МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра СУДНОВОДІННЯ

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

КОРНІЛОВ МАКСИМ СЕРГІЙОВИЧ
(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна "Gaz Energy" за маршрутом Alexandria – Vlore

Підпис магістранта /Максим КОРНІЛОВ/

Завідуючий кафедрою /Володимир СІКІРІН/

Керівник /Дмитро АСТАЙКІН/

Рецензент /Микола ЦИМБАЛ/

Нормоконтроль /Володимир СІКІРІН/

м. Одеса
2025 рік

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської роботи – Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна "Gaz Energy", за маршрутом Alexandria – Vlore.

Магістерська робота містить 94 сторінки, 15 рисунків, 43 таблиці, 59 використаних джерела.

Виконано опрацювання та дослідження етапів переходу та огляд дослідження "Автономні судна та сучасні навігаційні системи". Розглянуто основні питання автономних суден і як вони використовують сучасні навігаційні системи; роль радарів, електронних карт, AIS та ARPA на автономних суднах; автоматична прокладка маршрутів на автономних суднах; порівняння: людина-судноводій та навігаційні алгоритми автономних суден; роль автоматики та людини.

У магістерській роботі:

– наведено основні характеристики газовозу m/v "Gaz Energy";

– виконано аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу;

– вивченні транспортні характеристики вантажу (*пропан*), складено оптимальний вантажний план;

– проведена оцінка морехідних якостей судна, побудовані діаграми остійності на відхід і прихід, перевірена загальна міцність корпусу судна;

– розглянуто питання "Автономні судна та сучасні навігаційні системи";

– проведено розрахунок кількісних та якісних економічних показників роботи судна в рейсі;

– виконано розділ по охоронним заходам та цивільної оборони на судні.

Ключові слова: безпека судноплавства, навігація, вантажний план, остійність, Конвенція, автономне судно, MASS, рівень дохідності, безпека людського життя, стандартні процедури.

ANNOTATION

Master's thesis topic – Complex study and research stages of voyage of the ship "Gaz Energy", on the route Alexandria – Vlore.

The Master's thesis contains 94 pages, 15 figures, 43 tables, 59 used sources.

The study and research of the transition stages and the review of the study "Autonomous Vessels and Modern Navigation Systems" were carried out. The main issues of autonomous ships and how they use modern navigation systems are considered; the role of radars, electronic charts, AIS and ARPA on autonomous ships; automatic routing on autonomous ships; comparison: human navigator and navigation algorithms of autonomous ships; the role of automation and humans.

Master's thesis exist:

– given the main characteristics of the m/v "Gaz Energy";

– are made assessment and planning of navigation passage;

– transport's characteristics of cargo (propane) are studied in details, optimal cargo plan is done for current conditions;

– seagoing conditions of the vessel are maiden and checked, diagrams of stability on a departure and arrival, general hull strength is done and checked;

– maiden research "Autonomous Vessels and Modern Navigation Systems";

– carried out calculation of economical aspect's quality and expediency of ship's voyage;

– chapter regarding security measures and civil defense on the vessel was considered.

Key words: Safety of Navigation, Navigation, Cargo Plan, Stability, Convention, Autonomous Shipping, Profitability Level, MASS, Safety of Life, Standard Procedures.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AIS – Automatic Identification System (Автоматична Ідентифікаційна Система).

ARPA – Automatic Radar Plotting Aid (Автоматичне Відстеження Цілей і Надання Додаткової Навігаційної Інформації).

BM – Bending Moments (Згинальний Момент).

DGPS – Differential Global Positioning System (Диференційна Система Глобального Позиціювання).

DSC – Digital Selective Calling (Цифровий Виборчий Виклик).

ECDIS – Electronic Chart Display and Information System (Електронна картографічна навігаційно-інформаційна система).

GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System (Глобальна Морська Система Зв'язку при лихі).

GRT – Gross Registered Tonnage (Валова регістрова місткість).

IBS – Integrated Bridge System (Інтегровані Система ходового Містка).

IMO – International Maritime Organization (Міжнародна морська організація).

INMARSAT – International Maritime Sattelite Organization (Міжнародна Компанія Супутникового Зв'язку).

ISPS – International Ship and Port Facility Security Code (Міжнародний Кодекс з охорони суден і портових засобів).

NAVAREA – Navigational Area (Морські географічні райони).

NAVTEX – Navigational Telex (Міжнародна Автомитазована система оповіщення).

NRT – Net Registered Tonnage (Чиста регістрова місткість).

PSC – Port State Control (Портовий Контроль).

SF – Shear Forces (Перерізуючі Сили).

UKC – Under Keel Clearance (Запас води під кілем).

ЗМІСТ

ВСТУП 8

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА 9

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна 9

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна 11

1.3 Маневрені характеристики 13

1.4 Навігаційне обладнання 13

1.5 Забезпечення непотоплюваності 14

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ 15

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу 15

2.2 Оцінка запланованого переходу 16

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході 17

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації 20

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні 21

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання 25

2.3.1 Розрахунок ортодромії 25

2.3.2 Складання маршрутних листів 26

2.3.3 Графічний план переходу 27

2.3.4 Розрахунок природної освітленості 27

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів 29

2.4 Висновки 30

РОЗДІЛ 3 ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ 31

3.1 Транспортні характеристики вантажу 31

3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення 34
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна 39
3.4 Складання вантажного плану 42
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу 43
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА 44
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна 44
4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності 49
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації 52
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності 52
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності 55
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності 58
4.7 Контроль загальної подовжньої міцності корпусу судна 58
РОЗДІЛ 5 АВТОНОМНІ СУДНА ТА СУЧАСНІ НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ 61
5.1 Автономні судна і як вони використовують сучасні навігаційні системи 61
5.2 Роль радарів, електронних карт, AIS та ARPA на автономних суднах 63
5.3 Автоматична прокладка маршрутів на автономних суднах 65
5.4 Порівняння: людина-судноводій та навігаційні алгоритми автономних суден 67
5.5 Роль автоматики та людини 70
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ 72
6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі 72
6.2 Розрахунок якісних показників роботи судна в рейсі 77
6.4 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності виконаного рейсу 78
РОЗДІЛ 7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ 80
ВИСНОВКИ 91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 92

ВСТУП

Магістерська робота присвячена комплексному опрацюванню та дослідженню етапів переходу судна за маршрутом та розгляду теоретичних аспектів проблеми, що досліджується – Автономні судна та сучасні навігаційні системи".

У роботі освітлені найбільш важливі в повсякденній роботі судноводія етапи: аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу; складання оптимального вантажного плану; оцінка морехідних якостей судна, побудова діаграм остійності на відхід і прихід, эпюра перевірки загальної міцності корпусу судна.

Актуальність теми. Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна для судноводія є завжди актуальною темою з метою забезпечення навігаційної безпеки мореплавства, безпеки судна, вантажу, людей та навколишнього середовища.

Мета роботи – опрацювання та дослідження етапів переходу судна з боку навігаційної, вантажної та економічної складової безпеки мореплавства. Узагальнення теоретичних питань стосовно автономних суден і як вони використовують сучасні навігаційні системи; роль радарів, електронних карт, AIS та ARPA на автономних суднах; автоматична прокладка маршрутів на автономних суднах; порівняння: людина-судноводій та навігаційні алгоритми автономних суден; роль автоматики та людини.

Об'єкт дослідження – етапи переходу судна.

Предмет дослідження – автономні судна.

Основні положення полягають в розширенні кола відомих даних.

Практичне значення роботи складається в можливості комплексно опрацьовувати та досліджувати етапи переходу судна. Пропозиції, щодо розрахунку та управління ризиками на переході судна можуть бути упроваджені на судні в процесі його експлуатації.

РОЗДІЛ 1
ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1	Назва судна	"*GAZ ENERGY*"
2	Тип судна	16500 cbm LPG/Ammonia/VCM Carrier
3	Позивний сигнал судна	H9EP
4	IMO №	9458169
5	Official № / MMSI №	39248-PEXT-2 / 355238000
6	Рік і місце будівництва	2010, Hudong heavy machinery CO., Ltd
7	Клас Регістру	BV I ✠ HULL, ✠ MACH, Liquefied Gas Carrier (-48°C, 5.5bar g, 0.972t/m3) type 2G, Unrestricted Navigation, AUT-UMS, VCS, IG
8	Порт приписки	Panama
9	Судновласник	LPG New Ship Co.S.A.
10	Менеджмент	Naftomar
11	Довжина найбільша, (L)	155,0 м
12	Довжина між ⊥⊥, ($L_{\perp\perp}$)	146,8 м
13	Ширина найбільша, (B)	23,1 м
14	Висота борту до верхньої палуби, (H)	15,4 м
15	Найбільша осадка, (T)	T_S=9,6 м; T_T=9,8 м; T_W=9,4 м; T_F=9,8 м
16	Осадка: в повному вантажу, (T_{max}) порожньому, (T_{min})	 9,6 м 3,6 м
17	Водотоннажність: в повному вантажу, (Δ) порожньому, (Δ_0)	 26030 т 8357 т
18	Повна вантажопідйомність, (Δ_W)	17674 т

Продовження таблиці 1.1

19	Головний двигун: тип потужність частота обертання	 MAN B&W 6S50MC-C x 1 Set; 9480 kW MCR 127 r/min
20	Режим роботи головного двигуна / швидкість судна	Full Sea Speed – 16,4 Load / 18,2 Ballast Full Ahead – 15,0 Load / 16,7 Ballast Half Ahead – 11,7 Load / 12,3 Ballast Slow Ahead – 8,0 Load / 9,1 Ballast Dead Slow Ahead – 4,5 Load / 5,4 Ballast
21	Гребний гвинт: кількість лопастей діаметр гвинта напрямок обертання	 4 5850 праве
22	Тип руля	Spade type, Semi-balanced
23	Суднова радіостанція: склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району А3 та включає в себе:	Fax for Inmarsat – Furuno VHF – Furuno VHF DSC (encoder) – Furuno VHF DSC (watch receiver) – Furuno MF/HF/ DSC – Furuno Navtex – Furuno EGC receiver – Furuno SSAS – Furuno Inmarsat C – Furuno Inmarsat F – Furuno V-SAT – Intellian EPIRB 406/121,5 MHz – Kannad SART 9,2-9,5 GHz – McMurdo
24	Валова регістрова місткість, (GRT)	 151314
25	Чиста регістрова місткість, (NRT)	 4782
26	Добова витрата палива: на ходу: Важке паливо (HFO) на стоянці: Диз. паливо (DO)	 24,5 т 6,0 т
27	Координати центру мас порожнього судна	LCG from AP – 64,163 м TCG off. CL – - 0,028 м KG above BL – 10,140 м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Схематично плани бокового вигляду та верхньої палуби (вид зверху) судна з розташуванням приміщень для вантажів представлено на рис. 1.1.

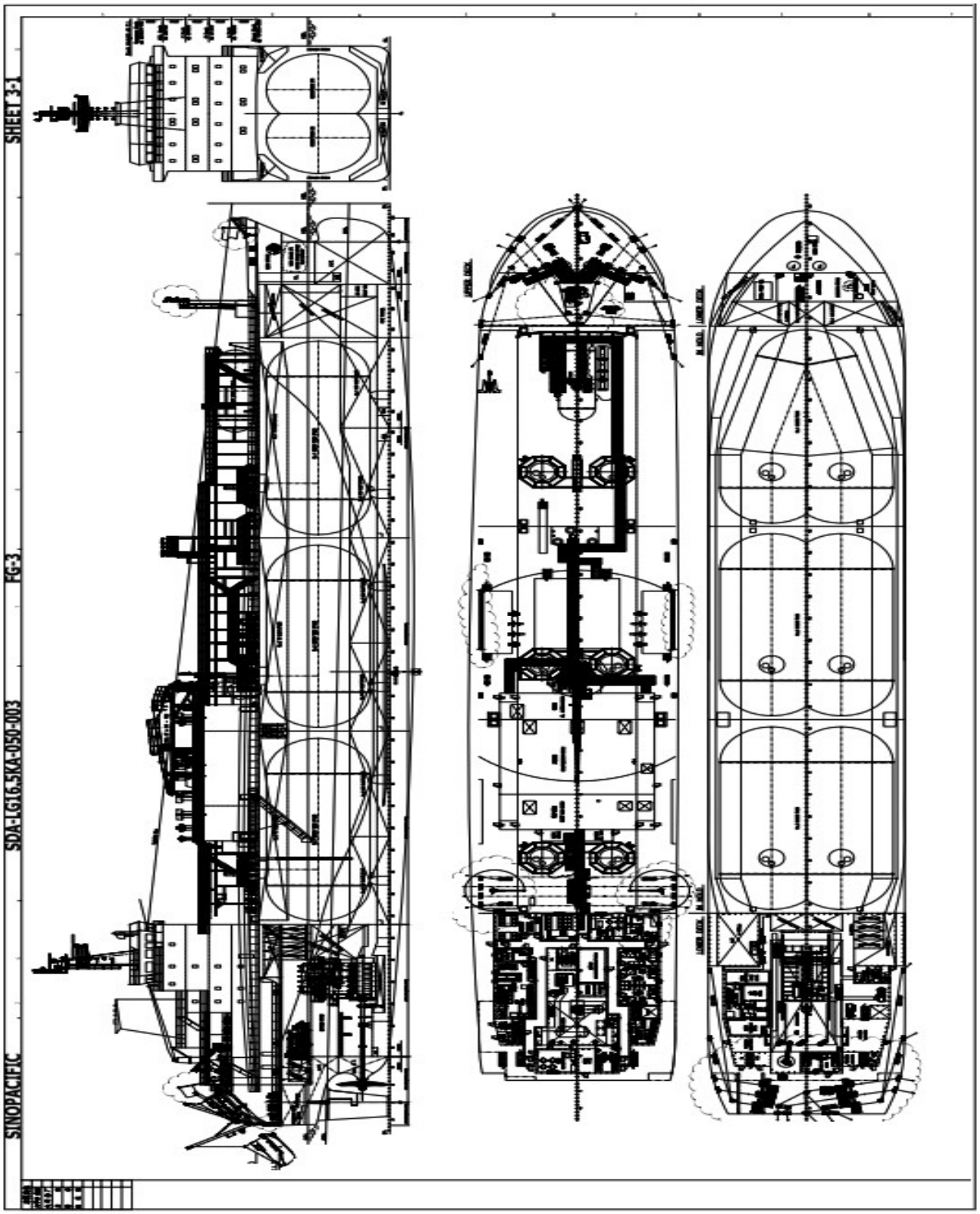


Рисунок 1.1 – Схематичний план бокового вигляду та верхньої палуби судна

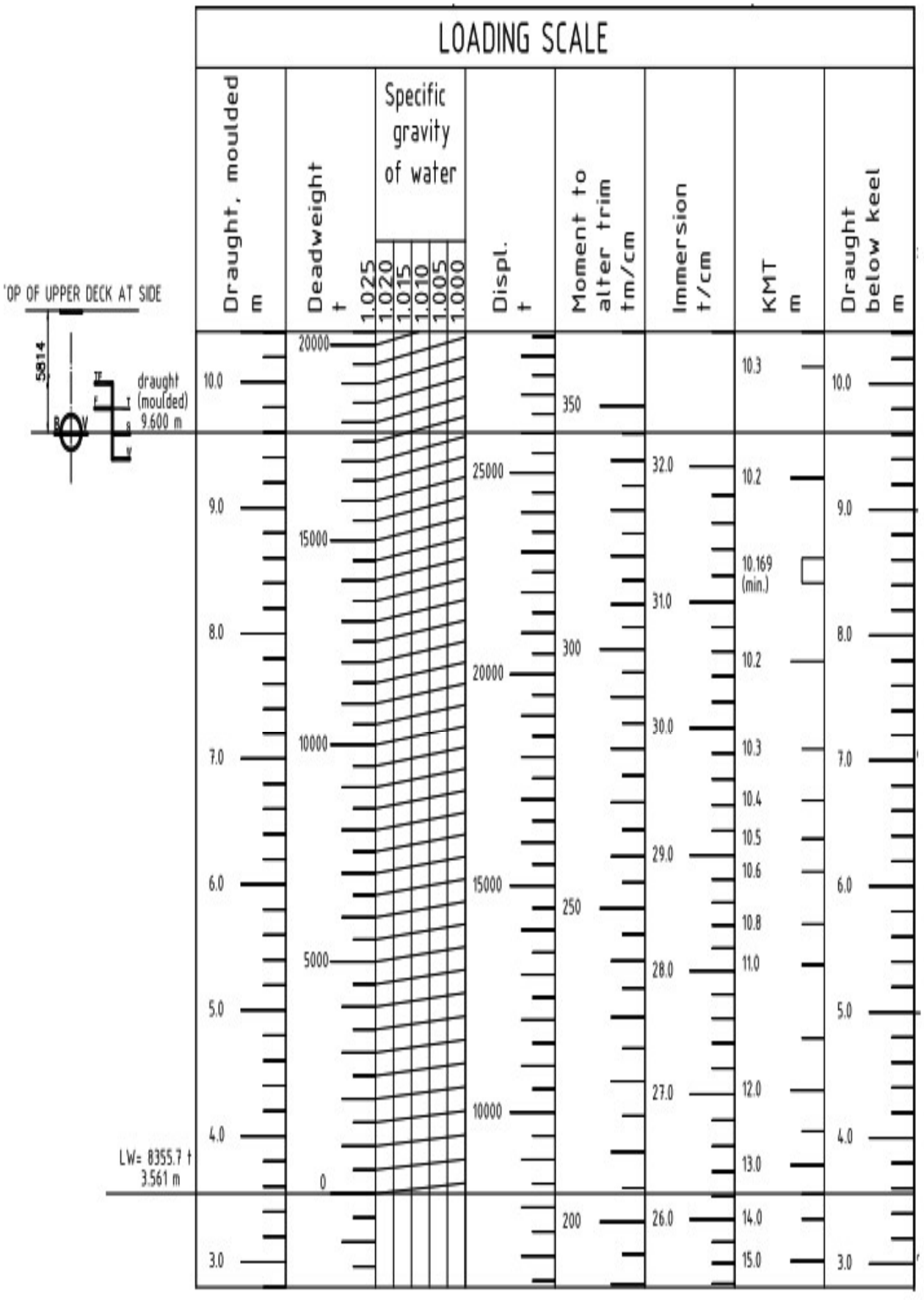


Рисунок 1.2 – Вантажна шкала судна "GAZ ENERGY"

1.3 Маневрені характеристики

Дані о маневрених характеристиках, дані про діаметр повороту, дані про гальмівні характеристики представлені на рис. 1.3.

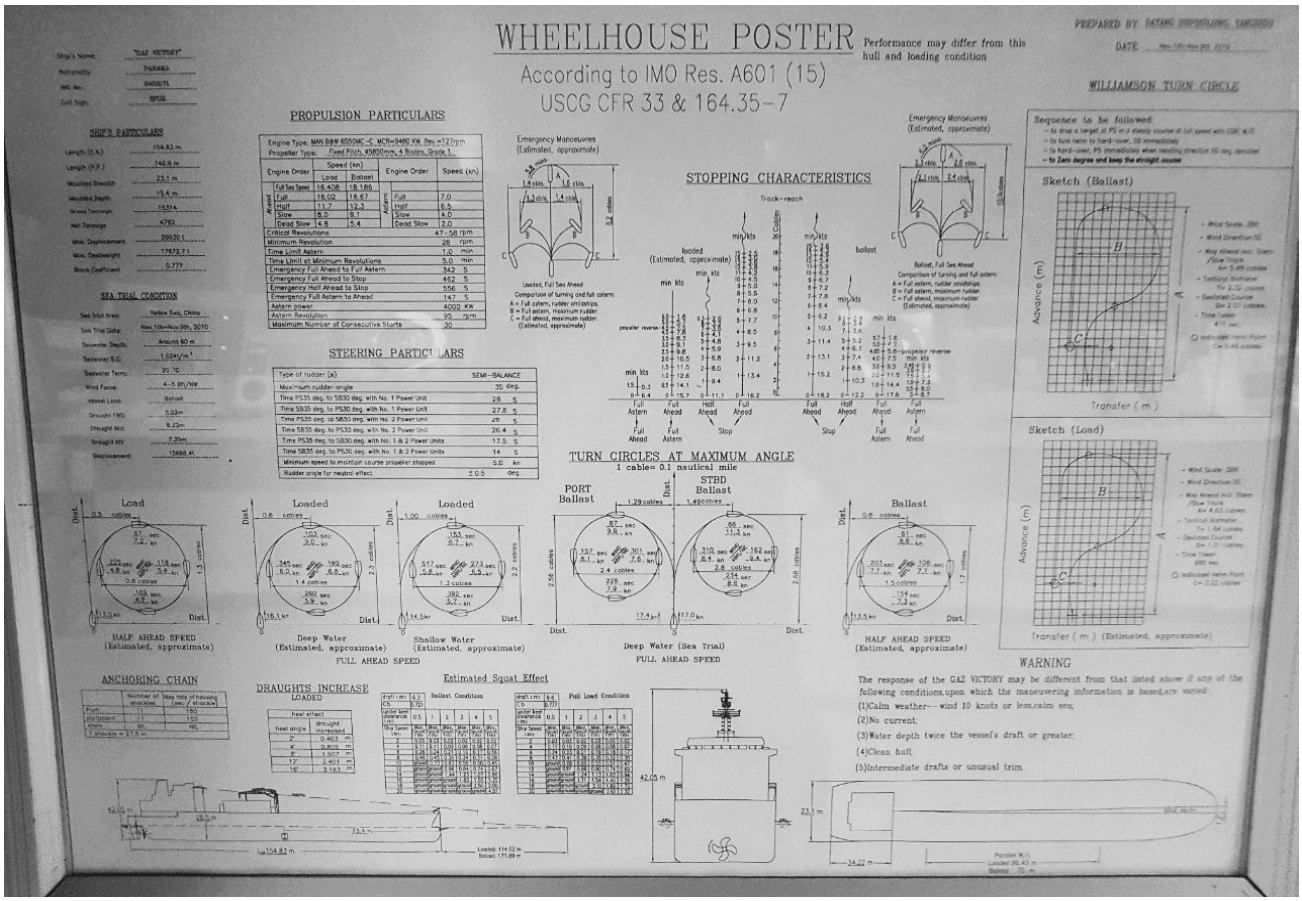


Рисунок 1.3 – Маневрені характеристики судна

1.4 Навігаційне обладнання

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації

№	Прилад	Марка	Модель
1	2	3	4
1	Radars (X&S-Bands)	Furuno	RTR-047/0469
2	GPS / DGPS	Furuno	GP-150
3	Echo Sounder	Furuno	FE-700
4	ECDIS	SevenCs eGlobe	G2
5	Gyro Compass	Cplath	Navigat-10

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
6	Magnetic Compass	Cplath	Reflectal / Type 12
7	Dopler Speed Log	Furuno	DS-80
8	Weather Facsimile Receiver	Furuno	Fax-408
9	Autopilot	Cplath	Navipilot-4000
10	VDR	Furuno	VR-3000
11	AIS	Furuno	FA-150

Таблиця 1.3 – Точнісні характеристики ТЗН на судні

Тип і марка приладу	Навігаційні параметри	СКП$^{95\%}$ одного вимірювання
Radars (X&S-Bands) *Furuno*	дистанція	1% of the maximum range of the scale in use, or 15 m, whichever is the greater
	пеленг	± 1°
GPS / DGPS *Furuno*	дистанція до судна	± 21 m / ± 3 m
Echo Sounder *Furuno*	глибина	± 2% від глибини
Gyro Compass *Cplath*	пеленг	≤ ± 1° (0.75˚*secant latitude)
Magnetic Compass *Cplath*	пеленг	± 2°
Dopler Speed Log *Furuno*	швидкість	1% or 0,1 kn., whichever is the greater

1.5 Забезпечення непотоплюваності

На судні є вся необхідна "Інформація про непотоплюваність", "Інформація про аварійну посадку і остійність" та "Аварійний план" ("*Damage Control Plan*"), передбачені СУБ Компанії, яка зберігається на мосту в аварійній папці.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Загальні 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 IMO A.893 (21) – 1999 р. "Керівництво по плануванню рейсу";

– Рекомендаії по организації штурманської служби на морських судах України – 1998 р.;

– Bridge Procedures Guide, 5th Edition, 2016;

– Bridge Team Management, 2nd Edition, 2004.

