

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра Управління судном

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Ониськів Владислав Васильович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна
“Toi Challenger” за маршрутом Дурбан - Сіка

Підпис магістранта Ониськів В.В.

Завідувач кафедри _____

Керівник проф., д.т.н. Мальцев А.С.

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра Управління судном

спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

"___" _____ 2025 р

ЗАВДАННЯ

по дипломній роботі магістранта

Ониськів Владислав Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна "Toi Challenger" за маршрутом Дурбан - Сіка

затверджена наказом по НУОМА від "___" _____ 20__ р. № _____

2. Строк здачі курсантом закінченої роботи __ "___" _____ 2025 року

3. Вхідні дані до роботи:

технічна документація судна;
карти, порадики і посібники для плавання;
довідники по портах;
довідники по вантажах

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу
Обробка і розміщення вантажу
Оцінка морехідних якостей судна
Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічний план переходу
Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

Плакати до дослідницької глави

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

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна		
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу		
3. Обробка та розміщення вантажів		
4. Оцінка морехідних якостей судна		
5. Гідродинамічний ефект присмоктування в обмежених водах та його вплив на маневрування суден при розходженні		
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі		
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні		

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Характеристики судна</i>		<i>виконав</i>
2.	<i>Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу</i>		<i>виконав</i>
3.	<i>Обробка та розміщення вантажів</i>		<i>виконав</i>
4.	<i>Оцінка морехідних якостей судна</i>		<i>виконав</i>
5.	<i>Гідродинамічний ефект присмоктування в обмежених водах та його вплив на маневрування суден при розходженні</i>		<i>виконав</i>
6.	<i>Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі</i>		<i>виконав</i>
7.	<i>Охоронні заходи та цивільна оборона на судні</i>		<i>виконав</i>

Дата видачі завдання _____

Керівник _____

Завдання до виконання прийняв _____

Магістерська робота містить 125 с., 21 рис., 49 таб., 45 використаних джерел.

Перехід із порту Дурбан до порту Сіка проходить через Індійський океан до Аравійського моря. У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Загальна протяжність переходу склала 4221,2 милі.

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

Дослідницький розділ присвячений аналізу гідродинамічного ефекту присмоктування (взаємодії між корпусом судна та ґрунтом або береговим схилом), який суттєво проявляється під час плавання в обмежених або внутрішніх водах. У більшості випадків цей ефект не має критичного значення, проте для сучасних великотоннажних суден, що рухаються на підвищених швидкостях у вузьких фарватерах, його вплив може бути визначальним для безпеки маневрування. Ігнорування присмоктування створює ризик втрати керованості та спричиняє небезпечні ситуації, особливо при розходженні суден. Розглядається характерна поведінка суден поблизу мілководдя як інформативний сигнал для судноводія та наголошується на практичній цінності використання ефекту присмоктування для покращення маневру, зокрема, під час поворотів у каналах та збереження керованості при обгоні.

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

Представлені деякі аспекти проведення антитерористичних операцій.

The master's thesis contains 125 pages, 21 figures, 49 tables, 45 used sources.

The port from Durban to the port of Sikka runs across the Indian Ocean to the Arabian Sea. During the navigation process, safe sailing courses were chosen according to the time of year. The total length of the transition was 4221.2 miles.

Placement of cargo with holds was made, calculation and verification of static and dynamic stability according to IMO requirements was performed.

This chapter is dedicated to the analysis of the hydrodynamic squat effect (the interaction between the ship's hull and the bottom or bank slope), which significantly manifests itself during navigation in confined or inland waters. In most cases, this effect is not critical; however, for modern large-sized vessels navigating at increased speeds in narrow fairways, its influence can be decisive for maneuvering safety. Ignoring the squat effect creates a risk of loss of control and leads to hazardous situations, especially during ship passing (meeting and overtaking). The characteristic behavior of vessels near shallow water is examined as an informative signal for the navigator, and the practical value of utilizing the squat effect to improve maneuvering, particularly during turns in channels and maintaining steerage during overtaking, is emphasized.

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

Some aspects of anti-terrorist operations are presented.

ВСТУП

На торговельних шляхах працює велика кількість судів, які надають транспортні послуги, необхідні для міжнародної торгівлі. Кожне судно слідує своїм шляхом і курсом, які прокладаються з урахуванням можливості одержання вантажу.

Але при цьому не можна забувати про безпеку і в дослідницькому розділі розглядається ефект присмоктування в обмежених водах і маневрування суден при розходженні, що позначається на керованості судна.

Передбачені загальні дієві заходи, застосовувані при зустрічі і розходженні суден. Однак на вузькому фарватері розбіжність із зустрічним

судном може закінчитися ризиканням і дотиком протилежного берега. Така поведінка судна особливо ймовірно в штучному каналі, де присмоктування відчувається сильніше. Розглянемо досить специфічний спосіб управління судном в цих умовах, дозволяє уникнути зазначеної ситуації. Ефект присмоктування, породжуваний самим судном, одночасно впливає і на зустрічне судно. Присмоктування з'являється внаслідок ходу судна або, що по суті одне і те ж, впливу потоку, що обтікає судно. Переважає точка зору, що це — єдина причина присмоктування. Однак існує й інша дуже важлива причина виникнення присмоктування — дію гвинта.

Ефект присмоктування найбільш критично проявляється при комбінації трьох факторів:

- висока швидкість
- вузький фарватер
- мала відстань до берега

Судноводій, який займає командну посаду на судні, повинен володіти певним обсягом знань, які можна знайти в підручниках. При звичайній швидкості просування по службі такі знання достатньою мірою здобуваються в процесі практичної діяльності.

РАЗДЕЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	Toi Challenger
2.	Тип судна	Bulk Carrier
3.	Позивний сигнал судна	D5FN6
4.	ІМО	9151515
5.	MMSI	636016319
6.	Рік і місце побудови	1998 році Південна Корея
7.	Клас Регістру	BUREAU VERITAS
8.	Порт приписки	БАЛЕТТА
9.	Судновласник	PITIUSA SHIPPING SA, ГРЕЦІЯ
10.	Менеджмент	PITIUSA SHIPPING SA, ГРЕЦІЯ
11.	Довжина найбільша L (м)	165
12.	Довжина між перпендикулярами $L_{\perp\perp}$	156
13.	Ширина найбільша B (м)	26
14.	Висота борту до верхньої палуби H (м)	13,4
15.	Найбільша осідання T (м)	$T_L = 12.575 \quad T_T = 12.836 \quad T_Z = 12.314$
16.	Осадка T (м) в повному вантажу и порожньому	$T_{\max} = 12.55 \quad T_{\min} = 7,5$
17.	Водотоннажність (т) в повному вантажу Δ порожньому Δ_0	26331 6535
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w (т)	19796
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	Mitsui Man B&W 6S50MCC 9480 kW $\times$ 127 rpm 107,7
20.	Режим роботи головного двигуна	Full ahead 85.0 Half ahead 70.0 Slow ahead 50.0

		Dead slow ahead/ astern 40.0
21.	Швидкість судна	16 16,7
22.	Гребний гвинт: Кількість лопастей: Діаметр та крок гвинта (м) Дискове відношення: Напрямок обертання:	5 6.8 / 6.003 0.645 праве
23.	Тип руля і площа його пера (м ²)	Single, Stream line balanced. Snp = 28,5.
24.	Тип стернової машини: Підрулюючий пристрій:	Kawasaki Precision Machinery. електрогідравлічна циліндрична MS 1250-52 kW.
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району A1, A2, A3, A4 та включає в себе:	Racal-Decca (X-band) Kelvin Hughes (S-Band) Аварійний радіобуй JPC JOE-3A 406 Mhz Факсимільний приймач JRC JAX-39 JPS приймач FURUNO GP-150 NAVTEX приймач JRC NCR-300A Транспордер JRC JOX-20A Морський УКХ радіотелефон-приймач JRC JHS-32A
26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	11815
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	12070
28.	Добова витрата палива: На ходу: важке паливо (HFO) На стоянці: дизельне паливо (DO)	30.1 3
29.	Координати центру мас порожнього судна	Z= 10,88 м X = - 6,65 м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики

Схематичне креслення, план верхньої палуби із зазначенням розмірів вантажних люків і розміщення вантажних стріл і кранів показаний на рис. 1.1.

Вантажна шкала судна представлена на рис.1.2.

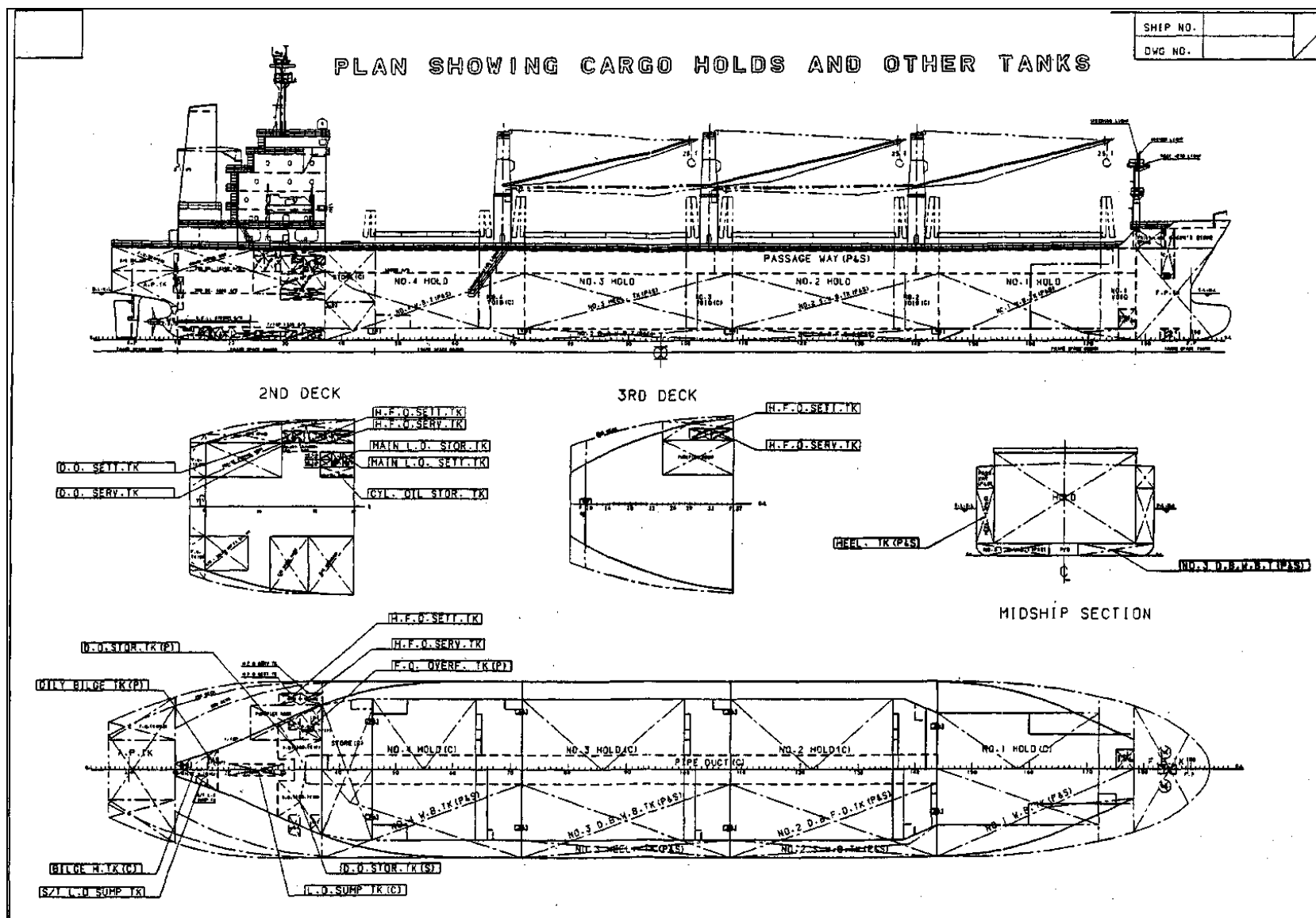


Рисунок 1.1 - План верхньої палуби із зазначенням розмірів вантажних люків і розміщення вантажних стріл і кранів

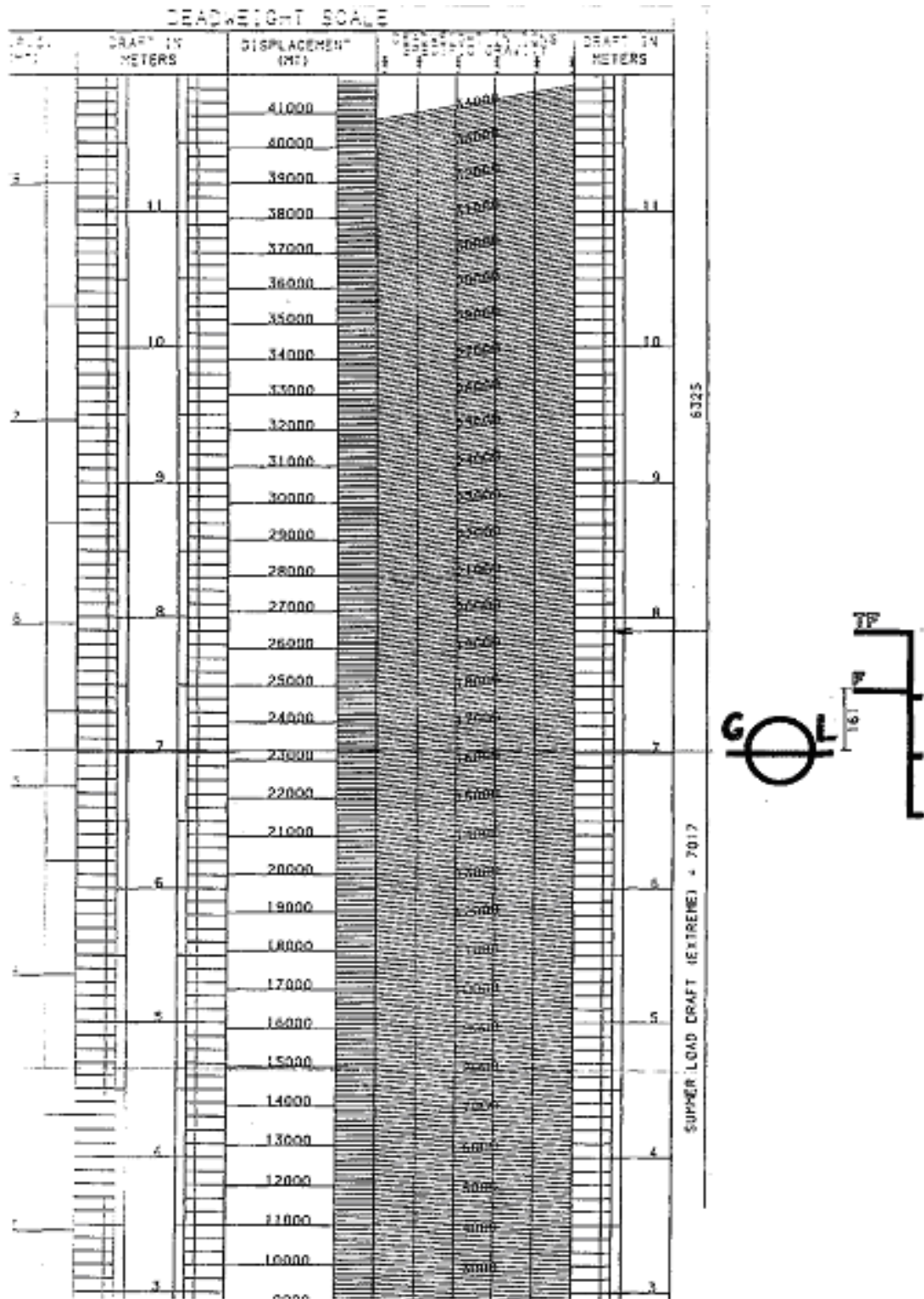


Рисунок 1.2 - Вантажна шкала

1.3. Маневрені характеристики

Маневрені характеристики визначають після побудови або в процесі експлуатації судна.

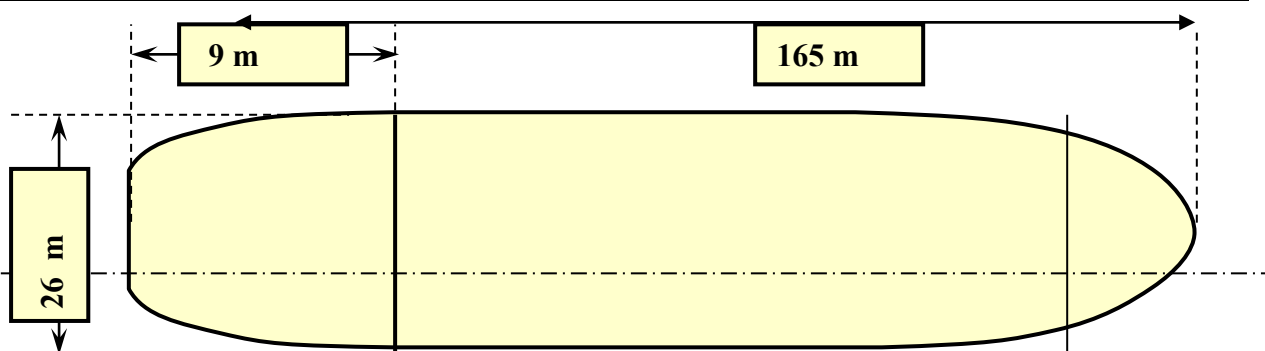
Лоцманська картка (зразок наведено нижче на рис. 1.3) заповнюється капітаном і призначена для того, щоб забезпечити інформацією лоцмана, який приймає судно під проводку. Лоцманська картка повинна дати уявлення про завантаження судна, стан СЕУ і рушіїв, рульового і підрулюючих пристроїв та іншого відповідного обладнання. Для заповнення лоцманської картки проведення спеціальних ходових випробувань не потрібно.

Дані про маневрені характеристики, даних по якірного ланцюга, по роботі рульового пристрою, збільшення опади, дані про діаметр повороту і т. д. представлені на рис. 1.4 маневрові елементи.

1.4 Навігаційне обладнання

Дані всіх технічних засобів Навігації (ТЗН) судна (електрорадіонавігаційні прилади та системи) представлені в таблиці 1.2.

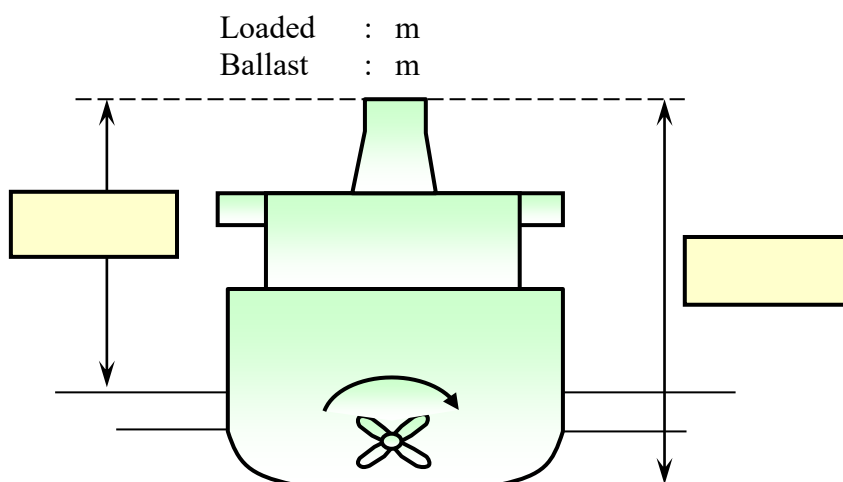
PILOT CARD																																																			
Vessels' name					:	"Toi Challenger"					Date					:																																			
Call Sign					:	D5FN6					Deadweight					:	19796.3					:	Built					:	1998																						
Draught					:	Fore					m					Aft					m					Displacement					:																				
SHIP'S PARTICULARS										GRT										NRT																															
L.O.A.					:	165					M					=					675.5					FT					Anchor					:	Port					13					shackles				
Breadth					:	26					M					=					105.6					FT					Chain					:	Starboard					12					shackles				
Bulbous Bow					:	YES										1shackle					=					27.5					m					=					15					fathoms					



Parallel W/L



Air Draught



Type of Engine		Maximum Power		Kw		HP
Manoeuvring engine order	Rpm/pitch	Speed (knots)				
		Loaded		Ballast		
Full ahead	92.5	13		14.5		
Half ahead	80	11.0		13.0		
Slow ahead	55	6.0		6.5		
Dead slow ahead	45	4.0		4.5		

Dead slow astern	45	Time limit astern	25		min
Slow astern	55	Full ahead to full astern	180		sec
Half astern	80	Max No. of consec.			time
Full astern	92.5	Starts Minimum RPM	43	4,5	kts
		Astern power	75	%	ahead

Рисунок 1.3 - Лоцманська карточка

Таблиця 1.2 - Технічні засоби навігації

№	Пристрій, система	Тип, марка	Кіл-ть	Рік виг.	Місце встановленн
1	2	3	4	5	6
1	Магнітний компас	Tokimec sh-165a1	1	2006	Пеленгатор на
2	Гірокомпас (ГК)	Yokogawa CMZ700S	1	2006	Місток
3	Радіолокатор (ЗАРП) (10 см і 3	Furuno FAR-2827 Furuno FAR-2837S	2	2006	Місток
4	Ехолот	Furuno FE-700	1	2006	Місток
5	Лаг	Yokogawa TS-1632	1	2006	Місток
-6	ПІ СПС	JRC, JLR-7700 MKII	1	2006	Місток
7	ПІ СНС	JRC JLR-6000 MKII	1	2006	Місток
8	AIS	Furuno FA-150	1	2006	Місток
9	ІНМАРСАТ-С	Furuno	1	2006	Місток
10	Електронна карта	Navisailor2000 JAN-901M	2	2006	Місток

Точнісні характеристики наявних на судні ТЗН зведені в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Точнісні характеристики ТЗН

Тип, марка ТЗН	Умови	Вимірювані навігаційні параметри	СКП одного виміру	Модуль градієнта параметра
Гірокомпас Yokogawa	Судно яке рухується	Курс / пеленг	0.2°	
РЛСІМА-8313-СА	Ел. візир	радіопеленг	1.0°	57.3°/D
РЛС JMA-8263-7	Ел.візир	пеленг	1.0°	57.3°/D
Ехолот Furuno FF-700	Глибина 5-20 м	глибина	0.2м	
Лаг Yokogawa TS-1632		швидкість	0.1 узла	

Схема розташування ТСН і пультів па ходовому містку

Дані про всіх технічних засобах навігації (ТСН) судна (електрорадіонавігаційних прилади та системи) представлені нижче на рис. 1.5.

