

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

Россінець Іллі Костянтиновича

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема: «Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна

«Stolt Pride» за маршрутом Ель-Паліто (El Palito) – порт Еверглейдс (Port
Everglades)»

Підпис магістранта



Завідуючий кафедрою

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"
Завідуючий кафедрою

_____ " ____ " _____ 20__ р

З А В Д А Н Н Я

по дипломній роботі магістранта

Россінець Іллі Костянтиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Stolt Pride» за маршрутом Ель-Паліто (El Palito) – порт Еверглейдс (Port Everglades)» затверджена наказом по академії від " ____ " _____ 20__ р. № _____
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи ____ " ____ " _____ 20__ року
3. Вхідні дані до роботи:
 1. Ворохобін І.І. та інші. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи.
 2. m/v «Stolt Pride» Trim and Stability Booklet, Ship manual, Informational booklet for Damage control.
 3. Nautical publication.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
 - Розділ 1. Характеристики судна.
 - Розділ 2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу.
 - Розділ 3. Обробка та розміщення вантажів.
 - Розділ 4. Оцінка морехідних якостей судна.
 - Розділ 5 Аналіз розвитку та сучасного стану технологій автономного судноплавства
5. Перелік графічного матеріалу:
 1. Wheelhouse poster.
 2. Графічний план переходу.
 3. Вантажний план судна.
 4. Діаграма статичної остійності на відхід.
 5. Діаграма статичної остійності на прихід.

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

Розділ (визначається кафедрою)	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	Торський В.Г.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	Торський В.Г.	
3. Обробка та розміщення вантажів	Торський В.Г.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	Торський В.Г.	
5. Аналіз розвитку та сучасного стану технологій автономного судноплавства	Торський В.Г.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	Торський В.Г.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Торський В.Г.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Характеристики судна.	вересень 2025	виконав
2	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу.	вересень 2025	виконав
3	Обробка та розміщення вантажів.	жовтень 2025	виконав
4	Оцінка морехідних якостей судна.	жовтень 2025	виконав
5	Аналіз розвитку та сучасного стану технологій автономного судноплавства.	листопад 2025	виконав
6	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі.	листопад 2025	виконав
7	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні. Висновки.	листопад 2025	виконав

8. Дата видачі завдання _____

Керівник _____

Завдання до виконання прийняв 

Магістерська робота містить 141 с., 27 рис., 45 табл., 36 використаних джерел.

У даній роботі виконано комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Stolt Pride» за маршрутом Ель Паліто – Порт Еверглейдс у лютому місяці з вантажем газоліну загальною вагою 31238,5 т.

Приведені всі особливості навігації, погодні умови, складений оптимальний вантажний план судна, що задовольняє всім вимогам по остійності судна.

Виконаний розрахунок і зроблений висновок оцінки економічних показників рейсу.

Проведено аналіз розвитку та сучасного стану технологій автономного судноплавства.

Розглянуто охоронні заходи та цивільна оборона на судні.

The master's thesis contains 141 pages, 27 figures, 45 tables, 36 sources used.

In this work, a comprehensive study and study of the stages of passage of the vessel «Stolt Pride» on the route El Palito – Port Everglades in February with a cargo of gasoline with a total weight of 31238.5 tons.

All the features of navigation, weather conditions, the optimal cargo plan of the vessel, which meets all the requirements for the ship's stability are presented.

The calculation was made and the assessment of the economic performance of the voyage was made.

An analysis of the development and current state of autonomous shipping technologies has been conducted.

Security measures and civil defense on ships have been considered.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	10
1.1 Загальні відомості і головні розміри	10
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна	13
1.3 Маневрені характеристики	13
1.4 Навігаційне обладнання	13
1.5 Забезпечення непотоплюваності	19
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	25
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу	25
2.2 Оцінка запланованого переходу	27
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	31
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	35
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному пла- ванні	38
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	43
2.3.1 Розрахунок ортодромії	43
2.3.2 Складання маршрутних листів	44
2.3.3 Графічний план переходу	44
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	53
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	54
РОЗДІЛ 3. ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	57
3.1 Транспортні характеристики вантажів	57
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та доку- ментальне оформлення морського перевезення	60
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	65

3.4 Складання вантажного плану	67
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	68
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА	72
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	72
4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності	77
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	81
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності	81
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності	87
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності ...	88
4.7 Контроль загальної поздовжньої міцності судна	89
РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТА СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОНОМНОГО СУДНОПЛАВСТВА	92
5.1 Теоретико-методологічні засади, історичний генезис та нормати- вно-правове регулювання впровадження морських автономних на- дводних суден (MASS)	92
5.1.1 Концептуалізація автономного судноплавства в парадигмі «Maritime 4.0»	92
5.1.2 Еволюція та архітектура нормативно-правового регулювання ...	94
5.1.3 Історіографія технологічного пошуку: Від теоретичних моделей до прототипів	97
5.1.4 Сучасний стан імплементації: Ера комерційної експлуатації	98
5.2 Технологічна архітектура, інженерне забезпечення та алгоритміч- ні комплекси автономних суден	100
5.2.1 Автоматизація портових операцій та системи динамічного шва- ртування (Auto-Mooring)	101
5.2.2 Архітектура сенсорного забезпечення та технологія Sensor Fusion	104
5.2.3 Гібридна телекомунікаційна інфраструктура та кіберстійкість каналів зв'язку	106

5.3 Стратегічні тенденції, соціально-економічні наслідки та перспективи розвитку автономного судноплавства в контексті глобальної логістики	108
5.3.1 Трансформація економічних моделей: Від економії на екіпажі до операційної ефективності	109
5.3.2 Технологічна конвергенція та екосистема «Цифрового двійника»	110
5.3.3 Еволюція нормативно-правового поля: Парадигма GBS	111
5.3.4 Соціальна трансформація та феномен «Цифрового офіцера»	111
5.3.5 Переосмислення режиму юридичної відповідальності	112
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ	113
6.1 Підвищення ефективності роботи морського транспортного судна	113
6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі	114
6.3 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період	122
РОЗДІЛ 7. ОХОРОННІ ЗАХОДИ ТА ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ	125
7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	125
7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)	125
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території	126
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	133
7.1.4 Стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу вибуху на території портової споруди, що взаємодіє із судном	134
ВИСНОВКИ	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	139

ВСТУП

Ця дипломна робота присвячена комплексного опрацювання рейсу. У ній висвітлено найбільш важливі в роботі судноводіїв теми: навігаційна підготовка до переходу, складання вантажного плану, аналіз економічної ефективності рейсу, аналіз розвитку та сучасного стану технологій автономного судноплавства та цивільної оборони.

Вище перераховані аспекти судноводійної професії тісно взаємопов'язані.

Для безпечного судноводіння необхідно можливо краще знати власне судно; його конструктивні особливості, наявні на ньому навігаційне обладнання та конструктивні заходи щодо забезпечення безпеки. Цим питанням присвячена перша глава.

Неможливо переоцінити значення навігаційної підготовки – найважливішої застави безпечного плавання. Тільки ретельне вивчення майбутнього району плавання, беручи до уваги всі можливі обставини, дозволять судну безпечно здійснити перехід з порту в порт.

Однак, правильна завантаження не менш важлива – від цього безпосередньо залеже остійність судна, його морехідні якості. Тому складений вантажний план повинен відповідати всім вимогам ІМО.

В сучасних економічних умовах необхідно прагнути до найбільш ефективної роботи морських транспортних судів. Нам під силу скорочення невиробничих втрат часу. Крім того, ретельно обраний шлях судна, з урахуванням всіх обставин дозволить найбільш точно визначити ходове час між портами, тобто, в свою чергу, дозволить точніше визначити кількість необхідних запасів на рейс, що дасть можливість більш повно використовувати вантажопідйомність судна. Це дозволить підвищити доходи судна.

Але при цьому не можна забувати про безпеку членів екіпажу, про охорону їх праці.

В умовах роботи морського транспорту охорона праці набуває

першочергового значення. Весь екіпаж судна повинен дотримуватися правил техніки безпеки, починаючи зі свого робочого місця і до всього судна в цілому.

В дослідницькому розділі була опрацьована тема: «Аналіз розвитку та сучасного стану технологій автономного судноплавства».

Аналіз еволюції від дослідницьких проєктів (MUNIN, AAWA) до комерційних реалізацій (Yara Birkeland) доводить, що технологічний бар'єр для впровадження автономності успішно подолано. Інтеграція мультиспектральних сенсорних систем (Sensor Fusion), алгоритмів штучного інтелекту та низькоорбітального супутникового зв'язку (LEO) дозволила створити кіберфізичні системи, які за рівнем ситуаційної обізнаності та швидкості реакції не поступаються, а в окремих сценаріях перевершують можливості людини-оператора. Галузь здійснила незворотний перехід від концепції автоматизації окремих механізмів до парадигми повної автономності систем управління.

РОЗДИЛ 1
ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

В табл. 1.1 приведені основні відомості про судно.

Таблиця 1.1

Основні відомості про судно

1	Назва судна	«Stolt Pride»;
2	Тип судна	танкер;
3	Позивний сигнал судна	ZGEX9;
4	ІМО №	9680073;
5	MMSI №	319093800;
6	Рик и місце будівництва	2016. Hudong-Zhonghua Shipbuilding (Group) Co. Ltd. (Китай);
7	Клас реєстру	C+ oil tanker ESP – double hull; chemical tanker ESP; unrestricted navigation; +AUT – UMS; GREEN STAR 3 DESIGN; ICE CLASS 1B; INWATERSURVEYS; VCS;
8	Порт приписки	Cayman Islands;
9	Судновласник:	Stolt Pride B.V.;
10	Довжина найбільша. (L):	175.9 м;
11	Довжина між перпендикулярами. ($L_{\perp\perp}$):	168.0 м;
12	Ширина найбільша. (B):	31.00 м;
13	Висота борту до верхньої палуби. (H):	17.2 м;

Продовження табл. 1.1

1	2	3
14	Осадка (Т) в повному вантажу: порожнем:	11.115 м; 2.346 м;
15	Водотоннажність: в повному вантажу Δ : порожне Δ_0 :	49358.0 т; 9198.0 т;
16	Повна вантажопідйомність Δ_w :	40160 т;
17	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	B&W 6S50MC – C; M.C.R. 9480 kw; 127.0 RPM;
18	Режим роботи головного двигуна:	33 – найменший; 45 – малий; 56 – середний; 72 – повний; 84 – найповніший;
19	Швидкість судна:	12.0 вузл.;
20	Гребний гвинт: кількість лопастей: діаметр: напрямок обертання:	4; 5900 мм; правого кроку;
21	Тип руля та площа його пера:	Semi Balanced Rudder of Spade type. 35.91 м ² ;
22	Тип рульової машини:	NV ABG TP O 2 BAR 90-475
23	Суднова радіостанція:	2 електростанції змінного струму по 400 кВт. 60 Гц

Продовження табл. 1.1

1	2	3
24	Склад суднової радиоапаратури відповідає вимогам району А3 та включає в себе:	УКВ радиостанція з ЦИВ Deveg 3817 VHF DSC; ПВ телефонна радиостанція з ЦИВ; ПВ / КВ телефонна радиостанція з ЦИВ и УБПЧ; Deveg 3105 MF / HF DSC controller; Приймач НАВТЕКС Deveg 2902; ИБМ Deveg 6348; Инмарсат – 3 Deveg 3220 В Inmarsat – 3 transp.; Аварийний радиобуй Deveg 3545; CAPT Deveg 5900 EMERGENCY RADAR TRANSPORTER; Переносна УКВ радиостанція Deveg 6701
25	Валова регистрова мисткість (GT):	25385
26	Чиста регистрова мисткість (NT):	10020
27	Добова витрата палива: на ходу: важке паливо на стоянці: при завантаженні важке паливо при вивантаженні важке паливо дизельне паливо	25.0 т/добу; 6.0 т/добу; 12.0 т/добу; 12.0 т/добу;

Продовження табл. 1.1

1	2	3
28	Координати центру мас судна порожнем:	X = -10.225 м; Z = 10.716 м.

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Схематичне план бичного виду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів приведений на рис. 1.1.

План верхньої палуби з вказівкою розмірів вантажних люків показаний на рис. 1.2.

Вантажна шкала представлена на рис. 1.3.

1.3 Маневрені характеристики

Дани про маневрені характеристики. дани по якорному ланцюгу. по роботі рульового пристрою. збільшенні осадки. дани про діаметр повороту і так далі представлені на рис. 1.4.

1.4 Навігаційне обладнання

Дани усіх технічних засобів навігації (ТЗН) судна (електронавігаційні прилади і системи) представлені в табл. 1.2 та табл. 1.3.

Таблиця 1.2

Технічні засоби навігації

Прилад, система	Тип
1	2
Магнітний компас	CASSENS&PLATH
Гирокомпас	KEIK. TG – 8000
Авторульовий	PR 2000 TOKIMEC
Радіолокатор	JMA – 7252 – 9 JRC JMA – 7252 – 6 JRC
Ехолот	JRS. JFE – 680
ECDIS	JRS. JAN – 901B
NAVTEX	NCR 300A JRC
GPS	JLR 6800 JRC
GPS / LORAN	NWZ 4550 JRC
АИС	AG NAUTICAST

Таблиця 1.3

Точнісні характеристики ТЗН на судні

Тип и марка приладу	Умови	Вимірювани на- вігаційні пара- метри	СКП одного вимірювання
1	2	3	4
ГК KEIK. TG – 8000	судно. яке рухається	курс/пеленг	0.078

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
JMA – 7252 – 9 JRC	електронний визир	пеленг	0.23
	шкали до 3 миль	дистанція	0.14
	шкали більше 3 миль	дистанція	0.20
JMA – 7252 – 6 JRC	електронний визир	пеленг	0.093
	шкали до 4 миль	дистанція	0.21
	шкали більше 4 миль	дистанція	0.29
Ехолот JRS. JFE – 680	глибини до 2 м	глибина	0.001
	глибини 10 м	глибина	0.05
	глибини більше 20 м	глибина	0.12

1.5 Забезпечення непотоплюваності

Непотоплюваність є одним з найважливіших якостей судна і забезпечується конструктивними і попереджувальними організаційно-технічними заходами.

Конструктивна непотоплюваність забезпечують, розділяючи корпус судна на ряд відсіків за допомогою водонепроникних перегородок, палуб і платформ, а також таких пристроїв і систем на судні як: осушувальних систем, вимірювального труб, водонепроникних закриттів і т.п. Також має значення для забезпечення запасу плавучості, остійності і міцності судна після затоплення відсіків правильний вибір співвідношень головних розмірів судна.

Це все забезпечується на стадії проектування судна під наглядом Ллойдського реєстра і представлено у вигляді буклетів і планів щодо забезпечення непотоплюваності. Також важливі значення для забезпечення непотоплюваності мають попереджувальні організаційно-технічні заходи. Найбільш важливими з них є: правильна організація особового складу в боротьбі за непотоплюваність; систематична і ретельна підготовка з питань непотоплюваності; підтримання у справному стані всіх водонепроникних закриттів (дверей, люків, горловин, ілюмінаторів); суворе дотримання інструкції по прийому і витрачання рідких вантажів, баластування судна в умовах штормової погоди і усунення вільних поверхонь рідких вантажів; регулярний контроль водонепроникності корпусу судна шляхом замирення рівнів рідини у л'яльних колодязях і танках подвійного дна. Що на даному судні представлено у вигляді інструкцій і планових тренувань екіпажу в (система управління безпекою) СУБ судна підготовлене безпосередньо оператором судна.

Нижче наведені основні витримки, взяті з "Інформації про непотоплюваність судна".

Цей буклет підготовлений відповідно до вимог Міжнародної конвенції про вантажну марку 1966 року переглянутої Протоколом 1988 року, а також MSC / Circ. 919 і MSC / Circ. 434.

Буклет служить для того, щоб дати вказівки капітану і екіпажу в разі пошкодження. Згідно з наведеними у буклеті інструкціями, екіпаж повинен бути здатний оцінити ситуацію і визначити необхідні дії, які необхідно зробити, щоб звести до мінімуму наслідки збитку щодо безпеки людей на борту і захисту морського середовища.

Як правило, майстер повинен проявляти обережність і хорошу майстерність при прийнятті необхідних дій.

Високий рівень підготовки екіпажу забезпечує швидкі і адекватні дії в разі пошкодження.

Кожен член екіпажу повинен бути знайомий з розташуванням судна і необхідними діями в разі пошкодження, такого як розташування водонепро-

никних дверей і люків. а також непроникних для атмосферних впливів точок відкриття. трубопроводів і розташування насосів. а також розрахунок з завантажувальним комп'ютером та інші.

Крім знань про пристрій судна. повинні бути передбачені чіткі процедури зв'язку. щоб забезпечити бездоганний робочий процес.

Інструкція щодо забезпечення непотоплюваності до початку навігації.

а) Інші зовнішні відкриття. такі як двері і люки. повинні бути закрити відразу ж після використання.

б) Клапани баластної системи з гідравличним управлінням уздовж труби повинні бути закрити під час навігації. якщо вони не використовуються.

с) Вентиляційні отвори і повітроводи зазвичай відкрити.

Для забезпечення відповідності застосовним нормам обмеження остійності (гранична крива GM) повинні дотримуватися при будь-яких умовах навантаження.

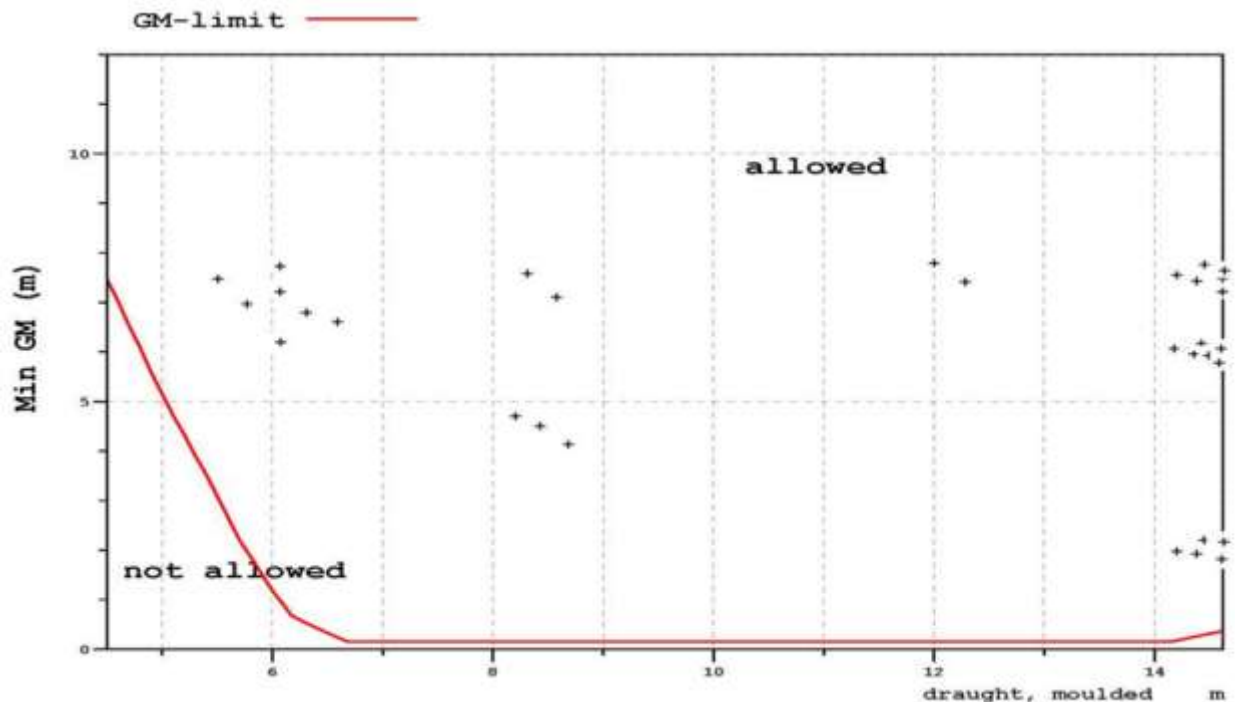


Рис. 1.5. Норма обмеження остійності для судна

Стан рівноваги після затоплення видсику.

Передбачени наступні стану остійності і їх критерії при пошкодженні корпусу в стани рівноваги після затоплення видсику:

- остаточна лінія положення ватерлінії після затоплення. в розрахунку на затопленому видсику. крен і диферент. повинен бути нижче найнижчий кромки будь-якого відкриття. через яке може статися затоплення;

- кут крену через несиметричного затоплення не повинен перевищувати 15 градусів. Якщо ж ні одна частина палуби не заглиблена. кут нахилу може досягати 17 градусів;

- метацентрична висота після затоплення видсику. має бути позитивна;

- коли будь-яка частина палуби поза передбачуваному затопленого видсику. у віддаленому від місця пошкодження занурюється. або в разі. коли запас остійності в підтопленому стани може бути сумнівним. залишкову остійність слід перевірити ще раз:

(А) Крива плеча остійності повинна мати мінімальний діапазон 20 градусів за межами положення рівноваги з максимальний плечем остійності не менше 0.1 м в цьому діапазоні.

(В) Площа під кривою навантаженого плеча в межах цього діапазону повинна бути не менше 0.0175 м-рад.

Осушувальна система представлена на рис. 1.6.

Дани по баластній системі судна представлені на рис. 1.7.

РОЗДИЛ 2

АНАЛІЗ. ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВИГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Загальні вимоги відносно планування переходу містяться у вимогах кодексу по підготовці і дипломуванню моряків і несенню вахти (ПДМНВ – 78/95) в розділи А – VIII/2. частина 2. які формулюються таким чином:

майбутній рейс повинен плануватися заздалегідь. зважаючи на усю наявну до цього інформацію;

старший механік повинен. проконсультувавшись з капітаном. визначити заздалегідь потреби майбутнього рейсу. зважаючи на потреби в паливі. воді. мастильних матеріалах. хімікатах. витратних і інших запасних частинах. інструментах. запасах і інших вимог;

до початку кожного рейсу капітан кожного судна повинен забезпечити. щоб передбачуваний шлях з порту відходу до першого порту заходу планувався. використовуючи відповідні карти і інші навігаційні посібники. що необхідні для майбутнього рейсу. містити точну повну і видкориговану інформацію відносно тих навігаційних обмежень і небезпек. які мають постійний або передбачуваний характер. і які мають відношення до безпеки плавання суден;

після закінчення перевірки запланованого шляху. зважаючи на усю інформацію. що відноситься до нього. запланований шлях має бути прокладений на відповідних картах і бути постійно доступним для вахтового помічника капітана. який до того як лягти на відповідний курс. зобов'язаний перевірити його;

якщо в ході рейсу прийнято рішення про змину наступного порту заходу або якщо необхідно істотно відхилитися від запланованого шляху з інших

причин. змінений шлях повинен опрацьовуватися заздалегідь. до того як він буде истотно змінений.

