

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра морських перевезень

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Грабового Кирила Олександровича

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи: **Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Mount Olympus» за маршрутом Елефсис – Маргера**

Підпис магістранта _____

Завідувач кафедри _____

Керівник _____

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут навігації

кафедра морських перевезень

спеціалізація 271.01 Навігація і управління морськими суднами

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

" 27 " 08 2025 р.

ЗАВДАННЯ

по дипломній роботі магістранта

Грабового Кирила Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** **Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Mount Olympus» за маршрутом Елефсіс– Маргера**
затверджена наказом по НУОМА від " 01 " грудня 2025 р. № 1455
2. Строк здачі курсантом закінченої роботи " 28 " листопада 2025 року
3. Вхідні дані до роботи:
 1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи
 2. Суднова документація: Ship Particulars, Maneuvering Booklet, Wheelhouse poster, General Arrangement, Stability Booklet, Capacity Plan With Deadweight Scale тощо
 3. Міжнародні конвенції, кодекси та резолюції
 4. Науково-довідкова література
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
 1. Характеристики судна
 2. Аналіз, оцінка та планування та розміщення вантажів
 3. Обробка та розміщення вантажів
 4. Оцінка морехідних якостей судна
 5. Сучасні підходи в забезпеченні екологічної безпеки судноплавства
5. Перелік графічного матеріалу:
 1. Маневрені характери судна
 2. Графічний план переходу
 3. Діаграма викидів шкідливих речовин та їх залежність від галузі застосування
 4. Топ 5 країн, які є лідерами виробництва біопалива

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

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис і дата
1. Характеристики судна	проф. Савчук В.Д.	
2. Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	проф. Савчук В.Д.	
3. Обробка та розміщення вантажів	проф. Савчук В.Д.	
4. Оцінка морехідних якостей судна	проф. Савчук В.Д.	
5. Сучасні підходи в забезпеченні екологічної безпеки судноплавства	проф. Савчук В.Д.	
6. Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі (кафедра «Менеджменту і економіки морського транспорту»)	проф. Савчук В.Д.	
7. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні (кафедра «Судноводіння»)	проф. Савчук В.Д.	

7. Календарний план дипломної роботи магістранта

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Характеристики судна	08.09.2025	виконано
2.	Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	18.09.2025	виконано
3.	Обробка та розміщення вантажів	30.09.2025	виконано
4.	Оцінка морехідних якостей судна	10.10.2025	виконано
5.	Сучасні підходи в забезпеченні екологічної безпеки судноплавства	18.11.2025	виконано
6.	Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	21.11.2025	виконано
7.	Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	25.11.2025	виконано

Дата видачі завдання 27.08.2025

Керівник _____ Завдання до виконання прийняв _____

Магістерська робота містить стор., рис., табл. і використаних джерела.

Досліджено питання альтернативних видів палива.

Розглянуто особливості застосування біопалива в якості замітника традиційним.

Визначено прогнози застосування біопалива.

Проаналізовано транспортно-експлуатаційні характеристики і конструктивні особливості судна.

Виконано планування переходу, складено вантажний план і виконана перевірки остійності згідно вимогам ММО.

Проведені розрахунки з економічного обґрунтування рейсу і зроблений аналіз його кількісних і якісних показників.

Ключові слова: експлуатація суден, судноплавство, район альтернативні види палива, біопаливо, електроенергія, екологія, захист навколишнього середовища, електричні судна.

The master's thesis contains pages, fig., table. and sources used.

The issue of alternative fuels is investigated.

The features of using biofuels as a substitute for traditional ones are considered.

Forecasts of biofuel use have been determined.

The transport and operational characteristics and design features of the vessel were analyzed.

The transition planning was carried out, the cargo plan was drawn up and the stability checks were carried out in accordance with IMO requirements.

The calculations on the economic justification of the flight were made and the analysis of its quantitative and qualitative indicators was made.

Key words: vessel operation, navigation, district alternative fuels, biofuels, electricity, ecology, environmental protection, electric vessels.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	..
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА	..
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна.....	..
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна.....	..
1.3 Маневрені характеристики	..
1.4 Навігаційне обладнання.....	..
1.5 Забезпечення непотоплюваності	..
2 АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ	..
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу	..
2.2 Оцінка запланованого переходу	..
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході.....	..
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	..
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	..
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання	..
2.3.1 Розрахунок ортодромії	..
2.3.2 Складання маршрутних листів	..
2.3.3 Графічний план переходу	..
2.3.4 Розрахунок природної освітленості.....	..
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів.....	..
2.4 Висновки.....	..
3 ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ	..
3.1 Транспортні характеристики вантажів.....	..
3.1.1 Наливні вантажі.....	..
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	..
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна	..
3.4 Складання вантажного плану	..

3.5	Характеристика експлуатаційних умов рейсу	
4	ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА	
4.1	Розрахунок водотоннажності і координат центра ваги судна	
4.2	Розрахунки посадки і початкової остійності	
4.3	Контроль остійності за матеріалами інформації	
4.4	Розрахунок і побудова діаграм остійності	
4.5	Розрахунки нормованих параметрів остійності.....	
4.6	Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності.....	
4.7	Контроль загальної поздовжньої міцності судна	
5	СУЧАСНІ ПІДХОДИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА	
5.1	Аналіз екологічних проблем в судноплавстві.....	
5.2	Порівняння альтернативних видів палив і ризиків їх застосування в судноплавстві з традиційними	
5.3	Застосування біопалива в судноплавстві	
5.4	Прогнози застосування біопалива у світі.....	
6	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙСІ.....	
6.1	Рейсове завдання	
6.2	Методика розрахунку кількісних експлуатаційних показників роботи судна в рейсі.....	
6.3	Методика розрахунку якісних експлуатаційно-економічних показників роботи судна в рейсі.....	
6.4	Прогнозування роботи судна за експлуатаційний період.....	
6.5	Оцінка ефективності виконаного рейсу і роботи судна за експлуатаційний період.....	
7	ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ.....	
7.1	Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	

7.1.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту).....	
7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території	
7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	
7.1.4 Стандартні робочі процедури при отриманні повідомлення про виявлення на території портової споруди, що взаємодіє із судном, підозрілого предмета	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасна проблема, з якою суспільство зустрілось і намагається боротись є навколишній стан екології. Майже весь світ потерпає від постійного впливу шкідливих викидів CO₂ в атмосферу. Так викиди погано впливають не тільки на здоров'я людей і тварин – природна краса також не може існувати в повній мірі в таких умовах.

Екологічна небезпека морського транспорту складається з двох складових – експлуатаційної і аварійної. Дуже важко сказати, які з них найбільш небезпечні для навколишнього середовища. Забруднення, що виникають в процесі експлуатації суден, портів і судноремонтних підприємств, утворюються і скидаються постійно, хоча і у відносно невеликих кількостях. При аварійних розливах відбуваються залпові скиди великої кількості забруднювачів, але вони обмежені районом аварії та прилеглими територіями. При аварійному скиданні спостерігається масова загибель мешканців моря, а при експлуатаційних забрудненнях відбувається хронічне отруєння всього океану.

Метою роботи є розробка теоретичних положень і практичних рекомендацій з заміни традиційних видів палива на альтернативне:

- обґрунтування екологічної політики міжнародних організацій, спрямованої на скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- визначення механізмів утворення шкідливих речовин;
- пропозиція з застосування біопалива.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення скорочення викидів із суден за рахунок виявлення найбільш ефективних видів палива.

Предметом дослідження є процес застосування біопалива в судноплаванні.

Методи дослідження. Дослідження даної проблеми проводилося шляхом аналізу статистичних даних про якість повітря, інноваційних підходів до нових видів енергії.

Наукова новизна полягає в розробці рекомендацій по застосуванню біопалива.

Практичне значення результати дослідження можуть бути застосовані національними судновласниками..

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Магістерська робота виконана за даними судна «Mount Olympus» на якому проходила плавальна практика. Описані параметри танкера в даному розділі дають узагальнену характеристику та інформацію для подальших розрахунків, загальний вид судна приведено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Танкер «Mount Olympus» в порту Гавр

Тактико-технічні характеристики судна зведені до табл. 1.1 [1, 2].

Таблиця 1.1 – Загальні відомості про судно

№	Найменування	Значення
1	2	3
1.	Назва судна:	Mount Olympus
2.	Тип судна:	Oil & Chemical Carrier (Type 3),

Продовження табл. 1.1

1	2	3
		Double Hull, Ocean Going, Motor Ship, Single Propelled
3.	Позивний сигнал судна:	V7CN9
4.	IMO №:	9260081
5.	MMSI №:	538005292
6.	Рік і місце будівництва:	14/11/2003, Saiki Heavy Industries Co. Ltd. Saiki / Oita, Japan; Hull number: 1125
7.	Клас реєстру:	ABS: +A1, Oil and Chemical Carrier, ESP, (E), +AMS, +ACCU, SH, SHCM
8.	Порт приписки і прапор:	Majuro adn Marshall Islands
9.	Судновласник:	Garland Enterprises LTD.
10.	Менеджмент:	Systemar LLC. / IMO No.: 5244960
11.	Довжина найбільша, м:	181,78
12.	Довжина між перпендикулярами, м:	173,81
13.	Ширина найбільша, (В) м:	27,42
14.	Висота борту до верхньої палуби, (Н):	16,9
15.	Найбільше осідання (T_L), м:	$T_L = 11,96$; $T_z = 11,72$; $T_T = 12,21$
16.	Осадка (Т) в повному вантажу і порожньому, м:	$T_{max} = 11,969$ $T_{min} = 2,342$;
17.	Водотоннажність: в повному вантажу Δ_L : в порожньому Δ_o :	48323 8316
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w , т:	40007
19.	Головний двигун: тип: потужність:	Mitsubishi 6UEC52LS 7980kW / 10850 HP

