

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

Сингаївський Вячеслав Валентинович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Sonangol Benguela» за маршрутом Сойо – Барселона _____

Підпис магістранта _____



Завідувач кафедри _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра СУДНОВОДІННЯ

спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

"__" "__" 20__ р

ЗАВДАННЯ

по дипломній роботі магістранта

Сингаївський Вячеслав Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Sonangol Benguela» за маршрутом Сойо - Барселона
затверджена наказом по НУОМА від "___" _____ 20__ р. № _____
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи __ "___" _____ 20__ року
3. Вхідні дані до роботи:
 - Методичні вказівки для виконання магістерської роботи укл. І.І.Ворохобін та інші. – Одеса, НУОМА 2023р.-96с.
 - Суднова документація
 - Bridge Resource Management under LNG Navigation Conditions, WMU Journal of Maritime Affairs, 2021.
 - Nilsson, A. (2022). Human factors in LNG tanker navigation through confined waters, Journal of Marine Science and Technology.
 - Angola LNG Terminal. Port Information Manual, 2023.
5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
 - Характеристики судна
 - Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу
 - Обробка та розміщення вантажів
 - Оцінка морехідних якостей
 - Дослідницька частина
 - Економічні розрахунки
 - Охоронні заходи та цивільна оборона на судні
6. Перелік графічного матеріалу:
Магістерська робота включає в себе 29 рисунків та 44 таблиці

6. Консультанти по роботі з вказанням розділів, що до неї відносяться:

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Волков О.М.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Волков О.М.	
3. Обробка та розміщення вантажів	Волков О.М.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	Волков О.М.	
5. Особливості навігаційного забезпечення плавання ЗПГ-танкерів у вузкостях та прибрежних акваторіях	Волков О.М.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Волков О.М.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Волков О.М.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконати підбір інформації для написання 1 розділу магістерської роботи	Протягом тижня	Виконано
2	Виконати розділ 2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Протягом тижня	Виконано
3	Виконати розділ 3. Оцінка та розміщення вантажу	Протягом тижня	Виконано
4	Представити розрахунки остійності та посадки судна у 4 розділі	Протягом тижня	Виконано
5	Представити результати дослідницької частини	Протягом тижня	Виконано
6	Навести розрахунки економічних показників роботи судна в рейсі	Протягом тижня	Виконано
7	Розглянути питання Охоронних заходів та цивільної оборони	Протягом тижня	Виконано

8. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Завдання до виконання прийняв _____

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена дослідженню навігаційного забезпечення LNG-танкера Sonangol Benguela під час переходу між портами Сойо та Барселона. Проаналізовано характеристики судна, навігаційні та гідрометеорологічні умови маршруту, а також фактори, що впливають на безпеку плавання. Розроблено повний план переходу згідно з вимогами ІМО, SOLAS і STCW.

Мета роботи — підвищення безпеки плавання ЗПГ-танкерів шляхом удосконалення планування рейсу та оцінки ризиків. У межах дослідження виконано аналіз карт і лоційних матеріалів, оцінено погодні умови та течії, визначено небезпечні райони, розраховано ортодромічну й локсодромічну відстані, підготовлено маршрутні листи та графічну схему переходу.

Результатом роботи є структурований план переходу, визначення основних навігаційних ризиків та рекомендації щодо контролю місцеположення в різних умовах плавання. Наукова новизна полягає в інтегрованому застосуванні міжнародних стандартів до конкретного рейсу ЗПГ-танкера. Практичне значення полягає у можливості використання матеріалів у роботі судноводіїв та в тренажерній підготовці.

Ключові слова: ЗПГ-танкер, навігація, план переходу, ризики, Сойо, Барселона.

ANNOTATION

The master's thesis examines the navigational support of the LNG tanker Sonangol Benguela during the passage between the ports of Soyo and Barcelona. The study analyses the vessel's characteristics, navigational and hydro-meteorological conditions along the route, and key factors influencing the safety of navigation. A complete voyage plan was developed in accordance with the requirements of the International Maritime Organization (IMO), the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), and the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW).

The purpose of the thesis is to improve the safety of LNG tanker navigation by enhancing voyage-planning procedures and risk-assessment methods. The study includes the analysis of nautical charts and sailing directions, assessment of weather conditions and currents, identification of hazardous areas, calculation of great-circle and rhumb-line distances, and preparation of voyage plan sheets and graphical route schemes.

The results include a structured voyage plan, identification of major navigational risks, and recommendations for maintaining safe vessel position in different navigational environments. The scientific novelty lies in the integrated application of international standards to a specific LNG tanker voyage. The practical significance is the possibility of using the materials in deck-officer operations and simulator training.

Keywords: LNG tanker, navigation, voyage plan, risks, Soyo, Barcelona.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- AIS — Automatic Identification System (Автоматична ідентифікаційна система)
- ALRS — Admiralty List of Radio Signals (Адміралтейський список радіосигналів)
- ATT — Admiralty Total Tide (цифрові припливні таблиці ADMIRALTY)
- CPA — Closest Point of Approach (Мінімальна дистанція зближення)
- DRIFT — дрейф судна (Віднесення течією)
- ECDIS — Electronic Chart Display and Information System (Електронна навігаційна картографічна система)
- ETA — Estimated Time of Arrival (Орієнтовний час прибуття)
- ETD — Estimated Time of Departure (Орієнтовний час відходу)
- GMDSS — Global Maritime Distress and Safety System (Глобальна морська система зв'язку під час лиха і для забезпечення безпеки)
- GPS — Global Positioning System (Глобальна система позиціонування)
- IALA — International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (Міжнародна асоціація засобів навігаційного обладнання та маяків)
- MMSI — Maritime Mobile Service Identity (Морський мобільний ідентифікаційний номер)
- MSI — Maritime Safety Information (Морська навігаційна інформація безпеки)
- NP — Nautical Publication (Морська навігаційна публікація ADMIRALTY)
- OCIMF — Oil Companies International Marine Forum (Міжнародний морський форум нафтових компаній)
- SET — Напрямок переносу течією
- STCW — International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (Конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти)
- UKC — Under Keel Clearance (Запас під кілем)
- UTC — Coordinated Universal Time (Універсальний координований час)
- VTS — Vessel Traffic Service (Служба регулювання руху суден)
- WOA — Wheel-Over Point (Точка перекладання керма)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА.....	12
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	12
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики.....	13
1.3 Маневрені характеристики.....	16
1.4 Навігаційне обладнання	16
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	22
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу	22
2.2 Оцінка запланованого переходу	23
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	26
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації.....	29
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	31
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	38
2.3.1 Розрахунок ортодромії	38
2.3.2 Складання маршрутних листів	40
2.3.3 Графічний план переходу	43
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	43
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів.....	44
2.4 Висновки	46
РОЗДІЛ 3 ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ	47
3.1 Транспортні характеристики вантажів	47
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	52
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	60
3.4 Складання вантажного плану	66
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	69

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА.....	72
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна.....	72
4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності.....	76
4.3 Контроль остійності за матеріалами інформації.....	79
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	80
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	82
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності.....	89
4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу.....	89
РОЗДІЛ 5 ОСОБЛИВОСТІ НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЛАВАННЯ ЗПГ-ТАНКЕРІВ У ВУЗКОСТЯХ ТА ПРИБРЕЖНИХ АКВАТОРІЯХ.....	92
5.1.1 Історія та етапи розвитку навігаційного забезпечення плавання ЗПГ- танкерів у вузькостях та прибережних акваторіях.....	93
5.1.2 Тенденції розвитку навігаційного забезпечення.....	95
5.1.3 Організація процесу, структурні елементи, класифікаційні характеристики.....	96
5.1.4 Сутність і значення об'єкта дослідження.....	98
5.1.5 Огляд і критичний аналіз сучасних джерел.....	99
5.2.1 Характеристика району плавання та аналіз навігаційної обстановки (порт Сойо, Ангола).....	101
5.2.2 Аналіз навігаційних обмежень і ризиків при підході до порту.....	104
5.2.3 Аналіз виконаного проходу судна.....	105
5.2.4 Аналіз виконаного проходу судна.....	111
5.2.5 Висновки.....	116
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	118
6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі.....	118
6.2 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу.....	127
РОЗДІЛ 7 ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ.....	130
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	130

7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту).....	130
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території.....	131
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	138
7.2 Розподіл обов'язків та відповідальності щодо забезпечення охорони судна	139
ВИСНОВОК.....	142
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	144

ВСТУП

Сучасний розвиток світового ринку енергоресурсів зумовлює зростання обсягів морських перевезень зрідженого природного газу, що, у свою чергу, підвищує вимоги до рівня безпеки судноплавства та якості навігаційного забезпечення. Експлуатація LNG-танкерів характеризується підвищеними ризиками, пов'язаними з особливостями конструкції та типу вантажу, значними розмірами суден, складними маршрутами, а також впливом гідрометеорологічних і навігаційних факторів. У цих умовах особливої ваги набуває ретельне планування рейсу, передбачення небезпечних ситуацій та забезпечення ефективного контролю за безпекою плавання відповідно до вимог Міжнародної морської організації, Конвенції SOLAS, Конвенції STCW та рекомендацій Bridge Procedures Guide.

Актуальність теми дослідження полягає в необхідності вдосконалення способів організації та проведення навігаційних переходів LNG-танкерів, зокрема на ділянках із ускладненими умовами судноводіння. Переходи у вузьких і прибережних районах, у районах інтенсивного руху, а також при підходах до портів потребують від штурманського складу високої точності у плануванні рейсу, уважного врахування гідрометеорологічної інформації, особливостей маневрених характеристик судна та потенційних ризиків. Саме тому аналіз переходу LNG-танкера *Sonangol Benguela* за маршрутом між портами Сойо (Ангола) та Барселона (Іспанія) є важливим з практичного та наукового погляду завданням.

Метою роботи є підвищення рівня безпеки навігації LNG-танкерів шляхом удосконалення процесів планування рейсу, підвищення якості оцінки ризиків та оптимізації методів контролю навігаційної обстановки. Для досягнення цієї мети у дослідженні послідовно проаналізовано технічні характеристики судна, навігаційні та гідрометеорологічні особливості маршруту, небезпечні ділянки плавання, а також вимоги та методики, що регламентують організацію переходів.

Особлива увага приділена розрахунку ортодромічної та локсодромічної відстаней, аналізу впливу погодних умов, течій і видимості, визначенню запасу під кілем та оцінці можливих зон ризику на різних етапах переходу.

Об'єктом дослідження є процес навігаційного забезпечення LNG-танкера в умовах відкритого моря та прибережних районів. Предмет дослідження становлять методи планування переходу, оцінки ризиків та контролю навігаційної обстановки під час практичного проходження зазначеного маршруту. У роботі застосовано аналітичні, розрахункові, картографічні та навігаційні методи, а також методи ситуаційного моделювання, що дозволяють комплексно оцінити безпекові аспекти плавання.

Наукова новизна роботи полягає у системному поєднанні міжнародних стандартів планування рейсу з фактичними даними про технічні характеристики LNG-танкера, навігаційні умови маршруту, гідрометеорологічні фактори та портові обмеження. Практична значущість дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів у роботі судноводіїв, у плануванні переходів на аналогічних судах, а також у процесі професійної підготовки майбутніх офіцерів та у тренажерних центрах для відпрацювання процедур планування та оцінки навігаційних ризиків.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	Sonangol Benguela
2.	Тип судна	Gas tanker
3.	Позивний сигнал судна	C6YM7
4.	ІМО	9482304
5.	ММСІ	311038100
6.	Рік і місце побудови	2011 ОКПО, ПІВДЕННА КОРЕЯ
7.	Клас Регістру	AMERICAL BUREU OF SHIPPING
8.	Порт приписки	НАССАУ
9.	Судновласник	СОНАНГОЛ БЕНГУЕЛА ЛТД., НАССАУ, БАГАМИ
10.	Менеджмент	ПРОНАВ ШИП МЕНЕДЖМЕНТ - ГАМБУРГ, НІМЕЧЧИНА
11.	Довжина найбільша L (м)	291.0
12.	Довжина між перпендикулярами $L_{\perp}$	280.0
13.	Ширина найбільша B (м)	43.4
14.	Висота борту до верхньої палуби H (м)	21.68
15.	Найбільша осідання T (м)	$T_L = 11,764$ м; $T_T = 11,940$ м; $T_3 = 11,454$ м;
16.	Осадка T (м) в повному вантажу і порожньому	$T_{\max} = 11,764$ м; $T_{\min} = 3,820$ м;
17.	Водотоннажність (т): в повному вантажу Δ порожньому Δ_0	122143.7 32337.40
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w (т)	89806.3
19.	Головний двигун:	«Kawasaki UA-400 Steam Turbine»; Максимальна потужність: 28300 kW при 90,3 об / хв
20.	Режим роботи головного двигуна	повний вперед - 51 об / хв; малий вперед – 43 об / хв; найменший вперед - 35 об / хв; найменший тому - 24 об / хв

Продовження табл. 1.1

21.	Швидкість судна	20,35 / 20,65
22.	Гребний гвинт: Кількість лопастей: Діаметр та крок гвинта (м) Дискове відношення: Напрямок обертання:	5 лопастей, діаметр $D = 8,6$ м, шаг гвинта $(0,7R) = 0,7458$. Частота обертання на повному передньому ході 90,3 об/хв, праве направлення обертання
23.	Тип руля і площа його пера (m^2)	Semi-balanced spade $S_{рул} = 63,56 m^2$
24.	Підрулюючий пристрій:	Hyundai Heavy Industries Co. LTD, HSC-26K, 2000kw, Controllable pitch & Skewed Type
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району A1, A2, A3, A4 та включає в себе:	MF/HF радіо об.: Sailor 6301 VHF DSC вахт. прийм.: Sailor 6222 DSC, NBDP функцією INMARSAT-C: Sailor 6018 NAVTEX пр-к: Sirius-3
26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	104537
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	31361
28.	Добова витрата палива: На ходу: природний газ (LNG) На стоянці: природний газ (LNG) дизельне паливо (DO)	140 Т 40 Т
29.	Координати центру мас порожнього судна	$Z = 16.882$ м $X = 16.378$ м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики

Схематичний креслення бічного виду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів із зазначенням місткості вантажних приміщень приведений на рис. 1.1.

План верхньої палуби із зазначенням розмірів вантажних люків і розміщення вантажних стріл і кранів, їх вантажопідйомності в робочій зоні, включаючи винос за борт, показаний на рис. 1.1.

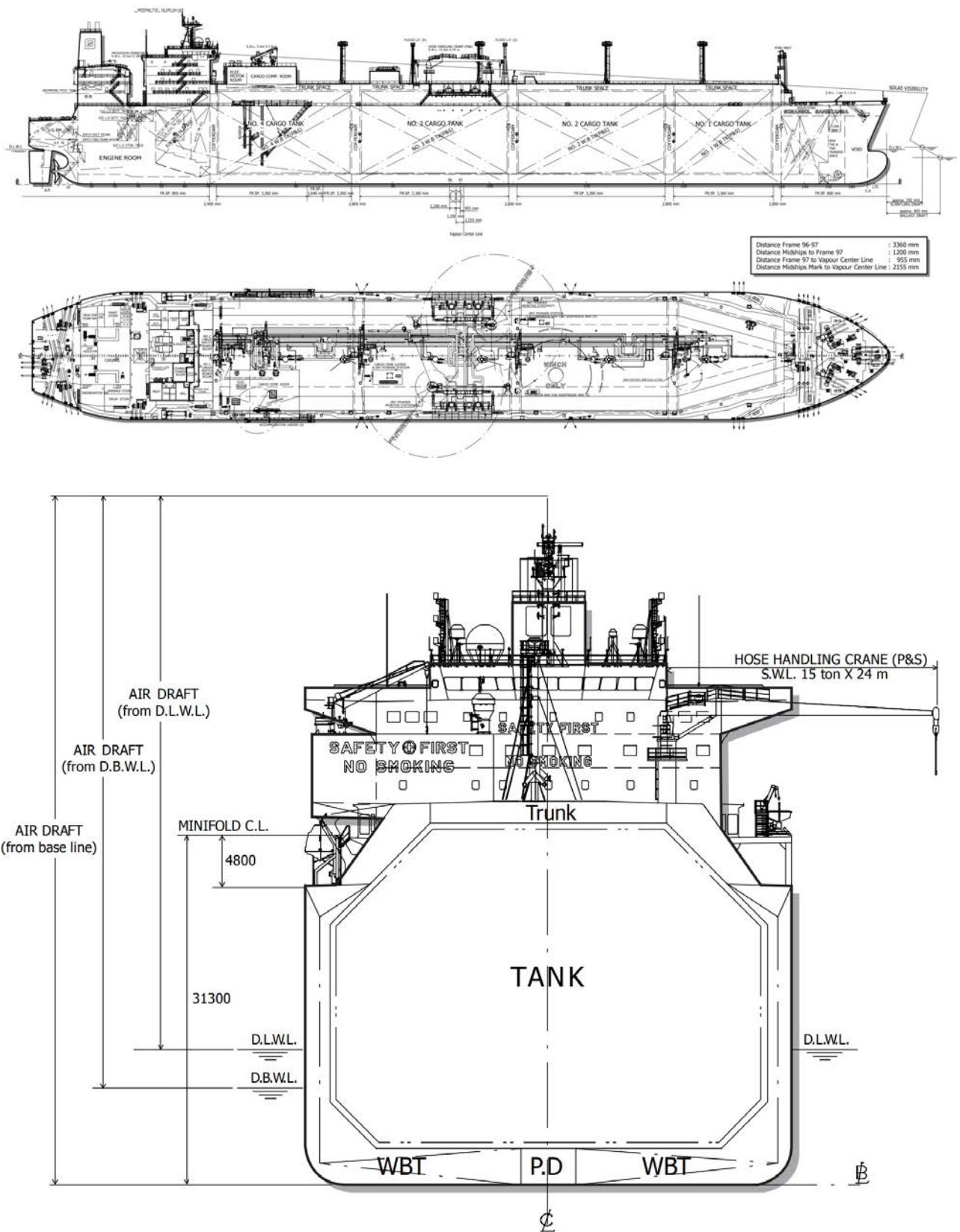


Рисунок 1.1 - Боковий вигляд судна і план верхньої палуби

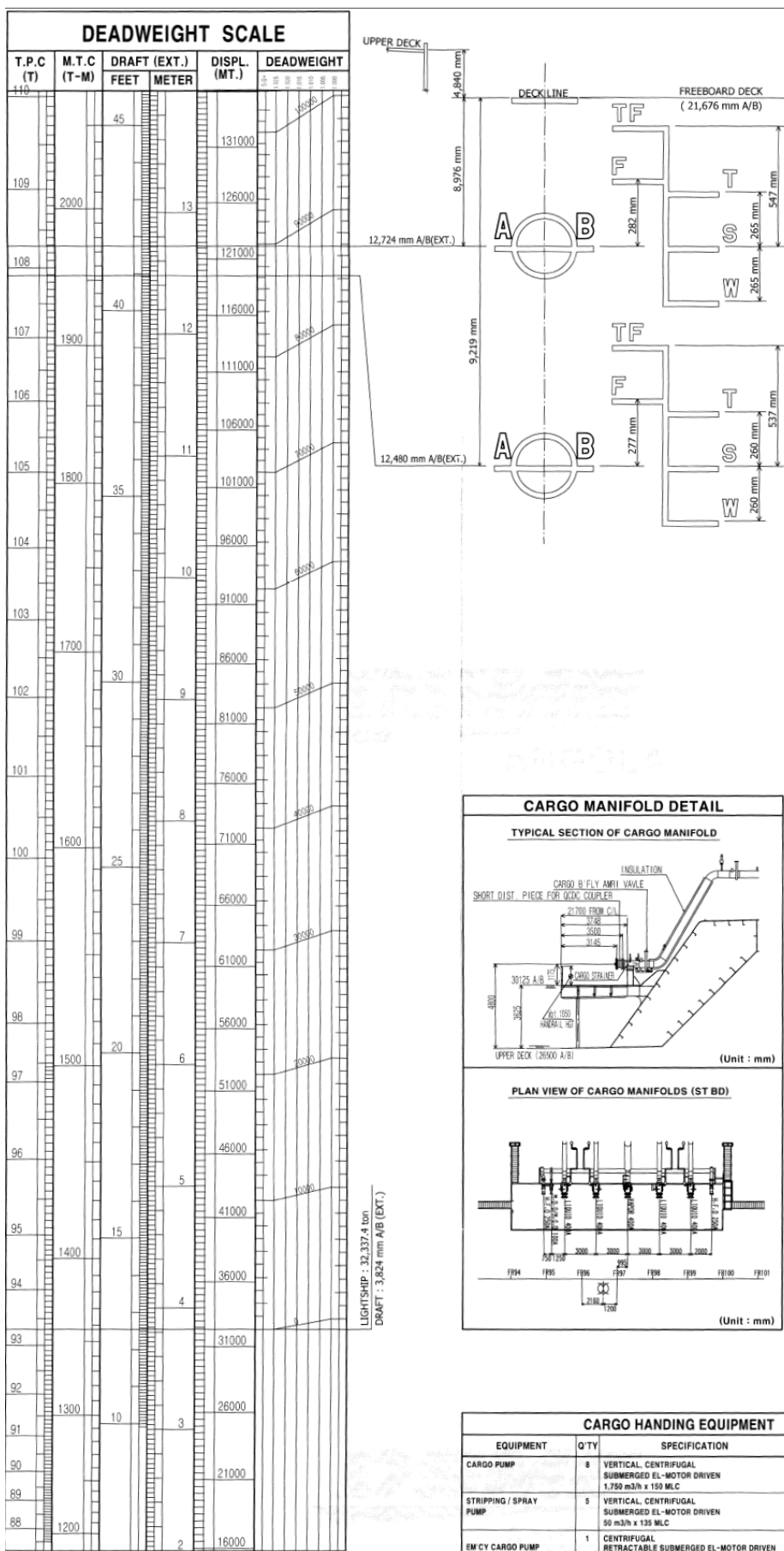


Рисунок 1.2 - Вантажна шкала

1.3 Маневрені характеристики

Дані про маневрені характеристики, дані по якорного ланцюга, по роботі рульового пристрою, збільшення опади, дані про діаметр повороту і т.д. представлені на рис. 1.3. «Wheelhouse poster».

Дані про вантажному шляху - Stopping characteristics - наведені на рис.1.4, в вигляді лінійних графіків, складених для стану судна в вантажу в баласті, відповідно до рекомендацій ІМО.

Лоцманська картка наведена на рис.1.5.

1.4 Навігаційне обладнання

Дані всіх технічних засобів навігації судна (електрорадіонавігаційні прилади та системи) представлені в таблиці

Склад навігаційного обладнання надано у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Склад навігаційного обладнання на містку

No	Прилад	Тип, марка	Виробник	Кіл-сть	Стан
1	2	3	4	5	6
1	RADAR No. 1	X-Band K-Bridge 8.2	KONGSBERG	1	V.GOOD
2	RADAR No. 2	S-Band K-Bridge 8.2	KONGSBERG	1	V.GOOD
3	ECDIS	ECDIS K-Bridge 8.2	KONGSBERG	3	V.GOOD
4	GPS No1	MX 612	SIMRAD	1	V.GOOD
5	GPS No2	MX 612	SIMRAD	1	V.GOOD
6	CONNING DISPLAY	Conning K-Bridge 8.2	KONGSBERG	1	V.GOOD
7	ECHO SOUNDER	GDS 101	SKIPPER	1	V.GOOD
8	SPEED LOG	DL 850	SKIPPER	1	V.GOOD
9	GYRO COMPASS	Navigat 2500	SPERRY MARINE	2	V.GOOD
10	AUTOPILOT	K-ST	KONGSBERG	1	V.GOOD
11	MAGNETIC COMPASS	C.Plath T 2060	SPERRY MARINE	1	V.GOOD
12	WIND INDICATOR	AI192	DAEYANG	1	V.GOOD
13	UPS	UPS K-Bridge	KONGSBERG	1	V.GOOD
14	BNWAS	BNWAS K-Bridge	KONGSBERG	1	V.GOOD
15	FACSIMILE RECEIVER	JAX-9B	JRC	1	V.GOOD

Продовження табл. 1.2

16	MASTER CLOCK	MCS-980	Marine Radio Co.	1	V.GOOD
17	GMDSS VHF	SAILOR 6222	Thrane & Thrane	3	V.GOOD
18	NAVTEX RECEIVER	SIRIUS-3	Polaris	1	V.GOOD
19	GMDSS SATCOM C	JUE-75C	Thrane & Thrane	3	V.GOOD
20	MF/HF RADIO	SAILOR 6018	Thrane & Thrane	1	V.GOOD
21	406 MHZ SATELLITE	TRON 60 AIS	JOTRON	2	V.GOOD
22	SART	SmartFind S5A	MCMURDO	2	V.GOOD
23	GMDSS PORTABLE	SP3520	KONGSBERG	3	V.GOOD
24	AIS	AIS-300	KONGSBERG	1	V.GOOD
25	INM FBB	SAILOR 500	Thrane & Thrane	2	V.GOOD
26	INM-C	SAILOR 6018	Thrane & Thrane	2	V.GOOD
27	LRIT	6110 GMDSS	Thrane & Thrane	1	VGOOD
28	INTERSHIP WALKIE TALKIES	XiR P6600i	MOTOROLA	3	V.GOOD
29	PUBLIC ADRESS	MPA-3000	Marine Radio Co.	1	VGOOD
30	FIRE CONTROL PANEL	CS 6000	Consilium Marine	1	V.GOOD
31	INS	INS K-Bridge	KONGSBERG	1	V.GOOD
32	COURSE RECORDER	EPSON	KONGSBERG	1	V.GOOD

На плані навігаційної палуби (рис. 1.6) наведено перелік навігаційного обладнання.

Appendix : 2. Wheelhouse Poster

WHEELHOUSE POSTER

Ship's name : SONANGOL BENQUELA
 Gross tonnage : 104,537
 Deadweight, max. : 89,806.3 MT

Call sign : C6YM7

IMO No. : 9482304

Net tonnage : 31,361

Displacement, max. : 122,143.7 MT

Block coefficient at summer full load draught : 0.7702

DRAFT AT WHICH THE MANOEUVRING DATA WERE OBTAINED

Loaded	Ballast
Trials/Estimated	Trials/Estimated
11.90 m Forward	9.20 m Forward
11.90 m Aft	9.20 m Aft

STEERING PARTICULARS

Type of rudder(s)	SEMI-BALANCED SPACIO RUDDER
Maximum rudder angle (See 12 knots ship's ahead speed)	35 deg
Time hard-over to hard-over with main power units	24 sec
Minimum speed to maintain rudder effectiveness	4.0 kts
Maximum rudder angle per second	1 deg port/starboard

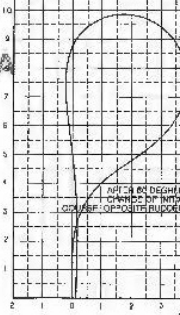
ANCHOR CHAIN

	Number of shot	Max. rate of heaving (min/shots)
Port	14	1 min 59 sec
Starboard	13	2 min 02 sec
Stem	1 shot	2 min 02 sec

MAN OVERBOARD RESCUE MANOEUVRE

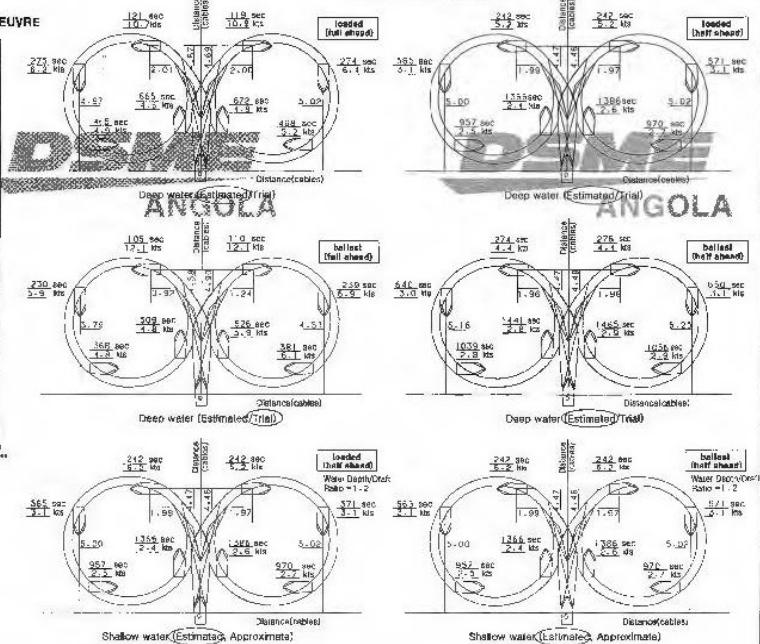
Sequence of actions to be taken

- to call a lifeboat
- to give the alarm
- to sound the alarm
- to keep the lookout
- to insert a recommended line



TURNING CIRCLES AT MAXIMUM RUDDER ANGLE (35 DEG.)