Планування переходу и його виконання включає чотири послідовни фази:

- оцінка (Appraisal);
- планування (Planning);
- виконання (Execution);
- управління (Monitoring).

Оцінка майбутнього плавання робиться на основи зібраної інформації. яку судноводий може зібрати з наступних джерел:

Каталог карт и книг (Catalogue of Admiralty Carts and Publications NP131);

Навігаційних карт (Charts) – необхідно з'ясувати. на який картографічний основи складени карти. щоб підвищити достовірність прокладення на ній обсервацій. отриманою по навігаційних супутниках;

Океанські шляхи свиту (Ocean Passage For the World) – мистить зведення про кліматични особливости районів свиту. про системи океанських течій;

Маршрутні и лоцманські довідкові карти;

Лоції (Pilot Books. Sailing Directions);

Перелік вогнів и туманних сигналів (Admiralty List of Lights and Fog Signals);

Таблиці приливів (Tide Tables);

Сповідження мореплавцям (Notices to Mariners);

Інформація про радіосигнали (Radio Signal Information);

Радіонавігаційні и місцеві попередження (Radio and Local Warnings);

Посадка и остійність судна (Draft and Stability of Ship).

Планування переходу складається з трьох етапів:

трансокеанський перехід и відкрити морські води;

прибережні води и узкості;

ділянки лоцманської проводки.

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

Прибережне плавання і плавання в обмежених водах вимагає значно більшої уваги. Шлях вибирають в сторони від небезпек з урахуванням систем розділення руху. Беруть до уваги національні вимоги і обмеження при проходженні територіальних вод. Враховують час проходження найбільш складних ділянок, освітленість на цей час, дії приливних течій і тому подібне.

При плануванні плавання по ділянках лоцманської проводки необхідно враховувати маневрені елементи свого судна, співвідношення опадів і глибин під килем, збільшення опадів від швидкості і від крену на повороти, зміна швидкості, необхідна для встановлення часу проходження, коли можуть виникнути обмеження при підході вночі або залежно від висоти приливу.

При виконанні переходу головним завданням є контроль за безпечним плаванням судна по маршруту, заданому попереднім прокладенням шляхом безперервного ведення виконавчого прокладення. Виконавче прокладення полягає у веденні числення шляху судна на картах, визначенні місця судна, періодичною корекцією обсерваціями числення шляху, нанесенні на карту числимих і обсервованих місць судна.

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 Гидрографією Великобританії.

Відомости про пидибрани карти и книги зведени в табл. 2.1 и 2.2.

Таблиця 2.1

Перелик карт на перехид

№ карти	Назва карти	Дата випуску
1	2	3
Navigational Charts		
The World Index of Charts at 1 : 3500000 or comparable scale		
4400	The West Indies	June 2021
4402	Caribbean Sea	May 2019
4403	Southeast Coast of North America including the Bahamas and Greater Antilles	Oct 2022
Routening Charts and Plans		
1628	Puerto Cabello and Approaches Puerto Cabello	Apr. 2016
2192	Cabo Cadera to Punta Aguide including Outlying Islands	Aug. 2028
1966	Tortuga to Cabo la Vela	Feb. 2019
2600	Mona Passage to Dominica	Jan. 2022
3689	Eastern Part of Haiti to Puerto Rico	May 2021
472	Mona Passage	Dec. 1990
1266	South – Eastern Pottion of the Bahama Islands	July 2020
2710	Delaware Bay to Straits of Florida	June 2020
3912	North East Providence Channel and Tongue of the Ocean	May 2018
3910	Little Bahama Bank including North West Providence	May 2018

	Channel	
2866	Cape Canaveral to Key West including the West Part of Bahama Banks	Sept. 2018
3699	Approaches to Port Everglades and Miami	Apr 2018

Продовження табл. 2.1

3684	Port of Palm Beach with Approaches and Port Everglades	Apr 2020
	Non – Navigational Charts	
D.6083	The Word – Load Line Regulations – Zones. Areas and Seasonal Periods	Apr. 2016
5006	The World – Time Zone Chart	Oct. 1999
5310	The World – General Surface Current Distribution	May 1968
	Astronomical Charts	
5000	Azimuth Diagram - modified Weir (Lat. 0° to 65°)	Oct. 2015
	Climatic Charts	
5124(2)	North Atlantic Ocean Routeing chart February	Dec 2012
5302	World Climatic Chart	June 2013

Таблиця 2.2

Перелік публікацій на перехід

Номер	Назва посібника
1	2
	Admiralty List of Radio Signals
281(2)	Part 2. Maritime Radio Stations : The Americas. Far East and Oceania
	Radio Aids to Navigation. Satellite Navigation Systems. Legal Time. Radio Time Signals and Electronic Position Fixing Systems
283(2)	Part 2. Maritime Safety Information Services : The Americas. Far East and Oceania
284	Meteorological Observation Stations
285	Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
286(5)	Part 5. Pilot Services. Vessel Traffic Services and Port Operations : Americas and Antarctica
288	Satellite Navigation Systems

Продовження табл. 2.2

1	2
Admiralty Sailing Directions(ASD)	
7A	South America Pilot. Vol.IV
71	West Indies Pilot. Vol.2
70	West Indies Pilot. Vol.1
Admiralty Tide Tables (ATT)	
202	Europe (excluding UK and Ireland). Mediterranean Sea and Atlantic Ocean
Miscellaneous Tidal Publications	
120	Admiralty Manual of Tides
List of Lights and Fog Signals	
82	Western Side of North Atlantic Ocean including Caribbean Sea
Astronomical Publications	
314	The Nautical Almanac 2020
303	Sight Reduction Forms
323	Star Finder and Identifier
Miscellaneous Publications	
100	The Mariners Handbook
136	Ocean Passages for the World (4th Edition. 1987)
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publications – 2013
133A	Chart Correction Log and Folio index – Second Edition 1999
294	How to Correct your Charts the Admiralty Way
735	IALA Maritime Buoyage System. Edition 5. 1994
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts. Edition 2. 1998
	International Regulations for Collision prevention at Sea 1972
Software	
	Fairplay 2020 – World Shipping Encyclopedia
	Ports Guide 2020

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

Нині усі завдання отримання, передачі інформації на судах вирішуються штурманським складом в процедурах і з використанням апаратних засобів ГМССБ. Однією з функцій ГМССБ є передача на судна в морі інформації по безпеці мореплавання (ІБМ). Збором, координацією і передачею ІБМ займається служба безпеки SafetyNET, що є складовою частиною ГМССБ. Структура SafetyNET і завдання, що вирішуються службою, викладені в керівництві ІМО International SafetyNET Manual.

Інформація по безпеці на морі (ІБМ, Maritime Safety Information – MSI) включає навігаційні і метеорологічні попередження, метеорологічні прогнози і інші термінові повідомлення, що відносяться до безпеки. Ця інформація є життєво важливою для усіх суден, тому вона є обов'язковою для прийому на усіх судах незалежно від району плавання.

У ГМССБ інформація по безпеці включає:

- навігаційні попередження;
- метеорологічну інформацію;
- інформацію при пошуку і рятуванні;
- попередження про піратські напади.

Збір і поширення інформації по навігаційних попередженнях забезпечується Всесвітньою службою навігаційних попереджень (ВШП). (WWNWS – World Wide Navigational Service) на основі функціонального керівництва Міжнародної гідрографічної організації (ІНО – International Hydrographic Organization).

Метеорологічна інформація забезпечується Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО – World Meteorological Organization).

Інформація по пошуку і рятуванню забезпечується владою, відповідальними за координацію рятувальних операцій в морі. – (морськими) рятува-

льно-координаційними центрами (RCC. MRCC). відповідно до стандартів і процедур, встановлених Міжнародній морській організації (ІМО).

Для координації передач ІБМ увесь світовий океан розділений на 21 морський район, званих NAVAREA, що означають римськими цифрами. У кожному з цих районів є країна – координатор відповідальна за збір, аналіз і передачу навігаційної інформації.

Розрізняють три типи навігаційних попереджень:

- попередження NAVAREA;
- прибережні попередження;
- місцеві попередження.

Попередження NAVAREA містять інформацію, яка потрібна мореплавцям, для безпечного плавання на океанських переходах.

У прибережних попередженнях поширюється інформація, яка потрібна для безпечного плавання у межах певного регіону. Вони забезпечуються, як правило, службою NAVTEX.

Міжнародна служба SafetyNET – це служба, що використовує ІНМАРСАТ, і службовка для поширення інформації по безпеці на морі, включаючи ретрансляцію повідомлень безпеки на морі, включаючи ретрансляцію повідомлень лиха в напрямі «берег – судно».

Структура міжнародної мережі SafetyNET, що забезпечує збір, обробку і передачу інформації по безпеці мореплавання в системі супутникового зв'язку ІНМАРСАТ.

До складу інформації, що передається по каналах SafetyNET, входять:

- навігаційні попередження;
- метеорологічні попередження і метеопрогнози;
- повідомлення про лихо в напрямі «берег – судно», інформація SAR;
- попередження про напад піратів;
- дані про коригування карт і інша термінова інформація.

Передачі здійснюються за розкладом або поза розкладом. Розклади передач повідомлень SafetyNET представлені в:

- GMDSS Master Plan. Annex 8;
- ALRS vol 5 (GMDSS. 10 – 6).

Складовою ГМССБ є. також. служба NAVTEX.

NAVTEX – міжнародна автоматизована система передачі в режимі вузькосмугового буквопечатання навігаційної. метеорологічної і іншої терміновий інформації. що відноситься до прибережних вод в радіусі до 400 миль від берега. NAVTEX забезпечує передачу метеорологічних прогнозів і усих штормових попереджень.

Служба NAVTEX використовує спеціально призначену для цих цілей частоту 518 кГц. на який БС передають інформацію англійською мовою.

Для заданого переходу з посібника ALRS 283 вибираємо інформацію. потрібну для отримання факсимільних карт погоди по маршруту переходу. зводимо її в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Радиостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

№	Радиостан- ція	Позначення и межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1	New Orleans	0° – 35°N	24 hour wind	0035(00)
			forecast	1235(12)
		35°W – 100°W	24 hour surface	0705(00)
			forecast	1905(12)

Для прийому текстової інформації про погоду – прогноз. анализ. метеопередження. – зазвичай не підбирають спеціальних станцій. оскільки випуски NAVAREA і NAVTEX містять її в достатній кількості.

З посібника ALRS 285 вибираємо інформацію про райони NAVAREA і станціях NAVTEX по маршруту переходу. Дани зводимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Райони NAVAREA. станції NAVTEX на переходи

№	Дилянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	Carrebian Sea	IV	Curacao [H] San Huan [R]	USA
2	US coast	II	Savannah [E] Miami [A]	USA

В ходи навігаційного опрацювання переходу готуються до обміну інформацією з береговими контрольними постами, лоцманськими станціями, операторами портових терміналів в портах заходу.

За допомогою посібника ALRS 286 визначають наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУДС (Reporting Areas), вирішують питання про зв'язок з контрольними станціями і постами – терміналами, форми і способах подання інформації. З'ясовують деталі зв'язку з лоцманськими станціями і оператором терміналів в портах. Отримані відомості зводять в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Зв'язок на переходи

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали. частоти	Примітка
1	El Palito Pilots and Port	VHF	14. 16; 06	Approach. berthing. unberthing. Cargo Operations
2	Everglades Pilot and Port	VHF	16; 18; 14; 77; 12; 13	Approach. berthing. unberthing. Cargo Operations

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Вивчення, аналіз і короткий опис гідрометеорологічних по маршруту на період (місяць) плавання включають наступні елементи:

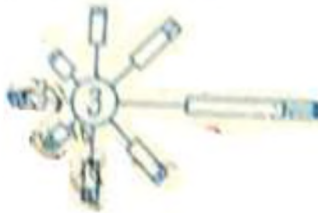
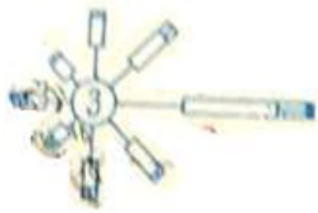
- загальна характеристика
- атмосферний тиск і вітри
- тропічні циклони
- хмарність і опади
- тумани і видимість
- температура і вологість.

Таблиця 2.6

Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характерис- тики за ділянками	El Palito			West India Islands			Everglades		
1	2			3			4		
Атмосфер- ний тиск. гПа	1020			1020			1010		
Вітер	Роза вітрів № 1			Роза вітрів № 2			Роза вітрів № 3		
Напрявлен- ня вітру	Повторюваність вітру. %			Повторюваність вітру. %			Повторюваність вітру. %		
	су- мар- на	11-15 м/с	>16 м/с	су- мар- на	11-15 м/с	>16 м/с	су- мар- на	11-15 м/с	>16 м/с
N	–	8	–	–	1	–	–	1	–

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
NE	—	45	—	—	5	—	—	5	—
E	—	12	—	—	51	—	—	51	—
SE	—	19	—	—	33	—	—	33	—
S	—	2	—	—	6	—	—	6	—
SW	—	5	—	—	1	—	—	1	—
W	—	2	—	—	1	—	—	1	—
NW	—	7	—	—	—	—	—	—	—
Результую- чий вітер	направлення. у румбах		Е	направлення. у румбах		Е	направлення. у румбах		Е
	швидкість. м/с		6-10	швидкість. м/с		6-10	швидкість. м/с		6-10
Максимальна швидкість ви- тру. м/с	спостережена		22	спостережена		22	спостережена		30
	розрахункова		—	розрахункова		—	розрахункова		—
Повторюва- ність шти- лив. %	1			3			3		
Схема «рози вітрів»									

Таблиця 2.7

Видимість, водний і тепловий режими атмосфери, гідрологічні характеристики

Характеристики за ділянками		El Palito	West India Islands	Everglades
Температура повітря. °C		32	26	21
Температура води. °C		26	22	22
Відносна вологість. %		82	79	79
Повторюваність туманів. %		—	—	—
Видимість менше 2 миль		—	—	—
Хмарність. бали		4	4	5
Солоність води. ‰		36.0	35.5	35.5
Щільність води. г/см ³ (або кг/м ³)		1.028	1.028	1.028
Постійні течії	назва	Гвіанська	Гвіанська	Північно – пасатна
	термодинамічна характеристика	тепла	тепла	тепла
	напрявлення	W	W	W
	швидкість. вузл.	< 0.5	< 0.5	< 0.5
	стійкість	50 – 79	50 – 79	50 – 75
Швидкість припливних течій. вузл.		—	—	—
Висота хвиль. м	середня	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
	максимальна	< 5.0	< 5.0	< 5.0
Період хвиль. с		12	10	10

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибрежному плаванні

Порт Ель Палито розташований в 7 милях на захід від порту Пуерто Кабело.

Порт має довгу причальну лінію з виносними причалами. оскільки у берегів зосереджені багато рифів і мілин.

У порту діє тропічна вантажна марка.

Орієнтовний час прибуття судна в порт повинен докладатися портовий влади і агентові за 72. 24 і 4 години до підходу до лоцманської станції

Зв'язок з портом підтримується по радіо через порт Пуерто Кабелло на частоті 8722kHz. а також по УКВ зв'язку на каналах 16. 06.

Вільна практика надається судну тільки після його швартовки до причалу і повної перевірки владою.

Будь-які операції по вантаженню. виробництву яких-небудь робіт і дій на судні. ремонту або отримання постачання з провизією повинні узгоджуватися з керівництвом порту.

Усі причали. пирси. високі вежі. водонапірні станції. закінчення пирсів і будь-які перешкоди в навігаційному відношенні добре маркіровані і оснащені світловими вогнями різних кольорів і мають яскраво очертані межі.

Лоцманська проводка в порт обов'язкова.

Якирна стоянка порту Ель Палито розташована в 1 милі на північний захід від основних причалів.

Висота приливної хвилі в порту складає 0.3 метра. Щільність води 1025.

При вході в порт можна замовляти буксири з Пуерто Кабелло у кількості 2 штук.

Ель Палито є нафтоналивним портом. тому усі причали оснащені будь-якими видами з'єднання трубопроводів і наливних засобів у відсіки трюмів судна.

У порту можна робити тільки незначний ремонт бортових засобів, які не викликають спалахів і іскр, ремонт двигуна категорично заборонений. Також в порту можна поповнити запаси палива і прісної води, постачання і провізії.

Необхідні документи на прихід/видхід:

1. Cargo stowage plan – 3 шт.
2. Cargo manifest – 8 шт.
3. Hatch list – 3 шт.
4. Hazardous and Dangerous Cargo declaration – 8 шт.
5. Crew List – 5 шт.
6. Passenger List – 5 шт.
7. Last port clearance – 1 шт.
8. Ship's Registry – 1 шт.

План порту представлений на рис. 2.1.

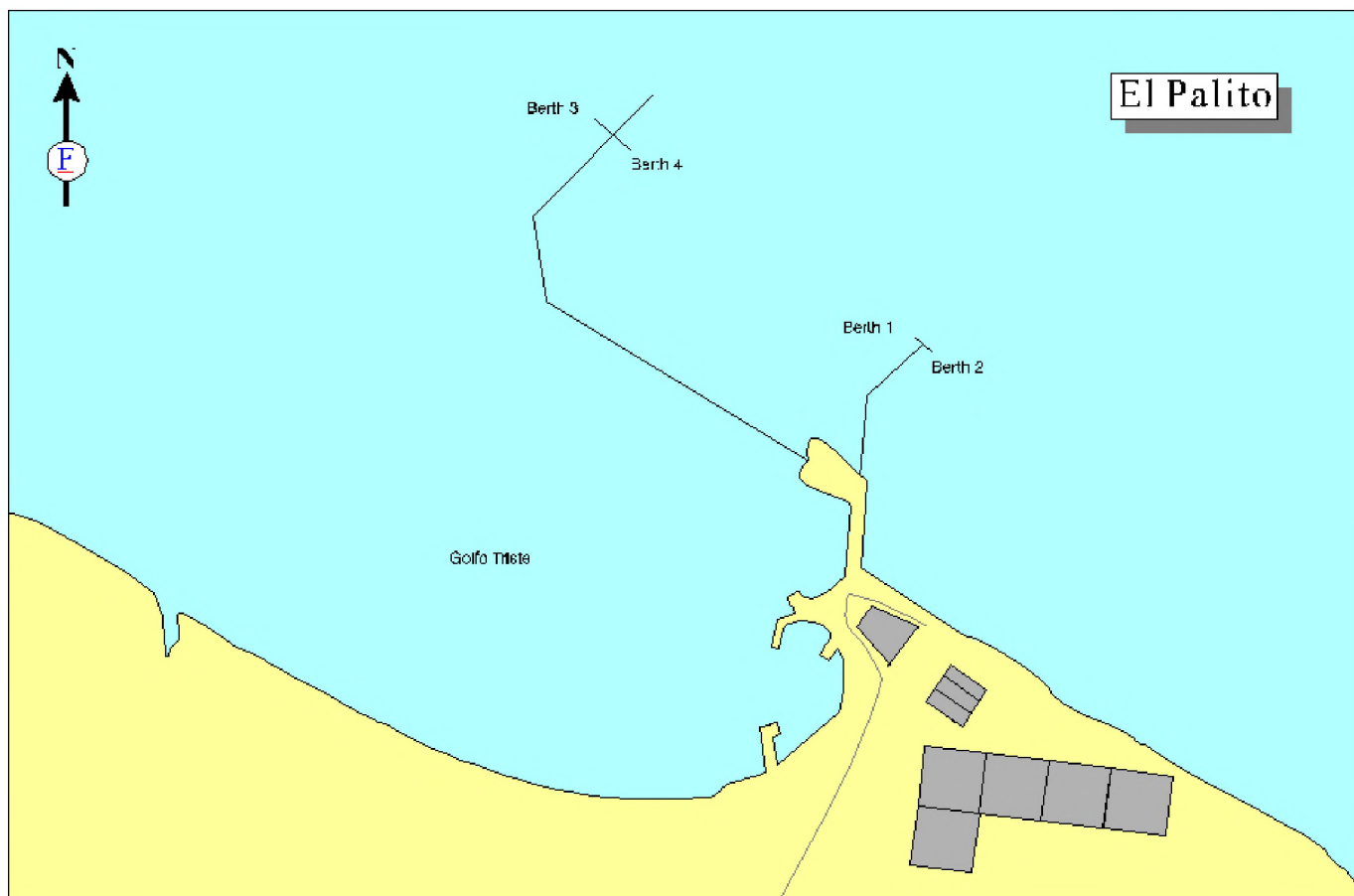


Рис. 2.1. План порту Ель-Палито

Порт Еверглейдс (Port EVERGLADES) 26°05'N. 080°04'W. GMT – 5

Лоцманська служба. Лоцман підіймається на борт судна біля буя порт Еверглейдс. розташованого 26°05.30'N. 080°04.45'W. Підходячи до цього місця судно повинне тримати швидкість близько 5 вузлів і приготувати лоцманський трап з підвиряного боку 1 метр над водою. Зазвичай користуються зв'язок з лоцманом ведеться на 14. 16. 18А і 77 каналах.

Капітан судна повинен повідомити лоцмана до підйому його на борт, чи є на судні інфекційні хвори і чи не оголошений карантин в порту, з якого прибуло судно.

Карти: ВА 3684. 3699. Admiralty Pilot NP 70.

Портові засоби і устаткування. У порту є 48 причалів для суден з різним осаданням. Також є 5 буксирів потужністю 4.200 л.с., доступні 24 години.

Причали порту обладнані кранами вантажопідйомністю 20. 30. 65 і 100 т. До причалів підведені залізничні колії і електроенергія.