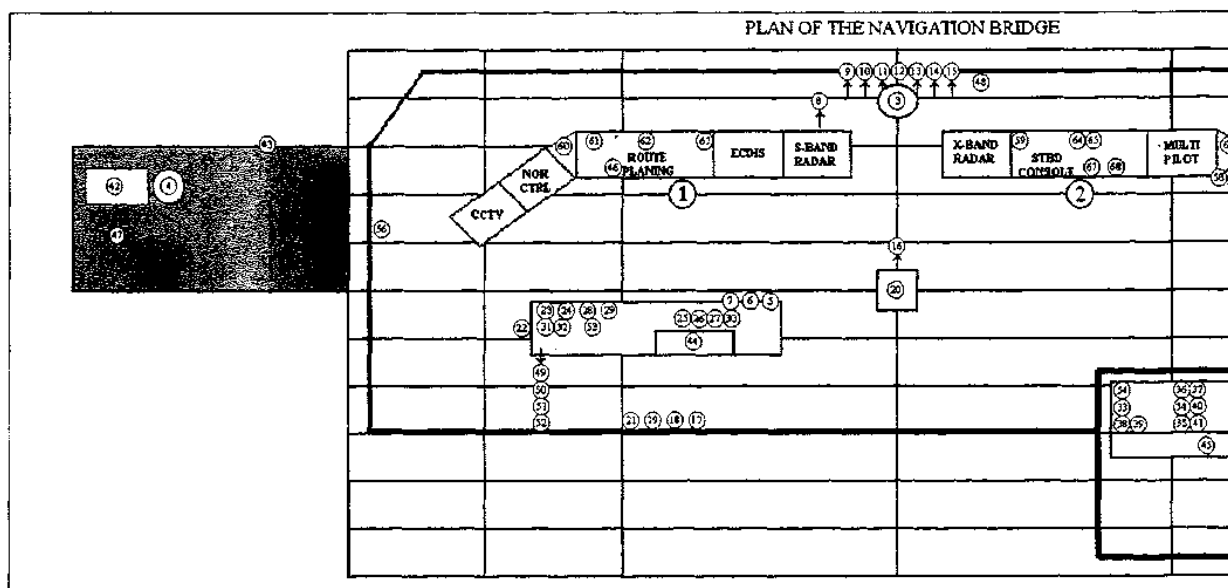


Рисунок 1.5 - Схема розташування ТСН і пультів на ходовому містку

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Обов'язкове планування кожного майбутнього рейсу, шляхом попереднього ретельного його опрацювання. на основі глибокого аналізу усієї зібраної навігаційної інформації.

Для забезпечення безпеки плавання та уникнення небезпечних ситуацій у плані рейсу має бути зазначений маршрут, який:

- враховує всі системи встановлення шляхів руху суден, що відносяться до нього;
- забезпечує достатній морський простір для безпечного проходу судна під час рейсу;
- прогнозує всі відомі навігаційні небезпеки та несприятливі метеорологічні умови;
- враховує застосовані заходи щодо захисту морського середовища та, наскільки це можливо, уникає дій та діяльності, які можуть завдати шкоди морському середовищу.

Необхідність планувати рейс та перехід існує для всіх суден. Існують різні фактори, які можуть ускладнювати безпечне плавання всіх суден, а також додаткові фактори, які можуть ускладнювати плавання великотоннажних суден або суден, що перевозять небезпечні вантажі.

Чинники, які необхідно брати до уваги при виконанні плану або ухваленні рішення щодо відхилення від нього, включають:

1. надійність та стан суднового навігаційного обладнання;
2. розрахунковий час прибуття в критичні точки, у тому що стосується висоти припливу та течії;

3. метеорологічні умови (особливо в районах, відомих частими періодами поганої видимості), а також використання інформації, що надається службами для вибору маршруту, залежно від погодних умов;

проходження небезпечних точок вдень порівняно з нічним часом і як це може впливати на точність позиціонування;

5. умови руху суден, особливо у точках сходження.

Необхідні вимоги та рекомендації щодо планування переходу є в наступних документах:

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

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

I. Appraisal (Оцінка).

II. Planning (Планування).

III. Execution (Виконання).

IV. Monitoring (Контроль).

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

2.2 Оцінка запланованого переходу

Приведемо конкретну інформацію, що відноситься до опрацьовуваного переходу, що відповідає етапу "Passage Plan Appraisal". Для цього проведемо

підбір навігаційних і допоміжних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогі Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications) щорічно видаваних Гідрографією Великобританії [6].

Відомості про підібрані карти і книги зведені в таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
Генеральні карти	4072	Indian Ocean Western Part	07.2021
	4700	Port Elizabeth to Mauritius	09.2015
	4702	Cgagos Archipelago to Madagascar	07.2020
	4703	Gulf of Aden to the Maldives and Seychelles Group	07.2020
	4705	Arabian Sea	07.2011
Путьові, часні карти и плани	643	Durban Harbour	02.2011
	2088	Durban to Cape Vidal	08. 2016
	3300	Mbashe Point to Maputo	07.1994
	717	Seychelles Group to Madagascar and Agalega Islands	08.1999
	1470	Veraval to Okha	07.2014
	682	Gulf of Kachchh	04.2018
	699	Sikka Creek and Offshore Terminals	05.2016
Допоміжні карти	5102	Mooring and Manoeuvring Board	2005
	D.6083	The Word - Load Line Regulations - Zones, Areas and Seasonal Periods	2011
	5006	The World - Time Zone Chart	2016
	5307	The World - Main Ocean Routes : Power Vessels	2015

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

NP No	TITLE
SAILING DIRECTIONS	
3	Africa Pilot, Vol.3
39	South Indian Ocean Pilot
38	West Coast of India Pilot
ADMIRALTY LIST OF LIGHTS AND FOG SIGNALS	
77	Eastern Atlantic Ocean, Western Indian Ocean and Arabian Sea
79	Bay of Bengal and Pacific Ocean, North of the Equator
ADMIRALTY LIST OF RADIO SIGNALS	
281(1)	Part 1, Maritime Radio Stations: Europe, Africa and Asia (Excluding Far East)
282	Volume 2 – Radio Navigational Aids, Electronic Position Fixing Systems and Radio Time Signals
283(1)	Part 1, Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia (Excluding Far East)
284	Meteorological Observation Stations
285	Global Maritime Distress and Safety System(GMDSS)
286(4)	Part 4, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Asia and Australasia
286(3)	Part 3, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Mediterranean and Africa (incl. Persian Gulf)
288	Satellite Navigation Systems
ADMIRALTY TIDE TABLES	
203	Indian Ocean and South China Sea(Including Tidal Stream Tables)
ASTRONOMICAL PUBLICATIONS	
314-00	Nautical Almanac
303 (4)	Sight Reduction Forms (H.494)
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
735	IALA Maritime Buoyage System, Edition 5 1994
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts, Edition 2
Fairplay 2016 - World Shipping Encyclopedia	
Ports Guide	

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

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

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

Таблиця 2.3 - Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N з/п	Радіо станція	Позначення і межі карти	Зміст передачі	Час передачі
1	New Dehli	A 1:20 000 000 45°N 30°E; 45°N 125E° 25°S 30°E; 25°S 125E° B 1:20 000 000 40°N 30°E; 40°N 125E° 0°30°E; 0° 125E°	Surface analysis Significant Weather Prognosis for period 0300-1500 for period 0900-2100 for period 1500-0300 for period 2100-0300	0011(18) 0634(06) 1820(12) 0130(18) 0834(00) 1324(06) 2040(12)
2	Cape Naval	1:20 000 000 FUXX; FSXX 0° 30°W; 0° 60°E 60°S 30°W; 60°S 60°E	FUXX: Upper Air Prognosis FSXX: Surface Prognosis	0630(12) 0730(12) 1100(00)

Для прийому текстової інформації про погоду - прогноз, аналіз, метеопопереджень, - 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. Дані зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

N з/п	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	Африка	VII	Cape Town [C] Port Elizabeth [I]	South Africa
2	Індійський океан	VIII	Chennai (Madras) [P] Mumbai (Bombay) [G]	India

За допомогою посібника ALRS 286 визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), вирішуємо питання про зв'язок з контрольними станціями і постами - терміни, форми і способи подачі інформації. З'ясовуємо деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Отримані відомості зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Зв'язок на переході

N п/п	Станція	Спосіб Зв'язку	Канали, частоти	Примітка
1	Durban Pilots and Port	VHF	16, 12 09	Approach, berthing, unberthing. Pilot Proceeding
2	Sikka Pilot & Port	VHF	10, 08 16, 12	Approach, berthing, unberthing. Cargo Operations Ch16 H24

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

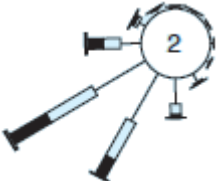
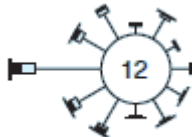
№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	Durban VTS	Durban	16 11-14	Reporting system area H24, Mandatory report

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

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

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

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

Характеристики за ділянками	Дурбан			Індійський океан			Сікка		
1	2			3			4		
Атмосферний тиск, гПа	1018			1016			1014		
Вітер									
Напрявлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с
N	4	-	-	1	-	-	6	-	-
NE	7	-	2	4	-	-	12	-	2
E	7	-	-	3	-	-	6	-	-
SE	14	-	-	4	-	-	4	-	-
S	25	1	-	2	-	-	9	-	-
SW	24	1	-	26	5	1	13	2	-
W	10	2	-	38	9	1	27	2	2
NW	5	-	-	22	7	1	18	1	-

Продовження табл. 2.7

1	2		3		4	
Результуючий вітер	направлення, у румбах	SW	направлення, у румбах	W	направлення, у румбах	SE
	швидкість, м/с	6	швидкість, м/с	7	швидкість, м/с	6
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена	12	спостережена	12	спостережена	7
	розрахункова	11	розрахункова	11	розрахункова	10
Повторюваність штилів, %	30		35		40	

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

Характеристики ділянками за		Річардс Бей	Індійський океан	Сікка
Температура повітря, °C		26	28	33
Температура води, °C		19	20	22
Відносна вологість, %		73	78	72
Повторюваність туманів, %		1	1	1
Видимість менше 2 міль		-	-	1
Хмарність, бали		4	3	3
Солоність води, ‰		35	36	37
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1,024	1.025	1.027
Постійні течії	назва	Мозамбикське	Екваторіальне	-
	термодинамічна характеристика	тепле	тепле	тепле
	направлення	SW	E	SE
	швидкість, вузл.	1	1	1-2
	стійкість	50	50	50-75
Швидкість припливних течій, вузл.		0,5	0,5	1
Висота хвиль, м	середня	2	3	2
	максимальна	3	5	3
Період хвиль, с		5	7	5

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Дурбан (Durban) (29°53'S, 31°02'E) включає в себе гавань Дурбан-Харбор (Durban harbour), обладнану в обширній лагуні, яка знаходиться з північно-західного боку півострова Те-Блафф, і рейд Натал, розташований перед входом в гавань.

Вузький вхід в лагуну знаходиться між північно-східній краєм півострова Те-Блафф і південно-східній краєм низького півострова Те-Пойнт (The Point).

Вхід захищений двома молами: Південним довжиною 800 м і Північним довжиною 600 м, що відходять до NE відповідно від північно-східного краю півострова Те-Блафф і південно-східного краю півострова Те-Пойнт.

Велика частина лагуни заповнена обсихаюче мілинами і мілинами.

Порт Дурбан є одним з найважливіших портів ПАР. Порт ділиться на кілька районів. Межі порту показані на картах.

Лоцмана. Лоцманська проводка обов'язкова для суден, що заходять в порт і виходять з нього, а також при перестановках всередині порту. Вночі вхід у порт не вирішено, за винятком випадків крайньої необхідності. У порту є два лоцманських катери.

Портові засоби та обладнання. У порту є буксири, обладнаних протипожежними і рятувальними засобами, і кілька ліхтарів. Майже на всіх причалах і набережних порту прокладені залізничні колії. На набережних і причалах є велика кількість складів. Мається багато електричних кранів вантажопідйомністю 3-15 т Кран вантажопідйомністю 80 т встановлений на південно-західному куті старої ремонтної набережній портового району Те-Пойнт; є плавучий кран вантажопідйомністю 25 т.

Ремонт. У порту може бути здійснено ремонт корпусу судна і МО. Для ремонту підводної частини судна є сухий і плавучий доки, розташовані в західній частині гавані Дурбан-Харбор.

Дератизація може бути проведена в порту.

Навігаційна інформація. У порту є служба портової інформації.

Ввезення і вивіз. У порт Дурбан ввозять промислові товари та обладнання, ліс, зерно, нафтопродукти. Вивозять з порту вугілля, кокс, марганцеву руду, азбест, Карбо, цукор, ром, бавовна, шерсть, шкіру, шкури, китовий жир, фрукти.

Повідомлення і зв'язок. Порт пов'язаний з мережею залізниць ПАР. Регулярне пароплавне повідомлення підтримується з багатьма портами Африки, а також з Європою, Індією, Далеким Сходом, Австралією, Північною і Південною Америкою.

Рейд Натал (Natal) розташований перед входом в гавань Дурбан-Харбор. Глибини на рейді більше 20 м ґрунт - дрібний пісок, місцями скеля. Якірня стоянка суден на рейді Натал скрутна при східних і південних вітрах.

Якірні місця. На рейді Натал суду стає на якір на глибинах більше 18 м.

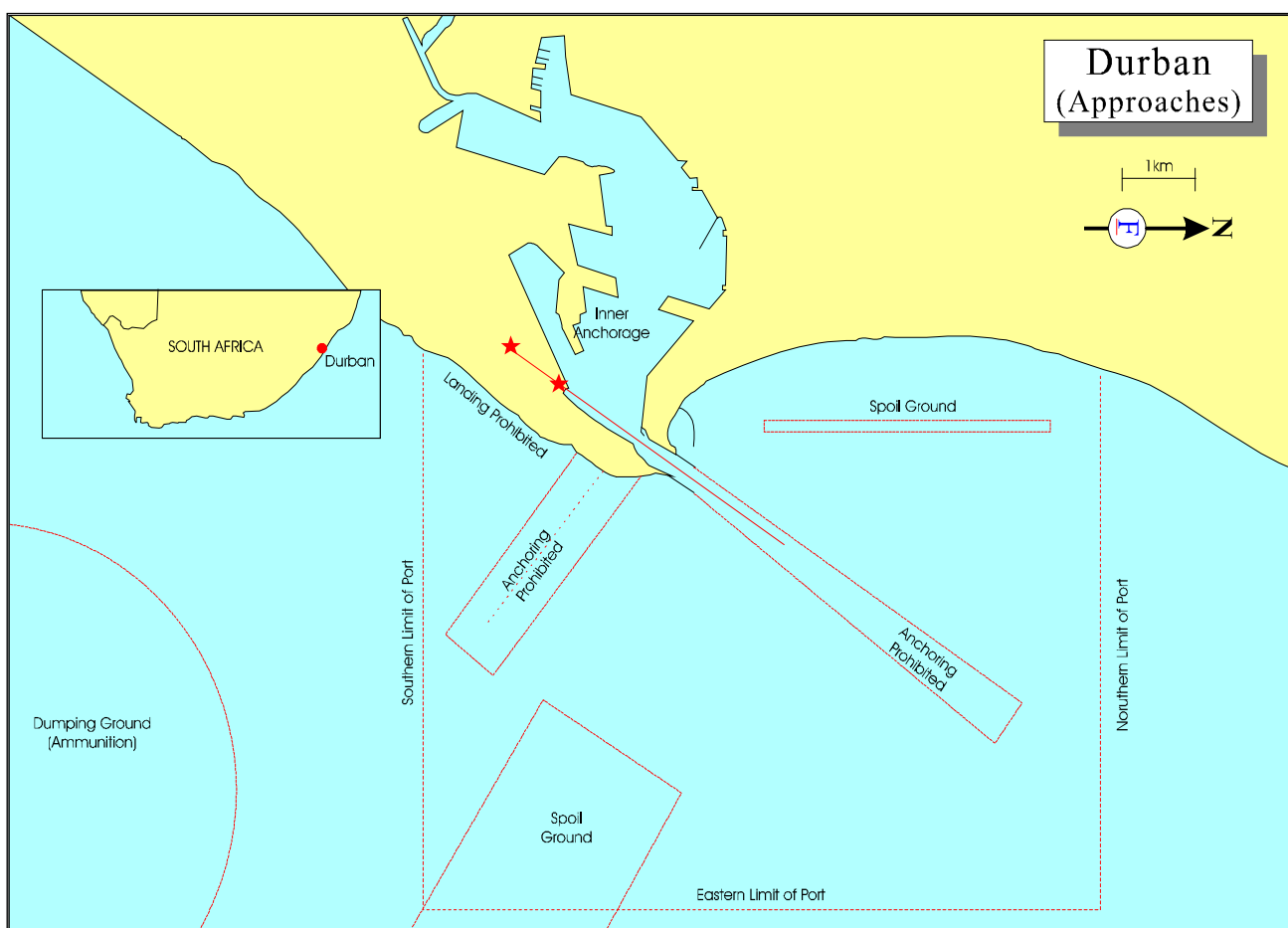


Рисунок 2.1 - План порту Дурбан

Бухта Сіккім-Крік (Sikka creek) розташована між півостровом Нарара-Бет (22° 27'N, 69° 43'E) на відстані 3,1 милі до ENE від нього західної кромкою рифа Гус. У малу воду бухта доступна тільки протягом 3 миль від входу. У бухту регулярно заходять суду, що доставляють вугілля і гіпс і вивозять цемент, цегла і сіль.

Входити в бухту Сіккім-Крік слід в малу воду, коли видно рифи.

Приливні течії. Перед входом в бухту Сіккім-Крік приливної протягом йде на E, а відливне- на W зі швидкістю до 3,5 уз.

У бухті Сіккім-Крік напрямом приливних течій збігається з напрямком осі фарватеру, що веде до вершини бухти; найбільша швидкість приливних течій 2 уз.

Навігаційне обладнання. Підходи до бухти Сіккім-Крік і плавання по її акваторії забезпечуються береговими і плавучими засобами навігаційного обладнання.

Лоцманська служба. За попередньою заявкою на якірному місці в бухті Сіккім-Крік можна прийняти місцевого лоцмана.

Станція і сигнали. Штормові сигнали піднімаються по короткій системі штормових попереджень на сигнальній станції, що знаходиться в селищі Сіккім.

Півострів Нарара-Бет (Narara bet), що обмежує з W бухту Сіккім-Крік, заболочений і покритий мангровими заростями; на ньому помітна група дерев, до N від якої є піщана ділянка.

Риф Нарара, коли обсихає, на 4,6 м, оздоблює півострів Нарара-Бет. Мористее кромка рифу пригублена, тому вимір глибин не попереджає своєчасно про наближення до небезпеки.

Створ знаку A з найбільшою з труб цементного заводу в селищі Сіккім, встановлених відповідно в 2 милях на SSE і в 4,6 милі до SE від західного краю рифу Гус, веде в бухту Сіккім-Крік.

Знак білий бетонний висотою 17 м встановлено на південно-західній крайці рифу Гус.

Буй виставляється в 2 кбт до S від західного краю рифу Гус.

Риф Сірі (Siri) розташований в 7 кбт до SW від західного краю рифу Гус.

Фарватер вузький веде між мілинами, оздоблюють прибережні рифи, від якірного місця в бухті Сіккім-Крік до її вершини; найменша глибина на фарватері 8,2 м.

Причальні споруди. У 2 милях на SE від рифу Сірі на східній стороні фарватеру споруджений причал довжиною 79 м. До причалу можуть швартуватися судна з осадкою до 9,2 м.

Якірне місце в бухті Сіккім-Крік знаходиться приблизно в 5 кбт від входу в неї між західним краєм рифа Гус і рифом Сири. Глибина на якірному місці 11 м.