1 cable = 0.1 nautical mile



PROPULSION PARTICULARS

Engine order	rpm/rev	Speed(kts)	Engine order	rpm/rev	Speed(kts)
Full sea	90.3	20.35	Full sea	90.3	20.35
Full	51.0	11.8	Full	51.0	11.8
Half	43.0	9.7	Half	43.0	9.7
Slow	35.0	7.5	Slow	35.0	7.5
Dead slow	24.0	4.2	Dead slow	24.0	4.2

Critical revolutions: 1st: 25.55 rpm, 2nd: 57.78 rpm
 Minimum revolution: 20 rpm / 3.0 kts
 Time limit astern: - min
 Time limit at minimum revolution: - min
 Changing time from full ahead to shaft astern: 156 sec
 Astern RPM: 187.70% full sea ahead
 Minimum number of consecutive starts: -
 Time from stop to full astern (Ballast draft, Trial): 178 sec
 Time from stop to full astern (Loaded draft, Estimated): 308 sec

DRAUGHT INCREASE (LOADED)

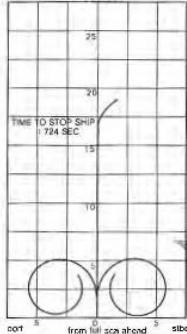
Under keel clearance	Ship's speed	Max. bow squat estimated (m)	Heel angle (degree)	Draft increase (m)
11.90 m	5 kts	0.11	0.19	1
10.00 m	10 kts	0.47	0.62	2
15.00 m	15 kts	1.09	1.91	4
2.38 m	3 kts	0.16	0.29	8
10.00 m	10 kts	0.68	1.24	12
15.00 m	15 kts	1.57	2.87	16

* Note: H/D = Water Depth / Ship Draft
 W/B = Width of Channel / Ship Breadth

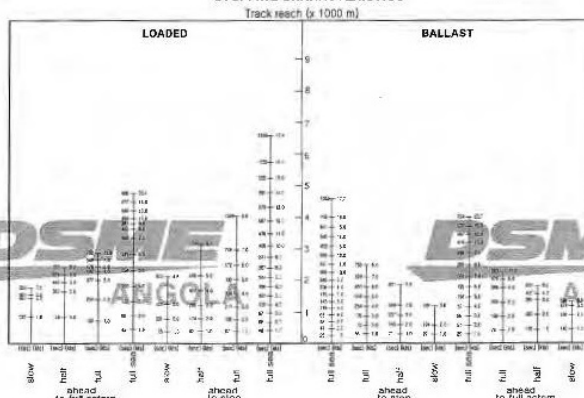
THRUSTER EFFECT AT TRIAL CONDITIONS

Bow Thruster	kW	Time delay for full thrust	Turning rate at zero speed, reverse full thrust	Not effective above speed
2800	-	0.45 / min	-	3.0 kts

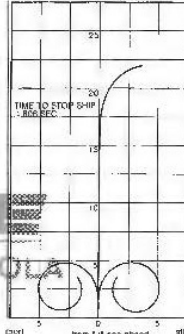
EMERGENCY MANOEUVRES BALLAST



STOPPING CHARACTERISTICS



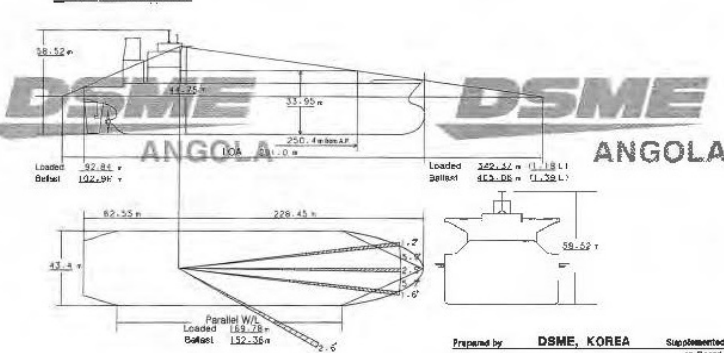
EMERGENCY MANOEUVRES LOADED



THE RESPONSE OF THE "SONANGOL BENQUELA" MAY BE DIFFERENT FROM THAT LISTED ABOVE IF ANY OF THE FOLLOWING CONDITIONS. UPON WHICH THE MANOEUVRING INFORMATION IS BASED ARE VARIED:
 1. CALM WEATHER-WIND 10 KNOTS OR LESS, CALM SEA
 2. NO CURRENT
 3. WATER DEPTH TWICE THE VESSELS DRAFT OR GREATER
 4. CLEAN HULL
 5. INTERMEDIATE DRAFTS OR UNUSUAL TRIM

NOTE : THIS FORM IS DESIGNED TO COMPLY WITH TITLE 33 PART 164 UNITED STATES CODE OF FEDERAL REG.

VISIBILITY DIAGRAM



Prepared by: DSME, KOREA
 Date: December, 2011
 Supplemented on Board

Рисунок 1.3 - «Wheelhouse poster»

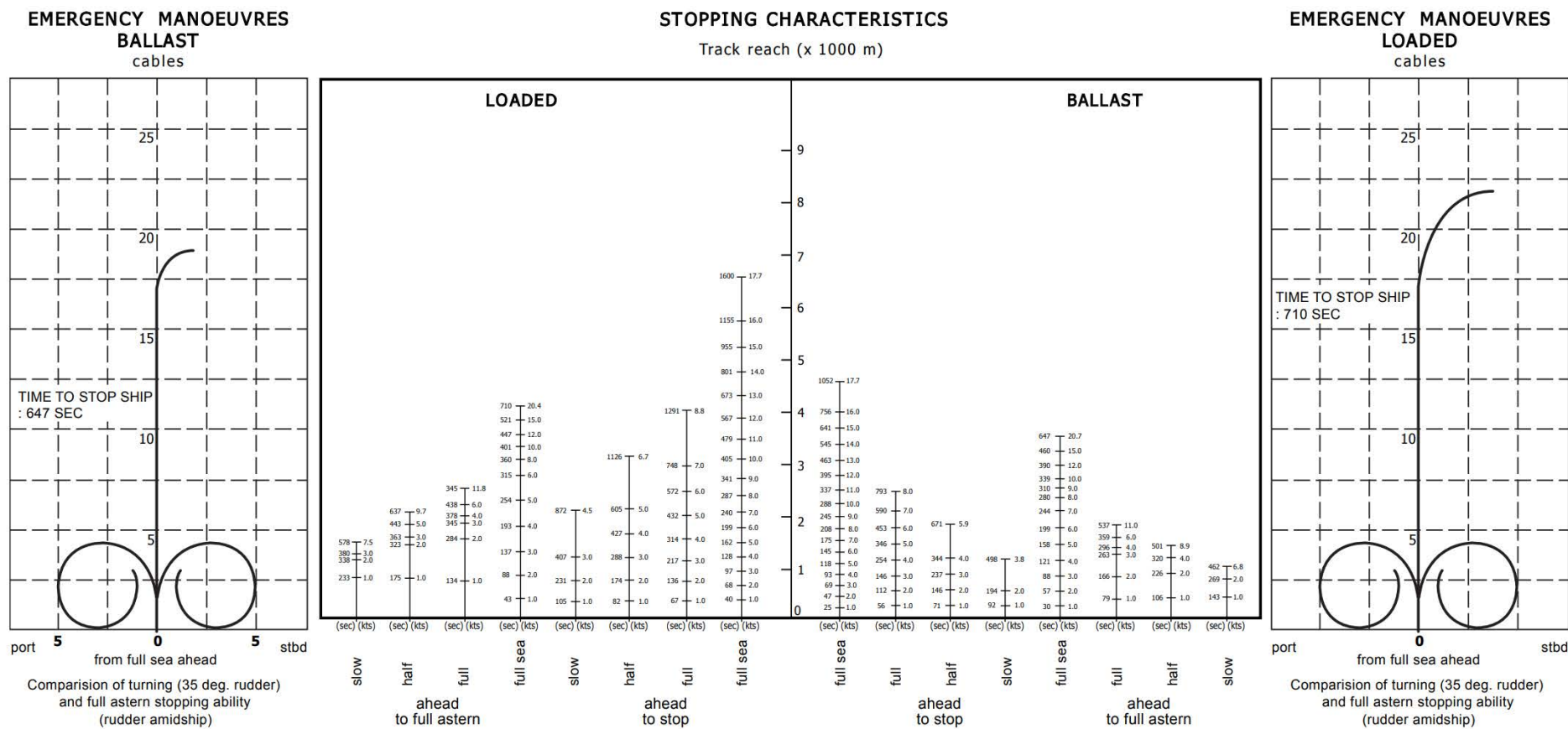
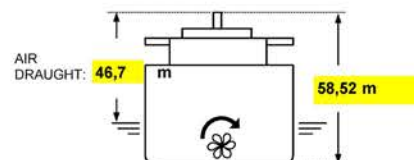
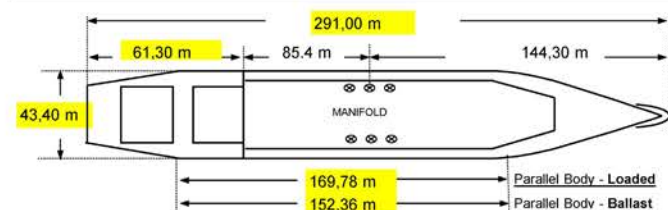


Рисунок 1.4 - «Stopping characteristics»

--	--	--

PILOT CARD (Sonangol)

Ship's Name : SONANGOL BENGUELA		Meters Feet		Deadweight summer : 89 806 mt	
Port of Registry: NASSAU		Draft FWD :	11,76 m 38 Ft. 7 inch	Draft AFT :	11,85 m 38 Ft. 11 inch
Call Sign : C6YM7		Draft Mid. :	11,81 m 38 Ft. 9 inch	Displacement current :	109 555 mt
IMO Number : 9482304		FWA:	0,0261 m 0 Ft. 1 inch	Year of built:	2011
LOA :	291,00 m	Breadth :	43,40 m	Gross Tonnage :	104 537 Tons
				Net Tonnage :	31 361 Tons



RUDDER:	Number of Rudders:	1	ANCHORS:	Port :	14
	Maximum Angle :	45		Starboard :	13
Hard-over to hard-over 35 :	With one power unit:	26	ANCHORS:	(1 shackle = 27,5 m = 15 fathoms)	
	With two power units:	14		No. of Propellers:	1
THRUSTERS:	Type of rudder :	Semi-Balanced Spade	ANCHORS:	Type:	Fixed pitch
	Position and Power:	Bow / 2000 kW		Direction of Turn:	Right

ENGINES:	Type and Number : hhh	1xSteam Turbine Kawasaki UA	Astern Power:	70% of Full Ahead
	Maximum Power (kW):	28300	Engine Critical RPM:	26,55 / 57,78 / 63,40
	Max Power (EEXI limit kW):	18700	Time from Full Ahead to Full Astern	732s / 12.2 m
	Time required to override power limit	N/A	Time Limit Astern :	120 min
			Max. no. of consecutive starts	N/A

Maneuvering Eng Order	RPM	Speed-loaded (kts)	Speed-ballast (kts)
Full ahead	51	11,8	11,0
Half ahead	43	9,7	8,9
Slow Ahead	35	7,5	6,8
Dead slow ahead	24	4,2	3,8
Dead slow astern	-24		
Slow astern	-35		
Half astern	-43		
Full Astern	-63		
Em'cy Full Astern	-63,2		

SQUAT:	Speed (kts)	Max Squat (m)
	4	0,2
	6	0,4
	8	0,8
	10	1,25
	12	1,8

Minimum Steering Speed: **4 kts**

EQUIPMENT CHECKED AND READY FOR USE

Anchors	☒	Echo sounder	☒	Steering gear	☒
Whistle	☒	Elec. Pos. Fix System	☒	- No. of units operating	2
Radars/ARPA - 3cm / 10cm	☒	VHF	☒	Indicators:	
Doppler Speed log	☒	Magnetic Compass	☒	- Rudder	☒
- Water / Ground	☒	Gyro Compass System	☒	- Rpm	☒
Engine telegraphs	☒	- Constant Gyro Error	☒	- Rate of turn	☒
E C D I S	☒	Flags Ready	☒	Mooring winches and lines	☒
Navigational Lights	☒				

Minimum UKC Value as per Company Policy:	1.10 m	Minimum Actual UKC P/S to Berth or Berth to P/S:	1,53
Maximum Bollard Pull for Tug Boats: Deck Bitts :	184 MT	Sunken Bitts :	150 MT
		Chocks:	125 MT

Equipment Operational Defects and other Important details:
Maximum safe anchoring dept is 82.5 m. (max. water depth of anchor hoisting as per Class requirements)

PORT: _____ DATE: _____ MASTER'S SIGNATURE: _____

Рисунок 1.5 - Лоцманська картка

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 (SOLAS), 1974 року з поправками, Розділ V «Безпека мореплавства» — визначає обов’язковість планування переходу для всіх морських суден;
- Міжнародна конвенція та Кодекс з підготовки, дипломування моряків і несення вахти (STCW), 1978 року з поправками Манільської конференції 2010 року, Розділ VIII — містить вимоги до організації навігаційної вахти та використання плану переходу;
- Резолюція ІМО А.893(21) «Керівництво з планування рейсу» (Adopted on 25 November 1999) — залишається чинною та є базовим орієнтиром при складанні планів переходу;
- Рекомендації з організації штурманської служби на морських судах України, затверджені наказом Мінтрансу України № 174 від 26.06.1998 — застосовуються як додатковий регуляторний документ для суден під українським прапором;
- Bridge Procedures Guide, 6th Edition, 2022 — найновіше видання, яке відображає сучасні вимоги до організації роботи містка, інтеграції електронних навігаційних систем, управління ризиками та взаємодії вахтової команди;
- Bridge Team Management, 3rd Edition, 2017 — оновлене видання, що зосереджується на ефективній командній роботі, управлінні ресурсами містка, прийнятті рішень та підтриманні ситуаційної обізнаності.

Планування безпечного переходу має здійснюватися поетапно, відповідно до чотирьох визначених стадій:

I. Appraisal (Оцінка) — збір і аналіз усієї навігаційно-оперативної інформації про маршрут, погодні умови, обмеження глибини, рекомендації портів тощо;

II. Planning (Планування) — складання докладного маршруту з зазначенням маршрутних точок, зон підвищеної небезпеки, очікуваних маневрувань, вимог до вахтового забезпечення тощо;

III. Execution (Виконання) — реалізація запланованого переходу, з урахуванням змін ситуації, погодних умов і трафіку;

IV. Monitoring (Контроль) — постійне відстеження фактичного проходження судна відповідно до плану, корекція дій у разі відхилення.

Ці стадії повинні здійснюватися послідовно та в повному обсязі для забезпечення навігаційної безпеки.

2.2 Оцінка запланованого переходу

Приведемо конкретну інформацію, що відноситься до опрацьовуваного переходу, що відповідає етапу "Passage Plan Appraisal". Для цього проведемо підбір навігаційних і допоміжних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогі Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications) щорічно видаваних Гідрографією Великобританії.

Відомості про підібраних картах і книгах зведені в таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
1	2	3	4
Overview / General	FR166240	Islas Canarias to Freetown	03/04/2025
	GB1DB000	West Africa	23/01/2025
	GB1DK000	Gulf of Guinea	12/06/2025
	IT100340	Mediterranean Sea Western Basin	11/06/2025
	PT111101	Continental Portugal Acores and Madeira Archipelago	24/04/2024

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Overview / General	GB104209	Atlantic Ocean – Ascension and Freetown to Luanda	11/05/2023
	ES200303	Gulf of Cadiz - Alboran Sea and Balear Sea	28/08/2025
	ES201082	Casablanca to Cabo Yubi	21/11/2024
	ES201083	Cape Yubi to Ras Timiris	20/02/2019
	FR271850	Cabo Roxo to Monrovia	14/12/2015
	FR271860	Monrovia to Sassandra	15/02/2016
	GB200311	Africa - West Coast - Pointe Kouango to Pointe-Noire	02/04/2025
	PT221101	Minho River to Guadiana River	16/10/2025
	PT262101	Cape Verde to Senegal and Cape Verde Archipelago	23/09/2024
	PT271101	Lândana to Baía dos Tigres	26/08/2021
Coastal, Approach	ES300105	Strait of Gibraltar	30/01/2025
	ES30045A	Punta Carnero to Cape Sacratif	15/03/2024
	ES30045B	Cape Sacratif to Cape Gata	07/11/2024
	ES30046A	Cape Gata to Cape Palos	18/10/2024
	ES30047A	Cape Palos to Cape la Nao	27/11/2024
	ES30048A	Cape la Nao to Cape Canet	14/02/2025
	ES30048B	Cape Canet to Cape Tortosa	24/01/2025
	ES30048C	Cape Tortosa to Cape Tossa	18/09/2025
	ES30048D	Ibiza and Formentera Islands	05/03/2025
	ES30060A	Lanzarote and Fuerteventura	19/06/2025
	FR373860	Nouadhibou to Baie de Tânit	04/11/2016
	FR373870	Nouakchott to fleuve Sénégal	31/08/2016
	FR373880	Saint-Louis to Saloum river	27/01/2016
	FR373890	Diombos river to Ilhéu de Caio	13/06/2017
	GB300306	Congo - Angola and Congo Democratic Republic - N’Kossa Terminals to Cabeça da Cobra	16/09/2025
	MA330010	West coast of Morocco - From Mohammedia to Jost Lasfar	07/10/2025
	MA330020	West coast of Morocco - From Mehdia to Mohammedia	29/07/2025
	MA330030	West coast of Morocco - From Jorf Lasfar	23/06/2025
	MA330040	West coast of Morocco - From Asilah to Sidi Al Hachmi	06/10/2025
	ES400435	Approaches to Alborán Island	29/06/2022
	ES400445	Approach to Algeciras and Ceuta	30/07/2025
	ES400453	Approaches to Estepona	31/05/2021
	ES400474	Approaches to Denia	05/04/2024

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Coastal, Approach	ES400474	Approaches to Denia	05/04/2024
	ES400488	Southern approaches to Barcelona	30/05/2025
	ES400489	Approach to Barcelona	16/01/2024
	GB400658	Angola and Congo Democratic Republic Entrance to River Congo	15/08/2025
Harbor	ES504453	Ensenada de Getares y Fondateiro - Road of Getares and Anchorage.	03/10/2024
	ES504891	Barcelona Harbour	07/06/2023
	FR574330	Approaches to Tanger Med harbour	08/12/2015
	GB500659	Angola - Port of Soyo and Approaches	15/08/2025
	MA611160	North coast of Morocco - Tanger Med	08/10/2025
Berthing	GB600659	Port of Soyo	08/10/2025
	MA611140	North coast of Morocco - Tanger Med and	01/07/2025

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

NP No	TITLE
1	2
SAILING DIRECTIONS	
e-NP1	Africa Pilot Vol 1
e-NP2	Africa Pilot Vol 2
e-NP45	Mediterranean Pilot Vol 1
e-NP67	West Coasts of Spain and Portugal Pilot
e- NP136(1)	Ocean Passages for the Indian and Pacific Oceans
e-NP136(2)	Ocean Passages for the Atlantic Ocean
ADMIRALTY DIGITAL LIST OF LIGHTS	
AREA 4	Mediterranean and Black Seas
AREA 10	South Atlantic and Indian Ocean (southern part)
ADMIRALTY DIGITAL RADIO SIGNALS	
ADRS1345 Area 1	Digital Radio Signals Vol 1,3,4,5 Area 1
ADRS 2 Area 1	Digital Radio Signals Vol 2 Area 1
ADRS 6 Areas 1 & 2	UK & Northern Europe (Die Ems to Gibraltar)
ADRS 6 Areas 4	Mediterranean & Black Seas
ADRS 6 Areas 10	South Atlantic & Indian Ocean (southern part)
ADMIRALTY TOTAL TIDE	
ATT Areas 1-4	Europe, Northern Waters and Mediterranean

Продовження табл. 2.2

NP No	TITLE
1	2
ADMIRALTY DIGITAL LIST OF LIGHTS	
ADLL Areas 1-2	Northern Europe and the Baltic
ADMIRALTY DISTANCE TABLES	
350	Part 1 – Atlantic Ocean, NW Europe, Mediterranean Sea, Caribbean Sea and Gulf of Mexico
ASTRONOMICAL PUBLICATIONS	
314-25	Nautical Almanac
303 (4)	Sight Reduction Forms (H.494)
323	Star Finder and Identifier
401 (2)	Sight Reduction Tables for Marine Navigator – Vol. II
MISCELLANEOUS PUBLICATIONS	
100	The Mariners Handbook
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publication
284	Meteorological Observation Stations
285	Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
Guide to Port Entry 2009	
MISCELLANEOUS E-PUBLICATIONS	
e-NP5012	Admiralty Guide to ENC Symbols used in ECDIS
e-NP5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Paper Charts
e-NP735	IALA Maritime Buoyage Systems
e-NP294	How to Keep Your ADMIRALTY Products Up-to-Date
e-NP234B	Cumulative list of ADMIRALTY Notice to Mariners June
e-NP247(2)	Annual Summary of Notices to Mariners Part 1-2

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

Необхідно проаналізувати, описати та систематизувати навігаційну інформацію, що передається за допомогою GMDSS та факсимільних гідрометеорологічних карт.

За допомогою посібника ALRS 283 використовуємо інформацію щодо факсимільних карт погоди та зводимо її до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N п/п	Радіо станції	Позначення кордону карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Nothwood	54°N 82°W; 26°N 45°W 54°N 51°E; 28°N 12°E	Surface Analysis Significant Wind Areas T+24	0400(00) 0900(06) 1200(06) 1500(12) 1800(12)
2	Cape Naval	ASZA: 0° 20°W; 0°70°E 60°S 50°W; 60°S 90°E FSZA: 5°S 15°W; 5°S 60°E 60°S 15°W; 60°S 60°E	ASZA: Surface Analysis (shipping) FSZA: Surface prognosis (previous day's run)	0500(00) 1530(12) 0730(12)
3	Olympia	A: 54°10'N 16°34'W; 43°24'N 43°47'E 30°22'N 9°11'W; 24°50'N 27°45'E B: 53°55'N 1°52'W; 41°05'N 44°19'E 31°38'N 1°05'W; 24°30'N 29°40'E	A: Surface Analysis 24H surface prognosis 48H surface prognosis B: 30H surface prognosis 36H surface prognosis 42H surface prognosis 48H surface prognosis	0845(06) 0857(06) 0909(06) 0921(12) 0933(12) 0945(12) 0957(12)

За допомогою посібника ALRS 285 вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станції NAVTEX за маршрутом переходу. Дані зводимо в таблицю.

Таблиця 2.4 - Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

N п/п	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	2	3	4	5
1	Senegal	II	Dakar [C]	France
2	Cape Verde	II	Sao Vicente [U]	France
3	Canarias, Islas (Spain)	II	Las Palmas [I]	France
4	Madeira (Portugal)	II	Cencomarmadeira (Porto Santo) [P]	France

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
5	Spain	II	Tarifa [G]	France
6	Spain	III	Cabo de la Nao (Valencia) [X]	Spain/Greece
7	Algeria	III	Bordj-el-Kiffan [B]	Spain/Greece

За допомогою посібника ALRS 286 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 в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

N п/п	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітка
1	Soyo LNG Pilot / LNG Marine	VHF	16;09;11	2 hr notice, POB confirmation
2	Barcelona Traffic / Pilots	VHF	16;10;14	1hr notice, 2nm reporting line, inbound reporting zone

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	Tariffa Traffic Service	Tarifa Traffic / Tangier Traffic	16;10;67;69	Reporting system area
2	Barcelona Traffic	Barcelona Port Traffic	16, 10	Reporting system area

На підставі аналізу підібраних і відкоригованих матеріалів робимо висновок про те, що інформаційного забезпечення для безпечного плавання на обраному переході достатньо.

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконується за період (місяць) переходу, що проробляється. Для цього використовуються середні багаторічні дані, які наведені в Атласах океанів, кліматологічних, гідрографічних і океанографічних посібниках, Pilot Chart (Інтернет-сайт www.passageweather.com). Для опису гідрометеорологічних умов необхідно перехід розбити на ділянки (три і більше) в залежності від відстані між портами. Необхідні данні вносимо в таблиці 2.7, 2.8.

Таблиця 2.7. - Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Сойо			Атлантичний Океан			Барселона		
1	2			3			4		
Атмосферний тиск, гПа	1012			1016			1017		
Вітер									
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с
N	1	-	-	2	-	-	2	-	-
NE	3	-	-	4	-	1	12	-	-
E	4	-	-	6	-	-	15	2	1
SE	7	-	-	9	-	-	14	-	-

Продовження табл. 2.7

S	16	-	-	18	-	-	11	-	-
SW	22	-	-	20	3	-	8	-	-
W	26	5	2	24	3	1	5	-	-
NW	21	3	1	17	1	1	3	-	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		SSW	направлення, у румбах		SW	направлення, у румбах		ESE
	швидкість, м/с		6	швидкість, м/с		7	швидкість, м/с		5
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостереження		10	спостереження		12	спостереження		11
	розрахункова		11	розрахункова		12	розрахункова		12
Повторюваність штилів, %	10			7			6		

Таблиця 2.8. - Видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики

Характеристики ділянками за		Сойо	Атл. океан	Барселона
Температура повітря, °C		25	18	19
Температура води, °C		26	21	17
Відносна вологість, %		87	84	75
Повторюваність туманів, %		1	10	1
Видимість менше 2 міль		1	3	1
Хмарність, бали		5	6	4
Солоність води, ‰		35	36	37
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		10000	1.025	1.025
Постійні течії	назва	Бенгуела	Канарська	Средеземне
	термодинамічна характеристика	холодна	холодна	тепла
	направлення	NNW	N	E
	швидкість, вузл.	0.5-1	1-2	0.5-1
	стійкість	50-75	50-75	50

Продовження табл. 2.8

Швидкість припливних течій, вузл.		0.5	0,5	1
Висота хвиль, м	середня	3	4	1.5
	максимальна	5	6	3
Період хвиль, с		6	7	4

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Соїо (6°06,95' пд.ш., 12°19,90' сх.д.) розташований у верхній частині затоки Баїя де Діогу Као і виконує функції як комерційного, так і стратегічного об'єкта. Він складається з новозбудованого термінала експорту скрапленого природного газу Angola LNG, а також портової бази Кванда, яка забезпечує матеріально-технічну підтримку офшорної нафтогазової інфраструктури. Адміністративне управління здійснюється капітанією порту Соїо (Capitania do Porto Soyo).

Інфраструктура порту включає низку глибоководних і спеціалізованих причалів. Глибини у підхідному каналі Пулулу, у внутрішній акваторії та біля СПГ-причалів підтримуються на рівні до 14,0 м, що забезпечує можливість обслуговування великих газозовів. У районі бази Кванда глибини становлять до 7,5 м. Вхід до гавані здійснюється через напрямний канал, який позначений бічними та кардинальними буями. Навігація ускладнена наявністю сильних припливно-відпливних течій, швидкість яких сягає 2–6 вузлів залежно від сезону. Для утримання курсу судна мають підтримувати швидкість на рівні 8–10 вузлів.

Пілотаж є обов'язковим для всіх суден. Для газозовів довжиною 120 м і більше посадка пілота здійснюється в точці з координатами 6°02,00' пд.ш., 12°10,00' сх.д.; для менших суден — у точці 6°03,00' пд.ш., 12°17,00' сх.д. Для суден, що прямують до бази Кванда, пілоти сідають біля входу до каналу Пулулу. Додаткові обмеження пов'язані з наявністю забороненої зони навколо зони

зберігання буйків ($6^{\circ}06,98'$ пд.ш., $12^{\circ}19,58'$ сх.д.), крайні точки якої марковані світловими орієнтирами.

Порт має складну навігаційну систему орієнтирів. Серед основних берегових і плаваючих знаків — радіощогли, вогні на нафтових платформах, маяк Купунджі (Kupundji Light), димарі та факели. Ці об'єкти забезпечують точне орієнтування суден у складних гідрометеорологічних умовах, характерних для цього регіону.

Портова інфраструктура включає наступні основні об'єкти. СПГ-термінал Angola LNG має кілька спеціалізованих причалів: основний СПГ-причал (вантажомісткість суден від 125 000 до 215 000 м³), СПБ-причал (35 000–120 000 м³), причал для бутану (3 500–5 000 м³), а також причал MOSD, що обслуговує допоміжний флот. База Кванда має головну причальну стінку для суден довжиною до 150 м, причал Техасо (до 100 м), універсальний причал ALNG (до 170 м), а також комерційний причал для танкерів і пасажирських суден (до 140 м довжиною). В межах внутрішньої гавані також передбачена якірна стоянка для суден довжиною до 70 м з осадкою не більше 5 м, однак її використання обмежене через відсутність регулярного гідрографічного обстеження.

Порт забезпечує базові послуги для суден: постачання прісної води, дизельного пального, а також можливість обмежених ремонтних робіт — зокрема, за допомогою слипа довжиною 176 м і шириною 6,2 м. Додатково, на території порту встановлено швартовий буй, який розміщено на захід від причалу Техасо.

Окрім портової інфраструктури, важливу роль у функціонуванні Сойо як експортного центру відіграє його інтеграція з річкою Конго. Судноплавний маршрут починається від північної точки поблизу Понта-де-Падрао ($6^{\circ}03,00'$ пд.ш., $12^{\circ}17,00'$ сх.д.) та проходить у східному напрямку до входу в річку Конго. Навігація здійснюється з орієнтацією на численні берегові об'єкти, включаючи вогні на платформах, берегові радіощогли, маяки та навігаційні знаки.

Завдяки поєднанню глибоководних причалів, сучасної інфраструктури для обробки скраплених газів і важливого географічного положення, порт Сойо

відіграє ключову роль у системі морської логістики Анголи та міжнародного енергетичного експорту. План порту Сойо представлений на рис. 2.1.