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

I). Appraisal (Оцінка).

II). P1anning (Планування).

III). Execution (Виконання).

IV). Monitoring (Контроль).

Ці стадії повинні виконуватись одна за одною у порядку, викладеному вище.

План переходу складається з 3 частин:

– від причалу порту відходу до початку морської ділянки переходу;

– морська ділянка переходу;

– від закінчення морської ділянки переходу до причалу порту заходу.

2.2 Оцінка запланованого переходу

У цьому параграфі приведемо конкретну інформацію, що стосується оцінки переходу, що відповідає етапу "Passage Plan Appraisal" (Оцінка).

Для цього проведемо підбір навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по "Catalogue of Admiralty Charts and Publications".

Оброблену інформацію оформлюємо у вигляді таблиць та рисунків.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	№	Назва карти	Дата випуску
Admiralty	3119	Mina' Al Iskandariyah (Port of Alexandria)	28.02.2019
Admiralty	302	Approaches to Al Iskandariyah (Alexandria)	21.01.2021
Admiralty	2681	Approaches to Al Iskandariyah (Alexandria) and Khalij Abu Qir	11.02.2021
Admiralty	2574	Ras el Dab'a to Masabb Dumyat (Damietta Mouth)	11.02.2021
Admiralty	3400	Ra's Al Muraysah to El Iskandariya	29.02.2024
Admiralty	183	Ra's at Tin to Iskenderun	29.02.2024
Admiralty	1091	Nisos Kriti	17.07.2014
Admiralty	3681	Kriti-Western Part	17.07.2014
Admiralty	1092	Western Approaches to the Aegean Sea	17.07.2014
Admiralty	189	Nisida Sapientza to Nisos Paxoi	17.08.2017
Admiralty	203	Nisos Zakynthos to Nisos Antipaxoi	20.03.2014
Admiralty	188	Entrance to the Adriatic Sea including Nisos Kerkyra	02.01.2020
Admiralty	205	Approaches to Nisos Kerkyra and Nisoi Paxoi	26.08.2021
Admiralty	1590	Ports in Albania	17.02.2022
Admiralty	186	Vlore to Bar and Brindisi to Vieste	02.01.2020

ROUTE No: Alexandria - Vlore VOYAGE No: 8/24	
1.-	ADMIRALTY LIST OF LIGHTS AND FOG SIGNALS USED ADLL
2.-	ADMIRALTY TIDE TABLE USED ADTT
3.-	ADMIRALTY SAILING DIRECTIONS USED e-NP 47 - Mediterranean Pilot Vol 3 e-NP 48 - Mediterranean Pilot Vol 4 e-NP 49 - Mediterranean Pilot Vol 5
4.-	ADMIRALTY LIST OF RADIO SIGNALS USED *ADLRS 1,2,3,4,5,6*
5.-	PORTS AND TERMINALS GUIDE Version 3.2 2019
6.-	ROUTING CHARTS USED * 5146 - Mediterranean & Black Seas Routeing Chart
7.-	DISTANCE TABLES BETWEEN MAIN PORTS OF THE WORLD NP 350 (1) - Admiralty Distance Tables, Atlantic Ocean
8.-	I.M.O. SHIP´S ROUTING 2019 Edition
9.-	A MARITIME BUOYAGE SYSTEM: NP 735 I.A.L.A. MARITIME SYSTEM "A" (Red to Port)
10.-	SYMBOLS AND ABREVIATIONS USED ON ADMIRALTY CHARTS CHART 5011
11.-	B.A. NOTICE TO MARINERS UP TO DATE Last week received: 17/2024
12.-	NAVTEX STATION MONITORING USED Alexandria [N], Irakleon [H], Kerkyra [K], Sellia Marina [V]
13.-	SOPEP (SHORE STATION EMERGENCY CONTACT See DEPARTURE and ARRIVAL CONTINGENCY PLANNING Sheets
14.-	OTHER BOOKS WHICH MAY BE CONSIDERED USEFUL IN THE PREPARATION OF PRESENT PASSAGE PLAN. Bridge Team Management Bridge Procedures Guide e-NP 100 The Mariner's Handbook e-NP 136 Ocean Passages for the World

Рисунок 2.1 – Перелік публікацій на перехід

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

За допомогою посібника ADLRS 3 використовуємо інформацію щодо факсимільних карт погоди та зводимо її до Таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№	Радіостанция	Позначення і межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1	OLYMPIA	1:15 000 000 49°N. 23°W 45°N. 42°E 23°N. 7°W 21°N. 35°E	Surface analysis 24 h surface prognosis 48 h surface prognosis	0845(06) 0857(06) 0909(06)

За допомогою посібника ADLRS 5 вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станції NAVTEX за маршрутом переходу. Дані зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Р-н NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	Alexandria – Vlore	III	[N] *Al Iskanderiyah*	SPAIN
			[H] *Irakleon*	
			[K] *Kerkra*	
			[V] *Sellia Marina*	

За допомогою посібника ADLRS 6 визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), вирішуємо питання про зв'язок з контрольними станціями і постами – терміни, форми і способи подачі інформації.

З'ясовуємо деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Отримані відомості зводимо до рис. 2.2.

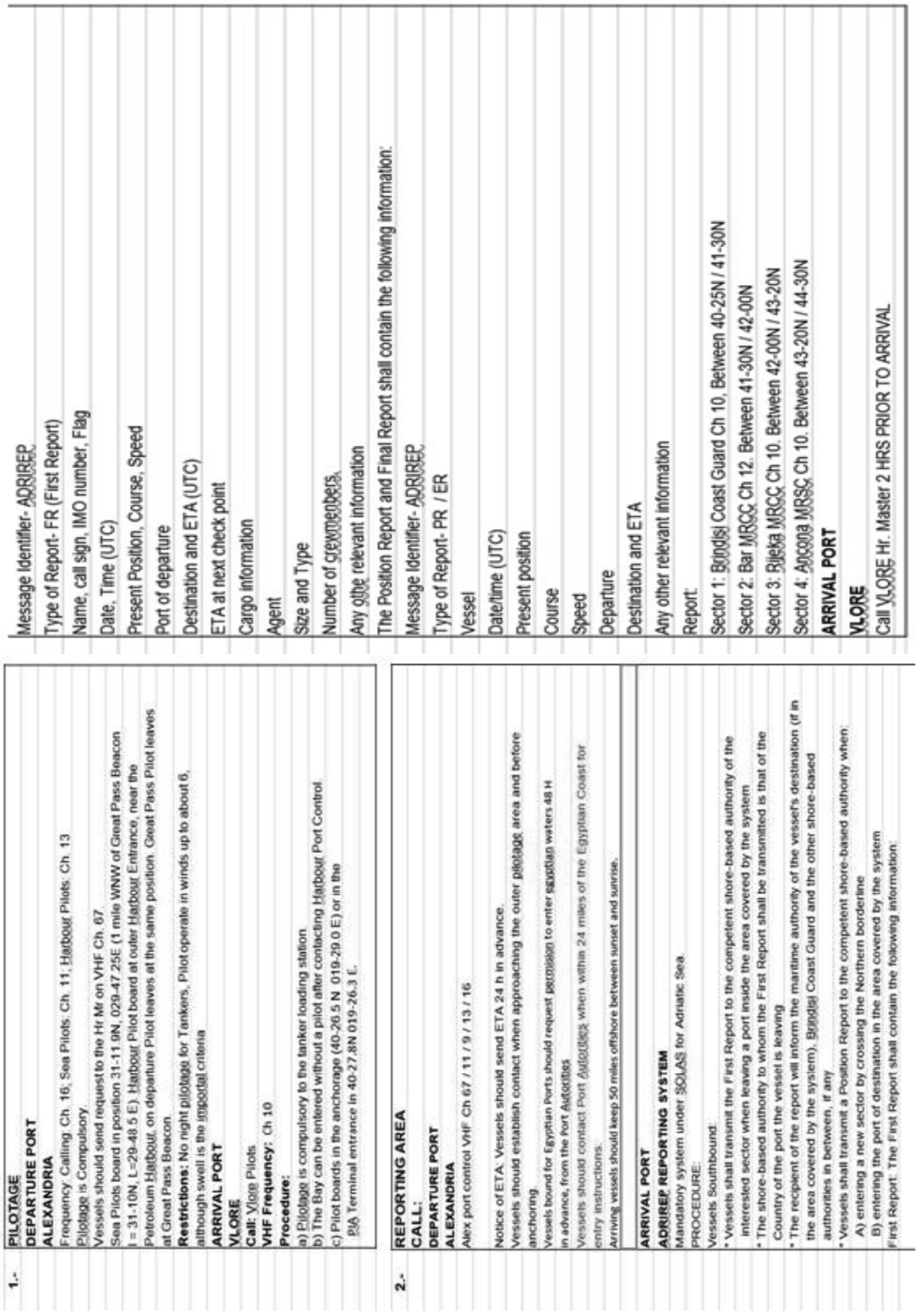


Рисунок 2.2 – Зв'язок на переході

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

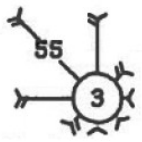
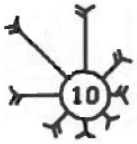
У даному пункті виконуємо аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання у травні місяці.

Для цього використовуємо середні багаторічні данні, які наведені в Атласах Океанів, ASD і Pilot Charts.

Гідрометеорологічна характеристика погодних умов, які очікуються на переході, наведена у таблиці 2.4.

Для опису гідрометеорологічних умов перехід розбиваємо на 2 ділянки по ASD.

Таблиця 2.4 – Атмосферний тиск і розшифровка "роз вітрів"

Характеристики за ділянками	*NP 49*	*NP 47*
Атмосферний тиск, hPa	1013	1016
Напрямок вітру	Повторюваність вітру, %	
Вітер	РОЗА ВІТРІВ 1	РОЗА ВІТРІВ №2
N	16	20
NE	2	4
E	1	5
SE	2	7
S	3	10
SW	3	5
W	15	19
NW	55	21
Середня швидкість вітру, kts	10	7
Повторюваність штилів, %	3	10
Схема "РОЗИ ВІТРІВ"		

Таблиця 2.5 – Гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками		*NP 49*	*NP 47*
Температура повітря, °C		25	23
Температура води, °C		27	25
Відносна вологість, %		69	76
Повторюваність туманів, days		1	1
Видимість > 5 nm, %		95	93
Хмарність, oktas		2	3
Солоність води, ‰		≈39	≈38
Густина води, t/m^3		1,025	1,025
Постійні течії	напрямок	E / SE	S / SE
	швидкість, kts.	¼ – ½	½
	постійність, %	50-75	< 50

Гідрометеорологічна характеристика погодних умов, яка очікується на переході Alexandria – Vlore, сприятлива.

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні

Використавши ASD, ADLL, Ports and Terminal Guide, у даному пункті наводимо навігаційну та загальну інформацію щодо портів, місць лоцманської проводки, якірних стоянок, місць докладу, плани портів та забезпеченість ЗНО.

ALEXANDRIA (*EGYPT*)

Судно має надіслати приблизний час прибуття за 24 години, судно має зв'язатися під час наближення до зовнішнього лоцманського району та перед тим, як стати на якір.

Судна, що прямують до Єгипетських портів, повинні вимагати дозволу на вхід у Єгипетські води за 48 годин наперед від портових адміністрацій.

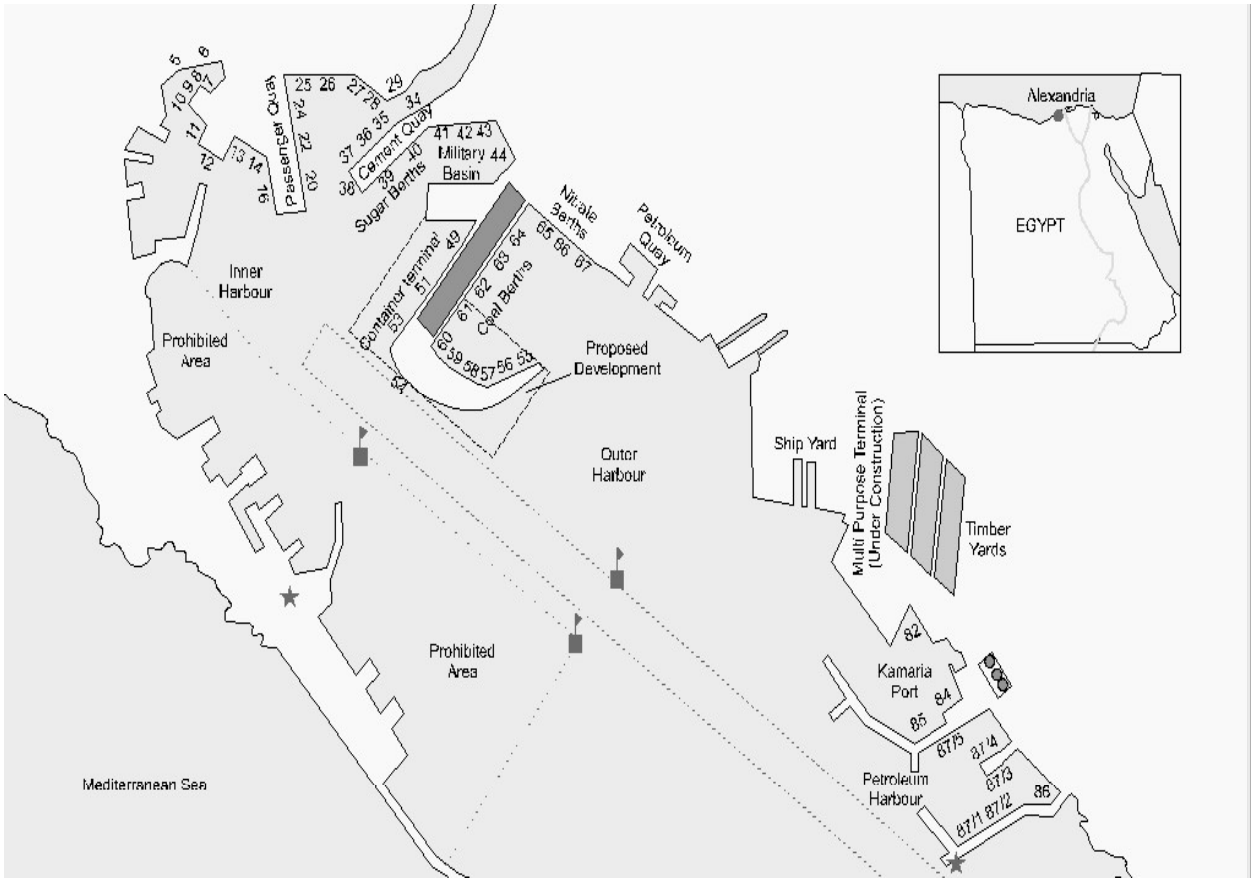


Рисунок 2.3 – План порту відходу

Судна повинні зв'язуватися з портовими адміністраціями в межах 24 миль від узбережжя Єгипту, щоб отримати інструкції щодо входу.

Глибини: Bughaz El Kebir Great Pass є основним проходом для суден, які прямують до гавань El Iskandariya Harbour. Він має ширину 180 м. з піщаним ґрунтом.

Причал № 87/5 – загальна довжина 113,9 м., глибина 9,5-10 м.

Припливи: Середній діапазон близько 0,5 м.

Аномальні рівні води: сильні вітри W піднімають рівень моря на 0,5 м вище цього звичайного високого рівня і майже на 0,9 м вище низького рівня в серпні, вересні та жовтні на 0,2 м вище, ніж у лютому, березні та квітні.

Течії: загальна течія E, що йде біля узбережжя Єгипту, посилюється водою з північного заходу, особливо влітку, коли північно-західні вітри переважають над Середземним морем, і протікає з високим ступенем сталості.

Лоцманська проводка є обов'язковою. Судна повинні надіслати запит Капітану порту на VHF Ch. 67. Місце прийому морських лоцманів в координатах 31°11,9'N, 029°47,25'E (1 миля на WNW від маяка Great Pass

Beacon – 31°10,0'N, 29°48,5'E). Прийом лоцманів внутрішньої гавані біля зовнішнього входу в гавань, поблизу нафтової гавані, під час відправлення лоцман залишає судно у той самій позиції.

Якірна стоянка. Зона очікування (31°12,6'N, 29°44,5'E) з радіусом 1,5 милі встановлена в секторі підходу між 5 і 7,25 милями від маяку El Meks High Light. Судна не повинні виходити із зони очікування без лоцмана на борту. Глибини від 35 до 55 м, добре утримує ґрунт, але місцевість дуже оголена і взимку іноді буває неспроможною. У гавані Александрії зони очікування встановлені на південно-східній і північно-західній сторонах зовнішньої гавані, можуть приймати судна до 229 м, осадка 38 футів.

VLORE (*ALBANIA*)

Порт приходу розташований на півдні Албанії у великій захищеній затоці. *PIA Vlore 1* – це новий термінал в 2 мілі SE від Kepi I Treportit. Капітан повинен з обережністю орієнтуватися поблизу та проконсультуватися з капітаном порту для отримання інформації перед наближенням. У зв'язку з колишніми шахтами, рекомендується дотримуватися рекомендованого шляху.

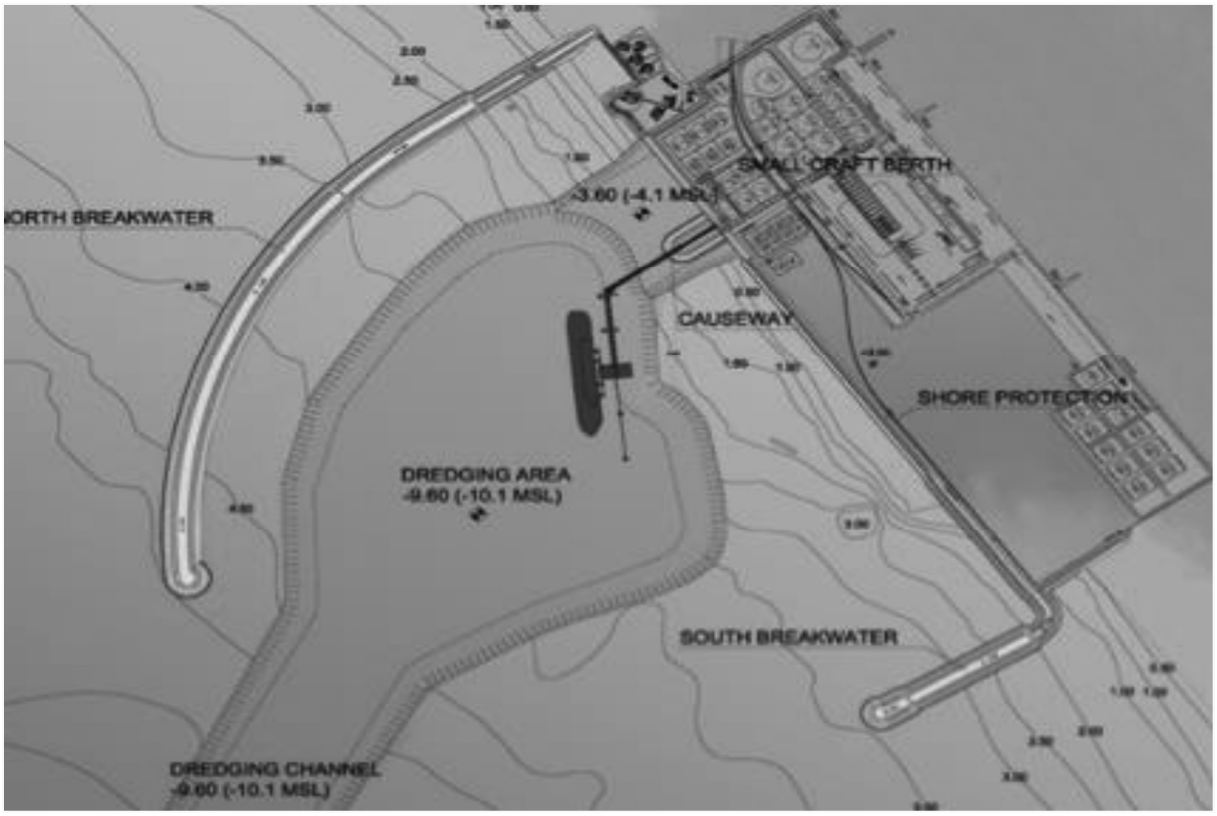


Рисунок 2.4 – План порту заходу

Максимальна безпечна осадка в каналі, біля причалу та UKC становить 8,5 м. Максимальна безпечна глибина в каналі та поруч становить 10 м.