Продовження табл. 1.1

1	2	3	
	частота обертання:	120 rpm	
21.	Швидкість судна, вузл:	з вантажем: 14,5; в балласті: 15,3	
22.	Режими роботи головного двигуна:	ПМП	116
		ПП	91
		СП	79
		МП	53
		СМП	41
		СМЗ	-41
		МЗ	-53
		СЗ	-79
		ПЗ	-91
23.	Гребний гвинт:	Nakashima propeller Co. Ltd.	
	кількість лопастей:	4 Blades	
	діаметр та крок гвинта (мм):	8100; 7300	
	дискове відношення:	0,91	
	напрямок обертання:	Fixed-right handed	
24.	Тип руля і площа його пера:	Rotary Vane, Balanced, 47,93 m ²	
25.	Тип стернової машини:	Electrohydraulic, high angle port 70 deg. stbd 70 deg.;	
	підрулюючий пристрій:	10t thrust at 650 kW (884 HP)	
26.	Суднова радіостанція:	800w MF/HF Radio equipment(AC	
	Склад суднової радіоапаратури	220v, 60hz, головна антена	
	відповідає вимогам району А3 та	двостороння, GMDSS console,	
	включає в себе:	printer, battery, MF/HF radio eq.,	
		watch keeping rec. Antenna, remote	
		controller, data terminal, main junction	

Продовження табл. 1.1

1	2	3
		box.
27.	Валова реєстрова місткість:	22515
28.	Чиста реєстрова місткість:	11314
29.	Добова витрата палива, т/добу: на ходу: Важке паливо (HFO) Дизельне паливо (DO) на стоянці: Дизельне паливо (DO)	 30,5; 1,5; 3,6
30.	Координати центру мас порожнього судна:	$X_G = 10,48$ м; $Z_G = 10,32$ м

Перелічена інформація застосовується в наступних розділах для розрахунків.

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики судна

Описані характеристики судна в пункті 1 визначають ефективність, безпеку та відповідність танкера вимогам сучасного ринку морських перевезень.

Для повноцінного планування комплексної проробки рейсу судна на рис. 1.2 приведено його бічний вигляд, це дає характеристику його загальної конструкції та розташування основних елементів [2].

План верхньої палуби судна, який дає краще розуміння структури і організації судна приведено на рис. 1.3.

Для визначення осадки, розрахунку вантажопідйомності та контролю безпеки на рис. 1.4 приведена вантажна шкала судна.

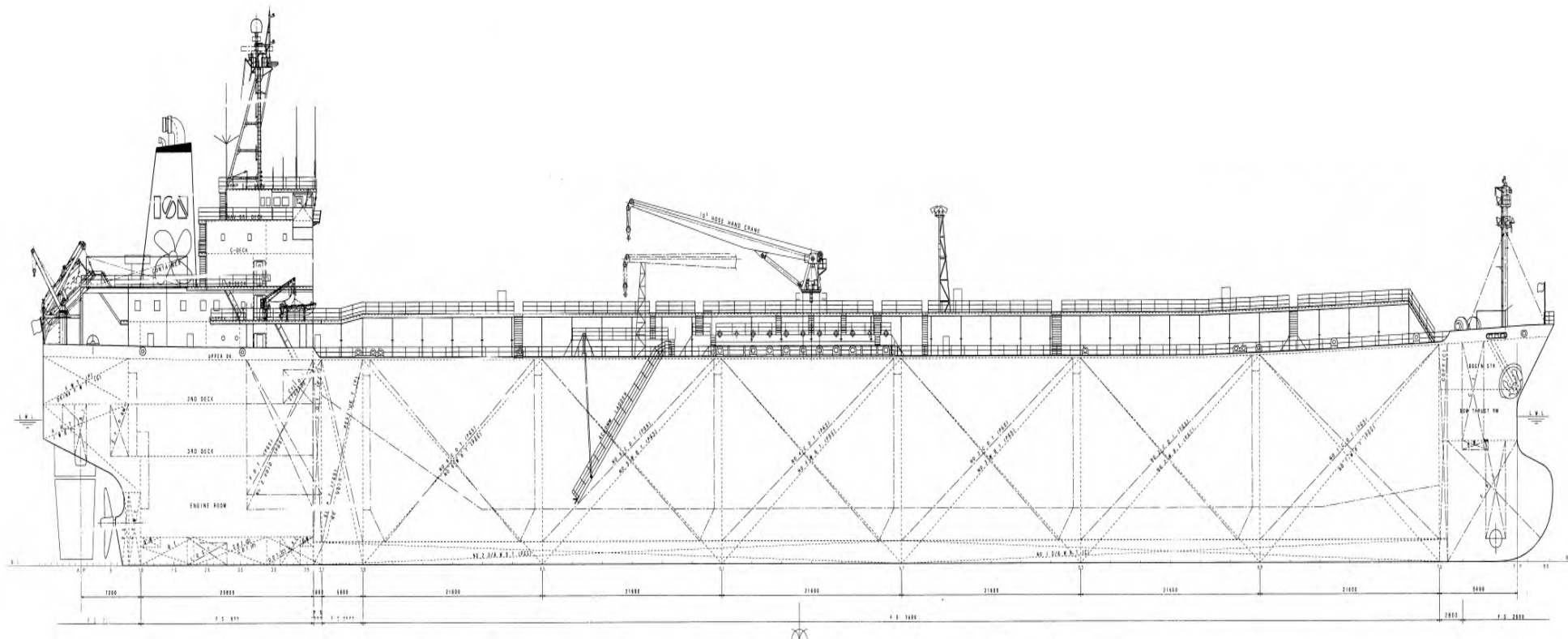


Рисунок 1.2 – Схематичне креслення бокового виду танкера «Mount Olympus»

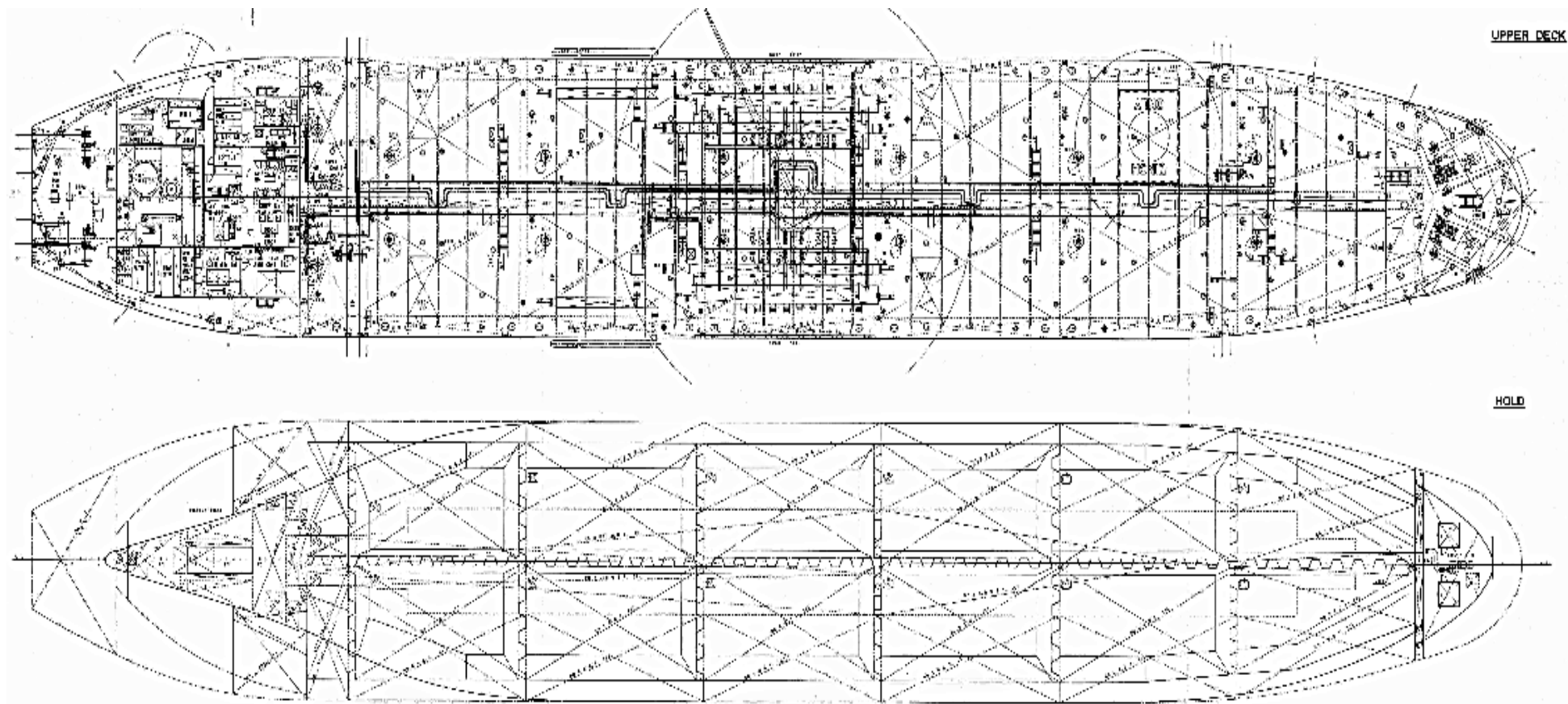


Рисунок 1.3 – Схематичне креслення верхньої палуби танкера «Mount Olympus»