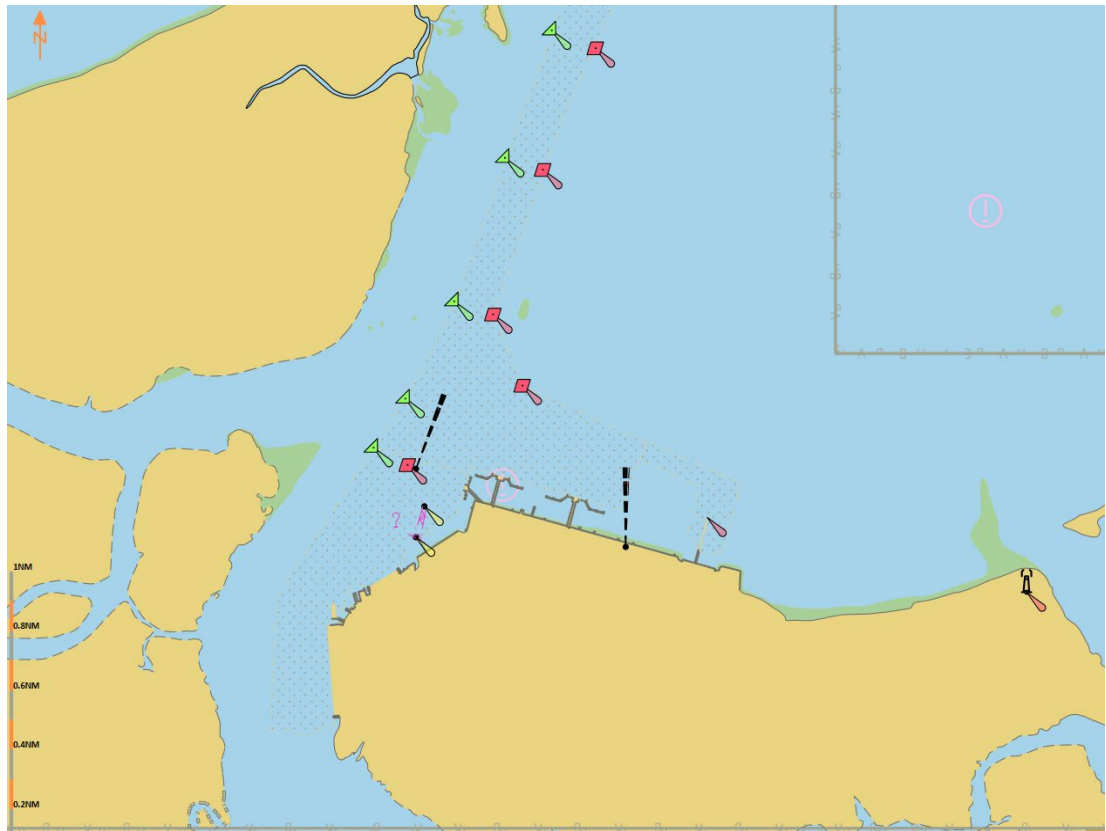


Рисунок 2.1 - План порту Сойо

Порт Барселона ($41^{\circ}21,00'N$, $2^{\circ}10,00'E$) є головним морським портом Каталонії та обслуговує місто Барселона — адміністративний центр автономної області Каталонія в Іспанії. Розташований на узбережжі Середземного моря, порт виконує функції великого вантажного, пасажирського, контейнерного та круїзного центру, а також є базою для численного рибальського й прогулянкового флоту. Адміністрація порту розміщена у комплексі World Trade Center за адресою Moll de Barcelona, s/n, 08039 Barcelona, Catalonia, Spain. Контактний телефон: +34(0)93 298 6000, офіційний вебсайт — www.portdebarcelona.cat.

Вхід до порту здійснюється через два основні канали — південний та північний. Південний підхід є основним і забезпечує доступ до зовнішньої гавані з глибинами до 15,7 м. Інші ділянки мають глибини від 11 до 16 м. Північний

вхід забезпечує підхід до Дарсени Сан-Бертран, з глибинами від 9 до 12 м. Глибини біля причалів потребують уточнення у портової адміністрації. В акваторії розташовано міст Porta d'Europa ($41^{\circ}21,90'N$, $2^{\circ}10,88'E$), який має вертикальний кліренс 18,5 м у закритому положенні. Також функціонує канатна дорога, що перетинає гавань на висоті 58 м над рівнем води.

Пілотування в порту є обов'язковим для всіх суден і здійснюється цілодобово. Точки посадки пілотів визначено наступним чином: для північного входу — $41^{\circ}20,75'N$, $2^{\circ}12,00'E$; для південного входу — $41^{\circ}17,70'N$, $2^{\circ}10,80'E$. Судна, що очікують вхід у порт, повинні перебувати на відстані не менше 2 морських миль від підхідних буїв. Якірна стоянка заборонена в районі підводного кабелю. Підхід до південного входу здійснюється через канал, що проходить між якірними районами та поблизу світлового буя безпечних вод Sierra ($41^{\circ}16,91'N$, $2^{\circ}10,88'E$). Північний вхід прямує з південного сходу через район поблизу буя North Approach ($41^{\circ}20,05'N$, $2^{\circ}13,01'E$). В середині гавані встановлено обмеження швидкості — не більше 4 вузлів.

Структура гавані простягається приблизно на 5 морських миль у напрямку північний північний схід — південний південний захід і захищена молами та хвилеломами. Основна частина порту зосереджена навколо південного входу, тоді як північний веде до Дарсени Сан-Бертран. Внутрішня гавань (Port Vell) призначена переважно для пасажирських і прогулянкових суден. Глибини в межах гавані варіюються в межах 3–15,7 м.

Портова інфраструктура включає низку спеціалізованих причалів:

1. Muelle Sur — довжина 1 100 м, глибини 12–14 м, обслуговує контейнерні судна;
2. Muelle Adosado — 1 350 м, глибини 8–10 м, призначений для круїзних, пасажирських і Ro-Ro суден;
3. Muelle de Inflamables — 1 190 м, глибини 8,5–11 м, обслуговує наливні вантажі, включно з LPG і LNG;
4. Muelle Prat — 1 000 м, глибина 14,5 м, спеціалізується на глибоководному контейнерному флоті;

5. Muelle Principe de España — 1 088 м, глибина 12–13 м;
6. Muelle Alvarez de la Campa — 1 060 м, глибини 7,5–10 м, обслуговує танкери та судна з генеральними вантажами.

У Дарсені Сан-Бертран розташовані:

1. Muelle de San Bertrán — 586 м, глибина 6,5 м, приймає генеральні вантажі, пасажирські судна та Ro-Ro;
2. Muelle de Barcelona — південна сторона довжиною 430 м з глибинами 7–8 м, північна сторона — 481 м, глибини до 7 м.
3. У внутрішній гавані Port Vell можуть швартуватись судна довжиною до 70 м. Ця зона використовується переважно для приватних і туристичних цілей.

Порт Барселона має розвинену інфраструктуру технічного обслуговування. Тут функціонує сухий док довжиною 215 м, шириною 35 м та глибиною 8,5 м, здатний приймати судна дедвейтом до 50 000 тонн і шириною до 33 м. Діють два судноремонтні стапелі, найбільший з яких має довжину 225 м та вантажопідйомність до 300 т. Встановлено крани вантажопідйомністю до 300 т. У порту надаються послуги коригування компасної девіації, видачі санітарних сертифікатів SSCC і SSCEC, діє система збору нафтових та побутових відходів. Забезпечується постачання прісної води, пального та провіанту. У місті функціонують медичні заклади, доступні для екіпажів суден.

Кліматичні умови порту змінюються залежно від сезону. У літній період спостерігаються короткочасні припливні коливання рівня моря (до 0,6 м), спричинені змінами атмосферного тиску — так зване явище «seixes». Також можливі течії силою до 4 вузлів. Взимку переважають вітри східного напрямку (NE–SE), які часто супроводжуються дощами та значним хвилюванням. Хоча сильні південні вітри трапляються рідко, вони можуть призводити до пошкодження суден, що стоять на якорі. Швидка зміна напрямку вітру іноді викликає перехресне хвилювання, особливо небезпечне для маломірного флоту. Зимові течії також можуть спричинити коливання глибин біля причалів.

Орієнтування при підході до порту забезпечується розгалуженою мережею берегових орієнтирів, включаючи маяки Montjuïc ($41^{\circ}21,52'N$, $2^{\circ}10,00'E$) — біла восьмикутна вежа висотою 13 м з фокальною висотою 63 м, та Faro de Llobregat ($41^{\circ}18,85'N$, $2^{\circ}07,82'E$) — біла кругла вежа заввишки 31 м з фокальною висотою 44 м. Додатковими орієнтирами слугують телевежа Torre Collserola, готель Vela, хмарочоси Torres Mapfre та історична фортеця Castillo de Montjuïc. Канатна дорога, що перетинає гавань, та система світлофорного регулювання мосту Porta d'Europa також виконують навігаційні функції. План порту Барселона представлений на рис.2.2.

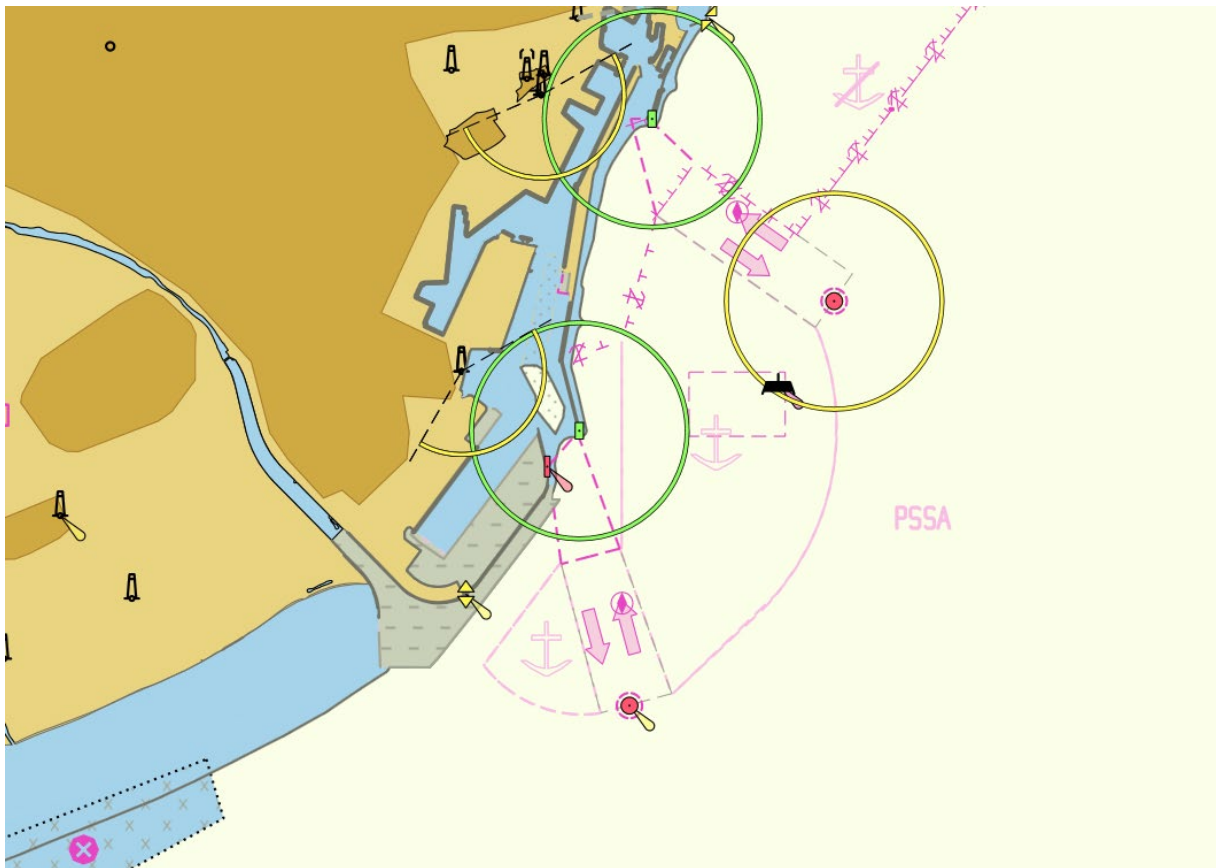


Рисунок 2.2 – План порту Барселона

Таблиця 2.9 - СНТ використовувані на переході

N п/п	Назва	Координати φ, λ	Дальність видимості, милі	Харак- тери- стики
1	2	3	4	5
1	Moita Seca	6°06.70'S 12°16.50'E	12	Fl(3)W
2	Cape Three Points. Middle Point	4°44.47'N 2°05.46'W	27	Fl W 5s
3	Riviere Tabou. Pointe Tafou	4°24.76'N 7°21.58'W	20	Fl(3)W
4	Cap Vert. W Mound	14°43.46'N 17°30.11'W	31	Fl W 5s
5	Radio Atlantico	28°01.10'N 15°35.24'W	40	Aero Oc R 3s
6	Sidi Bou Wafi	33°15.02'N 8°31.01'W	30	Fl W 7s
7	Isla de Tarifa	36°00.07'N 5°36.57'W	W 26 R 18	Fl(3)WR 10s
8	Great Europa Point. Victoria Tower	36°06.58'N 5°20.69'W	18	Iso W 10s
9	Cabo Sacratif	36°41.67'N 3°28.10'W	25	Fl(2)W 10s
10	Cabo de Gata	36°43.30'N 2°11.58'W	24	Fl WR 4s
11	Cabo de Palos	37°38.08'N 0°41.42'W	23	Fl(2)W 10s
12	Cabo de San Antonio	38°48.19'N 0°11.84'E	26	Fl(4)W 20s
13	Cabo Formentor	39°57.68'N 3°12.74'E	22	Fl(4)W 20s
14	Cabo Creus	42°19.14'N 3°18.95'E	20	Fl(2)W
15	Faro	41°19.51'N 2°09.	23	Fl W 5s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Основними критеріями при виборі оптимального шляху є безпека, швидкість, метеоумови, економічність для збереженій перевезення вантажу і досягнення економічного ефекту в кінцевому підсумку.

На океанських переходах найкоротшою відстанню між двома точками є ортодромія, тому що земну кулю-сфера.

Перш ніж приймати рішення про плаванні по ортодромії, необхідно розрахувати доцільність плавання саме таким способом. Для цього знаходять довжину локсодромії і ортодромії, а потім виконують порівняння їх.

Під час планування переходу між портом Соїо (Ангола) та портом Барселона (Іспанія) враховувалися як метеорологічні, так і навігаційні умови, а також економічні аспекти. Зважаючи на складну географію маршруту та наявність обмежень у прибережних районах, ортодромія не може бути застосована на всій протяжності переходу.

Однак на окремій ділянці маршруту, а саме між терміналом Azurite Terminal (05°43'N, 010°47'E) та районом острова Sherbo Island (10°30'N, 017°46'W), умови дозволяють використати ортодромічний метод розрахунку — ця частина проходить через відкриті води Атлантичного океану, де немає берегових ліній або трафікових обмежень. Саме тут була обґрунтовано застосована ортодромія.

Після Sherbo Island маршрут прямує з півдня на північ приблизно уздовж меридіану, де курс майже не змінюється, а відстань є найкоротшою за замовчуванням. Тому для решти маршруту ортодромічні розрахунки недоцільні.

Розраховують локсодромічний курс:

$$tgk_{\pi} = \frac{PД}{PMЧ} \quad (2.1)$$

Обчислюють довжину локсодромії:

$$S_L = P_{III} \times \sec k_L \quad (2.2)$$

Таблиця 2.10 – Розрахунок локсодромії

фк	10°30 N	λк	017°46 W	РМЧ	977.15
фн	05°43 S	λн	010°47 E	К	299.7°
РШ	973.02	РД	1713	S	1963.8

Визначити довжину ортодромії:

$$\cos D = \sin \varphi_1 \times \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \times \cos \varphi_2 \times \cos PД \quad (2.3)$$

$$D = 1964.4 \text{ милі}$$

Доцільність плавання по ортодромії дорівнює:

$$\Delta S = S_L - D = 1963.8 - 1964.4 = -0.6 \text{ миль} \quad (2.4)$$

На обраному відрізку маршруту від 05°43'S, 010°47'E до 10°30'N, 017°46'W проведено порівняльний розрахунок локсодромічної та ортодромічної відстаней. Встановлено, що довжина ортодромії становить приблизно 1964 морські милі, у той час як локсодромія — близько 1963.8 морських миль. Різниця між ними є несуттєвою (менше 1 милі).

Це пояснюється тим, що маршрут пролягає поблизу екватора, де ортодромія лише незначно відхиляється від локсодромії, а також тим, що курс переходу має північно-західний напрям (із півдня на північний захід). За таких умов вигреш у відстані при виборі ортодромії мінімальний або повністю нівелюється через необхідність частих змін курсу та складності прокладки шляху.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Відповідно до рекомендацій ІМО, при плануванні рейсу необхідно скласти маршрутні листи, які повинні лежати на штурманському столі. Безумовно, протягом рейсу в маршрутні листи вносяться необхідні зміни. Маршрутний лист приведено на рис. 2.3 та рис. 2.4

Waypoint Table

Soyo - Barcelona

Waypoint						Leg																	
Name	Position	Arrival (Local Time)	Overall Distance Travelled	Overall Distance Remaining	Turn Radius	Brg	Type	Dist	Speed	Duration	XTD Port	XTD Stbd	Min Depth	CATZOC	UKC	Safety Contour	Safety Depth	Pos. Fixing Every	Position Fixing Method	Watch Level	E/R Manned	Security	
			[nm]	[nm]	[nm]			[nm]	[kn]	[hh:mm]	[m]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[min]					
START	06° 06' 51" S	15:30	0.00	4,439.52	0.6751														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
LNG Jetty	012° 20' 07" E	21-10-2025				256.36	RL	0.00	5.00	00:00	200	200	14	B	13.64	13	13	5					
	06° 06' 51" S	15:30	0.00	4,439.52	1.5														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
Turning Basin	012° 20' 07" E	21-10-2025				302.90	RL	0.55	5.00	00:06	200	200	14	B	1.77	13	13	5					
	06° 06' 33" S	15:36	0.56	4,438.97	0.3														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
Buoy No. 8	012° 19' 39" E	21-10-2025				20.36	RL	0.48	7.00	00:04	50	50	14	B	1.77	13	13	5					
	06° 06' 15" S	15:40	1.04	4,438.49	0.3														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
Buoy No. 4	012° 19' 46" E	21-10-2025				20.47	RL	1.32	10.00	00:07	50	50	14	B	2.0554 823073	13	13	5					
	06° 04' 57" S	15:48	2.36	4,437.17	0.5														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
Channel Exit	012° 20' 15" E	21-10-2025				3.84	RL	0.45	10.00	00:02	50	50	14	B	2.0317 071572	13	13	5					
	06° 04' 12" S	15:51	2.80	4,436.72	0.5														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
Pilot Inner	012° 20' 18" E	21-10-2025				290.01	RL	3.56	8.00	00:26	50	50	20	B	7.6378 238004	13	13	5					
	06° 03' 00" S	16:18	6.37	4,433.16	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
Pilot Outer	012° 16' 60" E	21-10-2025				278.21	RL	7.08	14.00	00:30	50	50	50	C	34.040 516404	18	18	5					
	06° 02' 00" S	16:48	13.45	4,426.08	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
Port Limit	012° 10' 00" E	21-10-2025				269.33	RL	7.20	14.00	00:30	50	50	200	C	175.04 053123	18	18	15					
	06° 02' 05" S	17:19	20.65	4,418.87	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1	
WELLHEADS	012° 02' 55" E	21-10-2025				269.53	RL	15.99	14.00	01:08	50	50	500	C	460.00 217739	18	18	60			II	[]	Level 1
	06° 02' 13" S	18:27	36.64	4,402.88	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
FPSO MONDO	011° 46' 41" E	21-10-2025				279.39	RL	16.47	14.00	01:10	50	50	200	C	174.90 998206	59	59	60			II	[]	Level 1
	05° 59' 32" S	19:38	53.11	4,386.41	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
AZURITE TERMINAL	011° 30' 20" E	21-10-2025				290.45	RL	46.36	14.00	03:18	50	50	500	D	459.55 451229	59	59	60			II	[]	Level 1
	05° 43' 21" S	22:57	99.47	4,340.06	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
GREENWICH MERIDIA	010° 46' 43" E	21-10-2025				281.20	RL	233.96	14.00	16:42	50	50	2000	D	1884.6 122223	59	59	60			II	[]	Level 1
	04° 57' 57" S	15:39	333.43	4,106.10	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
EQUATOR	006° 56' 23" E	22-10-2025				289.54	RL	928.20	14.00	18:18	50	50	2000	D	1884.6 115013	59	59	60			II	[]	Level 1
	00° 12' 25" N	09:57	1,261.63	3,177.89	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
SHERBO ISLAND	007° 39' 07" W	25-10-2025				315.65	RL	863.37	14.00	13:40	50	50	1000	D	936.09 999320	59	59	60			II	[]	Level 1
	10° 29' 30" N	23:37	2,125.00	2,314.53	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
50NM W OF DAKAR	017° 45' 52" W	27-10-2025				351.61	RL	252.49	14.00	18:02	50	50	2000	D	1884.6 115013	59	59	60			II	[]	Level 1
	14° 38' 43" N	17:40	2,377.49	2,062.04	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
MDAT -GOG FINAL R	018° 23' 32" W	28-10-2025				2.20	RL	368.26	14.00	02:18	50	50	2000	D	1885.1 215013	59	59	60			II	[]	Level 1
	20° 46' 23" N	19:58	2,745.75	1,693.77	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
CABO BARBAS	018° 08' 42" W	29-10-2025				9.01	RL	133.96	14.00	09:34	50	50	2000	D	1884.6 115013	59	59	60			II	[]	Level 1
	22° 58' 59" N	05:32	2,879.71	1,559.81	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
TUTARRAN	017° 46' 02" W	30-10-2025				37.17	RL	348.80	14.00	00:54	50	50	500	B	475.55 217739	59	59	60			II	[]	Level 1
	27° 36' 26" N	06:27	3,228.51	1,211.01	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1	
	013° 53' 18" W	31-10-2025				32.61	RL	385.64	14.00	03:32	50	50	500	B	475.55 451229	59	59	60			II	[]	Level 1

Рисунок 2.3 – Маршрутний лист, частина перша

Name	Position	Arrival (Local Time)	Overall Distance Travelled	Overall Distance Remaining	Turn Radius	Brg	Type	Dist	Speed	Duration	XTD Port	XTD Stbd	Min Depth	CATZOC	UKC	Safety Contour	Safety Depth	Pos. Fixing Every	Position Fixing Method	Watch Level	E/R Manned	Security
			[nm]	[nm]	[nm]			[nm]	[kn]	[hh:mm]	[m]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[min]				
MOGADOR	33° 01' 13" N	10:00	3,614.15	825.37	2	] 47.82	RL	256.95	14.00	18:21	50	50	200	B	181.45 457172	59	59	60	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	II	[X]	Level 1
DUAL FUEL ON	009° 52' 27" W	04:21	3,871.10	568.43	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
GIB TSS ENTRY	006° 01' 12" W	02-11-2025	3,888.02	551.50	2	] 89.01	RL	16.92	14.00	01:12	50	50	200	B	181.45 457172	59	59	30	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1
MID TSS	35° 54' 15" N	05:33	3,888.02	551.50	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	005° 40' 56" W	02-11-2025	3,893.95	545.58	2	] 72.11	RL	13.77	14.00	00:25	50	50	500	A2	477.06 451229	59	59	15	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1
GIB TSS EXIT	35° 55' 26" N	05:59	3,893.95	545.58	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	005° 33' 52" W	02-11-2025	3,907.72	531.80	2	] 81.51	RL	10.69	14.00	00:59	50	50	500	A2	475.55 451229	59	59	15	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1
12NM OUT	35° 59' 41" N	06:58	3,907.72	531.80	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	005° 17' 37" W	02-11-2025	3,918.42	521.11	2	] 85.69	RL	10.69	14.00	00:45	50	50	500	B	536.32 224943	59	59	60	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	II	[X]	Level 1
CABO DEGATA	36° 01' 15" N	07:44	3,918.42	521.11	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	005° 04' 40" W	02-11-2025	4,059.60	379.93	2	] 50.81	RL	141.18	14.00	10:05	50	50	562	B	965.59 127971	59	59	60	Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1
CABO DE PALOS	36° 11' 54" N	17:49	4,059.60	379.93	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]			
	002° 09' 50" W	02-11-2025	4,178.12	261.40	2	] 28.18	RL	118.52	14.00	08:27	50	50	1000	B	475.55 451229	59	59	60	Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]	II	[]	Level 1
CABO DE LA NAO	37° 26' 37" N	02:17	4,178.12	261.40	2														Visual [] Radar [] GPS [X] Other [X]			
	000° 15' 20" W	03-11-2025	4,273.80	165.72	2	] 25.18	RL	95.68	14.00	06:50	50	50	500	B	475.55 451229	59	59	60	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	II	[X]	Level 1
Approach	38° 50' 36" N	09:07	4,273.80	165.72	2														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	000° 41' 52" E	03-11-2025	4,434.66	4.86	0.5	] 345.57	RL	160.86	10.00	16:05	50	50	500	B	475.07 967704	59	59	60	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	II	[X]	Level 1
Pilot Station	41° 16' 12" N	01:12	4,434.66	4.86	0.5														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	002° 11' 18" E	04-11-2025	4,436.56	2.97	0.3	] 339.66	RL	1.90	10.00	00:11	50	50	50	B	34.829 677045	18	18	5	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1
AIO(2) BUOY	41° 17' 54" N	01:23	4,436.56	2.97	0.3														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	002° 10' 43" E	04-11-2025	4,438.11	1.41	0.3	] 331.57	RL	1.56	8.00	00:11	50	50	17.7	A1	3.5816 087543	10	13	5	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1
Channel Line Up	41° 19' 21" N	01:35	4,438.11	1.41	0.3														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	002° 09' 60" E	04-11-2025	4,438.23	1.30	0.3	] 11.39	RL	0.11	8.00	00:00	50	50	17.7	A1	4.4352 862547	10	13	5	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1
Line up turn basi	41° 19' 32" N	01:36	4,438.23	1.30	0.3														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	002° 09' 52" E	04-11-2025	4,439.12	0.41	0.3	] 294.17	RL	0.89	3.00	00:17	50	50	15.6	A1	2.3150 926197	10	13	5	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1
Berth	41° 20' 33" N	01:53	4,439.12	0.41	0.3														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			
	002° 10' 09" E	04-11-2025	4,439.52	0.00	0.3	] 294.17	RL	0.41	1.00	00:24	50	50	15	A1	1.5292 986349	10	13	5	Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]	IV	[X]	Level 1
	41° 20' 38" N	02:18	4,439.52	0.00	0.3														Visual [X] Radar [X] GPS [X] Other [X]			

Рисунок 2.4 – Маршрутний лист частина друга

2.3.3 Графічний план переходу

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

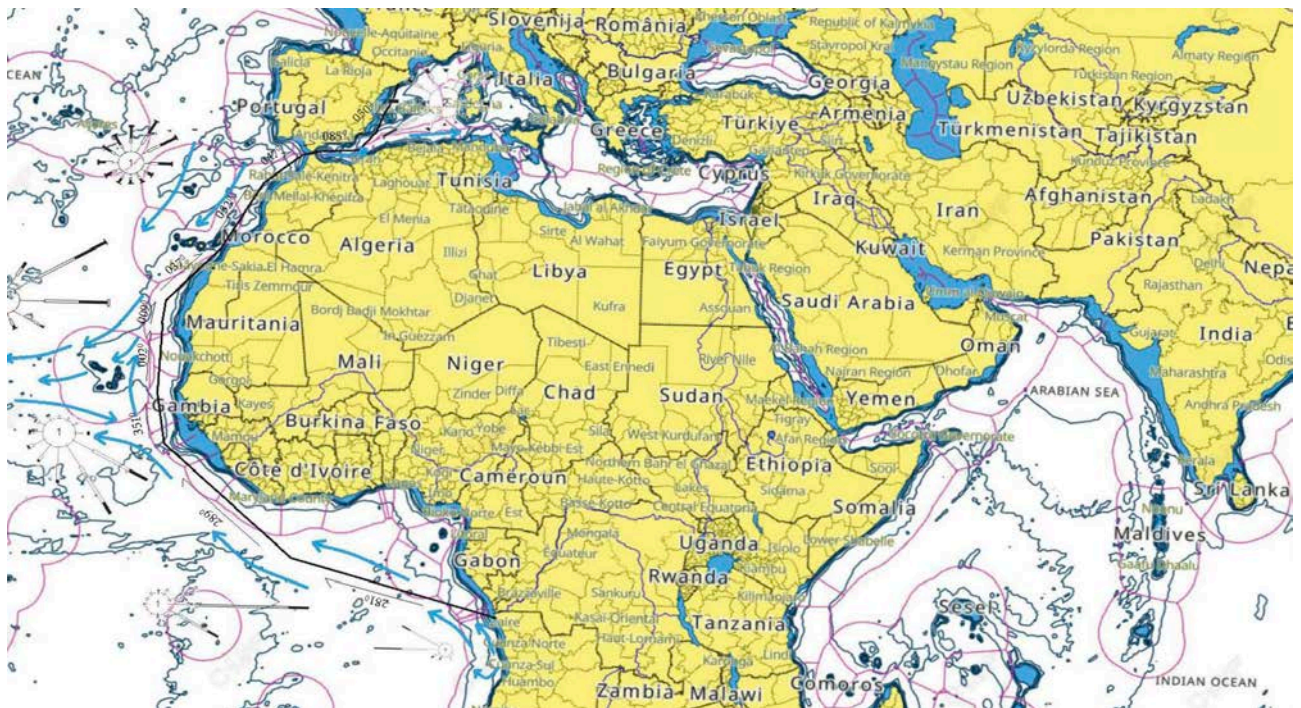


Рисунок 2.5 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

- за широтою φ і датою запланованого плавання виберемо з Nautical Almanac без інтерполяції моменти місцевого середнього часу (LMT) сходу і заходу Сонця і 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 (ZT) явищ, характеризуючих освітленість (користуючись для інтерполяції таблицями: "Conversion of ARC to Time" і "Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc". Результати вносять в таблицю.

По широті місця судна φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формулі tg A розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході, які також внесемо до таблиці 2.11.