Для суден LOA >130 метрів використовуються два буксири.

Швидкість відвантаження LPG 350 м^3/год. Вантажна труба: 1x8". Парова труба: 1x6".

Обов'язкова система в рамках SOLAS для Адріатичного моря.

ПРОЦЕДУРА: Судна, що прямують на південь:

1. Судна повинні передати Перший звіт компетентному береговому органу зацікавленого сектору, виходячи з порту в зоні, охопленій системою.

2. Береговий орган, якому буде передано Перший звіт, є органом країни порту, з якого судно виходить.

3. Одержувач звіту повідомить морську владу про пункт призначення судна (якщо воно знаходиться в зоні, охопленій системою), берегову охорону Brindisi та інші берегові органи влади між ними, якщо такі є.

4. Судна повинні передавати звіт про місцезнаходження компетентному береговому органу, коли: A). заходять у новий сектор шляхом перетину північного кордону; B). заходять у порт призначення в зоні, охопленій системою.

Перший звіт. Перший звіт повинен містити таку інформацію:

– ідентифікатор повідомлення – ADRIREP, тип звіту – ПЗ (перший звіт), ім'я, позивний, номер IMO, прапор, дата, час (UTC), поточна позиція, курс, швидкість, порт відправлення, пункт призначення та ETA (UTC), ETA на наступному контрольно-пропускному пункті, інформація про вантаж, агент, розмір і тип судна, кількість членів екіпажу, будь-яка інша відповідна інформація.

Звіт про позицію та *підсумковий звіт* повинні містити таку інформацію:

– ідентифікатор повідомлення – ADRIREP, тип звіту – судно, дата/час (UTC), поточна позиція, курс, швидкість, відправлення, пункт призначення та ETA, будь-яка інша відповідна інформація.

– Сектор 1: Берегова охорона Brindisi Ch.10, Між 40-25N /41-30N;

– Сектор 2: Bar MRCC Ch.12. Між 41-30N /42-00N;

– Сектор 3: Rijeka MRCC Ch.10. Між 42-00N /43-20N;

– Сектор 4: Ancona MRSC Ch.10. Між 43-20N /44-30N;

– викликати Капітана порту Vlore за 2 години до прибуття на відповідному каналі VHF.

Таблиця 2.6 – Засоби навігаційного забезпечення

№	Name	Position		Characteristics	Range
		φ	λ		
1	El Agamy Racon	31°08,9'N	29°47,2'E	Fl(2) 15.0s	15 nm
2	N. Strofadhes	37°14,6'N	20°59,9'E	Fl(2) 15.0s	17 nm
3	N. Othonoi	39°52,1'N	19°25,9'E	Fl 10.0s	21 nm
4	C D'Otranto	40°06,4'N	18°31,1'E	Fl 5.0s	18 nm
5	Sazan Southern Lighthouse	40°28,3'N	19°17,1'E	Fl.R 3.0s	10 nm

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

На океанських переходах найкоротшою відстанню між двома точками є ортодромія (дуга великого кола). Перш ніж приймати рішення про плавання по ортодромії необхідно розрахувати доцільність плавання. Для цього знаходять довжину локсодромії і ортодромії, а потім виконують порівняння їх.

Керівництво "Ocean Passages for the World" призначене для полегшення рішення задачі по вибору шляху судна між найбільш важливими пунктами Світового океану, з урахуванням сезонних змін гідрометеорологічних умов плавання і експлуатаційних якостей судна.

Для розрахунку плавання по ортодромії існує декілька способів, перший з них аналітичний. Другий спосіб розрахунку плавання по ортодромії полягає в наступному – використовуються карти гномонічної проекції (штурманський спосіб). Вони дозволяють прокласти курс між початковою і кінцевою точками шляху, а також визначити початкові курси для плавання через інтервали відповідні різниці довгот у 10°.

Рейс є фактичним (плавання по Середземному морю), тому у дипломній роботі розрахунок ортодромії розглядати не будемо.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Призначення маршрутних листів – забезпечення безпеки мореплавання. Відповідно до рекомендацій IMO, при плануванні рейсу необхідно скласти маршрутні листи, які повинні лежати на штурманському столі. Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи вносяться необхідні зміни.

LPG/C GAZ ENERGY

PORT: ALEXANDRIA	VOYAGE: 8/24	DATE: 03.05.2024	NEXT PORT: VLORE

VHF - CH:	TIDES	CHARTS	PUBLICATIONS		BRIDGE CHECK LIST	
Alexandria pilot ch 11/13/16	See attached calculation	C-MAP ENC	ADLRS	Pilot Services	BCL A1/A2	
Alexnadria Port Control 67/16/11			ADLL	ALLFS	BCL A3	
			ADTT	Admiralty Tide Tables	BCL B2	Preparation for sea
			NP 49	Mediterranean Pilot Vol V	BCL B4	Pilotage
			Ports and Terminals Guide Vol. II		BCL B5	Passage Plan Appraisal
					BCL B6	Coastal waters
					Arrival Contingency Plan	

DRAFT FWD: 8.5 m	AFT: 8.6 m	TRIM: 0.1 m	DISPL.: 22908	SQUAT: see calculation	Air Draught:	Masthead Clearance Date/Time/Place:

WAYPOINT				STEERING			FIX POSITION					UKC UNDER KEEL C.	Planned Speed	Safety Depth/ Safety Contour	Shallow Contour	XTD	Guard Zone	PARALLEL INDEX	PASSAGE NOTES ** ***
NO.	NAME	POSITION		CRS	DIST	TO GO	FIX INT	TYPE *											(In addition to this notes see Captain's orders -standing,books & charts- and Passage Plan Book information)
		Latitude	Longitude					A	G	R	V								
001	Berth 87/4	31 09.9 N	029 51.3 E			5.3													BWL V; ECDIS : Port Area. SL 2
002		31 10.0 N	029 51.2 E	330	0.1	5.2	15 min		S	P	S	4.17 mtrs	05.0 kts	10 mtrs	09 mtrs	20 mtrs	1 min		Follow Pilot instruction &
003		31 10.2 N	029 51.2 E	349	0.3	4.9	15 min		S	P	S	4.17 mtrs	05.0 kts	10 mtrs	09 mtrs	50 mtrs	2 min	Inner Breakwater PI=0.04	Master Orders.
004		31 09.7 N	029 50.7 E	214	0.7	4.3	15 min		S	P	S	4.97 mtrs	10.0 kts	11 mtrs	10 mtrs	50 mtrs	2 min	Outer BreakwaterPI=0.8	
005		31 09.5 N	029 50.0 E	258	0.7	3.6	15 min		S	P	S	5.96 mtrs	10.0 kts	11 mtrs	10 mtrs	60 mtrs	2 min	Bonghzai Low 0.27'	
006		31 10.3 N	029 48.0 E	293	1.9	1.7	15 min		S	P	S	5.96 mtrs	10.0 kts	11 mtrs	10 mtrs	125 mtrs	12 min	Great Pass PI=0.1	
007	Pilot Station	31 12.0 N	029 47.7 E	351	1.7	0.0	15 min		S	P	S	14.27 mtrs	10.0 kts	11 mtrs	10 mtrs	125 mtrs	12 min		Pay attention to engine order.

WAYPOINT				STEERING			POSITION					UKC UNDER KEEL C.	Planned Speed	Safety Depth/ Safety Contour	Shallow Contour	XTD	Guard Zone	PARALLEL INDEX	PASSAGE NOTES ** ***
NO.	NAME	POSITION		CRS	DIST	TO GO	FIX INT	TYPE *											(In addition to this notes see Captain's orders -standing,books & charts- and Passage Plan Book information)
		Latitude	Longitude					A	G	R	V								
007	PS ALEXANDRIA	31 12.0 N	029 47.7 E			841.8													BWL II / ECDIS Sett : Port Appr
008		31 14.3 N	029 46.0 E	328	2.7	839.1	30 min		S	P	S	50 mtrs	15.5 kts	14 mtrs	12 mtrs	3600 mtrs	30 min		
009		31 20.4 N	029 38.3 E	313	9.0	830.1	60 min		P	P	S	200 mtrs	15.5 kts	14 mtrs	12 mtrs	3600 mtrs	30 min		BWL II-I / ECDIS Sett : Port Appr/Open sea
010		34 38.0 N	024 00.0 E	305	346.8	483.3	30 min		S	P	S	2000 mtrs	15.5 kts	14 mtrs	12 mtrs	3600 mtrs	12 min	PI=11.0nm N.Gavdos	BWL I-II / ECDIS Sett : Open sea/Port Appr
011		37 11.0 N	020 45.0 E	314	220.4	262.9	30 min		S	P	S	1750.0 mtrs	15.5 kts	14 mtrs	12 mtrs	3600 mtrs	12 min	PI=10.8nm N.Gavdos	
012		38 06.1 N	020 09.6 E	333	61.9	201.0	60 min		S	P	S	2000 mtrs	15.5 kts	14 mtrs	12 mtrs	3600 mtrs	30 min	Nisos Zakynthos 11.5'	
013		39 48.7 N	019 13.5 E	337	111.6	89.5	60 min		S	P	S	1070 mtrs	15.5 kts	14 mtrs	12 mtrs	3600 mtrs	30 min		
014		40 24.7 N	019 12.2 E	358	36.0	53.4	60 min		S	P	S	2000 mtrs	15.5 kts	14 mtrs	12 mtrs	3600 mtrs	30 min		BWL V ECDIS: Port Approach
015		40 27.1 N	019 18.0 E	062	5.0	48.4	30 min		S	P	P	40 mtrs	10.0 kts	13 mtrs	11 mtrs	400 mtrs	12 mtrs	Sazani Island - 1.4'	Keep as much as possible vessel on track.
016		40 27.1 N	019 19.8 E	090	1.4	47.0	30 min		S	P	P	23 mtrs	10.0 kts	13 mtrs	11 mtrs	400 mtrs	12 mtrs	Coast - 0.8'	Use parallel index and more than one method
017		40 26.0 N	019 21.4 E	132	1.6	45.4	30 min		S	P	P	43 mtrs	10.0 kts	13 mtrs	11 mtrs	200 mtrs	12 mtrs	Coast - 0.5'	to fix the position when possible.
018		40 26.4 N	018 24.4 E	271	43.6	1.8	30 min		S	P	P	43 mtrs	06.0 kts	13 mtrs	11 mtrs	200 mtrs	12 mtrs		Ship's fix position is continuous by Electronic
019	PS VLORE	40 27.7 N	018 26.1 E	045	1.8	0.0	30 min		S	P	P	2.97 mtrs	03.0 kts	11 mtrs	10 mtrs	50 mtrs	02 mtrs		charts.

WAYPOINT				STEERING			FIX POSITION					UKC UNDER KEEL C.	Planned Speed	Safety Depth/ Safety Contour	Shallow Contour	XTD	Guard Zone	PARALLEL INDEX	PASSAGE NOTES ** ***
NO.	NAME	POSITION		CRS	DIST	TO GO	FIX INT	TYPE *											(In addition to this notes see Captain's orders -standing,books & charts- and Passage Plan Book information)
		Latitude	Longitude					A	G	R	V								
019	VLORE PILOT	40 27.9 N	019 26.3 E			0.6													BWL V : ECDIS: Port Area
020		40 28.2 N	019 26.6 E	033	0.4	0.2	15 min		S	P	P	1.37 mtrs	06.0 kts	10 mtrs	09 mtrs	60 mtrs	2 min		
021	PIA Terminal Vlora-1	40 28.4 N	019 26.7 E	021	0.2	0.0	15 min		S	P	P	1.37 mtrs	03.0 kts	10 mtrs	09 mtrs	50 mtrs	2 min	Breakwater - 0.24'	

* A: Astronomical, G: G.P.S., R: Radar, V: Visual (All of then can/should be complemented and checked by Dead Reckoning)
To be assigned "P" as primary system of position and "S" Secondary system of position, Radar fixing shall be primary when distance and quality of echoes are the appropriates
** To be included security related information for each leg of the voyage as change to security levels, change in bridge manning levels, points where the vessel should be hardened
*** ECDIS Safety functions different set up than the initial recorded.

Рисунок 2.5 – Маршрутний лист переходу Alexandria – Vlore

2.3.3 Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляємо у вигляді графічного плану переходу (рис. 2.7). На графічному плані переходу наносимо: курси судна, назви портів відходу / приходу, основні течії та рози вітрів.

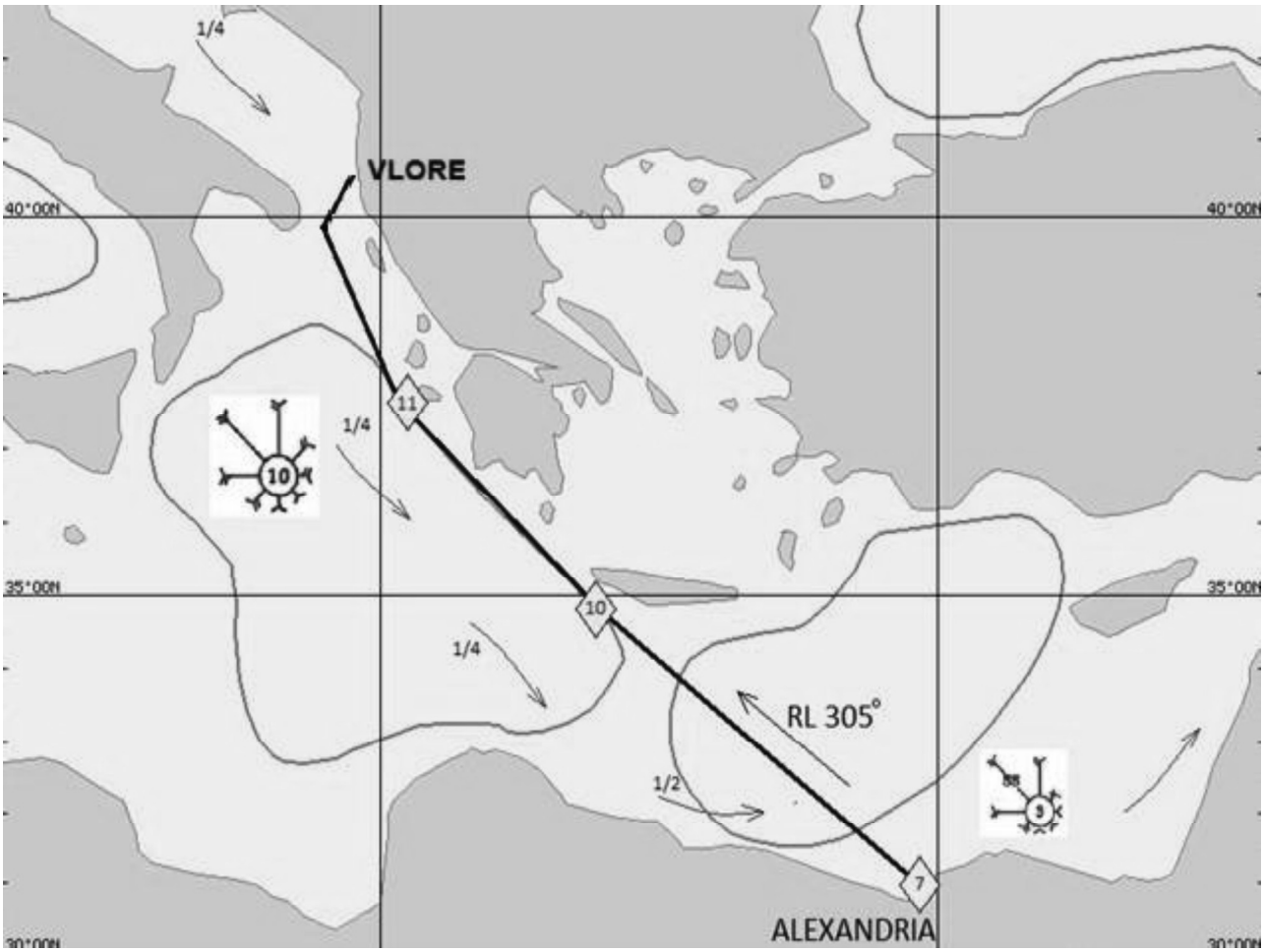


Рисунок 2.6 – Графічний план переходу Alexandria – Vlore

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконуємо двома послідовними наближеннями:

- за широтою (φ) і датою запланованого плавання виберемо з Nautical Almanac без інтерполяції моменти місцевого середнього часу сходу і заходу Сонця та Місяця.

- по довготі (λ) передбачуваного місця на полудень кожної доби переводять моменти в судновий час *ZT* та на кожний такий момент знаходять прокладенням наперед координати φ і λ місця судна.

Далі розраховуються по Nautical Almanac моменти явищ *ZT*, характеризуючих освітленість (користуючись для інтерполяції таблицями: "Conversion of ARC to Time" та "Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc". Результати вносимо в таблицю, де наводиться судновий час (*ZT*).

За широтою місця судна φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формулі (2.1) розрахуємо азимути Сонця (Z_N) при сході і заході, які також внесемо до таблиці 2.7.

$$Z_N = arctg\ (sin\ t\ /\ (tg\ \delta \cdot cos\ \varphi - sin\ \varphi \cdot cos\ t)).$$

Для отримання місцевого часу явища (Correct *LMT*) треба у табличний час введемо дві поправки:

$$\text{Correct } LMT = LMT \text{ for } \varphi + \varphi \text{ correction} + \lambda \text{ correction}.$$

Місцевий час явища переводимо у Грінвічний:

$$\text{GMT} = \text{Correct } LMT \pm \lambda.$$

Грінвічний час явища переводимо в судновий:

$$ZT = GMT \pm ZD.$$

Представимо розрахунок елементів освітленості на рейс у вигляді таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Елементи освітленості

Date 2024	Twilight *(ZT)*	SUN (☼)				Twilight *(ZT)*	MOON (☾)		
		Sunrise *(ZT)*	Z_N	Sunset *(ZT)*	Z_N		Moonrise *(ZT)*	Age (day)	Moonset *(ZT)*
03/05	03:59	04:43	78,5°	20:10	281,5°	21:02	18:17	25	03:46
04/05	03:56	04:41	78,3°	20:12	281,7°	21:27	19:16	26	04:32
05/05	03:54	04:39	78,7°	20:14	281,3°	21:28	20:01	27	05:27

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

У даному пункті приведемо розрахунок часу та висоти повної води (HW) і малої води (LW) на дату відходу та дату приходу для портів Alexandria (табл. 2.8) та Vlore (табл. 2.9). Графіки приливів – рис. 2.7, 2.8.

Таблиця 2.8 – Приливні явища в порту Alexandria

Standard Port:	**Gibraltar**		**1770**							
Secondary Port:	**Alexandria**		**1992**		Date:	03/05	Time Zone		+0300	
	TIME		HEIGHT			TIME		HEIGHT		
Standart Port	LW	HW	LW	HW	Range	LW	HW	LW	HW	Range
	0226	0909	0.43	0.75	0.32	1528	2140	0.44	0.76	0.32
Seasonal Change	Standart port		0.0	0.0		Standart port		0.0	0.0	
DIFFERENCES	–0455	–0430	+0.1	–0.6		–0455	–0430	+0.1	–0.6	
Seasonal Change	Secondary Port		–	–		Secondary Port		–	–	
Secondary Port	2131	0439	0.53	0.15		1033	1710	0.54	0.16	
Duration	0708					0637				

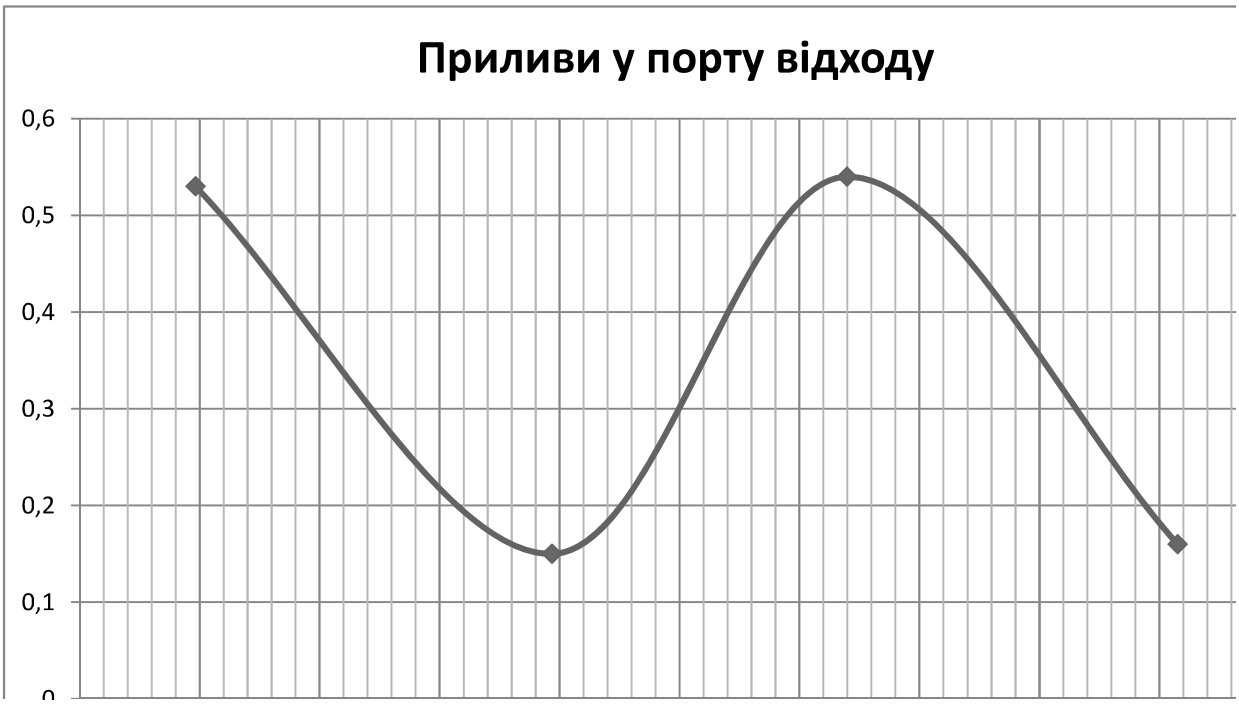


Рисунок 2.7 – Графік приливів у порту Alexandria

Таблиця 2.9 – Приливні явища в порту Vlore

Standard Port: **Vlore**

Date: 06/05 Time Zone +0200

	TIME		HEIGHT			TIME		HEIGHT		
Standart Port	LW	HW	LW	HW	Range	LW	HW	LW	HW	Range
	0654	1224	0.33	0.42	0.09	1934	0205	0.31	0.44	0.13
Duration	0530					0629				



Рисунок 2.8 – Графік приливів в порту Vlore

2.4 Висновки

Згідно з виконаним аналізом навігаційної та гідрометеорологічної інформації та навігаційними розрахунками, робимо висновок, що перехід Alexandria – Vlore – оптимальний та безпечний.