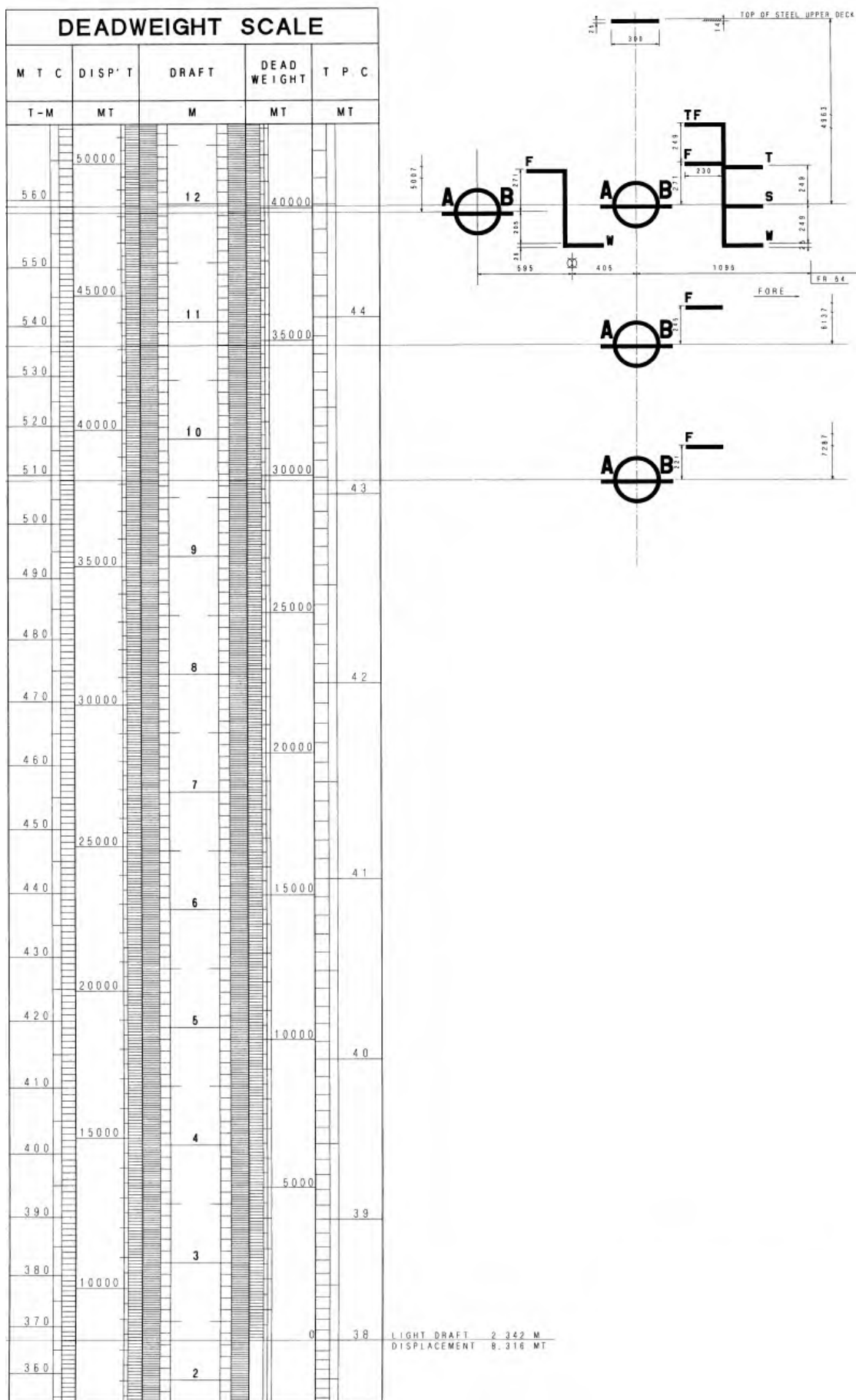


Рисунок 1.4 – Вантажна шкала судна

1.3 Маневрені характеристики судна

Маневрені характеристики судна приведені у формі рис. 1.5 [2].



PLANS AND PROCEDURES FOR RECOVERY OF PERSONS FROM THE WATER VESSEL MANEUVERABILITY CHARACTERISTICS

Ship's name **MOUNT OLYMPUS** Call sign **V7CN9** Gross tonnage **22515** Net tonnage **11314**

Max. Displacement **43130** tonnes, and Deadweight **34814** tonnes, and Block Coefficient **0.829** at summer full load draught

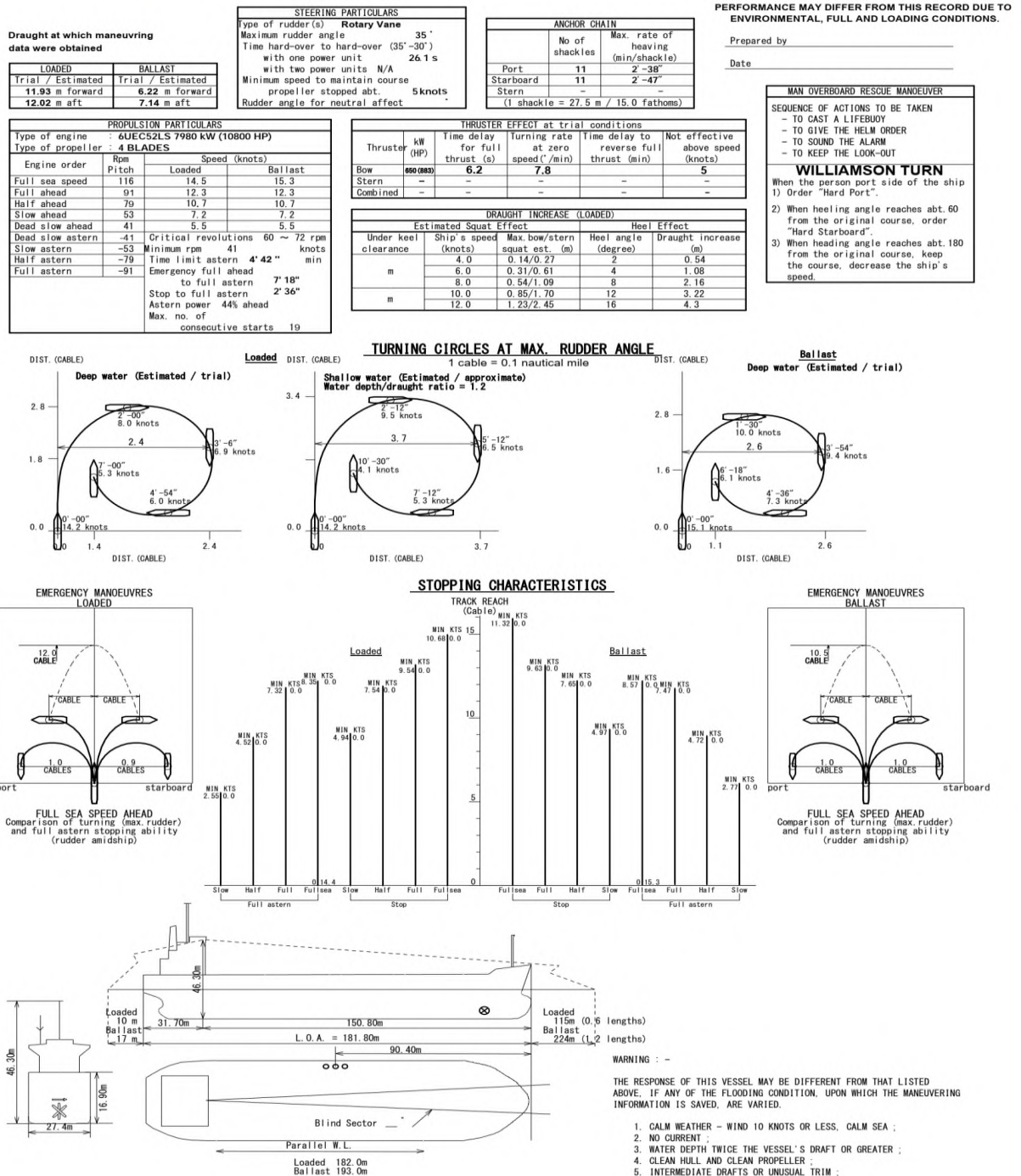


Рисунок 1.5 – Маневрені характеристики судна

1.4 Навігаційне обладнання

Дані технічних засобів навігації (ТЗН) судна приведені в табл. 1.2 [2].

Таблиця 1.2 – Технічні засоби навігації

Прилад	Тип, марка
Магнітний компас	C.PLATH 2060/15; 3104
Гірокомпас (ГК)	Digital gyro STH 22 ANSCHÜTZ
Радіолокатори	1)Consilium ; SELUX ST 340; AP 720 2)Consilium ; SELUX
Лаг	Consilium ; SAL R1a ; 704043
INMARSAT-C	1)Sailor TT 3020C 2)SAIT TT 3020B
Iridium	Sailor SC 4150
AIS	Sam Electronics AZ 3067
VDR	Rutter RUT01001-AA-0582
NAVTEX	JRC; NCR-333 ; GD 72558
GPS	Furuno GP-150
Автокермовий	Nauto Pilot NP 2015
VHF/FT	Furuno FM-8800 D / 88009
Ехолот	Furuno FE-700
ЕКДІС	Furuno FMD3000

Точносні характеристики ТЗН судна представлено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Точносні характеристики ТЗН на судні

Тип, марка ТЗН	Вимірювані навігаційні параметри	СКП одного виміру	Модуль градієнта параметра
1	2	3	4
ГК Digital gyro ANSCHUTZ	Рухоме судно	Пеленг	$\pm 1^\circ$
РЛС Consilium AP 720	Електронний візир Шкали до 3 миль Шкали більше 3 миль	Пеленг Дистанція Дистанція	$\pm 0,7^\circ$ $\pm 1,0\%$ від дистанції $\pm 0,7\%$ від дистанції

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
РЛС Consilium AP 757	Електронний візир Шкали до 4 миль Шкали більше 4 миль	Пеленг Дистанція Дистанція	$\pm 1,2^\circ$ $\pm 1,2\%$ от дистанції $\pm 1,0\%$ от дистанції
Лар Consilium SAL R1a	0 – 5 вуз. Більше 5 вуз.	Швидкість Швидкість	$\pm 0,1$ вузл. $\pm 0,3$ вузл.
Ехолот Furuno FE-700	Глибини до 2 м Глибини от 2 – 5 м Глибини от 5 – 20 м Глибини більше 20 м	Глибина Глибина Глибина Глибина	± 0 м $\pm 0,3$ м $\pm 0,7$ м $\pm 0,9$ м
GPS Furuno GP-150	Контроль руху Швидкість, пройдений шлях	Місцезнаходження Дистанція до крапки повороту	± 30 м ± 5 м
МК С.PLATH 2060/15	Курс	Пеленг	$\pm 1,5^\circ$

Оснащення ТЗН судна відповідає вимогам Конвенції СОЛАС-74.