Для отримання місцевого часу явища (Correct LMT) треба у табличний час ввести дві поправки: Correct LMT = LMT for Lat + Lat correction + Long correction. Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

$$\text{GMT} = \text{Correct LMT} \pm \text{Longitude.} \quad (2.5)$$

Грінвічний час явища переводять в судновий:

$$\text{ZT} = \text{GMT} \pm \text{ZD} \quad (2.6)$$

Таблиця 2.11 – Елементи освітленості

Дата	Поча- ток навіг. сутінок	Сонце				Кінець навіг. сутінок	Місяць		
		Схід		Захід			Схід Тс	Вік, дні	Захід Тс
		Тс	А	Тс	А				
20/10	05:18	07:50	100	18:13	259	18.59	05:11	29	17:31
24/10	05:30	06:15	102	18:23	258	19:08	08:18	03	20:43
28/10	06:21	07:08	103	18:48	256	19:35	12:52	07	00:23
01/11	06:06	07:01	107	17:52	253	18:18	15:21	11	03:22
04/11	06:25	07:27	106	17:41	249	18:43	17:20	15	08:44

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

У будь-якому пункті Землі рівень моря постійно змінюється. Регулярні коливання рівня викликаються: приливообразуючими силами Місяця і Сонця (приливні коливання); періодично змінюються вітрами; річним ходом опадів; випаровуванням; стоком континентальних вод (сезонні коливання). Випадкові

коливання рівня відбуваються під впливом неперіодично мінливого вітру, від різкої зміни атмосферного тиску.

В даному підпункті приведені дати і час висот повних і малих вод на дати і порти відходу і приходу.

Таблиця 2.12 – Час повних і малих вод. Для складання таблиці використовувалася програма Admiralty TotalTide

Сойо				Барселона			
20/10		21/10		04/11		05/11	
Тп	hп	Тп	hп	Тп	hп	Тп	hп
03:23	1.8	03:52	1.9	06:36	0.5	07:23	0.5
15:31	1.7	16:05	1.7	18:50	0.5	19:34	0.4
Тм	hм	Тм	hм	Тм	hм	Тм	hм
09:23	0.7	09:54	0.6	01:08	0.3	01:37	0.3
21:21	0.6	21:51	0.6	13:44	0.3	14:41	0.3

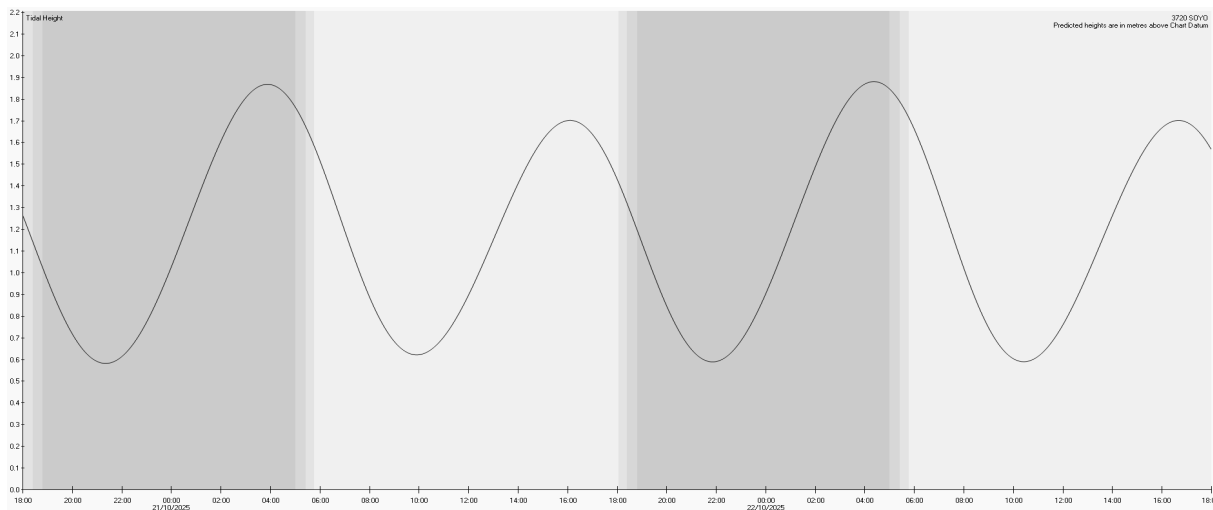


Рисунок 2.6 - Графік повної і малої води для порту Сойо

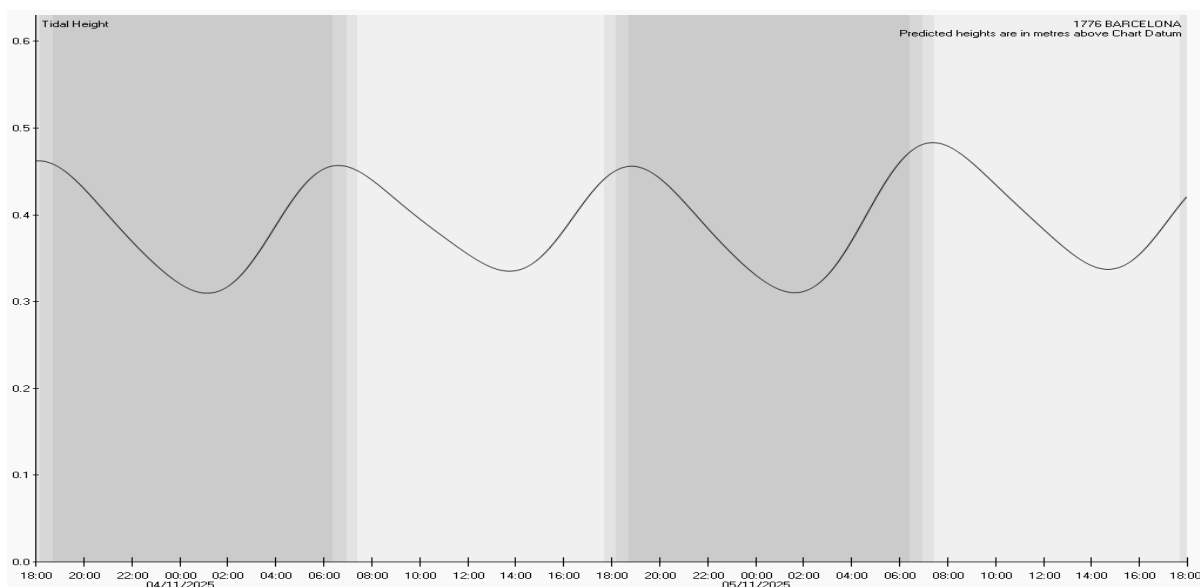


Рисунок 2.7 - Графік повної і малої води для порту Барселона

2.4 Висновки

Перехід з порту Сойо до порту Барселона проходить уздовж західного узбережжя Африки через екваторіальну зону, минаючи Гвінейську затоку та райони з підвищеною навігаційною активністю. Далі маршрут пролягає через центральну частину Атлантичного океану у напрямку Гібралтарської протоки. Увійшовши до Середземного моря, судно прямує на схід уздовж узбережжя Іспанії до підходу до порту Барселона. У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року.

Загальна протяжність переходу склала 4440 миль; час виходу з порту Сойо 21/10/2025 о 13:00 за місцевим часом; час приходу в порт Барселони 04/11/2025 о 03:30. Тривалість переходу 13 діб 14 годин 30 хвилин. При плаванні поблизу берегів найбільш точними способами визначення місця судна є визначення за допомогою РЛС, візуально, а так само комбінованим способом. Резервний спосіб обсервації - астрономічний.

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

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

Одним з ключових етапів підготовки до складання вантажного плану є ретельне вивчення фізико-хімічних та транспортних характеристик вантажу. Правильний облік цих властивостей безпосередньо впливає на безпечність транспортування, збереження якості вантажу, а також попередження аварійних ситуацій на борту.

До навантаження був пред'явлений зріджений природний газ (Liquefied Natural Gas, LNG).

Транспортні характеристики даного вантажу, відповідно до IMDG Code і перевірочні листи з безпеки (документ, відомий як Material Safety Data Sheet (MSDS)) представлені нижче:

LNG — це суміш переважно метану (CH_4) з невеликою кількістю етану (C_2H_6), пропану (C_3H_8), бутану (C_4H_{10}) та інших вуглеводнів, яка шляхом охолодження до температури близько $-162\text{ }^\circ\text{C}$ переводиться у рідкий стан при атмосферному тиску. У такому вигляді він займає приблизно в 600 разів менший об'єм, що робить транспортування економічно доцільним.

Перший етап виробництва LNG передбачає видобуток природного газу із підземних покладів, які можуть бути як незалежними газовими родовищами, так і супутніми джерелами в процесі нафтовидобутку. Отриманий газ, як правило, містить цілий ряд небажаних домішок, зокрема діоксид вуглецю, сірководень, водяні пари, важкі вуглеводні, азот, ртуть і пилові частинки, тому наступною стадією є його глибока очистка.

Очищення газу проводиться з метою усунення компонентів, які можуть негативно вплинути на процес скраплення або призвести до пошкодження технологічного обладнання. Зокрема, вміст води знижують до рівня менш ніж 1

ррт за допомогою адсорбентів (молекулярних сит), щоб уникнути утворення кристалів льоду при подальшому охолодженні. Видалення діоксиду вуглецю та сірководню здійснюється шляхом абсорбції за допомогою амінових розчинів, що запобігає їх кристалізації в кріогенних умовах. Додатково проводиться сепарація важких вуглеводнів, конденсатів та металевих домішок (зокрема ртуті), які можуть бути корозійно активними у присутності алюмінію — основного матеріалу теплообмінників.

Основною технологічною операцією у виробництві LNG є його скраплення. Суть цього процесу полягає у поступовому зниженні температури очищеного природного газу до кріогенних значень через систему багатоступеневих теплообмінників. На сучасних заводах найчастіше застосовується комбінований метод із використанням змішаного холодильного циклу (Mixed Refrigerant Cycle), що базується на послідовному охолодженні газу спочатку пропаном, а згодом — сумішшю низькокиплячих речовин (метану, етану, азоту). Така система дозволяє досягати високої енергоефективності та стабільної продуктивності при збереженні термодинамічної рівноваги. Процес охолодження є безперервним і відбувається в умовах герметичності та термічної ізоляції.

Отриманий у результаті скраплення LNG має температуру близько -160°C та густину у межах $420\text{--}470\text{ кг/м}^3$ залежно від його складу. Для тимчасового зберігання його перекачують у спеціалізовані кріогенні резервуари з подвійними стінками, заповненими теплоізоляційними матеріалами (перлітом, вакуумом або скловолокном). Такі резервуари мають інертне середовище, зазвичай азотне, що дозволяє уникнути контакту з киснем і запобігає ризику утворення вибухонебезпечних сумішей.

Перед транспортуванням LNG перекачується з берегових резервуарів у вантажні танки LNG-танкерів, які побудовані з використанням кріогенно стійких матеріалів (алюмінію, нікелевих сталей або Invar) та обладнані ізоляційною системою для зменшення втрат у вигляді випаруваного газу. Навіть за ідеальних умов частина вантажу все одно поступово випаровується — це явище відоме як

«boil-off gas» (BOG). У залежності від конструкції судна та режиму перевезення добова втрата LNG у вигляді випарів може становити від 0,05 до 0,15% від загального об'єму. Цей газ або знову скраплюється, або використовується як паливо для суднових енергетичних установок.

Середня густина LNG при температурі $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить $425\text{--}470\text{ кг/м}^3$. Типове значення — $\rho_{15/4} = 0,450\text{ т/м}^3$ (450 кг/м^3). Визначення маси вантажу здійснюється множенням об'єму на густину з урахуванням температурної корекції.

Температура кипіння = $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$ при атмосферному тиску. LNG транспортується при температурі трохи вище цієї точки, щоб уникнути утворення надмірного тиску через випаровування.

Оскільки LNG транспортується при температурі, близькій до точки кипіння, тиск насиченої пари становить приблизно $0,1\text{--}0,25\text{ бар}$ при $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зростання температури вище цієї межі веде до різкого збільшення тиску, тому дуже важливим є постійний температурний контроль.

Низька кінематична в'язкість LNG при температурі $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ — приблизно $0,12\text{--}0,17\text{ мм}^2/\text{с}$. Це сприяє високій швидкості потоку при навантажувально-розвантажувальних операціях.

Метан, основна складова LNG, має температуру спалаху нижче $-188\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однак в умовах транспортування LNG перебуває в рідкому стані та не формує вибухонебезпечних парів доти, доки не випарується.

Температура самозапалювання $650\text{ }^{\circ}\text{C}$, але попри низьку температуру спалаху, високий поріг самозаймання дозволяє контролювати ризики за допомогою інертного середовища та ретельної вентиляції.

Складові небезпеки вантажу:

- Висока летючість та вибухонебезпечність у разі утворення парогазової хмари.
- Сильне охолодження, що викликає крихкість матеріалів (ризик криогенних руйнувань).
- Ризик асфіксії через витіснення кисню парами метану.

- Висока схильність до накопичення статичної електрики в газовій фазі.

LNG є термічно нестабільним продуктом, оскільки при підвищенні температури навіть на кілька десятих градуса починається інтенсивне випаровування. Усі системи танкера мають бути кріогенно захищеними.

Для запобігання займанням у вантажних танках підтримується атмосфера азоту з вмістом кисню не вище 1–2%, особливо при завантаженні, вивантаженні та інертизації після дегазування.

Випаровування газів (BOG — boil-off gas): у процесі перевезення частина LNG неминуче випаровується. Середній рівень випаровування — від 0,05% до 0,15% на добу. Цей газ може бути використаний для роботи головного двигуна (dual-fuel), спалений у газоспалювальній установці або скраплений повторно.

Швидкість завантаження/вивантаження на типовому LNG-танкері (типу Moss або мембранного типу) середня швидкість навантаження становить 10 000–12 000 м³/год через два-три вантажні колектори. Вивантаження здійснюється з використанням занурених насосів із загальною продуктивністю до 8 000–10 000 м³/год.

Підготовка вантажних танків:

Перед завантаженням LNG танки проходять сушіння, інертизацію, підготовку до погрузки та охолодження до -130...-145 °С з поступовим охолодженням конструкцій танка для запобігання термошоку. Сушіння виконується за допомогою азоту або інертного газу, охолодження — шляхом введення малого об'єму LNG. Контроль за залишковим вмістом вологи — критично важливий: навіть незначна кількість води перетворюється на лід, який порушує роботу обладнання.

Внутрішні елементи танків виготовляються з матеріалів, стійких до дії наднизьких температур (наприклад, нікелеві сталі, алюміній, інвар). Ізоляційні матеріали (перліт, поліуретан, скловолокно) забезпечують зниження рівня випаровування.

LNG класифікується як небезпечний вантаж за класифікацією IMO (IMDG Code), клас 2.1 — займисті гази. Його перевезення регулюється Кодексом IGC

(International Gas Carrier Code) і повинно відповідати вимогам SOLAS, MARPOL, а також інструкціям ISGOTT і ICS Tanker Safety Guide (Liquefied Gas).

На підставі наведеної інформації з вантажу представимо в таблиці 3.1 його транспортні характеристики.

Таблиця 3.1 - Транспортні характеристики

Найменування вантажу	Вид тари	Паспортна густина вантажу ρ	Валові норми вантаж. робіт, м ³ /год	
			Навантаження	Вивантаження
LNG (ЗПГ)	налив	0,450	12000	9000

Перевезення зрідженого природного газу морським транспортом регламентується Кодексом міжнародних перевезень газів наливом — IGC Code (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk), який є обов’язковим згідно з Конвенцією SOLAS 1974 (Глава VII, Частина С). Кодекс встановлює вимоги до конструкції, обладнання, експлуатації та заходів безпеки для газових танкерів. Він також визначає параметри допустимих навантажень, типи танків, системи вентиляції, інертизації та газовідведення.

Вантаж LNG класифікується як займистий газ, клас 2.1 відповідно до класифікації небезпечних вантажів ІМО, однак його транспортування не регулюється IMDG Code, оскільки цей кодекс не поширюється на насипні вантажі, перевезені наливом, що підпадають під дію IGC Code.

Додатково, вимоги до екологічної безпеки транспортування ЗПГ визначені положеннями Конвенції MARPOL 73/78, зокрема Додатком VI (щодо викидів у повітря), а також міжнародними стандартами та практичними керівництвами, зокрема:

SIGTTO Guidelines (Society of International Gas Tanker and Terminal Operators),

ICS Tanker Safety Guide (Liquefied Gas),

Material Safety Data Sheet (MSDS) для LNG,

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

Підготовка вантажних танків до прийому вантажу LNG є технологічно складним і багатоступеневим процесом, що вимагає суворого дотримання технічних регламентів, міжнародних стандартів і заходів безпеки. На відміну від традиційних наливних танкерів, LNG-танкери працюють з кріогенним вантажем, що перебуває в рідкому стані при температурі приблизно -160°C , що обумовлює специфіку підготовчих операцій.

Перед початком вантажних робіт вантажовідправник надає капітану судна Декларацію про вантаж (LNG Shipper's Cargo Declaration), яка містить інформацію про фізико-хімічні характеристики зрідженого газу, допустимий рівень випарів (boil-off rate), об'єм вантажу, температуру навантаження, необхідний рівень інертності атмосфери в танках, а також сертифікат якості партії (Certificate of Quality).

Перед початком завантаження зрідженого природного газу (LNG) на судні-танкері проводиться чітко визначена послідовність технологічних операцій з підготовки вантажних ванн та суміжних систем. Ці операції необхідні для створення безпечного середовища, забезпечення відповідних термічних і атмосферних умов, а також запобігання термічним пошкодженням і утворенню гідратів чи льоду. Вихідною стадією є осушення вантажних танків (Drying). Після цього слідує інертизація (Inerting), потім — заповнення паром вантажу (Gassing up), і нарешті — охолодження танків до температури завантаження (Cooldown).

Осушення вантажних танків (Drying). Цей етап полягає у видаленні вологи та повітря з вантажних танків і систем навантаження, оскільки присутність водяної пари або залишків повітря при охолодженні до кріогенної температури може призвести до утворення льоду, гідратів або корозійних агентів, що негативно впливають на безпеку та операційність систем. Згідно з інструкціями «Preparation for Loading LNG Cargo», осушення виконується шляхом продування

танка сухим азотом або сухим інертним газом із досягненням точки роси, нижчої за $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (або навіть $-70 \dots -40\text{ }^{\circ}\text{C}$) та контролюванням вологості вмісту. Під час цієї операції також контролюється рівень залишкової води, наявність сторонніх предметів у танку, стан запірної арматури та герметичність.

Після осушення здійснюється введення інертного газу — зазвичай азоту або інертної суміші — для витіснення кисню та створення атмосфери, безпечної з точки зору вибухонебезпеки. Завданням є досягнення вмісту кисню нижче за встановлений поріг (наприклад, $< 2\%$ об'ємних) або заданої точки роси. Індукція інертного газу здійснюється через трубопровід у нижній частині танка, а вивітрювання (виведення заміщеного повітря/кисню) — через вентиляційний випуск у верхній частині. Загалом, ця операція забезпечує, що наступний етап — введення парів вантажу — виконуватиметься без ризику утворення вибухонебезпечної атмосфери.

Після інертизації танки готують до безпечного введення вантажу шляхом заміщення інертної атмосфери парами LNG або суміжного газу. Під час gassing-up теплий газ або пари LNG вводяться у танки, щоб видалити залишки CO_2 чи інертного газу, а також остаточно осушити атмосферу перед охолодженням. Цей процес важливий, оскільки наявність CO_2 або інертного газу у великій кількості може спричинити замерзання або утворення твердих осадів при подальшому охолодженні. У практиці танкерів після gassing up проводиться моніторинг вмісту метану або інших компонентів у атмосфері танка, щоб переконатися, що склад відповідає встановленим параметрам.

Завершальною підготовчою операцією перед завантаженням є поступове зниження температури вантажних танків до робочої кріогенної температури. Охолодження зазвичай здійснюється шляхом введення невеликої кількості LNG або його парів через систему охолодження (наприклад, спреєва подача) із суворим контролем температурного градієнта, щоб уникнути термошоку, деформацій металевих конструкцій або пошкодження ізоляційних систем. Для типових танків на мембранних суднах час охолодження може становити 10–12 годин, на танкерах типу Moss — приблизно 20 годин. Після досягнення

температури приблизно $-140 \dots -160^{\circ}\text{C}$ танк вважається готовим до прийому основної партії LNG.

У процесі підготовки LNG-танкера до навантаження особлива увага приділяється перевірці систем контролю, безпеки та автоматичного регулювання, що є критично важливими для роботи з кріогенним вантажем. Враховуючи високу енергонасиченість вантажу, низьку температуру його зберігання, а також потенційну вибухонебезпечність парогазової фази, усі елементи вантажної системи повинні бути приведені у повну функціональну готовність і відповідати вимогам Міжнародного газового кодексу (IGC Code), галузевих інструкцій SIGTTO та стандартів судновласника.

У першу чергу перевіряється справність системи контролю рівня LNG у вантажних танках, яка включає як основні датчики, так і резервні механізми вимірювання. Їхня надійна робота є запорукою дотримання операційного режиму завантаження та запобігання переповненню вантажних відсіків. Паралельно проводиться випробування систем сигналізації критичних рівнів заповнення, зокрема сигналізацій на позначках 95% і 98% від загального об'єму. Перша використовується як попереджувальний елемент, тоді як перевищення другої активує систему аварійного зупинення перекачування (ESD – Emergency Shut Down), яка повинна бути синхронізована з береговою інфраструктурою для забезпечення негайного припинення подачі вантажу.

Системи аварійного зупинення вантажних операцій перевіряються на предмет справності кожного з компонентів, включаючи дистанційно керовані клапани, лінії сигналізації та електроприводи. Усі ці елементи повинні демонструвати здатність до негайного спрацювання без зволікань у разі виникнення нештатної ситуації. Окремо перевіряється герметичність усіх вантажних ліній, з'єднань, фітингів, кріогенних сполучень і фланців. При виявленні мікропідтікань чи утворень у вигляді інею, льоду або гідратів, з'єднання додатково герметизуються або замінюються до початку вантажних операцій. Всі з'єднання підлягають візуальному огляду та, за необхідності, гідравлічному або газовому випробуванню.

Важливим елементом системи підготовки є газовідвідна система (GCU – Gas Combustion Unit або Flare System), яка забезпечує безпечне видалення та згоряння надлишкових парів вантажу (boil-off gas) під час охолодження або зупинки процесу навантаження. У разі неможливості повторного скраплення випаруваного газу або використання його для енергоживлення судна, GCU повинна працювати безперебійно відповідно до проєктної потужності та мати підтверджений запас надійності. Перевіряється стан пальників, датчиків температури, клапанів, систем контролю полум'я та зворотних запобіжних пристроїв.

На мембранних LNG-танкерах особливої уваги вимагає міжпанельний простір, який заповнюється азотом або осушеним повітрям для підтримання нейтрального середовища та створення додаткового рівня безпеки. Інертизація цього простору проводиться з метою виключення потрапляння кисню у вантажний відсік у разі мікропошкоджень внутрішнього бар'єру. За допомогою спеціалізованих газоаналізаторів контролюється вміст кисню, вологість та тиск міжпанельної атмосфери, а результати записуються в експлуатаційний журнал для подальшого аналізу.

Під час всього комплексу підготовчих операцій паралельно перевіряються також допоміжні системи: газодетектори, пожежна сигналізація, засоби зв'язку, заземлення вантажних трубопроводів, освітлення в районі маніфольдів. Всі перевірки та тести фіксуються у відповідних журналах та підтверджуються підписами відповідальних осіб. Остаточним етапом є заповнення контрольного переліку готовності до вантажних операцій (Cargo Readiness Checklist) і його затвердження старшим помічником капітана, після чого судно може бути офіційно допущене до навантаження LNG.

Перевезення вантажів морським транспортом здійснюється на основі договору морського перевезення, що має наступні основні форми: чартер, коносамент, букінг-нот, берс-нот і фікшур-нот.

Договором морського перевезення вантажів у трамповому судноплавстві є чартер (charter party), у лінійному - коносамент (Bill of Lading).

Договір морського перевезення вантажу повинен укладатися в письмовій формі.

Наявність і зміст договору морського перевезення можуть підтверджуватися чартером, коносаментом або іншими письмовими доказами.

При перевезеннях по чартеру для розміщення вантажу надається судно цілком або його певна частина. Цю форму договору застосовують при перевезеннях масових вантажів, постачання яких здійснюються пароплавними партіями, наливних, навалювальних і лісових.

У чартері детально обмовляють зміст договору і взаємні зобов'язання сторін: найменування і техніко-експлуатаційні характеристики судна, рід вантажу, його транспортні особливості і кількість, порти навантаження і вивантаження, терміни готовності судна під навантаження, фрахт, порядок розрахунку сталійного часу і т. д. Умови чартеру узгоджують фрахтувальник і перевізник, при цьому вони є обов'язковими тільки для партнерів і тільки на період даної угоди. На практиці для оформлення договору використовують типові проформи чартерів. В даний час нараховується понад 400 проформ чартерів, що охоплюють всі основні вантажопотоки масових вантажів.

Як договір морського перевезення при відправленнях мілкопартійних генеральних вантажів у лінійному суднопластві використовують коносамент. На відміну від чартеру умови лінійного коносамента розробляє судноплавна компанія (конференція) односторонньо, без узгодження з вантажовласниками, і вони є єдиними для усіх відправників і діють протягом тривалого часу.

Важливою особливістю перевезень по коносаменту являється те, що лінійні компанії, як правило, приймають вантаж до перевезення завчасно до підходу судна (забезпечують його збереження на своїх складах, виконують комплектацію судових партій і підготовку вантажних документів). Навантаження-вивантаження оплачується судовласником і організуються на причалах лінії.

– Коносамент – один з головних інструментів в операціях, зв'язаних з використанням морських суден. З юридичної сторони коносамент являє

собою: розписку перевізника про приймання вантажу зазначеного роду, у зазначеній кількості і стані;

- доказ договору перевезення;
- товаророзпорядчий документ, що дозволяє його власникові розпоряджатися вантажем.

В іноземному праві вказується, що для видачі коносамента потрібно, насамперед, фактичне вручення вантажу перевізникові, передача йому фізичного володіння вантажем і контроль над ним.

Видача коносамента допускається тільки після приймання вантажу до перевезення. Він видається один раз для перевезення даної партії вантажу. Вторинна видача коносамента по тому самому вантажу припустима тільки за умови повернення перевізникові раніше виданих відправникові екземплярів. Недотримання цього правила приводить до майнової відповідальності перевізника. Коносамент виписується на кожну окрему партію вантажу, прийнятого на судно. Застосовуються два види коносаментів у залежності від часу їх видачі відправникові: для вантажу, прийнятого до перевезення (received for shipment), і для вантажу, прийнятого на борт (on board або shipped on board). Перший вид практикується при базисній умові ФАС і при лінійних перевезеннях, коли вантаж приймається на склад для подальшого його відправлення на черговому судні за розкладом. У результаті, відправник вантажу одержує можливість мати на руках товаророзпорядчий документ і розпоряджатися їм за своїм розсудом. Бортовий коносамент видається на завантажений, на борт товар. У ряді випадків умови контракту вимагають, щоб на коносаменті був ще додатковий напис: "на борту" ("on board").

Коносамент містить наступні реквізити:

1. Найменування судна;
2. Найменування перевізника (судовласницького підприємства);
3. Порт і країна навантаження;
4. Порт і країна вивантаження;
5. Найменування відправника;

6. Найменування одержувача.

При цьому передбачаються наступні варіанти:

- конкретне найменування одержувача. У цьому випадку коносамент називається іменним. Застосовується він у тому випадку, коли товар уже проданий і відправлений за адресою одержувача;
- коносамент на пред'явника. У цьому випадку графа "вантажодержувач" не містить ніяких указівок, і вантаж видається тому, хто його пред'явить;
- коносамент може бути виписаний "наказові відправника" або "наказові одержувача". У цьому випадку коносамент зветься ордерним. У графі "найменування одержувача" повинне бути зазначено: "to order of ..." і далі найменування організації відправника або одержувача. У практиці міжнародної торгівлі переважають ордерні коносаменти, тому що вони спрощують передачу прав на вантаж. Іменні ж коносаменти виписуються рідше, переважно на коштовні вантажі.

Штурманська розписка є посвідченням судновласника в прийнятті товару до перевезення. Виписує цей документ помічник капітана в підтвердження одержання конкретної партії на борт судна. Розписка описує видимий стан товарів і дозволяє перевізникові видати коносамент. У ній відображаються результати перевірки, проведеної контролерами судновласника при прийомі товару для навантаження або під час навантаження. Це не товаророзпорядчий документ. На прохання відправника він може бути замінений коносаментом.

Чартерний (фрахтовий) коносамент - документ, у який інкорпуються шляхом посилання окремі з умов чартер-партії для того, щоб вони могли мати ефект для вантажодержувача або індосата коносаменту. Але коносамент, виданий по чартеру, що не містить у собі умови чартеру за договором з одержувачем вантажу або індосатом, не є фрахтовим коносаментом.

Делівері-ордер (частковий коносамент)- товаророзпорядчий документ, який видається перевізником або вантажодержувачем з підтвердженням капітаном судна. Використовується у випадку продажу вантажодержувачем товару до того, як він прийняв доставку. Товар може бути куплений різними

покупцями, на кожний з них виписується делівері-ордер на відповідну частину товару.

Таймшит - документ - відомість урахування стояночного часу судна (сталійного часу), передбаченого чартером на проведення вантажних операцій. Він складається в кожному порту навантаження і вивантаження судна, підписується капітаном і представником фрахтувальника. Служить підставою для розрахунку по диспачу і демереджу. У таймшиті фіксуються усі виробничі операції і непродуктивні простої за час стоянки судна в порту. У ньому вказуються: найменування порту і судна; дата і час прибуття судна і вручення нотису про готовність до навантаження (вивантаження); дата і час фактичного початку і закінчення вантажних робіт; тривалість і причини перерв у роботі; норма вантажних робіт з чартеру.