РОЗДІЛ 3
ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажу

Одним з важливих етапів підготовки до розрахунку вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів, правильне врахування яких сприяє забезпеченню безпеки плавання суден, своєчасній і бережливій їх доставці.

Пропан – C_3H_8 – органічна речовина класу алканов. Міститься в природному газі, утворюється при крекінгу нафтопродуктів, при поділі попутного нафтового газу, "жирного" природного газу, як побічна продукція при різних хімічних реакціях. Чистий пропан не має запаху, однак у технічний газ можуть додаватися компоненти, що мають запах. Як представник вуглецевих газів пожежонебезпечний і вибухонебезпечний. Малотоксичний, але впливає на центральну нервову систему (має слабкі наркотичні властивості).

Додаткова небезпека – обмороження.

Зріджені гази утворюють із повітрям вибухонебезпечні суміші при концентрації парів пропану від 2,1 до 9,5%, (по об'єму) при тиску 98066 Па (1 атм) і температурі 15-20°С.

Гранично припустима концентрація в повітрі робочої зони (у перерахуванні на вуглець) граничних вуглеводнів (пропану) 300 мг/м^3.

Фізичні властивості. Безбарвний газ без запаху. Дуже мало розчинний у воді. Точка кипіння − 42,1°С. Точка замерзання – 188°С. Утворює із повітрям вибухонебезпечні суміші при концентрації парів від 1,7 до 10,9%. Температура самозапалювання пропану в повітрі при тиску 0,1 МПа (760 мм.рт.ст.) становить 466°С. Критична температура пропану $T_{кр}$ = 370 К, критичний тиск $P_{кр}$ = 4,27 МПа, критичний питомий об'єм $V_{кр}$ = 0,00444 м^3/кг.

Густина зрідженого пропану при 298 К – 0,493 т/м^3.

Густина газової фази при нормальних умовах – 2,019 кг/м^3.

Густина газової фази при температурі 15°С – 1,900 кг/м^3.

Питома теплота згоряння – 48 Мдж/кг.

Густина газу при 15 °С – 0,5779 т/м^3.

Технологічні режими перевезення. Навантаження здійснювати закритим способом. Навантаження потрібно починати з мінімальною інтенсивністю, що рекомендується в інструкції заводу-будівельника судна, що забезпечує рівномірне охолодження вантажної системи, запобігання гідравлічних ударів, здійснення контролю за правильністю надходження вантажу й відсутністю витоків, запобігання утворення статичної електрики. Навантаження починається з інтенсивністю 200 м^3/год, закінчується з інтенсивністю 200 м^3/год. Максимальна інтенсивність навантаження 900 м^3/год. Швидкість руху рідини по трубопроводу на початку навантаження до 1 м/с.

Вантажна система повинна бути підготовлена до навантаження (вивантаження) відповідно до затвердженої капітаном технологічної карти майбутніх вантажних операцій. Запірні пристрої вантажної системи повинні відкриватися в послідовності, що виключає умови утворення гідравлічних ударів.

Перед початком навантаження танки повинні бути інертизировані й охолоджені до температури, близької до температури завантаження зрідженого пропану.

Швидкість охолодження танків повинна бути в межах від 4 до 5°/год.

Навантаження повинне починатися при температурі рідкої фази в танках, що не перевищує більш ніж на 5°С температуру газу, що призначається для навантаження.

На початку охолодження танків запірний клапан з ручним приводом варто відкривати не повністю, щоб не допустити різкого зниження температури в трубопроводі після дроселюючого клапана.

У процесі вантажних операцій на судні необхідно контролювати тиск, температуру й рівень вантажу в танках.

При збільшенні тиску в танку під час навантаження необхідно включити додатковий компресор установки повторного зріджування газу або знизити інтенсивність навантаження.

При падінні тиску в танку під час вивантаження необхідно збільшити подачу в нього парів газу, або знизити інтенсивність вивантаження.

Основні транспортні характеристики вантажу який перевозиться представимо в табличній формі.

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики вантажу

Назва вантажу	Густина вантажу при завантаженні, т/м^3	IGC Code			Норми вантажних робіт, т/добу	
		Номер ООН	Тип судна	Спеціальні вимоги	Порт навантаження	Порт вивантаження
Пропан	0,5082	1978	2G/2PG	–	10000	6000

РЕГЛАМЕНТ:

– Міжнародний кодекс будівництва та обладнання суден, що перевозять зріджені гази наливом (International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code));

– Керівництво з планування на випадок непередбачених обставин для газовозу поруч і в межах портів (A Guide to Contingency Planning for the Gas Carrier Alongside and Within Port Limits);

– Принципи звернення зріджених газів на суднах і терміналах (Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals (SIGTTO));

– Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS));

– Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78)).

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

Існують стандартні процедури підготовки вантажних танків з-під одного вантажу під інший, описані в "Посібнику зі зміни вантажів". Проте, вони можуть бути змінені на вимогу фрахтувальника. Очевидно, що для підготовки вантажних танків, відповідних трубопроводів і систем потрібно досить багато часу. У більшості випадків така підготовка здійснюється на переході судна морем, на якорі або біля вільного причалу. Остаточна підготовка танків (продувка азотом і парами вантажу), як правило, проводиться біля причалу. І тому, наскільки правильно, чітко й швидко будуть проведені всі перераховані вище процедури по підготовці танків, залежать, в остаточному підсумку, витрати, які понесе судновласник у порту навантаження.

Інертизація. Як інертний газ може використовуватися азот або інший інертний газ, вироблений судновою установкою ІГ. Вибір газу для інертизації танків залежить від вимог фрахтувальника відносно мінімального вмісту кисню в атмосфері танка, точки роси, сумісності вантажу й інертного газу, використовуваного для продувки, і т.п. В англійській термінології для позначення операцій по заміщенню атмосфери танка азотом або інертним газом використовується термін PURGING. Операція по заміщенню атмосфери танка спочатку інертним газом або азотом, а потім чистим повітрям, називається GASFREEING. Інертизація – операція заміщення вибухонебезпечної атмосфери вантажного танка інертним газом.

Інертний газ. Цей термін звичайно застосовують, якщо мають на увазі використання інертного газу (ІГ), отриманого в судновій установці. По своїй якості й складу ІГ значно поступається азоту. Оскільки в суднових умовах ІГ одержують спалюванням палива в спеціальній установці, у його складі присутні й механічні домішки, і сажа, і пари води, і вуглекислий газ, і багато інших продуктів згоряння палива. Точка роси ІГ коливається від 5°С до – 60°С, а вміст кисню – від 0,1 до 5% по об'єму.

Азот також є хімічно неактивним (інертним) газом. У реакції з деякими елементами він може вступати тільки при високих тисках і температурах у присутності каталізатора. Тому можна із упевненістю сказати, що в нормальних умовах азот не вступає в реакцію з вантажами, шо перевозяться на газовозах. Азот, виробляється у промислових цілях, містить не більше 5 ppm кисню, а його точка роси (як правило – 67°C) відповідає вмісту парів води в газі не більше 4 ppm об'єму.

Вимоги до атмосфери танків при зміні вантажу. Атмосфера танка перед навантаженням того або іншого вантажу повинна відповідати вимогам "Посібника зі зміни вантажів" (Changing Grades Guidelines).

1. Вміст кисню в атмосфері танка (*Oxygen Content*) визначає вибухонебезпечність атмосфери. При вмісті кисню в атмосфері танка нижче 10,8% запалювання вибухонебезпечної суміші не відбувається навіть при наявності відкритого джерела вогню.

2. Точка роси (*Dew Point*) – температура, при якій в атмосфері починається конденсація парів води; чим більше значення точки роси, тим більша концентрація парів води знаходиться в атмосфері. Іншими словами, точка роси визначає вміст парів води в атмосфері. Вимір точки роси необхідно по двох причинах: по-перше, при навантаженні вантажів з температурою нижче нуля в танках може утворитися лід, що блокує трубопроводи й системи; по-друге, під час перевезення хімічно чистих продуктів максимальний вміст води в них строго лімітований.

3. Присутність попереднього вантажу (*Last Cargo Contents*). Фрахтувальники строго лімітують присутність слідів попереднього вантажу в атмосфері танка після його продувки азотом. При зміні деяких вантажів, наприклад після аміаку, під навантаження наступного вантажу, наприклад VCM, потрібно заміняти навіть масло в компресорах, щоб уникнути псування вантажу.

4. Вміст вуглекислого CO_2 і чадного газів CO. Перевірка атмосфери танка на вміст таких газів у ній дуже важлива перед навантаженням полімеризуючихся вантажів і етилену; вміст CO_2 і CO не повинен перевищувати концентрацій, зазначених у специфікації для даних вантажів.

Перед підходом до порту навантаження, звичайно за день, у морі, проводиться так званий "Pre Arrival" – комплекс заходів і процедур по перевірці й підготовці судна до навантаження. Під час "Pre Arrival" старпомом і молодшими штурманами перевіряються всі вантажні аларми, прокручуються вантажні насоси, перевіряється рівень масла у вантажних насосах, синхронізуються показання приладів біля вантажних танків і в CCR (Cargo Control Room) і робиться "Line Up" – підготовлюється лінія трубопроводу відповідно до плану навантаження.

Перевезення будь-якого вантажу на судах повинна супроводжуватися оформленням необхідного пакета комерційної документації. Під час перевезення зріджених газів обов'язкова наявність нижчеперелічених документів:

– Коносамент (*Bill of Lading*). Це найбільш важливий документ, що підтверджує одержання вантажу судном. Звичайно коносамент підписує капітан з доручення судновласника й (або) фрахтувальника, тим самим підтверджуючи кількість вантажу, завантаженого на борт танкера відповідно до вимог чартеру, згідно яким вантаж повинен бути доставлений у порт призначення в цілості й схоронності.

Як правило виписується три оригінали коносамента, кожний з яких повинен бути підписаний відповідним чином і завірений судновою печаткою. Один оригінал направляється відправнику, другий екземпляр – перевізнику (судновласнику або фрахтувальнику), а третій направляється одержувачу вантажу. Копії коносамента в необхідній кількості надаються капітану судна з позначкою "Copy" і "Non Negotiable". Вантаж у порту призначення вивантажується після пред'явлення одержувачем оригіналу коносамент.

Крім того, коносамент являється платіжним документом. До того моменту, поки одержувач не пред'явить оригінал коносаменту або не підтвердить своє право на вантаж гарантійним листом (Letter of Indemnity), капітан не має права вивантажувати доставлений вантаж.

– Сертифікат якості (*Certificate of Quality*). Це документ, у якому вказується специфікація на вантаж, його склад, якість, фізичні й хімічні властивості вантажу. Сертифікат дає термінал з доручення відправника вантажу або незалежна сюрвейєрська організація. На підставі сертифіката про якість вантажу капітан підписує коносамент.

– Сертифікат кількості (*Certificate of Quantity*). Цей документ підтверджує кількість вантажу, прийнятого на борт, і видається представником термінала з доручення відправника вантажу. Сертифікат як правило завіряє незалежний сюрвейєр. Сертифікат кількості дозволяє капітану визначити, чи правильно зазначена кількість вантажу в коносаменті. Проте кількість вантажу, зазначена в коносаменті, завжди має пріоритетність у порівнянні з іншими вантажними документами.

– Сертифікат про походження (*Certificate of Origin*). Видається виробником вантажу або відправником вантажу. У ньому вказується країна походження вантажу. Сертифікат повинен бути обов'язково підписаний митною службою порту відвантаження. У деяких країнах такий документ можуть вимагати державні органи, що контролюють експорт/імпорт товарів. Так само як і сертифікати на якість і кількість вантажу, цей документ не являється доповненням або додатком до коносаменту.

– Акт обліку стояночного часу (*Time Sheet*). Детальний запис про час, витрачений судном на стояночні операції в порту (навантаження або вивантаження), виконує як правило судно, хоча в деяких випадках відправник вантажу може незалежно від судна вести облік стояночного часу в порту. Судновий агент погоджує акт обліку стояночного часу із представниками термінала для того, щоб представити судновласнику й відправнику вантажу вже погоджений документ, у якому повинні бути зазначені всі основні моменти, що стосуються проведення вантажних операцій, затримки, очікування та ін. Акт дозволяє розподілити витрати на обробку судна в порту між учасниками чартеру.

– Вантажний маніфест на вантаж (*Cargo Manifest*). Звичайно готується судновим агентом або капітаном судна. У маніфесті вказуються:

- тип вантажу;
- порт навантаження;

- номер вантажу по IMO;
- порт вивантаження;
- кількість кожного вантажу на борту відповідно до коносамента;
- розміщення вантажу по танках;
- фрахтувальник судна;
- відправник вантажу;
- одержувач вантажу.

Маніфест пред'являється на вимогу портової влади або митної влади в порту вивантаження.

Додаткові вантажні документи. Крім основних комерційних документів, перерахованих вище, є цілий ряд документів, які регламентують вантажні операції. Так, наявність перед навантаженням сертифіката про готовність танків (Certificate of Tank Fitness або Tank Inspection Certificate Before Loading) являється обов'язковою, підтвердна готовність судна до приймання вантажу. Так само як і наявність сертифіката про інспекцію танків після вивантаження (Tank Inspection Certificate After Discharge або Tank Empty Certificate), він підтверджує повне вивантаження вантажу. Якщо при підрахунку вантажу в порту навантаження виникають розбіжності в кількості вантажу на борту більш ніж в 0,5%, для захисту інтересів судновласника судно повинне підготувати акт про розбіжність у кількості вантажу (Letter of Cargo Discrepancy або Cargo Discrepancy Certificate) і вручити його представнику терміналу.

У практиці морських перевезень все частіше застосовується електронний обмін інформацією (Electronic Data Exchange, EDI) – безпаперова технологія передачі і обміну інформацією і документами з комп'ютера на комп'ютер у вигляді електронних послань (messages) з використанням телекосмічних комунікацій на основі системи стандартних повідомлень EDIFACT (Electronic Date Interchange for Administration, Commerce and Transport). Система EDI не замінює повністю паперову технологію обміну інформацією. Проте вона дозволяє її користувачеві здійснити контроль над перевезенням вантажів, прийняти відповідні управлінські рішення, переслати необхідну транспортну і товаросупровідну документацію.

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повний розрахункове водотоннажність судна $\Delta_р$, яке служить вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності $\Delta_ч$ на рейс, залежить від вантажних марок в портах вантаження і вивантаження і вантажних марок і обмежень осадки на трасі переходу.

Для визначення $\Delta_р$ необхідно по карті зон і сезонних районів визначити діючі вантажні марки відповідно до пори року.

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

Повна водотоннажність по літню вантажну марку (з ТЕХ судна):

$$\Delta_р = 26030{,}1 \text{ т.}$$

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

$$\Delta_W = \Delta_р - \Delta_0,$$

де: Δ_0 – водотоннажність судна порожнього, т.

$$\Delta_W = 26030{,}1 - 8357{,}3 = 17672{,}8 \text{ т.}$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_х = S / (V \cdot 24) + t_{зп},$$

де: V – швидкість судна;

S – протяжність траси переходу, милі;

$t_{зп}$ – час затримки судна в дорозі, діб.

Ходовий час визначено в другому розділі і він становить 55,8 годин, тобто – $t_х = 2{,}33$ доби.

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується по формулі:

$$t_{ст} = \sum Q_i / M,$$

де: Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

M – валова норма вантажних робіт, т/добу.

$$t_{ст} = 6756 / 6000 = 1{,}13 \text{ доби.}$$

Кількість вантажу, що може прийняти судно, залежить від величини запасів. Зазвичай немає необхідності враховувати стоянкові запаси, що витрачаються в порту навантаження, тому що до моменту закінчення навантаження стоянкові запаси, передбачені на час навантаження будуть витрачені. Тому загальна кількість рейсових запасів $P_{зап}$ розраховується як сума ходових запасів $P^{х}_{зап}$ та необхідних для порту вивантаження стоянкових запасів $P^{ст}_{зап}$:

$$P_{зап} = P^{х}_{зап} + P^{ст}_{зап}.$$

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P^{х}_{зап} = P^{х}_{п} + P^{х}_{в} + P^{х}_{м},$$

де: $P^{х}_{п}$, $P^{х}_{в}$, $P^{х}_{м}$ – відповідно кількість палива, води й мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням штормового запасу.

$$P^{х}_{п} = q^{х}_{п} \cdot (t_{х} + t_{шт}),$$

$$P^{х}_{в} = q^{х}_{в} \cdot (t_{х} + t_{шт}),$$

$$P^{х}_{м} = q^{х}_{м} \cdot (t_{х} + t_{шт}),$$

де: $q^{х}_{п}$, $q^{х}_{в}$, $q^{х}_{м}$ – добова норма витрачання палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу;

$t_{шт}$ – штормовий час, діб.

Штормовий час визначається за допомогою Системи управління безпекою (СУБ) компанії і становить 1 добу.

$$P^{х}_{п} = 24{,}5 \cdot (2{,}33 + 1) = 81{,}6 \text{ т};$$

$$P^{х}_{в} = 5 \cdot (2{,}33 + 1) = 16{,}7 \text{ т};$$

$$P^{х}_{м} = 0{,}12 \cdot (2{,}33 + 1) = 0{,}4 \text{ т};$$

$$P^{х}_{зап} = 81{,}6 + 16{,}7 + 0{,}4 = 98{,}7 \text{ т}.$$

Аналогічно знаходять кількість стоянкових запасів:

$$P^{ст}_{зап} = P^{ст}_{п} + P^{ст}_{в} + P^{ст}_{см},$$

$$P^{ст}_{п} = q^{ст}_{п} \cdot t_{ст},$$

$$P^{ст}_{в} = q^{ст}_{в} \cdot t_{ст},$$

$$P^{ст}_{м} = q^{ст}_{м} \cdot t_{ст},$$

де: $q^{ст}_{п}$, $q^{ст}_{в}$, $q^{ст}_{м}$ – добова норма витрачання палива, води і масла на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$P^{ст}_{п} = 6,0 \cdot 1,13 = 6,8 \text{ т.}$$

$$P^{ст}_{в} = 5 \cdot 1,13 = 5,7 \text{ т.}$$

$$P^{ст}_{м} = 0,03 \cdot 1,13 = 0,03 \text{ т.}$$

$$P^{ст}_{зап} = 6,8 + 5,7 + 0,03 = 12,53 \text{ т.}$$

$$P_{зап} = 98,7 + 12,53 = 111,23 \text{ т.}$$

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 817,2 т; дизельного палива 68,7 т; води 167,0 т; мастила 42,4 т. *Всього* $P_{зап} = 1095,3$ т.

За рейс буде витрачено 57,1 т важкого палива, води 11,7 т і 0,3 т мастила.

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

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

де: P_{const} – константа (екіпаж, постачання та ін.).

$$\Delta_{ч} = 17672,8 – 1095,3 – 255,0 = 16322,5 \text{ т.}$$

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

Відповідно до рейсового завдання (Voyage Order) судно повинне завантажити 6756 т вантажу.

Відомості про маси об'єми (завантажених партій вантажу представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Відомості про маси об'ємизавантажених партій вантажу

Найменування вантажу	Маса вантажу Q_i т	Густина вантажу U_i $м^3/т$	Об'єм, займаний вантажем сепарацією Vi, $м^3$
Обов'язкові *Пропан*	6756	0,5082	13293,98

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні. Неправильне або невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминуче призводить до перенапдряження корпусу, а в окремих випадках до пошкоджень і навіть аварії судна. Тому судно повинне бути завантажене так, щоб не з'явилося крену, були належний диферент і достатня остійність, не були порушені умови місцевої та загальної міцності. Це досягається відповідним розподілом вагового навантаження по вантажних приміщень судна.

При перевезенні різнорідних вантажів в практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційно кубатурі вантажних приміщень за допомогою коефіцієнта порівняння вантажомісткості кожного вантажного приміщення (K_i):

$$K_i = W_i / W_c,$$

де: W_i – вантажомісткість і-го вантажного приміщення, м^3;

W_c – вантажомісткість судна, м^3;

n – кількість вантажних приміщень.