Повчання для підходу до якірного місця. Підходити до якірного місця слід по створу знаку А з найбільшою з труб цементного заводу в селищі Сіккім; напрямом створу $318,7^{\circ} - 138,7^{\circ}$. При цьому слід побоюватися банки з глибиною 3,7 м, що лежить в 2 кбт до Е від рифу Сири. Необхідно також мати на увазі, що морістее кромки рифів Нарара і Гус приглуби і при південно-західному мусоні і в шторм на них утворюються сильні буруни

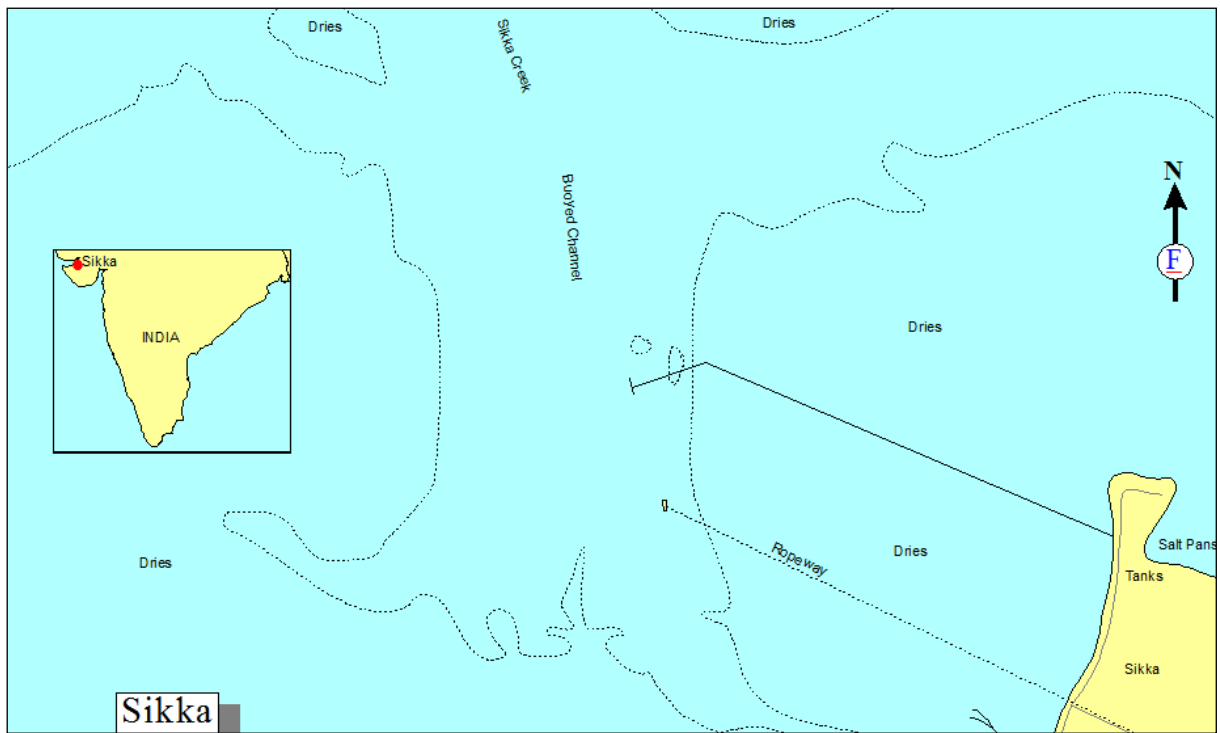


Рисунок 2.2 – План порту Сіка

Таблиця 2.9 - Засоби навігаційного обладнання

N п/п	Назва	Координати φ λ	Діяльність видимості милі	Характери стики
1	Cooper	29°56,1`S 31°00,3`E	15	Fl 10s
2	Dwarka Pt	22°14,2`N 68°57,5`E	30	Fl(2)20s
3	Humani Pt	22°28,5`N 69°04,3`E	25	Fl(3)25s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Коли траса майбутнього плавання включає океанський перехід, вплив погоди і стан моря набувають особливо важливого і нерідко основного значення при виборі найвигіднішого шляху судна. При здійсненні такого вибору виникає потреба задовольнити найрізноманітніші запити : перехід має бути для судна безпечним, економічним, протікати у бажані терміни і за найбільш сприятливих зовнішніх умов, сприяючих підлягаючому зберіганню перевезенню вантажів, комфорту пасажирів і екіпажу, мінімальній витраті палива і мастильних матеріалів і т. д. Усі подібні умови перерахувати нелегко, але навіть якщо обмежуватися приведеними вище і вважати їх рівнозначними, то за певних умов погоди і стану моря взагалі неможливо буде знайти той шлях, наслідуючи які судно буде в змозі виконати поставлені завдання. Тому при виборі найвигідного шляху обмежуються завданням якого-небудь одного або декількох найбільш важливих для цього рейсу умов. Маршрут, що якнайкраще задовольняє таким умовам, називають оптимальним шляхом морського судна.

Керівництво «Океанські шляхи світу», Керівництво призначене для полегшення рішення задачі по виборі шляху морського судна між найбільш важливими пунктами Світового океану з урахуванням сезонних змін

гідрометеорологічних умов плавання і експлуатаційних якостей судна. На переході генеральну карту укладають в окремий ящик. Суднові номери картам не привласнюють.

При виборі трансокеанського переходу необхідно розрахувати плавання по ортодромії. Існує декілька способів такого розрахунку, перший з них аналітичний.

Для того, щоб нанести ортодромію на Меркаторську проекцію, необхідно знати параметри ортодромії, а по них розрахувати координати проміжних точок. Параметрами ортодромії є: λ_0 - довгота точки перетину з екватором, k_0 - курс в цій точці.

$$tg\left(\frac{\lambda_n - \lambda_k}{2} - \lambda_0\right) = tg\frac{\lambda_n - \lambda_k}{2} \times \sin(\varphi_n + \varphi_k) \times \operatorname{cosec}(\varphi_n - \varphi_k)$$

де: $(\lambda_n - \lambda_k)$ и $(\varphi_n + \varphi_k)$ - координати точок приходу і відходу.

Курс обчислюється за формулою:

$$\operatorname{ctg} k_0 = tg \varphi_n \times \operatorname{cosec}(\lambda_n - \lambda_0)$$

Знаючи параметри, розрахунок проміжних точок ортодромії можна виконати таким чином: оскільки в нашому випадку ортодромія близька у напрямку до паралелі, то доцільно задавати довготи проміжних точок через 10° і розраховувати їх широти по формулі:

$$tg_i = \sin(\lambda_i - \lambda_0) \times \operatorname{ctg} k_0$$

Другий спосіб розрахунку плавання по ортодромії полягає в наступному: використовуються карти гномонічної проекції (штурманський спосіб). Вони дозволяють прокласти курс між початковою і кінцевою точками шляху, а також визначити початкові курси для плавання через інтервали відповідні різниці довгот 5 і 20° .

У третьому випадку, використовуючи ортодромічну поправку, плавання по ортодромії замінити плаванням по хордах завдовжки 200-300 миль, а координати точок повороту розрахувати по формулах письмового числення.

Даний рейс містить трансокеанський перехід: через Південну частину Індійського океану, проте плавання проходить відрізками Локсодромія через наявність островів на лінії шляху. Тому для прикладу виконаємо розрахунок між довільними точками в Індійському океані. Задаємося відповідними координатами:

$$\varphi_H = 34^{\circ}59,0'S;$$

$$\varphi_K = 6^{\circ}18,0'N$$

$$\lambda_H = 39^{\circ}48,0'E;$$

$$\lambda_K = 94^{\circ}57,0'E$$

Таблиця 2.10 - Розрахунок локсодромії

φ_K	$6^{\circ}18,0'N$	λ_K	$94^{\circ}57,0'E$	РМЧ	2622
φ_H	$34^{\circ}59,0'S$	λ_H	$39^{\circ}48,0'E$	К	51°
РШ	2477	РД	3310	S	3989

Визначити довжину ортодромії:

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

$$D = 3977 \text{ миль}$$

Доцільність плавання по ортодромії дорівнює:

$$\Delta S = S_{\lambda} - D = 3989 - 3977 = 12 \text{ миль чи при } V_c = 14 \text{ вузл} \Rightarrow \Delta t = 0,9 \text{ години.}$$

Плавання по ортодромії не вигідно

Виконаємо розрахунок плавання по ортодромії:

Таблиця 2.11 - Курси і відстані при плаванні по ортодромії

N	Широта	Довгота	Курс	Відстань
1	$30^{\circ} 03.0 S$	$50^{\circ} 00.0 E$	60	595
2	$23^{\circ} 50.0 S$	$60^{\circ} 00.0 E$	55	651
3	$16^{\circ} 16.0 S$	$70^{\circ} 00.0 E$	51	723
4	$7^{\circ} 35.0 S$	$80^{\circ} 00.0 E$	48	785
5	$6^{\circ} 18.0 N$	$94^{\circ} 57.0 E$	47	1223

2.3.2 Складання маршрутних листів

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

2.3.3 Графічний план переходу

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

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

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

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

Далі розраховуються по Nautical Almanac моменти (ZT) явищ, характеризуючих освітленість (користуючись для інтерполяції таблицями: "Conversion of ARC to Time" і "Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc"). Результати вносять в таблицю.

PASSAGE PLAN						ROUTE	01	
VOYAGE No.						1	DATE :	17.09.2025
From the port :						Durban	To the port :	Sikka
No	WP	Latitude	Longitude	Course	WP Distance	MTGO	PASS Distance	NAV.AIDS
05:40 Pilot boards the ship. Check all systems. Unmooring from the pier and proceed to the Indian Ocean. BACH # 643, 2088								
0	1	29°52,6'S	31°02,9'E	-	-	4221,2	0,0	North Breakwater
1	2	29°51,6'S	31°04,1'E	46	1,4	4219,8	1,4	North Breakwater
Port Limits passed, changing RPMs of ME. Begin of the Ocean Passage (Indian ocean) for 9 days. Astronomical position observations as alternative GPS ship position fixing. BACH # 3300, 717, 4072								
2	3	27°07,3'S	48°30,1'E	80	933,8	3286,0	935,2	GPS
3	4	09°59,4'S	58°55,4'E	30	1186,2	2099,8	2121,4	GPS
4	5	22°37,2'N	68°56,7'E	17	2045,8	54,0	4167,2	Humani Pt
5	6	22°38,5'N	69°09,5'E	84	11,8	42,2	4179,0	Humani Pt
6	7	22°35,5'N	69°19,7'E	108	9,9	32,3	4188,9	GPS
7	8	22°36,9'N	69°36,8'E	85	15,9	16,4	4204,8	GPS
Main Engine to Maneuring Status. Reduce speed to 7 knots. Port Mundra Pilot boards the Ship and proceeding to the port. BACH # 682, 699								
8	9	22°29,4'N	69°46,8'E	130	10,5	5,9	4215,3	GPS
9	10	22°28,7'N	69°47,9'E	116	3,4	2,5	4218,7	GPS
10	11	22°26,8'N	69°48,1'E	175	1,1	1,4	4219,8	GPS
11	12	22°26,0'N	69°47,5'E	150	1,4	0,0	4221,2	GPS
Distance Berth to Berth :						4221,2		
Pilot Distance Departure :						2,0		
Pilot Distance Arrival :						7,0		
Distance Pilot to Pilot :						4212,2		
GMT +2 hrs				Destination port LT :		GMT +5 hrs		
All charts and publications corrected up to No.								
PUBLICATIONS :				NP 281(2), 282, 283(1), 285, 286(3,4), 3, 38, 39, 203, 77, 79				
Guide to Port Entry .								
Weather and navigation warning : 1) INMARSAT-C; 2) NAVTEX								
Navigating Officers :						MASTER:		

Рисунок 2.3 – Маршрутный лист

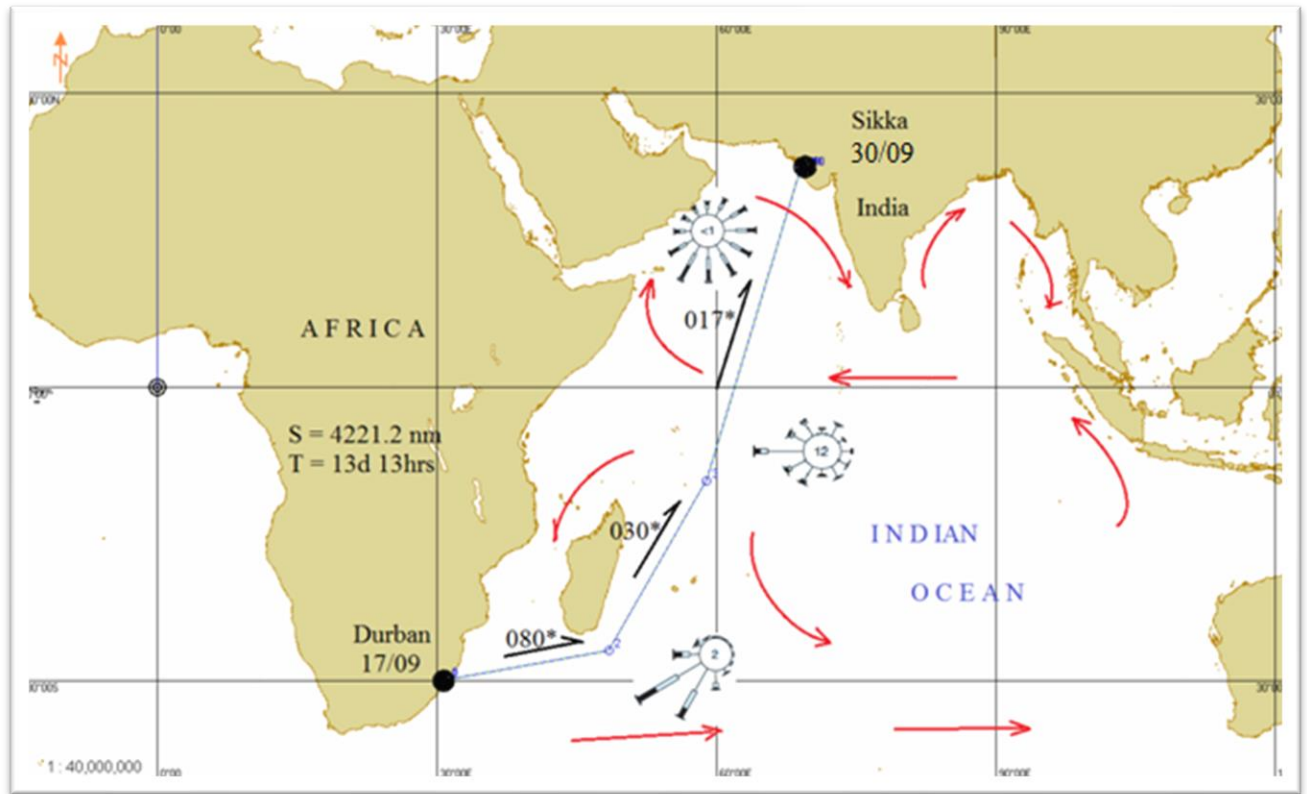


Рисунок 2.4 – Графічний план переходу

По широті місця судна φ і схиленню Сонця δ на моменти його сходу і заходу по формулі $\tan A$ розрахуємо азимути Сонця (Z) при сході і заході, які також внесемо до таблиці 2.12.

Для отримання місцевого часу явища (Correct LMT) треба у табличний час ввести дві поправки: $\text{Correct LMT} = \text{LMT for Lat} + \text{Lat correction} + \text{Long correction}$.

Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

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

Грінвічний час явища переводять в судновий:

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

У таблиці 2.12 приведено елементи освітленості на початок, середину та кінець рейсу.

Таблиця 2.12 – Елементи освітленості

Дата	Початок навігації. сутінків	Сонце				Кінець Нав. сутінків	Луна		
		Схід		Захід			Схід Тс	вік, дні	Захід Тс
		Тс	А	Тс	А				
17/09	04.59	05.50	87	17.31	273	18.21	13.55	11	03.34
18/09	05.25	06.15	88	17.57	272	18.47	15.18	12	04.40
23/09	05.20	06.05	89	18.04	271	18.49	19.33	16	07.14
24/09	05.06	05.51	90	17.55	270	18.40	20.06	17	07.38
29/09	04.36	05.22	92	17.20	268	18.07	22.52	21	11.35
30/09	05.29	06.17	92	18.12	268	19.00	-	22	13.35

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 приливообразуючими силами. Приливами називають приливні коливання рівня моря — висота поверхні моря, вільна від впливу вітрових хвиль і брижів і вимірюваною відносно умовного горизонту(нуль уровненого 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(СРМ). Вірогідність 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. Причини впускених коливань можуть бути короткочасними і позовними. Останні

обумовлюються, головним чином, підйомами і опусканнями суші; вони незначні за величиною і прямого стосунку до безпеки мореплавання не мають. Короткочасні коливання рівня моря можуть носити регулярний(періодичний) і випадковий(неперіодичний) характер. Регулярні коливання рівня викликаються: приливообразуючими 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 не періодично змінюється, від різкої зміни атмосферного тиску.

Загальна характеристика приливних явищ для усього переходу описана вище. У цьому підпункті приведені дати і час висот повних і малих вод на дати і порти відходу і приходу (рис. 2.5- 2.6). Нижче представлена таблиця повних і малих вод для вказаних портів на дати відходу і приходу.

Таблиця 2.13 - Час настання повних і малих вод. Для складання таблиці використовувалася програма Tide Calc

Дурбан				Сік λ а			
17/09		17/09		30/09		30/09	
Тп	hп	Тп	hп	Тп	hп	Тп	hп
08:47	1.5	21:44	1.4	09:12	6.1	22:04	5.5
Тм	hм	Тм	hм	Тм	hм	Тм	hм
02:31	0.7	15:12	0.8	03:08	1.8	16:03	1.5

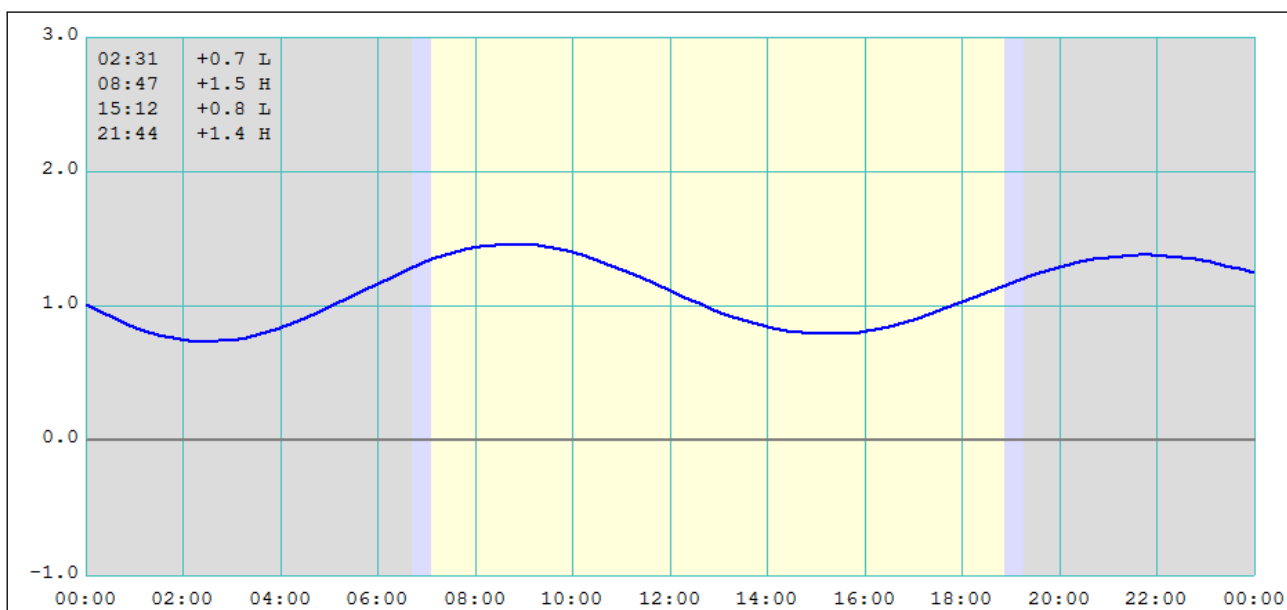


Рисунок 2.5 - Графік повної і малої води для порту Дурбан

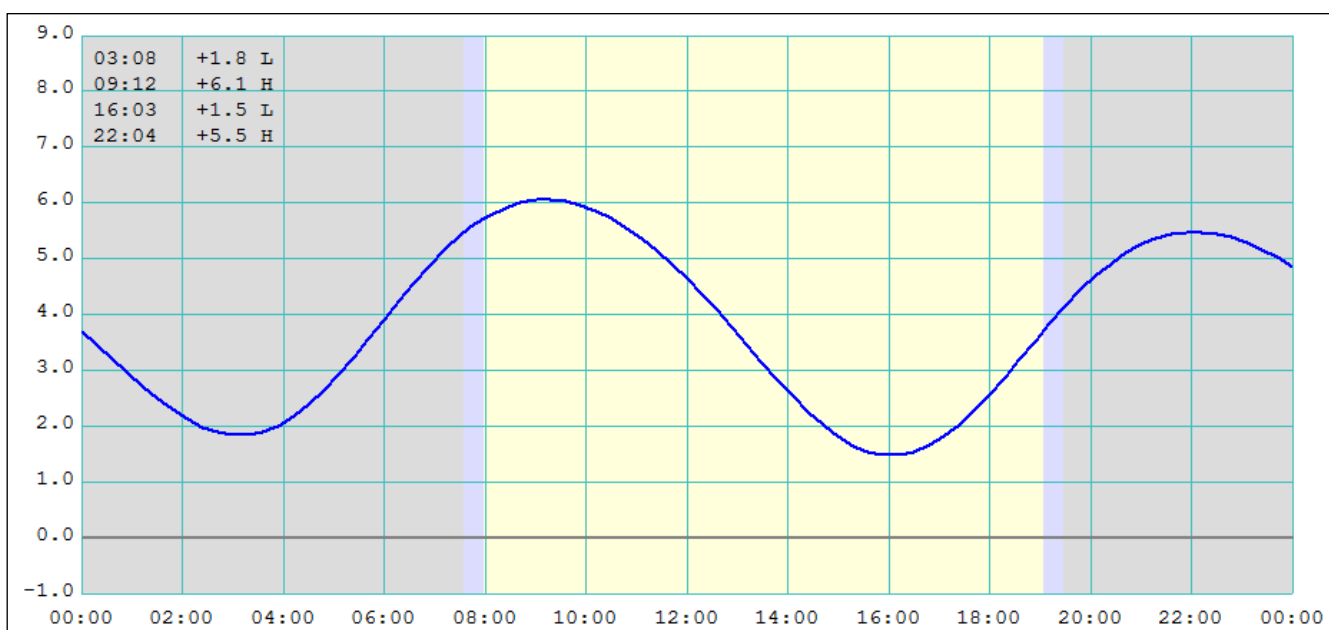


Рисунок 2.6 - Графік повної і малої води для порту Сіка

2.4 Висновки

Перехід із порту Дурбан до порту Сіка проходить через Індійський океан до Аравійського моря. У процесі опрацювання навігаційного переходу були

обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Тривалість переходу 13 діб 12 г 58 хв.