Морська накладна (лінійна накладна, океанська накладна) - документ, що підтверджує наявність договору перевезення вантажу морським шляхом і прийняття або навантаження вантажу перевізником і по якому перевізник зобов'язується доставити вантаж вантажоодержувачеві, зазначеному в документі. Накладна не являється ні оборотним, ні товаророзпорядчим документом, вантаж видається зазначеному в ній вантажоодержувачеві. До накладної додаються необхідні товаросупроводжувальні документи.

Комерційний акт - документ, складений перевізником, або його представником, що засвідчує факт нестачі, псування або ушкодження вантажу при його видачі одержувачеві в пункті призначення. Він фіксує розмір, характер і причини несхоронності вантажу і є підставою для покладання за неї матеріальної відповідальності на перевізника.

Маніфест – список вантажів, прийнятих на судно, що складають роздільно для кожного порту призначення на основі зведень, зазначених у коносаменті. Він оформляється для митниці. По кожній партії вантажів у маніфесті наводять наступні дані: номер коносамента, маркірування і кількість вантажних місць, рід вантажу, його масу й об'єм, найменування відправника й одержувача, загальну суму нарахованого фрахту і фрахт, оплачений відправником.

Виконавчий вантажний план складається за результатами навантаження судна і містить загальний розподіл вантажу по вантажних приміщеннях і на верхній палубі.

Люкові записки складаються роздільно по кожному трюму і містять перелік усіх коносаментних партій, розміщених у даному відсіку в порядку черговості їх вивантаження. Їх виписує вантажний помічник капітана на основі виконавчого вантажного плану і коносаментів.

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

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

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

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

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повна розрахункова водотоннажність судна Δ_p , що служить вихідною величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності $\Delta_{\text{ч}}$ на рейс, залежить

від вантажних марок у портах навантаження і вивантаження і вантажних марок і обмежень осадки на трасі переходу.

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

Перехід Сойо — Барселона проходить через зони дії тропічної прісноводної вантажної марки (у порту навантаження) та літньої (у порту вивантаження) вантажних марок. Відповідно до вимог визначення вантажопідйомності та враховуючи, що навантаження відбувається в зоні дії тропічної марки, а вивантаження — у зоні дії літньої, за розрахункову повну водотоннажність Δ_p приймається значення по літній вантажній марці, як найменш вигідній на маршруті.

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

$$\Delta_p = 122143.7 \text{ т.}$$

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

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_0, \quad (3.1)$$

де Δ_0 - водотоннажність порожнього судна, т.

$$\Delta_w = 122143.7 - 32337.4 = 89806.3 \text{ т}$$

Ходовий час визначається за формулою:

$$t_p = S/(V_s \cdot 24) + t_{зп}, \quad (3.2)$$

де V_s - швидкість судна;

S - довжина траси переходу, милі;

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

$$t_x = 4440/(14.0 \cdot 24) + 0.5 = 13.6 \text{ діб}$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{M}, \quad (3.3)$$

де Q_i - маса вантажу одного найменування, т;

n - кількість найменувань вантажу (обов'язкових і факультативних);

M - Валова норма вантажних робіт, т/добу.

Стояночний час розраховують умовно приймаючи

$$t_{\text{ст}} = 89806.3 / (3791 \cdot 24) = 1 \text{ доба}$$

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

$$P_{\text{зап}} = P_{\text{зап}}^x + P_{\text{зап}}^{\text{ст}}; \quad (3.4)$$

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_{\text{т}}^x + P_{\text{в}}^x + P_{\text{см}}^x; \quad (3.5)$$

де $P_{\text{т}}^x$, $P_{\text{в}}^x$, $P_{\text{см}}^x$ - відповідно кількість палива, води і мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням коефіцієнта штормового запасу $k_{\text{шт}}$ (за рекомендацією судновласника приймемо 20%).

$$P_{\text{т}}^x = q_{\text{т}}^x \cdot t_{\text{х}} \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.6)$$

$$P_{\text{в}}^x = q_{\text{в}}^x \cdot t_{\text{х}} \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.7)$$

$$P_{\text{см}}^x = q_{\text{м}}^x \cdot t_{\text{х}} \cdot k_{\text{шт}}; \quad (3.8)$$

де q^x_T, q^x_B, q^x_{cm} - добова норма витрати палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу.

$$P^x_T = 140 \cdot 13.6 \cdot 1.2 = 2284.8 \text{ т}$$

$$P^x_B = 7 \cdot 13.6 \cdot 1.2 = 114.2 \text{ т}$$

$$P^x_{cm} = 0.005 \cdot 13.6 \cdot 1.2 = 0.1 \text{ т}$$

$$P^x_{зап} = 2283.8 + 114.2 + 0.1 = 2398.1 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасів:

$$P^{ct}_{зап} = P^{ct}_T + P^{ct}_B + P^{ct}_{cm}; \quad (3.9)$$

$$P^{ct}_T = q^{ct}_T \cdot t_{ct}; \quad (3.10)$$

$$P^{ct}_B = q^{ct}_B \cdot t_{ct}; \quad (3.11)$$

$$P^{ct}_{cm} = q^{ct}_m \cdot t_{ct}; \quad (3.12)$$

де $q^{ct}_T, q^{ct}_B, q^{ct}_{cm}$ - добова норма витрати палива, води і мастила на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$P^{ct}_T = 40 \cdot 1 = 40 \text{ т}$$

$$P^{ct}_B = 6 \cdot 1 = 6 \text{ т}$$

$$P^{ct}_{cm} = 0.005 \cdot 1 = 0.005 \text{ т}$$

$$P^{ct}_{зап} = 40 + 6 + 0.005 = 46.005 \text{ т}$$

$$P_{зап} = 2398.1 + 46.005 = 2444.105 \text{ т}$$

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: палива з малим вмістом сірки 2178.4 т; дизельного палива 120.5 т; води 771 т; мастила 64.2 т.

$$\text{Усього } P_{зап} = 3134,1 \text{ т}$$

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

$$\Delta_{\text{ч}} = \Delta_{\text{W}} - (P_{\text{зап}} + P_{\text{кон}}) ; \quad (3.13)$$

де $P_{\text{кон}}$ – константа (екіпаж, постачання та ін.)

$$\Delta_{\text{ч}} = 89806.3 - (3134.1 + 424.8) = 86247.4 \text{ т}$$

Після визначення чистої вантажопідйомності судна, яка для розрахункового рейсу становить $\Delta_{\text{ч}} = 86247.4$ т, слід зазначити, що цей показник є формальним з точки зору загальної вантажної здатності судна, однак у випадку з LNG-танкером він не використовується як обмежувачий критерій. Причиною цього є специфіка перевезення зрідженого природного газу, який має дуже низьку густину в рідкому стані — у середньому близько $0,450 \text{ т/м}^3$ при температурі -160°C .

На практиці маса вантажу, яку може прийняти судно-газовоз, не визначається за залишковою дедвейтною вантажопідйомністю (тобто після вирахування рейсових запасів), як це прийнято для транспортування нафтопродуктів. Для LNG-танкерів вантажна місткість повністю обмежується конструктивним об'ємом вантажних танків, а не залишковою вантажопідйомністю. Це обумовлено тим, що при транспортуванні LNG переважно об'єм, а не маса, є критичним фактором.

На відміну від транспортування нафтопродуктів при температурі навколишнього середовища, LNG перевозиться у зрідженому стані при стабільній кріогенній температурі близько -160°C . Температура вантажу під час завантаження, зберігання та транспортування підтримується на постійному рівні за допомогою систем охолодження та теплоізоляції, що повністю виключає вплив температури зовнішнього середовища на його густину, об'єм або фізичний стан.

У зв'язку з цим відсутня необхідність враховувати температури повітря та морської води в портах навантаження та вивантаження, а також не виконується

температурна корекція густини вантажу. Паспортна густина LNG при температурі $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить у середньому $\rho = 0,450\text{ т/м}^3$. Параметри густини в процесі рейсу залишаються сталими, тому розрахунки за аналогією до транспортування нафтовантажів (з урахуванням лінійного коефіцієнта температурного розширення) не виконуються.

Вантажна місткість даного судна згідно технічної документації становить:
 Cargo Tank Capacity = $160\,588.4\text{ м}^3$

Згідно з вимогами Міжнародного газового кодексу (IGC Code), вантажні танки не можуть бути заповнені більше ніж на 98% з метою забезпечення простору для теплового розширення вантажу та накопичення випаруваного газу. Відповідно, максимальний експлуатаційний об'єм LNG, який може бути прийнятий на борт, становить:

$$W_{\text{еф}} = \text{CTC} \times \rho \quad (3.14)$$

де CTC – Cargo Tank Capacity, м^3

L – ліміт у 98%

$$W_{\text{еф}} = 162\,040.8 \times 0,98 = 158\,800\text{ м}^3$$

Враховуючи середню паспортну густина LNG у рідкому стані на температурі навантаження $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\rho = 0,450\text{ т/м}^3$), максимальна маса вантажу, що може бути прийнята на борт, становить:

$$Q = \rho \times W_{\text{еф}} \quad (3.15)$$

$W_{\text{еф}}$ – максимальний експлуатаційний об'єм, м^3

ρ – густина, т/м^3

$$Q = 0,450 \times 158\,800 = 71460\text{ т}$$

Таким чином, фактична вантажомісткість судна за масою визначається не розрахунковою чистою вантажопідйомністю $\Delta_{\text{ч}} = 86247.4\text{ т}$, а саме об'ємним обмеженням LNG-танків, яке в цьому рейсі становить 71460 т. Навіть за

наявності вільного дедвейту, додаткове завантаження LNG понад цей об'єм є неможливим, оскільки зріджений газ не піддається стиску та вимагає наявності ullage у танку.

Важливо підкреслити, що у випадку перевезення LNG обсяг рейсових запасів — таких як паливо, мастило, вода — не впливає на допустиму масу вантажу, оскільки лімітування відбувається не за залишковою вантажопідйомністю, а за максимальним допустимим об'ємом вантажу в танках при встановленій температурі. Така особливість конструктивно і нормативно закладена в експлуатаційну концепцію всіх суден-газовозів.

Це значення приймається за основу при складанні вантажного плану, розрахунку заповнення окремих танків, а також при проведенні розрахунків остійності для забезпечення безпечного переходу.

3.4 Складання вантажного плану

У випадку транспортування зрідженого природного газу (LNG) складання вантажного плану відбувається з урахуванням специфіки кріогенного вантажу, конструктивних особливостей судна-газовоза та суворих нормативних обмежень, встановлених Міжнародним кодексом щодо будівництва і оснащення газових танкерів (IGC Code). Всі вантажні операції супроводжуються ретельним плануванням послідовності заповнення танків, контролем над об'ємним заповненням (до 98 % максимального об'єму), а також забезпеченням рівномірного розподілу маси по корпусу судна з метою збереження остійності, допустимого диференту та уникнення перевантаження конструкцій за поздовжньою міцністю.

Під час завантаження LNG враховується, що вантаж має стабільну температуру (-160°C), не піддається стиску і вимагає обов'язкової наявності ullage у кожному танку. Тому обчислення виконуються не за максимально допустимою масою вантажу, як у випадку із сировою нафтою, а за допустимим об'ємом танків і середньою густиною LNG. Усі танки можуть бути заповнені

лише до рівня, що не перевищує 98 % від їх геометричного об'єму, що визначено як безпечний робочий ліміт.

У випадку перевезення зрідженого природного газу, що є однорідним кріогенним вантажем, розподіл вантажу по танках здійснюється не шляхом масового балансування різних типів вантажу, а на підставі конструктивного об'єму кожного вантажного відсіку. Всі танки LNG-танкера зазвичай заповнюються до встановленого технологічного максимуму, що не перевищує 98 % від їхньої геометричної місткості, з метою забезпечення достатнього вільного простору (ullage) для компенсації теплового розширення рідини та накопичення парогазової фази.

Розподіл вантажу здійснюється рівномірно та симетрично по судну, відповідно до об'ємних характеристик кожного танка, що визначені на стадії проектування. Такий підхід гарантує дотримання вимог щодо остійності, мінімізації деформацій корпусу, а також спрощує контроль і моніторинг вантажу під час переходу. Оскільки LNG не змішується і не комбінується у межах рейсу, уся система вантажопереробки функціонує як єдиний цілісний об'ємно-масовий блок, керований централізовано з вантажної контрольної станції.

Під час перевезення різнорідних вантажів у практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційно кубатурі вантажних приміщень за допомогою коефіцієнта порівняння вантажомісткості кожного вантажного приміщення (K_i):

$$K_i = \frac{W_i}{W_c}, \quad (i = 1, 2, \dots, n); \quad (3.16)$$

де W_i - вантажомісткість i -го вантажного приміщення, м^3 ;

W_c - вантажомісткість судна, м^3 ;

n - кількість вантажних приміщень.

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

$$Q_i = K_i \cdot Q_{\text{полн}}, \quad (3.17)$$

Розрахунок робимо в табличній формі.

Завершення складання вантажного плану засвідчується підписами старшого помічника капітана, офіцера вантажної служби та представника вантажовідправника (терміналу) з обов'язковим відображенням у вантажному журналі. Такий підхід забезпечує як технічну безпеку транспортування LNG, так і відповідність усім міжнародним вимогам.

Таблиця 3.2 – Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення W_i , м ³	Коефіцієнт порівняння, K_i	Припустиме максимальне вагове навантаження вантажного приміщення Q_i , т
Танк №1	22840.1	0.14223	10278.1
Танк №2	47455.7	0.29551	21355.1
Танк №3	47455.7	0.29511	21355.1
Танк №4	42836.9	0.26675	19276.6
Всього	160588.4	1	72264.8

Відхилення завантаження вантажного приміщення від розподіленої маси не повинне перевищувати 10%;

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

При плануванні рейсу LNG-танкера важливо враховувати як конструктивні обмеження судна, так і фізико-хімічні властивості зрідженого природного газу, що транспортується. LNG є надзвичайно енергоємною речовиною, яка зберігається при температурі приблизно -160°C . Незважаючи на високу ефективність теплоізоляції вантажних танків, під час переходу частина вантажу неминуче переходить з рідкого стану в газоподібний — цей процес відомий як випаровування вантажу або Boil-Off Gas (BOG).

Об'єм утвореного BOG залежить від тривалості рейсу, стану теплоізоляції, погодних умов, морського збудження, температури корпусу, а також характеристик маршруту. При сприятливих умовах (стабільна температура навколишнього середовища, помірне хвилювання, прямолінійний маршрут) середній рівень випаровування може становити 0,10–0,15 % від об'єму вантажу на добу. У реальному рейсі ці значення можуть варіюватися, однак завжди враховуються при розрахунках корисного вантажу, що буде доставлений у порт призначення.

Управління BOG є одним із ключових аспектів експлуатації LNG-танкера. Існує кілька режимів роботи з випаровуванням:

Утилізація BOG як паливо — найпоширеніший варіант, особливо на судах з двопаливними двигунами (DFDE, ME-GI, X-DF). У цьому випадку пароподібний газ надходить у головні або допоміжні двигуни, зменшуючи споживання звичайного палива.

Скраплення BOG — можливе лише на спеціалізованих LNG-танкерах, обладнаних системами повторного скраплення. Така система дозволяє повертати газ у рідкий стан і направляти його назад до вантажних танків.

Спалювання BOG у газоспалювальній установці (GCU) — резервний режим, що застосовується у випадку перевищення допустимого тиску в вантажній системі або неможливості утилізації.

Визначено, що для даного рейсу (Soyo – Barcelona) з урахуванням кліматичних умов жовтня–листопада, середній прогнозований рівень BOG не перевищує 0,12 %/добу, що відповідає галузевим стандартам. При середній тривалості рейсу в 10–12 діб очікувані втрати вантажу становитимуть приблизно 1,2–1,4 % від початкового об'єму, які будуть частково або повністю утилізовані в енергетичній системі судна.

Крім цього, в ході рейсу здійснюється постійний моніторинг тиску і температури в кожному танку, контроль за герметичністю міжпанельного простору (у разі мембранного типу танків), а також перевірка функціонування інертизаційної системи. Всі ці фактори мають вирішальне значення для забезпечення безпечного транспортування вантажу.

Зовнішні експлуатаційні умови рейсу не мають критичного впливу на властивості LNG, оскільки вантаж перебуває в замкненому ізольованому середовищі. Проте морське збурення, температурні коливання корпусу та вібраційні навантаження можуть впливати на інтенсивність випаровування, а отже — на ефективність BOG-менеджменту. Тому маршрут планується таким чином, щоб мінімізувати проходження зон сильного шторму або тривалого хвилювання.

З огляду на технічні можливості судна, передбачається, що для забезпечення енергетичних потреб у рейсі замість традиційного важкого палива (HFO) буде використовуватись саме випаруваний газ (BOG). Судно оснащено двопаливною енергетичною установкою (Dual Fuel Steam Propulsion), що дозволяє використовувати пароподібний LNG безпосередньо як паливо для головних двигунів, допоміжних генераторів та котлів. Це рішення є як економічно доцільним, так і екологічно обґрунтованим, оскільки зменшує залежність від нафтопродуктів, скорочує витрати на бункерування і значно знижує викиди оксидів сірки, азоту та твердих частинок.

З технічної точки зору, використання BOG як палива дозволяє підтримувати постійний контроль тиску в вантажних танках, що знижує навантаження на систему охолодження та виключає необхідність спалювання

газу у GCU. Умови переходу за маршрутом Сойо – Барселона, з помірною тривалістю рейсу, сприятливі для організації повної або майже повної утилізації BOG, що забезпечує максимальну ефективність транспортування LNG в межах заданого маршруту.

Отже, характеристика експлуатаційних умов рейсу при перевезенні LNG визначається не лише навігаційними і портовими параметрами, а й термодинамікою вантажу, можливостями суднових систем з утилізації або скраплення BOG, а також відповідністю всіх операцій вимогам IGC Code та SIGTTO. Ефективний BOG-менеджмент дозволяє не лише мінімізувати втрати вантажу, але й оптимізувати енергоспоживання судна протягом усього рейсу.

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
MAIN LO STOR S	53.9	36.9	104.792	22.855	3866.82	843.35
MAIN LO GRAV P	32.1	27.4	112.685	17.986	3087.57	492.82
MAIN LO SETT S	42.6	0.0	109.555	15.183	0.0	0.0
TG LO STOR	15.1	0.0	109.600	21.763	0.0	0.0
TG LO SETT	11.0	0.0	110.400	21.763	0.0	0.0
GE LO STOR	11.0	0.0	107.200	21.763	0.0	0.0
GE LO SETT	11.0	0.0	108.800	21.763	0.0	0.0
Всього мастила		64.2			6954.39	1336.17
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
DIST WT P	263.1	226.1	131.057	18.282	29631.99	4133.56
DIST WT S	263.1	214.2	131.055	18.143	28071.98	3886.23
FWT P	209.7	125.0	138.073	17.860	17259.12	2232.5
FWT S	209.7	206.0	138.297	18.936	28489.18	3900.82
Всього води		771.3			103452.28	14153.11
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		3134.4	-17.46	13.027	-54729.11	40831.7

Таблиця 4.2 - Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,8358 \text{ т/м}^3$						
FWD HFO №1	1723.1	758.1	-120.675	9.344	-91483.72	7083.69
FWD HFO №2	1942	1068.6	-113.454	9.667	-121236.94	10330.16
HFO P	984.9	2.8	84.800	7.416	237.44	20.76
HFO S	473.8	6.5	84.805	7.594	551.23	49.36
LSHFO S	501.3	289.1	94.701	14.028	27378.06	4055.49
HFO SETT P	216.9	7.7	96.800	15.440	745.36	118.89
HFO SETT S	216.9	7.6	96.800	15.437	735.68	117.32
Всього моторного палива		2140.4			-183072.89	21775.67
Дизельне паливо $\rho = 0,8740 \text{ т/м}^3$						
MDO STOR P	289.9	3.1	104.811	11.008	324.91	34.12

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
MDO SERV P	33.6	25.5	103.600	23.665	2641.8	603.46
MGO STOR P	180.9	135.4	112.366	23.630	15214.36	3199.5
MGO FOR EMC G/E	6.0	0.0	125.600	31.451	0.0	0.0
Всього дизельного палива		163.9			18181.07	3837.08
Мастило $\rho = 0,9000 \text{ т/м}^3$						
MAIN LO STOR S	53.9	36.7	104.792	22.849	3845.87	838.56
MAIN LO GRAV P	32.1	27.5	112.685	18.003	3098.84	495.08
MAIN LO SETT S	42.6	0.0	109.555	15.183	0.0	0.0
TG LO STOR	15.1	0.0	109.600	21.763	0.0	0.0
TG LO SETT	11.0	0.0	110.400	21.763	0.0	0.0
GE LO STOR	11.0	0.0	107.200	21.763	0.0	0.0
GE LO SETT	11.0	0.0	108.800	21.763	0.0	0.0
Всього мастила		64.2			6944.7	1333.64
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
DIST WT P	263.1	191.5	131.050	17.872	25096.08	3422.49
DIST WT S	263.1	254.2	131.061	18.608	33315.71	4730.15
FWT P	209.7	207.0	138.294	18.948	28626.86	3922.24
FWT S	209.7	150.0	138.165	18.212	20724.75	2731.8
Всього води		802.7			107763.39	14806.68
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		3171.2	-15.824	13.166	-50183.73	41753.08

Розподіл вантажів представлено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажу ($\rho = 0.446 \text{ т/м}^3$)

Найменування приміщень	Містк. 98.5%, м^3	m, т	V, м^3	Плечі, м		Моменти, тм	
				x	z	M_x	M_z
Танк №1	22497.5	10068.0	22574.0	-88.897	16.507	-895015.0	166192.48
Танк №2	46743.9	20933.5	46936.0	-46.000	16.763	-962941.0	350908.26
Танк №3	46743.9	20933.9	46937.0	7.200	16.766	150724.08	350977.77
Танк №4	42194.3	18864.5	42297.0	58.000	16.749	1094141.0	315961.51
ВСЬОГО ВАНТАЖУ:		70799.8	158744.0	-8.579	16.400	-613090.92	1184040.02

На підставі виконаних розподілів вантажу і запасів складемо таблицю звідних даних і розрахунку водотоннажності з вказівкою координат центру тяжіння судна.

Таблиця 4.4 - Звітні дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнем	32337.4	-123.622	16.882	-3997614.06	545919.99
Екіпаж	7.5	94.000	34.720	705.0	260.4
Провізія	6.8	98.000	28.700	666.4	195.16
Постачання	96.2	40.530	25.720	3898.99	2474.26
Суднові запаси	3134.4	-17.46	13.027	-54726.62	40831.83
Вантаж	70.799.8	-8.659	16.724	-613055.47	1184055.86
ВСЬОГО	109554.5	-2.006	16.226	-4660125.76	1773737.5
ВОДОТОННАЖНІСТЬ					

Таблиця 4.5 - Звітні дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнем	32337.4	-123.622	16.882	-3997614.06	545919.99
Екіпаж	7.5	94.000	34.720	705.0	260.4
Провізія	6.8	98.000	28.700	666.4	195.16
Постачання	96.2	40.530	25.720	3898.99	2474.26
Суднові запаси	3171.2	-15.824	13.166	-50181.07	41752.02
Вантаж	69150.5	-8.579	16.400	-593242.14	1134068.2
ВСЬОГО	107299.5	-1.563	16.102	-4635766.88	1724670.03
ВОДОТОННАЖНІСТЬ					

Схематично розподіл вантажу представлений на рис. 4.1.

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

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

Таблиця 4.6 - Розрахунок посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	109554.5	107299.5
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	-2.006	-1.563
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	109554.5	104682.4
Густина забортної води, т/м ³	ρ	1,000	1,025
Осадка судна, м	T	11.8	11.3
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	1844	1841
Абсциса центра величини судна, м	x_c	-2.006	-1.563
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	5.403	4.864
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	19.664	19.945
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,7634	0,7595
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	0,09	0,48
Осадка судна носом, м	$T_n = T - (L/2 - x_f) d / L$	11.76	11.08
Осадка судна кормою, м	$T_k = T_n + d$	11.85	11.56

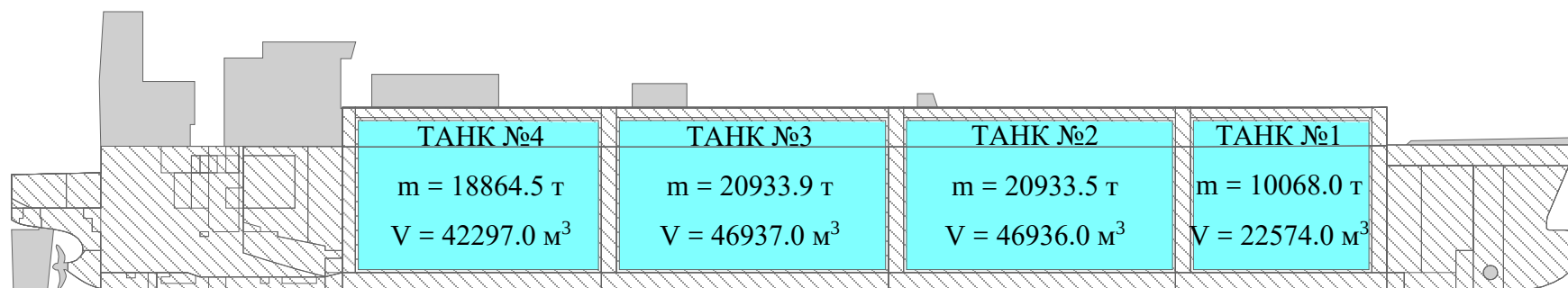


Рисунок 4.1 – Схема вантажного плану судна

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 4.7 - Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
FWD HFO №1	783
FWD HFO №2	2043
HFO P	91
HFO S	30
LSHFO S	60
HFO SETT P	10
HFO SETT S	10
MDO STOR P	45
MDO SERV P	6
MGO STOR P	69
MGO FOR EMC G/E	0
MAIN LO STOR S	23
MAIN LO GRAV P	1
MAIN LO SETT S	3
TG LO STOR	1
TG LO SETT	2
GE LO STOR	2
GE LO SETT	2
DIST WT P	252
DIST WT S	252
FWT P	130
FWT S	130
Танк №1	6398

Продовження табл. 4.7

Танк №2	24284
Танк №3	24127
Танк №4	22377
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	81131

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний в табл.4.8.

Таблиця 4.8 - Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	109554.5	107299.5
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	16.226	16.102
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	19.664	19.945
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	3.437	3.884
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	1.397	1.578
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	17.623	17.639
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	2.040	2.306

4.3 Контроль остійності за матеріалами інформації

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

Таблиця 4.9 - Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	109554.5	107299.5
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	17.623	17.639
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	21.134	21.101

Оскільки $z_g < z_g^{\max}$, то остійність задовольняє усім вимогам.

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

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

Плечі остійності форми l_ϕ вибираються по осадці для тих кутів крену, які приведені в таблиці. Ці плечі відлічуються від точки К', що являється умовним центром мас і знаходиться на висоті 10,0 м від кільової лінії.

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

$$l_g = (z_g - 10,0) \sin \theta, \quad (4.1)$$

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

$$l = l_\phi - l_g, \quad (4.2)$$

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 4.10 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т								109554.5
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м								16.97
Апліката умовного центра мас z_m , м (поліус – точка «О»)								6.20
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м								17.62
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плеche форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плеche статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	3.240	0.174	3.066	0.378	4	1.512	3	1.134

Продовження табл. 4.10

20	6.368	0.342	6.026	0.919	2	1.838	3	2.757
30	9.310	0.500	8.810	1.716	4	6.864	1	1.716
40	11.973	0,643	11.330	2.259	1	2.259	Σ30	5.607
50	14263	0,766	13.497	1.970	Σ40	12.473	$a_{0-30} = 0.1745 \times 5.607/8 = 0.396$	
60	16.125	0,866	15.259	1.390	$a_{0-40} = 0.1745 \times 12.473/3 = 0.780$			
					$a_{30-40} = 0.780 - 0.396 = 0.384$			

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							107299.5	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							16.99	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							5.94	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							17.64	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множник	Добуток	Множник	Добуток
0	0.0	0.000	0.000	0,000	1	0.000	1	0.000
10	3.243	0.174	3.069	0.413	4	1.652	3	1.239
20	6.375	0.342	6.033	0.998	2	1.996	3	2.994
30	9.320	0.500	8.820	1.801	4	7.204	1	1.801
40	11.986	0.643	11.343	2.312	1	2.312	Σ_{30}	6.034
50	14.278	0.766	13.512	2.016	Σ_{40}	13.164	$a_{0-30} = 0.1745 \times 6.034/8 = 0.415$	
60	16.142	0.866	15.276	1.395	$a_{0-40} = 0.1745 \times 13.164/3 = 0.806$			

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

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Остійність судна вважається достатньою, якщо задовольняються загальні для всіх суден вимоги до критерія погоди, кута крену від дії постійного вітру й діаграми статичної остійності (ДСО).

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.12.