Санітарно-карантинна служба. У порту є карантинна станція; можна зробити дератизацію і дезінфекцію

Ремонт. У порту можливий всякий ремонт корпусу і механізмів судна.

Постачання. Продовольство і воду можна отримати в достатній кількості. Вода може бути прийнята у набережних.

Рідке паливо є в достатній кількості. Воно може бути прийняте у набережної або з барж.

Рятувальна служба. Головна рятувальна станція має в розпорядженні рятувальні шлюпки, лінеметами і іншими рятувальними засобами.

Необхідні документи на прихід/видхід:

1. Cargo stowage plan – 3 шт.
2. Cargo manifest – 8 шт.

3. Hatch list – 3 шт.
4. Hazardous and Dangerous Cargo declaration – 8 шт.
5. Crew List – 5 шт.
6. Passenger List – 5 шт.
7. Last port clearance – 1 шт.
8. Ship's Registry – 1 шт.

План порту представлен на рис. 2.2.

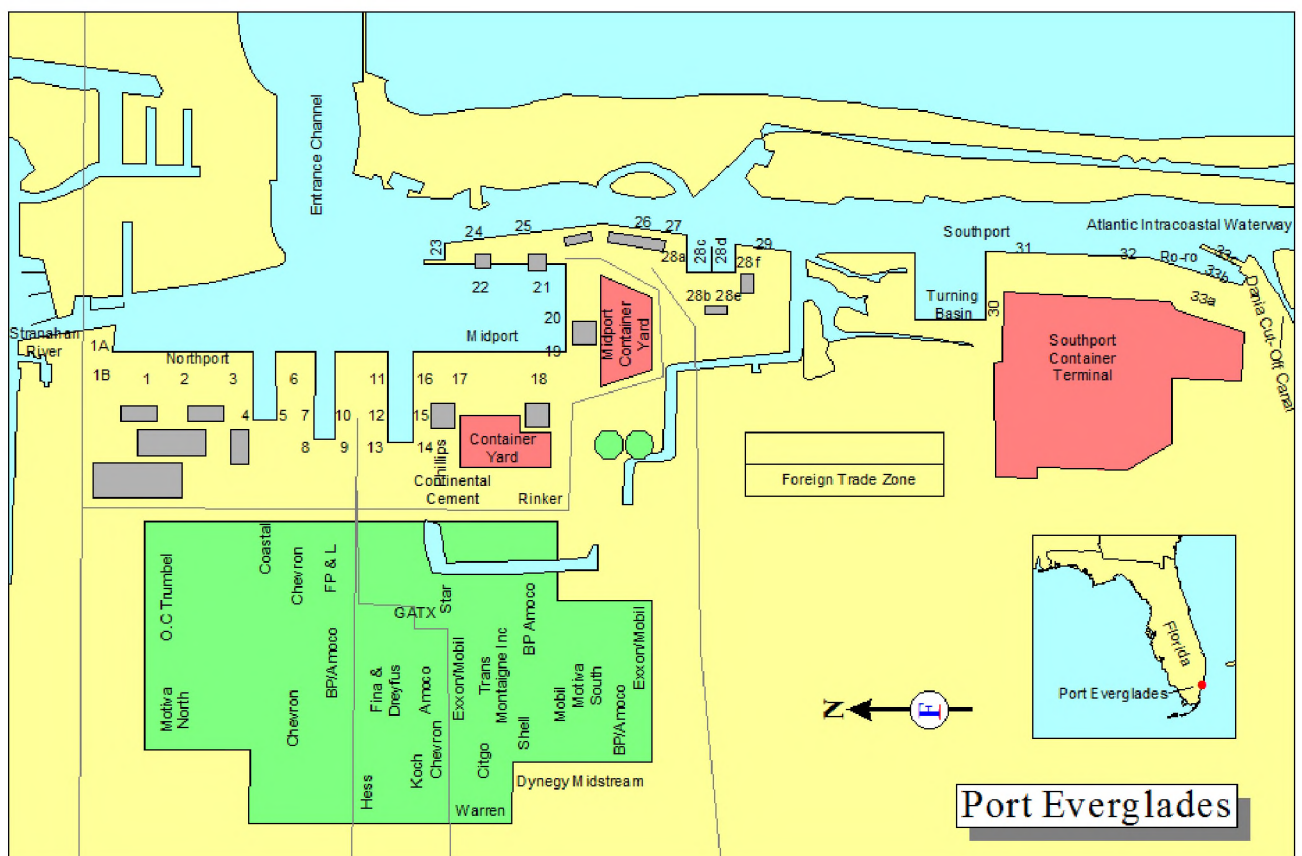


Рис. 2.2. План порту Еверглейдс

Лоцманська служба. У великих портах і гаванях описуваного району є дипломовані лоцмана. На Бермудських островах лоцманська проводка до мист, гаваням і якирним місцям для усіх торгових суден обов'язкова.

На Багамських островах лоцманська проводка обов'язкова для торгових суден, наступних в гавань Нассау-Харбор, на рейд Дуглас, до якорни місця Ха-

новер-саунд и Солт-Ки. у бухту Саут-Уэст-бей (острів Нью-Провиденс). у бухту Хатчет (острів Ельютера) и у бухту Раггед-Айленд-Харбор (острова Раггед-Айлендс).

На острови Гаїти лоцманська проводка для торгових суден в усі порти и гавани Республіки Гаїти обов'язкова. У темний час доби. між 18 и 6 ч входити в порти и гавани Республіки Гаїти судам забороняється. У усі порти и гавани Домініканської Республіки дроту торгових суден також обов'язкова.

На острови Ямайка лоцманська проводка для торгових суден водотоннажністю 50 т в усі порти обов'язкова.

Рятувальна служба. На Бермудських островах мчить постійна вахта для надання допомоги судам. що терплять лихо; тут організуються пошукові рятувальні операції із залученням кораблів берегової охорони и гідролітаків.

Повідомлення и зв'язок. Усі великі порти и портови міста описуваного району мають регулярне морське и повітряне сполучення з портами и містами Північної и Південної Америки и Європи.

Засоби навігаційного обладнання. які були використовувани на переході. наведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Засоби навігаційного обладнання

№	Назва	Координати φ λ	Даль- ність види- мости. мили	Харак- тери- стики	Траверз	
					Істинний пеленг	Найко- ротша видстань
1	Oil Terminal	10°29.6'N 68°07.3'W	12	Fl 5s	116°	0.3'
2	Abaco	25°52.1'N 77°11.4'W	24	Fl(2) 30s	36°	13.0'

3	Approach Lt	26°05.7' N 80°06.1' W	13	Fl 10s	000°	0.2'
---	----------------	--------------------------	----	--------	------	------

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Рейс є фактичним. У моєму переході немає плавання по ДБК. тому наведемо приклад розрахунку плавання по ДБК: вид точки $\varphi_H = 00^\circ 00' N$. $\lambda_H = 47^\circ 22' W$ до точки $\varphi_K = 49^\circ 17' N$. $\lambda_K = 6^\circ 00' W$.

Розраховую локсодромічний курс:

$$\operatorname{tg} k_{\text{л}} = \frac{PД}{PMЧ}$$

Обчислюють довжину локсодромії:

$$S_{\text{л}} = PШ \times \sec k_{\text{л}}$$

Таблиця 2.9

Розрахунок локсодромії

φ_K	49°17' N	λ_K	06°00' W	PMЧ	3398
φ_H	00°00' N	λ_H	47°22' W	K	43°
PШ	2957	PД	3202	S	4049

Визначити довжину ортодромії:

$$\cos D = \sin \varphi_1 \times \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \times \cos \varphi_2 \times \cos PД$$

$$D = 4017 \text{ мили}$$

Доцільність плавання по ортодромії рівна:

$$\Delta S = S_{\text{л}} - D = 4049 - 4017 = 32 \text{ мили}$$

Плавання по ортодромії невигідно.

Виконаємо розрахунок плавання по ортодромії:

Знаходимо λ_0 :

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\lambda_n - \lambda_k}{2} - \lambda_0\right) = \operatorname{tg} \frac{PД}{2} \times \sin 2\varphi \times \cos ecPШ$$

$$\operatorname{tg} k_0 = \frac{\sin(\lambda_n - \lambda_0)}{\operatorname{tg} \varphi_n}$$

Обчислюваний $k_0 \Rightarrow$

Таблиця 2.10

Курси и видстани при плаванні по ортодромії

N	Широта	Довгота	Курс	Видстань
1	10°C 40 N	40°C 00.0 W	35	768
2	23°C 29 N	30°C 00.0 W	37	958
3	33°C 43 N	20°C 00.0 W	41	808
4	41°C 20 N	10°C 00.0 W	46	660
5	46°C 49 N	00°C 00.0 W	53	542
6	49°C 17 N	06°C 00.0 E	58	281

2.3.2 Складання маршрутних листів

Відповідно до рекомендацій ІМО. при плануванні рейсу необхідно скласти маршрутні листи. Маршрутний лист приведений на рис. 2.3 – 2.10.

2.3.3 Графічний план переходу

Результати навігаційного планування переходу оформляють у вигляді графічного плану переходу. який представлений на рис. 2.11. На графічному плані наноситься наступна інформація: курс судна (ортодромія чи локсодро-

мня). назви портів видходу/заходу. основні течії. рози витрив.

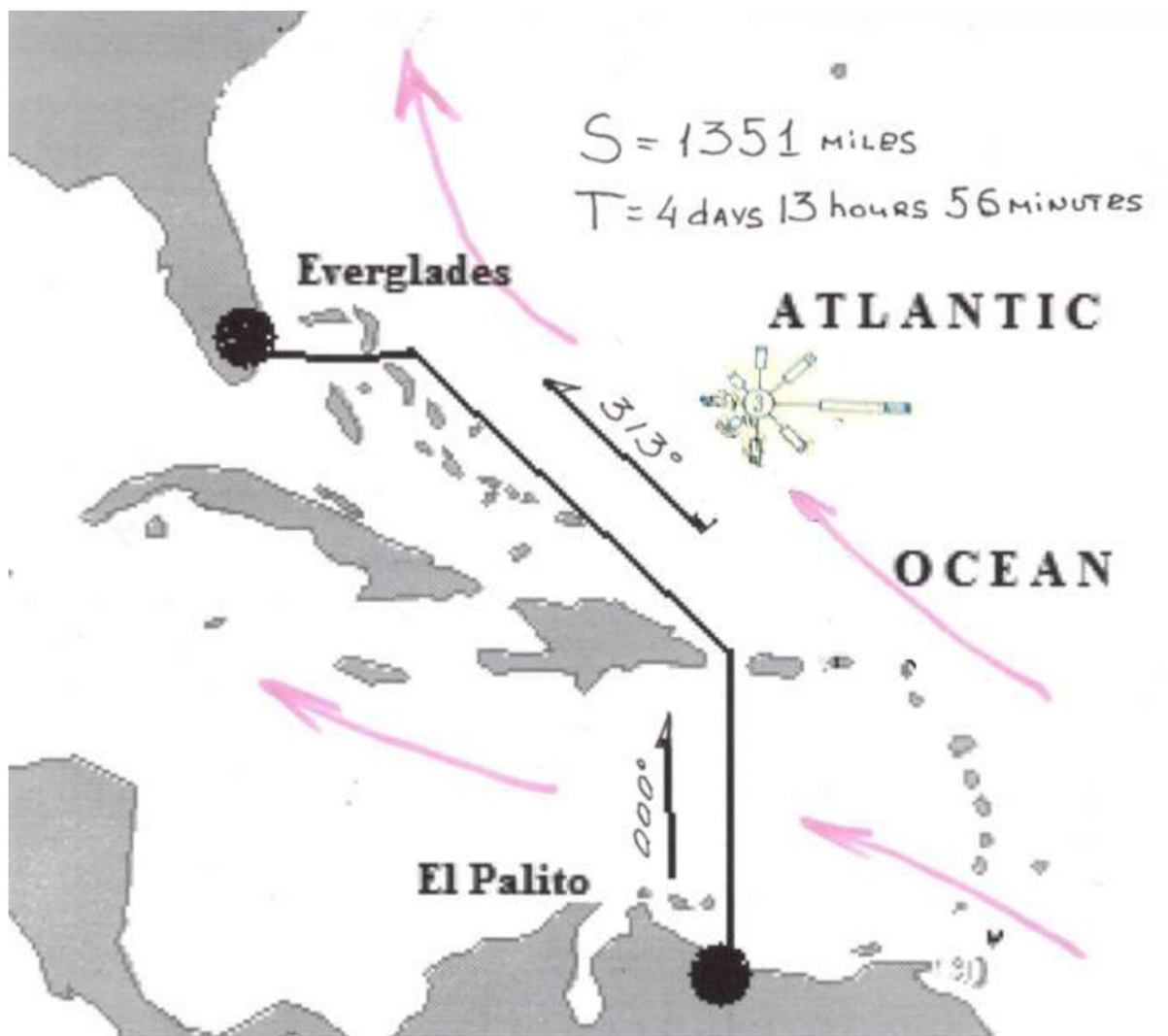


Рис. 2.11. Графічний план переходу

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 довготи 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.

Дали 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 широти місця судна φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формули tg A розраховуємо азимути Сонця (Z) при сходу і заходу, які також внесемо до табл. 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:

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

Грінвічний час явища переводять в судновий:

$$\text{ZT} = \text{GMT} \pm \text{ZD}.$$

Таблиця 2.11

Елементи освітлености

Дата	Початок навигац. сутинкив	Сонце				Кінець наavig. сутинок	Місяць		
		Схид		Захид			Схид Тс	Вик дни	Захид Тс
		Тс	А	Тс	А				
17.02	05.06	05.52	102	17.44	258	18.31	14.39	11	02.51
18.02	05.18	06.05	102	17.52	258	18.40	15.44	12	04.02
19.02	05.30	06.18	101	18.00	259	18.49	16.50	13	05.10
20.02	05.43	06.32	101	18.09	259	18.58	17.55	14	06.08
21.02	05.55	06.45	100	18.17	260	19.07	19.01	15	06.59

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Під приливними явищами у Світовому океані розуміють динамічні і фізико-хімічні процеси у водах морів і океанів, викликані приливоутворюючими силами. Приливами називають приливні коливання рівня моря – висота поверхні моря, вільна від впливу вітрових хвиль і брижів і вимірюваною відносно умовного горизонту (нуль урівненого поста).

Рівень моря в цей фізичний момент називають миттєвим рівнем моря. Найнижчий рівень моря, що спостерігався в цьому місці за певний інтервал часу, називають мінімальним рівнем моря, а найвищий – максимальним рівнем моря. Величина, отримана в результаті усереднювання спостережуваних значень рівня за певний інтервал часу, називається середнім рівнем моря (SRM). Вирогідність того, що рівень моря рівний або перевищує задане значення, називається забезпеченістю рівня моря. Рівень моря заданої забезпеченості є розрахунковим, рівень моря.

Різниця між найбільшим і найменшим значеннями рівня моря за певний інтервал часу, наприклад за добу, називається величиною коливання рівня моря, що нерідко невірно називається як амплітуда коливань рівня моря.

У будь-якому пункті Землі рівень моря постійно змінюється. Регулярні коливання рівня викликаються: приливоутворюючими силами Місяця і Сонця (приливні коливання); вітрами, що періодично змінюються; річним ходом опадів; випаром; стоком континентальних вод (сезонні коливання) та ін. Випадкові коливання рівня відбуваються під впливом вітру, що неперіодично змінюється, від різкої зміни атмосферного тиску.

Нижче представлена таблиця повних і малих вод для вказаних портів на дати видходу і приходу.

Таблиця 2.12

Час настання повних і малих вод

Ель Палито		Порт Еверглейдс	
17.02	17.02	21.02	21.02

T_{II}	h_{II}	T_{II}	h_{II}	T_{II}	h_{II}	T_{II}	h_{II}
09:44	1.6	22:20	1.3	02:47	0.6	15.42	0.7
T_M	h_M	T_M	h_M	T_M	h_M	T_M	h_M
04:15	0.3	17:01	0.2	09:14	0.1	21.42	0.2

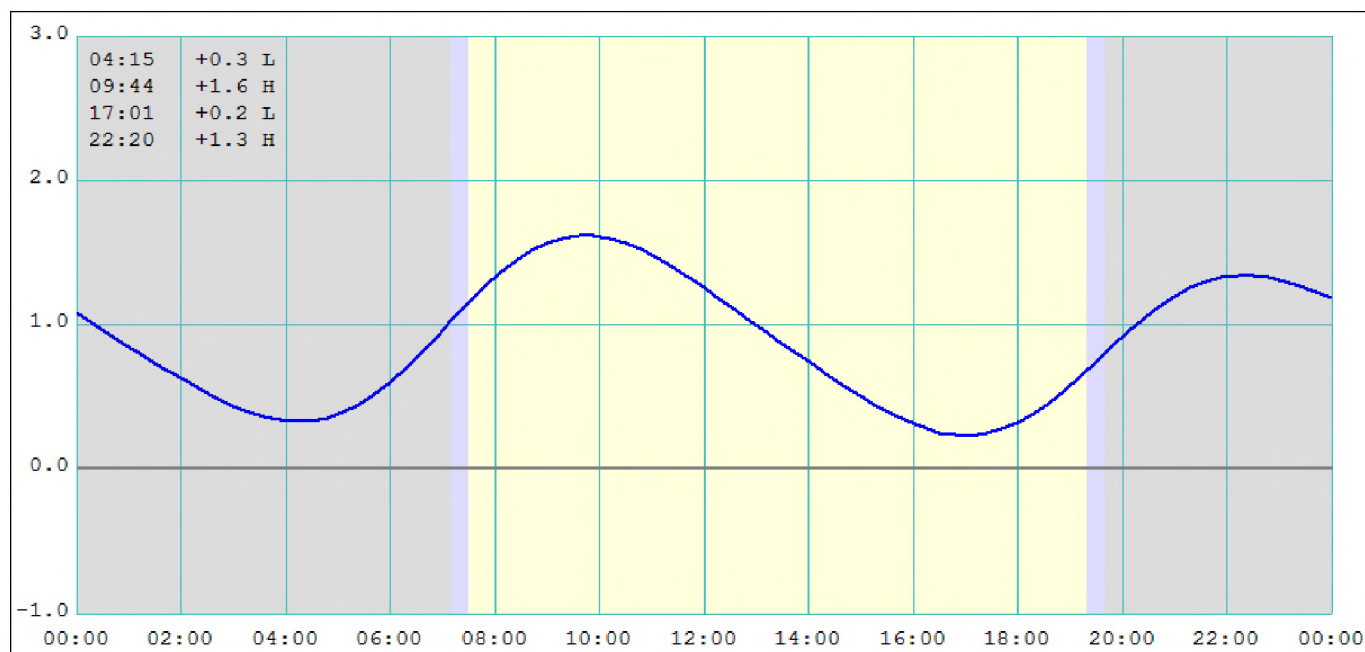


Рис. 2.12. График повної и малої води для порту Ель Палито

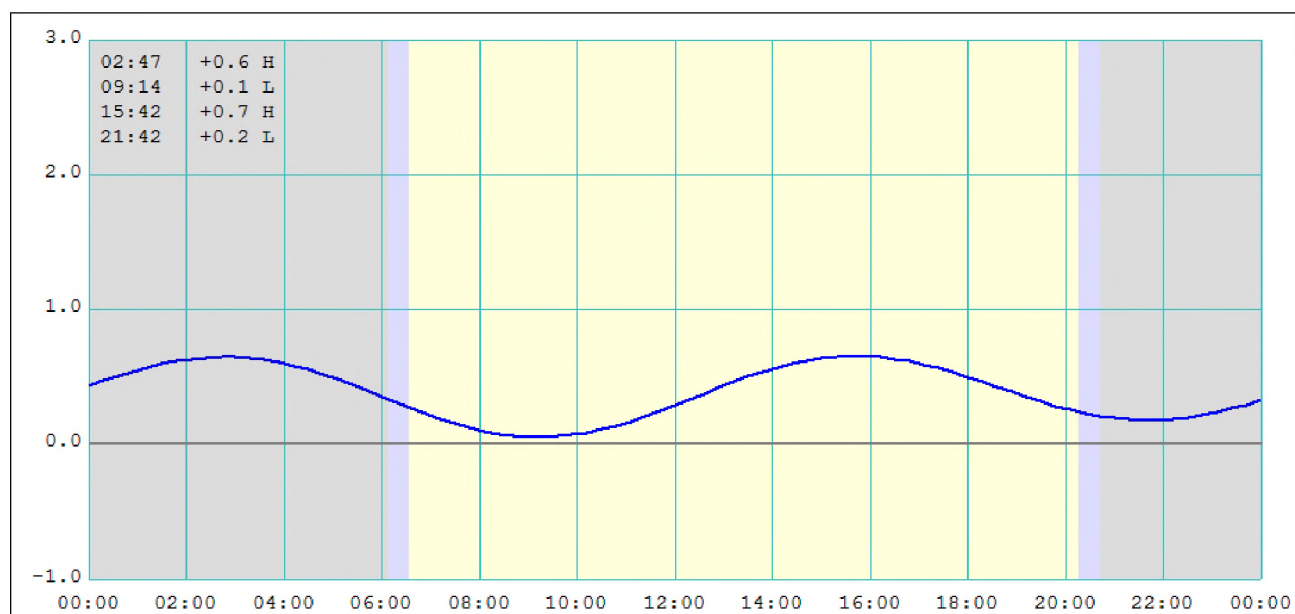


Рис. 2.13. График повної и малої води для порту Порт Еверглейдс

РОЗДИЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖИВ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

Одним з важливих етапів складання оптимального вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик та фізико-хімічних якостей вантажів, що пред'являються для перевезення.

Їх правильне урахування дозволяє визначити умови та технологію перевезення вантажів, забезпечує їх збережену доставку, раціональне оброблення вантажу в портах, максимально допустиме використання вантажопідйомності та вантажомісткості судна і забезпечує безпечність мореплавання.

Перевезення наливних вантажів морем регламентуються міжнародними документами:

- International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 74/78). Chapters VI, VII [6];
- International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78) [8];
- International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) [9];
- International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code) [13];
- International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code) [11];
- International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT) [12].

У цьому рейси перевозили газолін у кількості 31238.5 т. Щільність вантажу 0.802 т/м^3 .