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

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

Перевізник зобов'язаний врахувати всі зазначені властивості вантажу і полегшити раціональне завантаження судна і схоронність перевезеного вантажу. Важливе значення для перевізника має значення об'ємних навантажувальних характеристик зернового вантажу, у першу чергу при визначенні умовного моменту, що кренить.

Пшениця. Властивості зернових вантажів прийнято розділяти на дві групи: фізичні – сипкість, усадка, щільність, скважистість, теплопровідність, сорбційні властивості; біологічні – подих, дозрівання, самонагрівання, а іноді і проростання.

Сипкість зерна визначається ступенем переміщення зернової маси. Вона залежить від розмірів часток, їхньої форми, вологості, хитавиці судна і вібрації, тому кут природного скосу коливається в широких межах.

Усадка зерна нерозривно зв'язана з щільністю і скважистістю зернової маси. Величина скважистості залежить від способу завантаження. Якщо завантаження провадиться «струменем», то укладання менш щільне, ніж завантаження «дощем», а отже можлива велика усадка зерна в рейсі.

Скважистість пшениці – 35-45%.

Вологість - найважливіший показник стану вантажу, оскільки від неї залежить самонагрівання . Підвищена вологість зерна приводить до його псування.

Оптимальною умовою збереження зерна вважається температура не вище 25°C, а відносна вологість від 58% для ячменя і не більш 72% для пшениці.

Варто пам'ятати, що зерно вимагає певного тепловологісного і вентиляційного режиму збереження. Вологість відноситься до числа найважливіших характеристик зерна і дуже впливає на результати перевезення. Гігроскопічний зміст вологи в масі зерна залежить від відносної вологості повітря. Сорбційні властивості зерна включають в себе два основних явища: сорбція парів і газів, тобто здатність маси зерна поглинати й утримувати пари і гази, гігроскопічність – здатність поглинати і виділяти пари води. За існуючими правилами хлібні вантажі не приймають до перевезення з вологість вище 16%. Вологість дуже впливає на протікання біологічних процесів у зерновій масі, головним з яких варто вважати подих зерна. Процес подиху приводить до втрати маси сухої речовини зерна, збільшенню кількості гігроскопічної вологи, зміні властивості повітря у вантажному приміщенні (появі вуглекислого газу), а також виділенню тепла. Це може привести до самонагрівання зерна.

З огляду на перераховані вище властивості зернових вантажів і види небезпек, які вони можуть проявити в процесі перевезення, розроблений комплекс правил, що регламентують умови їхнього транспортування, зберігання й вантожеобробки. До числа таких правил належать:

- глава VI Конвенції СОЛАС - 74/81;
- Міжнародний кодекс по безпечному перевезенню зерна насипом - «Міжнародний зерновий кодекс» - МЗК;
- BLU Code

Основні транспортні характеристики вантажу який перевозиться представимо в табличній формі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Об'ємно-масові характеристики вантажу

Найменування вантажу	Вид тари	Питомий вантажний об'єм, м ³ /т	кут природного укосу, °	Валові норми вантажних робіт т/добу	
				Вантаження	Вивантаження

Пшениця	Навало м	1,25	28	12000	9000
---------	-------------	------	----	-------	------

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

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

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

Взаємна інформація судна і порту призначення про час прибуття і про вантаж дозволить скоротити стоянку судна в порту і вчасно підготувати вантажні пристрої судна і причал порту до вантажних операцій.

У попередній інформації Капітан повинний подати відомості про осадку судна, кількість вантажу і розподіл його по трюмах або танкам, наявності палубного вантажу або великовагових вантажів із указівкою їхньої маси, найменування вантажоодержувачів, справності суднових перевантажувальних засобів, а також про всі потреби судна в паливі, воді, продуктах, необхідному ремонті й інших потребах судна, задоволення яких входить в обов'язки порту.

Приведення трюмів, у відповідний для даного вантажу стан починається з очищення залишків раніше перевезеного вантажу, видалення сепараційного і прокладочного матеріалів, збирання сміття. Далі підготовка ведеться в залежності від особливостей вантажу, підготовленого до перевезення.

По закінченні підготовки судна до вантажних робіт капітан подає на ім'я начальника порту чи на адресу відправника вантажу Повідомлення капітана, яким він формально фіксує фактичну готовність судна до навантаження.

До початку вантажних операцій факт готовності вантажних приміщень оформляють актом.

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

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

Договір морського перевезення вантажу повинен укладатися в письмовій формі.

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

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

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

Штурманська розписка є посвідченням судновласника в прийнятті товару до перевезення. Виписує цей документ помічник капітана в підтвердження одержання конкретної партії на борт судна. Розписка описує видимий стан товарів і дозволяє перевізникові видати коносамент. У ній відображаються

результати перевірки, проведеної контролерами судновласника при прийомі товару для навантаження або під час навантаження. Це не товаророзпорядчий документ. На прохання відправника він може бути замінений коносаментом.

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

Делівері-ордер (частковий коносамент) – товаророзпорядчий документ, який видається перевізником або вантажоодержувачем з підтвердженням капітаном судна.

Таймшит - документ - відомість урахування стояночного часу судна (сталійного часу), передбаченого чартером на проведення вантажних операцій. Він складається в кожному порту навантаження і вивантаження судна, підписується капітаном і представником фрахтувальника.

Морська накладна (лінійна накладна, океанська накладна) - документ, що підтверджує наявність договору перевезення вантажу морським шляхом і прийняття або навантаження вантажу перевізником і по якому перевізник зобов'язується доставити вантаж вантажоодержувачеві, зазначеному в документі.

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

Маніфест – список вантажів, прийнятих на судно, що складають роздільно для кожного порту призначення на основі зведень, зазначених у коносаменті. Він оформляється для митниці. По кожній партії вантажів у маніфесті наводять наступні дані: номер коносаменту, маркірування і кількість вантажних місць,

рід вантажу, його масу й об'єм, найменування відправника й одержувача, загальну суму нарахованого фрахту і фрахт, оплачений відправником.

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

Люкові записки складаються роздільно по кожному трюму і містять перелік усіх коносаментних партій, розміщених у даному відсіку в порядку черговості їх вивантаження.

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

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

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

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

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

Перехід Дурбан – Сіка починається в зоні дії літньої вантажної марки і закінчується в зоні дії тропічної вантажної марки без обмеження по осадці. За

розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлену для зони дії літньої вантажної марки.

Водотоннажність для літньої вантажної марки:

$$\Delta_p = 26331,3 \text{ т.}$$

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

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

де Δ_0 – водотоннажність судна порожнього, т.

$$\Delta_w = 26331,3 - 6535 = 19796,3 \text{ т}$$

Ходовий час визначається по формулі:

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

де V_s – швидкість судна;

S – довжина траси переходу, милі;

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

$$T_x = 4221,2 / (13,0 \cdot 24) + 0,1 = 13,6 \text{ доби.}$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується за формулою:

$$t_{ст} = \frac{\sum Q_i}{M},$$

де Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

M – валова норма вантажних робіт, т/добу.

$$T_{ст} = 17780 / 9000 = 2,0 \text{ доби}$$

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

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

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_T^x + P_B^x + P_{\text{см}}^x;$$

де P_T^x , P_B^x , $P_{\text{см}}^x$ – відповідно кількість палива, води і мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням штормового запасу.

$$P_{\text{п}}^x = q_{\text{п}}^x \cdot (t_x + t_{\text{шт}});$$

$$P_B^x = q_B^x \cdot (t_x + t_{\text{шт}});$$

$$P_M^x = q_M^x \cdot (t_x + t_{\text{шт}});$$

де $q_{\text{п}}^x$, q_B^x , q_M^x – добова норма витрачання палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу;

$t_{\text{шт}}$ – штормовий час, діб.

Штормовий час визначається за допомогою Системи управління безпекою (СУБ) компанії і становить 5 діб (при океанському переході).

$$P_{\text{п}}^x = 22,5 \cdot (13,6 + 5) = 418,5 \text{ т}$$

$$P_B^x = 5 \cdot (13,6 + 5) = 93,0 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^x = 0,26 \cdot (13,6 + 5) = 4,8 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^x = 418,5 + 93,0 + 4,8 = 516,3 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасів:

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = P_{\text{п}}^{\text{ст}} + P_B^{\text{ст}} + P_{\text{см}}^{\text{ст}};$$

$$P_{\text{п}}^{\text{ст}} = q_{\text{п}}^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}};$$

$$P_B^{\text{ст}} = q_B^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}};$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = q_M^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}};$$

де $q_{\text{п}}^{\text{ст}}$, $q_B^{\text{ст}}$, $q_M^{\text{ст}}$ – добова норма витрати палива, води і мастила на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$P_{\text{п}}^{\text{ст}} = 2,8 \cdot 2,0 = 5,6 \text{ т}$$

$$P_B^{\text{ст}} = 5 \cdot 2,0 = 10,0 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = 0,05 \cdot 2,0 = 0,1 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = 5,6 + 10,0 + 0,1 = 15,61 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}} = 516,3 + 15,61 = 531,9 \text{ т}$$

Оскільки рейс фактичний, то кількість запасів прийнятих на судно відрізняється від розрахованого. Запаси палива, мастила і води прийняті трохи більше чим необхідно на рейс.

На відхід на судні було: важкого палива 442 т; дизельного палива 26,0 т; води 170,0 т; інших запасів 38,0 т.

Усього $P_{\text{зап}} = 703$ т

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

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

де $P_{\text{ек}}$ – екіпаж, постачання та ін.

$$\Delta_{\text{ч}} = 19796,3 - (703 + 96) = 18997,3 \text{ т}$$

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

Таблиця 3.2 – Відомості про маси й об'єми партій вантажу

Найменування вантажу	Маса вантажу, т Q_i	Питомий вантажний об'єм вантажу, м ³ /т, U_i	Об'єм який займає вантаж м ³ , V_i
Обов'язкові Пшениця	17780	1,25	22225

3.4 Складання вантажного плану

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

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

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

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

W_c – вантажомісткість судна, м^3 ;

n – кількість вантажних приміщень.

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

$$Q_i = K_i \cdot Q_{\text{полн}}.$$

Розрахунок робимо в табличній формі.

Таблиця 3.3 – Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення W_i , м^3	Коефіцієнт порівняння, K_i	Припустиме максимальне вагове навантаження вантажного приміщення Q_i , т	Фактичний розподіл вантажу, т
1	2	3	4	5
Трюм №1	4678,7	0,2105	3742	3742
Трюм №2	6656,3	0,2995	5325	5325
Трюм №3	6656,3	0,2995	5325	5325
Трюм №4	4235,4	0,1906	3388	3388
Всього	22226,7	1,0	17780	17780

Комплектація й розміщення вантажів по вантажних приміщеннях проводиться з урахуванням транспортних характеристик вантажів, техніко-експлуатаційних характеристик судна.

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

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

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

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

У порту Дурбан діє літня вантажна марка.

Порт Дурбан розташований на південно-східному узбережжі Південної Африки.

Ремонт: Існує низка великих інженерних фірм, які здатні проводити значні ремонтні роботи. Підводний ремонт, огляди та морська експертиза пропонуються професійними водолазами, оснащеними сучасним обладнанням.

Прісна вода: Доступна на всіх причалах. Швидкість накачування - 50т/год. Судна повинні забезпечити власні шланги для використання.

Бункеровка: Пальне та дизельне паливо доступні з трубопроводів від Нової пристані № 101 до Нової пристані № 205 та причалів на острові. Також можливе постачання баржою. Бункер не поставляється поза межі гавані.

Державні свята: День Нового року (1 січня), День прав людини (21 березня), Страсна п'ятниця (14 квітня), День сім'ї (17 квітня), День свободи (27 квітня), День працівника (1 травня), День молоді (16 червня), Національний день жінок (9 серпня), День примирення (10 вересня), День спадщини (24 вересня), Різдво (25 грудня), День доброї волі (26 грудня).

Робочі години:

Понеділок- п'ятниця (2 зміни), 06.00-14.00 годин, 14.00-22.00 годин.
Неділя 07.15-15.15 год.

Для понаднормових робіт в суботу та неділю доступна обмежена робоча сила, тривалістю 3 x 8 годин на зміну надаються обмежено.

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

У порту Сікка діє тропічна вантажна марка.

MAIN L.O.SETT. TK (P)	7,1	2,0	-50,200	10,515	-100	21
A/E L.O.SETT. TK (P)	3,6	2,0	-53,400	10,830	-107	22
CYL. OIL STOR. TK (P)	14,3	13,0	-51,800	11,224	-673	146
L.O. SUMP. TK (C)	10,6	10,0	-59,329	1,020	-593	10
Всього мастила		27,0			-1473	199

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
F.W. TK (P)	133	100	-75,127	11,567	-7513	1157
F.W. TK (S)	133	70	-75,080	11,189	-5256	783
Всього води		170			-12769	1940
Інші танки						
SLUDGE TK (P)	8,5	6,0	-52,600	6,319	-316	38
OILY BILGE TK (P)	6,7	5,0	-65,373	0,867	-327	4
BILGE HOLD. TK (C)	26,3	20,0	-67,556	0,866	-1351	17
C.W. TK (C)	7,4	7,0	-71,770	2,463	-502	17
Всього		38,0			-2496	76
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		703	-14,24	3,94	-10012	2767

Таблиця 4.2.- Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			X	Z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,97 \text{ т/м}^3$						
H.F.O.SETT.TK(P)	25,5	22,0	-54,200	10,124	-1192	223
H.F.O. SERV.TK (P)	25,5	20,0	-51,000	10,124	-1020	202
NO.2 D.B. F.O. TK (P)	547,1	47,0	25,77	0,917	1211	43
NO.2 D.B. F.O. TK (S)	547,1	47,0	25,77	0,917	1211	43
Всього моторного палива		136,0			210	511
Дизельне паливо $\rho = 0,85 \text{ т/м}^3$						
D.O.STOR. TK (P)	36,2	15,0	-52,814	0,457	-792	7
D.O.STOR. TK (S)	49,6	11,0	-52,405	0,305	-576	3
Всього дизельного палива		26,0			-1368	10
Масило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
MAIN L.O.SETT. TK (P)	7,1	2,0	-50,200	11,35	-100	23
A/E L.O.SETT. TK (P)	3,6	2,0	-53,400	11,35	-107	23
CYL. OIL STOR. TK (P)	14,3	9,7	-51,800	11,35	-502	110
L.O. SUMP. TK (C)	10,6	9,8	-59,53	1,073	-583	11
Всього мастила		23,5			-1292	167

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6	7
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
F.W. ТК (P)	133	52	-75,18	11,964	-3909	622
F.W. ТК (S)	133	50	-75,18	11,964	-3759	598
Всього води		102,0			-7668	1220
Інші танки						
SLUDGE ТК (P)	8,5	6,0	-52,600	6,319	-316	38
OILY BILGE ТК (P)	6,7	5,0	-65,373	0,867	-327	4
BILGE HOLD. ТК (C)	26,3	20,0	-67,556	0,866	-1351	17
C.W. ТК (C)	7,4	7,0	-71,770	2,463	-502	17
Всього		38,0			-2496	76
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		325,5	-38,77	6,15	-12619	2001

Розподіл вантажів представлений у табл.4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів

Найменування приміщень	Об'єм прим., м ³	Об'єм вантажу, м ³	% заповнення	Маса вантажу, т	Плечі, м		Моменти, тм		
					x	z	M _x	M _z	M _{пгу}
Трюм №1	4678,7	4677,5	100	3742	51,13	8,8	191328	32930	1127
Трюм №2	6656,3	6656,3	100	5325	22,4	8,55	119280	45529	2225
Трюм №3	6656,3	6656,3	100	5325	-8,2	8,55	-43665	45529	2225
Трюм №4	4235,4	4235	100	3388	-34,5	8,61	-116886	29171	1430
ВСЬОГО ВАНТАЖУ		22225		17780	8,44	8,61	150057	153159	7007

Для забезпечення посадки з диферентом на корму необхідний баласт, приведемо таблицю його розміщення.

Таблиця 4.4.–Розподіл баласту

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
A.P ТК	397,7	397,7	-75,10	8,57	-29867	3408
ВСЬОГО БАЛАСТУ:		397,7	-75,10	8,57	-29867	3408

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

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	М _х	М _z
Судно порожнє	6535	-6,65	10,18	-43458	66526
Константа	96	-38,65	6,56	-3710	630
Суднові запаси	703	-14,27	4,46	-10029	3132
Вантаж	17780	8,44	8,61	150057	153159
Баласт	397,7	-75,10	8,57	-29867	3408
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	25511,7	2,47	8,89	62993	226855

Таблиця 4.6 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	М _х	М _z
Судно порожнє	6535	-6,65	10,18	-43458	66526
Константа	96	-38,65	6,56	-3710	630
Суднові запаси	325,5	-38,77	6,15	-12619	2001
Вантаж	17780	8,44	8,61	150057	153159
Баласт	397,7	-75,10	8,57	-29867	3408
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	25134,2	2,40	8,98	60403	225724

Схематично вантажний план представлений на рис.4.1.

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

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

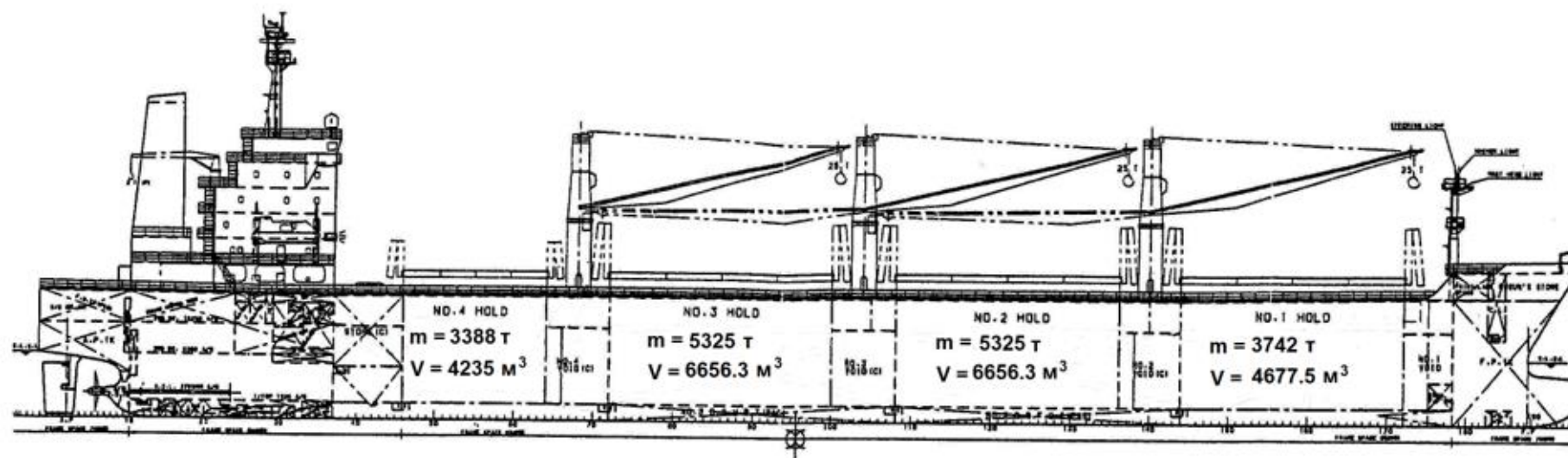

 $T_K = 7,76 \text{ м}$
 $T_H = 7,51 \text{ м}$

Рисунок 4.1 – Вантажний план судна

Таблиця 4.7 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	25511,7	25134,2
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	2,47	2,40
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	24889	24521
Густина заборотної води, т/м ³	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	7,64	7,53
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	371,35	369,69
Абсциса центра величини судна, м	x_c	2,83	2,86
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	-2,34	-2,18
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	11,41	11,43
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,804	0,803
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,25	-0,31
Осадка судна носом, м	$T_H = T + (L/2 - x_f) d/L$	7,51	7,37
Осадка судна кормою, м	$T_K = T_H - d$	7,76	7,68

Для виконання розрахунків та контролю остійності судна необхідно визначити поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів (запасів) до метacentричної висоти і плечам статичної остійності. При визначенні виправлення на вільні поверхні в розрахунок приймаються цистерни запасів з найбільшим виправленням Δm_h незалежно від ступеня їхнього заповнення. Поправочні моменти Δm_h вибираються з таблиці даних по суднових цистернах, що приводиться в Інформації.