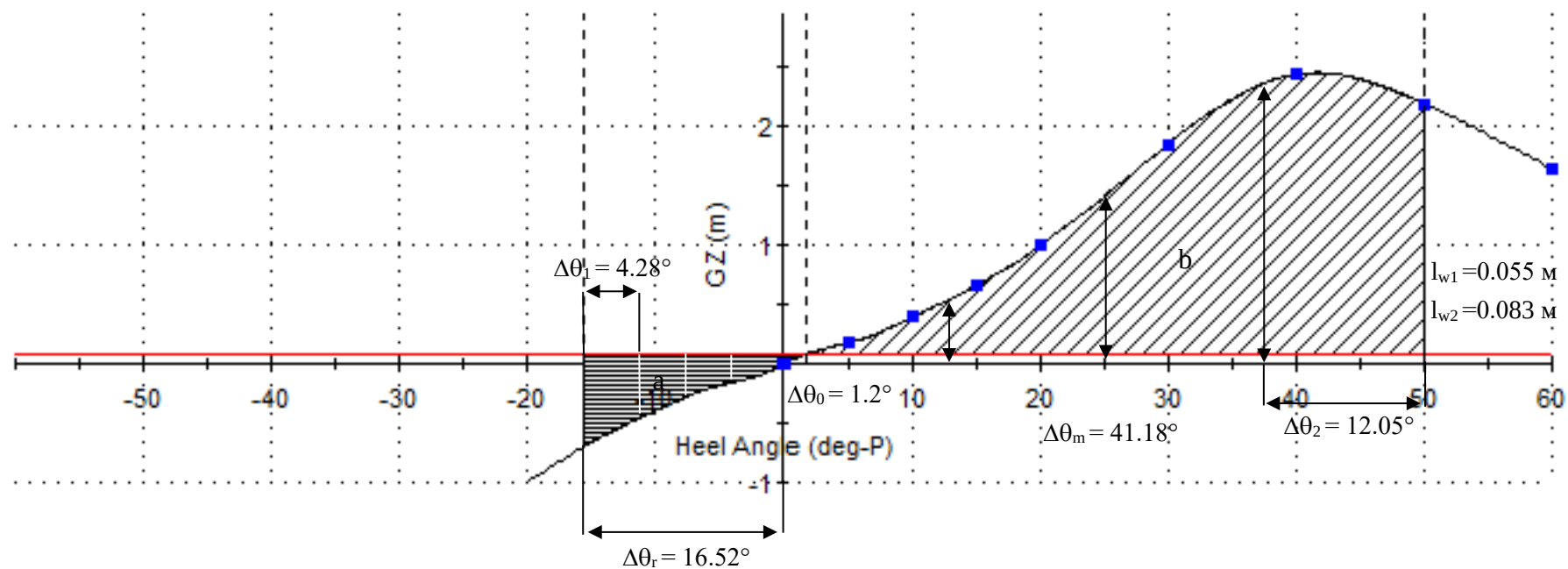


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

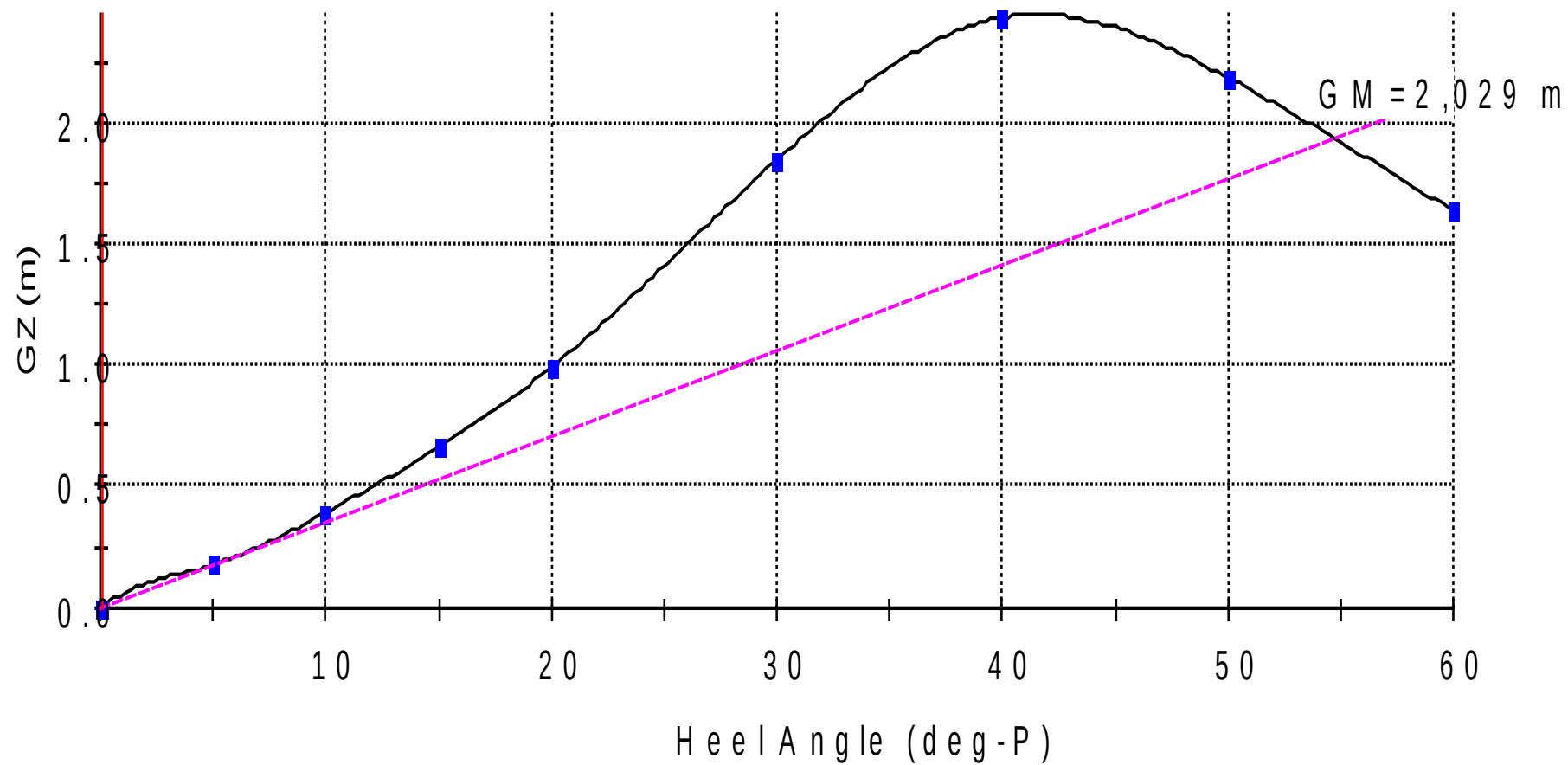


Рисунок 4.3 – Знаходження значення метацентричної висоти на відхід

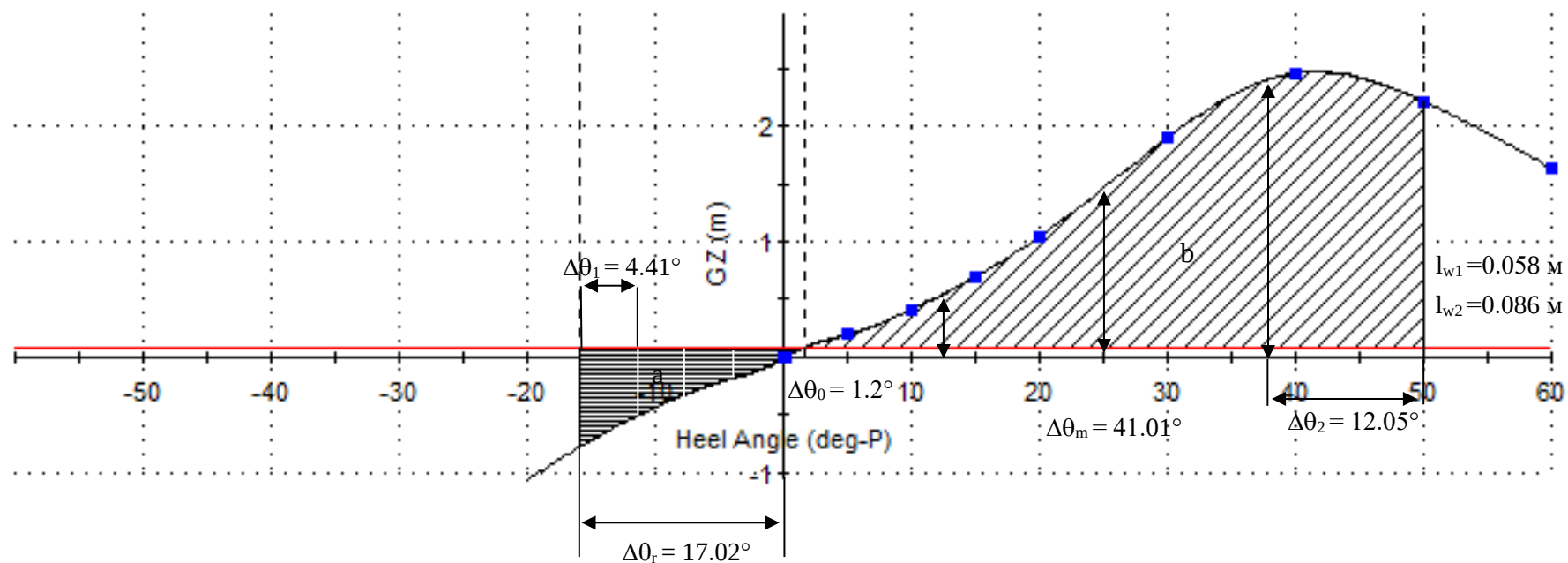


Рисунок 4.4 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

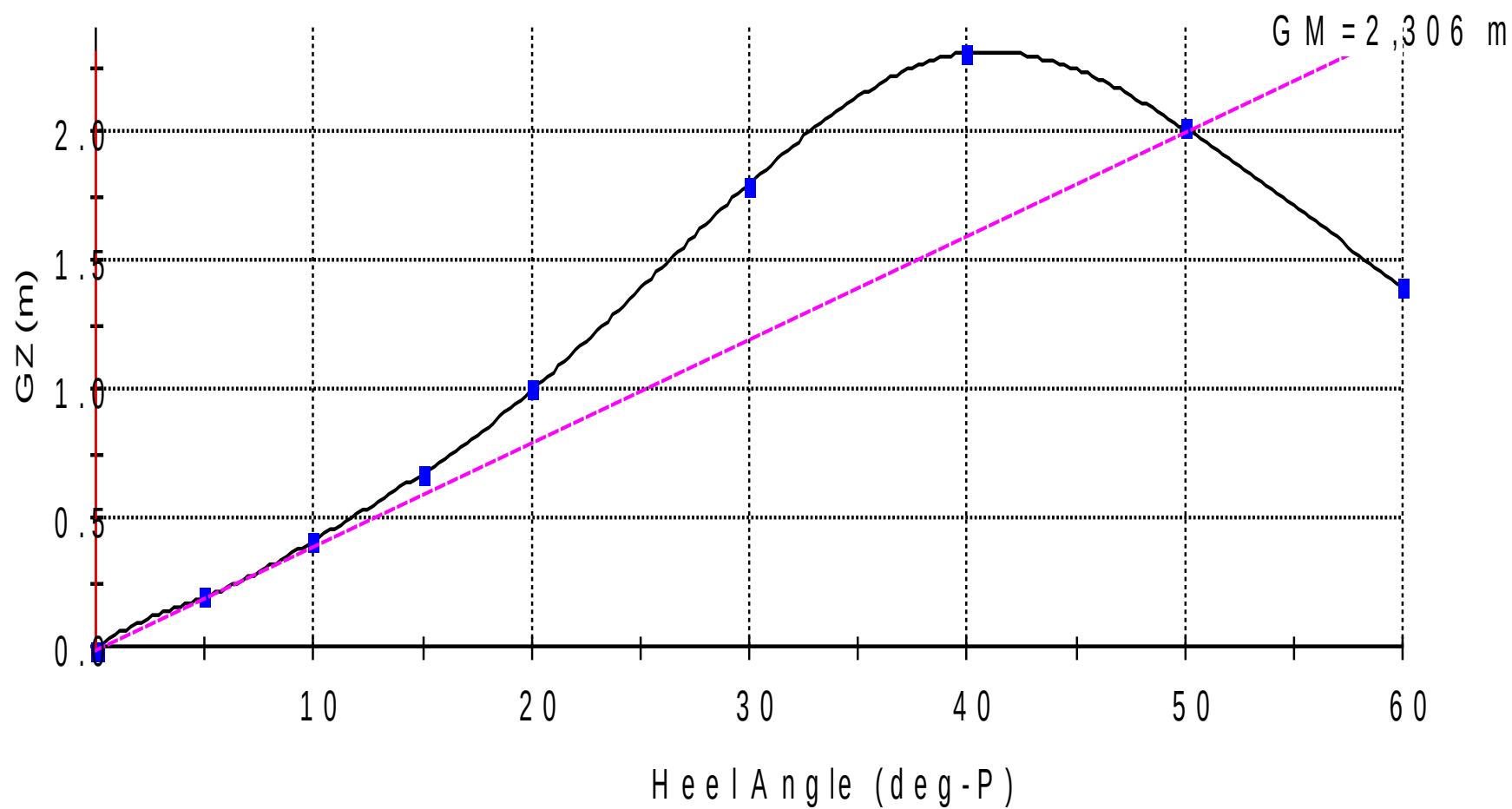


Рисунок 4.5 – Знаходження значення метацентричної висоти на прихід

Таблиця 4.12 - Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	109554.5	107299.5
Осадка судна, м	T	11.8	11.3
Виправлена метацентрична висота, м	h	2.04	2.31
Площа парусності, м ²	A _v	6512.5	6648.49
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	23.982	23.727
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	29.882	29.377
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1}=0,504 A_v z_v / (g D)$	0.055	0.058
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0.083	0.086
Відносна площа скулових кілей,%	$100 A_k / (L B)$	0.012	
Коефіцієнт	k	1.000	
Відносна ширина	B/T	3.68	3.84
Безрозмірний множник	X ₁	0.80	0.80
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0.76	0.76
Безрозмірний множник	X ₂	1.000	1.000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0.332	0.336
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	20.49	19.48
Коефіцієнт	S	0.04	0.04
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	1.03	1.06
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	16.52	17.02
Кут заливання, °	θ _r	>60	>60
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	22.9	23.42
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	1.2	1.2
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	15.32	15.82
Границя площ.“b” діаграми праворуч, °	θ _b	50.0	50.0
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0.11	0.13
Площа “b” діаграми, м-рад	b	1.12	1.15
Критерій погоди	K = b / a	10.12	9.07

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

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

Таблиця 4.13 – Визначення площ “ a ” і “ b ” на відхід за правилом Сімпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (15.32 + 1.5 \cdot 1.2)/4 = 4.28^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4.28^\circ/57,3 = 0.0747$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1.5 \cdot 1.2)/4 = 12.05^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12.05^\circ/57,3 = 0.2102$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0.649$	1	0.649	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0.564$	4	2.256	$b_2 = 0.508$	4	2.032
$a_3 = 0.348$	2	0.696	$b_3 = 1.384$	2	2.768
$a_4 = 0.149$	4	0.596	$b_4 = 2.273$	4	9.092
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2.294$	1	2.294
		$\Sigma_a = 4.191$			$\Sigma_b = 16.180$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 4.191 \times 0.0747 = 0.111$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 16.180 \times 0.2102 = 1.122$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (15.82 + 1.5 \cdot 0.2)/4 = 4.41^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4.41^\circ/57,3 = 0.0769$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1.5 \cdot 1.2)/4 = 12.05^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12.05^\circ/57,3 = 0.2102$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0.814$	1	0.814	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 2.344$	4	0.664	$b_2 = 0.587$	4	2.348
$a_3 = 0.724$	2	0.724	$b_3 = 1.474$	2	2.948
$a_4 = 0.664$	4	2.344	$b_4 = 2.295$	4	9.180
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 2.307$	1	2.307
		$\Sigma_a = 4.533$			$\Sigma_b = 16.770$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 4.533 \times 0.0769 = 0.127$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 16.770 \times 0.2102 = 1.151$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.15 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні вимоги:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0.35	0.40	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	0.70	0.77	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0.35	0.37	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	2.224	2.317	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	41.18	41.01	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	2.040	2.306	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	10.12	9.07	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 12,9	1.2	1.2	YES

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

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

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

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

Розрахунок міцності виконаємо використовуючи судову програму “CargoMax” схвалену класифікаційним товариством.

Виконаємо перевірку в шести перетинах. Так як судно набрано по поздовжній системі набору, довжина шпациї в районі перевіряються перерізів становить від 4450 мм до 4900 мм

Розрахунок будемо виконувати в табличній формі.

Таблиця 4.16 – Перевірка поздовжньої міцності на відхід

Name	Location	Bending - At Sea				
		Wt Mom	Buoy Mom	Moment	Allow	%Allow
	m-MS	m-MT	m-MT	m-MT	m-MT	
FR71	83,200A	267 845,7	220 247,3	47 598,4H	260 000,0H	18,31
FR86	35,200A	1 357 969,4	1 368 997,5	11 028,2S	200 000,0S	5,51
FR102	18,000F	3 974 915,5	4 005 296,2	30 380,7S	200 000,0S	15,19
MaxBM	50,711F	6 296 350,2	6 339 142,4	42 792,1S	---	---
FR118	71,200F	8 036 684,3	8 075 022,2	38 337,9S	171 000,0S	22,42
FR130	110,400F	11 913 061,3	11 928 806,5	15 745,2S	57 000,0S	27,62
Name	Location	Shear - At Sea				
		Wt	Buoy	Shear	Allow	% Allow
	m-MS	MT	MT	MT	MT	
FR71	83,200A	10 426,2	12 419,9	-1 993,6	-10 800,0	18,46
FR86	35,200A	35 642,7	36 027,9	-385,3	-14 900,0	2,59
FR102	18,000F	63 263,5	63 055,8	207,7	15 700,0	1,32
MaxBM	50,711F	79 622,8	79 622,6	0,3	---	---
FR118	71,200F	89 982,8	89 831,1	151,7	13 400,0	1,13
FR130	110,400F	105 961,8	105 219,4	742,4	9 500,0	7,81

Максимальна перерізуюча сила 15700 т (1.32%) на 102 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент -47598.4 тм (18.31%) на 71 шпангоуті.

На рис.4.4. представлена епюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

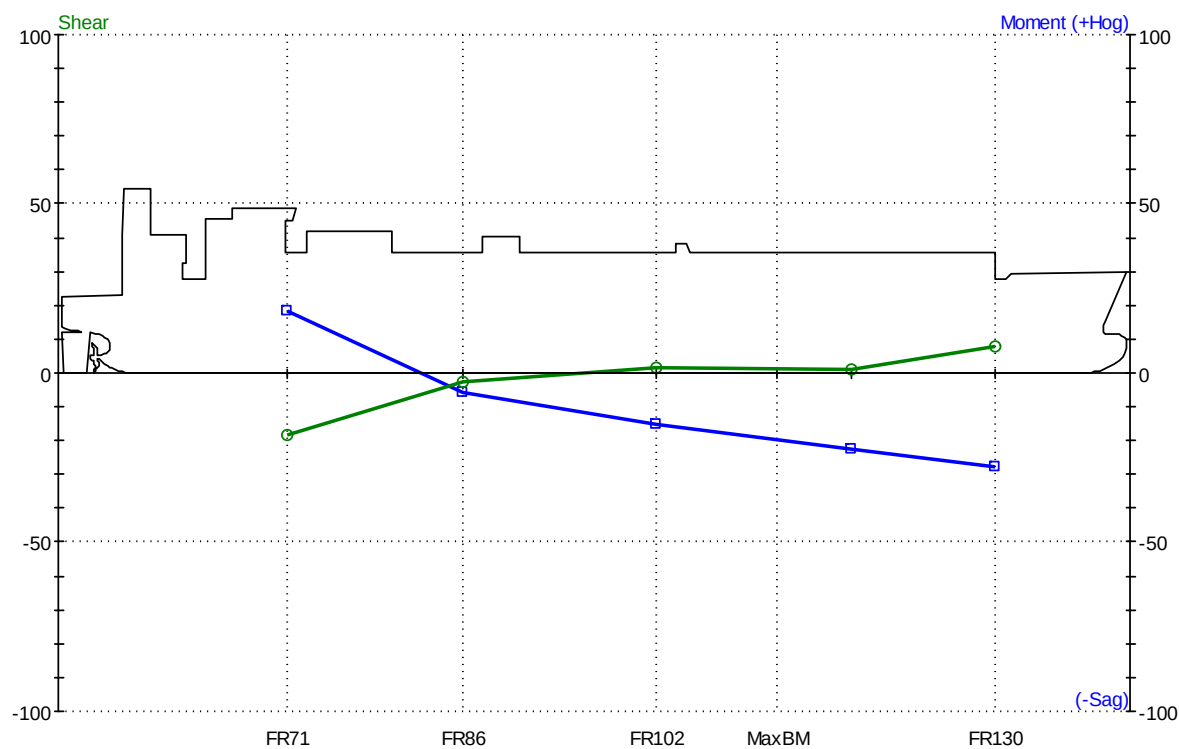
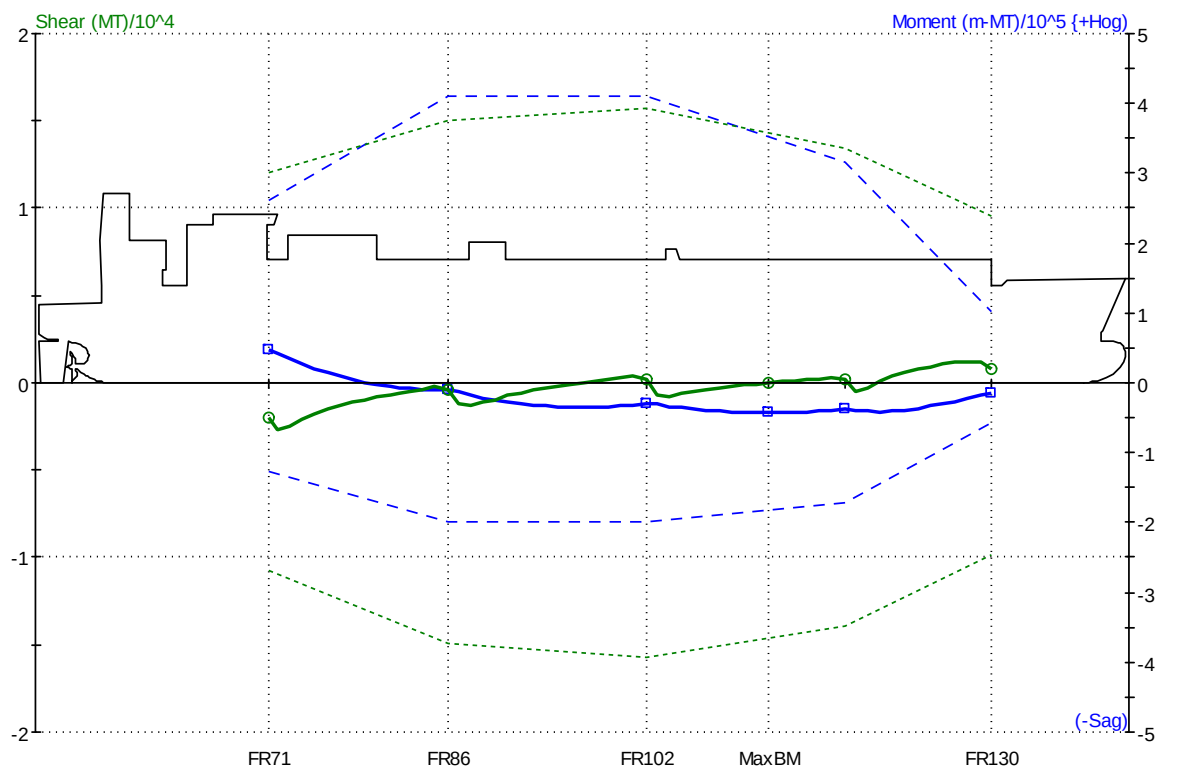


Рисунок 4.6 -Контроль міцності на відхід

РОЗДІЛ 5

ОСОБЛИВОСТІ НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЛАВАННЯ ЗПГ-ТАНКЕРІВ У ВУЗКОСТЯХ ТА ПРИБРЕЖНИХ АКВАТОРІЯХ

У сучасних умовах стрімкого зростання обсягів транспортування зрідженого природного газу морським транспортом значно зростають вимоги до безпеки та ефективності судноплавства, особливо в складних гідрометеорологічних та просторово обмежених умовах. ЗПГ-танкери — це судна зі специфічними технічними характеристиками, великими розмірами, інерційністю та високим рівнем потенційної небезпеки у разі аварійних ситуацій. У зв'язку з цим питання навігаційного забезпечення їхнього плавання у вузкостях та прибережних акваторіях потребують особливого дослідження.

Історичний розвиток підходів до забезпечення безпечного плавання ЗПГ-суден ускладнювався як технологічною складністю самих танкерів, так і обмеженою інфраструктурою портів. З середини XX століття з появою перших ЗПГ-танкерів було розпочато розробку спеціалізованих маршрутів, систем лоцманського проведення та процедур контролю судноплавства в обмежених районах. Сучасні тенденції включають широке впровадження електронної навігації, ECDIS, AIS, інтегрованих місткових систем, динамічної розвідки, а також супутникових засобів моніторингу.

Організація плавання в таких умовах ґрунтується на принципах високоточної навігації, постійного моніторингу обстановки, оперативного реагування на зміни та багаторівневого контролю. До структурних елементів системи навігаційного забезпечення належать: технічне оснащення судна, берегова інфраструктура (VTS, лоцманські служби), регламентні процедури та нормативно-правова база. Класифікація акваторій за ступенем обмеженості,

тип судна, гідрологічні та метеорологічні умови — усе це формує рамки, в яких реалізується навігаційна стратегія.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення безпечного проходу ЗПГ-танкерів у вузьких районах. Його сутність полягає у забезпеченні взаємодії між технічними засобами навігації, інфраструктурою управління рухом суден та професійними діями екіпажу, спрямованими на недопущення зіткнень, посадок на мілину чи інших аварій.

У процесі підготовки цього розділу було опрацьовано низку джерел, серед яких міжнародні нормативно-правові документи (СОЛАС, COLREG-72, МАРПОЛ, рекомендації IALA, стандарти OCIMF), методичні вказівки провідних морських класифікаційних товариств, наукові публікації в сфері безпечного судноплавства та навігаційної гідрографії, а також практичні керівництва з проходження танкерів в складних умовах (зокрема, у портах Сойо, Сабіне-Пасс, Лейк-Чарльз тощо).

5.1.1 Історія та етапи розвитку навігаційного забезпечення плавання ЗПГ-танкерів у вузькостях та прибережних акваторіях

Перші серійні ЗПГ-танкери з'явилися у 1960-х роках, коли глобальний попит на природний газ та розвиток технологій скраплення дозволили організувати його морське транспортування. Одним з перших був танкер Methane Princess, побудований у 1964 році для перевезення зрідженого газу між Алжиром та Великобританією. У той час питання навігаційного забезпечення таких суден розглядалося в межах загальних підходів до безпечного плавання великих вантажних суден, без урахування специфіки ЗПГ-навантаження [24].

У 1970–1990-х роках спостерігався стрімкий розвиток флоту ЗПГ-танкерів, а також зростання ролі спеціалізованих терміналів. Це спричинило появу перших вимог до проходу таких суден у вузькостях та прибережних

районах, особливо в зонах з високою щільністю судноплавства. Паралельно почалося впровадження систем управління рухом суден (VTS) у портах, що приймали ЗПГ-флот, а також вдосконалення методик лоцманського проведення.

Починаючи з 2000-х років, на тлі ускладнення глобальної логістики та відкриття нових родовищ, таких як Ямал, Сабіне-Пасс, Катар, Мозамбік, з'явилась потреба у високоточному навігаційному супроводі. Розроблено комплексні процедури планування рейсів, оцінки ризиків та моделювання проходу в складних умовах. З'явилися спеціалізовані модулі ECDIS, програми прогнозування маневрових характеристик, а також система BRM (Bridge Resource Management), адаптована під ЗПГ-танкери [25].

Ключовими етапами розвитку можна вважати:

- 1960–1980 рр. — поява перших ЗПГ-суден, початок міжнародної практики перевезень, загальні підходи до навігації.
- 1980–2000 рр. — регіоналізація вимог, перші локальні регламенти портових адміністрацій, створення інструкцій із плавання в специфічних умовах (наприклад, Гібралтар, Босфор, Малаккська протока).
- 2000–2015 рр. — інтеграція супутникових технологій (GNSS), зростання вимог до електронної навігації, розвиток маршрутного управління.
- 2015 – сьогодні — впровадження цифрових симуляцій, AI-аналізу морського трафіку, використання дронів та дистанційного моніторингу для попередньої розвідки вузькостей [26].

Особливої уваги останніми роками набуває навігаційне забезпечення у північних широтах, зокрема Північному морському шляху, де використовуються підкріплені льодовими картами ECDIS, супутникові знімки, а також погодинні прогнози дрейфу криги [27]

5.1.2 Тенденції розвитку навігаційного забезпечення

Сучасна практика морських перевезень зрідженого природного газу характеризується швидким зростанням обсягів транспортування та збільшенням розмірів суден, що вимагає постійного вдосконалення систем навігаційного забезпечення. У межах останніх десятиліть розвиток цієї галузі зосереджується на поєднанні високоточної навігації, ефективного використання лоцманської підтримки та стандартизації процедур під час плавання у стиснених умовах [28].

Поступово відбувається перехід від загальних рекомендацій до чітких кількісних критеріїв безпеки — насамперед мінімального підкільного запасу (UKC), допустимого відхилення від траєкторії (XTE), контролю впливу течій (SET, DRIFT) та обмеження швидкості у зонах з недостатньою глибиною [29]. У провідних портах для ЗПГ-танкерів, таких як Рас-Лаффан, Сабіне-Пасс, розробляються локальні інструкції для кожного підхідного каналу, що містять верифіковані значення глибин, припливів, маневрових характеристик суден і режимів буксирного ескорту [30].

Важливим напрямом залишається вдосконалення взаємодії між судном і береговими структурами. Сучасні системи управління рухом суден (VTS) інтегрують дані про гідрометеорологічні умови, щільність трафіку та дозволяють у реальному часі координувати дії містка і лоцмана. Такий підхід підвищує оперативність реагування на зміну умов плавання та зменшує ризик людського чинника [31].

Окремо спостерігається тенденція до деталізації нормативної бази. Вимоги щодо планування рейсу, визначення безпечного UKC і процедури «abort/commit» дедалі частіше фіксуються у міжнародних та галузевих документах — Bridge Procedures Guide, а також у настановах IALA і ІМО щодо навігації в стиснених водах [32].