Значення розподіленої маси для і-го вантажного приміщення (Q_i) визначається як добуток коефіцієнта порівняння вантажомісткості і-го вантажного приміщення на розраховану загальну масу вантажів ($Q_{повн}$):

$$Q_i = K_i \cdot Q_{повн} .$$

Таблиця 3.3 – Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщенням судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення W_i, м^3	Коефіцієнт порівняння K_i	Допустиме максимальне вагове навантаження вантажного приміщення Q_i, т
No.1 Cargo Tank (P)	2524,0	0,15540	1049,8
No.1 Cargo Tank (S)	2522,1	0,15528	1049,1
No.2 Cargo Tank (P)	2802,0	0,17251	1165,5
No.2 Cargo Tank (S)	2799,4	0,17235	1164,4
No.3 Cargo Tank (P)	2798,3	0,17229	1164,0
No.3 Cargo Tank (S)	2796,4	0,17217	1163,2
ВСЬОГО:	16242,2	1,0	6756

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 Розділі 2.

Відстань між портами – 847,7 милі.

Час виконання рейсу – травень.

Порт відходу – *Alexandria* (*Egypt*). Густина води $\rho = 1{,}025$ т/м^3.

Вантажна марка – літня вантажна марка.

Порт доступний для суден довжиною 292 м, шириною 36,5 м, осадкою до 10,9 м.

В порту можна придбати паливо, воду і продовольство.

Верф Al-Iskandariya може проводити капітальний ремонт корпусу та техніки.

Державні свята – Муль-ель-Набі, Шам-ель-Нессім, День визволення Синалу, День Революції, Байрам Рамадан, День збройних сил, Байрам Курбан, Новий рік Мухаммеда, День праці.

Час роботи – 08^{00} – 16^{00}. Можлива понаднормова робота.

Порт приходу – *Vlore* (*Albania*). Густина води $\rho = 1{,}025$ т/м^3.

Вантажна марка – літня вантажна марка.

Порт доступний для суден з осадкою до 12,1 м.

Ремонт – є можливість ремонту. Доступні послуги водолазів.

Прісна вода – є в наявності.

Бункеровка – доступні всі види бункеру.

Державні свята – 1 січня, 6 січня, Великдень, Великодній понеділок, 25 квітня, 1 травня, 15 серпня, 1 листопада, 9 січня, 8 грудня, 25 та 26 грудня.

Графік роботи – з понеділка до п'ятниці з 08^{00} до 17^{00} для суховантажних суден. Цілодобово для танкерів.

РОЗДІЛ 4
ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Для оцінки морехідних якостей використовувалась "Інформація про остійність". Координати центру ваги запасів і баласту в частково заповнених танках визначалися по фактичному заповненню з використанням каліброваних таблиць танків приведених в "Інформації про остійність".

Абсциси відраховуються від кормового перпендикуляру. Диферент на корму має знак "–", а на ніс "+". Крен на лівий борт має знак "–", а на правий "+".

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

Таблиця 4.1 – Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткість т	Маса т	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	y	z	M_x	M_y	M_z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Моторне паливо (HFO) ρ = 0,980 т/м^3								
No.1 H.F.O. T (P)	404,3	236,1	133,939	-3,357	6,602	31623	-793	1559
No.1 H.F.O. T (S)	404,3	231,9	133,932	3,334	6,541	31059	773	1517
No.1 H.F.O. T (C)	269,8	98,5	134,792	0,038	7,200	13277	4	709
No.2 H.F.O. T (P)	111,7	82,3	27,882	-7,542	5,955	2295	-621	490
No.2 H.F.O. T (S)	202,3	75,8	27,809	7,402	5,756	2108	561	436
No.1 HFO Sett. T.	25,0	23,4	29,550	7,337	12,100	691	172	283
No.2 HFO Sett. T.	25,0	22,4	25,050	7,337	12,000	561	164	269
No.1 HFO Serv. T.	25,0	23,9	28,050	7,338	12,150	670	175	290
No.2 HFO Serv. T.	25,0	22,9	26,550	7,337	12,050	608	168	276
Всього HFO:		817,2	101,43	0,74	7,13	82892	603	5829

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дизельне паливо (DO) ρ = 0,900 т/м^3								
DO T.	104,5	50,8	27,196	-8,940	11,665	1382	-454	593
DO Sett. T.	14,9	10,1	29,175	-7,000	10,100	295	-71	102
DO Serv. T.	9,9	7,8	27,300	-7,000	10,250	213	-55	80
Всього DO:		68,7	27,51	-8,44	11,28	1890	-580	775
Мастило (LO) ρ = 0,900 т/м^3								
ME LO Sump. T	15,4	5,8	20,175	0	0,750	117	0	4
ME LO Stor. T.	17,3	7,4	8,743	7,524	9,994	65	56	74
ME LO Sett. T.	17,1	6,1	11,220	7,856	9,726	68	48	59
GE LO Stor. T.	10,9	4,6	6,361	6,779	10,055	29	31	46
GE LO Sett. T.	8,4	2,7	4,602	6,472	10,166	12	17	27
No.1 Cyl.O. Stor.T.	19,8	7,9	28,800	-2,100	13,350	228	-17	105
No.2 Cyl.O. Stor.T.	19,8	7,9	28,800	2,100	13,350	228	17	105
Всього LO:		42,4	17,62	3,58	9,91	747	152	420
Прісна вода (FW) ρ = 1,00 т/м^3								
F.W.T. (P)	97,7	75,0	0,079	-6,195	11,406	6	-465	855
F.W.T. (S)	97,7	75,0	0,079	6,195	11,406	6	465	855
Dist.W.T.	26,2	17,0	12,429	-6,817	7,317	211	-116	124
Всього FW:		167,0	1,34	-0,69	10,98	223	-116	1834
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		1095,3	78,29	0,05	8,09	85752	59	8858

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість т	Маса т	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	y	z	M_x	M_y	M_z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Моторне паливо (HFO) ρ = 0,980 т/м^3								
No.1 H.F.O. T (P)	404,3	236,1	133,939	-3,357	6,602	31623	-793	1559

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
No.1 H.F.O. T (S)	404,3	231,9	133,932	3,334	6,541	31059	773	1517
No.1 H.F.O. T (C)	269,8	41,4	134,792	0,038	6,400	5580	2	265
No.2 H.F.O. T (P)	111,7	82,3	27,882	-7,542	5,955	2295	-621	490
No.2 H.F.O. T (S)	202,3	75,8	27,809	7,402	5,756	2108	561	436
No.1 HFO Sett. T.	25,0	23,4	29,550	7,337	12,100	691	172	283
No.2 HFO Sett. T.	25,0	22,4	25,050	7,337	12,000	561	164	269
No.1 HFO Serv. T.	25,0	23,9	28,050	7,338	12,150	670	175	290
No.2 HFO Serv. T.	25,0	22,9	26,550	7,337	12,050	608	168	276
Всього HFO:		760,1	98,93	0,79	7,08	75195	601	5385
Дизельне паливо (DO) ρ = 0,900 т/м^3								
D.O.T.	104,5	50,8	27,196	-8,940	11,665	1382	-454	593
DO Sett. T.	14,9	10,1	29,175	-7,000	10,100	295	-71	102
DO Serv. T.	9,9	7,8	27,300	-7,000	10,250	213	-55	80
Всього DO:		68,7	27,51	-8,44	11,28	1890	-580	775
Мастило (LO) ρ = 0,900 т/м^3								
ME LO Sump. T	15,4	5,8	20,175	0	0,750	117	0	4
ME LO Stor. T.	17,3	7,1	8,743	7,524	9,994	62	53	71
ME LO Sett. T.	17,1	6,1	11,220	7,856	9,726	68	48	59
GE LO Stor. T.	10,9	4,6	6,361	6,779	10,055	29	31	46
GE LO Sett. T.	8,4	2,7	4,602	6,472	10,166	12	17	27
No.1 Cyl.O. Stor.T.	19,8	7,9	28,800	-2,100	13,350	228	-17	105
No.2 Cyl.O. Stor.T.	19,8	7,9	28,800	2,100	13,350	228	17	105
Всього LO:		42,1	17,67	3,54	9,90	744	149	417
Прісна вода (FW) ρ = 1,00 т/м^3								
F.W.T. (P)	97,7	75,0	0,079	-6,195	11,406	6	-465	855
F.W.T. (S)	97,7	63,3	0,116	6,125	11,289	7	388	715
Dist.W.T.	26,2	17,0	12,429	-6,817	7,317	211	-116	124

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всього FW:		155,3	1,44	-1,24	10,91	224	-193	1694
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		1026,2	76,06	-0,02	8,06	78053	-23	8271

Розподіл вантажів представлений у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів

Найменування приміщень і вантажу	m т	V $м^3$	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	*y*	*z*	M_x	M_y	M_z
No.1 Cargo Tank (P)	1049,9	2065,9	111,161	-4,086	7,370	116708	-4290	7738
No.1 Cargo Tank (S)	1049,1	2064,3	111,161	4,086	7,370	116619	4287	7732
No.2 Cargo Tank (P)	1165,5	2293,4	79,500	-4,706	7,372	92657	-5485	8592
No.2 Cargo Tank (S)	1164,4	2291,2	79,500	4,706	7,371	92570	5480	8583
No.3 Cargo Tank (P)	1163,9	2290,2	46,500	-4,706	7,372	54121	-5477	8580
No.3 Cargo Tank (S)	1163,2	2288,9	46,500	4,706	7,371	54089	5474	8574
ВСЬОГО ВАНТАЖУ:	6756,0	13293,9	77,97	0,00	7,37	526764	-11	49799

Розподіл баласту представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розподіл баласту

Найменування цистерн	Місткість т	Маса т	Плечі, м			Моменти, тм		
			x	*y*	*z*	M_x	M_y	M_z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
F.P.T.	335,8	335,8	143,805	0,000	5,197	48290	0	1745
No.1 TS W.B.T.(P)	362,4	362,4	112,833	-9,724	14,150	40891	-3524	5128
No.1 TS W.B.T.(S)	362,4	362,4	112,833	9,724	14,150	40891	3524	5128
No.2 TS W.B.T.(P)	357,3	357,3	80,014	-9,742	14,150	28589	-3481	5056
No.2 TS W.B.T.(S)	357,3	357,3	80,014	9,742	14,150	28589	3481	5056
No.3 TS W.B.T.(P)	349,0	296,7	49,953	-9,861	13,925	14821	-2926	4132

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
No.3 TS W.B.T.(S)	349,0	349,0	46,961	9,742	14,135	16389	3400	4933
No.1 DS W.B.T.(P)	208,0	208,0	121,952	-5,711	2,670	25366	-1188	555
No.1 DS W.B.T.(S)	205,5	205,5	122,002	5,763	2,693	25071	1184	553
No.2 DS W.B.T.(P)	354,2	354,2	105,199	-6,826	1,569	37261	-2418	556
No.2 DS W.B.T.(S)	350,3	350,3	105,101	6,889	1,580	36817	2413	553
No.3 DS W.B.T.(P)	409,2	409,2	87,332	-7,429	1,439	35736	-3040	589
No.3 DS W.B.T.(S)	409,2	409,2	87,332	7,429	1,439	35736	3040	589
No.4 DS W.B.T.(P)	341,2	341,2	70,848	-7,429	1,439	24173	-2535	491
No.4 DS W.B.T.(S)	341,2	341,2	70,848	7,429	1,439	24173	2535	491
No.5 DS W.B.T.(P)	405,3	405,3	54,436	-7,397	1,444	22063	-2998	585
No.5 DS W.B.T.(S)	405,3	405,3	54,436	7,397	1,444	22063	2998	585
No.6 DS W.B.T.(P)	252,2	252,2	38,548	-6,457	1,462	9722	-1628	369
No.6 DS W.B.T.(S)	252,2	252,2	38,548	6,457	1,462	9722	1628	369
ВСЬОГО БАЛАСТУ:		6354,7	82,83	0,07	5,90	526363	465	37463

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід						
	Маса	Плечі, м			Моменти, тм		
	т	x	y	z	M_x	M_y	M_z
Судно порожнем	8357,3	64,163	-0,028	10,14	536229	-234	84743
Constanta	255,0	89,45	-0,855	14,55	22810	-218	3710
Суднові запаси	1095,3	78,29	0,05	8,09	85752	59	8858
Вантаж	6756,0	77,97	0,00	7,37	526764	-11	49799
Баласт	6354,7	82,83	0,07	5, 90	526363	465	37463
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ:	22818,3	74,41	0,00	8,09	1697918	61	184573

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід						
	Маса т	Плечі, м			Моменти, тм		
		x	y	z	M_x	M_y	M_z
Судно порожнем	8357,3	64,163	-0,028	10,14	536229	-234	84743
Константа	255,0	89,45	-0,855	14,55	22810	-218	3710
Суднові запаси	1026,2	76,06	-0,02	8,06	78053	-23	8271
Вантаж	6756,0	77,97	0,00	7,37	526764	-11	49799
Баласт	6354,7	82,83	0,07	5,90	526363	465	37463
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ:	22749,2	74,30	0,00	8,09	1690219	-21	183986

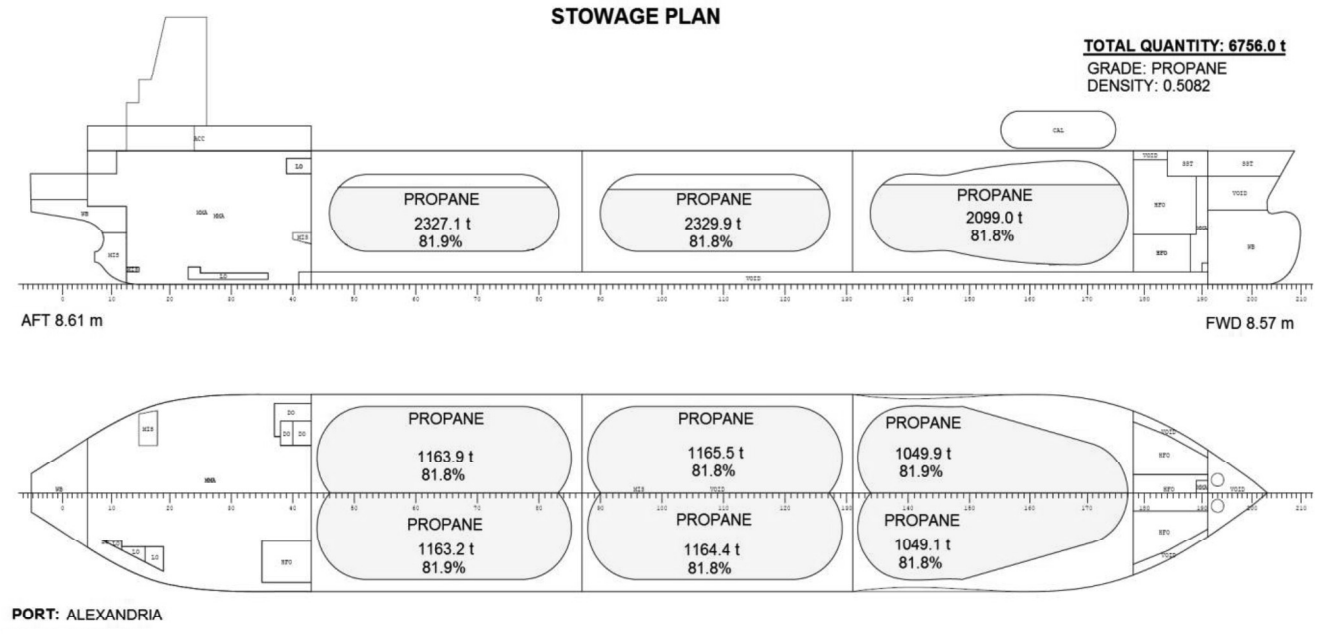


Рисунок 4.1 – Схема вантажного плану судна "GAZ ENERGY"

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

Розрахунок посадки судна на відхід на прихід виконується з використанням вантажної шкали та 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	22818,3	22749,2
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	74,41	74,30
Водотоннажність об'ємна, м^3	$V = D / \rho$	22262	22194
Густина забортної води, т/м^3	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	8,59	8,57
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	$M_{см}$	319,3	318,7
Абсциса центра величини судна, м	x_c	74,47	74,48
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	71,14	71,18
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	10,17	10,17
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,761	0,761
Диферент судна, м	$d=D(x_g-x_c)/(100M_{см})$	-0,04	-0,13
Осадка судна носом, м	$T_н=T+(L-x_f)\ d/L$	8,57	8,50
Осадка судна кормою, м	$T_к = T_н - d$	8,61	8,63

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів) 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
1	2
No.1 H.F.O. T (P)	179

Продовження таблиці 4.8

1	2
No.1 H.F.O. T (S)	179
No.1 H.F.O. T (C)	54
No.2 H.F.O. T (P)	48
No.2 H.F.O. T (S)	58
D.O.T.	71
F.W.T. (P)	188
F.W.T. (P)	188
No.1 Cargo Tank (P)	704
No.1 Cargo Tank (S)	704
No.2 Cargo Tank (P)	919
No.2 Cargo Tank (S)	919
No.3 Cargo Tank (P)	919
No.3 Cargo Tank (S)	919
No.3 TS W.B.T.(P)	259
$\Sigma \Delta m_h$	6308

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	22818,3	22749,2
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	8,09	8,09
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	10,17	10,17
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	2,08	2,08
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,28	0,28
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	8,37	8,37
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	1,80	1,80
Кут крену,°	$\theta = 57{,}3\ \Sigma M_y/(D \cdot h)$	0,09	-0,03

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	22818,3	22749,2
Виправлена апліката ЦВ судна, м	z_g	8,37	8,37
Максимальна гранична апліката ЦВ, м	z_g^{max}	10,02	10,02

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 $l_ф$ вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі відлічуються від точки K, що відповідає кільовій лінії.

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

$$l_в = z_g \sin \theta.$$

Виправлені на вплив вільних поверхонь плечі статичної остійності будуть рівні:

$$l = l_ф - l_в.$$

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								22818,3
Апліката центра ваги судна z_{g0}, м								8,09
Апліката умовного центра мас z_m, м (полюс – точка "О")								0,00
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м								8,37
$\Delta\theta = 0{,}1745 \approx 10° / 57{,}3$								
Кут крену $\theta°$	Плече форми, $l_ф$, м	$sin\ \theta°$	$z_g \cdot sin\ \theta°$	Плече статичної остійності $l = l_ф - z_g \cdot sin\ \theta°$, м	Множник	Добуток	Множник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	1,777	0,174	1,456	0,321	4	1,284	3	0,963
20	3,575	0,342	2,863	0,712	2	1,424	3	2,136
30	5,412	0,500	4,185	1,227	4	4,908	1	1,227
40	7,089	0,643	5,382	1,707	1	1,707	$\sum_{30}$	4,326
50	8,167	0,766	6,411	1,756	$\sum_{40}$	9,323		
60	8,752	0,866	7,248	1,504	$a_{0\text{-}40} = 0{,}1745 \times 9{,}323/3 = 0{,}542$		$a_{0\text{-}40} = 3 \times 0{,}1745 \times 4{,}326/8 = 0{,}283$	
70	8,948	0,940	7,868	1,080	$a_{30\text{-}40} = 0{,}542 - 0{,}283 = 0{,}259$			

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т	22749,2
Апліката центра ваги судна z_{g0}, м	8,09
Апліката умовного центра мас z_m, м (полюс – точка "О")	0,00
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м	8,37
$\Delta\theta = 0{,}1745 \approx 10° / 57{,}3$	

Продовження таблиці 4.12

Кут крену $\theta°$	Плече форми, $l_ф$, м	$sin\ \theta°$	$z_g \cdot sin\ \theta°$	Плече статичної остійності $l = l_ф - z_g \cdot sin\ \theta°$, м	Множник	Добуток	Множник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	1,777	0,174	1,456	0,321	4	1,284	3	0,963
20	3,575	0,342	2,863	0,712	2	1,424	3	2,136
30	5,413	0,500	4,185	1,228	4	4,912	1	1,228
40	7,092	0,643	5,382	1,710	1	1,710	$\sum_{30}$	4,327
50	8,172	0,766	6,411	1,761	$\sum_{40}$	9,330		
60	8,756	0,866	7,248	1,508	$a_{0\text{-}40} = 0{,}1745 \times 9{,}33/3 = 0{,}543$		$a_{0\text{-}40} = 3 \times 0{,}1745 \times 4{,}327/8 = 0{,}283$	
70	8,951	0,940	7,868	1,083	$a_{30\text{-}40} = 0{,}543\text{-}0{,}283 = 0{,}260$			

За результатами розрахунків будуємо діаграми остійності (ДСО) на відхід (рис. 4.2) і на прихід (рис. 4.3).