Параметри вантажу вибрані з суднових вантажних документів, таких як Shipping order, Cargo specifications, Setificate of quality, Survey report та ін.

Газолин. сумиш легких ридких вуглеводнів питомої ваги 0.60–0.80, що отримуються шляхом перегонки з нафти. Залежно від складу, t° кипіння газоліну може коливатися в межах від 30 до 70°C. Не змішується з водою. Це небезпечний вантаж, який відноситься до Класу 3.1 або 3.2 залежно від температури спалаху. Застосовується як паливо для карбюраторних двигунів внутрішнього згорання, також як розчинник.

Таки ж вуглеводні, але що мають в середньому вищу температуру кипіння, називаються бензином. Проте, в продажному бензині завжди міститься більша або менша кількість газоліну. До складу його входять переважно пентан C_5H_{12} і гексан, C_6H_{14} . Газолин як легко леткий розчинник застосовується для витягання жирів з рослинних і тваринних продуктів; як горючий матеріал він застосовується в нагривальних приладах, а також для карбурировання повітря і світильного газу. Карбурироване повітря полягає в пропусканні його через газолін, при чому виходить насичення повітря парами газоліну, і утворюється горюча суміш, який можна користуватися як світильним газом. Її можна спалювати в звичайних газових пальниках усіх типів. Застосування газоліну для карбурировання світильного газу засноване на тому, що домішка пари газоліну робить газове полум'я таким, що яскраво світиться внаслідок збагачення частками вуглецю. Газолин дуже вогнебезпечний, оскільки пари його з повітрям дають вибухову суміш; тому зберігання газоліну в робочих приміщеннях неприпустимо. Вдихання пари газоліну викликає головний біль, а при значному змисти його в повітрі приміщення може настати важче отруєння і смерть від паралічу серця, або дихання.

У цьому рейси перевозили газолін. Його характеристики відображені на рис. 3.1.

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

Танкер починають готувати до завантаження ще до приходу в порт. відразу ж після отримання радіограми від групового диспетчера пароплавства про характер планованого до перевезень вантажу. Підготовка розпочинається із складання карго-плану, в якому детально розробляються усі моменти вантаження і вивантаження в майбутньому рейсі. Після затвердження карго-плану капітаном приступають до безпосередньої підготовки танкера.

Підготовка вантажних приміщень регламентуються документи: ISGOTT. Tank Cleaning Guide.

Керуючись таблицею ГОСТ 1510 – 60 «Порядок підготовки наливних судів до наливання нафтопродуктів», визначають необхідність миття вантажних танків під планованим до вантаження нафтопродукти. Самою трудомісткою операцією є миття танків під світлом нафтопродукти після перевезення темних.

Вантажний помічник капітана зобов'язаний в кожному рейсі перед наливанням перевіряти стан вантажних танків. Якщо був тривалий баластний перехід, вантажні танки доводиться зачищати навіть при перевезеннях тих же нафтопродуктів, щоб не зіпсувати вантаж, що приймається, такими, що обводнюють або забрудненими залишками від попередніх рейсів. Тільки при регулярних перевезеннях мазуту і сирої нафти немає необхідності мити вантажні танки кожного рейсу. В цьому випадку з танків періодично видаляють тільки тверді залишки, що гудронують, невіддатливі вивантаженню насосами.

У разі, якщо в танках є великі залишки невикористаних нафтопродуктів, механічні домішки, іржа, залишки баластних вод, капітанові, за попередньою згодою з пароплавством, надається право проводити додаткові операції по зачистці танків, не передбачені ГОСТ 1510 – 60 з оплатою цих робіт в установленому порядку.

Капітан танкера, що здійснює короткі рейси, повинен використати на миття танків увесь час баластного переходу, щоб уникнути непродуктивного простою в порту вантаження внаслідок неготовності танків. Мийку танків за-

звичай проводять мийними машинками вночі. а вдень вибирають залишкову на днищі иржу.

Якщо на судні роблять миття ручним способом. то в темний час доби. коли мити танки важко. їх провітрюють. Для цього краще всього використати штучну вентиляцію танків. а якщо на судні її немає. то природну. У останньому випадку кришки розширювачів усіх танків відкривають і над ними підвищують парусинові виндзейли. Рукави виндзейлей можливо нижче опускають в провітрюваний танк. Парусиновий виндзейль особливо добре діє при зустрічному або бичному вітрі.

У разі короткого баластного переходу. коли неможливо видалити з вантажних танків усю иржу. її необхідно вибрати з тих шпаций. де розташовані хропиння прийрисьних труб вантажною і зачисткою магістралей. Крім того. необхідно видаляти иржу з виризів в набори днища. по яких вантаж стикає до прийрисьних труб.

Кожне миття танків необхідно використати для огляду і профілактичного ремонту вантажної і зачисної систем. їх деталей і пристроїв. Необхідно також перевіряти герметичність системи підігрівання вантажу.

Перед постановкою танкера під вантаження потрібно спресувати (випробувати під тиском) на робочий тиск вантажну і зачистку магістралі і їх клинкетів. Для цього на вантажній магістралі відкривають усі сичні і кільцеві клинкетів. Відкривши забортний кінгстон і одна з прийрисень клинкетів на палубі. пускають вантажний насос. Вода починає витікати на вантажну палубу через відкритий прийрисьний клинкет. Поступово прикриваючи цей клинкет. спостерігають за підвищенням тиску в магістралі по манометру. встановленому в насосному відділенні. Створивши необхідний тиск. оглядають. якщо можливо. вантажний трубопровід. звертаючи особливу увагу на фланцеві з'єднання і компенсаційні розширювачі. де найчастіше можливі пропуски.

У разі недегазованих танків сигналом про несправності вантажної магістралі і клинкетів можуть служити падіння тиску на манометри випробову-

ваного трубопроводу або шум в танку від води. проникаючої через сальники або диски клинкетів.

Перш ніж почати опресовування. необхідно прокачати усі магістралі забортною водою для видалення з них залишків нафтопродуктів. Щоб не забруднювати палубу. до приймача. через який робиться опресовування магістралі. приєднують гумовий шланг. виводячи його кінець за борт.

Якщо танкер здійснює короткі рейси. опресовування зазвичай роблять не рідше за один раз в місяць.

Під час баластного переходу. старший помічник капітана по можливості повинен перевірити надійність кріплення усіх металевих деталей у вантажних танках. Якщо будуть виявлені обриви трапів. поручнів. кронштейнів або інших деталей у вантажних танках або слабке місце в їх кріпленнях. необхідно ці недоліки негайно усунути. попередньо продегазувавши танки.

Якщо очікується вантаження на танкер нафтопродуктів декількох сортів. потрібно обов'язково перевірити на водонепроникність перегородки танків. особливо тих. які будуть розділяти різні сорти вантажу. Перевірка водонепроникності перегородок робиться опресовуванням танків водяним баластом.

Вантажні танки заповнюють забортною водою в шаховому порядку до кришок розширювачів. Старший помічник разом з вантажним помічником спускаються в порожні танки і ретельно оглядають кожну перегородку. перевіряючи. чи не пропускає вона воду з сусіднього танка. Заповнення вантажних танків баластом в шаховому порядку позбавляє від необхідності почергового випробування усіх танків і прискорює опресовування.

Одночасно з перевіркою водонепроникності перегородок контролюють щільність закриття сичних клинкетів вантажною і зачисткою магістралей. Для цього. заздалегідь закривши той. що перевіряється сичний клинкет. розташований на магістралі. відкривають одну з прикріплених клинкетів заповненого водою танка. а потім найближчий від сичного. що перевіряється. прийомний клинкет порожнього танка. Якщо сичний клинкет пропускає. через деки-

лька хвилин в порожній танк через відкритий прийрисний клинкет почне поступати вода.

Слід завжди пам'ятати, що несправні автоматичні клапани пінотушіння можуть бути причиною обводнення вантажу. Якщо танкер тривалий час перевозить вантажі, що бояться обводнення, ці клапани випробовують кожен рейс під час баластного переходу.

Завершальний етап підготовки танкера до вантаження – це остаточна перевірка справності усієї вантажної системи танкера і її готовності до приймання вантажу. Якщо танкер обладнаний дистанційною системою управління клинкетами, необхідно перевірити час відкриття і закриття кожного клинкета. Результати перевірки фіксують в акти.

З приходом танкера в порт вантаження після дебалластировки, усі клинкети ще раз необхідно перевірити на повне відкриття і закриття, а також на легкість ходу. Після чого вантажний помічник капітана перевіряє правильність перекриття клинкетів, на палубі і спільно з помповим машиністом в помповому відділенні Одночасно перевіряється щільність закриття кінгстона, який перед наливанням вантажу пломбує або перев'язує, так само як і усі клинкети, що не беруть участь в цьому вантаженні

Перед вантаженням усі кришки горловини, оглядові очки, лючки для миття танків, трубки вимірюв у вантажних танках (за винятком очок тих танків, в які буде починатися вантаження) мають бути задраєні. Відкриті очки мають бути обладнані справними вогнеперегороджуючими ситками «Деві».

Усі вантажні магістри, включаючи ті, що виходять на корму, які не братимуть участь в цій вантажній операції, мають бути відсичені, усі клинкети закриті і поставлені заглушки на вільні кінці магістри.

Особлива увага вантажного помічника при підготовці танкера до вантаження має бути звернена на клинкети зачистної магістри. Перекриття цих клинкетів вахтови матроси часто випускають з уваги, зосереджуючи свою увагу тільки на клинкетах вантажної магістри.

Про результати перевірки танків. магістралей. клинкетів. а також про готовність судна до прийому нафтегрузів вантажний помічник докладає капітанові танкера і робить відповідний запис в судовому журналі.

На танкери. перед постановкою його до вантажного причалу. мають бути дотримані усі правила пожежної безпеки. пожежний інвентар підготовлений до негайного використання. усі пожежні системи додатково випробувані.

У відшвартованого танкера з бака і корми. з борту. протилежного причалу. мають бути приспущені до води сталеві троси з огонами. Ці троси повинні мати довжину не менше чим половина довжини судна і бути укладені довгими шлангами на носовий і кормовий швартових палубах і надійно закріплені на кнехтах.

Перед початком вантаження або вивантаження нафтопродуктів і перед виробництвом бункерування усі палубні шпигати необхідно щільно забити спеціальними чепами і зацементувати. щоб попередити витік нафтопродуктів за борт у випадку його розливу на вантажну палубу.

Газовидвідна система вантажних танків має бути відкрита. Автоматичні клапани газовидвідної системи. регулюючи тиск. в танках мають бути відключені.

До початку вантажних операцій в районі приймачів вантажної системи слід приготувати два ручні вогнегасники. кошму. ящик або відро з піском і лопату. прокласти рукавну пінну лінію. а також водяну рукавну лінію із стволом–розпилювачем. Необхідно перевірити закриття дистанційних клапанів систем вуглекислотного і пінного гасіння і осушити через спускові пробки магістральний трубопровід вуглекислотної системи.

Якщо передбачається вантаження нафтопродуктів першого розряду. ілюмінатори і двері торцевих перегородок півбака. юту середньої надбудови мають бути закриті щоб уникнути попадання газів в житлові і службові приміщення. Входи з палуби в машинне відділення. якщо є небезпека попадання туди газів. також мають бути закриті.

Перед початком вантаження старший помічник капітана зобов'язаний особисто переконатися в тому, що пожежна сигналізація і засоби пожежогашіння танкера знаходяться в справному робитнику стани. відкритим вогнем на танкери не користуються. недозволених робит не робиться. сторонних людей на борту немає. на танкери не палять і курилки закрити. заходи обережності на судновому камбузі повністю дотримани.

Вантажний помічник капітана перед початком вантажних операцій повинен переконатися в тому, що у борту танкера не відшвартований буксир і дрібні судна. а на тих, яким дозволено стояти у борту, не користуються відкритим вогнем і не палять. Він також повинен перевірити, чи виставлений на своєму штатному місці спеціальний сигнал: вночі — червоний вогонь на фок-щогли або над ходовим мистком, вдень — червоний прапор («Б») і що на борту немає позаштатних зовнішніх вогнів, окрім сигнальних і необхідних для виробництва робит і освітлення палуби і надбудов

У трапа слід виставити дошку з написом «Палити забороняється! Стороннім вхід заборонений».

Команда має бути оповіщена про початок вантажних операцій. Рекомендується ще раз нагадати усім членам екіпажу основні положення Правил пожежної безпеки на танкери і в нафтогавани.

Вантаження можна починати тільки після огляду усіх танків представником інспекції за якістю. При огляді танків вантажний помічник капітана на вимогу інспектора зобов'язаний дати розпорядження відкрити усі клинкетти, починаючи з клинкетів кормових танків, щоб можна було переконатися, чи не залишився в трубопроводах судна вантаж від минулих рейсів або баластна вода.

Результати огляду танків і перевірки суднової магістралі, а також придатність танків до наливання вантажу фіксуються в акти, що підписується представниками інспекції нафтобази за якістю, нафтоучастка порту і судна. Після цього клинкетти усіх вантажних магістралей знову щільно закривають і перед вантаженням відкривають тільки ті з них, які беруть участь на початку

вантаження. Першими відкривають вантажні клинкеті танків. потім сичні і. нарешті. прийрисьні (безпосередньо перед відкриттям берегових).

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

Повна розрахункова водотоннажність судна (Δ_p). яке служить початковою величиною при визначенні його чистої вантажопідйомності (Δ_u) на рейс. залежить від вантажних марок в портах вантаження і вивантаження і вантажних марок і обмежень опади на трасі переходу.

Для визначення Δ_p по карти зон і сезонних районів визначаються діючі вантажні марки відповідно до часу рейсу.

У порту Ель Палито діє тропічна вантажна марка. в порту Евергладс – діє тропічна вантажна марка. тому розрахункова водотоннажність відповідає водотоннажності по тропічну вантажну марку.

$$\Delta_p = \Delta_m = 50489 \text{ т}$$

Після знаходження розрахункової водотоннажності судна визначається повна вантажопідйомність (дедвейт) судна:

$$\Delta_w = \Delta_p - \Delta_o. \quad (3.1)$$

де Δ_o – водотоннажність судна порожньому. т.

$$\Delta_w = 50489 - 9198.0 = 41291 \text{ т}$$

Ходовий час визначається по формули:

$$t_x = \frac{L}{24 \cdot V} + t_{zn} \quad (3.2)$$

де L – протяжність траси переходу. мили;

V – планова технічна швидкість. вузл..

t_{zn} – час затримок судна в дорозі (враховується час на проходження вузькостей та каналів). диб.

$$t_x = \frac{1351}{24 \cdot 12.0} + 3 = 4.8 \text{ доби.}$$

Оскільки цей розрахунок вантажного плану робиться на підставі реального рейсу, то кількість запасів беремо по факту.

Моторне паливо $P_{нал м} = 859.9$ т.

Дизельне паливо $P_{нал д} = 131.1$ т.

Запас мастила $P_m = 56.5$ т

Запас прісної води $P_e = 188.0$ т

Всього запасів $P_{зан} = 859.9 + 131.1 + 56.5 + 188.0 = 1235.5$ т.

На кінець рейс залишиться: моторного палива 747.4 т. дизельного палива 131.1 т. мастило 55.8 т. води 165.5 т.

Розрахувавши загальну кількість рейсових запасів, приступають до визначення чистої вантажопідйомності судна Δ_q на рейс:

$$\Delta_q = \Delta_w - P_{зан} - P_{\delta} - const \quad (3.3)$$

$$\Delta_q = 41291 - 1235.5 - 1015.0 - 177.45 = 38863 \text{ т}$$

Розрахуємо об'єм вантажних приміщень з урахуванням 98% запасу порожнеч.

$$V = W \cdot 0.98 \quad (3.4)$$

$$V = 45963.812 \cdot 0.98 = 43084.53 \text{ м}^3$$

3.4 Складання вантажного плану

Комплектація вантажив по суднових приміщеннях супроводжується багатоваріантністю рішень і повинна враховувати усі чинники раціонального завантаження, збереження вантажу, безпеки судна.

У рейси прийнятий вантаж газолін у кількості 31238.5 т і об'ємом 38893.76 м³. На початку рейсу температура вантажу дорівнювала 32°C і до кінця рейсу вона зменшилася до 21°C, отже об'єм зменшився і розраховувати розширення вантажу необов'язково.

За результатами розподілу вантажив складається зведена таблиця (табл. 3.1)

Таблиця 3.1

Розміщення вантажив на судні

Найменування приміщень	Q. т	V. м ³	98%V. м ³
NO. 1 С. О. Т. (P)	1867.4	2327.9	2592.45
NO. 1 С. О. Т. (S)	1861.5	2320.5	2584.16
NO. 2 С. О. Т. (P)	2698.5	3364.0	3766.28
NO. 2 С. О. Т. (S)	2704.2	3371.0	3774.57
NO. 3 С. О. Т. (P)	2774.7	3459.0	3852.13
NO. 3 С. О. Т. (S)	2768.3	3451.0	3843.85
NO. 4 С. О. Т. (S)	2771.5	3455.0	3843.85
NO. 4 С. О. Т. (P)	2778.0	3463.0	3852.13
NO. 5 С. О. Т. (S)	2806.0	3498.0	3852.13

NO. 5 C. O. T. (P)	2799.6	3490.0	3843.85
NO. 6 C. O. T. (S)	2608.7	3252.0	3622.37
NO. 6 C. O. T. (P)	2615.1	3260.0	3630.66
RESIDUE TK(C)	184.9	182.36	807.35
ВСЬОГО ВАНТАЖУ:	31238.5	38893.76	43865.78

Загальна маса газоліну 31238.5 т.

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

Рейс здійснювався з порту Ель Палито в Евергладс у лютому. Протяжність переходу 1351 миль.

При складанні вантажного плану необхідно в комплексі враховувати характеристики судна, вантажу, траси і портив заходу. Характеристики експлуатаційних умов рейсу висвітлені в 2 глави.

Порт виходу: Ель Палито (щільність води $\rho = 1.025 \text{ т/м}^3$)

У порту виходу діє тропічна вантажна марка.

Орієнтовний час прибуття судна в порт повинен докладатися портовій владі і агентові за 72. 24 і 4 години до підходу до лоцманської станції

Зв'язок з портом підтримується по радіо через порт Пуерто Кабелло на частоті 8722kHz, а також по УКВ зв'язку на каналах 16. 06.

Вільна практика надається судну тільки після його швартовки до причалу і повної перевірки владою.

Будь-які операції по вантаженню, виробництву яких-небудь робіт і дій на судні, ремонту або отримання постачання з провизією повинні узгоджуватися з керівництвом порту.

Усі причали, пирси, високи вежі, водонапірні станції, закінчення пирсів і будь-які перешкоди в навігаційному відношенні добре маркіровані і

оснащені світловими вогнями різних кольорів і мають яскраво обрисовані межі.

Лоцманська проводка в порт обов'язкова.

Якирна стоянка порту Ель Палито розташована в 1 милі на північний захід від основних причалів.

Висота приливної хвилі в порту складає 0.3 метра.

При вході в порт можна замовляти буксири з Пуэрто Кабелло у кількості 2 штук.

Ель Палито є нафтоналивним портом. тому усі причали оснащені будь-якими видами з'єднання трубопроводів і наливних засобів у відсіки трюмів судна.

У порту можна робити тільки незначний ремонт бортових засобів, які не викликають спалахів і іскр. ремонт двигуна категорично заборонений. Також в порту можна поповнити запаси палива і прісної води, постачання і провізії.

Вихідні та святкові дні: By order of the local Port Authorities. it is requested that all ships in port be fully dressed on the following holidays: January 1st(New Year's Day): April 19th (Declaration of Independence): June 21st (Merchant Marine Day): July 5th (Independence Day): July 24th(Birth date of General Simon Bolivar): October 12th (Columbus Day): December 25th(Christmas Day).

Необхідні документи на вихід:

1. Cargo stowage plan – 3 шт.
2. Cargo manifest – 8 шт.
3. Hatch list – 3 шт.
4. Hazardous and Dangerous Cargo declaration – 8 шт.
5. Crew List – 5 шт.
6. Passenger List – 5 шт.
7. Last port clearance – 1 шт.
8. Ship's Registry – 1 шт.

Порт приходу: Евергладс (щільність води $\rho = 1.025 \text{ т/м}^3$)

У порту приходу дие тропична вантажна марка.

Капитан судна повинен повідомити лоцмана до підйому його на борт, чи є на судні інфекційні хвори і чи не оголошений карантин в порту, з якого прибуло судно.

Портови засоби і обладнання. У порту є 48 причалив для судив з різним осиданням. Також є 5 буксирів потужністю 4200 л.с., доступні 24 години.

Причали порту обладнани кранами вантажопідйомністю 20, 30, 65 і 100 т. До причалив підведені залізничні колії і електроенергія.

Санитарно–карантинна служба. У порту є карантинна станція; можна зробити дератизацію і дезінфекцію

Ремонт. У порту можливий всякий ремонт корпусу і механізмів судна.

Постачання. Продовольство і воду можна отримати в достатній кількості. Вода може бути прийнята у набережних.

Рідке паливо є в достатній кількості. Воно може бути прийняте у набережної або з барж.

Рятувальна служба. Головна рятувальна станція має в розпорядженні рятувальні шлюпки, лінеметами і іншими рятувальними засобами.

Вихідні та святкові дні: New Year's Day, January 1st Washington's Birthday, Martin Luther King's Birthday, 3rd Monday of January, 3rd Monday of February, Memorial Day, Last Monday in May, Independence day, July 4th, Labour day, 1st Monday in September, Columbus Day, 2nd Monday in October, Veteran's Day, November 11th, Thanksgiving day, 4th Thursday in November, Christmas, 25th of December.

Необхідні документи на прихід:

1. Cargo stowage plan – 3 шт.
2. Cargo manifest – 8 шт.
3. Hatch list – 3 шт.
4. Hazardous and Dangerous Cargo declaration – 8 шт.

5. Crew List – 5 шт.
6. Passenger List – 5 шт.
7. Last port clearance – 1 шт.
8. Ship's Registry –1 шт.

РОЗДИЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Розподіл запасів на судні на видхід и прихід представлений в табл. 4.1 и табл. 4.2.