Крім технічних аспектів, зростає увага до людського фактора. У програмах підготовки штурманів та лоцманів збільшується частка тренувань

на навігаційних тренажерах, що відтворюють типові сценарії проходу вузькостей із залученням ескорту та під дією змінних течій [33]. Такий підхід дозволяє поєднати практичні навички з реальними вимогами портових процедур і мінімізує ризики помилкових рішень під час маневрування.

Отже, основні тенденції розвитку систем навігаційного забезпечення для ЗПГ-танкерів полягають у підвищенні точності визначення навігаційних параметрів, узгодженні дій судна з береговими службами, стандартизації операційних процедур і вдосконаленні професійної підготовки екіпажів відповідно до сучасних міжнародних вимог.

5.1.3 Організація процесу, структурні елементи, класифікаційні характеристики

Система навігаційного забезпечення плавання ЗПГ-танкерів у стеснених умовах представляє собою цілісну структуру, яка охоплює як суднові засоби навігації, так і берегову інфраструктуру, а також регламентовані процедури, що визначають взаємодію між екіпажем, лоцманом та контролюючими органами. Ця система починає працювати ще на етапі планування рейсу, коли здійснюється аналіз маршруту з урахуванням локальних обмежень, гідрографічних умов, припливних явищ, маневрових характеристик судна та вимог адміністрації порту заходу [28][29].

Технічне забезпечення судна у таких умовах базується на застосуванні електронної навігаційної карти (ECDIS), систем автоматичного ідентифікування (AIS), точних позиційних приладів на основі супутникової навігації, радіолокаційного обладнання з функціями автоматичного визначення цілей (ARPA), а також засобів контролю осадки і глибини під кілем. Інтеграція цих засобів в межах місткового обладнання дозволяє створити цілісну картину навігаційної ситуації та зменшити імовірність помилкових дій під час маневрування у вузькостях [28].

Берегова підтримка навігації забезпечується через функціонування центрів управління рухом суден (VTS), що здійснюють координацію та моніторинг трафіку у реальному часі. У більшості портів, куди регулярно заходять ЗПГ-танкери, діють локальні гідрографічні служби, які публікують точні дані про глибини, рекомендації щодо маршруту та припливні графіки. Крім того, передбачене обов'язкове лоцманське проведення, яке виконується відповідно до встановлених стандартів та узгоджених процедур [31][32].

Процедурна складова організації навігаційного забезпечення охоплює цілий комплекс вимог до підготовки екіпажу, комунікації між судном і берегом, структури місткових операцій, визначення точок прийняття рішень і зон можливої відмови від маневру. У сучасній практиці особливого значення надається формалізації таких понять, як точки прийняття рішення (або *abort points*), початок маневру (*commence point*), допустимі межі відхилення від маршруту (ХТЕ), а також мінімально допустимий підкільний простір (УКС), що враховує як осадку судна, так і гідродинамічні впливи [28][33].

Важливим компонентом є класифікація акваторій, у межах яких здійснюється проходження. Залежно від просторових обмежень, глибини, щільності трафіку та ступеня ризику, прибережні і вузькі води можуть мати різний регламент навігації, включаючи обмеження щодо швидкості, вимоги щодо присутності буксирів-ескортів, а також обов'язковість постійного радіообміну з береговими структурами. У деяких випадках встановлюються тимчасові “вікна безпечного проходу”, що узгоджуються із врахуванням припливів і метеоумов [30][32].

Таким чином, ефективне навігаційне забезпечення проходу ЗПГ-танкера у вузькостях формується як багаторівнева система, в якій тісно поєднані технологічні можливості судна, регламентовані дії екіпажу, а також постійна координація з боку берегових структур. Злагоджене функціонування цих елементів дає змогу забезпечити безпечне та контрольоване маневрування навіть у найбільш критичних ділянках маршруту.

5.1.4 Сутність і значення об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження в межах даної роботи є система навігаційного забезпечення проходу ЗПП-танкерів у вузькостях та прибережних акваторіях. Це складна сукупність організаційних, технічних, процедурних та нормативних заходів, спрямованих на досягнення головної мети — забезпечення безпечного, контрольованого та ефективного плавання суден з високим рівнем потенційної небезпеки в умовах просторових обмежень.

Сутність цього об'єкта полягає в необхідності дотримання точних навігаційних параметрів під час проходу акваторій, де маневровий простір істотно зменшено, а наслідки навігаційної помилки можуть бути критичними. Навігаційне забезпечення у таких випадках не обмежується лише технічними засобами. Воно включає структуровану взаємодію між усіма задіяними елементами — містковим екіпажем, лоцманською службою, VTS-операторами, портовою адміністрацією — у поєднанні з застосуванням систем моніторингу, прогнозування і контролю [28][29].

Значення об'єкта дослідження особливо актуалізується у контексті експлуатації ЗПП-танкерів, які мають великі розміри, високу інерційність, низьку маневреність на малих швидкостях, а також — специфіку вантажу. Будь-яка навігаційна помилка у вузькому проході несе загрозу не тільки матеріальних втрат, але й значних екологічних наслідків та ризику для життя екіпажу. Саме тому до проходу таких акваторій ЗПП-танкерами висуваються максимально жорсткі вимоги, які відображені як у міжнародному, так і у локальному регламентуванні [30].

Оскільки ці судна часто експлуатуються в умовах з високою навігаційною складністю — вузькі фарватери, обмежені поворотні зони, прибережна забудова, нестійкі течії — навігаційне забезпечення відіграє роль системи «активної безпеки». Воно не тільки інформує екіпаж про поточний стан, але й формує логіку управління судном, задає допустимі межі для

відхилення від маршруту, координує дії на випадок критичних відхилень або зміни обстановки [31][33].

Дослідження цього об'єкта має прикладне значення: воно дає змогу ідентифікувати ключові вразливості в системі проходу, оцінити ефективність процедур, адаптувати технічні рішення до умов конкретних акваторій. Крім того, аналіз навігаційного забезпечення дозволяє виробити пропозиції щодо удосконалення як підготовки екіпажів, так і координаційних механізмів у межах портового контролю.

5.1.5 Огляд і критичний аналіз сучасних джерел

Питання навігаційного забезпечення ЗПГ-танкерів у вузькостях та прибережних акваторіях знаходиться у фокусі як міжнародних галузевих організацій, так і наукових досліджень, орієнтованих на морську безпеку. Найбільш авторитетними є публікації Міжнародної морської організації (ІМО), Об'єднаної консультативної групи з морських перевезень зрідженого газу (SIGTTO), Міжнародної асоціації лоцманів (ІМРА), а також низки морських класифікаційних товариств, зокрема DNV та ABS.

Зокрема, Bridge Procedures Guide (OCIMF, 2020) містить комплексний перелік процедур і стандартів для безпечного управління навігацією в обмежених умовах, включаючи планування проходу, комунікації з лоцманом, управління швидкістю та відхиленням від маршруту [28]. Водночас документ надає обмежену кількість конкретних прикладів щодо специфіки вузькостей, що потребує додаткового аналізу практичних джерел.

Публікації SIGTTO, зокрема Guidelines for LNG Carriers (2020), деталізують вимоги до підходу ЗПГ-суден до терміналів, із розглядом таких аспектів, як мінімальні глибини, потреба у буксирному супроводі, визначення точок припинення маневру (abort point), вимоги до місткового складу та стандарти обміну інформацією між лоцманом і капітаном [32]. Цей документ

має прикладну цінність, проте стосується переважно підходу до терміналу, а не проходу проток або вузьких каналів.

Ряд технічних документів від DNV, таких як *Navigational Risk Assessment for LNG Tankers* (2021), подає методологію аналізу ризиків, включаючи сценарії зіткнень, втрати керованості, впливу течій та обмеженої маневреності. Автори наголошують на необхідності ідентифікації «вузьких місць» на етапі попереднього планування рейсу, з подальшим моделюванням дій екіпажу в умовах обмежень [30]. Проте дані методики не є уніфікованими, а результати значною мірою залежать від компетентності аналітиків і реалістичності вхідних даних.

Документи ІМО, зокрема Резолюція A.893(21) щодо планування рейсу [29], надають основи організації навігації, проте не містять глибокої деталізації щодо специфіки ЗПГ-танкерів. Подібні стандарти мають рамковий характер і потребують адаптації до конкретних типів суден, акваторій і сценаріїв.

Окремо слід відзначити наукові публікації, зокрема у виданнях *Journal of Marine Science and Technology* та *WMU Journal of Maritime Affairs*. Наприклад, стаття A. Nilsson (2022) аналізує людський фактор у проході ЗПГ-танкерів через вузькості на прикладі Сабіне-Пасс, підкреслюючи, що більшість критичних інцидентів трапляються при недостатньо чіткій координації між лоцманом і містковим екіпажем [34]. Водночас методи дослідження вказаного автора базуються переважно на опитуваннях та інтерв'ю, що знижує об'єктивність результатів.

Таким чином, аналіз сучасних джерел дозволяє зробити висновок, що хоча нормативна база і галузеві стандарти створюють ґрунт для організації безпечного проходу ЗПГ-танкерів, багато аспектів залишаються неврегульованими або викладені фрагментарно. Це стосується, зокрема, обґрунтування параметрів УКС у реальних умовах течій і динамічної осадки, аналізу ризику втрати керованості в умовах вузького фарватеру, а також питань інтеграції суднової та берегової інформації у єдиний навігаційний

Підхідний канал до терміналу має загальну протяжність близько 8.5 морських миль. Його ширина змінюється від 320 до 500 метрів у контрольованих ділянках, проте ефективна ширина для маневрування великотоннажного газозова (LOA близько 290 м) — суттєво менша, з огляду на вимогу залишати боковий запас безпеки [35]. Найкритичнішою ділянкою є зони між контрольними точками 03 та 04, де ширина фарватеру обмежена природними утвореннями та прибережними банками [36].

Глибини у фарватері, згідно з навігаційною документацією терміналу та даними ENC, змінюються в межах 14.4–19.1 м. Найменша глибина на осі маршруту під час заходу виявлена в районі контрольної точки 5 — 14.4 м. З урахуванням припливу до 2.1 м, мінімальна ефективна глибина на момент проходження складала 16.5 м. Осадка судна у баластному стані становила 9.36 м, УКС — 1.51 м, або 20% від осадки[37].

Таблиця 5.1 - Розрахунок УКС на підхід до каналу.

Wp		D Allowance for Tidal current	F Correction for List/Heel	G Seabed allowance	SUM (D+F+G)
24	Outer PBG				
		0	1,51	0	1,51
25	Pt Padaro App				
		0,2	0,38	0,1	0,68
26	Outer Flare				
		0,2	0,38	0,1	0,68
27	No. 1A/2A Buoys				
		0,2	0,38	0,1	0,68
28	No, 5/6 Buoys				
		0,2	0,38	0,1	0,68

Продовження табл. 5.1

29	No. 9 Buoy				
		0,2	0,38	0,1	0,68
30	Kwanda				

Приплив у районі має півдобовий характер з амплітудою до 2.3 м. Максимальна швидкість течії у гирлі сягає 2.2 вузла. У період заходу зафіксовано дрейф (SET/DRIFT) на рівні до 0.8 вузла, що впливав на формування wheel-over точки перед останнім поворотом у північно-східній частині каналу [35].

Для компенсації гідродинамічного впливу судно рухалось зі сталою швидкістю близько 6.5 вузлів з поступовим зниженням до 4.5 вузлів у районі терміналу [36]. Згідно з Terminal Info Manual [35], судна з осадкою понад 8.5 м зобов'язані заходити з кормовим буксиром від точки 01. Додаткові вимоги включають використання двох незалежних систем позиціонування (ECDIS та доплерівський лог), постійне спостереження за параметрами глибини, розрахунок скоуту, підтвердження UKC у контрольних точках та суворе дотримання встановленого маршруту [35].

Таким чином, район підходу до порту Сойо характеризується поєднанням гідрографічної складності, обмеженого маневрового простору, активної течії та залежності навігаційної безпеки від ретельно розрахованого припливного «вікна». Безпечне проходження вимагає інтеграції всіх доступних засобів навігації, чіткого слідування passage plan, оперативного коригування курсу з урахуванням SET/DRIFT та тісної взаємодії з лоцманом і VTS [35][36].

5.2.2. Аналіз навігаційних обмежень і ризиків при підході до порту

Підхід до терміналу Angola LNG у порту Сойо здійснюється через дренаваний фарватер, прокладений у гирловій частині річки Конго, що характеризується складною геоморфологією, змінними глибинами, та обмеженим просторовим резервом. Для суден великої водотоннажності, зокрема ЗПГ-танкерів, навігація на цій ділянці потребує високої точності та попередньо розробленого маршруту з урахуванням динаміки осадки, течій, а також гідрологічних особливостей району.

Найбільш навігаційно обмежена ділянка розташована між контрольними точками М2 та пілотською посадкою. Ширина каналу на окремих відрізках, зокрема поблизу повороту в районі навігаційного бую №3, зменшується до 320–350 метрів. З огляду на довжину ЗПГ-танкера, яка сягає 291 метрів, це значно зменшує допустимі межі поперечного відхилення від рекомендованої лінії курсу (ХТЕ), обмежуючи їх до $\approx \pm 20$ метрів. У разі виникнення бокового зносу, наприклад під впливом течії або некоректно визначеної wheel-over точки, це створює ризик виходу за межі безпечного фарватеру.

Поворот у районі буйка №3 супроводжується зміною курсу на понад 50° , що вимагає координації між діями суднового екіпажу, лоцманами та буксирним забезпеченням. Цей маневр виконується у зоні, де глибини варіюються в межах 13.1–14.5 метрів. З урахуванням осадки судна у баластному рейсі (9.36 м), просадки (≈ 0.20 м) та наявного припливу (≈ 2.1 м), фактичний УКС залишається в межах 1.8–2.0 м, що еквівалентно приблизно 20% від осадки [37]. У разі запізнення з початком повороту або неточної оцінки точки перекладення керма, кормова частина судна може наблизитися до ділянок з недостатньою глибиною.

Після входу у прямолінійну ділянку каналу судно слідує вузьким дренаваним маршрутом до лінії швартовки. Течії у гирловій частині річки Конго мають змінний напрямок і можуть досягати 2 вузлів, зокрема у фазі

наповнення. Їхній вплив потребує точного прогнозування DRIFT і компенсації заздалегідь, оскільки можливість коригування курсу у цій частині фарватеру є вкрай обмеженою. Оперативна побудова wheel-over точок з урахуванням фактичного інерційного параметра судна та бокового перенесення є обов'язковою умовою дотримання безпечного маршруту.

Особливу увагу слід приділити обмеженій гнучкості навігаційного маневру. Після входу до каналу судно не має можливості для аварійного розвороту або відходу — відстань до межі зменшених глибин становить у середньому 1.5–2 кабельтових. У разі втрати швидкості, некоректного управління буксиром або дезорієнтації екіпажу у момент навігаційної помилки, простір для маневрування буде недостатнім для відновлення контролю.

5.2.3. Аналіз виконаного проходу судна

Фактичне виконання маневру заходу ЗПГ-танкера до терміналу Соїо демонструє типову навігаційну ситуацію для вузької прибережної акваторії з обмеженим маневровим полем, значною інерцією судна та залежністю від зовнішніх елементів забезпечення. Аналіз виконано на підставі даних ECDIS, журналу координат, графіка навігаційних подій і спостережень з містка.

Початковий етап маневру, що включає передачу управління лоцману (07:31) та заведення кормового буксира (07:40), проходив у відкритій акваторії при наявності припливної течії. Початок повороту до входу в канал о 08:17 відбувався на швидкості $STW \approx 13,2$ вузли, що за рахунок інерції потребувало глибокої взаємодії з буксиром для обмеження радіуса повороту. Сам маневр вхідного повороту завершено о 08:24 із відхиленням від осьової лінії, що не перевищило 0,015 NM. Контроль здійснювався за допомогою GNSS-позиціонування, ARPA-контролю ХТЕ та орієнтації на вогонь QR по осі каналу.

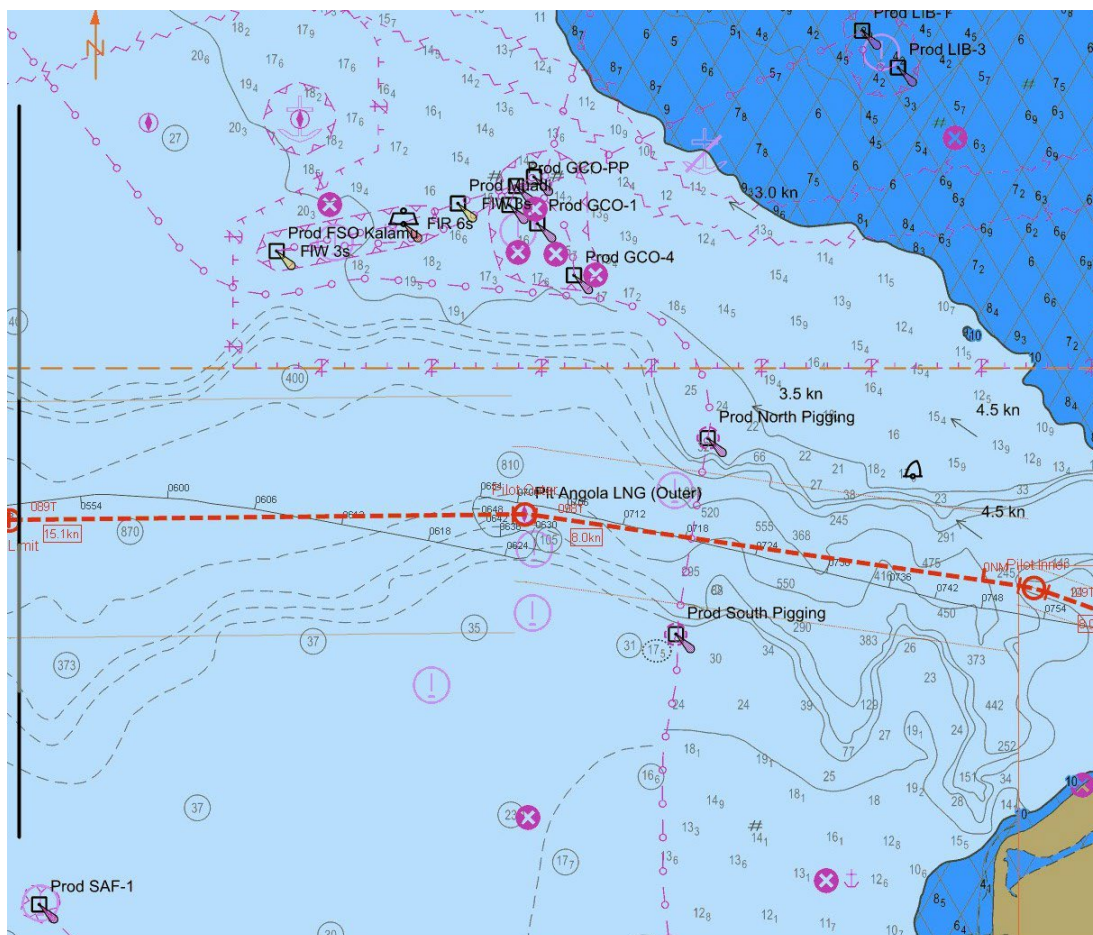


Рисунок 5.2 – Початковий етап маневру

У межах каналу судно зберігало низьку швидкість (~6,5 вузлів), однак мала ширина фарватеру (~320–350 м) та наявність течії створювали умови зростання чутливості до курсових коливань. При цьому запас від борту судна до межі безпечного маневрування подекуди не перевищував 30–35 метрів. Зафіксовані коливання курсу в межах $\pm 4^\circ$ компенсувалися асиметричним тяговим зусиллям буксирів.

Подальше зниження ходу і зміна динаміки маневрування зафіксовано у часовому проміжку між 08:24 і 08:49. За ці 25 хвилин було заведено ще два буксири: носовий (08:35) і пара на правому борту (08:42), що забезпечило стабілізацію позиції судна при початку останнього розвороту в бік терміналу. Таким чином, до початку остаточного швартового маневру судно було забезпечено чотирма буксирами, що відповідає мінімальним вимогам до LNG-суден такого розміру в умовах вузького фарватеру з течією до 3.5 вузлів [35].

Друга частина маневру включала поворот на траверзі причального району (08:49–08:58) та початок зворотного руху кормою. Поворот супроводжувався активною роботою кормових і носових буксирів. Після завершення повороту судно розпочало рух кормою до швартового причалу. На момент початку руху кормою курс судна був стабілізований на $\sim 210,5^\circ$, швидкість зменшена до 2.8 вузлів, а подальше зниження відбувалося поступово до повної зупинки о 09:42 — моменту, коли було передано першу швартову лінію на берег. У цей період SOG залишалась в межах 2,0–2,4 вузли, тоді як STW знижувалась до 1,1–1,3 вузли, що вказує на присутність зустрічної течії. Це створювало ризик перевищення ХТЕ при недостатньо точному керуванні буксирами.



Контроль положення судна в каналі та під час реверсу здійснювався з використанням комбінованих засобів, що дозволяло дотримуватись вимог SIRE 2.0 до навігаційної ситуаційної обізнаності. Позиція підтверджувалась кожні п'ять хвилин шляхом:

- візуального спостереження за QR light (контроль осі каналу);
- пеленгу на FIR light під час реверсу;
- пеленгів і дистанцій до берегових споруд після завершення повороту;
- використання Radar Information Overlay на ECDIS;
- супутникової навігації GNSS (GPS+GLONASS).

Наявність багатоканального підтвердження позиції дозволила підтримувати безпечну траєкторію при мінімальних запасах простору. У жодній контрольній точці не зафіксовано потреби в екстреній корекції курсу чи тяги.

Таблиця 5.2 - Витяг з бортового журналу.

LT (UTC+1)	Широта	Довгота	COG	SOG (вузли)	Подія
07:00	05°37.4'S	012°22.0'E	131°	10.8	Лоцман на борту
07:20	05°37.8'S	012°22.6'E	145°	9.6	Завершено обмін інформацією між капітаном і лоцманом
07:31	05°38.1'S	012°23.3'E	154°	10.4	Лоцман бере управління
07:40	05°38.6'S	012°24.1'E	158°	11.2	Кормовий буксир заведено
08:17	05°40.4'S	012°26.2'E	203°	13.2	Початок повороту вправо
08:22	05°40.8'S	012°26.4'E	212°	9.8	Вхід у буйований канал
08:24	05°41.0'S	012°26.6'E	217°	8.6	Завершення повороту вправо
08:35	05°41.5'S	012°27.2'E	230°	6.4	Носовий буксир заведено
08:42	05°41.9'S	012°27.6'E	240°	5.2	Бортові буксири заведено

Продовження табл. 5.2

08:49	05°42.3'S	012°28.0'E	243°	4.1	Початок повороту вправо перед швартуванням
08:58	05°42.8'S	012°28.2'E	263°	2.8	Завершення повороту, початок руху кормою
09:42	05°44.1'S	012°28.6'E	265°	0.4	Перший швартовний кінець на березі

Важливо зазначити, що фазування дій (від МРХ до заведення буксирів, зміни ходу та швартовки) відбувалося в стислих часових інтервалах, без резерву на затримки. Зокрема, від початку активного повороту до повного зупинення судна минуло лише 81 хвилина. Це підвищує навантаження на місток і потребує високої дисципліни в рамках BRM.

Упродовж усієї операції розрахунковий UKC зберігався в межах 1,8–2,0 м відповідно до виконаних розрахунків [36]. Посадка на ґрунт виключалась через відсутність критичних відхилень у глибинах або осадці.

Загалом, виконання маневру відзначалося високою точністю, однак аналіз виявив кілька зон потенційного ризику:

- надмірна залежність від точності керування буксирами у вузькому просторі;
- нестабільна течія при реверсі, яка створює зсув між STW та SOG;
- обмежене поле огляду та зменшення кількості візуальних орієнтирів у завершальній фазі підходу;
- необхідність в одночасному контролі кількох незалежних засобів позиціонування в умовах навігаційного навантаження.

5.2.4. Аналіз виконаного проходу судна

ЗПГ-танкери характеризуються значними габаритами, великою осадкою та підвищеним ризиком при маневруванні у вузьких чи прибережних акваторіях. У зв'язку з цим навігаційне забезпечення підходів до ЗПГ-

терміналів потребує особливої організації, що передбачає підвищені вимоги до гідрографічного моніторингу, лоцманського проведення, взаємодії з береговими службами, технічного оснащення каналів, а також до підготовки екіпажу. На основі аналізу документів провідних терміналів, у тому числі Cameron LNG (США), Zeebrugge (Бельгія), Incheon (Південна Корея) та Ras Laffan (Катар), можна виділити низку спільних характеристик, які визначають міжнародну практику у сфері забезпечення безпеки підходів ЗПГ-суден.

Усі великі ЗПГ-термінали розташовані в межах поглиблених судноплавних каналів зі стабільним профілем дна, періодичними гідрографічними зйомками та чітко визначеними поворотними кругами. Наприклад, у Cameron LNG акваторія контролюється відповідно до вимог NOAA, із наявністю актуальних результатів багатопроменевої батиметрії, а також попередньо розрахованими зонами допустимого маневру для суден з осадкою понад 13 метрів [24].

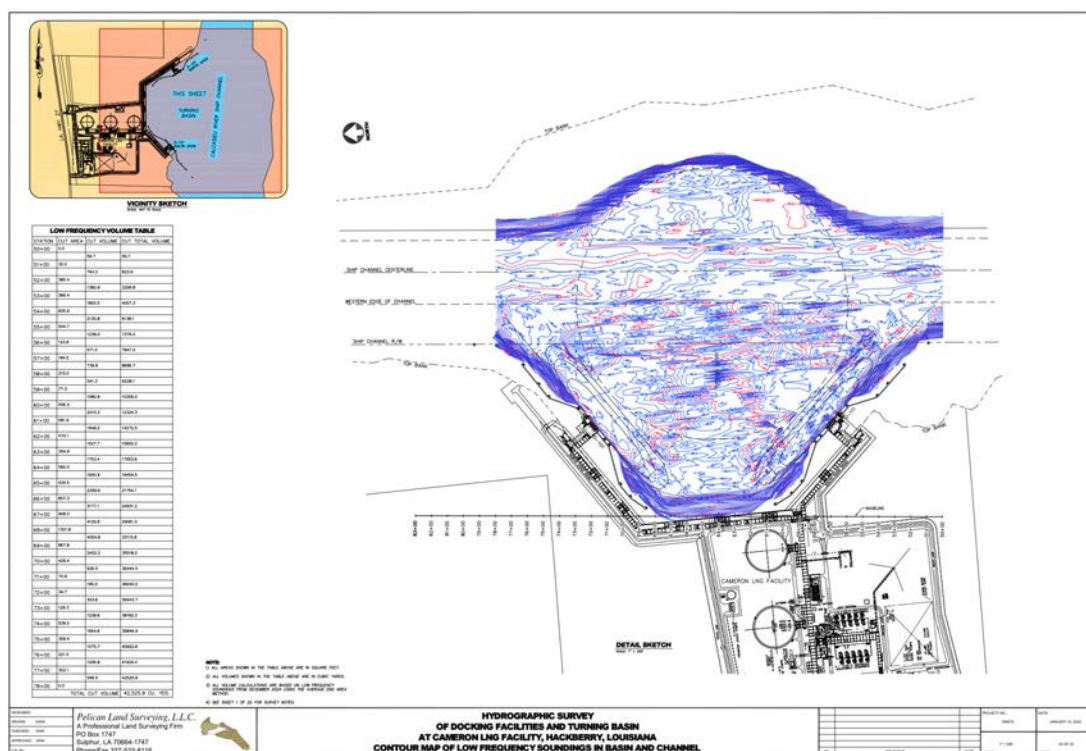


Рисунок 5.7 – Гідрографічний огляд ділянки ЗПГ-терміналу

Ключовою умовою безпечного підходу є участь кваліфікованих лоцманів, які використовують портативні пристрої PPU (Pilot Portable Unit), що забезпечують точне позиціювання судна та контроль за дотриманням траєкторії в реальному часі. У США це є обов'язковою вимогою: згідно з розділом 9 Coast Pilot 5, лоцманський сервіс починається ще до входу у головний канал і супроводжується системою повідомлень через VHF-канали [25].

Не менш важливий компонент — це інтеграція навігаційної підтримки з автоматизованими системами спостереження: AIS, ARPA, береговий радарний контроль. Наприклад, в порту Рас-Лаффан функціонує система контролю, що включає прогнозований аналіз завантаженості фарватеру, погодних умов і трафіку. Такі системи дозволяють координувати буксири, судна та берегові служби в єдиному інформаційному середовищі [26].

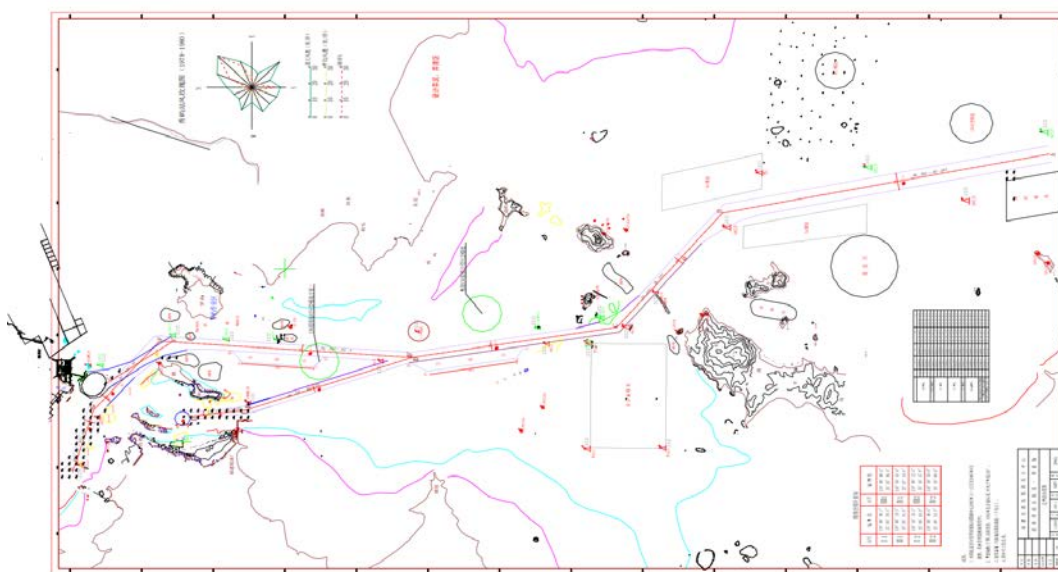


Рисунок 5.8 – Загальне розташування навігаційних засобів порту
Фуіджан, Японія

Значна увага приділяється використанню додаткових засобів підтвердження позиції. У міжнародній практиці закріплено правило подвійної верифікації координат не рідше ніж кожні 5 хвилин: це може бути

пеленгування на берегові вогні, використання QR- or FIR-світлофорів, відстані до берегових об'єктів, паралельна прокладка вручну та контроль через системи ECDIS із накладанням AIS-мішеней [27].