1.5 Забезпечення непотоплюваності

З метою забезпечення непотоплюваності судно розділене на 8 відсіків:

1-й – ніс-шп. 287 (ніс – лобна переборка танку №1)

2-й – 287-317 шп. – Танк №1

3-й – 257-287 шп. – Танк №2

4-й – 227-257 шп. – Танк №3

5-й – 197-227 шп. – Танк №4

6-й – 167-197 шп. – Танк №5

7-й – 137-167 шп. – Танк №6

8-й – 77 шп. – корма (ахтерпик)

На переборці шпангоута 77 розташовані клінкетні двері з гідравлічним управлінням на головній палубі. Закриття і відкриття дверей може проводитися з кожного боку перегородки ручним насосом або дистанційно з головної палуби.

Баластова система призначена для зміни крену та диференту судна шляхом прийому води з-за борту в баластні танки та з них з-за борт. В табл. 1.3 наведені характеристики баластного обладнання судна [2].

Таблиця 1.3 – Характеристики баластних насосів танкера

Particular	No.	Type	Capacity (m ³ /h. / mTH)	Location/ Remark
Ballast pump	2	M.D.V.C.	2,500 / 35 m discharge head	Engine Room Self priming
Ballast stripping adductor	2		120 / 20	Engine Room

Схема баластної системи танкера приведена на рис. 1.6 [2].

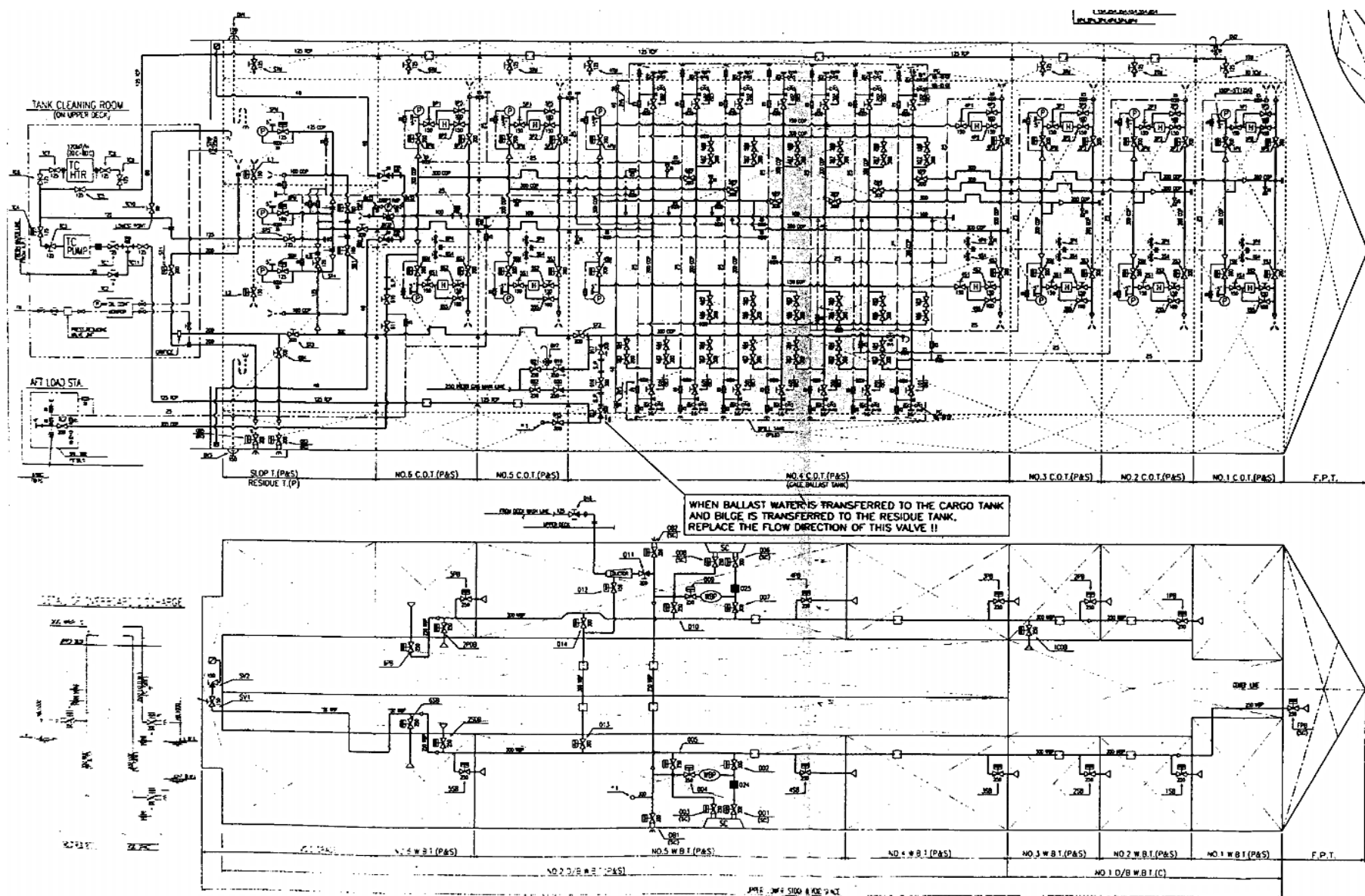


Рисунок 1.6 – Схема балластной системы танкера «Mount Olympus»

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Розробка плану рейсу або переходу, а також безпосередній і безперервний контроль над проходженням судна і його місцем розташування при виконанні такого плану дуже важливі для забезпечення безпеки людського життя на морі, належного судноводіння й захисту морського навколишнього середовища. Усі судна потребують планування рейсу й переходу. Є різні фактори, які можуть негативно впливати на безпечне плавання всіх суден, і додаткові фактори, які можуть перешкоджати плаванню великотоннажних суден або суден, які перевозять небезпечні вантажі. Слід враховувати ці фактори при складанні плану й при наступному контролі його виконання. Планування рейсу й переходу включає оцінку, тобто збір усієї інформації, що стосується передбачуваного рейсу або переходу від причалу, включаючи ті райони, де потрібна наявність на борту лоцмана; виконання плану й контроль над пересуванням судна при виконанні плану. Ці складові планування рейсу розглянемо нижче.

Повинна враховуватися вся інформація, що стосується передбачуваного рейсу. При плануванні слід враховувати наступне: умови стану судна, його остійність і встаткування; будь-які експлуатаційні обмеження; його припустима осадка в морі, на фарватерах і в портах; дані про маневреність, включаючи будь-які обмеження; будь-які особливі характеристики вантажу (особливо небезпечного) його розміщення, укладання і кріплення на судні; забезпечення компетентності і відпочинку екіпажу; вимоги відносної підтримки на рівні сучасності сертифікатів і документів, що стосуються судна, його встаткування, екіпажу, пасажирів або вантажу; відповідний масштаб карт, їх точність і приведення їх на рівень сучасності, які будуть використовуватися на переході, а також будь-які відповідні постійні або тимчасові повідомлення мореплавцям і

діючі радіонавігаційні попередження; точні і наведені на рівень сучасності лоції, описи вогнів і знаків навігаційного огороження та радіотехнічних засобів; і будь-яку відповідну наведену на рівень сучасності додаткову інформацію, включаючи: посібник зі шляхів руху і карти в допомогу планованому переходу, видані компетентною владою; сучасні атласи приливів і течій і таблиці приливів; кліматичні, гідрографічні і океанографічні дані, а також іншу відповідну метеорологічну інформацію; доступність послуг служб метеорологічної проводки суден (таких як включені в тому Д Всесвітньої метеорологічної організації); існуючі системи встановлених шляхів руху суден і системи судових повідомлень, служби керування рухом суден і заходу щодо захисту морського навколишнього середовища; обсяг судового потоку, який імовірний при виконанні рейсу або переходу; якщо знадобиться скористатися послугами лоцмана, то слід урахувувати інформацію, що стосується лоцманської проводки, приймання і висадження лоцмана, включаючи обмін інформацією між капітаном і лоцманом; наявну інформацію з порту, включаючи інформацію, що стосується берегових засобів і встаткування, використовуваних при наданні допомоги в надзвичайних ситуаціях; будь-які додаткові питання, що ставляться до типу судна або його вантажу, та конкретні райони, через які судно буде проходити, і характер передбачуваного рейсу. На основі вищезгаданої інформації повинна бути дана повна оцінка передбачуваного рейсу. Ця оцінка повинна забезпечувати точну вказівку областей небезпеки і тих районів, де можна буде пройти безпечно; будь-яких установлених шляхів руху суден або систем судових повідомлень, також служб керування рухом суден; і будь-яких районів, де повинні враховуватися питання з погляду захисту морського навколишнього середовища [3].

Після переходимо до планування рейсу від причалу до причалу, включаючи ті райони, у яких будуть використовуватися послуги лоцмана. Докладний план рейсу або переходу повинен включати наступні фактори: ведення попередньої прокладки рейсу або переходу на картах відповідного масштабу; повинен бути нанесений шлях планованого рейсу, а

також усі небезпечні райони, установлені шляхи руху суден і системи суднових повідомлень, служби керування рухом суден, райони з погляду захисту морського навколишнього середовища; основні фактори забезпечення безпеки людському життю на морі, безпечного та ефективного судноводіння і захисту морського навколишнього середовища під час передбачуваного рейсу або переходу; такі фактори повинні включати, але не повинні обмежуватися такими характеристиками як: безпечна швидкість поблизу навігаційних небезпек, що лежать на передбачуваному шляху, маневрені характеристики судна, його осадку щодо глибин; необхідні зміни швидкості на шляху, наприклад, при обмеженнях через перехід у нічний час або внаслідок приливних течій; допуск збільшення осадки кормою на ходу або крену при поворотах судна; необхідна мінімальна глибина під кілем на мілководді; місця, де потрібні зміни стану машин і механізмів; крапки зміни курсу з урахуванням циркуляції судна при запланованій швидкості і очікуваного впливу приливних і інших потоків; спосіб і частота визначення місця розташування, включаючи головні і другорядні способи; вказівка районів, у яких точність визначення місця розташування є особливо важливою, використання систем установлених шляхів руху суден і систем суднових повідомлень, а також послуг СУДС; розгляд питань, що стосуються захисту морського навколишнього середовища; план дій у надзвичайних ситуаціях по виходу судна на більшу глибину, проходженню в порту притулку або на безпечну якірну стоянку у випадку якої-небудь ситуації, що вимагає необхідності відступу від плану, враховуючи існуючі берегові засоби й устаткування для надання допомоги у випадку аварії, характер вантажу.