Таблиця 4.8 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
NO.2 D.B. F.O. TK (P)	3216
NO.2 D.B. F.O. TK (S)	3216
D.O.STOR. TK (P)	56
D.O.STOR. TK (S)	131
F.W. TK (P)	105
F.W. TK (S)	105

Сума: $\Sigma \Delta m_h$	6829
---------------------------	------

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл.4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	25511,7	25134,2
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	8,89	8,98
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	11,41	11,43
Невиправлена метacentрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	2,52	2,45
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,27	0,27
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	9,16	9,25
Виправлена метacentрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	2,25	2,18

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

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

Таблиця 4.10 – Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	25511,7	25134,2
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	9,16	9,25
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	11,11	11,13

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

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

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

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

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

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

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

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

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							25511,7	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							8,89	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							9,16	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плеце форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плеце статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	2,004	0,174	1,594	0,410	4	1,640	3	1,230
20	4,143	0,342	3,133	1,010	2	2,020	3	3,030
30	6,252	0,500	4,580	1,672	4	6,688	1	1,672
40	7,698	0,643	5,890	1,808	1	1,808	Σ_{30}	5,932
50	8,518	0,766	7,017	1,501	Σ_{40}	12,156	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 5,932 / 8 = 0,388$	
60	8,767	0,866	7,933	0,834	$a_{0-40} = 0,1745 \times 12,156 / 3 = 0,707$			
					$a_{30-40} = 0,707 - 0,388 = 0,319$			

Таблиця 4.12 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т								25134,2	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м								8,98	
Апліката умовного центра мас z_m , м (поліус – точка «О»)								0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м								9,25	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$									
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множник	Добуток	Множник	Добуток	
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000	
10	2,009	0,174	1,610	0,399	4	1,596	3	1,197	
20	4,148	0,342	3,164	0,984	2	1,968	3	2,952	
30	6,257	0,500	4,625	1,632	4	6,528	1	1,632	
40	7,703	0,643	5,948	1,755	1	1,755	Σ_{30}	5,781	
50	8,523	0,766	7,086	1,437	Σ_{40}	11,847	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 5,781 / 8 = 0,378$		
60	8,772	0,866	8,011	0,761	$a_{0-40} = 0,1745 \times 11,847 / 3 = 0,689$				
					$a_{30-40} = 0,689 - 0,378 = 0,311$				

За результатами розрахунків будуюмо діаграми остійності на відхід (рис.4.2) і на прихід (рис.4.3). На діаграмі на прихід показано визначення спеціальних вимог до остійності при перевезенні зерна (рис.4.4).

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

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

Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.13.

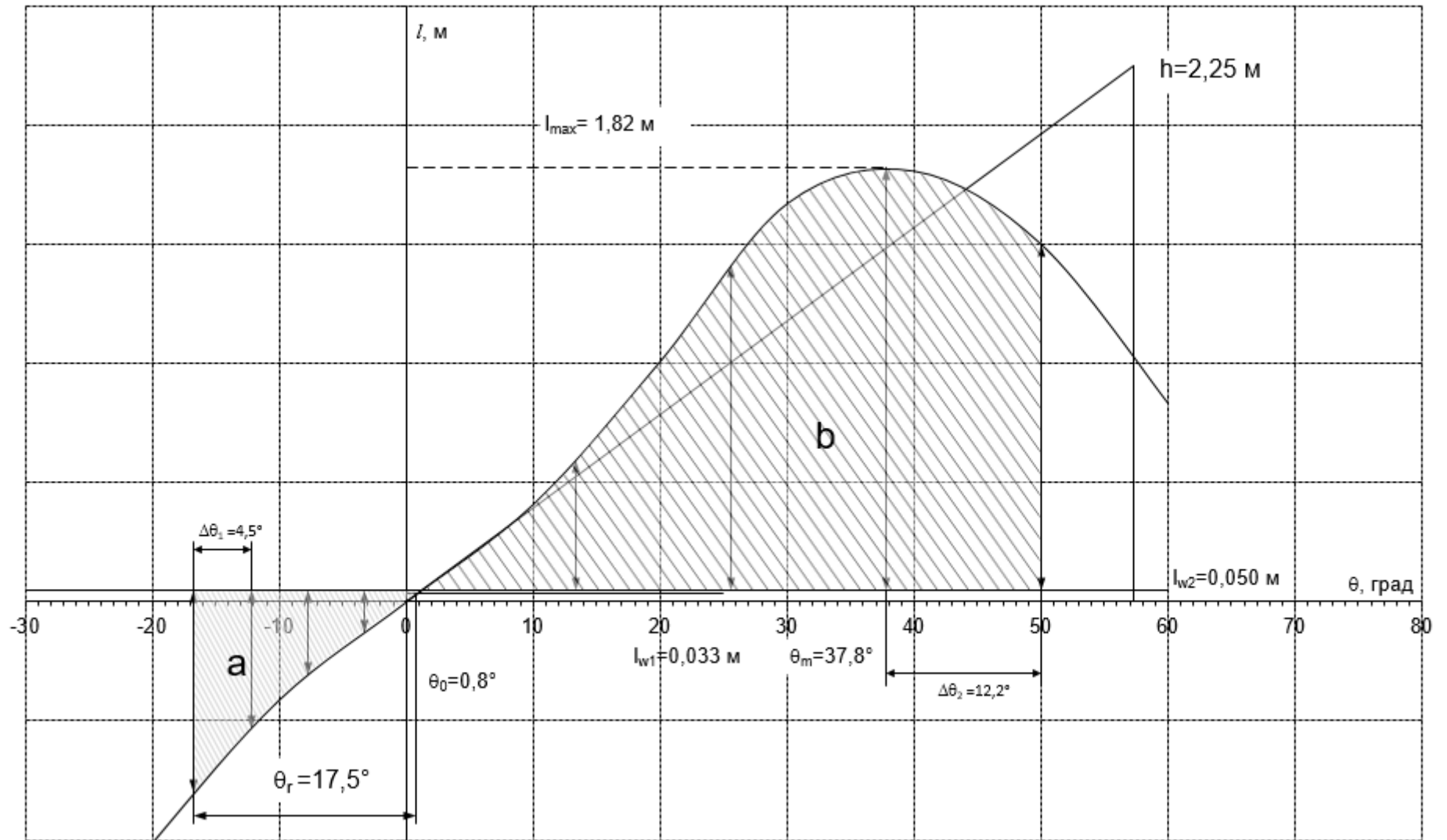


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

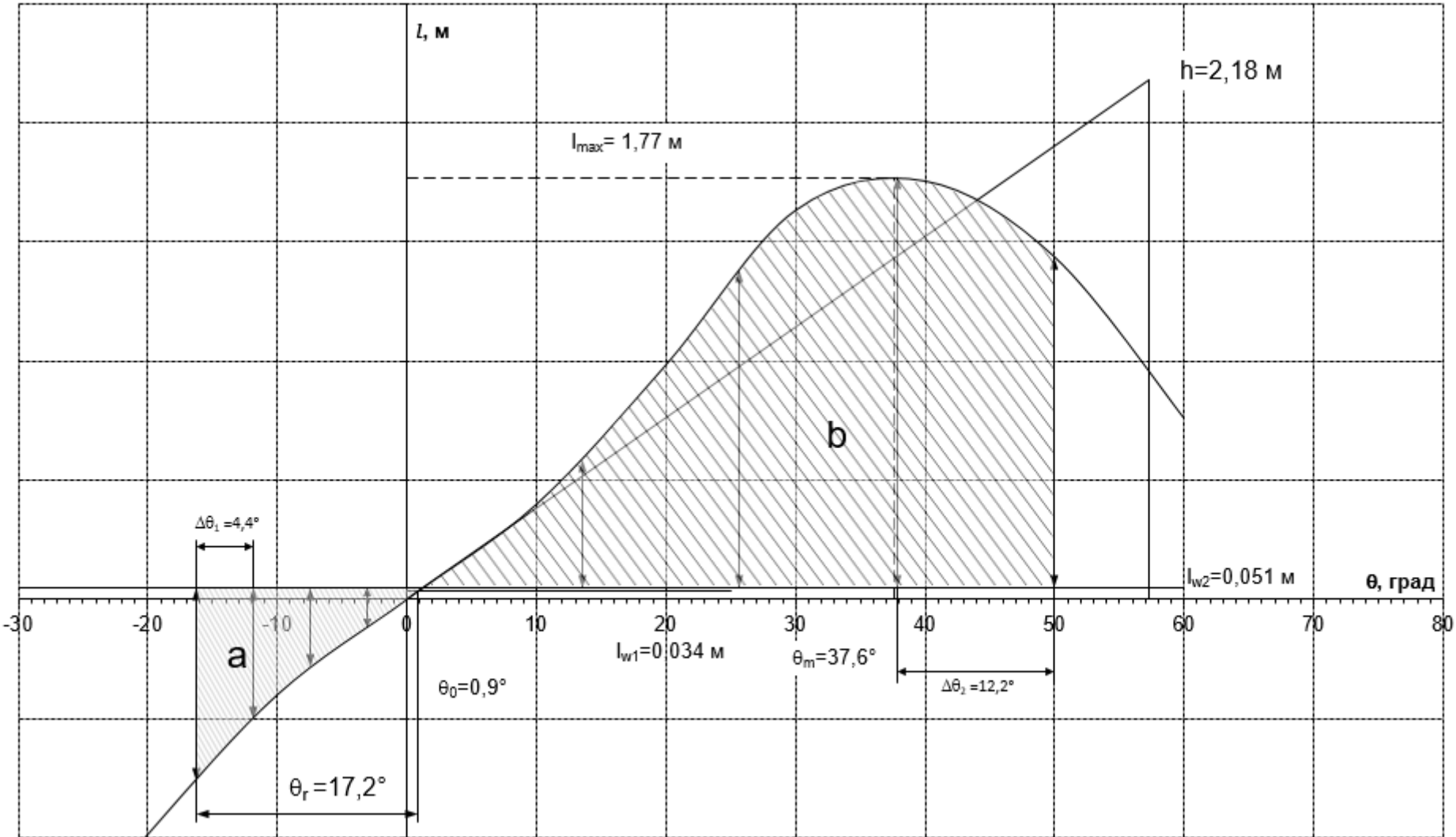


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

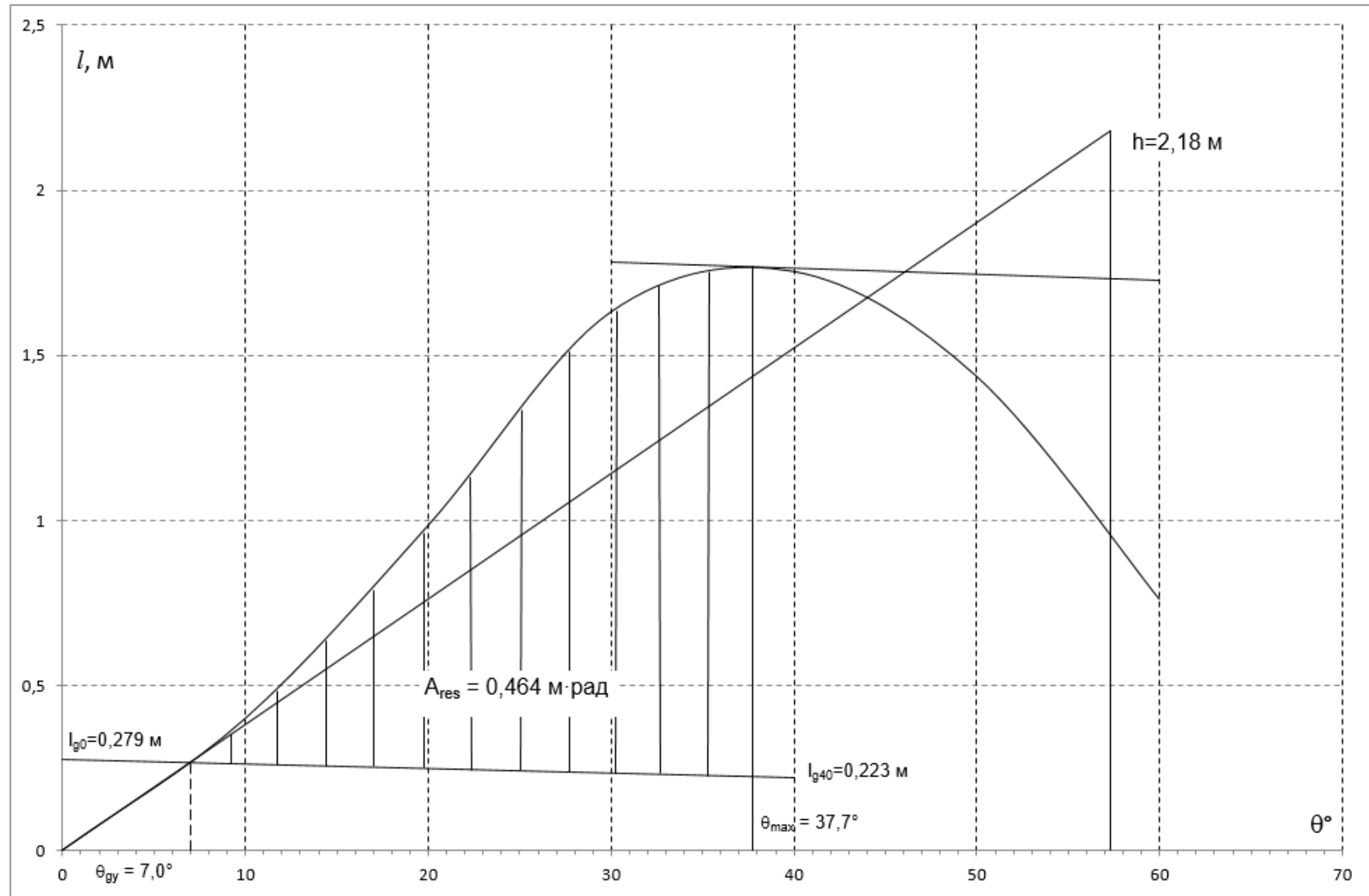


Рисунок 4.4 - Діаграми остійності на прихід і визначення параметрів остійності при перевозці зерна

Таблиця 4.13 Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	25511,7	25134,2
Осадка судна, м	T	7,64	7,53
Виправлена метацентрична висота, м	h	2,25	2,18
Площа парусності, м ²	A _v	1633	1651
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	6,35	6,41
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	10,17	10,18
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1}=0,504 A_v z_v / (g D)$	0,033	0,034
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,050	0,051
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	1,95	
Коефіцієнт	k	0,887	
Відносна ширина	B/T	3,4	3,45
Безрозмірний множник	X ₁	0,820	0,810
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,804	0,803
Безрозмірний множник	X ₂	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,384	0,385
Період хитавиці, с	$T_0 = 2 c B / \sqrt{h}$	13,3	13,6
Коефіцієнт	S	0,0572	0,0554
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,849	0,867
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	17,5	17,2
Кут заливання, °	θ _f	>60	>60
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	23,9	24,3
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	0,8	0,9
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	θ ₁ = θ _r - θ ₀	16,7	16,3
Границя площ. “b” діаграми праворуч, °	θ _b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,120	0,112
Площа “b” діаграми, м-рад	b	0,953	0,926
Критерій погоди	K = b / a	7,94	8,27
Момент, що кренить, від зсуву вантажу, тм	M _{gy}	7007	

Продовження табл.4.13

1	2	3	4
Крен. плече від зсуву вантажу при крені 0° , м	$l_{g0} = M_{gy} / D$	0,275	0,279
Крен. плече від зсуву вантажу при крені 40° , м	$l_{g40} = 0,8 l_{g0}$	0,220	0,223
Кут крену від зсуву вантажу, $^\circ$	θ_{gy}	6,8	7,0
Кут найбільшої різниці між l і крен.плечем, $^\circ$	$\theta_{\max}$	37,9	37,7
Границя залишкової площі ДСО праворуч, $^\circ$	θ_{res}	37,9	37,7
Залишкова площа ДСО, м рад	A_{res}	0,488	0,464

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

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

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (16,7 + 1,5 \cdot 0,8)/4 = 4,48^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,48^\circ/57,3 = 0,0781$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,8)/4 = 12,2^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,2^\circ/57,3 = 0,2129$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,850$	1	0,850	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,580$	4	2,320	$b_2 = 0,545$	4	2,180
$a_3 = 0,355$	2	0,710	$b_3 = 1,360$	2	2,720
$a_4 = 0,180$	4	0,720	$b_4 = 1,770$	4	7,080
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,451$	1	1,451
		$\Sigma a = 4,600$			$\Sigma b = 13,431$
$a = \frac{1}{3} \Sigma a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 4,600 \times 0,0781 = 0,120$			$b = \frac{1}{3} \Sigma b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 13,431 \times 0,2129 = 0,953$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (16,3 + 1,5 \cdot 0,9)/4 = 4,43^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,43^\circ/57,3 = 0,0772 \text{ рад}$		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,9)/4 = 12,18^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,18^\circ/57,3 = 0,2125 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 0,810$	1	0,810	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 0,550$	4	2,200	$b_2 = 0,535$	4	2,140
$a_3 = 0,336$	2	0,672	$b_3 = 1,335$	2	2,670
$a_4 = 0,166$	4	0,664	$b_4 = 1,720$	4	6,880
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,386$	1	1,386
		$\Sigma_a = 4,346$			$\Sigma_b = 13,076$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 4,346 \times 0,0772 = 0,112$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 13,076 \times 0,2125 = 0,926$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.16 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
1	2	3	4	5	6
<i>Загальні вимоги:</i>					
Площа під ДСО до кута крену 30° , м·рад	A_{30}	$\geq 0,055$	0,388	0,378	YES
Площа під ДСО до кута крену 40° , м·рад	A_{40}	$\geq 0,09$	0,707	0,689	YES
Площа під ДСО між 30° і 40° , м рад	A_{30-40}	$\geq 0,03$	0,319	0,311	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l_{30}	$\geq 0,20$	1,672	1,632	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, $^\circ$	θ_m	≥ 25	37,8	37,6	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	$> 0,15$	2,25	2,18	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	7,94	8,27	YES
Кут крену від постійного вітру, $^\circ$	θ_0	≤ 16	0,8	0,9	YES

Продовження табл.4.16

1	2	3	4	5	6
<i>Спеціальні вимоги при перевезенні зерна:</i>					
Виправлена метацентрична висота, м	h	$\geq 0,30$	2,25	2,18	YES
Кут крену від зсуву вантажу, °	$\theta_{\text{пр}}$	≤ 12	6,8	7,0	YES
Залишкова площа діагр. стат. ост., м рад	A_{res}	$\geq 0,075$	0,488	0,464	YES

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

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

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

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

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

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

Таблиця 4.17. – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Пере-різ	X, м	SF, т	SF _{sea} , %	Дод.SF, т	BM, тм	BM _{sea} ,%	Доп.BM, тм
1	2	3	4	5	6	7	8
10	7,00	429	19	2283	-1943	46	-3721
24	17,50	511	29	1735	-7620	55	-12208
37	27,25	212	5	3851	-11745	37	-27873
46	34,00	-498	15	-3396	-10788	25	-38717
55	41,65	-222	7	-3396	-7979	14	-50239
64	49,30	175	5	3497	-7709	12	-55285

Продовження табл.4.17

1	2	3	4	5	6	7	8
72	56,10	-460	13	-3656	-6728	11	-55285
86	61,20	26	1	3761	-4132	7	-55285
100	73,10	524	14	3761	-7389	12	-55285
108	79,90	-164	4	-3761	-8612	14	-55285
122	91,80	-62	2	-3544	-7256	12	-55285
136	103,70	51	2	3263	-7173	13	-50615
144	110,50	-697	21	-3263	-4971	11	-40373
158	122,40	-184	6	-3263	-46	0	-22450
172	134,30	215	13	1696	-132	2	-6963
178	139,40	11	1	2058	-649	13	-4253

Максимальна перерізуюча сила 511 т (29%) на 24 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент -7620тм(55%) на 24 шпангоуті.

На рис.4.5. представлена епюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

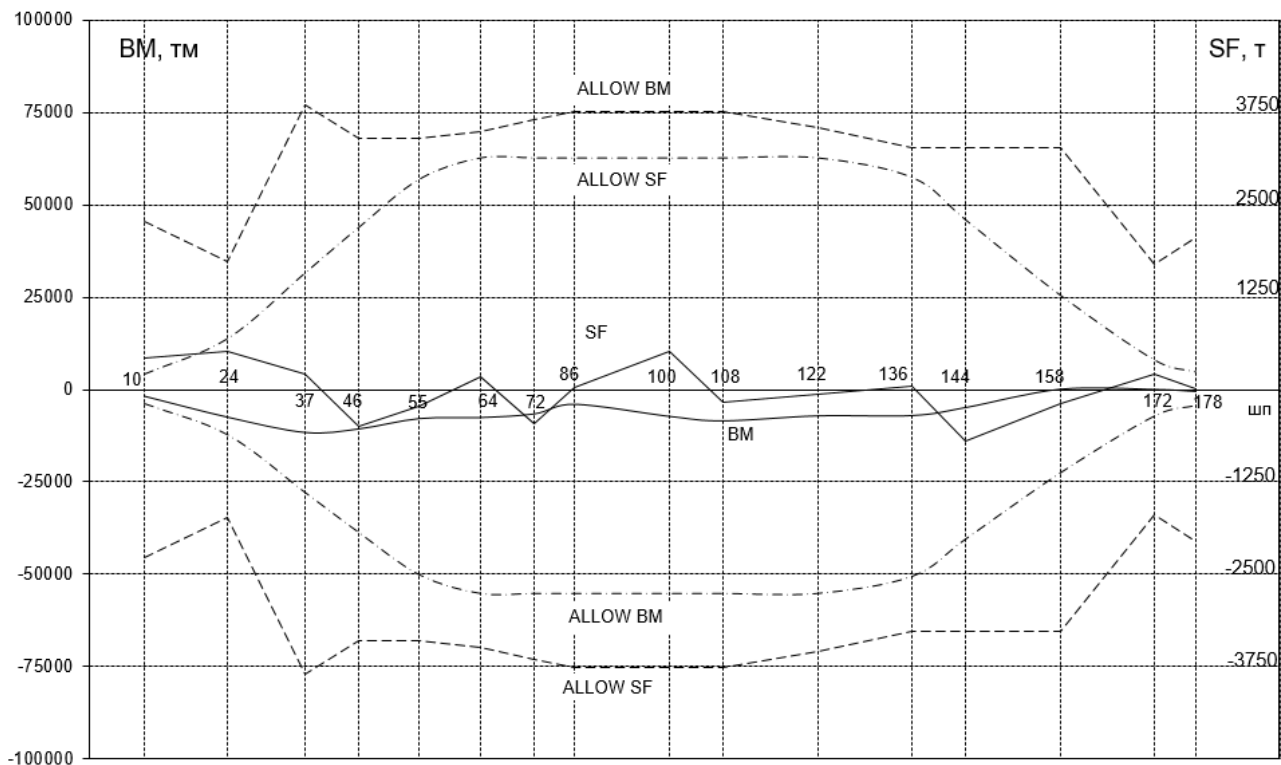


Рисунок 4.5 - Контроль міцності на відхід

РОЗДІЛ 5

ГІДРОДИНАМІЧНИЙ ЕФЕКТ ПРИСМОКТУВАННЯ В ОБМЕЖЕНИХ ВОДАХ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА МАНЕВРУВАННЯ СУДЕН ПРИ РОЗХОДЖЕННІ

Вступ

Безпека плавання у внутрішніх та обмежених водах, як-от канали, фарватери та вузькі проходи, завжди вимагала від судноводія найвищої майстерності та глибокого розуміння фізичних процесів, що впливають на рух судна. В умовах обмежених глибин та ширини суттєво проявляється гідродинамічний ефект присмоктування (squat effect), який являє собою взаємодію між корпусом судна та ґрунтом або береговими схилами.