Ще однією загальною практикою є суворе регламентація передрейсової підготовки: кожне судно, що прямує до ЗПГ-терміналу, зобов'язане надати попередній план проходу, підтвердити габаритну відповідність, погоджену схему розміщення буксирів та план MPX (Master–Pilot Exchange). Ці вимоги закріплені у внутрішніх процедурах терміналів і дублюються в міжнародних інструкціях OCIMF, SIGTTO та ISGOTT [28][29].

Рівень організації буксирного забезпечення також відрізняється високим ступенем стандартизації. У всіх портах, що працюють із ЗПГ, на кожне судно призначається мінімум два ASD-буксири з тягою понад 60 т, при цьому їх розміщення, точки кріплення та порядок дій під час маневру строго регламентовані та відображені у портовій документації [24][26].

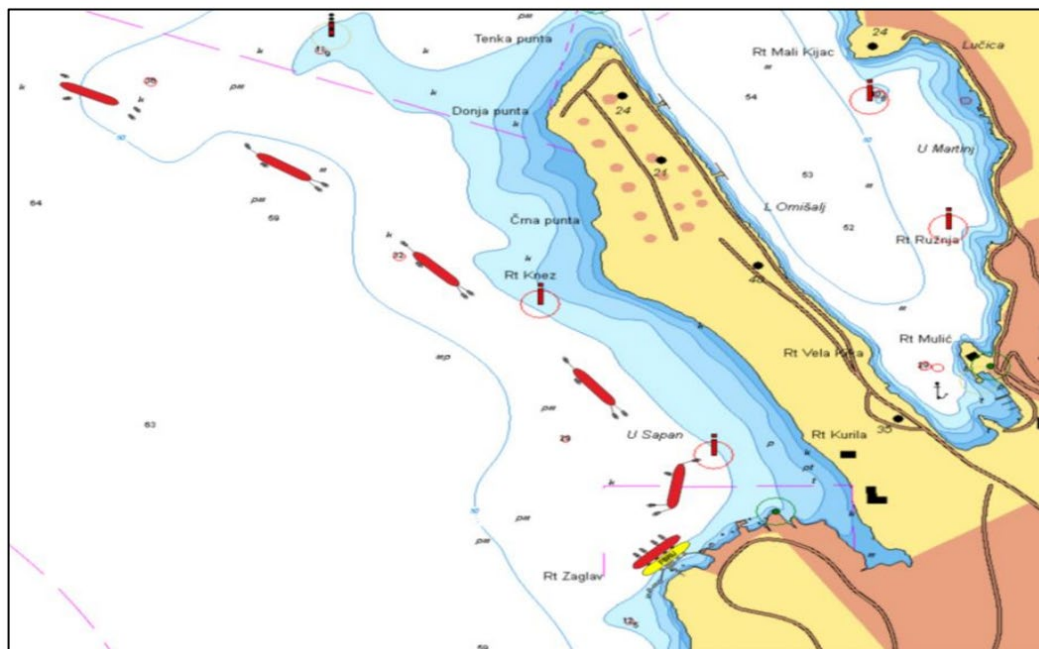


Рисунок 5.9 – Буксирний супровід судна до FSRU LNG Croatia, Крк, Хорватія (перший маневр підходу)

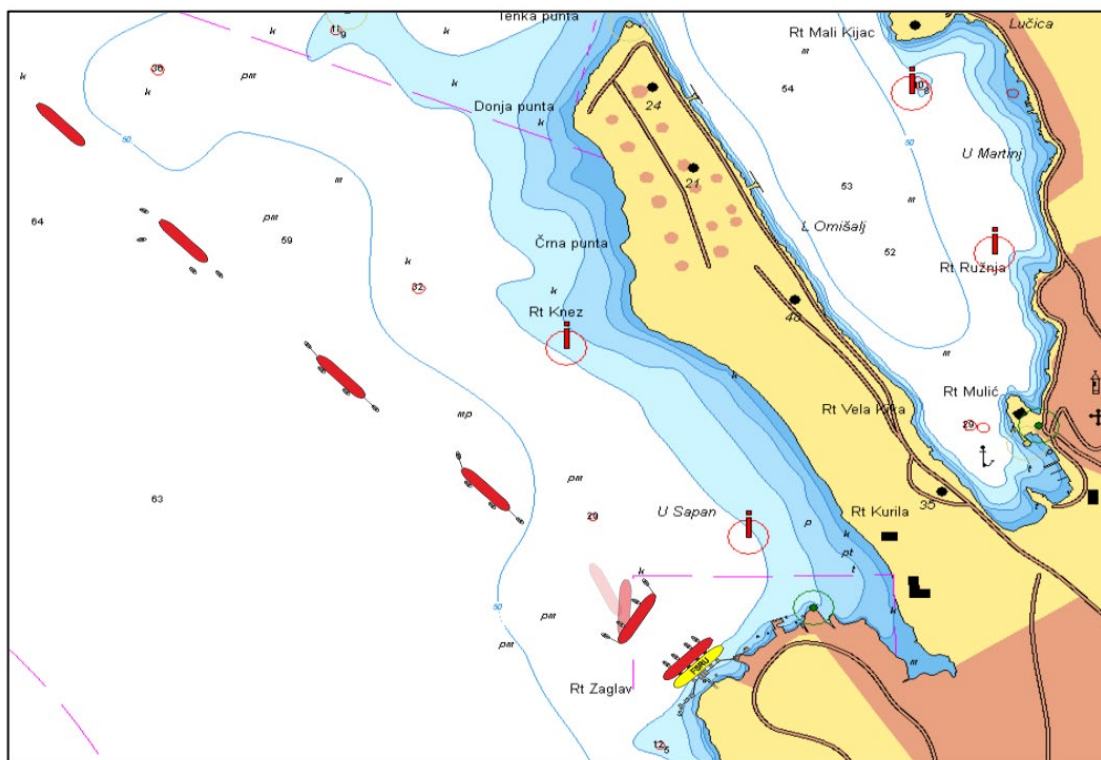


Рисунок 5.10 – Буксирний супровід судна до FSRU LNG Croatia, Крк, Хорватія (другий маневр підходу)

Не менш важливим є регулярне навчання лоцманів: у багатьох країнах (наприклад, США, Південна Корея) передбачене обов'язкове тренування на навігаційних симуляторах. Ці заходи мають на меті не лише відпрацювання процедури, але й перевірку розуміння умов конкретної акваторії, її обмежень і потенційних ризиків [29].

Усе вищевказане дозволяє стверджувати, що підхід до навігаційного забезпечення ЗПГ-танкерів у терміналах світу відображає високий ступінь уніфікації вимог безпеки, стандартизації процедур та застосування сучасних навігаційних технологій. Водночас реалізація цих вимог потребує комплексного підходу, який охоплює не лише технічну складову, але й людський фактор, підготовку екіпажу та гнучкість у реагуванні на змінні зовнішні умови.

5.2.5 Висновки

Аналіз навігаційного забезпечення плавання ЗПП-танкерів у вузькостях та прибережних акваторіях засвідчив, що безпечний прохід таких суден базується на системному підході, який охоплює як технічні рішення, так і організаційні процедури. Проведене дослідження реального проходу LNG-танкера до терміналу Сойо дозволило ідентифікувати критичні елементи сучасної практики судноводіння у складних умовах акваторій зі зменшеними маневреними зонами.

Було встановлено, що навігаційне забезпечення ЗПП-суден потребує високої точності верифікації позиції на основі комбінації супутникових, візуальних і радіолокаційних даних, з обов'язковим дублюванням результатів та активним використанням паперової прокладки. Навігаційна поведінка судна, проаналізована на основі журналу ходу та фактичного маршруту, свідчила про дотримання необхідного рівня контролю за швидкістю, вектором руху та відстанями до небезпечних об'єктів.

Досвід заходу до терміналу Сойо підтвердив актуальність міжнародних норм — таких як рекомендації SIGTTO щодо організації BRM, положення SIRE 2.0 щодо частоти підтвердження позиції, вимоги ISGOTT до комунікацій на містку та погодження дій під час критичних етапів маневру. Особливої уваги потребують процедури взаємодії з лоцманом, де своєчасність передачі управління, коректна передача плану дій та адаптація до місцевих умов мають вирішальне значення для досягнення навігаційної стабільності.

Узагальнення практик функціонування ЗПП-терміналів у різних регіонах світу засвідчило, що рівень вимог до безпеки підходу значно перевищує стандартні норми комерційного судноплавства. Ці вимоги охоплюють стан гідрографічного моніторингу, регулярність оновлення глибин, наявність розрахунків УКС з урахуванням хвильового впливу, точність буксирного супроводу та ступінь інтеграції судна в систему берегового моніторингу. Водночас ключову роль продовжує відігравати фактор підготовки екіпажу,

включаючи практичне моделювання критичних сценаріїв та відпрацювання маршрутів у тренажерному середовищі.

У підсумку, ефективне навігаційне забезпечення плавання ЗПГ-суден у складних районах можливе лише за умови поєднання високоточної навігаційної інформації, професійної взаємодії між усіма учасниками процесу та дотримання глобальних стандартів, адаптованих до конкретної акваторії. Саме ця сукупність чинників і визначає сучасний рівень безпеки проходу танкерів, що транспортують один із найризикованіших видів вантажу у світовій морській торгівлі.

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 кафедр НУ«ОМА», преїскурантів, тарифів та ін. Вихідні дані рейсу т/х «Sonangol Benguela» з порту Сойо в порт Барселона зведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «Sonangol Benguela»	D_w	Тон	89806.3
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	3134.4
3	Відстань між портами	L	милі	4440
4	Кількість навантаженого вантажу: LNG	ΣQ_m	т	70799.8
5	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$/т	30
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/ доб.	5352
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/ доб.	3791
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	14,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	10
10	Добова витрата палива на ходу: важке	q^e_x	тон/доб	140
	На стоянці: легке	$q^e_{ст}$	тон/доб	40

розширення вантажу та накопичення випаруваного газу. Відповідно, максимальний експлуатаційний об'єм LNG, який може бути прийнятий на борт, становить:

$$W_{\text{еф}} = \text{CTC} \times \rho \quad (3.14)$$

де CTC – Cargo Tank Capacity, м³

L – ліміт у 98%

$$W_{\text{еф}} = 162\,040.8 \times 0.98 = 158\,800 \text{ м}^3$$

Враховуючи середню паспортну густину LNG у рідкому стані на температурі навантаження -160°C ($\rho = 0.450 \text{ т/м}^3$), максимальна маса вантажу, що може бути прийнята на борт, становить:

$$Q = \rho \times W_{\text{еф}} \quad (3.15)$$

$W_{\text{еф}}$ – максимальний експлуатаційний об'єм, м³

ρ – густина, т/м³

$$Q = 0.450 \times 158\,800 = 71460 \text{ т}$$

Таким чином, фактична вантажомісткість судна за масою визначається не розрахунковою чистою вантажопідйомністю $\Delta_{\text{ч}} = 86247.4 \text{ т}$, а саме об'ємним обмеженням LNG-танків, яке в цьому рейсі становить 71460 т. Навіть за наявності вільного дедвейту, додаткове завантаження LNG понад цей об'єм є неможливим, оскільки зріджений газ не піддається стиску та вимагає наявності ullage у танку.

Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

де $T_{\text{к}}$ - календарний період, приймаємо 365 діб;

$$T_{\text{екс}} = 365 - 14 = 351 \text{ діб}$$

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 4440 / (14,0 \times 24) + 0,5 = 13,6 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

$$t_{cm} = t_{cm}^n + t_{cm}^s = \left(\frac{Q_1}{M_{n1}} \right) + \left(\frac{Q_1}{M_{s1}} \right) + t_{дон} \quad (6.4)$$

$$t_{cm} = 70799,8 / (5352 \times 24) + 69150,5 / (3791 \times 24) + 6/24 = 1,6 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 13,6 + 1,6 = 15,2 \text{ діб}$$

4. Розраховуємо провізну спроможність судна:

- зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 70799,8 \times 4440 = 314351112 \text{ тонно-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 71460 \times 4440 = 314424000 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 70799,8 \times 30 = 2123994 \text{ $/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

$$R_{екс.} = R_{зн} + R_{хар} + R_{рем} + R_{ам} + R_{сн} + R_{т.пос} + R_{нав} + R_{норм}/t_p + R_{аз} + R_{стр}, \quad (6.7)$$

- витрати на заробітну плату ($R_{зн}$) 6300 \$/добу;
- витрати на харчування екіпажу ($R_{хар}$) розраховуємо за формулою:

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

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

$$R_{хар} = 28 \times 12 = 336 \text{ $/добу};$$

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

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

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

t_{mn} – міжремонтний період 5 років.

$$R_{рем} = ((3000000 + 8000000) / 5) / 351 = 6268 \text{ $/добу}$$

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

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

$$R_{ам} = (28640000 \times 0,04) / 351 = 3264 \text{ $/добу};$$

- 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;

$$R_{сн} = (28640000 \times 0,02) / 351 = 1632 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.пос.}$) 740 \\$/добу;
- навігаційні витрати, \\$/добу ($R_{нав}$) 450 \\$/добу;
- портові збори ($R_{порт}$) 80000 \\$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 550 \\$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 1000 \\$/добу.

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

$$R_{екс} = 6300 + 336 + 6268 + 3264 + 1632 + 740 + 450 + 80000 / 15.8 + \\ + 550 + 1000 = 25603 \text{ \$/ добу}$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

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

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

$$R_{кос.} = 25603 \times 0,02 = 512 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{заг} = 25603 + 512 = 26115 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = 26115 \times 15.2 = 396948 \text{ \$/рейс}$$

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

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

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

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

$$R^m_x = 1,05 \times 140 \times 474 = 69678 \text{ \$/ добу}$$

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

$$R^n_{cm} = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot \Pi_l \quad (6.16)$$

$$R^n_{cm} = 1,05 \times 40 \times 590 = 24780 \text{ \$/ добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{\text{неп}} = (R^m_x \cdot t_x) + (R^n_{cm} \cdot t_{cm}) \quad (6.17)$$

$$\Sigma R_{\text{неп}} = 69678 \times 13.6 + 24780 \times 1.6 = 986860.8 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = \Sigma R_{\text{заг.екс}} + \Sigma R_{\text{неп}} \quad (6.18)$$

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = 396948 + 986860.8 = 1383808.8 \text{ \$/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

$$\Sigma \Pi_{\text{рейс}} = \Sigma F_{\text{рейс}} - \Sigma R_{\text{рейс}}. \quad (6.19)$$

$$\Sigma \Pi_{\text{рейс}} = 2123994 - 1383808.8 = 740185.2 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Sonangol Benguela» з порту Сойо в порт Барселона з вантажем зріджений природний газ за рейс склав 740185.2\$/рейс.

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою [55]:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_e = \frac{T_{екс}}{T_k}, \quad (6.20)$$

$$K_e = 351 / 365 = 0,962$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_3 = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_q}, \quad (6.21)$$

$$\alpha_3 = 70799.8 / 71460 = 0.991$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

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

$$V_{cp} = 4440 / 13.6 = 326.5$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 13.6 / 15.2 = 0.895$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

$$\mu_v = \alpha_z \cdot V_{cp} \cdot \varepsilon_x, \quad (6.24)$$

$$\mu_v = 0.991 \times 326.5 \times 0.895 = 289.6$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu = 2123994 / 15.2 = 139736 \text{ \$}/\text{доба}$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

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

$$S_m = 1383808.8 / 70799.8 = 19.6 \text{ \$}/\text{т}$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

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

$$S_{m-m} = 1383808.8 / 314351112 = 0.004402 \text{ \$}/\text{т-м}$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

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

$$S_{c-c} = 1383808.8 / 15.2 = 91040 \text{ \$}/\text{доб.екс}$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

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

$$PF = 2123994 / 1383808.8 = 1.53$$

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

6.2 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

Якісні показники роботи судна за експлуатаційний період розраховуємо з урахуванням розрахованого експлуатаційного періоду роботи судна за формулою (6.2) за методикою [55]:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p \quad (6.30)$$

$$Ч_p = 351 / 15.2 = 23.1$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{екс} = 70799.8 \times 23.1 = 1635475.4 \text{ т / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

$$\Sigma Ql_{екс} = \Sigma Ql Ч_p \quad (6.32)$$

$$\Sigma Ql_{екс} = 314351112 \times 23.1 = 7261510687.2 \text{ т-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma F_{екс} = 2123994 \times 23.1 = 49064261.4 \$ / рік$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma R_{екс} = 1383808.8 \times 23.1 = 31965983.3 \text{ \$ / рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma П = П_p \cdot Ч_p \quad (6.35)$$

$$\Sigma П = 740185.2 \times 23.1 = 17098278.1 \text{ \$ / рік}$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$PF = 2123994 / 1383808.8 = 1.53$$

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

Таблиця 6.2 - Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Валовий дохід	F	\$	2123994
2	Затрати загальні	R	\$	1383808.8
3	Прибуток	$П$	\$	740185.2
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0.895
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	326.5
6	Дохідність судна	μ	\$/ доб	139736

Продовження табл. 6.2

7	Рівень дохідності	PF		1.53
8	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	19.6
9	Собівартість 1 т-милі	S_{T-M}	\$/т-м	0.004402
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/доб.	91040

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 1.53, прибуток 740185.2\$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 17098278.1\$. Судно «Sonangol Benguela» доцільно використовувати на даній лінії.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Танкер «Emerald Star» стоїть під розвантаженням у 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 разливу - «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 1:00 після аварії. Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна.

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

7.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до Методичних вказівок по виконанню розділу «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 таблиці 7.1 визначаємо: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря - ізотерія.

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_{e1} (т) речовини у первинній хмарі

$$Q_{\epsilon 1} = K1 \cdot K3 \cdot K5 \cdot K71 \cdot Q_0 \quad (7.1)$$

де: $K1 = 0,18$, коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 2); $K3 = 0,04$ коефіцієнт, рівний відношенню порогової токсодози аміаку (табл. 2); $K5$ - коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії - 0,23, для конвекції - 0,08); $K71 = 1$ коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинного хмари (табл. 2; для стиснених газів $K71 = 1$); $Q_0 = 330$ т- кількість викинутого СДОР, т.

$$Q_{\epsilon 1} = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 330 = 0,55 \text{ т}$$

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

Площа розливу S_p (м²) аміаку дорівнює:

$$S_p = \frac{Q_0 / \rho}{h} = \frac{330 / 0,681}{0,05} = 4495 \text{ м}^2 \quad (7.2)$$

де: V_p – об'єм аміаку, що розлився, м³; $Q_0 = 330$ т – кількість аміаку, що розлився при аварії; $\rho = 0,681$ т/м³ – 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	Газ	Рідина	К7 для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Аміак	0,0008	0,681	-33,4	15	0,18	0,025	0,04	<u>0,9</u>	0,31	0,61	1,1	1,41

Примітка. У таблиці наведені значення K_7 для вторинної хмари, тобто $K_7 = K_7^{II}$

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 T (год.) аміаку:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_m \cdot v_{\Pi}} \quad (7.3)$$

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); $K_m = 0,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари аміаку (табл. 7.4); $v_{\Pi} = 6$ км/год – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря (табл. 7.5).

$$T = \frac{0.05 \cdot 0.681}{0.025 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{1}{0.2 \cdot 6} = 1.36 + 0.83 = 2.19 \text{ год}$$

Таблиця 7.3 - Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру(u), м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1.33	1.67	2.0	2.34	2.67	3.0	3.34	3.67	4.0

Таблиця 7.4 - Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1

Продовження табл. 7.4

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_n переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

Ступень вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	$1 \leq$	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_{e2} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{e2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} \quad (7.4)$$

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); $K_6 = N^{0,8} = 10,8 = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , що пройшов з моменту початку аварії; за умовами завдання $N = 1$ год.

$$Q_{e2} = (1 - 0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot \frac{330}{0,05 \cdot 0,681} = 1,83 \text{ т}$$

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

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 и менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19

Так як первинна хмара $Q_{e1} = 0,55$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,88$ км.

Для $Q_{e2} = 1,83$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою аміаку: $\Gamma_2 = 6,59$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' \quad (7.5)$$

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

$$\Gamma_{\Sigma} = 6,59 + 0,5 \cdot 0,88 = 7,03 \text{ км}$$

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

$$\Gamma_{\Pi} = 1 \cdot 6 = 6 \text{ км} \quad (7.6)$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 6,0 \text{ км.}$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_B (км²) хмарою аміаку:

$$S_B = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \frac{\varphi}{360^\circ} \quad (7.7)$$

де: $\Gamma = 6$ км – розрахункова глибина зони зараження; $\varphi = 360^\circ$ - кутовий розмір зони зараження (табл. 7.7).

$$S_B = 3.14 \cdot 6.59 \cdot \frac{360^\circ}{360^\circ} = 113 \text{ км}^2$$

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 , град	360	180	90	45

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_Φ (км²):

$$S_\Phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0.2} \quad (7.8)$$

де: $K_8 = 0,133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (при інверсії приймається 0,081; при ізотермії – 0,133; при конвекції – 0,235).

$$S_\Phi = 0.133 \cdot 6.59 \cdot 10.2 = 4,79 \text{ км}^2$$

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 360^\circ$ (табл. 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 6$ км. Центр сектора співпадає з

джерелом зараження – місцем розливу аміаку. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_1}\right)^\Psi \quad (7.9)$$

де: $\lambda = 3,73$; $\Psi = 0,606$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8); $Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 0,55 + 1,83 = 2,38$ т – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару; $D_1 = 15$ мг.хв/л – летальна токсодоза для аміаку.

$$\Gamma_1 = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{15}\right)^{0,606} = 0,24 \text{ км}$$

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

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

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

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,41}}\right)^\Psi \quad (7.10)$$

де: $D_{0,41} = 0,4 \cdot D_1 = 0,4 \cdot 15 = 6$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для аміаку.

$$\Gamma_{0,4l} = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{6}\right)^{0,606} = 0,42 \text{ км}$$

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $\Gamma_{0,2l}$ (км):

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,2l}}\right)^\Psi \quad (7.11)$$

де: $D_{0,2l} = 0,2 \cdot D_l = 0,2 \cdot 15 = 3 \text{ мг.хв/л}$ – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для аміаку.

$$\Gamma_{0,2l} = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{2,38}{3}\right)^{0,606} = 0,65 \text{ км}$$

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 6 \text{ км}$.

б) 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:

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} \quad (7.12)$$

де: $x = 2 \text{ км}$ – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту.

$$t = \frac{2}{0,2 \cdot 6} = 1,66 \text{ год.} \approx 1 \text{ год } 40 \text{ хв}$$

7.1.3. Висновки і 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 укритися 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 укритися 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 і 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, до персоналу, відповідальному 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 судову 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, відповідальна за охорону судна, підзвітна капітану.

Обов'язки з охорони судна додатково включені в коло вже існуючих прямих обов'язків суднового екіпажу.

ВИСНОВОК

Даний дипломний проект виконаний для економічного та безпечного переходу з порту Сойо до порту Барселона.

За каталогом карток, книг і посібників з маршрутами проведений підбір необхідної літератури.

Виконана прокладка курсів, розраховане плавання по них і природна освітленість за маршрутом переходу.

Проведений розрахунок плавання по дузі великого кола. Виконана робота дозволила зробити навігаційну опрацювання переходу і забезпечення безпеки плавання при його виконанні.

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

У дослідницькому розділі розглянуто особливості навігаційного забезпечення плавання ЗПГ-танкерів у вузькостях та прибережних акваторіях.

Аналіз навігаційного забезпечення плавання ЗПГ-танкерів у вузькостях та прибережних акваторіях засвідчив, що безпечний прохід таких суден базується на системному підході, який охоплює як технічні рішення, так і організаційні процедури. Проведене дослідження реального проходу LNG-танкера до терміналу Сойо дозволило ідентифікувати критичні елементи сучасної практики судноводіння у складних умовах акваторій зі зменшеними маневреними зонами.

Було встановлено, що навігаційне забезпечення ЗПГ-суден потребує високої точності верифікації позиції на основі комбінації супутникових, візуальних і радіолокаційних даних, з обов'язковим дублюванням результатів та активним використанням паперової прокладки. Навігаційна поведінка судна, проаналізована на основі журналу ходу та фактичного маршруту, свідчила про дотримання необхідного рівня контролю за швидкістю, вектором руху та відстанями до небезпечних об'єктів.

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

Розглянуто охоронні заходи і питання цивільної оборони на судні.

Виконана робота дозволила підсумувати курс теоретичної і практичної підготовки в НУОМА і приготуватися до якісно нового етапу в роботі - виконання обов'язків вахтового помічника капітана

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. –Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.
2. Забезпечення навігаційної безпеки плавання [Текст]: навчальний посібник / В. Г. Алексишин, Л. А. Козир, С. В. Симоненко; Одеська морська національна академія. - Одеса: Фенікс; М.: ТрансЛіт, 2012. – 518 с.
3. Технічні системи та способи забезпечення безпеки руху суден [Текст]: навч. посібник для студ. вузів / Г. Б. Вільський; Миколаївський політехнічний ін-т. – О.: Фенікс, 2008. – 234 с.
4. Конвенція та кодекс з підготовки, дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ-78/95) – International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95)
5. Резолюція ІМО А.893 (21) -1999 «Посібник з планування рейсу».
6. Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських судах України (РІШСУ-98).—Одесса: ЮжНИИМФ, 1998.—111с.
7. Посібник з процедур на містку — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 1998. - 87 p.
8. Practical navigation [Text]: training. manual / V. G. Aleksishyn, V. T. Dolgochub; Odesa Maritime National Academy. - 4th ed., Ex. and add. - O.: Phoenix, 2011. - 376 p.
9. Alan Murray. Astro Navigation From Square One To Ocean Master.- M-Y Books, 2013. - 445 p.
10. D.J. House. Seamanship Techniques. Shipboard and Marine Operations. 5th Editdion. 2018. - 922 p.
11. Михальчук В.В. Морехідна астрономія: конспект лекцій. - Одеса: ОНМА, 2003 - 55с.
12. Мальцев А. З. Маневрування судів під час розбіжності. Навчальний посібник – Одеса: Морський тренажерний центр, 2002. 208 с.
13. Мальцев А.С. Теорія та практика безпечного управління судном під час

- маневрування. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. Одеса, 2007. 395 с.
14. Ніколаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: навч. [для студ. вищ. навч. зав.] / Л. Л. Миколаєва. – Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.
 15. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. – 335 с.
 16. Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).
 17. International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (International Grain Code). – London: International Maritime Organization, 1991. – 35 p.
 18. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
 19. J. N. Newman, “The Theory of Ship Motions,” *Advances in Applied Mechanics*, vol. 18, pp. 221-283, 1979.
 20. Сизов В.Г. Теория корабля: Учебник. Издание 4-е., переработанное и дополненное. – Одесса: Фенікс, 2008. – 464 с.
 21. V. Bertram, *Practical ship hydrodynamics*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
 22. Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. Resolution A.267(85). -London: International Maritime Organization, 2008. - 109 p
 23. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден.: У 5-ти т. Том 2. - Київ: Регістр судноплавства України, 2016.
 24. OCIMF. Bridge Procedures Guide, 5th Edition, 2020.
 25. U.S. Coast Pilot 5, NOAA, Chapter 9 – Navigation regulations and port requirements.
 26. Ras Laffan Port Authority. Port Rules and Marine Operating Manual, 2021.
 27. Japan Coast Guard. Hydrographic survey report on Fujian LNG terminal approaches, 2020.
 28. OCIMF. Effective Navigation in Confined Waters, 2021.

29. IMO Resolution A.893(21) – Guidelines for Voyage Planning.
30. DNV. Navigational Risk Assessment for LNG Tankers, 2021.
31. IALA. Recommendation V-127 on Operational Procedures for VTS, 2017.
32. SIGTTO - Guidelines for LNG Carriers Approaching Terminals, 2020.
33. Bridge Resource Management under LNG Navigation Conditions, WMU Journal of Maritime Affairs, 2021.
34. Nilsson, A. (2022). Human factors in LNG tanker navigation through confined waters, Journal of Marine Science and Technology.
35. Angola LNG Terminal. Port Information Manual, 2023.
36. Passage Plan and ECDIS Record – SONANGOL Benguela, Voyage 4 (Soyo–Barcelona), 2023.
37. Internal UKC calculation spreadsheet based on terminal data and onboard logs.
38. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Огляд морського транспорту).
39. Винников В.В. Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок): - 3 изд., перераб. доп. – О.: Феникс, 2011. – 944 с.
40. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. монографія за ред. А. Г. Дем'янченко. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 325 с.
41. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017, с. 20.
42. Терновський В. Б. Методичні вказівки щодо виконання розділу дипломної роботи «Охоронні заходи та цивільна оборона на судні» / В. Б. Терновський – Одеса: НУОМА, 2015. – 75 с.