Подробиці плану повинні бути ясно позначені й записані належним чином на картах, у рейсовому плані або на комп'ютерному диску. Кожний план рейсу, також як і всі подробиці цього плану повинні одержати схвалення капітана до початку рейсу.

Закінчивши підготовку плану рейсу, як тільки можна буде визначити передбачуваний час відходу й приходу з достатньою точністю, рейс повинен виконуватися відповідно до плану або будь-яких внесених у нього змінами.

Фактори, які слід враховувати при виконанні плану, або при розв'язку про відступ від нього, включають: надійність і стан суднового навігаційного устаткування; передбачуваний час прибуття в певні крапки, враховуючи висоту приливу й течії; метеорологічні умови (особливо в районах, відомих частими періодами поганої видимості) також як і інформацію про гідрометеорологічну проводку суден; проходження небезпечних крапок днем у порівнянні з їхнім проходженням у нічний час, вплив цього факту на точність визначення; умови суднового потоку, особливо у вузлах, з погляду навігації, крапках. Важливо, щоб капітан розглядав вплив конкретних обставин, таких як прогнози обмеження видимості в районі, де обсервації візуальні у відповідальних місцях є найважливішою особливістю рейсу, щоб розв'язати питання про прийнятність ризику в переважних умовах. Капітан повинен також вирішувати, у яких конкретних крапках переходу може виникнути необхідність у додатковому персоналі на палубі або в машинному відділенні. Капітан, особисто перевіrivши виконаний план переходу, організує знайомство з ним усіх судноводіїв його екіпажу. При цьому капітан звертає особливу увагу на готовність, надійність і стан суднового навігаційного устаткування, готовність засобів зв'язку і сигналізації, передбачуваний час прибуття в критичні крапки маршруту з урахуванням висоти приливу і елементів потоку, фактичний стан погоди, можливість зниження видимості, найближчі порти притулку, обов'язкові доповіді, порядок роботи з буксирами, готовність здачі лоцмана, умови потоку судів, особливо в критичних крапках переходу (наприклад, місце здачі лоцмана) [4].

План переходу перебуває на містку так, щоб він був завжди доступний вахтовому помічникові. Контроль над виконанням плану рейсу повинен бути завжди пильним. План повинен бути завжди на містку під рукою у вахтового помічника, щоб була можливість негайно ним скористатися [5].

2.2 Оцінка запланованого переходу

Відомості про підібрані карти зведені в табл. 2.1 [6].

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Chart No.	Назва карти	Дата випуску
1	2	3	4
Navigational Charts			
The World Index of Charts at 1 : 3500000 or comparable scale			
Паперова	4302	Mediterranean Sea – Eastern Part	Oct. 2013
Паперова	4301	Mediterranean Sea – Western Part	Oct. 2013
North East Atlantic Ocean, European Waters, Mediterranean Sea – Small Scale Charts			
Паперова	180	Aegean Sea	Dec. 1988
Паперова	1439	Sicillia to Nisoskriti	Dec. 2005
Паперова	1440	Adriatic Sea	May 2007
Паперова	1598	Porosmegaron, Agiostheodoroi and Elefsis	Aug.2010
Паперова	1513	Kolposelefsinas	Aug. 2010
Паперова	1596	Peiraias	Jan. 2002
Паперова	1657	Saronikoskolpos	Aug 2010
Паперова	1031	Akragerakas to Nisos Kea	Aug. 2010
Паперова	1092	Western Approches to the Aegean Sea	Oct. 2010
Паперова	1030	South-west Entrance Channels to the Aegean Sea	Aug. 2010
Паперова	189	Nisidasapientza to Nisospaxoi	Aug. 2010
Паперова	203	Nisida Zakynthos to Nisospaxoi	Aug. 2010
Паперова	188	Entrance to the Adriatic Sea including Nisos Kerkira	-

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Паперова	205	Approaches to Kerkyranisoipaxoi	-
Паперова	186	Vlore to Bar and Brindisi to Vieste	June 2011
Паперова	196	Bar to Split including Otokpalagruza	-
Паперова	200	Otoklastovo to Split and Vieste to Porto Civitanova	-
Паперова	220	Otok Vis to Otoksusak and S.Benedetto del Tronto to Ravenna	May 2007
Паперова	204	Sedmovrace to Triste and Ravenna to Venezia	May 2007
Паперова	1483	Approaches to Chioggia, Malamocco, Venezia and Marghera	Mar. 2010
Паперова	1449	Porto Marghera and Porto di Malamocco © Porto Venezia	Feb. 2010
Non-Navigational Charts			
Routing Chart			
Паперова	5124	North Atlantic Ocean - February	-
Astronomical Charts			
Паперова	5000	Azimuth Diagram – modified Weir (Lat.0° to 65°)	Oct. 1950
Паперова	5001	Azimuth Diagram – modified Weir (Lat.65° to 80°)	Oct. 1950
Meteorological Working Charts			
Паперова	B.6656	Mediterranean and Europe	Aug. 1984
Паперова	B.6968	Atlantic Ocean (Lat.50 ^{on} .-10 ^{os} .)	Apr. 1979
Паперова	B.6984	Arabian Sea	Feb. 2003

Список публікацій на перехід представлено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

Номер	Назва посібника	Дата випуску
1	2	3
	Admiralty Tidal Tables (ATT) (Nps 201-204)	2021
202	Europe (excluding United Kingdom and Ireland), Mediterranean Sea and Atlantic Ocean	2021
	Miscellaneous Tidal Prediction	2021
120	Admiralty Manual of Tides	2021
122(1)	Admiralty Tidal Handbook No. 1. The Admiralty Method of Harmonic Tidal	2021
	Analysis for long Period Observations	
122(2)	Admiralty Tidal Handbook No. 2. Datums for Hydrographic surveys	2021
Sailing Directions (Pilots)		
47	Mediterranean Pilot, Vol. III – Ionian Sea bordering the western coast of Greece, including Patraikoskolpos and Korinthiakoskolpos, and the Adriatic Sea (13 th Edition, 2008)	2020
48	Mediterranean Pilot, Vol. IV – Aegean Sea and approaches with adjacent coasts of Greece and Turkey (14 th Edition, 2009)	2020
	Admiralty List of Lights and Fog Signals (ALL) (Nps 74-84)	2020
78	List of Lights, Volume E – Mediterranean, Black and Red Seas	2020
	Admiralty List of Radio Signals (ALRS) (Nps 281-288)	2020
281 (1)	Volume 1 – Part 1, Coast Radio Stations (Public Correspondence): Europe, Africa and Asia (excluding the Philippine Islands, Indonesia)	2020
282	Volume 2 – Radio Navigational Aids, Electronic Position	2020

Продовження табл. 2.2

1	2	3
	Fixing Systems and Radio Time Signals	
283 (1)	Volume 3 – Part 1, Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia	2020
284	Volume 4 – Lists of Meteorological Observation Stations	-
285	Volume 5 – Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)	2020
	Astronomical Publications	-
314	The Nautical Almanac	2021
303(1)	Rapid Sight Reduction Tables – Volume I	-
303(2)	Rapid Sight Reduction Tables – Volume II Lat. 0° -40°, Dec 0° – 29°	-
303(3)	Rapid Sight Reduction Tables – Volume III Lat. 39° -89°, Dec 0° – 29°	-
323	Star Finder and Identifier	2005
401(3)	Sight Reduction Tables for Marine Navigation – Volume III Lat. 30° -45°	2021
	Miscellaneous Publications	-
100	The Marines Handbook	2020
131	Catalog of Admiralty Charts and Publications	2021
133A	Paper Chart Maintenance Record	2020
136	Ocean Passages for the World	2021
139	Echo-sounding Correction Tables	2021
294	How to Correct your Charts the Admiralty Way	2015
735	IALA Maritime Buoyage System	2016
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts	2018
	International Regulations for Prevention Collisions at Sea 1972 (COLREG-72)	2013

Продовження табл. 2.2

1	2	3
	Міжнародний Звід Сигналів (МЗС)	2015
	Морехідні Таблиці (МТ-75)	2021
	Fairplay	2018
	Ports Guide 2022	2020

2.2.1 Підготовка до прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

З посібника ALRS 283 вибираємо інформацію, необхідну для одержання факсимільних карт погоди на маршруті переходу, яку зводимо в табл. 2.3 [7].

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N п/п	Радіостан- ція	Позначення і межа карти	Зміст передачі	Час передачі
1	2	3	4	5
1	Irekleio (H)	34°N-41°N, 22°30'E-30°E	Weather synopsis 24 ^h , Navigational warnings, Gale warnings	01h 10m; 05h 10m; 09h 10m; 13h 10m; 17h 10 m; 21h 10m
2	Kerkyra (K)	East to 22°30'E including Patraikos Kolopos	Weather synopsis 24 ^h , Navigational warnings, Gale warnings	01h 40m; 05h 40m; 09h 40m; 13h 40m;

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5
				17h 40 m; 21h 40m
3	Sellia Marina (V)	38°N-41°N, 16°30'E-25°E	Weather forecasts 24 ^h , Navigational warnings	03h 30m; 07h 30m; 11h 30m; 15h 30m; 19h 30m; 23h 30m
4	Mondolfo (U)	43°N-47°N, 13°E-20°E	Weather forecasts 24 ^h , Navigational warnings	03h 20m; 07h 20m; 11h 20m; 15h 20m; 19h 20m; 23h 20m

З посібника ALRS 285 обираємо інформацію про райони NAVAREA і станціях NAVTEX по маршруту переходу і оформлюємо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

№	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Коорд. NAVTEX
1	Егейське море	III	Irekleio (H)	Greece
			Kerkyra [K]	Greece
2	Адріатичне море	III	Sellia Marina [V]	Italy
			Mondoifo [U]	Italy

З посібника ALRS 286 визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється керування рухом суден постами СУРС, розв'язують питання про зв'язок з контрольними станціями і постами – строках, формі та способах подачі інформації. З'ясовують деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів у портах.