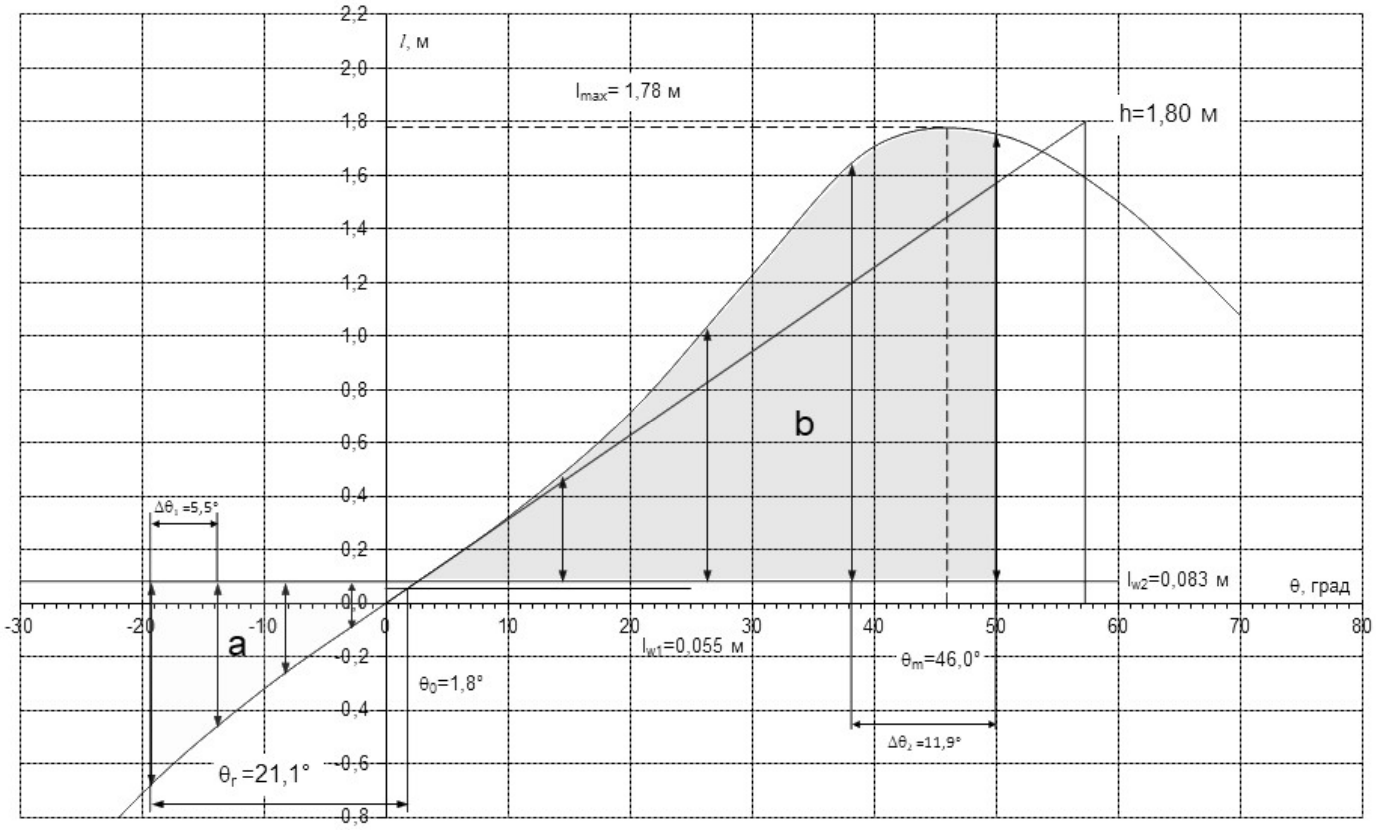


Рисунок 4.2 – ДСО на відхід і визначення критерію погоди

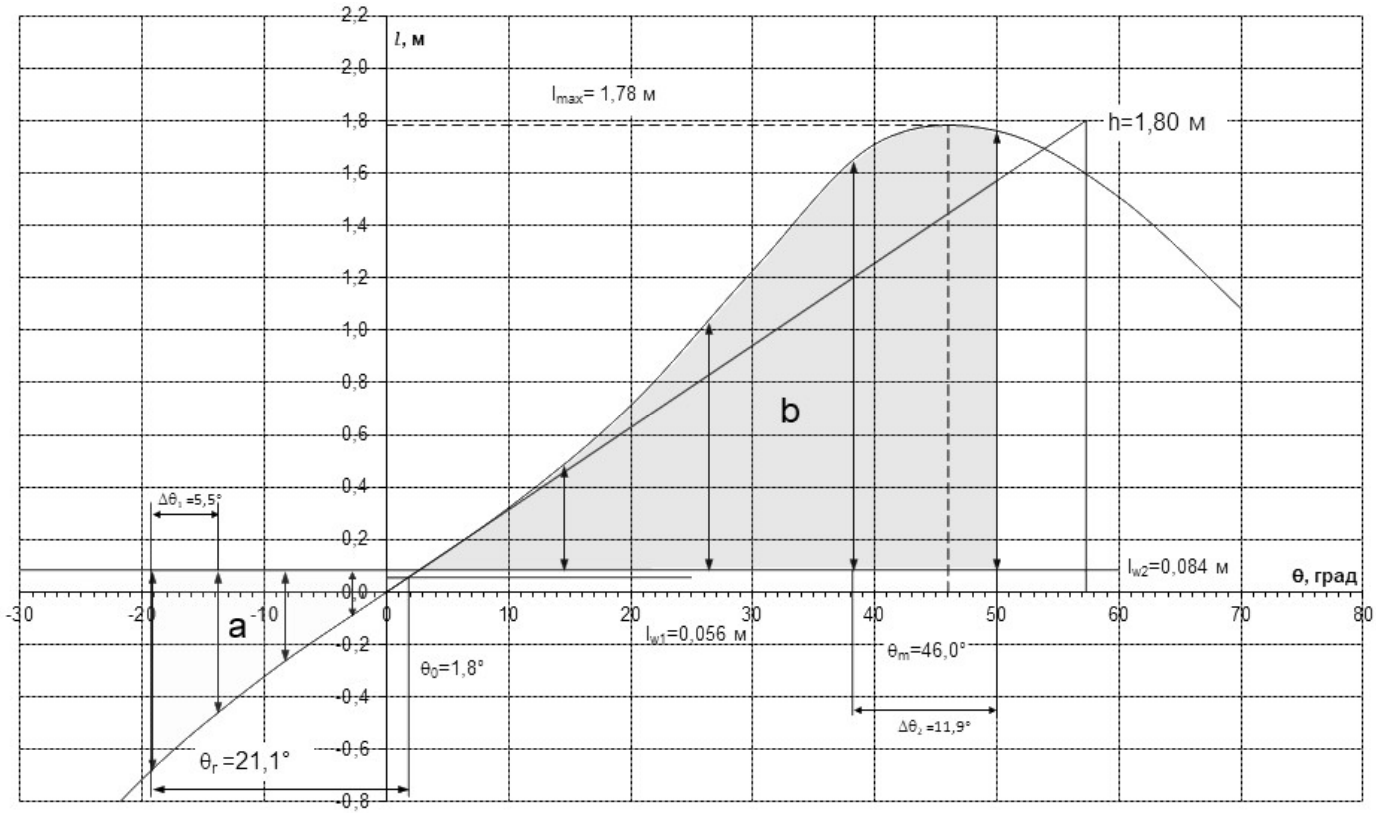


Рисунок 4.3 – ДСО на прихід і визначення критерію погоди

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у таблиці 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*	22818,3	22749,2
Осадка судна, м	*T*	8,59	8,57
Виправлена метацентрична висота, м	*h*	1,80	1,80

Продовження таблиці 4.13

1	2	3	4
Площа парусності, м^2	A_v	2029,8	2032,8
Аппліката центра парусності (ЦП), м	z	7,86	7,87
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	12,16	12,16
Кренувальне плече від тиску вітру, м	l_{w1}=0,504 A_v z_v / (g D)	0,055	0,056
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1{,}5\ l_{w1}$	0,083	0,084
Відносна площа скулових кілей,%	100 $A_к$ / (L B)	0,960	
Коефіцієнт	k	0,981	
Відносна ширина	B/T	2,69	2,7
Безрозмірний множник	X_1	0,951	0,950
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,761	0,761
Безрозмірний множник	X_2	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	c=0,373+0,023B/T–0,043L/100	0,372	0,372
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2\ c\ B / \sqrt{h}$	12,8	12,8
Коефіцієнт	S	0,0602	0,0602
Коефіцієнт	$r = 0{,}73 + 0{,}6\,(z_g - T)/T$	0,715	0,716
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109\ k\ X_1\ X_2\ \sqrt{rS}$	21,1	21,1
Кут заливання, °	θ_f	65,6	65,7
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = arctg(2(H-T)/B)$	30,5	30,6
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	1,8	1,8
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	19,3	19,3
Границя площі "b" діаграми праворуч, °	θ_b	50	50
Площа "a" діаграми, м-рад	a	0,138	0,138
Площа "b" діаграми, м-рад	b	0,787	0,787
Критерій погоди	$K = b / a$	5,70	5,70

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остійності необхідно побудувати площі "*a*" та "*b*".

Для розрахунку величини площ "*a*" та "*b*" використаємо правило Сімпсона. Для цього площі "*a*" та "*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 $\Delta\theta_1$ та $\Delta\,\theta_2$ у радіанах.

Таблиця 4.14 – Визначення площ "*a*" та "*b*" на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1+1{,}5\theta_0)/4 = (19{,}3+1{,}5\cdot 1{,}8)/4 = 5{,}5°$ $\quad \Delta\theta_1^{рад} = 5{,}5°/57{,}3 = 0{,}0960$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1{,}5\theta_0)/4 = (50–1{,}5\cdot 1{,}8)/4 = 11{,}85°$ $\quad \Delta\theta_2^{рад} = 11{,}85°/57{,}3 = 0{,}2068$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
a_1 =0,763	1	0,763	b_1 =0	1	0
a_2 =0,543	4	2,172	b_2 =0,400	4	1,600
a_3 =0,345	2	0,690	b_3 =0,950	2	1,900
a_4 =0,172	4	0,688	b_4 =1,562	4	6,248
a_5 =0	1	0	b_5 =1,673	1	1,673
		Σ_a = 4,313			Σ_b = 11,421
$a = \frac{1}{3}\Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{рад} = \frac{1}{3}4{,}313 \times 0{,}0960 = 0{,}138$			$b = \frac{1}{3}\Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{рад} = \frac{1}{3}11{,}421 \times 0{,}2068 = 0{,}787$		

Таблиця 4.15 – Визначення площ "*a*" та "*b*" на прихід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1+1{,}5\theta_0)/4 = (19{,}3+1{,}5\cdot 1{,}8)/4 = 5{,}5°$ $\quad \Delta\theta_1^{рад} = 5{,}5°/57{,}3 = 0{,}0960$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1{,}5\theta_0)/4 = (50–1{,}5\cdot 1{,}8)/4 = 11{,}85°$ $\quad \Delta\theta_2^{рад} = 11{,}85°/57{,}3 = 0{,}2068$ рад					
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
a_1 =0,764	1	0,764	b_1 =0	1	0
a_2 =0,544	4	2,176	b_2 =0,400	4	1,600
a_3 =0,346	2	0,692	b_3 =0,949	2	1,898
a_4 =0,173	4	0,692	b_4 =1,562	4	6,248
a_5 =0	1	0	b_5 =1,677	1	1,677
		Σ_a = 4,324			Σ_b = 11,423
$a = \frac{1}{3}\Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{рад} = \frac{1}{3}4{,}324 \times 0{,}0960 = 0{,}138$			$b = \frac{1}{3}\Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{рад} = \frac{1}{3}11{,}423 \times 0{,}2068 = 0{,}787$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значения величин			Викон. (*YES/NO*)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні критерії:					
Площа під ДСО до кута крену 30°, м·рад	A_{30}	≥ 0,055	0,283	0,283	*YES*
Площа під ДСО до кута крену 40^0, м·рад	A_{40}	≥ 0,09	0,542	0,543	*YES*
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A_{30-40}	≥ 0,03	0,259	0,260	*YES*
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l_{30}	≥ 0,20	1,227	1,228	*YES*
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ_m	≥ 25	46,0	46,0	*YES*
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	1,80	1,80	*YES*
Критерій погоди	K	≥ 1	5,70	5,70	*YES*
Кут крену від постійного вітру, °	θ_0	≤ 15,9	1,8	1,8	*YES*

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

4.7 Контроль загальної подовжньої міцності корпусу судна

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 схвалену класифікаційним товариством програму.

Результати розрахунку по судновій програмі сили, що перерізує, *SF* і згинального моменту *BM* на відхід судна представлені в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17 – Перевірка подовжньої міцності на відхід

№ перерізу	*x*, м	*SF*, кН	*SFsea*, %	*Доп.SF*, кН	*BM*, кНм	*BMsea*, %	*Доп.BM*, кНм
1	2	3	4	5	6	7	8
5	3,000	3856	48,2	8000	12015	12,0	100000
13	7,800	5464	54,6	10000	34592	23,1	150000
31	21,300	4581	30,5	15000	111422	44,6	250000
35	24,300	3975	26,5	15000	124339	49,7	250000
43	30,300	6811	35,9	19000	154517	31,6	489400
52	37,050	-2018	10,1	-20000	171874	29,7	578400
53	37,800	5009	25,1	20000	173002	29,9	578400
54	38,550	11991	60,0	20000	179384	31,0	578400
75	54,300	-7580	32,3	-23500	199965	30,8	650000
76	55,050	-67	0,3	-23500	197103	30,3	650000
77	55,800	7447	29,8	25000	199877	30,8	650000
87	63,300	295	1,3	23500	227091	34,9	650000
96	70,050	-6567	26,9	-24500	207911	32,0	650000
97	70,800	659	2,6	25000	205701	31,6	650000
98	71,550	7884	31,5	25000	208911	32,1	650000
119	87,300	-10005	40,8	-24500	192082	29,6	650000
120	88,050	-2538	10,4	-24500	187385	28,8	650000
121	88,800	4900	19,6	25000	188277	29,0	650000
131	96,300	-3660	15,6	-23500	192168	29,6	650000
140	103,050	-11420	44,8	-25500	142002	22,5	631900

Продовження таблиці 4.17

1	2	3	4	5	6	7	8
141	103,800	-4295	16,8	-25500	136115	21,5	631900
142	104,550	2829	11,5	24500	135571	21,5	631900
163	119,950	-12797	64,0	-20000	47017	10,7	440300
164	120,650	-6411	32,1	-20000	40308	9,2	440300
165	121,350	0	0,0	20000	38061	8,6	440300
178	130,450	-5300	37,8	-14000	12650	4,0	315700
191	139,550	749	7,5	10000	-1379	0,9	200000

Максимальна перерізуюча сила: -12797 кН (64,0%) на 163 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент: 227091 тм (34,9%) на 87 шпангоуті.

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що протягом усього рейсу загальна поздовжня міцність забезпечена.

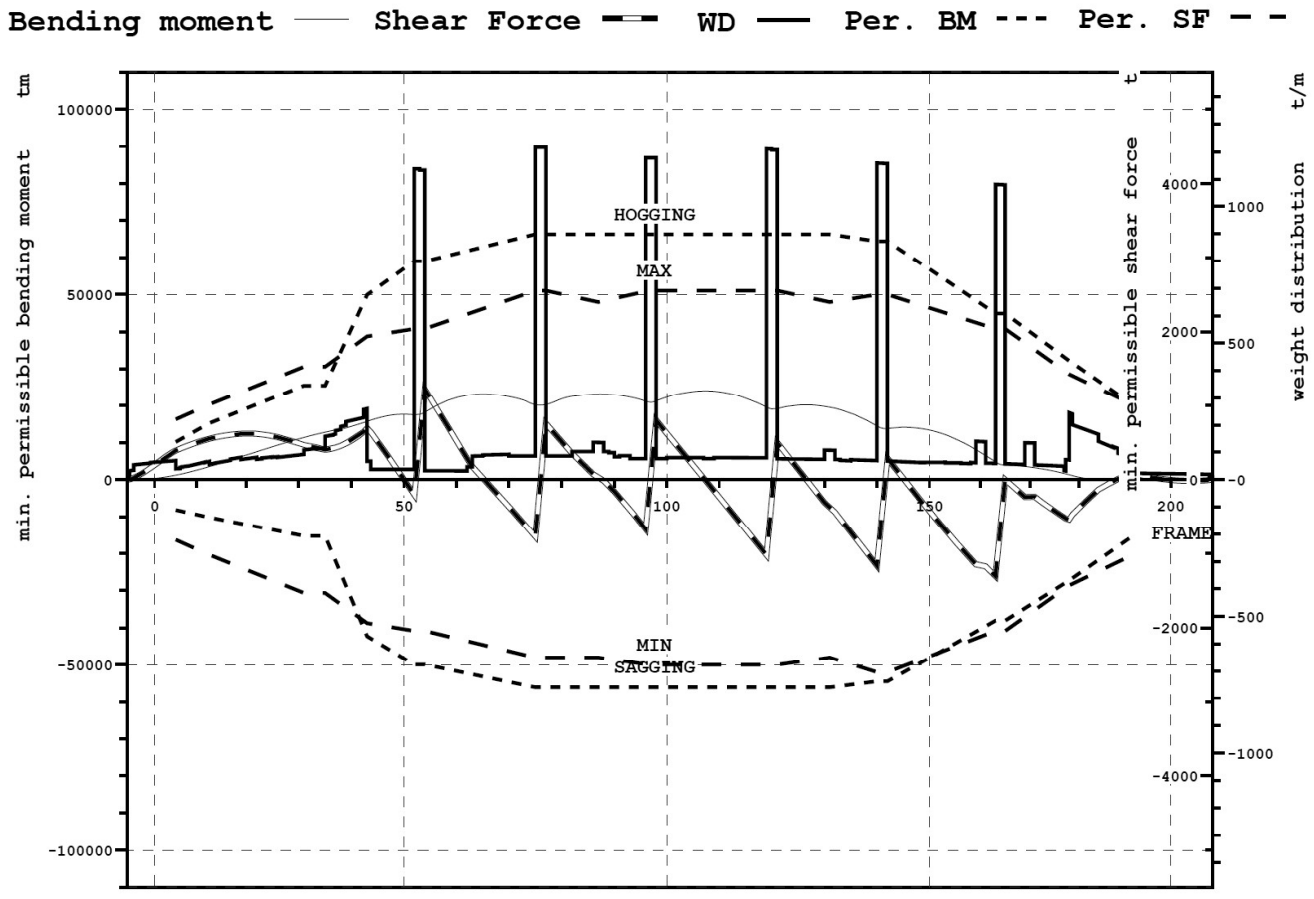


Рисунок 4.4 – Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу судна на відхід

РОЗДІЛ 5
АВТОНОМНІ СУДНА ТА СУЧАСНІ НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ

5.1 Автономні судна і як вони використовують сучасні навігаційні системи

У сучасному світі морські перевезення відіграють ключову роль у світовій економіці. З розвитком цифрових технологій, штучного інтелекту та автоматизації – морська галузь переживає справжню технологічну революцію. Одним із найперспективніших напрямів є створення автономних суден, які здатні пересуватися без безпосередньої участі людини, використовуючи сучасні навігаційні системи та штучний інтелект.

Поняття автономного судна. Автономне судно – морське або річкове судно, здатне виконувати навігаційні та технічні операції без постійної участі екіпажу. Управління може здійснюватися: повністю автоматично (на основі програмного забезпечення та сенсорів), дистанційно (з берега або іншого судна), або в комбінованому режимі.

Такі судна належать до категорії *MASS* (Maritime Autonomous Surface Ships), визначеної Міжнародною морською організацією (*IMO*).

Сучасні навігаційні системи автономних суден. Для безпечного руху автономні судна використовують цілий комплекс високотехнологічних систем:

– *GNSS* (Global Navigation Satellite Systems) – системи супутникової навігації (GPS, Galileo, ГЛОНАСС, BeiDou), які забезпечують точне визначення координат судна;

– *AIS* (Automatic Identification System) – система автоматичної ідентифікації суден, що дозволяє уникати зіткнень і вести обмін даними між суднами;

– Радарні та лідарні (*LIDAR*) системи – дають змогу виявляти об’єкти навіть у складних погодних умовах;

– Камери з комп’ютерним зором – аналізують навколишнє середовище, розпізнають інші судна, буї, перешкоди;

– *INS* (Inertial Navigation System) – інерційна система навігації, яка підтримує курс судна у разі втрати сигналу GPS;

– Системи штучного інтелекту та машинного навчання – приймають рішення щодо курсу, швидкості, уникнення перешкод та оптимізації маршруту.

Приклади сучасних автономних суден:

– *Yara Birkeland* (Норвегія) – перше у світі повністю електричне автономне вантажне судно.

– *Mayflower Autonomous Ship* (Велика Британія) – дослідницьке судно, яке перетнуло Атлантику без екіпажу.

– *Sea Hunter* (США) – військове автономне судно для патрулювання океану.

Ці проєкти демонструють можливості автономного мореплавства в комерційному, науковому та оборонному секторах.

Переваги автономних суден. Зменшення людського фактору та підвищення безпеки судноплавства. Оптимізація паливних витрат та зниження викидів CO_2. Можливість безперервної роботи 24/7. Зменшення експлуатаційних витрат (зарплата екіпажу, побутові потреби тощо).

Виклики та проблеми. Попри значні переваги, впровадження автономних суден супроводжується низкою труднощів:

– недостатня нормативно-правова база;

– кібербезпека – ризик хакерських атак на навігаційні системи;

– етичні питання відповідальності у разі аварій;

– необхідність модернізації портової інфраструктури.

Перспективи розвитку. У найближчі 10-15 років очікується поява частково автономних суден, які діятимуть у прибережних зонах. Згодом технології дозволять створювати повністю автономні океанські перевізники. Ключову роль відіграватимуть інтегровані навігаційні системи, штучний інтелект та цифрові морські карти з постійним оновленням у реальному часі.

Висновок. Автономні судна – це не просто майбутнє морської індустрії, а логічний етап її розвитку. Сучасні навігаційні системи вже сьогодні створюють умови для безпечного, ефективного та екологічного судноплавства.

У найближчі десятиліття ми станемо свідками того, як автономні технології змінять саму сутність морських перевезень і глобальної логістики.

5.2 Роль радарів, електронних карт, AIS та ARPA на автономних суднах

Радарні системи. *RADAR* (Radio Detection and Ranging) є одним із найважливіших елементів навігаційного комплексу автономного судна.

Його головна функція – виявлення та відображення об'єктів, що знаходяться навколо судна, незалежно від погодних умов чи освітлення. Основні завдання радара на автономних суднах: виявлення інших суден, буїв, берегової лінії та перешкод; вимірювання дистанції та азимуту до об’єктів; автоматичне попередження про можливість зіткнення; передача інформації до системи штучного інтелекту для ухвалення рішень щодо курсу.

Радарні дані часто поєднуються з інформацією від лідарів і камер комп’ютерного зору, створюючи багатошарову модель навколишнього середовища.

Електронні картографічні системи. ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) – це електронна навігаційна система, яка відображає цифрові морські карти і автоматично оновлює позицію судна.

На автономних суднах ECDIS інтегрується з GPS, радарами, AIS та іншими сенсорами, утворюючи центральний навігаційний модуль.

