уникнення заторів у системі AIS/VDES має вирішальне значення.

4. Стратегічне значення: Покращення навігаційних характеристик (PNT) є наріжним каменем для майбутніх форм судноплавства. Це сприяє

вдосконаленню автоматизованого швартування, забезпечує точнішу інформацію для лоцманів та офіцерів у вузьких фарватерах, а також є основою для концепцій дистанційного керування та автономного судноплавства.

Розраховані кількісні і якісні економічні показники роботи судна в рейсі і виконано їх порівняльний аналіз за рейс і за експлуатаційний період.

Розглянуті охоронні заходи і питання цивільної оборони на судні.

Виконана робота дозволила підсумувати курс теоретичної і практичної підготовки в НУОМА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Резолюція ІМО А.893 (21) –1999 «Посібник з планування рейсу».
2. Конвенція та кодекс з підготовки, дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ-78/95) – International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95)
3. Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських судах України (РІСЧУ-98).-Одеса: ЮжНИИМФ, 1998.-111с.
4. Руководство по процедурам на мостике — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 1998-87 р.
5. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. –Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.
6. Забезпечення навігаційної безпеки плавання [Текст]: навчальний посібник / В. Г. Алексішин, Л. А. Козир, С. В. Симоненко; Одеська морська національна академія. - Одеса: Фенікс; М.: ТрансЛіт, 2012. – 518 с.
7. Alan Murray. Astro Navigation From Square One To Ocean Master.- M-Y Books, 2013. - 445 р.
8. Практичне судноводіння [Текст]: навч. посібник / В. Г. Алексішин, В. Т. Долгочуб; Одеська морська національна академія. - 4-те вид., Випр. та дод. – О.: Фенікс, 2011. – 376 с.
9. Михальчук В.В. Морська астрономія: конспект лекцій. - Одеса: ОНМА, 2003 - 55с.
- 10.D.J. House Seamanship Techniques. Shipboard and Marine Operations. 5th Editdion. 2018. - 922 р.
- 11.Кондрашихін В.Т., Бердінських Б.В., Мальцев А.С., Козир Л.А. Довідник судноводія з навігаційної безпеки мореплавання. – Одеса, 1990.-167с.
- 12.Бурмака І.О. Управління судами у ситуації небезпечного зближення / І.О Бурмака., Е.Н П'ятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
- 13.http://shturman-tof.ru/Slovar/Slovar_01.htm

14. Ніколаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: навч. [для студ. вищ. навч. зав.] / Л. Л. Ніколаєва. – Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.
15. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. – 335 с.
16. Мальцев А.С. Теорія та практика безпечного управління судном під час маневрування. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. Одеса, 2007. 395 с.
17. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
18. Мальцев А.С. Маневрування судів під час розбіжності. - Одеса.: Морський тренажерний центр, 2002. стр. 208
19. Сізов В.Г. Теорія корабля: Підручник. Видання 4-те, перероблене та доповнене. – Одеса: Фенікс, 2008. – 464 с.
20. Бурмака І.О. Управління судами у ситуації небезпечного зближення / І.О Бурмака., Е.Н П'ятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
21. Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. Resolution A.267(85). -London: International Maritime Organization, 2008.- 109 p.
22. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден.: У 5-ти т. Том 2. - Київ: Регістр судноплавства України, 2016.
23. Алексішин В.Г., Козир Л.А., Короткий Т.Р. Міжнародні та національні стандарти безпеки мореплавання. - Одеса: Латстар, 2002. - 257 с.
24. Вагущенко Л.Л., Кошовий А.А. Автоматизовані комплекси судноводіння. – Київ, КВІЦ, 2000. – 292 с.
25. Гофман, Велингоф, Лихтенегер. Глобальная система определения местоположения GPS. Теория и практика. – Киев, Наукова думка, 1996.
26. Радіонавігаційний план України (проект). Посібник/ Баранов Г.Л., Кошовий А.А., Падалко В.Г., Скорик Є.Т., Хавило В.І. Під загальною редакцією д.т.н. Кошового А.А. – Київ, видавництво “КВІЦ”, 2002. – 77 с.