Таблиця 4.1

Розподіл запасів на видхід

Найменування цистерн	Мист- кість. м ³	Маса. т	Плечи. м			Моменти. тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Моторне паливо</i>								
№1 F. O. TK(P)	641.68	59.6	-51.99	-4.65	3.19	-3099	-277	190
№1 F. O. TK(S)	616.2	507.6	-52.00	6.65	8.65	-26395	3375	4391
№2 F. O. TK(P)	285.91	223.6	-56.40	-11.27	11.87	-12611	-2520	2654
№1 F. O. SER. TK(P)	27.53	10.5	-62.00	-11.40	13.62	-651	-120	143
№2 F. O. SER. TK(P)	36.40	31.8	-62.00	-13.16	14.43	-1972	-419	459
F.O. SET. TK (P)	41.29	26.8	-62.00	-9.50	14.06	-1662	-255	377
ВСЬОГО		859.9				-46390	-214	8214
<i>Дизельне паливо</i>								
M.D.O. STOR. TK(S)	175.15	99.5	-57.60	12.40	10.35	-5731	1234	1030
M.D.O. SET. TK(S)	35.88	20.3	-54.80	12.40	14.33	-1112	252	291
M.D.O. SER. TK(S)	35.88	11.3	-57.20	12.40	13.74	-646	140	155
ВСЬОГО		131.1				-7489	1626	1476
<i>Масло</i>								
L.O. SUMP. TK(C)	20.84	7.1	-65.20	0.00	0.87	-463	0	6
CYL.O. STOR. TK(S)	27.40	16.5	-62.80	12.40	14.10	-1036	205	233
MAIN L.O. STOR. TK(S)	18.27	14.0	-64.80	12.40	14.41	-907	174	202
G/E L.O. STOR TK(S)	3.36	3.0	-61.80	9.77	15.48	-185	29	46
HYD. OIL TK(S)	19.66	15.9	-55.60	5.70	7.85	-884	91	125
ВСЬОГО		56.5				-3475	498	612

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Присна вода</i>								
F. W. TK. (P)	125.16	122.0	-79.39	-9.45	15.16	-9686	-1153	1850
F. W. TK. (S)	93.01	40.0	-79.72	9.95	13.95	-3189	398	558
DISTILLED W. TK.(S)	32.15	26.0	-78.40	7.98	14.82	-2038	208	385
ВСЬОГО		188.0				-14913	-547	2793
ВСЬОГО ЗАПАСИВ:		1235.5	-58.49	1.10	10.60	-72267	1362	13095

Таблиця 4.2

Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Мист- кисть. м ³	Маса. т	Плечи. м			Моменти. тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Моторне паливо</i>								
№1 F. O. TK(P)	641.68	59.6	-51.99	-4.65	3.19	-3099	-277	190
№1 F. O. TK(S)	616.2	395.1	-52.00	6.65	7.28	-20545	2627	2876
№2 F. O. TK(P)	285.91	223.6	-56.40	-11.27	11.87	-12611	-2520	2654
№1 F. O. SER. TK(P)	27.53	10.5	-62.00	-11.4	13.62	-651	-120	143
№2 F. O. SER. TK(P)	36.40	31.8	-62.00	-13.16	14.43	-1972	-418	459
F.O. SET. TK (P)	41.29	26.8	-62.00	-9.5	14.06	-1662	-255	377
ВСЬОГО		747.4				-40540	-962	6699
<i>Дизельне паливо</i>								
M.D.O. STOR. TK(S)	175.15	99.5	-57.60	12.4	10.35	-5731	1234	1030
M.D.O. SET. TK(S)	35.88	20.3	-54.80	12.4	14.33	-1112	252	291
M.D.O. SER. TK(S)	35.88	11.3	-57.20	12.4	13.74	-646	140	155
ВСЬОГО		131.1				-7489	1626	1476
<i>Масило</i>								
L.O. SUMP. TK(C)	20.84	6.4	-65.20	0	0.85	-417	0	5
CYL.O. STOR. TK(S)	27.40	16.5	-62.80	12.4	14.10	-1036	205	233
MAIN L.O. STOR. TK(S)	18.27	14.0	-64.80	12.4	14.41	-907	174	202
G/E L.O. STOR TK(S)	3.36	3.0	-61.80	9.77	15.48	-185	29	46

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
HYD. OIL TK(S)	19.66	15.9	-55.60	5.7	7.85	-884	91	125
ВСЬОГО		55.8				-3429	498	611
<i>Присна вода</i>								
F. W. TK. (P)	125.16	99.5	-79.48	-9.45	14.83	-7908	-940	1476
F. W. TK. (S)	93.01	40.0	-79.72	9.95	13.95	-3189	398	558
DISTILLED W. TK.(S)	32.15	26.0	-78.40	7.98	14.82	-2038	207	385
ВСЬОГО		165.5				-13135	-335	2419
ВСЬОГО ЗАПАСИВ:		1099.8	-58.73	0.75	10.19	-64593	827	11205

Розміщення баласту на видхид и на прихид наведено в табл. 4.3 и табл.

4.4.

Таблиця 4.3

Розміщення баласту на видхид

Найменування цистерн	Мист- кість. м ³	Маса. т	Плечи. м			Моменти. тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
F. P. TK.(C)	1389.71	1.4	77.52	0.01	0.02	109	0	0
№1 W. B. TK.(P)	1488.02	10.9	63.23	-3.55	0.03	689	-39	0
№1 W. B. TK.(S)	1254.82	4.2	62.57	5.17	0.02	263	22	0
№2 W. B. TK.(P)	1536.77	9.4	44.33	-5.75	0.02	417	-54	0
№2 W. B. TK.(S)	1299.26	7.2	44.26	7.28	0.02	319	52	0
№6 W. B. TK.(P)	2021.06	321.1	-37.94	-5.63	0.43	-12183	-1808	138
A. P. TK.(C)	871.17	660.8	-81.02	0.00	10.18	-53538	0	6727
ВСЬОГО		1015.0	-62.98	-1.80	6.76	-63924	-1826	6865

Таблиця 4.4

Розміщення баласту на прихід

Найменування цистерн	Мист- кість. м ³	Маса. т	Плечи. м			Моменти. тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
F. P. ТК.(C)	1389.71	1.4	77.52	0.01	0.02	109	0	0
№1 W. B. ТК.(P)	1488.02	10.9	63.23	-3.55	0.03	689	-39	0
№1 W. B. ТК.(S)	1254.82	4.2	62.57	5.17	0.02	263	22	0
№2 W. B. ТК.(P)	1536.77	9.4	44.33	-5.75	0.02	417	-54	0
№2 W. B. ТК.(S)	1299.26	7.2	44.26	7.28	0.02	319	52	0
№6 W. B. ТК.(P)	2021.06	321.1	-37.94	-5.63	0.43	-12183	-1808	138
A. P. ТК.(C)	871.17	795.8	-81.11	0.00	10.54	-64547	0	8388
ВСЬОГО		1150.0	-65.16	-1.59	7.41	-74933	-1826	8526

Розподіл вантажив представлений в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Розподіл вантажив по приміщенням

Розміщення вантажу	Маса. т	Об'єм. м ³	Плечи. м			Моменти. тм		
			x	y	z	M _x	M _y	M _z
1	2	3	4	5	6	7	8	9
№1 C.O.T. (P)	1867.4	2327.9	62.80	-4.79	8.96	117273	-8945	16732
№1 C.O.T. (S)	1861.5	2320.5	62.80	4.80	8.96	116902	8935	16679
№2 C.O.T. (P)	2698.5	3364.0	43.87	-6.63	8.98	118383	-17891	24233
№2 C.O.T. (S)	2704.2	3371.0	43.87	6.61	8.98	118633	17875	24284
№3 C.O.T. (P)	2774.7	3459.0	24.05	-6.77	8.98	66732	-18785	24917
№3 C.O.T. (S)	2768.3	3451.0	24.05	6.79	8.98	66578	18797	24859
№4 C.O.T. (S)	2771.5	3455.0	4.05	-6.79	8.99	11225	-18818	24916
№4 C.O.T. (P)	2778.0	3463.0	4.05	6.77	8.99	11251	18807	24974
№5 C.O.T. (S)	2806.0	3498.0	-15.95	-6.77	9.05	-44756	-18997	25394

№5 C.O.T. (P)	2799.6	3490.0	-15.95	6.78	9.05	-44654	18981	25336
№6 C.O.T. (S)	2608.7	3252.0	-35.39	-6.77	9.04	-92322	-17661	23583

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№6 С.О.Т. (Р)	2615.1	3260.0	-35.39	6.76	9.05	-92548	17678	23667
RESIDUE TK(C)	184.9	182.36	-47.64	0.00	5.99	-8809	0	1108
Всього	31238.5	38893.76	11.01	0.00	8.99	343888	-23	280682
АРИФМЕТИЧНА СУМА МОМЕНТИВ M_x						910066		

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

Таблиця 4.6

Зведені дані і розрахунок водотоннажності на видхид

Найменування статей навантаження	На видхид						
	Маса. т	Плечи. м			Моменти. тм		
		x	y	z	M_x	M_y	M_z
1	2	3	4	5	6	7	8
Судно порожнем	9198	-10.225	0.000	10.716	-94050	0	98566
Константа	177.45	-40.907	0.000	10.112	-7259	0	1794
Суднови запаси	1235.5	-58.49	1.100	10.60	-72267	1362	13095
Вантаж	31238.5	11.01	0.000	8.99	343888	-23	280682
Баласт	1015.0	-62.98	-1.80	6.76	-63924	-1826	6865
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	42864.5	2.48	-0.011	9.36	106388	-487	401002
АРИФМЕТИЧНА СУМА МОМЕНТИВ M_x константи					7259		

Таблиця 4.7

Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихид

Найменування статей навантаження	На прихид						
	Маса. т	Плечи. м			Моменти. тм		
		x	y	z	M_x	M_y	M_z
1	2	3	4	5	6	7	8
Судно порожнем	9198	-10.225	0.000	10.716	-94050	0	98566

Константа	177.45	-40.907	0.000	10.112	-7259	0	1794
-----------	--------	---------	-------	--------	-------	---	------

Продовження табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8
Суднови запаси	1099.8	-58.73	0.75	10.19	-64593	827	11205
Вантаж	31238.5	11.01	0.000	8.99	343888	-23	280682
Баласт	1150	-65.16	-1.59	7.41	-74933	-1826	8526
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНИСТЬ	42863.8	2.40	-0.024	9.35	103053	-1022	400773
АРИФМЕТИЧНА СУМА МОМЕНТИВ M_x константи					7259		

Схематично вантажний план представлений на рис. 4.1.

4.2 Розрахунки посадки и початкової остийности

Розрахунок посадки судна на видхид на прихид виконується з використанням вантажної шкали (Cargo Scale) и гидростатичних кривих (Hydrostatic Curves).

Таблиця 4.8

Розрахунок посадки судна на видхид и на прихид

Найменування величин	Позначення и формули	Значення величин	
		Видхид	Прихид
1	2	3	4
Водотоннажність масова. т	Δ	42864.5	42863.8
Абсциса центра ваги судна. м	x_g	2.48	2.40
Водотоннажність об'ємна. м ³	$V = \Delta / \rho$	41819	41818
Густина води. т/м ³	ρ	1.025	1.025
Осадка судна. м	T	9.78	9.78
Момент диферентуючий на 1 см.	M_1	573.5	573.5

тм/см			
Абсциса центру величини судна. м	x_c	2.48	2.48
Абсциса Ц.В. площі ватерліній. м	x_f	-4.75	-4.75

Продовження табл. 4.8

1	2	3	4
Апликата поперечного метацентра. м	z_m	13.25	13.25
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0.821	0.821
Диферент судна. м	$d = \Delta (x_g - x_c) / M_1$	0.00	-0.06
Осадка судна носом. м	$T_n = T - (L - x_f) d / L$	9.78	9.75
Осадка судна кормою. м	$T_k = T_n + d$	9.78	9.81

Для виконання розрахунків і контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів) до метацентричної висоти і плечей статичної остійності. Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних по судових цистернах, приведеної в Інформації.

Таблиця 4.9

Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h . тм
1	2
№1 F. O. TK(P)	396
№1 F. O. TK(S)	766
№2 F. O. TK(P)	92
HYD. OIL TK(S)	105
№6 W. B. TK.(P)	8275
A. P. TK.(C)	8500
№1 C. O. T. (P)	1256
№1 C. O. T. (S)	1233

№2 C. O. T. (P)	2728
№2 C. O. T. (S)	2764
№3 C. O. T. (P)	2978
№3 C. O. T. (S)	2951

Продовження табл. 4.9

1	2
№4 С. О. Т. (S)	2904
№4 С. О. Т. (P)	2928
№5 С. О. Т. (S)	2506
№5 С. О. Т. (P)	2505
№6 С. О. Т. (S)	2795
№6 С. О. Т. (P)	2820
RESIDUE TK(C)	79
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	48581

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний в табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення и формули	Значення величин	
		видхид	прихид
1	2	3	4
Водотоннажність масова. т	Δ	42864.5	42863.8
Невиправлена апліката Ц.В.судна. м	z'_g	9.36	9.35
Апліката поперечного метacentру. м	z_m	13.25	13.25
Невиправлена МТЦ висота. м	$h_o = z_m - z'_g$	3.89	3.90
Поправка до МТЦ висоти. м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / \Delta$	1.13	1.13
Виправлена МТЦ висота. м	$h = h_o - \Delta h$	2.76	2.77
Виправлена апліката Ц.В. судна. м	$z_g = z'_g + \Delta h$	10.49	10.48
Кут крену. °	$\Theta = 57.3 \cdot \Sigma M_y / (D \cdot h)$	-0.24	-0.49

4.3 Контроль остийности за матеріалами Інформації

Кожне судно має бути забезпечене Інформацією про остийність (Stability Booklet. Trim & Stability Book). що затверджений класифікаційним суспільством і містить достатню інформацію для перевірки відповідності остийності судна вимогам цього класифікаційного суспільства або ІМО.

Перевірка остийності по матеріалах Інформації виконується по граничних статичних моментах. або по допустимих метацентричних висотах. або по критичному підвищенню центру тяжіння судна (залежно від того. який графік або таблиця є в Інформації).

Перевірку остийності по матеріалах Інформації виконаємо по критичному підвищенню Ц.В. судна.

Таблиця 4.11

Перевірка остийності по критичному підвищенню ЦТ судна

Найменування величин	Позначення и формули	Значення величин	
		видхид	прихид
Водотоннажність масова. т	Δ	42864.5	42863.8
Апликата Ц.В. судна. м	z'_g	9.36	9.35
Поправка до аплікати Ц.В. судна. м	$\Delta z_g = \Sigma \Delta m_h / \Delta$	1.13	1.13
Виправлена апліката Ц.В. судна. м	$z_g = z'_g + \Delta z_g$	10.49	10.48
Максимальна гранична апліката Ц.В.. м	z_g^{max}	12.89	12.89

Оскільки $Z_g < Z_g^{max}$. то остийність задовольняє усім вимогам.

4.4 Розрахунок и побудова діаграм остийности

Плечи статичної остийности можуть бути розраховані з використанням кривих або таблиці плечей остийности форми (Cross – Curves of Stability).

Плечи остийности форми l_{ϕ} вибираються по об'ємний водотоннажності для тих кутив крену, які приведені в таблиці. Ці плечи виділяються від точки К. відповідний кильовий лінії, то плечи остийности ваги необхідно розраховувати по формули:

$$l_e = z_g \sin \theta.$$

а виправлени на вплив вільних поверхонь плечи статичної остийности будуть ривни:

$$l = l_{\phi} - l_e.$$

Розрахунок плечей діаграми статичної остийности виконується в табличний форми.

Таблиця 4.12

Розрахунок плечей статичної остийности на видхид

Водотоннажність Δ , т								42864.5
Апликата центра ваги судна z_{g0} , м								9.36
Апликата умовного центра мас z_m , м (поліус – точка «О»)								0.00
Виправлена апликаата центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м								10.49
$\Delta\theta = 0.1745 \approx 10^\circ/57.3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_{ϕ} , м	$\sin \theta$	$z_g^n \cdot \sin \theta$	Плече статичної остийности $l = l_{\phi} - z_g^n \cdot \sin \theta$, м	Множ-ник	Добуток	Множ-ник	Добуток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.000	0.0000	0.000	0.000	1	0.000	1	0.000
10	2.32	0.1736	1.822	0.498	4	1.994	3	1.495
20	4.711	0.3420	3.588	1.123	2	2.246	3	3.370
30	7.09	0.5000	5.245	1.845	4	7.380	1	1.845
40	8.822	0.6428	6.743	2.079	1	2.079	$\sum_{30}$	6.710
50	9.782	0.7660	8.036	1.746	$\sum_{40}$	13.699	$a_{0-30} =$	0.439
60	9.548	0.8660	9.085	0.463	$a_{0-40} =$	0.797	$a_{30-40} =$	0.358

Таблиця 4.13

Розрахунок плечей статичної остийности на прихід

Водотоннажність Δ , т								42863.8
Апликата центра ваги судна z_{g0} , м								9.35
Апликата умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «О»)								0.00
Виправлена апликаата центра ваги судна. $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м								10.48
$\Delta\theta = 0.1745 \approx 10^\circ/57.3$								
Кут крену θ°	Плече форми. l_ϕ , м	$\sin \theta$	$z_g^n \cdot \sin \theta$	Плече статичної остийности $l = l_\phi - z_g^n \cdot \sin \theta$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.000	0.0000	0.000	0.000	1	0.000	1	0.000
10	2.32	0.1736	1.820	0.500	4	2.001	3	1.501
20	4.711	0.3420	3.584	1.127	2	2.253	3	3.380
30	7.09	0.5000	5.240	1.850	4	7.400	1	1.850
40	8.822	0.6428	6.736	2.086	1	2.086	$\sum_{30}$	6.730
50	9.782	0.7660	8.028	1.754	$\sum_{40}$	13.740	$a_{0-30} =$	0.440
60	9.548	0.8660	9.076	0.472	$a_{0-40} =$	0.799	$a_{30-40} =$	0.359

За результатами розрахунків будуюмо діаграми остийности на видхід (рис. 4.2) і на прихід (рис. 4.3).

Для визначення критерію погоди на діаграмах статичної остийности необхідно побудувати площі "a" і "b".

Для визначення величини площ "a" і "b" доцільно використовувати правило Симпсона. Для цього площі "a" і "b" діляться на чотири ділянки однакової довжини по куту крену. Безпосередній розрахунок площ виконується в табличній формі аналогічно розрахунку площі a_{0-40} . При цьому, замість множника 0.1745, потрібно приймати довжини ділянок $\Delta\theta_1$ і $\Delta\theta_2$ у радіанах.

Таблиця 4.14

Визначення площ "a" и "b" на видхид за правилом Симпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_r - \theta_o + \theta_l)/4/57.3 = 5.419^\circ$ $\Delta\theta_1^{pad} = 5.419/57.3 = 0.0946$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - \theta_l)/4 = 12.29^\circ$ $\Delta\theta_2^{pad} = 12.29/57.3 = 0.2145$ рад					
1	2	3	4	5	6
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1.226$	1	1.226	$b_1 = 0.000$	1	0.000
$a_2 = 0.859$	4	3.438	$b_2 = 0.645$	4	2.582
$a_3 = 0.535$	2	1.069	$b_3 = 1.512$	2	3.024
$a_4 = 0.247$	4	0.988	$b_4 = 2.044$	4	8.175
$a_5 = 0.000$	1	0.000	$b_5 = 1.710$	1	1.710
		$\Sigma_a = 6.721$			$\Sigma_b = 15.491$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{pad} = \frac{1}{3} 6,721 \times 0,0946 = 0,212$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{pad} = \frac{1}{3} 15,491 \times 0,2145 = 1,108$		

Таблиця 4.15

Визначення площ "a" и "b" на прихид за правилом Симпсона

$\Delta\theta_1 = (\theta_r - \theta_o + \theta_l)/4/57.3 = 5.44^\circ$ $\Delta\theta_1^{pad} = 5.44/57.3 = 0.0950$ рад					
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - \theta_l)/4 = 12.50^\circ$ $\Delta\theta_2^{pad} = 12.50/57.3 = 0.2182$ рад					
1	2	3	4	5	6
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1.202$	1	1.202	$b_1 = 0.000$	1	0.000
$a_2 = 0.831$	4	3.324	$b_2 = 0.648$	4	2.590
$a_3 = 0.503$	2	1.007	$b_3 = 1.516$	2	3.032
$a_4 = 0.213$	4	0.853	$b_4 = 2.050$	4	8.200
$a_5 = 0.000$	1	0.000	$b_5 = 1.718$	1	1.718
		$\Sigma_a = 6.386$			$\Sigma_b = 15.540$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{pad} = \frac{1}{3} 6,386 \times 0,0950 = 0,202$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{pad} = \frac{1}{3} 15,540 \times 0,2182 = 1,111$		

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Остійність судна вважається достатньою, якщо задовольняються (з урахуванням можливого зледеніння) загальні для всіх суден вимоги до критерія погоди, кута крену від дії постійного вітру й діаграми статичної остійності (ДСО), а також додаткові вимоги для суден окремих типів.

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний в табл. 4.16.

Таблиця 4.16

Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	Δ	42864.45	42863.75
Осадка судна, м	T	9.78	9.78
Виправлена МТЦ висота, м	h	2.76	2.77
Площа парусності, м ²	A_v	1847	1847
Апликата центра парусності (ЦП), м	z	5.99	5.99
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	10.88	10.88
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1} = 0.504 A_v z_v / (g \Delta)$	0.024	0.024
Плече кренувального моменту від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1.5 l_{w1}$	0.036	0.036
Відносна площа скулових київ, %	$100 A_k / (L B)$	—	
Коефіцієнт	k	1	

Продовження таблиці 4.16

1	2	3	4
Аргумент	$\sqrt{h_0} / B$	0.064	0.064
Відносна ширина	B/T	3.17	3.17
Безрозмірний множник	X_1	0.866	0.866
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0.821	0.821
Безрозмірний множник	X_2	1.000	1.000
Інерційний коефіцієнт	$c=0.373+0.023B/T-0.043L/100$	0.374	0.374
Період хитаючи. с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h_0}$	11.8	11.7
Коефіцієнт	S	0.0664	0.0671
Коефіцієнт	$r = 0.73+0.6(z_g - T)/T$	0.774	0.773
Амплітуда хитаючи. °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{rS}$	21.4	21.5
Кут входу палуби у воду. °	$\theta_d = \arctg(2(H - T)/B)$	25.6	25.6
Кут крену від постійного вітру. °	θ_o	0.5	0.5
Кут крену при хитав. назустріч вітру. °	$\theta_1 = \theta_{r \text{ IMO}} - \theta_o$	20.9	21.0
Кут статич. крену. відпов. плечу l_{w2} . °	θ_2	0.7	0.7
Кут 2-ої точки перетину l_{w2} з ДСО. °	θ_{w2}	>50	>50
Межа площі "b" діаграми справа. °	θ_b	50.0	50.0
Площа "а" діаграми. м-рад	a	0.212	0.202
Площа "b" діаграми. м-рад	b	1.108	1.111
Критерій погоди	$K = b / a$	5.23	5.50

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

Виконаємо перевірку остійності за вимогами ІМО зиставляючи розра-

ховани значення з нормативними.