Роль ECDIS:

– забезпечення точного планування маршруту;

– автоматичне відстеження положення судна на карті;

– попередження про небезпечні райони (мілководдя, рифи, заборонені зони);

– обмін інформацією з береговими службами.

На автономних суднах ECDIS може працювати у зв'язці з системами машинного навчання, які аналізують маршрут і в реальному часі пропонують оптимальні траєкторії руху.

AIS (Automatic Identification System) – це система автоматичної ідентифікації суден, яка передає дані про їх положення, швидкість, курс, тип та ідентифікаційний номер.

Значення AIS для автономних суден:

– забезпечує обмін даними між суднами та береговими станціями;

– допомагає уникати зіткнень, порівнюючи власний курс із курсами інших суден;

– дозволяє системі штучного інтелекту прогнозувати рух об'єктів поблизу;

– забезпечує прозорість і контроль із боку диспетчерських центрів.

Завдяки AIS автономне судно здатне самостійно оцінювати ситуацію на морі й ухвалювати рішення відповідно до міжнародних правил запобігання зіткненням (*COLREG*).

ARPA (Automatic Radar Plotting Aid) – це система автоматичної обробки радарної інформації, що аналізує рух навколишніх об'єктів і визначає ризик зіткнення. Основні функції ARPA:

– автоматичне відстеження до кількох десятків цілей;

– розрахунок курсу, швидкості, точки найменшої дистанції зближення (CPA) і часу до неї (TCPA);

– подача сигналів тривоги при небезпеці зіткнення;

– допомога системі автопілоту у корекції курсу.

На автономних суднах ARPA взаємодіє з AI-модулем, який самостійно ухвалює рішення про зміну курсу або швидкості, не потребуючи втручання людини.

Взаємодія систем. Усі ці компоненти – радар, ECDIS, AIS і ARPA – працюють у єдиній інтегрованій системі управління судном. Інформація з кожного джерела обробляється централізовано, що дозволяє створити точну картину навколишнього середовища та забезпечити: безпечне маневрування, автоматичне уникнення перешкод, точне позиціювання навіть у складних умовах, повну автономність навігаційного процесу.

Висновок. Радари, електронні карти, AIS та ARPA – це фундаментальні елементи навігаційної системи автономних суден. Їх взаємодія забезпечує надійність, точність і безпеку під час плавання без екіпажу. У майбутньому розвиток цих технологій у поєднанні з штучним інтелектом зробить автономне мореплавство ще ефективнішим і безпечнішим.

5.3 Автоматична прокладка маршрутів на автономних суднах

Загальна суть процесу. Автоматична прокладка маршруту – це процес, під час якого навігаційна система судна самостійно створює, оптимізує та контролює маршрут руху, спираючись на електронні карти, навігаційні дані, метеоінформацію та морські правила.

На автономних суднах цей процес повністю або частково виконується штучним інтелектом (*AI*) у взаємодії з системами ECDIS, GPS, AIS, ARPA та радарами.

Основні етапи автоматичної прокладки маршруту:

1). Збір даних. Суднова навігаційна система отримує інформацію з різних джерел:

– електронних карт (ECDIS) – дані про глибини, фарватери, обмеження, небезпечні зони;

– супутникової навігації (GNSS) – точні координати поточного положення;

– метеосистем – напрям і сила вітру, течії, хвилювання, погодні умови;

– AIS – положення інших суден поблизу;

– радарів та ARPA – об'єкти в безпосередній близькості.

2). Побудова початкового маршруту. На основі отриманих даних система створює оптимальний шлях між пунктом відправлення та пунктом призначення.

Алгоритм враховує: глибини та рельєф дна, обмеження для типу судна (осадка, розміри, швидкість), райони з інтенсивним судноплавством, заборонені або небезпечні зони, економічні фактори (витрати пального, тривалість рейсу).

Розрахунок здійснюється за допомогою алгоритмів оптимізації шляху (наприклад: Дейкстра, A*, генетичні або еволюційні алгоритми), адаптованих для морської навігації.

3). Оптимізація маршруту. Після створення первинного маршруту система перевіряє його за кількома критеріями: безпека (відстань до берегів, мілин, інших суден); економічність (мінімальні витрати палива); час виконання рейсу; екологічні обмеження (зони викидів, заповідні акваторії).

AI-модуль оцінює різні варіанти та вибирає найкращий компроміс між швидкістю, безпекою та ефективністю.

4). Динамічна корекція маршруту (у реальному часі). Під час плавання маршрут постійно оновлюється. Якщо змінюються погодні умови, з'являються нові перешкоди або інші судна – навігаційна система автоматично коригує курс. Це здійснюється через: дані з ARPA та радарів – для уникнення зіткнень; AIS – для прогнозування руху інших суден; метеооновлення – для вибору найсприятливішого шляху.

Таким чином, маршрут залишається актуальним, безпечним і оптимальним у кожен момент подорожі.

5). Виконання маршруту. Після затвердження маршруту автопілот або система керування рухом бере під контроль рульове обладнання та двигуни. Вона: дотримується заданого курсу, підтримує необхідну швидкість, автоматично реагує на зміни умов і при необхідності вносить корекції.

Інтелектуальна складова. На сучасних автономних суднах використовується штучний інтелект (AI) і машинне навчання (ML), які:

– навчаються на попередніх рейсах;

– аналізують величезні обсяги даних;

– можуть прогнозувати оптимальні маршрути з урахуванням майбутніх погодних або навігаційних змін.

Це робить систему не просто автоматичною, а адаптивною та передбачливою.

Приклади впровадження. Судно Yara Birkeland (Норвегія) використовує автоматичну систему прокладання маршруту, яка синхронізується з ECDIS і супутниковими даними.

Mayflower Autonomous Ship застосовує AI, що аналізує метеоумови та уникає перешкод без участі людини.

Висновок. Автоматична прокладка маршруту – це серце навігаційної автономії судна. Завдяки поєднанню електронних карт, супутникових систем, AI, ARPA, AIS і радарів судно може: самостійно планувати шлях, уникати небезпек, економно витрачати паливо і забезпечувати безпечне пересування без участі екіпажу.

5.4 Порівняння: людина-судноводій та навігаційні алгоритми автономних суден

Перехід від традиційного керування суднами до автономних систем змінює саме розуміння ролі судноводія. Якщо раніше управління судном повністю залежало від досвіду, інтуїції та спостережливості людини, то тепер ці функції частково або повністю виконують інтелектуальні алгоритми.

Порівняймо, як відрізняється їхня робота, переваги та обмеження.

Людина-судноводій

Переваги:

– інтуїція та досвід. Людина здатна ухвалювати рішення в нестандартних, непередбачуваних ситуаціях.

– Гнучкість мислення. Судноводій може адаптуватися до нових умов, навіть якщо дані неповні або суперечливі.

– Комунікація та координація. Людина може взаємодіяти з екіпажем, портовими службами, реагувати на сигнали інших суден.

– Етичне мислення. Людина здатна враховувати моральні аспекти рішень – наприклад, вибір менш небезпечного варіанту під час аварійної ситуації.

Недоліки:

– людський фактор: втома, неуважність, стрес або неправильна оцінка ситуації можуть призвести до аварій.

– Обмежена швидкість обробки інформації – людина не може одночасно врахувати сотні параметрів.

– Необхідність постійної присутності та витрат на екіпаж.

– Різний рівень підготовки та досвіду, що впливає на безпеку.

Алгоритми автономного судна

Переваги:

– висока точність і швидкість обробки даних. Алгоритми аналізують сигнали з десятків сенсорів, радарів і супутників у реальному часі.

– Відсутність людського фактору. Немає втоми, помилок через неуважність чи емоції.

– Постійна оптимізація маршруту. AI може миттєво реагувати на зміни погоди, трафіку або течій.

– Навчання на великій кількості даних. Машинне навчання дозволяє системам ставати точнішими з кожним рейсом.

– Безперервна робота – 24/7.

Недоліки:

– обмежена здатність до розуміння контексту – алгоритм діє лише в межах заданих сценаріїв.

– Залежність від сенсорів і зв'язку: збій GPS, радара або системи управління може створити ризики.

– Проблеми етики та відповідальності – хто винен у разі аварії: виробник, оператор чи програма?

– Можливість кіберзагроз (злам системи або фальсифікація навігаційних даних).

Таблиця 5.1 – Порівняльна таблиця

Критерій	Людина-судноводій	Алгоритми автономного судна
Швидкість ухвалення рішень	Залежить від досвіду та стресу	Висока, миттєва обробка даних
Точність навігації	Може допускати помилки	До сантиметрів завдяки GNSS та ECDIS
Реакція на непередбачене	Гнучка, але емоційна	Обмежена сценаріями
Стійкість до перевтоми	Знижується з часом	Не втомлюється
Етичні рішення	Може враховувати моральні аспекти	Відсутні або задані програмно
Вартість експлуатації	Висока (екіпаж, обслуговування)	Нижча після впровадження
Безпека	Може помилятися через людський фактор	Залежить від надійності сенсорів і програмного коду
Адаптивність	Висока у складних ситуаціях	Висока у передбачуваних умовах

Висновок. Людина-судноводій і навігаційні алгоритми мають різні, але взаємодоповнюючі сильні сторони. На сучасному етапі розвитку автономного судноплавства найефективнішою є гібридна модель – коли алгоритми виконують рутинні навігаційні та аналітичні завдання, а людина здійснює контроль і приймає остаточні рішення у критичних ситуаціях.

У майбутньому, із розвитком штучного інтелекту та машинного навчання, судна зможуть досягти рівня повної автономності, проте принцип етичного та технічного контролю людиною залишиться важливою складовою безпеки на морі.

5.5 Роль автоматики та людини

Автоматизація морських перевезень не означає повне виключення людини з процесу судноводіння. Навіть найсучасніші автономні системи потребують контролю, аналізу та рішень, які виходять за межі алгоритмів.

Розглянемо сфери, у яких автоматика має перевагу та ті, де людський фактор залишається критично важливим.

Де автоматика працює краще

1). *Рутинні навігаційні операції.* Автоматичні системи чудово справляються з: підтриманням курсу та швидкості; контролем положення судна (автопілот, динамічне позиціонування); точним виконанням маршруту; уникненням зіткнень за даними з ARPA та AIS.

Перевага: висока точність, стабільність і відсутність втоми.

2). *Обробка великих обсягів даних*. Автономні системи аналізують одночасно десятки потоків інформації: від радарів, лідарів, камер, GPS, метеодатчиків; порівнюють курси інших суден; обчислюють оптимальні траєкторії.

Перевага: швидкість обробки даних, недосяжна для людини. Автоматика реагує миттєво – у межах мілісекунд.

3). *Оптимізація енерговитрат і маршруту*. Системи штучного інтелекту розраховують маршрути так, щоб: мінімізувати споживання пального, зменшити час у дорозі, обійти штормові зони.

Перевага: економія ресурсів і підвищення ефективності рейсу.

4). *Моніторинг технічного стану.* Автоматичні діагностичні системи контролюють: роботу двигунів, насосів, систем охолодження; рівень палива, мастила, тиску; попереджають про несправності ще до їх появи.

Перевага: запобігання аваріям і поломкам без участі екіпажу.

5). *Робота у небезпечних або монотонних умовах*. Автономні судна можуть працювати: у зонах льодового плавання, штормах, воєнних конфліктах; на довгих транзитних маршрутах без зупинок.

Перевага: відсутність ризику для життя екіпажу, безперервність роботи.

Де людина все ще необхідна

1). *Прийняття рішень у нестандартних ситуаціях*. Алгоритм діє за заданими сценаріями, але не завжди може зрозуміти контекст – наприклад: непередбачувану поведінку іншого судна; аварію, де треба вибрати між двома ризикованими варіантами; необхідність допомоги іншим судам. Людина здатна оцінити ситуацію етично, інтуїтивно й творчо – те, чого не може зробити програма.

2). *Відповідальність і прийняття рішень у критичних випадках*. У разі аварії або порушення міжнародних правил потрібен людський контроль і юридична відповідальність. Жоден алгоритм не може самостійно відповідати перед законом або приймати етичні рішення. Людина залишається командиром і наглядовим оператором, навіть якщо фізично перебуває на березі.

3). *Технічне обслуговування та ремонт*. Автоматичні системи не можуть самостійно виконати: фізичний ремонт обладнання; заміну механічних частин; усунення несправності електроніки у відкритому морі. Тому інженери й технічний персонал залишаються необхідними.

4). *Планування стратегічних операцій.* Людина формує завдання для систем: визначає кінцеву мету рейсу; погоджує маршрути з портами та владою; приймає рішення щодо завантаження, швартування, документів. Навіть у повністю автономних суднах ці функції виконують оператори з берега.

5). *Комунікація та взаємодія*. Людина все ще потрібна для: координації дій із портовими службами, митницею, рятувальниками; прийому рішень у випадках, коли автоматичні системи не можуть домовитися між собою (наприклад, під час аварії).

Людська мова, дипломатія та досвід – поки що незамінні.

Висновок. Отже, автоматика краще виконує технічні, рутинні та розрахункові завдання, забезпечує точність, швидкість і безперервність процесів.

Водночас людина залишається незамінною у сфері контролю, прийняття нестандартних рішень, етики, права та стратегічного планування.

Сучасна концепція судноплавства рухається до "людино-центричної автономії" – коли автоматика бере на себе максимум функцій, але остаточний контроль і відповідальність залишаються за людиною.

РОЗДІЛ 6
РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ

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 НУОМА, прейскурантів, тарифів тощо. Вихідні дані рейсу "Gaz Energy" з порту Alexandria в порт Vlore зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для розрахунку рейсу

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт	Δ_w	т	17674
2	Запаси на початок рейсу	G_p	т	1095,3
3	Відстань між портами	L	милі	847,7
4	Кількість навантаженого вантажу: *ПРОПАН*	ΣQ_m	т	6756,0
5	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	$/т	25
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/год	10000
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/год	6000
8	Експлуатаційна швидкість	$V_{екс}$	екс. вузли	15,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	$V_{кан}$	кан. вузли	10
10	Добова витрата палива на ходу: важке / легке На стоянці: легке	$q^в_х$ $q^в_{ст}$	т/добу т/добу	24,5 6,0

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5
11	Ціна 1 тони палива: важке легке	$Ц_в$ $Ц_л$	$/т $/т	480 600
12	Балансова вартість судна	$С_{бал}$	$	3385800
13	Річна норма амортизації	$На$	%	10
14	Позаексплуатаційний час	$Т_{зе}$	діб	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол	15
16	Час затримки в дорозі	$t_{зат}$	діб	0,1
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	год	-
18	Заробітна платня	$R_{зп}$	$/добу	2500
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	$/добу	300
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	$/добу	240
21	Портові збори	$R_{порт}$	$	18300
22	Агентство судів	$R_{аг}$	$/добу	280
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	$/добу	250
24	Витрати на ремонт	$С_{рем}$	$/мр.п.	600000
25	Вартість одного докування	$С_{док}$	$	17000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання.

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$\Delta_ч = \Delta_w - G_{зап}, \quad (6.1)$$

$$\Delta_ч = 17674 - 1095{,}3 = 16579 \text{ т.}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

$$T_{екс} = T_к - T_{ве}, \quad (6.2)$$

де: $T_к$ – календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

– ходовий час:

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

t_x = 837,1 / (15,0 х 24) = 2,4 доби.

– стоянковий час:

$$t_{ст} = t_{ст}^{п} + t_{ст}^{в} = \left(\frac{Q_1}{M_{п1}}\right) + \left(\frac{Q_1}{M_{в1}}\right) + t_{доп} \quad (6.4)$$

$t_{ст}$ = 6756,0 / 10000 + 6756,0 / 6000 = 1,8 доби.

– час рейсу складе:

$$t_р = t_x + t_{ст.}, \quad (6.5)$$

$t_р$ = 2,4 + 1,8 = 4,2 доби.

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

– зроблено тонно-миль за рейс:

ΣQL = 6756,0 х 837,1 = 5655448 тонно-миль/рейс.

– зроблено тоннаже-миль за рейс:

$\Sigma D_ч L$ = 17672,8 х 837,1 = 14793901 тоннаже-миль/рейс.

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

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

$\Sigma F_{рейс}$ = 6756,0 х 25 = 168900 $/рейс.

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

$$R_{екс.} = R_{зп} + R_{хар} + R_{рем} + R_{ам} + R_{сн} + R_{т.пос} + R_{нав} + R_{порт}/t_р + R_{аг} + R_{стр}. \quad (6.7)$$

– витрати на заробітну плату ($R_{зп}$) 2500 $/добу.

– витрати на харчування екіпажу ($R_{хар}$) розраховуємо за формулою:

$$R_{хар} = Ч_{ек} \cdot n_{хар} \quad (6.8)$$

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

$R_{хар}$ = 20 х 12 = 240 $/добу.

– витрати на ремонт ($R^{доб}_{рем}$) розраховуємо за формулою:

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

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

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

$R^{доб}_{рем}$ = ((17000 + 600000) / 5) / 350 = 353 $/добу.

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

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

$R_{ам}$ = (3385800 х 0,1) / 350 = 967 $/добу.

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

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

де: $H_{сн}$ – норма постачання;

$R_{сн}$ = (3385800 х 0,02) / 350 = 193 $/добу.

– витрати на технічне постачання ($R_{т.пос}$,) 350 $/добу.

– навігаційні витрати, $/добу ($R_{нав}$) 240 $/добу.

– портові збори ($R_{порт}$) 18300 $/рейс.

– витрати з агентування ($R_{аг}$) 280 $/добу.

– витрати на страхування ($R_{стр}$) 250 $/добу.

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

$$R_{екс} = 2500 + 240 + 353 + 967 + 193 + 350 + 240 + 18300 / 4{,}2 + 280 + 250 = 9730 \text{ \$/ добу.}$$

7. Розрахуємо непрямі (адміністративно-управлінські) витрати:

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

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

$R_{кос.}$ = 9730 х 0,02 = 195 $/добу.

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{заг} = 9730 + 195 = 9925 \text{ \$/добу.}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{заг.екс} = 9925 \text{ x } 4{,}2 = 41685 \text{ \$/рейс.}$$

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

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

$$R^{т}_{х} = k_{см} \cdot q_х \cdot Ц_т \quad (6.15)$$

$$R^{л}_{х} = k_{см} \cdot q_{ст} \cdot Ц_л \quad (6.16)$$

де: $k_{см}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні, обтиральні матеріали, в залежності від двигуна = 1,85-1,15.

$$R^{т}_{х} = 1{,}1 \text{ x } 26{,}0 \text{ x } 480 = 13728 \text{ \$/ добу.}$$

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

$$R^{л}_{ст} = k_{см} \cdot q_{ст} \cdot Ц_л \quad (6.17)$$

$$R^{л}_{ст} = 1{,}1 \text{ x } 6{,}0 \text{ x } 600 = 3960 \text{ \$/ добу.}$$

– витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{пер} = (R^{т}_{х} \cdot t_х) + (R^{т}_{ст} \cdot t_{ст}) \quad (6.18)$$

$$\Sigma R_{пер} = 13728 \text{ x } 2{,}4 + 3960 \text{ x } 1{,}8 = 40075 \text{ \$/рейс.}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{рейс} = 41685 + 40075 = 81760 \text{ \$/рейс.}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma П_{рейс} = 168900 - 81760 = 87140 \text{ \$/рейс.}$$

Прибуток судна "Gaz Energy" з порту Alexandria в порт Vlore з вантажем пропан за рейс склав 87140 $/рейс.

6.2 Розрахунок якісних показників роботи судна в рейсі

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_e = \frac{T_{екс}}{T_к}, \tag{6.21}$$

$$K_e = 350 / 365 = 0{,}959.$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_з = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_ч}, \tag{6.22}$$

$$\alpha_з = 6756{,}0 / 16579 = 0{,}408.$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{ср} = \frac{L}{t_x}, \tag{6.23}$$

$$V_{ср} = 847{,}7 / 2{,}4 = 349.$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_р}; \tag{6.24}$$

$$\varepsilon_x = 2{,}4 / 4{,}2 = 0{,}571.$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_в = \alpha_з \cdot V_{ср.} \cdot \varepsilon_x, \tag{6.25}$$

$$\mu_в = 0{,}408 \text{ x } 349 \text{ x } 0{,}571 = 81{,}305832.$$

6. Валова прибутковість одних судо-діб:

$$\mu = \Sigma F_{рейс} / t_р, \tag{6.26}$$

$$\mu = 168900 / 4{,}2 = 40214 \text{ \$/добу}.$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

$$S_т = \Sigma R_{рейс.} / \Sigma Q, \tag{6.27}$$

$$S_т = 81760 / 6756{,}0 = 12{,}10 \text{ \$/т}.$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

$$S_{т\text{-}м} = \Sigma R_{рейс.} / \Sigma Ql, \tag{6.28}$$

$$S_{т\text{-}м} = 81760 / 5655448 = 0{,}0144569 \text{ \$/т-м}.$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

$$S_{с\text{-}с} = \Sigma R_{рейс.}/t_р \quad (6.29)$$

$$S_{с\text{-}с} = 81760 \text{ / } 4{,}2 = 19467 \text{ \$/ доб.екс.}$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

$$PF = \Sigma Fрейс / \Sigma Rрейс \quad (6.30)$$

$$PF = 168900 / 81760 = 2{,}07.$$

При $PF > 1$ рейс прибутковий. Рівень дохідності – 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 (6.2) за методикою:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_р = T_{екс} / t_р \quad (6.31)$$

$$Ч_р = 350 \text{ / } 4{,}2 = 83{,}33.$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

$$\Sigma Q_{екс} = \Sigma Q Ч_р \quad (6.32)$$

$$\Sigma Q_{екс} = 6756{,}0 \text{ x } 83{,}33 = 562977 \text{ т / рік.}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

$$\Sigma Ql_{екс} = \Sigma Ql Ч_р \quad (6.33)$$

$$\Sigma Ql_{екс} = 5655448 \text{ x } 83{,}33 = 471268482 \text{ т-миль / рік.}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{екс} = \Sigma F_{рейс.} Ч_р \quad (6.34)$$

$$\Sigma F_{екс} = 168900 \text{ x } 83{,}33 = 14074437 \text{ \$ / рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{екс} = R_{рейс.} Ч_р \quad (6.35)$$

$$\Sigma R_{екс} = 81760 \text{ x } 83{,}33 = 6813061 \text{ \$ / рік.}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma П = П_р Ч_р \quad (6.36)$$

$$\Sigma П = 87140 \text{ x } 83{,}33 = 7261376 \text{ \$ / рік.}$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma PF = \Sigma F_{екс} / \Sigma R_{екс} \quad (6.37)$$

$$PF = 14074437 / 6813061 = 2{,}07.$$

Для оцінки 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

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Валовий дохід	F	\$	168900
2	Затрати загальні	R	\$	81760
3	Прибуток	$П$	\$	87140
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x	–	0,571
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	$V_{ср}$	милі/добу	300
6	Дохідність судна	μ	\$/ добу	40214
7	Рівень дохідності	PF	–	2,07
8	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	12,10
9	Собівартість 1 т-милі	$S_{T\text{-}M}$	\$/т-м	0,0144569
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	$S_{C\text{-}C}$	\$/добу	19467

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2, слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 2,07, прибуток 87140 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 7261376 \$.