Отримані відомості зводять у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

№	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітки
1	Eleusis (Pilot, Capitaneie)	VHF	16,12	Berthing, unberthing
2	Brindisi (Coast Guard)	VHF	10	Adriatic Reporting System Area
3	Bar (MRCC)	VHF	12	Adriatic reporting System Area
4	Rijeka (MRCC)	VHF	10	Adriatic Reporting System Area
5	Ancora (MRSC)	VHF	10	Adriatic Reporting System Area
6	Venice (Pilot)	VHF	13	Call Pilot 2h before arrival

Райони де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas) наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	Eleusis	Corfu VTS	12, 19	When leaving VTS area
2	Venice	-	13, 16	

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Узагальнюючи основні погодні умови складемо табл. 2.7 і табл. 2.8 в яких наведено гідрометеорологічні характеристики на переході [8].

Таблиця 2.7 – Атмосферний тиск і розшифровка «роз вітрів»

Характеристики за ділянками	Порт відходу Елевсіс	Півострів Салентина	Порт приходу Маргера
1	2	3	4
Атмосферний тиск, мм. р. ст.	765	762	758
Вітер	W	SE	NE
Напрявлення вітру	Повторюваність вітру, %	Повторюваність вітру, %	Повторюваність вітру, %
	Сумарна	Сумарна	Сумарна
N	11	9	16
NE	16	7	8
E	6	6	9
SE	6	7	6
S	10	5	7
SW	6	6	7

Продовження табл. 2.7

1	2		3		4	
W	7		15		15	
NW	6		13		14	
Результуючий вітер	направлення у румбах	WtN	направлення у румбах	SEtS	направлення у румбах	NEtN
	швидкість, м/с	13	швидкість, м/с	17	швидкість, м/с	14
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена	12	спостережена	10	спостережена	11
	розрахункова	10	розрахункова	8	розрахункова	7
Повторюваність штилів, %	4		3		4	
Схема «Рози вітрів»	Відображено на гра-фічному плані		Відображено на гра-фічному плані		Відображено на гра-фічному плані	

Таблиця 2.8 – Видимість, водний і тепловий режим атмосфери, гідрометеорологічні характеристики

Характеристики за ділянками		Порт відходу Елевсіс	Півострів Салентина	Порт приходу Маргера
1		2	3	4
Температура повітря, °C		15,7	14,5	14
Температура води, °C		5	5,5	6
Відносна вологість, %		41	55	67
Повторюваність туманів, %		1	2	1
Видимість менше 2 миль		9	10	8
Хмарність, бали		5	6	6
Солоність води, ‰		38,0	38,0	38,1
Щільність води, кг/м ³		1,025	1,025	1,025
Постійні течії	назва	мелтем	маестраль	трамонтана
	направлення	Північно-східне	Північно-західне	Північно-східне
	швидкість, вузл	до 4	2,5	2
	стійкість	-	-	-
Швидкість приливних течій, вузл		1	2	1,5

Продовження табл. 2.8

1		2	3	4
Висота	середня	0,9	1,1	1,2
хвиль, м	максимальна	1,5	1,8	2,2
Період хвиль, с		28	34	32

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Елефсіс (38°02,2' N, 23°33,0' E) розташований у північного берега бухти Елефсінос, в 2,7 милях до північного заходу від міста Піреї [9]. Елефсіс доступний для суден довжиною до 230 м і з осадкою до 11 м. Бухта захищена островом Саламін. У порту періодично проводяться поглиблювальні роботи.

Примітні пункти. При підході до порту Елефсіс орієнтирами є: церква Айос - Василіос, яка знаходиться в 9,5 кбт до ESE від основи молу Темистокліс; до E від основи того ж молу добре видні будинки військово-морської школи із сигнальною станцією. До NE від міста Елефсіс примітні акрополь і будинки міста Афіни, а на захід від входу в порт гарним орієнтиром служить острів Пситаля.

З SE і особливо з S з 10-12 миль півострів Піреї видається островом із червоними й білими стрімчаками. Із цієї ж відстані в умовах нормальної радіолокаційної видимості півострів Піреї чітко зображується на екрані радіолокатора.

Метеорологічні відомості. При підвищенні тиску й зміні напрямку вітру з SW на NW слід очікувати шторму від N. Північні вітри часто відзначаються й улітку, особливо в червні й липні, коли вони дмуть протягом двох - трьох діб майже щотижня. Однак переважними влітку є північно-західні вітри.

Лоцманська служба. Лоцманська проводка для суден обов'язкова. Судна повинні очікувати прибуття лоцмана приблизно в 1 милі від входу в порт. Судна валовою місткістю більш 1000 рег.т зобов'язані входити в порт за

допомогою буксирів. Лоцманська станція перебуває на молу Темистокліс. Зв'язок суден зі станцією здійснюється по радіотелефону на частоті 16 кГц.

Гавань порту Елефсіс обмежена з W молами Василефс-Еорьос і Темистокліс; ширина входу між краями молів 1,2 кбт. Глибина в гавані 10-12 м. Причальні спорудження гавані розташовані на сході і заході гавані. Берега в гавані укріплені набережними. У гавані є ділянки нечистого ґрунту.

Судна, що входять у гавань Пролімін, повинні пливти по фарватеру курсом $68,5^{\circ}$, тримаючись до півночі від осі фарватеру, а судна, що виходять із гавані, повинні йти курсом $248,5^{\circ}$, тримаючись до півночі від осі фарватеру. При цьому забороняється обгін суден і перетинання їх курсу.

Судна в гавані, які направляються до причалів, можуть змінити курс, прямуючи по фарватеру, тільки по проходженню країв молів Василефс-Еорьос і Темистокліс.

Набережна Васильяді, використовувана для завантаження на судна контейнерів, простягається до NE в 0,8 кбт від основи молу Василефс-Еорьос; довжина її більш 800 м. Глибини в набережній 9,2-11,8 м. На набережній є три крани вантажопідйомністю 40 т, кран вантажопідйомністю 30 т, три плавучі крани й спеціальний автотранспорт для перевезення контейнерів. Знаки, що світять, установлені на краях молів Темистокліс і Василефс-Еорьос.

Якірні місця для більших суден розташовані до південного заходу від острова Пситаля. Глибини 35-60 м, ґрунт – пісок.

Портові правила. Усі судна, що прямують у порт Елефсіс, за 75 миль від входу в нього повинні повідомити по радіо капітанові порту час прибуття, рід вантажу й кількість пасажирів.

Користування сиреною в порту дозволяється тільки при загрозі зіткнення суден і при виході їх з порту; в останньому випадку подається один довгий звук.

Швидкість пересування суден у порту не повинна перевищувати 4 вуз. Входити в порт і виходити з нього дозволяється зі швидкістю не більш 5 вуз.

Видаляти баласт і сміття в порту дозволяється тільки на спеціально призначені для цих цілей судно, а за його межами – на відстані не менше 6 миль від найближчого берега.

На рис. 2.1 відображено схему порту Елефсіс.

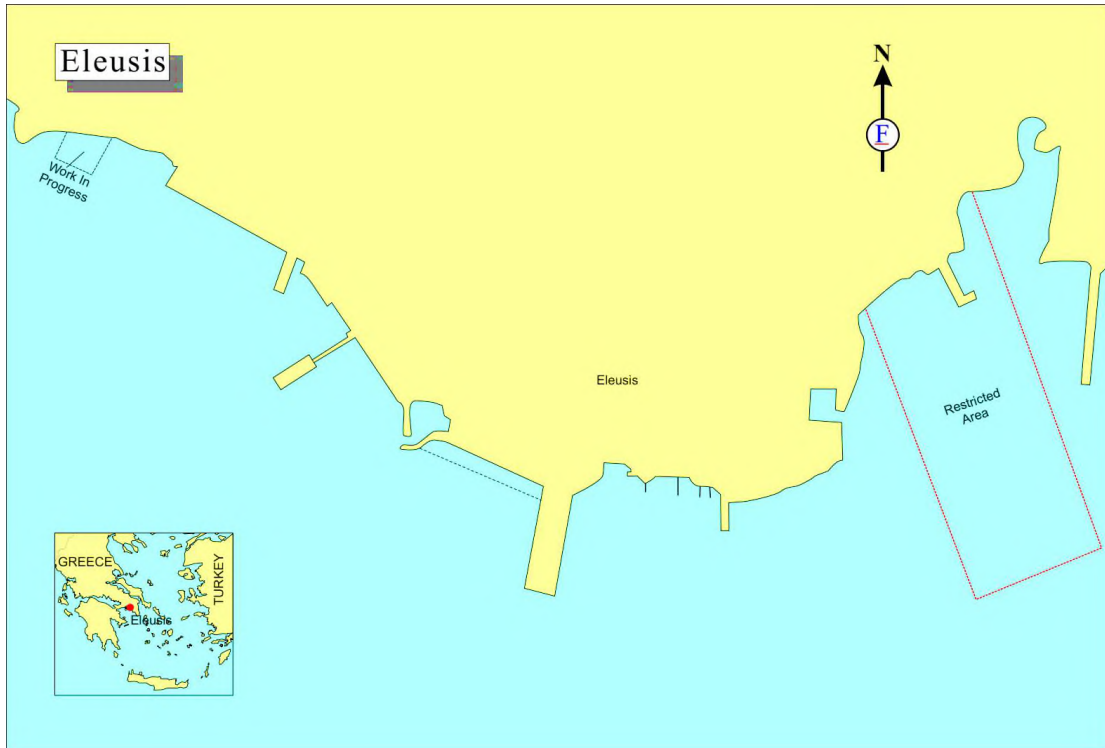


Рисунок 2.1 – Схема порту Елефсіс

Порт Маргера є субпортом порту Венеція ($45^{\circ}26,2'N$, $12^{\circ}20,0'E$), за яким і ведемо опис [9]. Порт розташований у північно-західній частині Венеціанської лагуни. Гавань з'єднана між собою судноплавними каналами для більших суден. Основними є канали Сан-Ніколо, Нави, Сан-Марко, Джудекка, Вітторіо-Емуане, Маламоко-Маргера. Так само є басейни для малих суден.