Таблиця 4.17

Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивне	видхид	прихид	
Загальні критерії:					
Площа під ДСО до кута крену 30°. м·рад	A_{30}	≥ 0.055	0.439	0.440	YES
Площа під ДСО до кута крену 40°. м·рад	A_{40}	≥ 0.09	0.797	0.799	YES
Площа під ДСО між кутами крену 30° и 40°. м·рад	A_{30-40}	≥ 0.03	0.358	0.359	YES
Плече ДСО при кути крену 30 ° або більше. м	l_{30}	≥ 0.20	1.845	1.850	YES
Кут крену. що відповідає максимуму ДСО. °	θ_m	≥ 25	39.3	39.3	YES
Виправлена метацентрична висота. м	h	> 0.15	2.76	2.77	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	5.23	5.50	YES
Кут крену від постійного вітру. °	θ_o	≤ 16.0	0.56	0.56	YES

На видхид и на прихид остийнисть судна задовольняе усим вимогам ІМО.

4.8 Контроль загальної поздовжньої міцності судна

Відповідно до суднової документації перевірку міцності виконаємо по перерізуючим силам і моментах, що вигинають, в декількох поперечних перерізах по довжині корпусу.

Для кожного з вибраних перерізів необхідно по прийнятому вантажному плану розрахувати перерізуючу силу і момент, що вигинає, і порівняти їх з допустимими значеннями.

Контроль загальної поздовжньої міцності здійснимий за схваленою класифікаційним суспільством програмою Power Loading (Version: 1.0 build 5).

Результати розрахунку за судною програмою перерізуючою SF і моменту BM, що вигинає, на видхид судна представлені в табл. 4.18.

Таблиця 4.18

Перевірка поздовжньої міцності на видхид

Пере- риз	Вид КП	SF, т	SFsea, %	Доп.SF, т	BM, тм	BMsea, %	Доп.BM , тм
38	30.40	-179.9	5.7	-3130	19344.4	41.7	46400
42	33.60	-316.6	11.0	-2870	17566.9	34.0	51600
44	38.60	-1257.4	18.5	-3800	13584.6	22.8	59700
52	58.60	-534.5	8.8	-6040	-8400.0	13.1	-64070
60	78.60	-70.6	1.1	-6330	-17047.7	26.6	-64070
68	98.60	-2.5	0.0	-6330	-19060.6	29.7	-64070
76	118.60	376.6	6.7	5660	-14992.0	23.6	-63400
84	138.60	577.2	7.8	7400	-8467.1	22.4	-37750
92	158.60	448.7	11.4	3950	-1198.0	9.9	-12070

Максимальна перерізуюча сила – 1257.4 т на 44 шпангоути.

Максимальний момент 19344.4 тм, що вигинає, на 38 шпангоути.

На рис. 4.4 представлений графік моменту, що вигинає, і перерізуючих сил на видхид.

На протязі всього рейсу загальна поздовжня міцність забезпечена.

РОЗДИЛ 5

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТА СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОНОМНОГО СУДНОПЛАВСТВА

5.1 Теоретико-методологічні засади, історичний генезис та нормативно-правове регулювання впровадження морських автономних надводних суден (MASS)

5.1.1 Концептуалізація автономного судноплавства в парадигми «Maritime 4.0»

Сучасний етап розвитку світової морської транспортної системи характеризується фундаментальною, системною трансформацією, яку в науковому та професійному дискурсі прийнято визначати терміном «Maritime 4.0». Цей процес є безпосередньою галузевою проекцією Четвертої промислової революції (Industry 4.0), яка передбачає стирання меж між фізичними, цифровими та біологічними сферами. У контексті судноплавства це означає перехід від автоматизації окремих судових механізмів до створення комплексних киберфізичних систем (Cyber-Physical Systems – CPS), здатних до автономного функціонування, самодіагностики та прийняття рішень у реальному часі [19]. Вершиною цієї технологічної еволюції є концепція Морських автономних надводних суден (Maritime Autonomous Surface Ships – MASS), впровадження яких обіцяє змінити саму філософію морської логістики.

Актуальність та незворотність переходу до автономного судноплавства зумовлена конвергенцією трьох фундаментальних макроекономічних та соціальних факторів, які формують так званий «ідеальний шторм» для традиційної моделі експлуатації флоту:

1. Імператив економічної ефективності та структурна оптимізація витрат (OPEX). В умовах перманентної волатильності фрахтового ринку.

зростання вартості бункерного палива та посилення екологічних вимог. судновласники змушені шукати радикальні інструменти зниження операційних витрат (ОРЕХ). Аналіз структури витрат показує, що традиційна модель, орієнтована на екіпаж, досягла межі своєї ефективності.

Прямі витрати: Витрати на утримання кваліфікованого екіпажу (заробітна плата, соціальне страхування, репатріація, логістика змін, харчування, медичне обслуговування) складають, за різними оцінками, від 30% до 45% добових експлуатаційних витрат судна. Для спеціалізованого флоту цей показник може бути ще вищим [20].

Непрямі (конструктивні) витрати: Фізична наявність людей на борту диктує архітектуру судна. Необхідність житлової надбудови (accommodations), камбузу, систем клімат-контролю (HVAC), водопостачання, каналізації, а також дорогих рятувальних засобів (шлюпки, плоту) суттєво збільшує вартість будівництва (CAPEX). Крім того, ці системи мають значну вагу та займають корисний об'єм, який миг би бути використаний для вантажу. Автономізація дозволяє повністю або частково елиминувати ці системи. Дослідження показують, що видалення надбудови знижує аеродинамічний опір судна на 10–15%, що в сукупності з оптимізацією ваги призводить до зниження споживання палива та викидів CO₂, що є критичним в контексті стратегії декарбонізації ІМО 2030/2050 [21].

2. Системна криза навігаційної безпеки та феномен «людського фактору».

Попри значний технологічний прогрес останніх десятиліть – впровадження інтегрованих навігаційних мистків, систем ECDIS, ARPA та AIS – статистика морської аварійності залишається на неприйнятно високому рівні. Щорічні аналітичні звіти провідних страхових клубів (P&I Clubs), а також дослідження Європейського агентства з морської безпеки (EMSA) демонструють стійку кореляцію: від 75% до 96% усіх морських інцидентів (зіткнення, посадки на мілину, навали) мають у своєму генезисі помилкові дії людини [22]. Природа цих помилок є психофізіологічною. Моряки працюють в умовах хронічної втоми (fatigue), порушення циркадних ритмів.

соціальної ізоляції та високого стресу. В критичних ситуаціях людина схильна до когнітивного перевантаження, паніки або ігнорування показань приладів (confirmation bias). Штучний інтелект (ШІ), на відміну від людини-оператора, не знає втоми, не втрачає пильності та здатен обробляти гігабайти даних від десятків сенсорів одночасно з незмінною ефективністю в режимі 24/7. Таким чином, впровадження MASS розглядається як єдиний дієвий інструмент реалізації стратегії «Vision Zero» – досягнення нульової аварійності на морі.

3. Глобальна демографічна криза та кадровий дефіцит. Морська індустрія стоїть на порозі безпрецедентної кадрової кризи. Згідно зі звітом *BIMCO/ICS Seafarer Workforce Report 2021*, галузь вже відчуває нестачу офіцерського складу, і цей дефіцит має тенденцію до зростання – до 2026 року він може сягнути 90000 осіб [23]. Причини цього явища є соціокультурними. Зростання стандартів життя на березі, розвиток цифрової економіки та зміна ціннісних орієнтирів покоління Z роблять роботу в морі непривабливою. Тривала ізоляція від сім'ї та інтернету, важкі умови праці та ризики криміналізації відлякують молодь. Автономне судноплавство пропонує стратегічне вирішення цієї проблеми: трансформацію професії моряка через переміщення робочих місць з агресивного морського середовища у безпечні та комфортні умови Берегових центрів управління (SCC). Це дозволить залучити до галузі таланти, для яких робота в морі раніше була неприйнятною, а також забезпечити інклюзивність професії.

5.1.2 Еволюція та архітектура нормативно-правового регулювання

Легітимізація експлуатації MASS вимагає не просто технічних стандартів, а тектонічних змін у міжнародному морському праві. Фундаментальні конвенції, що формують правовий каркас галузі – UNCLOS (Конвенція ООН з морського права), SOLAS (Охорона людського життя на

мори). STCW (Підготовка моряків) та COLREGs (МППСС-72) – історично базуються на аксиоми фізичної присутності людини на борту. Поняття «капітан», «екіпаж», «візуальне спостереження» пронизують кожен статтю цих документів. Тому Міжнародна морська організація (ІМО) обрала стратегію поетапної та системної адаптації правового поля [24].

Етап 1: Регуляторне сканування (Regulatory Scoping Exercise – RSE. 2017–2021) У 2017 році на 98-й сесії Комітету з морської безпеки (MSC) було ініційовано масштабну процедуру RSE. Метою цього безпрецедентного дослідження був детальний аналіз існуючих інструментів ІМО на предмет їх застосовності до суден з різним ступенем автономності. Робочі групи MSC. LEG (Юридичний комітет) та FAL (Комітет зі спрощення формальностей) провели ревизію сотень правил. Особлива увага приділялася колізіям. Наприклад, Правило 5 МППСС-72 вимагає підтримки «належного візуального та слухового спостереження» (look-out by sight and hearing). Чи може камера вважатися «зором», а мікрофон – «слухом» у юридичному сенсі? Або Правило 33 SOLAS, яке зобов'язує капітана надати допомогу особам, що терплять лихо. Як це реалізувати фізично на судні без екіпажу? У 2021 році (MSC 103) RSE було офіційно завершено. Ключовий висновок полягав у тому, що MASS *можуть* бути інтегровані в існуючу правову систему, однак просте внесення точкових поправок до кожної конвенції є неефективним та небезпечним шляхом. Було прийнято стратегічне рішення про розробку нового, всеосяжного інструменту – **Кодексу MASS** [25].

В рамках RSE було розроблено та затверджено класифікацію чотирьох ступенів автономності, яка стала глобальним стандартом для регуляторів, страховиків та інженерів:

Ступінь 1 (Ship with automated processes and decision support): Найбільш поширений на сьогодні рівень. Екіпаж знаходиться на борту. Автоматичні системи виконують окремі функції (утримання курсу, контроль двигуна), але остаточне рішення завжди за людиною.

Ступи́нь 2 (Remotely controlled ship with seafarers on board): Гибридна модель. Судно управляється дистанційно з берега (SCC), але на борту присутній екіпаж (часто скороченого складу). Його функція – резервування: у разі втрати зв'язку або кібератаки люди беруть управління на себе.

Ступи́нь 3 (Remotely controlled ship without seafarers on board): Якисний стрибок. Судно повністю контролюється з SCC. На борту відсутні люди. Це вимагає надійних систем зв'язку, дублювання всіх критичних систем та нових процедур обслуговування.

Ступи́нь 4 (Fully autonomous ship): Повна автономність. Операційна система судна (колективний ШІ) здатна самостійно приймати рішення та визначати алгоритм дій для досягнення мети. Роль людини трансформується з оператора (operator) на супервайзера (supervisor), який втручається лише у виняткових ситуаціях.

Етап 2: Розробка та імплементація Кодексу MASS (2022–2028) На сучасному етапі ІМО веде активну роботу над текстом обов'язкового Кодексу MASS. Дорожня карта передбачає його прийняття та набрання чинності до 1 січня 2028 року. Революційною особливістю Кодексу стане відмова від прескриптивного регулювання на користь **Goal-Based Standards (GBS)** – стандартів, що базуються на цілях. Традиційні конвенції є прескриптивними: вони жорстко диктують технічні рішення (наприклад, «встановити магнітний компас»). Цей підхід гальмує інновації. Підхід GBS, натомість, формулює функціональні вимоги та цілі безпеки (наприклад, «система повинна забезпечити виявлення об'єктів з ймовірністю не нижче 99.9%»). Виробник отримує свободу у виборі технічних засобів (лидар, радар, камера) для досягнення цієї мети, за умови доведення надійності рішення. Це дозволить нормативній базі залишатися актуальною протягом десятиліть, не вимагаючи постійних правок.

5.1.3 Істориографія технологичного пошуку: Вид теоретичних моделей до прототипів

Сучасний технологичний прорив не виник на порожньому місці. Йому передувало десятиліття інтенсивних науково-дослідних робіт (R&D), які заклали фундамент для комерційних проєктів. Аналіз цих проєктів дозволяє зрозуміти логіку розвитку технологій.

Проект MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, 2012–2015) Цей проєкт, що фінансувався 7-ю Рамковою програмою ЄС, став першою у світі спробою системного, комплексного аналізу концепції безпілотного торговельного судна [26].

Об'єкт дослідження: Балкер типу «Handymax» для перевезення напівних вантажів на океанських лініях.

Операційна модель: Була запропонована концепція розділеного рейсу. У складних навігаційних зонах (порти, вузькості) судно управляється лоцманом або дистанційно. Після виходу у відкрите море («Deep Sea») активується автономний режим під наглядом оператора SCC.

Науковий доробок: MUNIN розробив архітектуру «Advanced Sensor Module» – системи, що замінює вахтового помічника капітана. Економічний аналіз довів, що автономний балкер може заощадити судновласнику до 7 млн доларів США протягом 25-річного життєвого циклу порівняно з традиційним судном, головним чином за рахунок економії на екіпажі та паливі (зниження швидкості при збереженні вантажопотоку).

Ініціатива AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications, 2015–2017) Проєкт під керівництвом Rolls-Royce (згодом Kongsberg Maritime) за підтримки фінського агентства Tekes[27].

Технологичний фокус: Головна увага була приділена сенсоричі та ситуаційній обізнаності. Було введено поняття «Electronic Lookout» (Електронного наглядача). Дослідники провели серію натурних експериментів

у финських архіпелагах. довівши, що комбінація (fusion) даних від оптичних камер, тепловизорів, лідарів та радарів здатна забезпечити кращу детекцію об'єктів, ніж людське око, особливо в умовах обмеженої видимості.

Юридичний аспект: AAWA вперше глибоко проаналізувала питання відповідальності, запропонувавши модель розподіленої відповідальності між оператором та виробником систем.

Проект ReVolt (DNV GL) Дослідницький проект класифікаційного товариства DNV GL змінив вектор розвитку з океанських гігантів на малий флот.

Концепція: Автономне, повністю електричне судно для коротких морських перевезень (Short Sea Shipping) вздовж узбережжя Норвегії.

Інновація: ReVolt продемонстрував синергію між автономністю та електрифікацією. Головною проблемою електросуден є низька енергетична щільність батарей, що вимагає великого об'єму для їх розміщення. Відсутність екіпажу та житлової надбудови дозволила вивільнити цей простір, збільшивши дальність ходу до комерційно прийнятних 100 морських миль. Це дослідження лягло в основу проекту *Yara Birkeland*.

5.1.4 Сучасний стан імплементації: Ера комерційної експлуатації

Початок 2020-х років став переломним моментом: індустрія перейшла від створення виставкових прототипів до підписання реальних комерційних контрактів та будівництва серійних суден.

Yara Birkeland (Норвегія) – Перший у світі комерційний проект Проект *Yara Birkeland*, реалізований у партнерстві хімічного гіганта Yara International та технологічного лідера Kongsberg Maritime, справедливо вважається «Tesla морів». Це перше у світі повністю електричне автономне контейнерне судно [28].

Технічні характеристики: Довжина 80 м. ширина 15 м. місткість 120 TEU. Енергетична установка – батарейний блок ємністю 7 МВт·год. що живить два азимутальні рушії.

Логістичне завдання: Судно курсує між заводом добрив у Порсгрунні та експортними терминалами у Бревіку та Ларвіку. Ранише цей маршрут обслуговували 40 000 рейсів дизельних вантажівок на рик. Перехід на морський транспорт дозволив радикально знизити викиди CO₂ та розвантажити дорожню інфраструктуру регіону.

Статус: Введено в комерційну експлуатацію у 2022 році. На даному етапі судно проходить запланований дворічний період тестування з поступовим підвищенням рівня автономності: від присутності екіпажу на мистку до повного переходу під контроль віддаленого центру в Хортені.



Рис. 5.1. Yara Birkeland

Програма MEGURI 2040 (Японія) Якщо європейські проекти фокусуються на нішевих рішеннях (фідери, пороми), то Японія, за підтримки фонду Nippon Foundation, реалізує амбітну програму автономізації великого

тоннажу. Консорціум DFFAS (Designing the Future of Full Autonomous Ship) у 2022 році провів успішний експеримент з контейнеровозом «Suzaku» (довжина 95 м).

Досягнення: Судно здійснило автономний перехід довжиною 790 км між Токийською затокою та портом Цу (префектура Міє). Унікальність експерименту полягала в тому, що 97% рейсу, включаючи вихід з порту та швартування, проходили в повністю автономному режимі.

Виклик: Маршрут пролягав через Токийську затоку – одну з найбільш завантажених акваторій світу, де щоденно курсують тисячі суден. Успішне виконання маневрів ухилення від сотень цілей довело зрілість алгоритмів запобігання зіткненням та їх здатність працювати в умовах реального інтенсивного трафіку, а не лише у стерильних лабораторних умовах.

Таким чином, аналіз генезису та сучасного стану MASS дозволяє стверджувати, що технологія пройшла точку неповернення. Вид футурологічних концептів індустрії перейшла до створення працюючих бізнес-моделей, що вимагає вид міжнародної спільноти прискорення процесів правової адаптації.

5.2 Технологічна архітектура, інженерне забезпечення та алгоритмічні комплекси автономних суден

Впровадження технологій автономного судноплавства вимагає повної ревізії традиційних підходів до проектування судових систем. Якщо конвенційне судно проектується як людино-машинний комплекс, де оператор компенсує недоліки автоматики своєю адаптивністю, то MASS (Maritime Autonomous Surface Ship) 3-го та 4-го рівнів автономності є складною кіберфізичною системою, де помилка в архітектурі не може бути виправлена втручанням екіпажу в реальному часі. Технічний базис MASS спирається на «три кити»: системи автоматизованої взаємодії з портовою інфраструктурою.

мультиспектральну сенсорику для ситуаційної обизнаности та гібридну телекомунікаційну архітектуру.

5.2.1 Автоматизация портових операцій та системи динамічного швартування (Auto-Mooring)

Найбільш критичним, ризикованим та технічно складним етапом автономної навігації є маневрування в акваторії порту та процес швартування. Ця фаза характеризується необхідністю міліметрової точності позиціонування в умовах обмеженого простору, впливом гідродинамічних ефектів (милководдя, взаємодія судно-стинка) та складною логістикою взаємодії з береговою інфраструктурою[29].

1. Проблематика та інженерні виклики традиційного швартування

Традиційна процедура швартування, яка не змінювалася століттями, базується на фізичній праці швартових команд на баку та кормі судна, а також берегових швартувальників. Цей процес є неприйнятним для MASS з двох причин:

Технічна неможливість: На судах 3–4 рівнів автономності відсутній палубний екіпаж, здатний прийняти викидку, вибрати швартовий канат та закріпити його на кнехтах.

Безпековий імператив: Зони роботи зі швартовими канатами (snap-back zones) є місцями підвищеної смертності. За статистикою UK P&I Club, інциденти, пов'язані з розривом канатів та ударами, складають понад 53% травматизму під час палубних операцій. Відповіддю індустрії стала розробка систем автоматичного безконтактного швартування (Automated Mooring Systems – AMS).



Рис. 5.2. Cavotec's MoorMaster MM400E

2. Технологічні рішення AMS: Порівняльний аналіз На сьогоднішній день сформувалися два конкуруючі інженерні підходи до реалізації AMS:

Вакуумні системи швартування (Vacuum-based AMS). Де-факто стандартом галузі стали системи типу *MoorMaster* (виробник Cavotec) та *AutoMoor* (Trelleborg).

Конструкція та принцип дії: Система складається з вертикальних гидравлических модулів, змонтованих на причальній стінці. Кожен модуль оснащений набором вакуумних падів (присосок) великої площі. Процес швартування ініціюється, коли судно займає позицію паралельно причалу на дистанції менше 1 метра. Лазерні датчики системи детектують наявність

борту. після чого манипулятори висуваються і створюють вакуумне зчеплення з корпусом судна.

Фізика процесу: Система генерує вакуумне зусилля (до 20 тонн на один юнит), яке надійно фіксує судно. Ключовою перевагою є функція активного демпфування: гидравлическі циліндри компенсують вертикальні переміщення судна (вид припливів/видливів та зміни осадки) та горизонтальні коливання (вид хвиль та проходження інших суден) у реальному часі. Це дозволяє зменшити рух судна біля причалу (vessel motion) з метрів до міліметрів, що критично важливо для роботи контейнерних перевантажувачів.

Економічна ефективність: Час швартування скорочується з 30–60 хвилин (для традиційного методу) до 30–60 секунд. Це дозволяє оптимізувати графік суднозаходів та зменшити витрати палива на маневрування.

Роботизовані манипулятори (Robotic Arm Systems). Альтернативний підхід, реалізований компанією MacGregor (використовується, зокрема, на *Yara Birkeland*).

Принцип дії: На борту судна (або на березі) встановлюється багатоосьовий промисловий робот-манипулятор, оснащений системою машинного зору та лазерним наведенням. Робот автоматично захоплює спеціально підготовлений швартовий кінець (петлю) і накидає його на береговий пал (bollard). Після фіксації вмикаються автоматичні лебідки з функцією постійного натягу (Auto-Tension), які підтягують судно до кранців.