- 27.Радіонавігаційний план України (проект). Посібник/ Баранов Г.Л., Кошовий А.А., Падалко В.Г., Скорик Є.Т., Хавило В.І. під загальною редакцією д.т.н. Кошового А.А. – Київ, видавництво “КВІЦ”, 2002. – 77 с.
- 28.Кошовий В.М. Система та пристрої автоматичної ідентифікації судів - Навчальний посібник / В.М.Кошовий, А.В.Шишкін, В.І.Купровський. - Одеса: ОНМА, 2005. - 79 с.
- 29.Acar, U., Ziarati, R., Ziarati, M.: Collisions and Groundings – Major Causes of Accidents at Sea. Coventry, UK, Coventry University Technology Park (2007).
30. E. Hollnagel: Understanding accidents-from root causes to performance variability. In: Proceedings of the IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants. pp. 1–1, Scottsdale, AZ, USA (2002).
<https://doi.org/10.1109/HFPP.2002.1042821>.
31. European Maritime Safety Agency: Annual Overview of Marine Casualties and Incidents. , Lisbon, Portugal (2019).
32. Hüffmeier, J.: Risk assesement Ship Collision Incidents based on Foresea incident data. Foresea, Gothenburg (2020).
33. Hüffmeier, J., Wilske, E.: Decision Support Tools for VTS Operators, BaSSy SSPA Report 4005 3946-1 - rev1. SSPA Sweden AB, Göteborg (2008).
34. Hultman, A., Enström, J.: Collisions and Groundings. , Gothenburg (2011).
35. IALA: The Technical Specification of VDES.
36. Japan Transport Safety Board: Statistics of Marine Accident, https://www.mlit.go.jp/jtsb/statistics_mar.html#p02, last accessed 2020/10/01.
37. Lilje, M., Wiklund, P., Hedling, G.: The Use of GNSS in Sweden and the National CORS Network SWEPOS - OICRF. In: Engaging the Challenges – Enhancing the Relevance. , Kuala Lumpur, Malaysia (2014).
38. NTRIP: Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP). (2004).
39. RTCM 10403.3: Differential GNSS Services. , RTCM, Arlington (2016).
40. Transportation Safety Board of Canada: Marine transportation, <https://www.tsb.gc.ca/eng/marine/index.html>, last accessed 2020/10/01.

41. Türkistanli, T.T., Kuleyin, B.: Training Situational Awareness and Decision Making for Preventing Collisions at Sea: A Theoretical Background. *Mersin University Journal of Maritime Faculty*. 1, 1, 10–16 (2019).
42. Kristić, M.; Žuškin, S.; Brčić, D.; Valčić, S. Zone of Confidence Impact on Cross Track Limit Determination in ECDIS Passage Planning. *J. Mar. Sci. Eng.* 2020, 8, 566.
43. Stateczny, A.; Burdziakowski, P.; Najdecka, K.; Domagalska-Stateczna, B. Accuracy of Trajectory Tracking Based on Nonlinear Guidance Logic for Hydrographic Unmanned Surface Vessels. *Sensors* 2020, 20, 832.
44. Azar, A.T.; Ammar, H.H.; Ibrahim, Z.F.; Ibrahim, H.A.; Mohamed, N.A.; Taha, M.A. Implementation of PID Controller with PSO Tuning for Autonomous Vehicle. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics 2019 (AISI 2019)*, Cairo, Egypt, 26–28 October 2019.
45. Miskovic, N.; Vukic, Z.; Barisic, M.; Tovornik, B. Autotuning Autopilots for Micro-ROVs. In *Proceedings of the 2006 14th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED 2006)*, Ancona, Italy, 28–30 June 2006.
46. Pan, Y.; Huang, D.; Sun, Z. Backstepping Adaptive Fuzzy Control for Track-keeping of Underactuated Surface Vessels. *Control Theory Appl.* 2011, 28, 907–914.
47. Chattopadhyay, S.; Roy, G.; Panda, M. Simple Design of a PID Controller and Tuning of Its Parameters Using LabVIEW Software. *Sens. Transducers* 2011, 129, 69–85.
48. Specht, M.; Specht, C.; Wąż, M.; Naus, K.; Grządziel, A.; Iwen, D. Methodology for Performing Territorial Sea Baseline Measurements in Selected Waterbodies of Poland. *Appl. Sci.* 2019, 9, 3053.
49. Specht, M.; Specht, C.; Lasota, H.; Cywiński, P. Assessment of the Steering Precision of a Hydrographic Unmanned Surface Vessel (USV) along Sounding Profiles Using a Low-cost Multi-Global Navigation Satellite System (GNSS) Receiver Supported Autopilot. *Sensors* 2019, 19, 3939.

50. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Обзор морського транспорту)
51. Вінніков В.В. Економіка підприємства морського транспорту (економіка морських перевезень):-3 видавництва, перероб. дод.-О.: Фенікс, 2011. – 944 с.
52. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. монографія за ред. А. Г. Дем'янченко. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 325 с.
53. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУОМА, 2017, с. 20.
54. МАРПОЛ 73/78. Додатку V до Міжнародної Конвенції щодо запобігання забрудненню з суден 1973 р., виправленої Протоколом 1978 р.
55. Міжнародна Конвенція МАРПОЛ-73/78. - ІМО, 2014. - 143 с.
56. Методичні вказівки та варіанти завдань щодо виконання розділу дипломної роботи "Охоронні заходи і цивільна оборона на судні".