Глибини на підхідних фарватерах до порту 9-14 м, на якірних місцях 15 м, ґрунт добре тримає якоря. Вхід у канал рекомендований у світлий час доби. Канали обгороджені світними буями. Довжина каналу 6,4 милі.

Гавань розташована на захід-заходіві-заходу-північно-заході від торговельної гавані, і складається з торговельних і промислових об'єктів з'єднаних каналами. Промисловими є нафтовий басейн і басейн Раффінеля. У

гавані часто працюють днопоглиблювальні снаряди, тому слід дотримуватися обережності.

Нафтовий басейн вдається в північно-східний берег каналу Вітторіо-Емануе в 5 кбт до південно-сходу від його північного кінця. Глибина в басейні 10 м. До причалу можуть підходити танкера з осіданням до 9 метрів. Швартування танкера здійснюється й регулюється управлінням порту.

Метеорологічні відомості. При підвищенні тиску й зміні напрямку вітру з SE на NE слід очікувати погіршення погоди аж до шторму. Північні вітри часто відзначаються взимку, особливо в лютому, коли вони дують протягом двох - трьох днів майже щотижня.

Лоцманська служба. Лоцманська проводка для судів обов'язкова. Суду повинні очікувати прибуття лоцмана приблизно в 1 милі від входу в канал. Усі судна валовою місткістю більш 2000 рег.т зобов'язано входити в канал за допомогою буксира. Лоцманська станція перебуває на молу Лідо. Зв'язок судів зі станцією здійснюється по радіотелефону на частоті 13 кГц.

Швидкість пересування судів у каналі не повинна перевищувати 4 вуз. Входити в канал і виходити з нього дозволяється зі швидкістю не більш 5 вуз.

Видаляти баласт і сміття в порту дозволяється тільки на спеціально призначені для цих цілей судно, а за його межами – на відстані не менше 12 миль від найближчого берега.

На рис. 2.2 відображено схему порту Маргера.

Список ЗНО, які зустрінуться на переході показаний у табл. 2.9 [10].

Таблиця 2.9 – ЗНО використовувані на переході

№ п/ п	№ ALL	Назва	Коорд. φ (N) λ (E)	Дальність видимості, мілі	Хар-ка	Траверз	
						Іс. пеленг	Крат. відстань
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4176.5	N. Leros	37° 59,8 N	8	2 F R	267	0,43

Продовження табл. 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8
			23° 32,1 E				
2	4349·5	N. Agios	38° 04,4 N 24° 00,3 E	6	Fl W 3s	201	0,19
3	4178	Molos Themistok len	37° 56,3 N 23° 37,3 E	13	LFL G 6s	178	0,15
4	4078	Akra Maleas	36° 26,3 N 23° 12,3 E	17	Fl W 10s	204	3,6
5	4595	Molinello	39° 22,3 N 26° 11,3 E	20	LFL WG 10s	187	19,0
6	2464	Racon Malamo	45° 20,4 N 12° 18,0 E	16	Fl (3) W 12s	290	1,8
7	2472	Marghera Canal	45° 21,4 N 12° 15,6 E	5	Fl (3) R 10s	274	0,07
8	2472·8	W side	45° 24,4 N 12° 15,0 E	5	Fl R 4s	270	0,04



Рисунок 2.2 – Схема порту Маргера

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Однієї з головних завдань штурмана є забезпечення безпечного переходу судна з одного порту в іншій по найбільш економічно вигідному шляху з урахуванням ряду факторів, наприклад, безпека вантажу, комфортабельність пасажирів. Але насамперед звичайно є безпека судна, людей і вантажу. Основою для вибору шляху в океані є ортодромія, або дуга великого кола (ДВК), яка завжди коротше локсодромії або дорівнює їй. Найкоротший шлях по ДВК проходить у більш високих широтах і може завести в зону штормів і айсбергів, тому при плаванні необхідно враховувати прогнозовану на 3-5 діб метеообстановку. При плаванні по екватору і меридіану або поблизу їх ортодромія й локсодромія збігаються. Але зі збільшенням широти на курсах одмінних від 0 або 180 (ця різниця зростає). Для розрахунків ДВК існує кілька методів. На ЕОМ ортодромія розраховується по точних формулах, за допомогою карти в гномонічній проекції потрібно прокласти ортодромію, яка буде прямою лінією, і наочно переглянути, де буде проходити маршрут. Розбивши маршрут на ділянки через 5 або 10 градусів на меркаторську карту наносять поворотні крапки, з'єднавши їх одержують хорди дуги великого кола, локсодромічні відрізки шляху, по яких буде проходити плавання. Курси і відстані ділянок локсодромії розраховують у програмі або на калькуляторі по формулах, або знімають із меркаторської карти [11, 12].

Локсодромічний курс розраховується по формулі, де значення підставляються без обліку знаків, а в отриманого курсу перша буква буде відповідати різниці широт, а друга – різниці довгот:

$$K_L = \arctg (PД/PMЧ) \quad (2.1)$$

Довжина локсодромії, розраховується по формулі:

$$S_L = PШ/\cos K_L \quad (2.2)$$

Довжина ортодромії, розраховується по формулі:

$$Д = 60 \arccos (\sin \varphi_H \cdot \sin \varphi_{до} + \cos \varphi_H \cdot \cos \varphi_{до} \cdot \cos PД) \quad (2.3)$$

Виграш у відстані Δ і виграш у відсотковому відношенні $\Delta\%$ розраховується по формулах:

$$\Delta = S_{л} - Д \quad (2.4)$$

$$\Delta \% = (S_{л} - Д) / S_{л} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

Оскільки в нашому плаванні трансокеанського переходу немає, то розрахунки не проводились, а тільки порядок їх виконання.

2.3.2 Складання маршрутних листів

Табличний план переходу (Маршрутний лист) є обов'язкової складової планування переходу [13]. Його готують одночасно з розрахунками для графічного плану переходу.

Маршрутний лист у хронологічному порядку відображає всі події протягом рейсу по переходу. Точки повороту (waypoint) позначає основну подію. Наступні події між точками переходу можуть бути представлені у вигляді попереджуючих крапок (alerts).

На рис. 2.3-2.5 представлений маршрутний лист судна, що включає в себе необхідні для судна дані при плаванні, включно з прибережним плаванням в вузькостях і портових водах з лоцманом на борту.

2.3.3 Графічний план переходу

Графічний план переходу представлений на рис. 2.6.

Voyage Plan: Part I - Berth to Pilot

Departure Port: Eleusis

Wpt	Latitude			Longitude			To Wpt	Course Distance		Rem.DistDist. Ru		Name WP		
1	N	38	0	2,00	E	23	0	30,50	2	135	2,81	8,77		Jetty
2	N	38	0	0,00	E	23	0	33,00	3	186	1,97	5,96	2,81	N Megali
3	N	37	0	58,04	E	23	0	32,73	4	162	0,58	3,99	4,78	Y falos Agiou
4	N	37	0	57,49	E	23	0	32,96	5	116	0,57	3,41	5,36	Q.R Lt Buoy
5	N	37	0	57,24	E	23	0	33,61	6	104	1,91	2,84	5,93	Y falos Pount
7	N	37	0	56,79	E	23	0	35,96	7	155	0,94	0,94	7,83	N provlitas
8	N	37	0	55,94	E	23	0	36,46				0,00	8,77	Piraeus PS

Рисунок 2.3 – Маршрутный лист судна (Part 1)

Voyage Plan: Part II - Pilot to Pilot

Departure Po Eleusis

Arrival Port: Marghera

Wpt	Latitude				Longitude				To Wpt	Course	Distance	Rem.Dist.	Dist. Run	Name WP
1	N	37	0	55,94	E	23	0	36,46	2	180	6,34	888,48		WP 1 PLT out
2	N	37	0	49,60	E	23	0	36,40	3	154	11,32	882,14	6,34	WP 2
3	N	37	0	39,40	E	23	0	42,60	4	188	18,57	870,82	17,66	WP 3
4	N	37	0	21,00	E	23	0	39,40	5	206	27,85	852,25	36,23	WP 4
5	N	36	0	56,00	E	23	0	24,00	6	191	50,33	824,40	64,08	WP 5
6	N	36	0	6,60	E	23	0	12,00	7	273	11,73	774,06	114,42	WP 6
7	N	36	0	0,00	E	23	0	0,00	8	267	99,78	762,33	126,15	WP 7
8	N	36	0	49,00	E	21	0	12,00	9	324	60,70	662,55	225,93	WP 8
9	N	37	0	38,00	E	20	0	27,00	10	335	214,36	601,85	286,63	WP 9
10	N	40	0	53,00	E	18	0	32,00	11	309	125,30	387,49	500,99	WP 10
11	N	42	0	11,00	E	16	0	21,00	12	317	107,28	262,19	626,28	WP 11
12	N	43	0	30,00	E	14	0	42,00	13	306	45,69	154,91	733,57	WP 12
13	N	43	0	57,00	E	13	0	51,00	14	308	33,55	109,22	779,25	WP 13
14	N	44	0	17,50	E	13	0	14,00	15	342	29,97	75,67	812,81	WP 14
15	N	44	0	46,00	E	13	0	1,00	16	338	23,71	45,70	842,78	WP 15
16	N	45	0	8,00	E	12	0	48,50	17	307	14,98	21,99	866,49	WP 16
17	N	45	0	17,00	E	12	0	31,50	18	292	4,55	7,01	881,47	WP 17
18	N	45	0	18,70	E	12	0	25,50	19	291	2,46	2,46	886,02	WP 18
19	N	45	0	19,57	E	12	0	22,23				0,00	888,48	WP 19 PLT