Переваги: Головною перевагою є універсальність – система дозволяє використовувати існуючу берегову інфраструктуру (звичайні швартови тумби) без необхідності дороговартисної модернізації причалів вакуумними модулями.

3. Алгоритмічне забезпечення маневрування (Auto-Docking) Для забезпечення безпечного підходу до зони дії AMS судно використовує складні алгоритми автоматичного докування. На дистанції «останньої милі» пріоритет в навігації передається від глобальних супутникових систем (GNSS), точність яких може бути недостатньою, до локальних високоточних сенсорів – лидарів

та лазерних далекомилив. Система управління рухом (Motion Control System) переходить у режим динамічного позионування (DP) високої точности. Використовуючи повноповоротні гвинто-рульові колонки (Azipod) та носові підрулюючі пристрої, судно виконує специфічний маневр – рух лагом (crabbing motion), тобто переміщення боком до причалу без зміни курсового кута. Контролери на базі модельно-прогнозуючого керування (Model Predictive Control – MPC) розраховують необхідну тягу кожного рушія для компенсації витру та течії, забезпечуючи точність позионування до 5–10 см.

5.2.2 Архитектура сенсорного забезпечення та технологія Sensor Fusion

Фундаментом безпеки MASS є здатність судна формувати точну, цілисну та динамічну цифрову модель навколишнього середовища. В умовах морської навігації, де фактори впливу – туман, опади, видблиски сонця, хитавиця – мають стохастичний характер, покладання на єдине джерело інформації є неприпустимим. Тому архітектура систем ситуаційної обизнаности (Situational Awareness) будується на принципі гетерогенности та використовує технологію **Sensor Fusion** – алгоритмічне об'єднання даних різних фізичних модальностей.

1. Радіолокаційні станції нового покоління (Solid State FMCW Radar)
Радар залишається основним засобом виявлення цілей на середніх та великих дистанціях (3–12 морських миль). Однак для потреб MASS відбувається технологічна міграція від традиційних імпульсних магнетронних радарів до твердотільних радарів з частотною модуляцією безперервної хвилі (FMCW – Frequency Modulated Continuous Wave).

Фізичні переваги: Твердотільні радари не мають магнетрона (який потребує прогріву та має обмежений ресурс), забезпечують миттєву готовність до роботи та значно вищу роздільну здатність на малих дистанціях.

Ефект Доплера: Ключовою перевагою технології FMCW є можливість використання ефекту Доплера для миттєвого визначення радіальної швидкості цилі. Це дозволяє алгоритмам обробки сигналу ефективно фільтрувати статичні перешкоди (clutter) від хвиль дощу та берегового рельєфу, виділяючи лише рухоми об'єкти, що значно знижує навантаження на обчислювальні потужності.

2. Лазерне сканування (LiDAR) Технологія LiDAR (Light Detection and Ranging) виконує роль високоточного 3D-сканера ближнього радіусу дії (до 300–500 метрів) [30].

Принцип роботи: Сенсор випромінює лазерні імпульси (зазвичай у спектрі 905 нм або 1550 нм) і вимірює час їх повернення, формуючи щільну 3D-хмару точок (Point Cloud).

Застосування: Лидари дозволяють не просто виявити наявність перешкоди, а й визначити її геометричну форму з точністю до сантиметрів. Це критично важливо для класифікації об'єктів (наприклад, виділити навігаційний буй від малого пластикового човна, який погано видно на радарі). Крім того, лидари є основою для алгоритмів SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), що дозволяють судну орієнтуватися в порту та шлюзах без GPS, використовуючи контури берегових споруд як орієнтири.

Обмеження: Ефективність лидарів суттєво знижується в умовах густого туману, сильного дощу або снігу через розсіювання лазерного променя (backscatter), що вимагає дублювання їх функцій іншими сенсорами.

3. Оптичні та інфрачервоні системи (Computer Vision) Комплекс камер забезпечує візуальну верифікацію та семантичний аналіз сцени. Сучасні системи використовують комбінацію сенсорів різних спектральних діапазонів:

RGB-камери: Високороздільні камери видимого спектра необхідні для розпізнавання кольорів навігаційних вогнів, знаків, прапорів (наприклад, прапор «Alpha» – робота водолазів) та написів на бортах суден.

LWIR (Long-Wave Infrared): Тепловизійні камери (діапазон 8–14 мкм) реєструють власне теплові випромінювання об'єктів. Вони є незамінними для нічної навігації, оскільки дозволяють виявляти об'єкти, що не мають освітлення (наприклад, айсберги, уламки) або людей за бортом (Map Overboard). теплова сигнатура яких чітко контрастує з холодною водою.

SWIR (Short-Wave Infrared): Камери короткохвильового інфрачервоного діапазону (0.9–1.7 мкм) мають унікальну здатність «бачити» кризу атмосферний серпанок, дим та легкий туман завдяки меншому розсіюванню хвиль цієї довжини на частинках вологи.

4. Алгоритмічне ядро (Fusion Core & AI) Дани з усіх сенсорів надходять до центрального процесора, де обробляються за допомогою двох основних класів алгоритмів:

Траєкторний аналіз (Tracking): Використовується розширений фільтр Кальмана (Extended Kalman Filter – EKF) або Particle Filter. Ці алгоритми прогнозують стан (координати, швидкість) об'єкта в наступний момент часу і коригують прогноз на основі нових вимірювань. Це забезпечує стабільність супроводу цилі («треку»), навіть якщо вона тимчасово зникає з поля зору одного з сенсорів (наприклад, камера засліплена сонцем, але радар продовжує бачити ціль).

Класифікація (Classification): Використовуються глибокі згорткові нейронні мережі (CNN), такі як YOLO (You Only Look Once) або SSD (Single Shot Detector). Вони навчені на мільйонах морських зображень і здатні в режимі реального часу ідентифікувати типи суден, знаки навігаційної обстановки та інші об'єкти[32].

5.2.3 Гібридна телекомунікаційна інфраструктура та киберстійкість каналів зв'язку

Надійний, високошвидкісний зв'язок «судно-берег» є критичною умовою для реалізації 3-го та 4-го рівнів автономності. Традиційна модель морського зв'язку, що базується на геостационарних супутниках (GEO – Inmarsat, VSAT), має фізичні обмеження: висока затримка сигналу (latency 600–800 мс) через велику відстань до орбіти (36 000 км) та обмежена пропускна здатність. Це унеможливило пряме тактильне дистанційне керування. Для вирішення цієї проблеми впроваджується **гібридна комунікаційна архітектура**, яка динамічно перемикається між трьома рівнями каналів:

1. Низькоорбітальні супутникові системи (LEO – Low Earth Orbit). Поява супутникових угруповань нового покоління, таких як *Starlink* (SpaceX) та *OneWeb*, здійснила революцію в морському зв'язку.

Технічні параметри: Супутники розташовуються на висоті 500–1200 км. Це дозволяє знизити затримку сигналу до 20–40 мс, що є порівнянним з наземними широкосмуговими мережами. Пропускна здатність каналу сягає 200–500 Мбит/с.

Значення для MASS: Низька затримка дозволяє оператору в SCC керувати судном в режимі реального часу, отримуючи зворотний зв'язок миттєво. Висока швидкість дозволяє передавати кілька потоків HD-відео з камер судна, забезпечуючи ефект повної «виртуальної присутності» на мистку.

2. Наземні мережі 4G/5G. У прибережних зонах (до 20–30 морських миль від берега) судно автоматично перемикається на стильникові мережі. Технологія 5G, завдяки своїй гигабітній пропускній здатності, використовується для передачі надвеликих обсягів даних («Data Dump»). Під час підходу до порту судно може вивантажувати терабайти «сирих» даних телеметрії та відео, накопичених за рейс, які потім використовуються для донавчання нейронних мереж.

3. Система VDES (VHF Data Exchange System). Це спеціалізована морська система обміну даними в діапазоні УКХ, яка є технологічною еволюцією системи AIS.

Функціонал: VDES забезпечує захищений, стандартизований канал передачі даних між суднами, супутниками та береговими станціями. Хоча швидкість передачі є відносно низькою (до 307 кбіт/с), VDES є критично важливим резервним каналом. Він працює незалежно від комерційних інтернет-провайдерів, є безкоштовним і глобально доступним, що робить його ідеальним середовищем для передачі критичних команд управління (наприклад, команди екстреної зупинки) у разі відмови супутникового інтернету.

Киберстійкість (Cyber Resilience) та захист даних Перетворення судна на підключений цифровий актив створює нові вектори загроз: глушіння сигналів (Jamming), підміна навігаційних координат (Spoofing), перехоплення управління. Стратегія киберзахисту MASS реалізується на кількох рівнях:

Криптографічний захист: Усі канали управління та телеметрії захищені наскрізним шифруванням (End-to-End Encryption) промислових стандартів (наприклад, AES-256) та передаються через ізольовані віртуальні приватні мережі (VPN).

Захист GNSS: Для протидії атакам на GPS судна оснащуються антенами CRPA (Controlled Reception Pattern Antenna), які фізично фільтрують сигнали завад. Алгоритми навігаційного комп'ютера постійно порівнюють дані супутників з даними інерціальних систем та візуальної одометрії (Visual Odometry). У разі виявлення аномалії (спуфінгу) судно автоматично переходить на автономну навігацію за допомогою лідарів та радарів (режим SLAM).

Edge Computing (Граничні обчислення): Для мінімізації вразливості, первинна обробка даних (зокрема відеопотоку) відбувається на бортових серверах. На берег передаються лише метадані та вектори цілей. Повний доступ до «сирих» даних відкривається лише за запитом оператора або у разі виявлення аномальної поведінки систем

5.3 Стратегичні тенденції. соціально-економічні наслідки та перспективи розвитку автономного судноплавства в контексті глобальної логістики

Проведений комплексний аналіз технічних, нормативно-правових та операційних аспектів впровадження Морських автономних надводних суден (MASS) дозволяє стверджувати, що світова морська індустрія увійшла в фазу незворотної структурної трансформації. Перехід до парадигми «Maritime 4.0» не обмежується лише технологічним переозброєнням флоту; він спричиняє тектоничні зрушення в економічних моделях судноплавства, архітектури міжнародного права та соціальної структури галузі. На основі емпіричних даних пілотних проєктів (таких як *Yara Birkeland* та *Meguri 2040*) та прогнозних оцінок провідних класифікаційних товариств, можна виокремити п'ять фундаментальних макротенденцій, які визначатимуть вектор розвитку галузі на період до 2035 року.

5.3.1 Трансформація економічних моделей: Вид економії на екіпажі до операційної ефективності

Першою і визначальною тенденцією є зміна економічного обґрунтування автономності. На ранніх етапах дискурсу (2012–2015 роки) основним драйвером впровадження MASS вважалася оптимізація прямих витрат на екіпаж, які складають 30–45% операційного бюджету (OPEX) судна. Однак сучасний аналіз показує, що це лише верхівка айсберга. Стратегічна економічна вигода полягає не у видаленні фонду оплати праці з балансу, а в радикальному підвищенні загальної експлуатаційної ефективності активу [33].

Автономизация відкриває шлях до нових логістичних концепцій, таких як «Shipping-as-a-Service» (Судноплавство як послуга). Використання штучного інтелекту для керування флотом дозволяє реалізувати стратегію «Just-in-Time» (точно в строк) з безпрецедентною точністю. Алгоритми оптимізації маршрутів, що враховують гідрометеорологічні умови в реальному часі, дозволяють знизити споживання палива на 15–20% без втрати комерційної швидкості. Крім того, усунення житлової надбудови та систем життєзабезпечення (так званих «готельний навантаження») дозволяє збільшити корисну вантажомісткість судна на 10–15% при тих самих габаритах, що суттєво підвищує рентабельність рейсу.

Прогнозується чітка сегментація ринку впровадження MASS. Першопрохідцями стають сектори з високою циклічністю та прогнозованістю: поромні переправи, портовий допоміжний флот (буксири, днопоглиблювальні судна) та фідерні контейнерні перевезення на короткому плечі (Short Sea Shipping). Для океанських перевезень, де вартість екіпажу розмивається великими обсягами вантажу, впровадження повної автономності (рівень 4) буде відбуватися повільніше, еволюціонуючи через стадії розширеної підтримки прийняття рішень (рівень 1) та віддаленого моніторингу.

5.3.2 Технологічна конвергенція та екосистема «Цифрового двійника»

Другою ключовою тенденцією є перехід від експлуатації окремих «розумних» суден до створення інтегрованих цифрових екосистем. Центральним елементом цієї архітектури стає технологія «Цифрового двійника» (Digital Twin). В епоху MASS цифровий двійник перестає бути статичною 3D-моделлю, що використовується лише на етапі проектування. Він

трансформується у динамічну віртуальну копію судна. яка супроводжує його протягом усього життєвого циклу – від закладки киля до утилізації [23].

Синхронізуючись з фізичним судном через супутникові канали зв'язку в режимі реального часу. цифровий двійник акумулює терабайти даних від тисяч бортових сенсорів. Це дозволяє реалізувати стратегію предиктивного технічного обслуговування (Predictive Maintenance). Для судна. на борту якого відсутні механіки. критично важливо передбачити відмову обладнання до моменту її виникнення. Штучний інтелект аналізує патерни вібрації. температури та енергоспоживання. виявляючи аномалії. які свідчать про деградацію вузлів (наприклад. підшипників валовинії) за тижні або місяці до аварії. Це дозволяє переходити від планово-попереджувальних ремонтів до ремонтів за фактичним станом. мінімізуючи час простою судна (downtime) та ризики втрати ходу у відкритому морі.

5.3.3 Еволюція нормативно-правового поля: Парадигма GBS

Третя тенденція стосується фундаментальних змін у філософії регулювання безпеки мореплавства. Розробка та очікування введення в дію обов'язкового Кодексу MASS у 2028 році знаменує відмову Міжнародної морської організації (ІМО) від жорсткого прескриптивного регулювання на користь стандартів. що базуються на цілях (Goal-Based Standards – GBS).

Традиційні конвенції. такі як SOLAS. історично формувалися як набір технічних приписів (наприклад. вимога мати магнітний компас або паперові карти). Такий підхід в умовах експоненційного розвитку технологій стає гальмом інновацій. Підхід GBS. натомість. фокусується на функціональних вимогах: регулятор встановлює ціль безпеки (наприклад. «забезпечити виявлення та ідентифікацію навігаційних небезпек з

ймовірністю не нижче 99.9%»)). а розробник отримує свободу у вибори технічних засобів (лидар. радар. камера. нейромережа) для досягнення цієї цілі. Це вимагатиме вид класифікаційних товариств та адміністрацій прапора нових компетенцій у сфері верифікації та валидації програмного забезпечення. оскільки доведення безпеки алгоритму стає складнішим за перевірку товщини металу[34].

5.3.4 Соціальна трансформація та феномен «Цифрового офіцера»

Четверта тенденція спростовує поширені міфи про тотальну роботизацію та зникнення професії моряка. Насправді відбувається не ліквідація людського елемента, а його якісна трансформація та релокація. Інтелект та процес прийняття рішень перемищуються з капітанського мистка, що піддається впливу хитавици, до ергономічних залив Берегових центрів управління (SCC).

Формується запит на принципово нову категорію фахівців – «цифрових офіцерів» (Digital Officers) або операторів MASS. Компетентнісний профіль такого фахівця є гібридним: він повинен володіти класичними навичками судноводіння (розуміння гідродинаміки, навігації, метеорології) та глибокими знаннями у сфері ІТ-інженерії, аналізу даних та кібербезпеки. Разом з тим, ця трансформація породжує нові психофізіологічні виклики. Оператор SCC, який контролює флот з 5–10 суден одночасно, стикається з ризиком втрати «відчуття судна» (ship sense) – інтуїтивного розуміння поведінки судна, яке формується через фізичні відчуття вібрації, звуків та прискорення. Також виникає проблема «парадоксу автоматизації»: коли система працює ідеально 99% часу, увага оператора притупляється, що робить його нездатним ефективно втрутитися у критичний момент збою. Вирішення цих проблем вимагатиме докорінного перегляду Міжнародної конвенції про

РОЗДИЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСИ

6.1 Підвищення ефективності роботи морського транспортного судна

У дослідницькій частині даний магістерської роботи «Аналіз розвитку та сучасного стану технологій автономного судноплавства» видзначени основні переваги в можливості організації автономного судноплавства.

Основним видом процесу роботи морського транспортного судна є його рейс. Найважливішим елементом загальної організації перевезення є забезпечення доставки навантажених на судно вантажів, безпека життєдіяльності суднового екіпажу і запобігання забруднення навколишнього середовища.

Перевезення всіх видів вантажів необхідно виконати не заподіявши шкоди навколишньому середовищу, не порушивши стандарти безпеки, вимоги міжнародних конвенцій, національних правил та правил компанії.

Поряд з найважливішим завданням охорони людського життя на морі і середовища від забруднення, у всьому світі проводяться заходи щодо зниження навігаційної аварійності, а отже, організації безаварійної проводки судна по заданому маршруту що і має велике економічне значення.

В умовах ринкової економіки, коли всі судноплавні компанії працюють за рахунок створення компанією чистого прибутку, необхідність економічного обґрунтування будь-яких витрат судна набуває особливого значення. Витрати на дослідження складають значну питому вагу в загальних витратах на розвиток торговельного флоту. Вид ефективності цих витрат багато в чому залежить ефективність всієї економіки судноплавної компанії і кожного окремо взятого судна.

6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейси

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломної практики, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУ«ОМА», прейскурантів, тарифів та ін. [35]. Вихідні дані рейсу т/х «Stolt Pride» з порту Ель Палито в порт Евергладс 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 «Stolt Pride»	D_w	Тон	40160
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	1235.5
3	Відстань між портами	L	мили	1351
4	Кількість навантаженого вантажу: газолін	ΣQ_m	т	31238.5
5	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$/т	15
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/ доб.	9000
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/ доб.	6500
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	12
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	10
10	Добова витрата палива на ходу: важке	q_x^6	тон/добу	25.0
	Добова витрата палива на стоянці:	$q_{ст}$	тон/добу	3.0

	важке			
11	Цина 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	400
	легке	C_l	\$/т	650
12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	10040000

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5
13	Річна норма амортизації	Ha	%	10
14	Позаексплуатаційний час	T_{ze}	доб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	19
16	Час затримки в дорозі	$t_{зам}$	доб.	0.2
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{доод}$	доб.	0.1
18	Заробитна платня	$R_{зп}$	\$/доб	2800
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/доб	350
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/доб	285
21	Портови збори	$R_{порт}$	\$	32150
22	Агентство суден	$R_{аг}$	\$/доб	350
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/доб	450
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	750000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	40160

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейси використовуємо дані рейсового завдання [35. 36].

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_q = D_w - G_{зан}. \quad (6.1)$$

$$D_q = 40160 - 1235.5 = 38924.5 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

де T_k – календарний період. приймаємо 365 днів

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

3. Розраховуємо час рейсу:

– ходовий час:

$$t_x = \frac{L}{V_{\text{экс}} \times 24} + t_{\text{зад}}. \quad (6.3)$$

$$t_x = 1351 / (12 \times 24) + 0.2 = 4.9 \text{ днів}$$

– стоянковий час:

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

$$t_{cm} = 31238.5 / 9000 + 31238.5 / 6500 + 0.1 = 8.4 \text{ днів.}$$

– час рейсу складе:

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

$$t_p = 4.9 + 8.4 = 13.3 \text{ днів}$$

4. Розраховуємо провизну спроможність судна:

– зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 31238.5 \times 1351 = 42203214 \text{ тонно-миль/рейс}$$

– зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 38924.5 \times 1351 = 52586999 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{\text{рейс}} = 31238.5 \times 15 = 468578 \text{ \$/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{экс.}} = R_{\text{зн}} + R_{\text{нит}} + R_{\text{рем}} + R_{\text{ам}} + R_{\text{сн}} + R_{\text{т.пос}} + R_{\text{нав}} + R_{\text{порт}}/t_p + R_{\text{аз}} + R_{\text{стр.}} \quad (6.7)$$

– витрати на заробітну плату ($R_{\text{зн}}$) 2800 \$/добу;

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

$$R_{\text{нит}} = \chi_{\text{эк}} \cdot n_{\text{нит}} \quad (6.8)$$

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

$$R_{\text{нит}} = 19 \times 12 = 228 \text{ $/добу};$$

– витрати на ремонт ($R_{\text{рем}}$) розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{рем}}^{\text{сум}} = \frac{(n_{\text{док}} \times C_{\text{док}} + C_{\text{рем}}) / t_{\text{мп}}}{T_{\text{эк}}} \quad (6.9)$$

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

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

$$R_{\text{рем}} = ((40160 + 750000) / 5) / 350 = 452 \text{ $/добу}$$

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

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

$$R_{\text{ам}} = (10040000 \times 0.1) / 350 = 2869 \text{ $/добу};$$

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

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

де $H_{сн}$ – норма постачання. приймаємо 2 %.

$$R_{сн} = (10040000 \times 0.02) / 350 = 574 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.пос.}$) 350 \\$/добу;
- навігаційні витрати. \\$/добу ($R_{нав}$) 285 \\$/добу;
- портови збори ($R_{порт}$) 32150 \\$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 350 \\$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 450 \\$/добу.

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

$$R_{екс} = 2800 + 228 + 452 + 2869 + 574 + 350 + 285 + 32150 / 13.3 + \\ + 350 + 450 = 10775 \text{ \$/ добу}$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

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

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

$$R_{кос.} = 10775 \times 0.02 = 216 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

$$R_{общ} = R_{экс} + R_{кос} \quad (6.13)$$

$$R_{общ} = 10775 + 216 = 10991 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{общ.экс} = R_{общ} \cdot t_p \quad (6.14)$$

$$\Sigma R_{\text{общ.экс}} = 10991 \times 13.3 = 146180 \text{ \$/рейс}$$

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

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

$$R_x^m = k_{cm} \cdot q_x \cdot C_m \quad (6.15)$$

де k_{cm} – коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні. обтиральні матеріали. в залежності вид двигуна = 1.05 - 1.15.

$$R_x^m = 1.1 \times 25.0 \times 400 = 11000 \text{ \$/ добу}$$

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

$$R_{cm}^m = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot C_l \quad (6.16)$$

$$R_{cm}^m = 1.1 \times 3.0 \times 400 = 1320 \text{ \$/ добу}$$

– витрати на паливо и мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{nep} = (R_x^m \cdot t_x) + (R_{cm}^m \cdot t_{cm}) \quad (6.17)$$

$$\Sigma R_{nep} = (11000 \times 4.9) + (1320 \times 8.4) = 64988 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

$$\Sigma R_{рейс} = \Sigma R_{общ.экс} + \Sigma R_{nep} \quad (6.18)$$

$$\Sigma R_{рейс} = 146180 + 64988 = 211168 \text{ \$/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma \Pi_{рейс} = 468578 - 211168 = 257410 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Stolt Pride» з порту Ель Палито в порт Евергладс з вантажем газоліну за рейс склав 257410 \$/рейс.