Цей ефект, який раніше міг не мати критичного значення, став визначальним для безпеки маневрування сучасних великотоннажних суден, що експлуатуються на підвищених швидкостях. Ігнорування присмоктування може спричинити втрату керованості та створити небезпечні ситуації, особливо у динамічних умовах, таких як розходження суден.

Метою даного розділу є аналіз природи ефекту присмоктування, його впливу на маневрові елементи судна, а також обґрунтування практичних методів використання цього ефекту для підвищення ефективності та безпеки маневрування в обмежених водах.

5.1 Ефект присмоктування в обмежених водах

Під час плавання у внутрішніх чи обмежених водах суттєво проявляється гідродинамічний ефект присмоктування, який впливає на керованість судна та безпеку маневрування. У більшості випадків цей ефект не має критичного значення, проте в умовах вузьких або недостатньо глибоких фарватерів, особливо для сучасних суден зі збільшеними розмірами та швидкостями, його

вплив може бути визначальним. Ігнорування присмоктування може спричинити втрату керованості та створити небезпечні ситуації під час розходження суден.

Для прикладу розглянемо сучасне одногвинтове судно середніх розмірів із правим обертанням гребного гвинта та довжиною 150 м. У таких суден у вузьких водах може виникати суттєва взаємодія з береговими схилами, що проявляється у вигляді притягуючих або відштовхувальних сил [26].

Судна демонструють характерну “поведінку” поблизу мілководдя, що може бути інтерпретовано як інформативний сигнал, який судноводій має враховувати. Надійне в керуванні судно зазвичай “реагує” на зменшення глибини або наближення до берега збільшенням необхідної перекладки керма для утримання курсу. Таким чином, зміна величини перекладки керма може служити індикатором відхилення від осі фарватеру навіть у разі обмеженої видимості.

Зрізання кута

Під час підходу до поворотів фарватеру судно також може слугувати джерелом інформації щодо моменту початку маневру. Коли судно наближається до ділянки, де напрямок фарватеру змінюється, присмоктування з боку мілини змінюється, що проявляється у зменшенні або збільшенні перекладки керма.

Правильна техніка передбачає наближення до того берега, де розташований мис, та утримання курсу за рахунок опору судна зміщенню. У момент, коли потреба у перекладці керма зменшується, судноводій отримує сигнал про досягнення початку повороту. Після цього виконується зміна курсу в бік закруту з подальшим регулюванням перекладки керма залежно від ступеня впливу присмоктування.

При прямуванні по прямому ділянці фарватеру слід триматися паралельно, а також досить близько до того берега, де знаходиться мис (в даному випадку з правого боку), щоб судно “відчувало страх” перед берегом і прагнув відійти від нього. У цьому випадку буде потрібно значна перекладання керма для утримання судна паралельно березі. Як тільки виникне необхідність

меншою перекладці керма, стане ясно, що судно досягло початку повороту. У цей момент слід змінити курс судна на точну величину вправо, направивши його на мис, незабаром після чого воно вимагає більшої перекладки керма. Слід утримувати судно на цьому новому курсі до тих пір, поки знову не ослабне присмоктування (іншими словами, поки судно не потребує меншої перекладки керма), потім знову повертати вправо до тих пір, поки судно не ляже курсом на схід.

Вважалося, що подібні дії виправдані лише в тумані, в темряві або в інших складних умовах. В нормальних умовах при проходженні значним ходом виконують маневр повороту, утримуючи судно в закруті фарватеру. При поганій видимості, як правило, рекомендується слідувати по стороні, протилежній закруті суднового ходу, або зрізати кут [24-27].

Реакція судна, яке огинає мис, надає судноводію допомогу в здійсненні, маневру. Поблизу повороту, а також у період здійснення маневру повороту судно прагне відійти на глибоку воду. Використовуючи цю інформацію, судноводій може надійно керувати судном в умовах вузького фарватеру і поганої видимості. Правильна техніка передбачає наближення до того берега, де розташований мис, та утримання курсу за рахунок опору судна зміщенню. У момент, коли потреба у перекладці керма зменшується, судноводій отримує сигнал про досягнення початку повороту. Після цього виконується зміна курсу в бік закруту з подальшим регулюванням перекладки керма залежно від ступеня впливу присмоктування.

Тепер подивимося, що станеться, якщо судно буде дотримуватися протилежного боку фарватеру при підході до закруту. В цьому випадку воно зажадає перекладки керма, і буде важко, якщо взагалі можливо, визначити, що необхідна додаткова перекладання керма, т. е. що судно досягло повороту. Найменше зволікання у зміні курсу може призвести до посадки на ґрунт, судно може торкнутися носом берега ще до того, як зросте ефект присмоктування його корми до берега. Більше того, положення судна буде залишатися ненадійним протягом усього повороту.

У випадку руху по протилежній стороні фарватеру судноводій позбавляється цього “природного індикатора”, що значно ускладнює визначення початку повороту та збільшує ризик посадки на ґрунт.

Утримання судна в закруті

Раніше показано, яку допомогу судноводію надає судно під впливом явища присмоктування в умовах поганої видимості або при відсутності засобів навігаційного огороження. Ефект присмоктування можна використовувати і в цілому ряді інших випадків. Однак цим явищем часто нехтують, тому доцільно розглянути його дію, щоб усвідомити що виникає в цьому випадку серйозну потенційну небезпеку, що може перетворитися в реальну загрозу.

Щоб продемонструвати приклад нерозуміння судноводієм явища присмоктування і впливу, що чиниться цим явищем на судно, розглянемо гіпотетичний фарватер. За вихідні дані візьмемо достовірність напрямки фарватеру і можливість повного ходу судна. В цих умовах рекомендується здійснювати маневр повороту способом утримання судна в закруті з використанням ефекту присмоктування.

Ефект присмоктування може бути використаний практично для спрощення маневрування, однак неправильне розуміння цього явища може призвести до ризикових ситуацій. При спробі “зрізати кут” судноводій може передчасно розпочати маневр, створивши додатковий опір руху через посилення присмоктування.

Наприклад, якщо для здійснення повороту без врахування присмоктування необхідно 20° перекладки керма, то під впливом присмоктування з боку мису може знадобитися додатково 10° , що вимагає загальної перекладки до 30° . Нерозуміння цього механізму може спричинити помилкове уявлення про “безпечний запас”, тоді як фактично судноводій наближає судно до втрати керованості. [33].

Для зменшення ризиків перед початком маневру рекомендовано знизити хід судна, а повний хід давати лише під час виконання повороту. Оптимально наблизити судно до закруту настільки, щоб для утримання курсу необхідна

була перекладка керма близько 10° . У фазі повороту ефект присмоктування забезпечить додаткові умовні “ 10° ”, дозволяючи виконати поворот лише з перекладкою керма на 10° , замість $20\text{--}30^\circ$. У певних умовах вплив присмоктування може взагалі замінити дію керма [32, 34].

Ефект присмоктування найбільш критично проявляється при комбінації трьох факторів:

- висока швидкість;
- вузький фарватер;
- мала відстань до берега.

У таких умовах судно може втратити керованість навіть за наявності повної перекладки керма. Саме тому професійне використання ефекту присмоктування (наприклад, для утримання в закруті) потребує чіткої оцінки навігаційної ситуації та дотримання рекомендованих режимів швидкості.

У таблиці 5.1 показано вплив швидкості, ширини фарватеру та відстані до берега на ефект присмоктування

Таблиця 5.1 - Вплив швидкості, ширини фарватеру та відстані до берега на ефект присмоктування

Параметр	Характер зміни/ <i>Ступінь впливу на присмо- ктування</i>	Опис впливу	Потенційні ризики	Рекомендації судноводію
1	2	3	4	5
Швидкість судна	Збільшується/ <i>Дуже високий</i>	Зі збільшенням швидкості зростає інтенсивність гідродинамічних потоків уздовж бортів, що різко посилює присмоктування та відштовхування від берегів.	Втрата керованості, знос на мілину, перевищення потрібної перекладки керма, небезпечне притягування корми.	Зменшувати швидкість перед маневрами в обмежених водах; не виконувати поворот на повному ході.

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5
Ширина фарватеру	Зменшується/ <i>Високий</i>	У вузькому фарватері збільшується взаємодія з берегами, потоки води прискорюються, а градієнт тиску поблизу бортів зростає.	Притягування або відштовхування судна, утруднене утримання курсу, підвищення ризику торкання ґрунту носом або кормою.	Займати положення ближче до зовнішньої сторони закруту; використовувати ефект присмоктування для стабілізації курсу.
Відстань до берега	Зменшується/ <i>Надзвичайно високий</i>	Похилий берег створює асиметрію потоків: ближній борт відчуває більший перепад тиску, і судно "тягне" до берега.	Різде затягування кормової частини, загроза некерованого розвернення; при надто великій перекладці керма можливий зрив потоку.	Утримувати безпечну дистанцію; контролювати зміну перекладки керма як індикатор наближення до мілини; уникати паралельного руху занадто близько до берегів.
Глибина під кілем (УКС)	Зменшується/ <i>Високий</i>	При малій глибині виникає додатковий «bank effect» — посилення опору та присмоктування.	Падіння швидкості, рульова неефективність, збільшення радіуса повороту.	Уникати маневрів при мінімальному УКС; знижувати швидкість.
Форма берега	Прямий → похилий/ <i>Середній–високий</i>	Похилі береги створюють більш сильні деформації потоку води.	Непередбачувані відхилення курсу.	Використовувати локальні поправки кермом.
Напрямок течії	Зустрічна / попутна/ <i>Помірний–високий</i>	Компенсувати течію завчасно, враховувати асиметрію присмоктування.	Зустрічна течія підсилює присмоктування, попутна — зменшує.	Зміна радіуса повороту, складність оцінки моменту маневру.

5.2 Маневрування суден при розходженні

Маневрування суден у вузьких каналах супроводжується складними гідродинамічними взаємодіями, які суттєво впливають на безпечність розходження. Недостатній досвід судноводія або неправильно обрана тактика маневру може призвести до втрати керованості, небезпечного зближення із зустрічним судном або торкання берегів. Водночас надмірна обережність — зокрема передчасний відхід убік або занадто глибокий вхід у закрут фарватеру — також може створити небезпечну ситуацію. Тому успішне розходження у вузькому каналі потребує точного врахування ефекту присмоктування, впливу гвинта, кільватерного струменя та хвильових збурень. [24-26].

Вплив ефекту присмоктування під час розходження суден

Передбачені загальні дієві заходи, застосовувані при зустрічі і розходженні суден. Однак на вузькому фарватері розбіжність із зустрічним судном може закінчитися ризиканням і дотиком протилежного берега. Така поведінка судна особливо ймовірно в штучному каналі, де присмоктування відчувається сильніше. Розходження суден у вузькому каналі супроводжується взаємним гідродинамічним впливом обох корпусів. Потоки, що утворюються вздовж бортів, спричиняють локальне зниження тиску та формують зони присмоктування. На відміну від поширеного уявлення, присмоктування виникає не лише через поступальний рух судна, а й через роботу гребного гвинта. Навіть за відсутності ходу відносно води обертання гвинта формує сильний потік, який може викликати збільшення присмоктування у районі траверзу. [33].

Значний вплив має також носова хвиля, особливо коли судно рухається завантаженим на відносно великій швидкості. В умовах обмежених вод вона посилює асиметрію тисків і може сприяти різкому зміщенню носа або корми. Коли судно рухається повільно, її вплив незначний і ним можна знехтувати, але в обмежених водах воно стає досить значним, особливо, коли судно з повним вантажем слід на великій швидкості.

Керуючись зробленими зауваженнями, розглянемо спосіб керування судном безпосередньо після його розбіжності з зустрічним судном, прийнявши до уваги вплив гідродинамічного взаємодії обох. Припустимо, що ширина каналу дозволяє суднам максимально зблизитися, перш ніж вони поступляться один одному дорого, не виявляючись у небезпечній близькості до берега. Причому у момент розбіжності (лівими бортами) між ними відстань близько 15 м або більше.

Особливості виконання маневру розходження

Для запобігання небезпечним зближенням важливо виконати низку попередніх дій:

- завчасне зменшення швидкості, але не до втрати керованості;
- утримання судна на безпечній відстані від берега, щоб уникнути надмірного присмоктування;
- коректне визначення моменту перекидки керма для розходження кормами.

Розглянемо типовий випадок розходження двох суден у вузькому каналі, коли дистанція між лівими бортами становить не менше 15 м. Судноводій зменшує хід до малого і утримує судно таким чином, щоб ефект присмоктування до правого берега не заважав виконати необхідну перекидку керма [26].

Послідовність маневру:

Перед зближенням – перекинути кермо вправо, створивши контрольоване зміщення в бік правого берега.

Безпосередньо під час розходження – здійснити точну перекидку керма для проходу зустрічного судна кормою.

Після розходження – судно опиняється ближче до берега, і для утримання курсу може знадобитися до 20° перекидки керма.

У момент перебування носової частини на траверзі зустрічного судна виникає раптове притягування носа у бік його раковини. Перекидка «право на

борт» нівелює цей вплив, запобігаючи неконтрольованому уходу вліво (рис. 5.1).

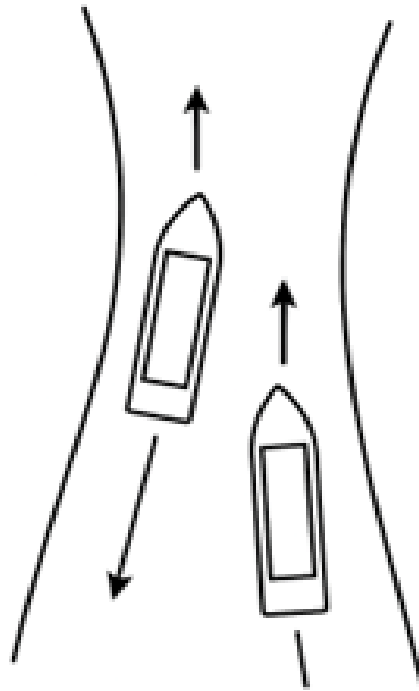


Рисунок 5.1 -Розходження суден у вузькому каналі

Далі кормова частина входить у зону сильного присмоктування кільватерного струменя зустрічного судна, що відводить її від берега, зміщуючи ніс ближче до берега.

Після проходу зони впливу зустрічного судна необхідна швидка стабілізація курсу та зниження ризику притягування до берега.

У деяких випадках навіть максимальна перекидка керма може не забезпечити достатньої керованості. Тому у критичний момент виконується дача повного ходу вперед, що збільшує ефективність керма та допомагає подолати присмоктування як від берега, так і від зустрічного судна.

Виникає природне питання: чи можна було уникнути аварійної ситуації? При ході судна вперед і роботі його машини на передній хід дію кільватерної струменя та інших збурень за кормою, особливо в умовах мілководдя і при наявності перешкод, що знижують хід судна, що відбувається за певною схемою: предмет, що знаходиться прямо по кормі, відштовхується далі по

кормі; предмет, знаходяться за яку-небудь сторону від корми, відштовхується далі в бік від корми.

Тому відразу ж після розбіжності із зустрічним судном корми судна відштовхується до берега, що ще більше погіршує і без того несприятливе становище. Відразу ж після розбіжності із зустрічним судном судно не послухається навіть при повній перекладці керма, хоча в будь який інший час воно це зробило б, незважаючи на однакове в обох випадках відстань від берега. Подолання присмоктування до берега відразу ж після розбіжності судів потребує значно більше істотною перекладки керма, ніж в будь-якому іншому випадку.

У момент перебування носової частини на траверзі зустрічного судна виникає раптове притягування носа у бік його раковини. Перекладка «право на борт» нівелює цей вплив, запобігаючи неконтрольованому уходу вліво.

Далі кормова частина входить у зону сильного присмоктування кільватерного струменя зустрічного судна, що відводить її від берега, зміщуючи ніс ближче до берега.

Після проходу зони впливу зустрічного судна необхідна швидка стабілізація курсу та зниження ризику притягування до берега.

У деяких випадках навіть максимальна перекладка керма може не забезпечити достатньої керованості. Тому у критичний момент виконується дача повного ходу вперед, що збільшує ефективність керма та допомагає подолати присмоктування як від берега, так і від зустрічного судна.

Коли маневр стає небезпечним

Якщо канал надто вузький і відстань між суднами під час проходу траверзами є мінімальною, існує високий ризик:

- притягування носа одного судна до раковини іншого;
- некерованого зносу в бік берега;
- зриву потоку з керма та повної втрати керованості.

Якщо ж канал настільки вузький, що між суднами, які перебувають на траверзі один одного, залишається обмежений простір, виникає серйозна

небезпека присмоктування носа одного судна до раковини іншого. У таких ситуаціях застосовувати вищенаведений спосіб розходження не рекомендується.

Залежність сили присмоктування від обрисів берега (рис. 5.2)

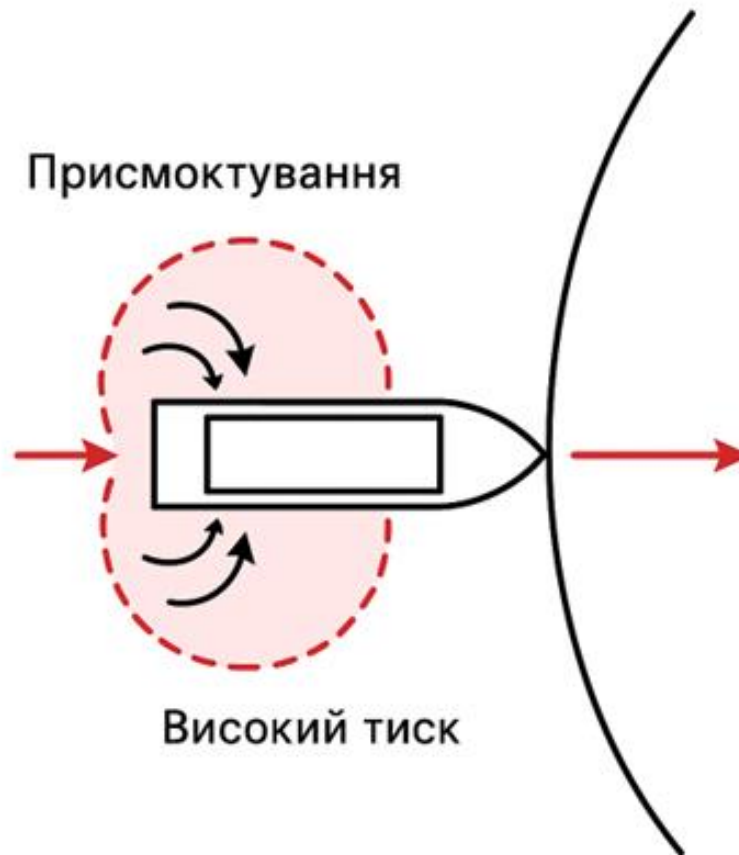


Рисунок 5.2 - Зонт присмоктування та зонт високого тиску біля судна та берега
плив форми берега

Сила присмоктування також залежить від геометрії берегової лінії:

- вертикальний берег спричиняє менше присмоктування корми;
- пологий берег створює значно більшу зону зниженого тиску, що притягує судно сильніше;
- у каналі з різними заформованими берегами ніс судна буде відхилятися від пологого берега, що потребує додаткової перекладки керма у його бік. [29].

Проходження повз ошвартоване судно

Проходження судна, що рухається, поблизу ошвартованого потребує додаткової обережності. На небезпеку впливають:

- хвильове збурення,
- донна хвиля,
- дія гвинта,
- кильватерна течія.

Щоб мінімізувати негативний вплив:

- заздалегідь зменшують швидкість до малого ходу;
- приблизно за чверть милі перед траверзом зупиняють машину;
- прохід виконують на інерції.

Це зменшує хитавицю та ризик обриву швартових.

Судно яке проходить може також допомогти іншому судну знятися з мілини: власна хвиля, яка наздоганяє судно, здатна забезпечити підйомну силу. Якщо в цей момент дати повний хід вперед, сила підйому може бути достатньою, щоб відрив корпус від ґрунту.

Відхід від берега при наявності присмоктування

Відхід судна від берега під дією присмоктування є складним і потребує правильної послідовності дій:

Включити найменший хід вперед при кермі в положенні «прямо».