Судно"Gaz Energy" 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 обєкті морського транспорту)

Танкер "Emerald Star" стоїть під розвантаженням в порту Південний (Україна) біля причалу № 9 перевантажувального комплексу аміаку. Отримано повідомлення надзвичайної ситуації терористичного характеру на території берегового сховища: внаслідок вибуху зруйновано необвалована ємність зі зрідженим газом. В результаті інциденту стався розлив аміаку, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість разливу СДОР – 330 т, характер розливу – "вільно". Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 11:00, температура повітря 20°, швидкість вітру 0,5 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії – 2 км. Характер місцевості – промислова забудова і територія порту. На території порту об'явлена терористична загроза.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії. Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна.

Визначити стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу вибуху на території портової споруди, що взаємодіє з судном.

7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул та таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до "Методичних вказівок по виконанню розділу "Охоронні заходи і цивільна оборона на судні" дипломних робіт").

1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданими метеорологічними умовами (час доби – день, швидкість вітру 0,5 м/с, суцільна хмарність) за допомогою Табл. 7.1 визначаємо: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря 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 $Q_{э1}$ (т) речовини у первинній хмарі:

$$Q_{э1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_o = 0{,}18 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}23 \cdot 1 \cdot 330 = 0{,}55 \text{ т} \qquad (7.1)$$

де: $К_1$ = 0,18, коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (Табл. 7.2); $К_3$ = 0,04 коефіцієнт, рівний відношенню порогової токсодози аміаку (Табл. 7.2); $К_5$ – коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії – 0,23, для конвекції – 0,08; $К_7^1$ =1 коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинного хмари (Табл. 7.2; для стиснених газів $К_7$ = 1); $Q_о$ = 330 т – кількість викинутого СДОР, т.

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

Площа розливу $S_р$ ($м^2$) аміаку дорівнює:

$$S_р = V_р / h = Q_о / \rho / h = 4495 \text{ м}^2,$$

де: $V_р$ – об'єм аміаку, що розлився, $м^3$; $Q_о$ = 330 т – кількість аміаку, що розлився при аварії; ρ = 0,681 т/$м^3$ – щільність аміаку (Табл 7.2); h = 0,05 м – товщина шару сірковуглецю (для характеру розливу – "вільно").

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найме–нування СДОР	Щільність СДОР, т/ $м^3$		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К1	К2	К3	$К_7$ для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Аміак	0,0008	0,681	–33,4	15	0,18	0,025	0,04	0 0,9	0,3 1	0,6 1	1 1	1,4 1

Примітка. У таблиці наведені значення $К_7$ для вторинної хмари, тобто $К_7 = К_{7.}^{II}$.

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.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії Т (год) аміаку:

$$T = h \cdot \rho \ / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}) + 1/ (K_м \cdot v_п) = 2{,}19^г \approx 2^г\ 12^{хв},$$

де: $K_2 = 0{,}025$ – коефіцієнт, що залежить від фізико–хімічних властивостей аміаку (Табл. 7.2); $K_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (Табл. 7.3); $K_7^{II} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (Табл. 7.2); $K_м = 0{,}2$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари аміаку (Табл. 7.4); $v_п = 6$ км/год – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря (Табл. 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 $K_м$ залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1
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 аміаку $Q_{э2}$ (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{э2} = (1 – K_1)\cdot K_2\cdot K_3\cdot K_4\cdot K_5\cdot K_6\cdot K_7{}^{II}\cdot Q_o/(h\cdot\rho) = 1{,}83т,$$

де: K_1 = 0,18 – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (Табл. 7.2); K_3 = 0,04 – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аміаку (Табл. 7.2); K_5 = 0,23 – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії – 0,23, для конвекції – 0,08); $K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$– 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 Табл. 7.6.

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	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

Так як первинна хмара $Q_{э1}$ = 0,55 т та швидкості вітру *u* = 0,5 м/с глибина зони зараження буде дорівнювати – $Г_1$ = 0,88 км.

Для $Q_{э2}$ = 1,83 т та швидкості вітру u = 0,5 м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою аміаку: $Г_2$ = 6,59 км.

Визначаємо повну глибину зони зараження $Г_Σ$ (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$Г_Σ = Г' + 0,5 \cdot Г'' = 6,59 + 0,5 \cdot 0,88 = 7,03 \text{ км},$$

де: Г' – найбільший, Г'' – найменший з розмірів $Г_1$ та $Г_2$.

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас Гп (км):

$$Гп = N \cdot v_п = 1 \cdot 6 = 6 \text{ км}.$$

За остаточну розрахункову глибину зони зараження Г (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень $Г_Σ$ и $Г_п$:

$$Г = \min\begin{cases} Г_Σ \\ Г_п \end{cases} = 6,0 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження $S_в$ (км^2) хмарою аміаку:

$$S_в = \pi \cdot Г^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 6^2 \cdot 360^0 / 360^0 = 113 \text{ км}^2,$$

де: Г= 6 км – розрахункова глибина зони зараження; φ = 360° – кутовий розмір зони зараження (Табл. 7.7).

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

Швидкість вітру (*u*), м/с	≤ 0,5	0,6-1	1,1-2	>2
φ,°	360	180	90	45

Визначаємо площу зони фактичного зараження $S_ф$ (км^2):

$$S_ф = K_8 \cdot Г^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 6^2 \cdot 1^{0,2} = 4,79 \text{ км}^2,$$

де: $К_8$ = 0,133 – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (при інверсії приймається 0,081; при ізотермії – 0,133; при конвекції – 0,235).

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір φ = 360° (Табл. 7.7) та радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження Г = 6 км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу аміаку. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напряму вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Гі (км):

$$Гі = \lambda \cdot К_М \cdot \left(\frac{Qэ}{Ді}\right)^{\Psi} = 3{,}73 \cdot 0{,}2 \cdot \left(\frac{2{,}38}{15}\right)^{0{,}606} = 0{,}24 \text{ км},$$

де: λ = 3,73; Ψ = 0,606 – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (Табл 7.8); $Q_э = Q_{э1} + Q_{э2}$ = 0,55 + 1,83 = 2,38т – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару; Ді = 15 мг.хв/л – летальна токсодоза для аміаку.

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

Коефіцієнти	Швидкість вітру (*и*), м/с							
	≤ 1	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

Розраховуємо глибину зони важких уражень Г0,4і (км):

$$Г0{,}4і = \lambda \cdot К_М \cdot \left(\frac{Qэ}{Д0{,}4і}\right)^{\Psi} = 3{,}73 \cdot 0{,}2 \cdot \left(\frac{2{,}38}{6}\right)^{0{,}606} = 0{,}42 \text{км},$$

де: $Д0{,}4_{і} = 0{,}4 \cdot Д_{і} = 0{,}4 \cdot 15 = 6$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для аміаку.

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $Г0{,}2_{і}$ (км):

$$Г0{,}2_{і} = \lambda \cdot К_{м} \cdot \left(\frac{Q_{э}}{Д0{,}2_{і}}\right)^{\Psi} = 3{,}73 \cdot 0{,}2 \cdot \left(\frac{2{,}38}{3}\right)^{0{,}606} = 0{,}65 \text{ км},$$

де: $Д0{,}2_{і} = 0{,}2 \cdot Д_{і} = 0{,}2 \cdot 15 = 3$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для аміаку.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження Г = 6 км.

6. Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту.

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

$$t = x / (К_{м} \cdot v_{п}) = 1{,}66^{г} \approx 1^{год}\ 40^{хв},$$

де: x = 2 км – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту.

7.1.3 Висновки та рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу аміаку біля танкеру "Emerald Star" показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укрився екіпаж, через $1^{год}\ 40^{хв}$. В результаті утворення зони хімічного зараженого приміщення надбудови судна, де знаходиться екіпаж судна, потрапляють в зону легких уражень, що у свою чергу є загрозою для життя моряків.

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари може тривати майже 2 години. Слабка сила вітру (0,5 м/с) забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 7 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

– якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;

– по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укрився екіпаж;

– використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);

– по можливості розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася в бік від надбудови судна;

– встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;

– підготувати екіпаж до можливої евакуації.

7.2 Розподіл обов'язків та відповідальності щодо забезпечення охорони судна

Розподіл обов'язків та відповідальності членів екіпажу, залучених до охорони судна, визначається наказом капітана. Перш за все, це відноситься до вахтового помічника капітана та персоналу палубної вахти, до вахтового механіка та персоналу машинної вахти, який відповідає за своїм завідуванням.

Основним видом виконання судновим екіпажем службових обов’язків по забезпеченню охорони судна є суднова вахтова служба. Вахтовий помічник капітана є головним судновим вахтовим начальником, який очолює суднову вахтову службу. Він підкоряється 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 з охорони.

Зобов'язання та відповідальність вахтового помічника капітана:

– забезпечує постійне несення радіовахти, проводить регулярні перевірки зв'язку;

– при отриманні вказівки "Адміністрації" про зміну рівня охорони доповідає про це капітану та особі командного складу, відповідальній за охорону судна;

– спільно з особою командного складу, що відповідальна за охорону судна, організовує виконання вахтовим персоналом заходів з охорони для відповідного рівня охорони; при необхідності виділяє і залучає додатковий персонал;

– здійснює контроль ефективного виконання заходів з охорони, передбачених планом охорони судна; при наявності невідповідностей та недоліків вживає заходи щодо їх усунення, доповідає капітану та особі командного складу, відповідальній за охорону;

– організовує дії, спрямовані на підготовку судна до швидкого реагування на зміну 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 та управління судновою 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 з охорони.

Зобов'язання і відповідальність вахтового механіка:

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

– організовує та забезпечує виконання заходів з охорони, передбачених планом охорони судна, із залученням персоналу машинної вахти.

– доповідає вахтовому помічнику 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 і керує його діями.

Загальне керівництво з вирішення всіх питань, пов'язаних із забезпеченням охорони, здійснює особа командного складу, відповідальна за охорону судна (офіцер з охорони судна). Особа командного складу, відповідальне за охорону судна, підзвітна капітану. Обов'язки з охорони судна додатково включені в коло вже існуючих прямих обов'язків суднового екіпажу.

ВИСНОВКИ

Метою роботи було комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна "Gaz Energy", за маршрутом Alexandria – Vlore.

У результаті роботи отримано наступне:

– наведені характеристики газовозу m/v "Gaz Energy": основні відомості про судно, транспортно-експлуатаційні характеристики судна та його маневрені характеристики, навігаційне обладнання та забезпечення непотоплюваності;

– виконано аналіз, оцінку та планування навігаційного переходу, виконані навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання;

– вивченні транспортні характеристики вантажу, складено оптимальний вантажний план;

– проведена оцінка морехідних якостей судна, побудовані діаграми остійності на відхід і прихід, эпюра перерізуючих сил та згинальних моментів;

– проведено дослідження – "Автономні судна та сучасні навігаційні системи". Розглянуто основні питання автономних суден і як вони використовують сучасні навігаційні системи; роль радарів, електронних карт, AIS та ARPA на автономних суднах; автоматична прокладка маршрутів на автономних суднах; порівняння: людина-судноводій та навігаційні алгоритми автономних суден; роль автоматики та людини.

– виконано розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі;

– розглянуто питання прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту, засоби по захисту екіпажу від терористичних та піратських дій, що стало дуже актуально в останні часи.

Підводячи підсумок, можна сказати, що даний рейс був ретельно опрацьовано, є безпечним і економічно вигідним.

СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ворохобін І.І. та ін. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи. – Одеса: НУОМА, 2023 – 96 с

2. m/v "Gaz Energy": Loading Manual, Booklet for Damage control, Damage control Plan, Ship's Particulars.

3. Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі. (SOLAS-74), 2014.

4. Міжнародна Конвенція та Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти. (STCW-78 з Манільскими поправками), 2012.

5. Резолюція IMO A.893 (21) – "Керівництво по плануванню рейсу", 1999.

6. Рекомендаії по організації штурманської служби на морських судах України (РШСУ-98), 1998.

7. Bridge Team Management. – UKHO: 2nd Edition, 2004.

8. Bridge Procedures Guide. – UKHO: 5th Edition, 2016.

9. NP 136. Admiralty Ocean Passages for the World. – UKHO: 6th Edition, 2014.

10. N. Bowditch. American Practical Navigator, 2002 – 877 P.

11. NP 131. Catalogue of Admiralty Charts and Publication. – UKHO, 2025.

12. Admiralty Digital List of Lights. – UKHO, 2024.

13. Admiralty Digital Publication Radio Signals №1. – UKHO, 2025.

14. Admiralty Digital Publication Radio Signals №2. – UKHO, 2025.

15. Admiralty Digital Publication Radio Signals №3. – UKHO, 20205

16. Admiralty Digital Publication Radio Signals №4. – UKHO, 2024.

17. Admiralty Digital Publication Radio Signals №5. – UKHO, 2024.

18. Admiralty Digital Publication Radio Signals №6. – UKHO, 2025.

19. eNP 49. Mediterranean Pilot, Vol.V. – UKHO, 2024.

20. eNP 48. Mediterranean Pilot, Vol.IV. – UKHO, 2025.

21. eNP 47. Mediterranean Pilot, Vol.III. – UKHO, 2025.

22. Єрмолаєв Г.Г. Морська лоція, 4е вид. – Транспорт, 1982.

23. Ports and Terminal Guide – Version 3.2, 2025.

24. Дмитрієв В.И., Григорян В.Л., Катенін В.А. Навігація і лоція. – Академ-книга, 2004.

25. Красавцев Б.И. Морехідна астрономія, 3е вид. – Транспорт, 1986.

26. NP 314. The Nautical Almanac. – UKHO, 2025.

27. Ніколаева Л.Л. Комерційна експлуатація судна. – Одеса: Фенікс, 2006.

28. Савчук В.Д. Технологія перевезення вантажів. – Одеса: Видав Інформ, 2008

29. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL-73/78).

30. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code).

31. Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code).

32. Code of Safe Practice for Ships Carrying Timber Deck Cargoes (TDC Code).

33. Thomas Stowage: The Properties and Stowage of Cargoes.

34. Adoption of the International Code on Intact Stability (IS Code).

35. Сізов В.Г. Теорія корабля, 4е вид. – Одеса: Фенікс, 2008.

36. Максимаджи А.И. Капітану про міцність судна. – Суднобудування, 1988.

37. Popov G. Bruce K. Lyon, Bruce Hollcroft. Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks. – 1st Edition, 2016.

38. Сіняев В.А. Математична статистика та теоретичні основи судноводіння. Навчальний посібник − Одеса: "Діол-Принт", 2005.

39. Frost A. Practical Navigation for Officers of the Watch / A. Frost.–Brown, Son and Ferguson, LTD. Nautical Printers, 2004 – 340 P.

40. Durlik, I., Miller, T., Kostecka, E., Kozlovska, P., & Ślączka, W. (2025). Enhancing safety in autonomous maritime transportation systems with real-time AI agents. Applied Sciences, 15(9), 4986.

41. Wang, Y., Xu, H., Feng, H., He, J., et al. (2024). Deep reinforcement learning based collision avoidance system for autonomous ships. Ocean Engineering, 292, 116527.

42. Li, H., & Yang, Z. (2023). Incorporation of AIS data-based machine learning into unsupervised route planning for maritime autonomous surface ships. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 176, 103171.

43. Orca AI. (2023). Sensor Fusion Technology for Autonomous Shipping (White Paper).

44. Вінников В.В. Економіка підприємства морського транспорту – Одеса: Фенікс, 2011.

45. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі/монографія за ред. А.Г. Дем'янченко – Одеса: НУОМА, 2017–325 С.

46. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи – Одеса: НУОМА, 2017 – 20 С.

47. Колєгаєв М.О., Іванов Н.Г., Басанець Н.Г. Безпека життєдіяльності та виживання на морі – Одеса: ОНМА, 2008.

48. Єфремова О.С. Охорона праці в організації в схемах і таблицях. – М.:Альфа-прес, 2012 – 108 С.

49. Зеленін М.П. Ергономіка на морському транспорті – Одеса: МНПЦ "БАНТО", 1999 – 382 С.

50. Москальова В.М. та ін. Охорона праці (питання та відповіді): Довідник. – Львів: "Магнолія 2006", 2011 – 438 С.

51. Терновський В.Б. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні» – Одеса: ОНМА, 2015.

52. Кодекс цивільного захисту України: чинне законодавство із змінами та доповненнями. – К.:Алерта, 2015 – 102 С.

53. Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень. – К.: Кондор, 2003 – 192 С.

54. Торський В.Г., Топалов В.П. Конвенція СОЛАС-74. Короткий огляд – Одеса: ОНМА, 2009.

55. https://imo.org – офіційний сайт IMO.

56. https://www.admiralty.co.uk/ukho – офіційний сайт UKHO.

57. https://unctad.org/en/pages/ – обзор морского транспорта.

58. https://studfile.net/preview – матеріали з охорони праці.

59. https://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/autonomous-shipping.aspx – IMO. (2025). Autonomous shipping.

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Максим Корнілов

Співавтор:

Назва: Магістерська робота, Gaz Energy

Науковий керівник: к.т.н.доцент Дмитро Астайкін

Підрозділ: Дипломна робота бакалавра

Коефіцієнт подібності 1:20.1%

Коефіцієнт подібності 2:14.6%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 388

Інтервали: 0

Білі знаки: 23

Дата створення звіту: 2025-12-01 18:36:30.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☒ **Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.**

☐ **Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.**

☐ **Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.**

Обгрунтування:

2025-12-02

Дата

експерт Дмитро Астайкін

НАПРАВЛЕННЯ НА РЕЦЕНЗУВАННЯ

Рецензенту ЦИМБАЛУ М.М. кафедра ЕКС

Направляємо на рецензування дипломну роботу курсанта ННІ Навігації НУОМА
КОРНІЛОВА М.С.

« 15 » грудня 2025 р. Директор інституту

РЕЦЕНЗІЯ

Тема магістерської роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Gas Energy» за маршрутом Alexandria – Vlore

Розрахункова-пояснювальна записка на 94 стор., графічна частина – 8 слайдів.

1. Актуальність теми. Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна для судноводія є завжди актуальною темою з метою забезпечення безпеки судна, вантажу та екіпажу.....

2. Відповідність робота завданню та обсягу: по змісту та обсягу магістерська робота відповідає існуючим вимогам.....
.....

3. Повнота використання літературних джерел та діючих нормативно-технічних документів:.....
Використані літературні джерела повністю відповідають існуючим нормативним документам по судноводінню.....
.....

4. Якість оформлення пояснювальної записки (відповідність вимогам, використання комп'ютерної техніки, грамотність викладення, акуратність креслень). Якість оформлення пояснювальної записки відповідає вимогам існуючим нормативним документам по оформленню. Зміст пояснювальної записки викладено грамотно, а креслення акуратно. при виконанні роботи використовувалась комп'ютерна техніка.....
.....

5. Недоліки і зауваження по розділах і кресленнях дипломної роботи.....
.....Зауважень по роботі немає.....
.....
.....
.....
.....

ВИСНОВКИ

Підготовленість курсанта до самостійної роботи. Курсант Корнілов М.С. виявив достатній рівень знань для самостійної роботи за спеціальністю. Робота може бути допущена до захисту.....
.....

Оцінка магістерської роботи: робота заслуговує оцінки – ***відмінно***.

Рецензент.
« 16 » грудня 2025 р. д.т.н., проф. Микола ЦИМБАЛ

ВІДГУК КЕРІВНИКА

На магістерську роботу, виконану здобувачем **Корніловим М.С.**

На тему: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна "Gas Energy" за маршрутом Alexandria – Vlore.

1. Обсяг магістерської роботи: відповідає існуючим вимогам, 94 сторінки пояснювальної записки, 8 слайдів.

2. Основні розділи роботи: характеристики судна; аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу; обробка та розміщення вантажів; оцінка морехідних якостей судна; автономні судна та сучасні навігаційні системи; розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі; охоронні заходи і цивільна оборона на судні.

3. Рівень використання сучасних методів проектування: вміє користуватись графічними редакторами, обчислювальною технікою, вміло працює з сучасними прикладними програмами за спеціальністю.

4. Характеристика роботи курсанта/студента над магістерською роботою: Здобувач вищої освіти продемонстрував вміння користуватись навчальною, довідковою, спеціальною літературою та нормативними документами. Вміє знаходити та користуватись джерелами навігаційної інформації. Впевнено працює з картами та виконує навігаційні розрахунки.

Робота виконана вчасно, відповідає існуючим вимогам та пройшла перевірку на унікальність тексту.

Попередній захист магістерської роботи проведено на кафедрі судноводіння.

Протокол № 04 від 21.11.2025 р.

Робота може бути направлена до рецензента.

Керівник магістерської роботи Заступник директора ННІН
к.т.н., доцент Дмитро АСТАЙКІН

" 05 " грудня 2025 р.