Розраховуємо якісні показники роботи судна в рейси по методиці [36]:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

$$K_{\text{к}} = \frac{T_{\text{екс}}}{T_{\text{к}}} \cdot \quad (6.20)$$

$$K_{\text{к}} = 350 / 365 = 0.959$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_{\text{з}} = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_{\text{к}}} \cdot \quad (6.21)$$

$$\alpha_{\text{з}} = 31238.5 / 38924.5 = 0.802$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

$$V_{\text{ср.}} = \frac{L}{t_{\text{х}}} \cdot \quad (6.22)$$

$$V_{\text{ср}} = 1351 / 4.9 = 276$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_{\text{х}} = \frac{t_{\text{х}}}{t_{\text{р}}} \cdot \quad (6.23)$$

$$\varepsilon_{\text{х}} = 4.9 / 13.3 = 0.368$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

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

$$\mu_6 = 0.802 \times 276 \times 0.368 = 81.46$$

6. Валова прибутковисть одних судо-диб:

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

$$\mu = 468578 / 13.3 = 35231 \text{ \$}/\text{доба}$$

7. Собивартисть перевезення одниеї тони вантажу в рейси:

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

$$S_m = 211168 / 31238.5 = 6.76 \text{ \$}/\text{т}$$

8. Собивартисть 1 тонно-мили в рейси:

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

$$S_{m-м} = 211168 / 42203214 = 0.0050037 \text{ \$}/\text{т-м}$$

9. Собивартисть утримання судна в добу експлуатації:

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

$$S_{с-с} = 211168 / 13.3 = 15877 \text{ \$}/\text{добу экс.}$$

10. Ривень прибутковости являє видношення доходив до витрат:

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

$$PF = 468578 / 211168 = 2.22$$

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

6.3 Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період

Оцінку ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період виконаємо по методиці [36]:

1. Розраховуємо число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{\text{екс}} / t_p \quad (6.30)$$

$$Ч_p = 350 / 13.3 = 26.32$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 31238.5 \times 26.32 = 822197 \text{ т / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

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

$$\Sigma Q l_{\text{екс}} = 745286723 \times 26.32 = 19615946549 \text{ т-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma F_{\text{экс}} = 468578 \times 26.32 = 12332973 \text{ \$ / рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{\text{экс}} = R_{\text{рейс.}} \cdot \mathcal{U}_p \quad (6.34)$$

$$\Sigma R_{\text{экс}} = 211168 \times 26.32 = 5557942 \text{ \$ / рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma \Pi = \Pi_p \cdot \mathcal{U}_p \quad (6.35)$$

$$\Sigma \Pi = 257410 \times 26.32 = 6775031 \text{ \$ / рік}$$

7. Рівень прибутковості роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$PF = 12332973 / 5557942 = 2.22$$

Для оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період зведемо розрахункові дані в табл. 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	\$	468578
2	Затрати загальні	R	\$	211168
3	Прибуток	Π	\$	257410
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0.368

5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	мили/добу	276
6	Доходність судна	μ	\$/добу	35231
7	Рівень доходности	PF		2.22
8	Собивартисть перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	6.76
9	Собивартисть 1 т-мили	S_{T-M}	\$/т-м	0.0050037
10	Собивартисть утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/добу	15877

В результаті проведених розрахунків, наведених у табл. 6.2 слід зазначити, що виконаний рейс з порту Ель Палито в порт Евергладс є прибутковим. Рівень доходности 2.22, прибуток 257410 \$ за рейс та за експлуатаційний період прибуток складе 6775031 \$. Судно «Stolt Pride» доцільно використовувати на даному напрямку.

РОЗДИЛ 7

ОХОРОННИ ЗАХОДИ И ЦИВИЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНИ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкти морського транспорту

7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкти морського транс-порту)

Танкер–химовоз «Bow Omaria» стоїть на якорі в районі зовнішнього рейду порту Вальпараїсо (Чилі). Отримано повідомлення про вибух на території спеціалізованого перевантажувального комплексу для хімічних і наливних вантажів. Ймовірна причина вибуху – вчинення терористичного акту на території порту. В результаті інциденту залізнична цистерна зі зрідженим хлором зійшла з рейок і перекинулася. З пошкодженої цистерни вилилося 25 т хлору, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Характер розливу «вильно».

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день. 16.00. температура повітря 20⁰. швидкість вітру 2 м/с. вітер зустрічний. суцільна хмарність. Видстань від судна до місця аварії – 5 км. Місцевість відкрита. характер – водна поверхня.

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

Визначити стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу вибуху на території портової споруди, що взаємодіє із 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 дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні»).

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби – день, швидкість вітру 2 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по табл. 7.1 ступень вертикальної стійкості повітря – ізотермия.

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 первинний хмари

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

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\text{эл}}$ (т) хлору в первинний хмари:

$$Q_{\text{зл}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0.18 \cdot 1 \cdot 0.23 \cdot 1 \cdot 25 = 1 \text{ т.}$$

де $K_1 = 0.18$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (табл. 7.2);

Таблиця 7.2

Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найме— нування СДОР	Щиль— ність СДОР. т/ м ³		Температура кипіння. °С	Порогова токсодоза. мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Ридина			К ₁	К ₂	К ₃	К ₇ для температури повітря (°С)				
								–40	–20	0	20	40
Хлор	–	1.558	–34.1	0.6	0.18	0.052	1.0	<u>0</u> 0.9	<u>0.3</u> 1	<u>0.6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1.4</u> 1

Примітка. У таблиці наведені значення K_7 у чисельнику – K_7^{I} (для первинної хмари), у знаменнику – K_7^{II} (для вторинної хмари).

$K_3 = 1$ – коефіцієнт (табл. 7.2);

$K_5 = 0.23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермій (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_7^1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (табл. 7.2);

$Q_0 = 25$ – кількість хлору, що розлився при аварії, т.

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

Площа розливу S_p (м²) хлору дорівнює:

$$Sp = V_p/h = Q_0 / \rho/h = 25 / 1.558 / 0.05 = 321 \text{ м}^2.$$

де V_p – об'єм хлору. що розлився. м^3 ;

$\rho = 1.558$ – щільність хлору. т/м^3 (табл. 7.2);

$h = 0.05$ – товщина шару хлору (для характеру розливу – «вильно»). м.

Таблиця 7.3

Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u). м/с	$1 \leq$	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
Миська (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						

Тривалисть 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 виходу хмари зараженого повітря від заданої точки.

Розраховуємо тривалисть вражаючої дії T (год.) хлору:

$$T = h \cdot \rho / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{III}}) + 1 / (K_m \cdot v_{\text{п}}) = \\ = 0.05 \cdot 1.558 / (0.052 \cdot 1.33 \cdot 1) + 1 / (1 \cdot 12) = 1.2 \text{ год.} = 1 \text{ год. } 12 \text{ хв.}$$

де $K_2 = 0.052$ – коефіцієнт, що залежить від фізико–хімічних властивостей хлору (табл. 8.2);

$K_4 = 1.33$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 7.3);

$K_7^{\text{III}} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (табл. 7.2);

$K_m = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари хлору (табл. 7.4);

$v_{\text{п}} = 12$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (табл. 7.5).

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

$$Q_{32} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\text{III}} \cdot Q_0 / (h \cdot \rho) = \\ 0.82 \cdot 0.052 \cdot 1 \cdot 1.33 \cdot 0.23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 25 / (0.05 \cdot 1.558) = 4.19 \text{ т.}$$

де $K_6 = N^{0.8} = 1^{0.8} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , що пройшов з моменту початку аварії; за умовами завдання $N = 1$ год.

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Таблиця 7.6

Глибина (км) зони зараження

Швид- кість ви- тру. м/с	Еквівалентна кількість СДОР. т								
	0.01	0.05	0.1	0.5	1	3	5	10	20
1 і менше	0.38	0.85	1.25	3.16	4.75	9.18	12.53	19.20	29.56
2	0.26	0.59	0.84	1.92	2.84	5.35	7.20	10.83	16.44
3	0.22	0.48	0.68	1.53	2.17	3.99	5.34	7.96	11.94
4	0.19	0.42	0.59	1.33	1.88	3.28	4.36	6.46	9.62
5	0.17	0.38	0.53	1.19	1.68	2.91	3.75	5.53	8.19

Для $Q_{\text{с1}} = 1$ т та швидкості витру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою хлору: $\Gamma_1 = 2.84$ км.

Для $Q_{\text{с2}} = 4.19$ т та швидкості витру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою хлору: $\Gamma_2 = 6.45$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0.5 \cdot \Gamma'' = 6.45 + 0.5 \cdot 2.84 = 7.87 \text{ км.}$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 12 = 12 \text{ км.}$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 7.87 \text{ км.}$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_b (км²) хмарою хлору:

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ = 3.14 \cdot 7.87^2 \cdot 90^\circ / 360^\circ = 46.6 \text{ км}^2.$$

де $\Gamma = 7.87$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 90^\circ$ – кутовий розмір зони зараження, град (табл. 7.7).

Таблиця 7.7

Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	≤ 0.5	0.6 – 1	1.1 – 2	> 2
φ , град	360	180	90	45

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_{Φ} (км²):

$$S_{\Phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0.2} = 0.133 \cdot 7.87^2 \cdot 1^{0.2} = 8.24 \text{ км}^2.$$

де $K_8 = 0.133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (п. 3.4. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту).

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 $\varphi = 90^\circ$ (табл. 8.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковий глибини зони зараження $\Gamma = 7.87$ км. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження – місцем розливу хлору.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{5,19}{6} \right)^{0,580} = 2,12 \text{ км}.$$

де $\lambda = 2.31$; $\Psi = 0.580$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 1 + 4.19 = 5.19$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

Розраховуємо глибину зони важких уражень $\Gamma_{0.41}$ (км):

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{5,19}{2,4} \right)^{0,580} = 3,61 \text{ км}.$$

де $D_{0.41} = 0.4 \cdot D_1 = 0.4 \cdot 6 = 2.4$ – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Таблиця 7.8

Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 і менше	2	3	4	5	6	7	10
λ	3.73	2.31	1.80	1.52	1.34	1.20	1.11	0.92

ψ	0.606	0.580	0.563	0.551	0.542	0.537	0.531	0.515
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $\Gamma_{0.2t}$ (км):

$$\Gamma_{0,2t} = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2t}} \right)^\psi = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{5,19}{1,2} \right)^{0,580} = 5,4 \text{ км.}$$

де $D_{0,2t} = 0.2 \cdot D_t = 0.2 \cdot 6 = 1.2$ – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковий глибини зони зараження $\Gamma = 7.87$ км.

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

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

$$t = x / (K_m \cdot v_p) = 5 / (1 \cdot 12) = 0.42 \text{ год.} = 25 \text{ хв.}$$

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

7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території зовнішнього рейду порту показала, що екіпажу судна небезпека не загрожує. Відстань судна «Bow Omara» до місця аварії становить 5 км, глибина зони ураження 4.5 км.

Для уникнення можливих втрат серед екіпажу судна пропонуються наступні заходи:

- повідомити екіпаж про аварію в порту. попередити про небезпечні наслідки отруєння хлором. зв'язатися з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварії;
- тимчасово припинити усі роботи на відкритій палубі. забезпечити контроль за тим, щоб члени екіпажу знаходились у внутрішніх приміщеннях. поки триває вражаюча дія зараженого повітря;
- підготуватися до надання у разі потреби першої медичної допомоги постраждалим.

7.1.4 Стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу вибуху на території портової споруди. що взаємодіє із судном

При отриманні при отриманні попередження про загрозу вибуху на території портової споруди. що взаємодіє із судном. екіпаж судна виконує заходи. зазначені в табл. 7.9.

Таблиця 7.9

Заходи. які повинні бути прийняті у разі отримання попередження про загрозу вибуху на території портової споруди. що взаємодіє із судном

№ п/п	Дії. які повинні бути виконані	Відповідальний член екіпажу
1	2	3
1	Записати докладно попередження про загрозу вибуху (якщо воно було) або повідомлення про виявлений вибуховий пристрій чи підозрілий предмет на території портової споруди. Поки триває стан надзвичайної ситуації. у судовому журналі відображати всі заходи. які були прийняті для забезпечення безпеки	Вахтовий помічник

2	Негайно доповісти капітану і офіцеру з охорони судна	Вахтовий помічник
3	Оголосити загальносуднову тривогу. провести герметизацію корпусу судна. засоби боротьби з водою і пожежею привести у негайну готовність	Капітан

Продовження табл. 7.9

1	2	3
4	Оповистити екіпаж судна про місце виявлення вибухового пристрою	Вахтовий помічник
5	За погодженням з портом прийняти рішення про видвид судна від причалу або залишення його на місці та евакуацію екіпажу	Капітан
6	Підтримувати постійний контакт з посадовою особою портового засобу. відповідальною за охорону. і посадовою особою компанії. відповідальною за охорону. Вси подальші дії здійснювати у контакти з цими особами.	Офіцер з охорони судна
7	Аварійну партію привести в готовність №1	Старший помічник
8	Перекрити для доступу водонепроникні двері	Вахтовий помічник
9	Из закінченням проведення заходів з ліквідації загрози вибуху взяти участь у складанні та підписанні акта	Капітан. офіцер з охорони судна
10	Привести судно в початковий стан	Капітан
11	Про результати вжитих заходів доповісти посадовий особи портового засобу. відповідальний за охорону. та посадовий особи компанії. відповідальний за охорону	Офіцер з охорони судна

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи було здійснено комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Stolt Pride» з порту Ель-Паліто до Порту Еверглейдс.

При виконанні прокладення були ретельно вивчені техніко-експлуатаційні характеристики судна, включаючи його стан, як у вантажу, так і у баласті. Особлива увага була приділена попередньому опрацюванню переходу. Були вивчені і взяті до уваги гідрометеорологічні характеристики району плавання. На картах здійснено прокладення шляху і відмічені усі небезпеки. Всюди були використані відомості, приведені в лоціях, навігаційних довідниках і посібниках.

Здійснено з урахуванням вантажної марки завантаження судна і розрахунок необхідних запасів на перехід. Завантаження судна здійснене з урахуванням вимог по безпечному перевезенню вантажу. Зроблено розрахунки посадки, остійності та подовжньої міцності судна. Остійність судна задовольняє вимогам ІМО. Подовжня міцність на всьому переході забезпечена.

З економічної точки зору рейс виявився прибутковим. Це судно буде економічно вигідним при використанні його на поодиноких рейсах, на коротких дистанціях.

Було зроблено аналіз розвитку та сучасного стану технологій автономного судноплавства.

Підсумовуючи результати дослідження сучасного стану та перспектив розвитку технологій автономного судноплавства, можна сформулювати наступні узагальнюючі висновки:

Технологічна зрілість та зміна парадигми. Аналіз еволюції від дослідницьких проєктів (MUNIN, AAWA) до комерційних реалізацій (Yara Birkeland) доводить, що технологічний бар'єр для впровадження автономності

успішно подолано. Інтеграція мультиспектральних сенсорних систем (Sensor Fusion), алгоритмів штучного інтелекту та низькоорбітального супутникового зв'язку (LEO) дозволила створити кіберфізичні системи, які за рівнем ситуаційної обізнаності та швидкості реакції не поступаються, а в окремих сценаріях перевершують можливості людини-оператора. Галузь здійснила незворотний перехід від концепції автоматизації окремих механізмів до парадигми повної автономності систем управління.

Економічна та екологічна доцільність. Впровадження MASS виступає каталізатором підвищення ефективності морської логістики. Окрім очевидної оптимізації витрат на екіпаж, ключовий економічний ефект досягається за рахунок перегляду архітектури судна (усунення житлової надбудови), збільшення вантажомісткості та оптимізації енергоспоживання. Доведено, що автономні технології є ключовим фактором (enabler) для впровадження екологічно чистих електричних силових установок, особливо в сегменті коротких морських перевезень.

Регуляторна адаптація. Головним викликом на шляху глобального впровадження MASS залишається консервативність міжнародного правового поля. Розробка обов'язкового Кодексу MASS на засадах цілеорієнтованих стандартів (GBS) є критично необхідним кроком для гармонізації вимог безпеки. Перехід від національних експериментів до уніфікованого міжнародного регулювання дозволить усунути правову невизначеність у питаннях відповідальності та страхування, відкриваючи шлях до експлуатації автономних суден у міжнародних водах.

Соціальна еволюція. Автономізація судноплавства веде не до ліквідації професії моряка, а до її глибокої трансформації. Центр прийняття рішень переміщується з моря на берег, формуючи попит на висококваліфікованих операторів Берегових центрів управління. Це вимагає модернізації системи морської освіти та перегляду конвенції STCW з акцентом на цифрові компетенції, управління віддаленими системами та кібербезпеку.

Таким чином, автономне судноплавство слід розглядати як комплексний еволюційний процес, спрямований на створення більш безпечної, ефективної та сталої транспортної системи майбутнього. Успішна інтеграція MASS у глобальні логістичні ланцюги залежатиме від синергії технічних інновацій, адаптивного законодавства та нових стандартів підготовки людського капіталу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ворохобін І.І. та інші. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи.
2. m/v «Stolt Pride» Trim and Stability Booklet, Ship manual, Informational booklet for Damage control.
3. Nautical publication.
4. Ніколаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: підруч. [для студ. вищ. навчал. закл.] / Л. Л Ніколаєва. – Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.
5. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів: підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. – 335 с.
6. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 74/78) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.marinedocs.co.uk/wp-content/uploads/2016/10/SOLAS%20Consolidated%20Edition%202014.pdf>
7. International convention on Load Lines, 1966/1988 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_007
8. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.marinedocs.co.uk/wp-content/uploads/2017/08/MARPOL-Consolidated - Edition-2011-1.pdf>
9. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) [Електронний ресурс]. – Режим доступа: [http://asp.mot.gov.il/media/com_form2content/documents/c3/a830/f27/MSC%20406\(96\).pdf](http://asp.mot.gov.il/media/com_form2content/documents/c3/a830/f27/MSC%20406(96).pdf)
10. IMDG Code, Supplement 2010 edition [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tmgdgebze.com/wp-content/uploads/2017/12/sozlesme6.pdf>
11. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code) [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://deckofficer.ru/titul/handbook/item/igc-code-rus>

12. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT) [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marinedocs.co.uk/wp-content/uploads/2017/09/isgott-5TH-EDITION.pdf>
13. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code)
14. Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).
15. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
16. Теорія і будова судна: Навчальний посібник./ І.П. Давидов, Ю.П. Кучер, В.Ф. Сіряченко, О.І.Бурмака.— Одеса : НУ «ОМА», 2019. — 96 с.
17. Сизов В.Г. Теорія корабля: Підручник. Видання 4-е., перероблене та доповнене. – Одеса: Фенікс, 2008. – 464 с.
18. Прадюх В.І. Будова та теорія водотонажних суден. Навчальний посібник. – Херсон: 2013. – 146 с.
19. Rødseth, Ø. J., & Burmeister, H.-C. (2015). Developments toward the unmanned ship. In Proceedings of the International Symposium on Information on Ships (ISIS). Hamburg, Germany.
20. Allianz Global Corporate & Specialty. (2023). Safety and Shipping Review 2023. Munich: AGCS.
21. DNV GL. (2018). Remote-Controlled and Autonomous Ships. DNV GL Class Guideline, CG-0264. Oslo: DNV GL.
22. European Maritime Safety Agency (EMSA). (2022). Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2022. Lisbon: EMSA.
23. BIMCO & International Chamber of Shipping (ICS). (2021). Seafarer Workforce Report 2021. London: BIMCO/ICS.
24. Ringbom, H. (2019). Regulating Autonomous Ships—Concepts, Challenges and Precedents. *Ocean Development & International Law*, 50(2-3), 141–169.
25. International Maritime Organization (IMO). (2021). Outcome of the Regulatory Scoping Exercise for the use of Maritime Autonomous Surface Ships

(MASS). MSC.1/Circ.1638. London: IMO.

26. Kretschmann, L., Burmeister, H.-C., & Jahn, C. (2017). Analyzing the economic benefit of autonomous ships. *Logistics Journal: Proceedings*, 2017.

27. Levander, O. (2017). Autonomous ships: The next step. Rolls-Royce AAWA Position Paper. London: Rolls-Royce plc.

28. Kongsberg Maritime. (2022). Yara Birkeland: The world's first fully electric and autonomous container ship. Technical Report. Kongsberg.

29. Cavotec. (2021). Automated Mooring Systems: The Future of Port Efficiency. White Paper. Lugano: Cavotec SA.

30. Liu, Z., Zhang, Y., Yu, X., & Yuan, C. (2023). Unmanned Surface Vehicles: An Overview of Developments and Challenges. *Annual Reviews in Control*, 41, 71–93.

31. Thombre, S., et al. (2020). Sensors and AI techniques for autonomous maritime surveillance. In *Artificial Intelligence in the Maritime Domain*. Springer.

32. OneWeb. (2023). Low Earth Orbit Satellites for Maritime Connectivity. Technical Brief. London: OneWeb.

33. Erikstad, S. O. (2018). Merging Physics, Big Data Analytics and Simulation for the Next-Generation Digital Twins. In *High-Performance Marine Vehicles*.

34. Veal, R., & Tsimplis, M. (2019). The integration of unmanned ships into the lex maritima. *Lloyd's Maritime and Commercial Law Quarterly*, 303–335.23. <https://unctad.org/en/pages/> – Review of Maritime Transport 2018 (Обзор морского транспорта).

35. 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.

36. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки до розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017, с.