Коли корма почне зміщуватися до берега, поступово перекладати кермо “право на борт”.

При розвороті на 3–4° — дати малий хід; при 6–7° — середній; при досягненні 10° — повний хід.

Збільшення швидкості тимчасово зменшує присмоктування, дозволяючи керму проявити достатню ефективність.

Цей метод показує, що вивести судно з паралельного положення біля берега без ходу практично неможливо. Тому підхід до берега на повному ході є критично небезпечним та може призвести до повної втрати керованості.

Таблиця 5.2 – Ключові аспекти присмоктування

№	Ключовий аспект	Суть явища	Основні ризики	Рекомендовані дії судноводія
1	Присмоктування між суднами при розходженні	Зниження тиску між корпусами спричиняє різке притягування носа або корми	Знос у бік зустрічного судна, втрата курсової стійкості	Зменшувати швидкість; розходитись кормами; заздалегідь готувати перекладку керма
2	Вплив роботи гребного гвинта	Кільватерний струмінь створює сильні локальні зони присмоктування	Відхід або притягування корми, неможливість втримати курс	Враховувати напрям та силу струменя; працювати малим ходом
3	Вплив берегів	Пологий берег створює сильніше присмоктування, ніж вертикальний	Притягування корми, втрата керованості	Тримати дистанцію; компенсувати кермом у бік пологого берега
4	Проходження повз ошвартоване судно	Збурення води та донна хвиля можуть розгойдувати швартови	Ривкові навантаження, обривання швартовів	Завчасно зменшити хід, пройти на інерції
5	Відхід від берега	Без ходу кермо малоефективне; присмоктування домінує	Судно не реагує на кермо, можливе притискання до берега	Поступово збільшувати хід: мінімальний → малий → середній → повний

5.3 Управління судном у каналі та протидія присмоктуванню й впливу носової хвилі

Ефективне управління судном у вузьких каналах передбачає вміння компенсувати негативні гідродинамічні впливи шляхом раціонального використання позитивних факторів, що виникають під час руху. Як показано вище, однією з таких можливостей є нейтралізація ефекту присмоктування шляхом зміни кута перекладки керма.

У цьому розділі розглядається взаємодія двох ключових гідродинамічних чинників — присмоктування корпусу до берега або інших об'єктів та впливу носової хвилі.

Взаємодія присмоктування і носової хвилі

Носова хвиля не має значного відштовхувального ефекту для судна, яке рухається перпендикулярно до об'єкта (берега, причалу чи іншого судна). Однак її вплив істотно зростає, коли судно рухається паралельно таким об'єктам. У такій ситуації носова хвиля, подібно клину, створює поперечний тиск на ніс судна, зміщуючи його у бік.

Прикладом прояву цих сил є провідка суден у каналі з колишньою системою шлюзів, де вхід до обхідного каналу розташовувався справа. Навантажені судна, які рухалися уздовж основного каналу, утримувались на осі до моменту підходу до обхідної ділянки, після чого зазнавали несподіваного розвороту вбік обхідного каналу, навіть при перекладці керма на «ліво». Це пояснювалось зміною тиску носової хвилі: у момент наближення до бокового входу вплив хвилі на праву скулу припинявся, тоді як тиск на ліву залишався значним, що спричиняло неконтрольований розворот.

Щоб уникнути цього, судноводії використовували ефект присмоктування: перед поворотом судно підводили ближче до правого берега, щоб присмоктування утримувало корму і мінімізувало небажаний розворот.

Здійснення крутого повороту: узгодження присмоктування та носової хвилі

Під час виконання різких поворотів у каналі судно зазвичай починає зміщуватись бортом до протилежного берега (бортовий знос). У вузьких каналах цей ефект є меншим, ніж на відкритій воді, оскільки берегові схили чинять відштовхувальну дію, що залежить від глибини, форми берега та осадки судна.

Носова хвиля на порожньому судні може практично не впливати на його курс, особливо якщо на повороті глибини значні. У цьому разі судно веде себе подібно до умов відкритої води. Таким чином:

- присмоктування допомагає керму і відтягує корму до берега,
- носова хвиля та тиск водяного клина між берегом і корпусом діють у протилежному напрямку.

Результуючий ефект цих сил залежить від конкретних гідрографічних умов.

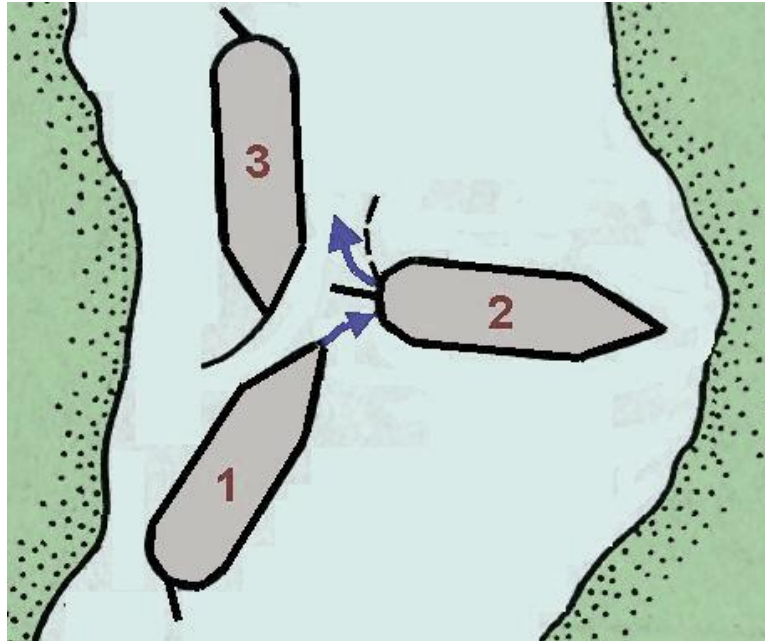


Рисунок 5.3 - Розворот судна в вузькості

Визначення напрямку течії

Під час плавання у каналі важливо визначати напрямок течії, особливо вночі або за умов змінної гідрологічної обстановки. На багатьох внутрішніх водних шляхах, зокрема в районі Мексиканської затоки, течії характеризуються різкою змінністю.

Одним з індикаторів є поведінка судна на поворотах:

- відхилення у бік мису — ознака зустрічної течії;
- відхилення у бік закруту — ознака попутної течії.

Мабуть, неможливо точно сказати, коли саме слід починати поворот, але відомо, що при сильному зустрічному протягом його потрібно здійснювати як можна пізніше, при відсутності течії — трохи раніше, при сильному попутному плині — як можна раніше.

Вплив зустрічних і попутних течій на управління судном

Характеристика руху судна у каналі залежить від співвідношення його швидкості відносно води та течії.

Основні закономірності:

- При зустрічній течії судно легко зупинити, але збільшення швидкості щодо води посилює присмоктування і ризик некерованого рискання.
- При попутній течії судно може рухатися із мінімальним ходом щодо води, зберігаючи достатню швидкість відносно ґрунту. Це знижує інтенсивність присмоктування та формування водяного клина.

Таким чином, судно з низькими маневровими якостями легше керується при сильній попутній течії, тоді як при зустрічній може втратити керованість.

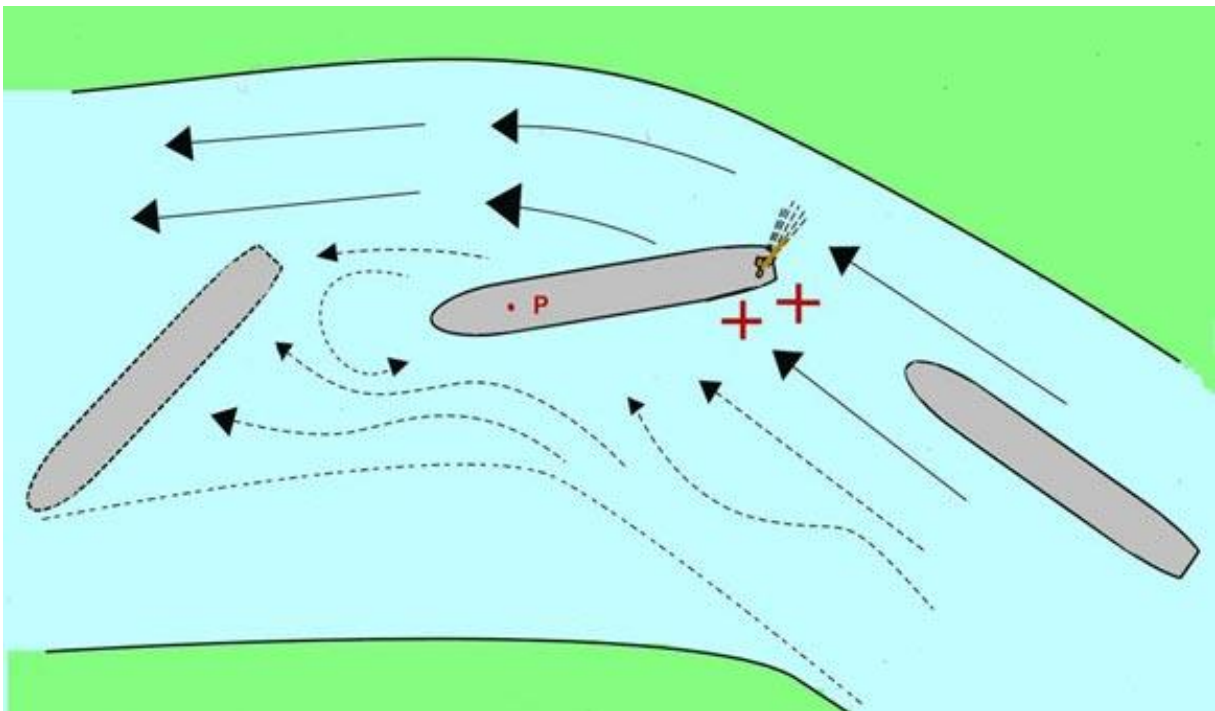


Рисунок 5.4- Вплив попутного течії на керованість судна

Крутий поворот при сильній попутній течії

Сильна попутна течія у закрутах здатна розгортати судно, особливо навантажене. Найбільш небезпечна зона — поблизу мисів, де можливе формування завихрень. Якщо при цьому діє присмоктування, виникає ризик розвороту судна на 180° або заносу поперек каналу.

Запобігання аварійній ситуації досягається шляхом:

- підходу до повороту посередині каналу,
- зменшення ходу щодо води,
- проходження повороту по діагоналі з урахуванням очікуваного знесення.

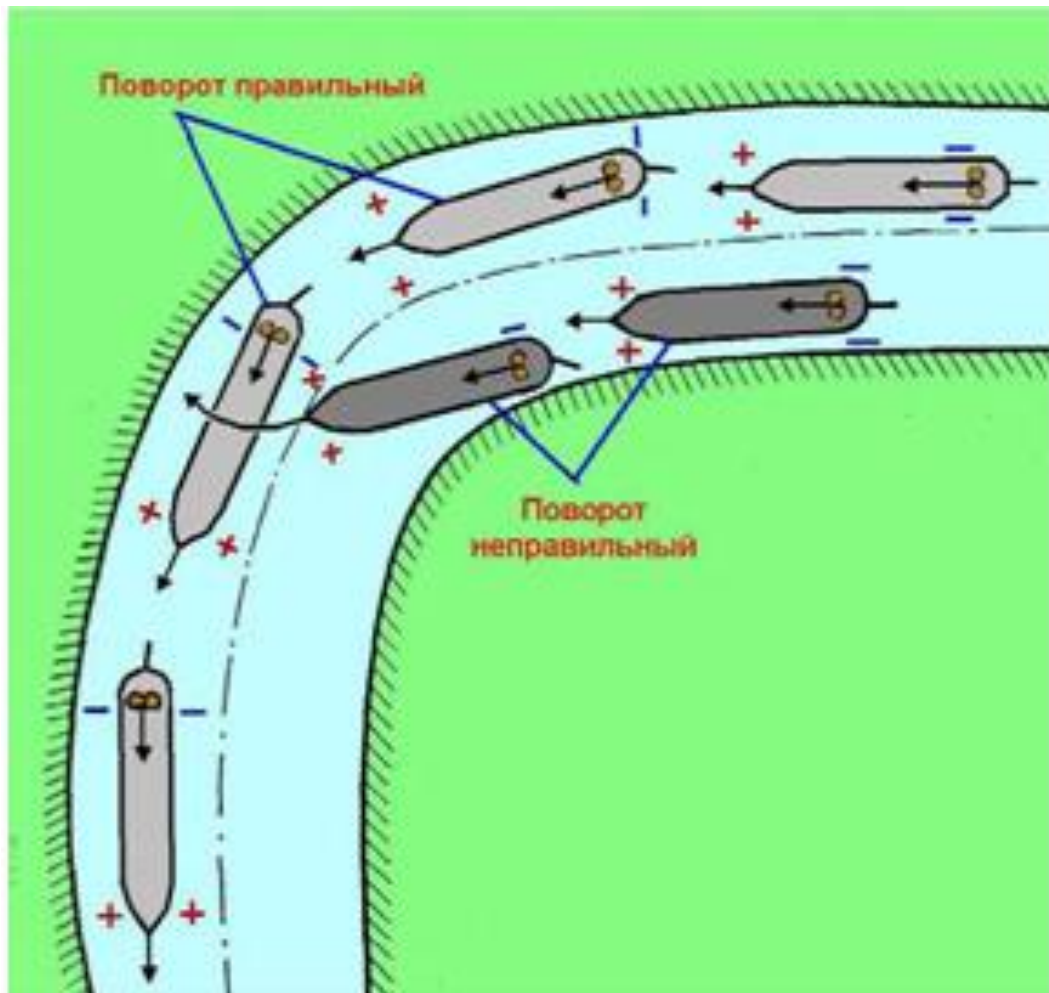


Рисунок 5.5 - Поворот у вузькості

Так, замість виконання загальноприйнятих рекомендацій триматися в закруті, капітан повинен при підході до повороту вести судно посередині каналу малим ходом. Однак треба мати на увазі, що при виконанні маневру повороту з цього положення, судно буде істотно знесено в бік закруту до моменту закінчення повороту.

Як тільки судно опиниться поблизу закруту, сила присмоктування буде сприяти повороту. Оскільки судно буде знесено в бік закруту, його доведеться

направити по діагоналі каналу, щоб повною мірою використати протягом при повороті.

З іншого боку, припустимо, що судно підходить до повороту, тримаючись боку закруту. При підході до повороту, йому доведеться різко змінити курс у бік протилежного берег або мису, щоб уникнути торкання берега внаслідок впливу течії.

При такому діагональному курсі в корму судна направлено попутне протягом, яке має в цьому місці найбільшу силу. Воно почне розгортати судно. Сила присмоктування до берега ще більше посилить розворот. Ніс же судна в цей час опиниться в тому місці, де течія відсутня або працює в протилежному напрямку.

При підході судна з повним вантажем до стану 3 (рис. 6.3) відбувається наступне: коли судно починає сильно розгортатися (як в положенні 2, в іншому випадку воно буде знесено в закрут), треба перекласти кермо на протилежний борт на значний час для того, щоб зменшити швидкість повороту або припинити поворот, навіть якщо судно не зазнає впливу присмоктування, течії або інших зовнішніх сил.

Розбіжність з буксирним караваном

Обгін буксирного каравану у вузькому каналі становить складний маневр, оскільки судно, що обганяє, створює хвильовий та присмоктувальний вплив на баржу.

Характерні етапи взаємодії:

1. Носова хвиля може піднімати або відштовхувати баржу.
2. При виході баржі на траверз судна хвиля змушує її рискати.
3. Кормова хвиля інколи штовхає баржу вперед, роблячи її швидкість залежною від руху судна-обганяючого.
4. Найнебезпечніша ділянка — траверз міделю, де присмоктування максимальне.

Якщо буксир недостатньо потужний, він не може компенсувати рискання баржі, і її корма може навалитися на раковину судна, що обганяє, спричиняючи ризик пошкодження гвинта або керма.

Існує безпечніший варіант маневру: обгін на мінімальних обертах, коли судно-обганяюче зупиняє машину на момент проходження середини каравану, усуваючи присмоктувальний ефект власного гвинта.

Сучасне уявлення про гідродинамічному взаємодії між суднами викладено в роботах Воробьев Ю.Л. [26] Найбільш небезпечно гідродинамічна взаємодія між суднами, коли ніс або корму одного з судів знаходиться приблизно на траверзі міделю іншого судна.

Помічено, що на траверзі раковини обганяє судна не завжди відбувається присмоктування, а часом спостерігається і відштовхування. Іноді, коли обгоняємий плавзасіб починає відставати, і його корму виявляється на траверзі раковини обганяє судна, замість присмоктування корми спостерігається як би протилежне явище — ніс плавзасоби несподівано нишпорить у бік судна. Це характерно в тому випадку, коли достатній простір дозволяє плавзасобу не випробовувати занадто сильного присмоктування до раковини обганяє судна.

Створюється враження, що таке рискання викликано відштовхуванням корми плавзасоби. Насправді відбувається наступне. Самохідне судно довжиною приблизно 60 м, можна порівняти з колоною, один кінець якої стоїть на землі. Колона може злегка захитався але не втратить рівноваги. Але варто збільшити амплітуду гойдання і колона впаде.

Корма судна нагадує нижній кінець колони, а хвиля, що йде під прямим кутом до курсу судна — ґрунт. На ділянці від полубака до полуюта вода, що тече в корму і паралельно судну, що діє на судно таким же чином, як сила тяжіння на колону. Якщо судно злегка відхилиться від курсу, воно знову повернеться в початкове положення. Занадто сильне рискання призведе до втрати керованості.

А тепер припустимо, що таке судно обганяє вже розглядався караван в ідентичних умовах. Змінено лише одна умова: караван зменшує хід до моменту

наближення обганяє судна. Судно теж зменшує хід до самого малого і продовжує обгін. Носова хвиля не робить помітного впливу на караван, судно продовжуємо обгін до того моменту, коли його корму починає присмоктувати корма баржі і таким чином викликає незначне рискання. Буксирне судно дає короткочасний повний хід і зменшує рискання, потім знову зменшує хід. Так як кормова хвиля судна невелика, караван благополучно залишається позаду.

Якщо виникає необхідність виключно обережного обгону, то він здійснюється наступним чином: перед обгоном караван не повинен мати ходу щодо води, судно що обганяє, наближається самим малим ходом. Коли караван виявляється приблизно на середині довжини судна, останнім стопорить машину. Таким чином вдається усунути єдине джерело присмоктування — присмоктування за рахунок роботи гвинта. Інерції переднього ходу завантаженого судна виявиться цілком достатньо для завершення обгону за умови, що буксир буде тягнути з силою, що забезпечує лише керованість каравану.

Висновки

Аналіз гідродинамічних ефектів при плаванні в обмежених водах підтверджує, що ефект присмоктування є критичним чинником, який судноводій повинен не лише враховувати, але й використовувати у своїй практиці.

1. Актуальність та ризики: Для сучасного флоту, особливо при проходженні вузьких фарватерів на підвищених швидкостях, ігнорування присмоктування створює пряму загрозу безпеці та може призвести до втрати керованості. Цей ефект є особливо небезпечним при розходженні суден.
2. Інформативна цінність: Судно демонструє характерну "поведінку" поблизу мілководдя, яка є інформативним сигналом для судноводія.
3. Практична вигода: Присмоктування не є виключно негативним чинником. Його можна свідомо використовувати для покращення

маневру (наприклад, для маневру повороту в каналах, збереження керованості при обгоні та допомоги керму).

Таким чином, у контексті швидкого службового зростання молодших офіцерів, критично важливим є збереження та передача знань та навичок щодо повного обліку місцевих гідродинамічних умов. Компетентний судноводій має володіти вмінням з максимальною вигодою використовувати гідродинамічні ефекти для підвищення безпеки та ефективності судноплавства.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙС

6.1 Вступ

В умовах ринкової економіки, центр всієї економічної діяльності переміщається до основної ланки - підприємства, судноплавної компанії, судна. Саме на цьому рівні створюється потрібна суспільству продукція, виявляються необхідні транспортні послуги. Ринкова економіка по-новому ставить питання обґрунтування економічної доцільності нововведень, постійного аналізу в області організації, управління, технології і техніки.

Є два джерела збільшення прибутку судноплавної компанії (судна), упровадження нововведення: зниження собівартості одиниці продукції або транспортних послуг і покращення їх експлуатаційно-економічних характеристик. Реалізується це через зниження ціни та за рахунок підвищення конкурентоспроможності судна, або через підвищення ціни (фрахтової ставки) і збереження об'єму перевезень завдяки високій конкурентоспроможності через більш високі експлуатаційно-економічні показники продукції, транспортних послуг, ніж у конкурентів. При рішенні задачі, в першу чергу, необхідно визначити джерела підвищення дохідності судна. В другу чергу, необхідно визначити основні напрями досягнення найвищого економічного результату за рахунок вибору найкоротшого і безпечного шляху проходження, економії ходового і стоянкового часу, збільшення експлуатаційного періоду, скорочення експлуатаційних витрат і використання внутрішніх резервів.

6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

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

Таблиця 6.1 -Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «Тої Challenger»	D_w	тон	19796,3
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	799,0
3	Відстань між портами	L	милі	4221,2
4	Кількість навантаженого вантажу: пшениця	ΣQ_m	т	17780
5	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$/т	30
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/ доб.	9000
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/ доб.	9000
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	13,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	8
10	Добова витрата палива на ходу: важке	q_x^e	тон/доб	25,2
	Добова витрата палива на стоянці: легке	$q_{ст}$	тон/доб	2,8
11	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	550
	легке	C_l	\$/т	700

Продовження табл. 6.1

12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	1410741
13	Річна норма амортизації	Ha	%	10
14	Позаексплуатаційний час	$T_{зе}$	діб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	20
16	Час затримки в дорозі	$t_{зам}$	доб.	0,05
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	год.	2
18	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/доб	1700
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/доб	300
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/доб	200
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	12250
22	Агентування суден	$R_{аг}$	\$/доб	100
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/доб	150
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	300000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	20000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання [42, 44].

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_q = D_w - G_{зан}, \quad (6.1)$$

$$D_q = 19796,3 - 799,0 = 18997,3 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

де T_k - календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 4221,2 / (13,0 \times 24) + 0,05 = 13,6 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

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

$$t_{cm} = 17780 / 9000 + 17780 / 9000 + 2/24 = 4,0 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 13,6 + 4,0 = 17,4 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 17780 \times 4221,2 = 75052936 \text{ тонно-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\text{ч}} L = 18997,3 \times 4221,2 = 80191402,8 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{рейс} = 17780 \times 30 = 533400 \text{ $/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

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

- витрати на заробітну плату ($R_{зн}$) 1700 \$/добу;

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

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

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

$$R_{хар} = 20 \times 12 = 240 \text{ \$/добу};$$

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

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

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

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

$$R_{рем} = ((20000 + 300000) / 5) / 350 = 183 \text{ \$/добу}$$

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

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

$$R_{ам} = (1410741 \times 0,1) / 350 = 403 \text{ \$/добу};$$

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

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

де $H_{сн}$ - норма постачання;

$$R_{сн} = (1410741 \times 0,02) / 350 = 81 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.пос.}$) 300 \$/добу;

- навігаційні витрати, \$/добу ($R_{нав}$) 200 \$/добу;

- портові збори ($R_{порт}$) 12250 \$/рейс;

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

- витрати на страхування ($R_{стр}$) 150 \$/добу.

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

$$R_{\text{екс}} = 1400 + 240 + 183 + 403 + 81 + 300 + 200 + 12250 / 17,4 + 100 + 150 = 3761 \text{ \$/добу}$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

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

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

$$R_{\text{кос.}} = 3761 \times 0,02 = 76 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{\text{заг}} = 3761 + 76 = 3837 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = 3837 \times 17,4 = 66764 \text{ \$/рейс}$$

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

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

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

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

$$R_x^r = 1,1 \times 25,2 \times 550 = 15246 \text{ \$/добу}$$

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

$$R_{cm}^l = k_{cm} \cdot q_{cm} \cdot \Pi_l \quad (6.16)$$

$$R_{ст}^л = 1,1 \times 2,8 \times 700 = 2156 \text{ \$/добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

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

$$\Sigma R_{пер} = 15246 \times 13,6 + 2156 \times 4,0 = 215969 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{рейс} = 66764 + 215969 = 282733 \text{ \$/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma \Pi_{рейс} = 533400 - 282733 = 250667 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Тої Challenger» з порту Дурбан в порт Сіка з вантажем пшениця за рейс склав 250667 \$/рейс.

Якісні показники роботи судна в рейсі розраховуємо за методикою [36]:

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

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

$$K_e = 350 / 365 = 0,959$$

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_z = \frac{\Sigma Q}{\Sigma D_{\text{ч}}}, \quad (6.21)$$

$$\alpha_z = 17780 / 18997,3 = 0,936$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

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

$$V_{cp} = 4221,2 / 13,6 = 310$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 13,6 / 17,4 = 0,78$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

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

$$\mu_6 = 0,936 \times 310 \times 0,78 = 226,32$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu = 533400 / 17,4 = 30655 \text{ \$ / доба}$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

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

$$S_m = 282733 / 17780 = 15,90 \text{ \$ / т}$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

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

$$S_{m-м} = 282733 / 75052936 = 0,0037671 \text{ \$ / т-м}$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

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

$$S_{с-с} = 282733 / 17,4 = 16249 \text{ \$ / доба.екс}$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

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

$$PF = 533400 / 282733 = 1,89$$

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

6.3 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

Якісні показники роботи судна за експлуатаційний період розраховуємо з урахуванням розрахованого експлуатаційного період роботи судна за формулою (6.2) за методикою [36]:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p \quad (6.30)$$

$$Ч_p = 350 / 17,4 = 20,11$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{екс} = 17780 \times 20,11 = 357556 \text{ т / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

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

$$\Sigma Ql_{екс} = 75052936 \times 20,11 = 1509314543 \text{ т-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma F_{екс} = 533400 \times 20,11 = 10726674 \text{ \$ / рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma R_{екс} = 282733 \times 20,11 = 5685761 \text{ \$ / рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma \Pi = 250667 \times 20,11 = 5040913 \text{ \$ / рік}$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$PF = 533400 / 282733 = 1,89$$

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

Таблиця 6.2 - Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	Валовий дохід	F	\$	533400
2	Затрати загальні	R	\$	282733
3	Прибуток	Π	\$	250667
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,78
5	Дохідність судна в добу	μ	\$/ доб	30655
6	Рівень дохідності	PF		1,89
7	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	15,90
8	Собівартість 1 т-милі	S_{T-M}	\$/т-м	0,0037671
9	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/доб.	16249

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 1,89, прибуток 250667 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 5040913 \$. Судно «Alliance» доцільно використовувати на даній лінії.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Балкер «Saar N» стоїть у порту Гамбург (Німеччина) біля причалу № 3 під вантаженням. Отримано повідомлення про інцидент на території спеціалізованого перевантажувального комплексу для хімічних вантажів: в результаті терористичного акту зійшла з рейок і перекинулась залізнична цистерна. З пошкодженої цистерни вилилося 5 т зрідженого фосгену, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). характер розливу СДОР – «вільно». Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 12.00, Температура повітря 0⁰, швидкість вітру 2 м/с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії - 5 км. Характер місцевості - промислова забудова і територія порту. На території порту оголошена терористична загроза.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1:00 після аварії. Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна.

Визначити стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портового споруди, що взаємодіє з судном, підозрілого предмету.

Оцінка масштабів хімічного зараження території.

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених в методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до "Методичним вказівкам щодо виконання розділу« Цивільний захист / оборона »дипломних проектів (робіт)»).

Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданим метеорологічним умовам (час доби - день, швидкість вітру 5 м/с, суцільна хмарність) за допомогою таблиці 7.1 визначити: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 7.1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	час доби					
	День			Ніч		
	Наявність Хмарності					
	відсутнє	середня	Суцільна	відсутнє	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	Інверсія	Ізотермія	Ізотермія
> 4,0	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія

Розрахунок еквівалентної кількості СДОР в первинній хмарі.

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

Розрахувати еквівалентну кількість $Q_{\text{э1}}(t)$ фосген в первинній хмарі:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,05 \cdot 1,00 \cdot 0,23 \cdot 0,0 \cdot 5,0 = 0,00 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,05$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання фосгену (таблиця 7.2);
 $K_3 = 1,00$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози фосгену (таблиця 7.2);

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

$K_7^1 = 0,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинної хмари (таблиця 7.2);

$Q_0 = 5,0$ – кількість розливу при аварії фосгену, т.

Таблиця 7.2. Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Наименование СДОР	Плотность СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·мин/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	ізотермічне зберігання				K1	K2	K3	K7 для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Фосген	Газ	Рідина										
	-	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,00	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,7	<u>1</u> 1	<u>2,7</u> 1

Примітка: У таблиці наведені значення K₇ в чисельнику - K₇^I (для первинної хмари), для первинної хмари - K₇^{II} (для вторинної хмари).

2.3. Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії і еквівалентної кількості СДОР під вторинною хмарою.

Площа розливу S_p (м²) фосгену дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p Q_0 / \rho}{h} = \frac{5,0 / 1,432}{0,05} = 69,8 \text{ м}^2,$$

де: V_p – обсяг розливу фосгену, м³;

ρ = 1,432 – щільність фосгену, т/м³ (таблиця 2);

h = 0,05 – товщина шару фосгену, м.

Тривалість вражаючої дії СДОР визначається часом його випаровування з площі розливу часом спаду концентрації СДОР до безпечного рівня після відходу хмари зараженого повітря від даної точки.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (ч) фосгену:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II} K_M \cdot v_{\Pi}} + \frac{1}{v_{\Pi}} = \frac{0,05 \cdot 1,432}{0,061 \cdot 1,33 \cdot 0,70,2 \cdot 6} + \frac{1}{6} = 1,26 + 0,83 = 2,09 \text{ ч.},$$

де: K₂ = 0,061 – коефіцієнт, залежить від фізико-хімічних властивостей фосгену (таблиця 7.2);

K₄ = 1,33 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 7.3);

K₇^{II} = 0,7 – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 7.2);

K_M = 0,2 – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість розповсюдження хмари фосгену (таблиця 7.4);

$v_n = 6$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км / год (таблиця 7.5).

Таблиця 7.3. Значення коефіцієнта K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	1 ≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1,33	1,67	2,00	2,33	2,67	3,00	3,33	3,67	4,00

Таблиця 7.4. Значення коефіцієнта 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
Рівнинний, рідкісні дерева	0,5	0,6	0,6
Рівнинний, густий ліс	0,3	0,4	0,4
Горбистий, рідкісні дерева	0,2	0,3	0,4
Горбистий, густий ліс	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, рідкі дерева	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, густий ліс	0,1	0,1	0,1
Рідкі будівлі	0,2	0,3	0,4
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
Територія порту	0,2	0,2	0,3

Таблиця 7.5. Швидкість (км / ч) перенесення v_n переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

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

Розрахувати еквівалентну кількість фосгену Q_{32} (т) у вторинному хмарі:

$$Q_{32} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} = (1-0,05) \cdot 0,061 \cdot 1,00 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot \frac{5,0}{0,87 \cdot 1,432} =$$

де: $K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , пройшов з моменту початку аварії (за умовою задачі $N = 1$ ч);

$K_7^{\text{II}} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 7.2).

Визначення глибини і площі зони зараження.

Визначення глибини зони зараження первинним (вторинним) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті ведеться з використанням таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 - Глибина (км) зони зараження

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

Для $Q_{31} = 0,00$ т і швидкості вітру $u = 2$ м/с визначити глибину зони зараження первинним хмарою фосгену: $\Gamma_1 = 0,0$ км.

Для $Q_{32} = 0,87$ т і швидкості вітру $u = 2$ м/с шляхом інтерполювання визначити глибину зони зараження вторинною хмарою фосгену: $\Gamma_2 = 2,60$ км.

Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_{Σ} (км), обумовленої впливом первинного та вторинного хмари фосгену:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 2,60 + 0,5 \cdot 0,0 = 2,60 \text{ км,}$$

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

Визначити гранично можливе значення глибини переносу повітряних мас Γ_{Π} (км):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 6 = 6 \text{ км.}$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 2,60 \text{ км.}$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_v (км²) для первинного та вторинно-го хмари фосгену:

$$S_v = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 2,60^2 \cdot 90^0 / 360^0 = 5,31 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 2,60$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 90^0$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 7).

Таблиця 7.7. Кутові розміри зони можливого зараження СДОР в залежності від швидкості вітру

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 2,60^2 \cdot 1^{0,2} = 0,90 \text{ км}^2,$$

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

Розрахунок глибин розповсюдження хмари СДОР в вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні.

Територія Можливого хімічного зараження є сектор, який має кутовий розмір $\varphi = 90^0$ (таблиця 7.7) і радіус, рівний значенню розрахункової глибини зони зараження $\Gamma = 2,60$ км. Центр сектора збігається з джерелом зараження – місце розливу фосгену. Бісектриса сектора збігається з віссю сліду хмари і орієнтована за напрямком вітру.

В районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації, важких, середніх і легких поразок.

Розрахувати глибину зони смертельних уражень Γ_i (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_{\text{э}}}{D_l} \right)^{\Psi} = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,87}{6} \right)^{0,580} = 0,15 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2,31$; $\Psi = 0,580$ – коефіцієнти, залежні від швидкості вітру (таблиця 8);

$Q_{\text{э}} = Q_{\text{э}1} + Q_{\text{э}2} = 0,00 + 0,87 = 0,87$ – загальне еквівалентну кількість фосгену, що перейшло у первинне і вторинне хмара, т;

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

Розрахувати глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,4l}$ (км):

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_{\text{э}}}{D_{0,4l}} \right)^{\Psi} = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,87}{2,4} \right)^{0,580} = 0,26 \text{ км},$$

де: $D_{0,4l} = 0,4 \cdot D_l = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ - значення токсодози, відповідне 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_{\text{э}}}{D_{0,2l}} \right)^{\Psi} = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,87}{1,2} \right)^{0,580} = 0,38 \text{ км},$$

де: $D_{0,2l} = 0,2 \cdot D_l = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ - значення токсодози, відповідне 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких поразок відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,60$ км.

Таблиця 7.8. Коефіцієнти λ і ψ , залежні від швидкості вітру

Коефіцієнти	Швидкість вітру(u), м/с							
	1 і менш	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

Розрахунок часу підходу зараженого повітря до об'єкта.

Час підходу хмари СДОР до даного об'єкта t (ч) залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$t = \frac{x}{K_m \cdot v_{\Pi}} = \frac{5,0}{0,2 \cdot 6} = 4,16 \text{ ч,}$$

де: $x = 5,0$ – відстань від джерела зараження до заданого об'єкта, км.

3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат.

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті пошкодження залізничної цистерни, і події потім розливу сильнодіючої отруйного речовин іфосгену, показала, що заражена хмара підійде до судна через 4,16 години. На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що судно знаходиться поза зоною вражаючих концентрацій хмари зараженого повітря.

Для зменшення можливих людських втрат необхідно, обмежити вихід членів екіпажу на палубу судна, контролювати напрям переміщення хмари зараженого повітря і концентрацію аміаку в повітрі.

Враховуючи, що час дії вражаючих концентрацій досить невелика - 2,09 години, слід протягом цього часу забезпечувати підвищену готовність екіпажу до виконання додаткових заходів, пов'язаних із загрозою хімічного зараження.

ВИСНОВОК

Перехід з порту Дурбан до порту Сіка проходить в басейні Індійського океану.

У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року.

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

Вироблено розміщення вантажів. Виконані розрахунок і перевірка статичної і динамічної остійності за вимогами ІМО. Проведена перевірка подовжньої міцності судна.

У дослідницькій чолі вивчено і розглянуто ефект присмоктування в обмежених водах і маневрування суден при розходженні. У розділі розглянуто комплекс гідродинамічних явищ, що визначають особливості маневрування судна у вузьких каналах та в умовах дії течій. Аналіз показав, що керованість судна істотно залежить від співвідношення між присмоктувальними силами, впливом носової хвилі та характеристиками течії. Сумісна дія цих чинників здатна як допомагати утриманню курсу, так і створювати небезпечні ситуації, зокрема неконтрольоване рискання, посилений бортовий знос або некоректний розворот під час входу в поворот.

Важливим є те, що носова хвиля має асиметричний вплив: вона майже не відштовхує судно при прямому зближенні з перешкодою, проте істотно впливає при русі паралельно берега чи іншого корпусу, викликаючи зміщення носа. Натомість присмоктування діє переважно на кормову частину корпусу, притягуючи її до берега або об'єкта. Узгодження цих явищ відіграє ключову роль під час виконання крутих поворотів, коли поведінка судна визначається сукупністю гідродинамічних факторів, а не тільки дією керма.

Окрему увагу приділено впливу течій. Попутна течія зазвичай полегшує управління, оскільки зменшує відносну швидкість судна щодо води та, відповідно, інтенсивність присмоктування. Натомість сильна зустрічна течія

може призвести до втрати керованості у вузькому просторі через зростання гідродинамічних сил і невідповідність руху судна його інерційним характеристикам. Це потребує від судноводія точного вибору моменту початку повороту та ретельного контролю швидкості.

Особлива складність виникає під час обгону буксирних караванів, коли хвильове збурення та присмоктування створюють додаткові ризики зіткнення. Показано, що успішне виконання такого маневру можливе лише за умов мінімізації власного присмоктування (через зменшення роботи гвинта) та ретельної координації швидкостей.

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

Також проведено прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. –Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.
2. Конвенція та кодекс з підготовки, дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ-78/95) – International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95)
3. Резолюція ІМО А.893 (21) –1999 «Посібник з планування рейсу».
4. Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських судах України (РІШСУ-98).-Одесса: ЮжНИИМФ, 1998.-111с.
5. Руководство по процедурам на мостике — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 1998-87 р.
6. Забезпечення навігаційної безпеки плавання [Текст]: навчальний посібник / В. Г. Алексішин, Л. А. Козир, С. В. Симоненко; Одеська морська національна академія. - Одеса: Фенікс; М.: ТрансЛіт, 2012. – 518 с.
7. Alan Murray. Astro Navigation From Square One To Ocean Master.- M-Y Books, 2013. - 445 р.
8. Практичне судноводіння [Текст]: навч. посібник / В. Г. Алексішин, В. Т. Долгочуб; Одеська морська національна академія. - 4-те вид., Випр. та дод. – О.: Фенікс, 2011. – 376 с.
9. Михальчук В.В. Мореходная астрономия: конспект лекций. - Одесса: ОНМА, 2003 - 55с.
10. D.J. House Seamanship Techniques. Shipboard and Marine Operations. 5th Editdion. 2018. - 922 р.
11. Кондрашихін В.Т., Бердінських Б.В., Мальцев А.С., Козир Л.А. Довідник судноводія з навігаційної безпеки мореплавання. – Одеса, 1990.-167с.
12. http://shturman-tof.ru/Slovar/Slovar_01.htm
13. Ніколаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: навч. [для студ. вищ. навч. зав.] / Л. Л. Миколаєва. – Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.

14. Савчук В. Д. *Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. – 335 с.*
15. Бурмака І.О. Управління судами у ситуації небезпечного зближення / І.О Бурмака., Е.Н П'ятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
16. Мальцев А.С. Теорія та практика безпечного управління судном під час маневрування. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. Одеса, 2007. 395 с.
17. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
18. Мальцев А.С. Маневрування судів під час розбіжності. - Одеса.: Морський тренажерний центр, 2002. стр. 208
19. Сізов В.Г. Теорія корабля: Підручник. Видання 4-те, перероблене та доповнене. – Одеса: Фенікс, 2008. – 464 с.
20. Максимаджи А.И. Капитану о прочности судна: Справочник. – Л.: Судостроение, 1988. – 224 с.
21. Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. Resolution A.267(85). -London: International Maritime Organization, 2008.-109 p.
22. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден.: У 5-ти т. Том 2. - Київ: Регістр судноплавства України, 2016.
23. Мальцев А.С. Теория и практика безопасного управления судном при маневрировании. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. Одесса, 2007.- 395 с.
24. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении. - Одесса.: Морской тренажерный центр, 2002.- 208 с.
25. Воробйов Ю.Л. Гідродинаміка судна у стиснутому фарватері: Суднобудування, 1992. -135 с.
26. Krishnankutty P. and Varyani K. S. Force on the mooring lines of a ship due the hydrodynamic interaction effects of a passing ship // Int. Shipbuild. Progr.–

- 2004.– 51, N 1.– P. 33-57.
27. V. Bertram, Practical ship hydrodynamics. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
 28. Бенержі П., Баттерфілд Р. Метод граничних елементів у прикладних науках.– Мир, 1984.– 494 с.
 29. Горбань В. О., Масюк С. В. Гідродинамічна взаємодія суден на мілководді // Прикладна гідромеханіка.– 2007.– 9(81), N 4.– С. 17-29.
 30. Масюк С. В. Гідродинамічна взаємодія суден з береговими спорудами на мілкій воді // Прикладна гідромеханіка.– 2008.– 10(82), N 3.– С. 77-81.
 31. Cohen S., Beck R. Experimental and theoretical hydrodynamic forces on a mathematical model in confined water // Journal of Ship Research.– 1983.– 27, N 2.– P. 75-89.
 32. Krishnankutty P. and Varyani K. S. Force on the mooring lines of a ship due the hydrodynamic interaction effects of a passing ship // Int. Shipbuild. Progr.– 2004.– 51, N 1.– P. 33-57.
 33. В. О. Горбань, С. В. Масюк, В. І. Нікішов, 2009 3 ISSN 1561 -9087 Прикладна гідромеханіка. 2009. Том 11, N 3. С. 3 – 7
 34. Krishnankutty P. and Varyani K. S. Force on the mooring lines of a ship due the hydrodynamic interaction effects of a passing ship // Int. Shipbuild. Progr.– 2004.– 51, N 1.– P. 33-57.
 35. Числове моделювання гідродинамічної взаємодії тіл, що рухаються в рідині / В. О. Горбань, С. В. Масюк // Приклад. гідромеханіка. - 2006. - 8, № 3. - С. 27-49. - Бібліогр.: 23 назв. - укр.
 36. Войткунський Я.І. Опір руху суден. 2-ге вид., перераб. та дод.: Суднобудування, 1988. - 288 с.
 37. Інтернет ресурси: <https://sea-man.org/yakornaya-stoyanka.html>
 38. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Обзор морського транспорту)

39. Винников В.В. Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок): - 3 изд., перераб. доп. – О.: Феникс, 2011. – 944 с.
40. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. монографія за ред. А. Г. Дем'янченко. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 325 с.
41. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017, с. 20.
42. Б. І. Гуменюк. Міжнародна морська організація // Українська дипломатична енциклопедія: У 2-х т./Редкол.:Л. В. Губерський (голова) та ін. — К.:Знання України, 2004 — Т.2 — 812с. ISBN 966-316-045-4
43. Манільські поправки до Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ) [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_052
44. Міжнародна конвенція щодо запобігання забруднення моря з суден (МАРПОЛ 73/78) -International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78)
45. Терновський В. Б. Методичні вказівки щодо виконання розділу дипломної роботи «Охоронні заходи та цивільна оборона на судні» / В. Б. Терновський – Одеса: НУОМА, 2015. – 75 с.