Рисунок 2.4 – Маршрутный лист судна (Part 2)

Voyage Plan: Part III - Pilot to Berth										
Arrival Port: Marghera										
Wpt	Latitude		Longitude		To Wpt	Course	Distance	Rem. Dist.	Dist. Run	Name WP
1	N	45°	19,40	E 12°	23,02	1	288	1,22	12,47	WP 19 Pilot Station
2	N	45°	19,77	E 12°	21,36	2	285	4,02	11,24	Racon(M)
3	N	45°	20,84	E 12°	15,84	3	328	0,53	7,22	Canale Melison
4	N	45°	21,29	E 12°	15,44	4	341	0,23	6,69	Corner of Oil Terminal
5	N	45°	21,51	E 12°	15,33	5	353	0,29	6,46	S. Leonardo
6	N	45°	21,80	E 12°	15,28	6	009	1,21	6,16	Canal Litoraneo
7	N	45°	23,00	E 12°	15,54	7	007	0,83	4,95	Canal Litoraneo
8	N	45°	23,82	E 12°	15,69	8	357	2,14	4,12	Canal Litoraneo
9	N	45°	25,96	E 12°	15,55	9	300	1,05	1,98	Turnin Basin NO. 4
10	N	45°	26,48	E 12°	14,25	10	270	0,18	0,93	Industrial Sud
11	N	45°	26,48	E 12°	14,00	11	248	0,76	0,76	Darsena Canal Sud
12	N	45°	26,20	E 12°	13,00			0,00	12,47	San Marco Petroli

Рисунок 2.5 – Маршрутний лист судна «Chemtrans Riga» (Part 3)

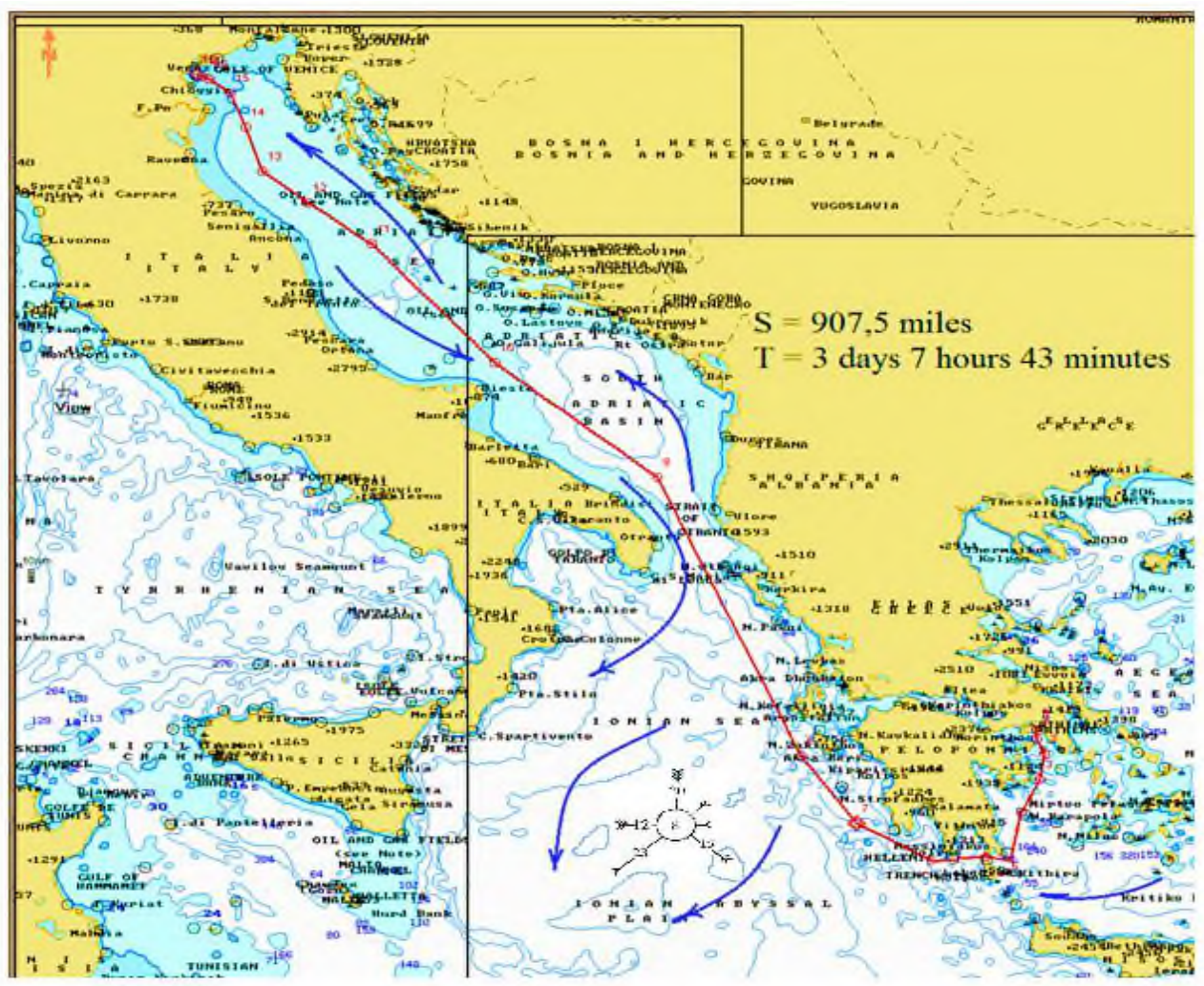


Рисунок 2.6 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Природня освітленість суттєво впливає на безпеку плавання, як про це свідчить аварійна статистика. Судноводію необхідно знати час настання цивільних і навігаційних сутінків, час заходу і сходу Сонця і Місяця. У момент навігаційних сутінків проводяться виміри висот зірок і планет для визначення місця судна астронавігаційними способами, у момент заходу Сонця спускають Державний прапор, прапори і вимпели. Для проходу небезпечних ділянок, вузькостей, каналів, проток, входу або виходу в портах слід завчасно знати світлий час доби. Виробнича діяльність судна також іноді залежить від світлого часу [14]. Тому на перехід була розрахована таблиця освітленості (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Елементи освітленості на 2021

Дата	Поча- ток нав. сут.	Сонце				Кінець нав. сут.	Місяць			
		Захід		Схід			Захід T _c	Вік, дні	Фаза	Схід T _c
		T _c	A	T _c	A					
16.02	05:52	06:49	104,8°	17:47	256,2°	18:40	09:06	3,7		22:32
17.02	05:50	06:46	104,4°	17:44	256,1°	18:39	09:32	4,7		22:29
18.02	05:49	06:48	104,6°	17:40	255,6°	18:39	09:54	5,7		22:33
19.02	05:50	06:53	105,0°	17:35	255,2°	18:38	10:14	6,7		22:41

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

Графік приливу дозволяє наочно і просто вирішувати завдання судноводіння, пов'язані з розрахунками глибини в приливних зонах. Коливання рівня зображуються у вигляді кривої, побудованої в прямокутних координатах. По осі абсцис відкладають поясне (суднове) час t у годиннику, по осі ординат – висоту приливу h у метрах. З таблиць приливів вибирають і наносять на графік

крапки висот ПВ і МВ. Необхідний тому адміралтейських таблиць (АТТ) вибираємо на обкладинці. Подальша побудова зводиться до проведення плавної кривої через ці крапки. Для більш точного креслення кривої користуються проміжними крапками, які на графік можна нанести графічним шляхом по методу, розробленому в НУ «ОМА» (НУ «Одеської морської академії»). Цей метод дає можливість нанести по дві додаткові крапки до кожної ПВ і МВ. На осі абсцис в обидва боки відкладають проміжок часу $T_p/4$ або $T_n/4$ (чверть часу росту або падіння рівня), потім знаходять проміжні крапки по ординатах ($h_{mv} + 0,15B$) або ($h_{pv} - 0,15B$). Через отримані крапки проводять криву. Додаткова похибка визначення моменту часу таким методом становить 2 % від T_p або T_n , а похибка висоти – не більш 4 % від B .

Характер і величина приливів у Світовому океані відрізняється більшою різноманітністю і складністю. Безпека плавання в морях із приливами вимагає попередніх розрахунків для пророкування рівня моря в заданому районі. У порту навантаження величина приливу дуже незначна й не потрібно розрахунків і побудови графіка приливів. На переході немає ділянок з обмеженими глибинами, а самі приливи в цьому районі, як і всі європейські води, піддані впливу невеликих півдобових приливів з незначними добовими нерівностями.

Коливання рівня моря можна представити у вигляді кривої, побудованої в системі прямокутних координат, по осях якої відкладаються висоти приливів у метрах і відповідні їм час доби. Маючи таку, далі не важко розв'язати практично будь-яке штурманське завдання по розрахунку приливів.

Результати розрахунків приливів повинні бути такими, щоб надалі, під час плавання судна в даному районі потреби в складних розрахунках не було.

Звичайно буває досить скласти таблиці і їх графіки, що й ілюструють, для добового коливання рівня вод.

Інформацію про приливо-відливних потоках представляють спеціальні таблиці елементів таких потоків, що містяться безпосередньо на полях навігаційної морської карти морські райони, що зображують, підданих діям приливо-відливних явищ [15].

У нашому випадку приливо-відливні явища в порту відходу, що

перебуває в Егейському морі, дуже незначні, відомостей у таблицях приливів для Егейського моря тому немає. Отже розрахунки приливів зроблені тільки на порт приходу у вигляді табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Час і висоти настання повних і малих вод

	16.02		19.02	
	Час	Висота	Час	Висота
Прилив	01:09	0,9	01:41	0,9
Відлив	07:11	0,2	07:44	0,3
Прилив	13:10	0,7	13:53	0,6
Відлив	19:05	0,2	19:55	0,3

Графік приливів, показаний на рис. 2.7. Порт Маргера перебуває в Адріатичному морі, дата прибуття в порт 19 лютого.

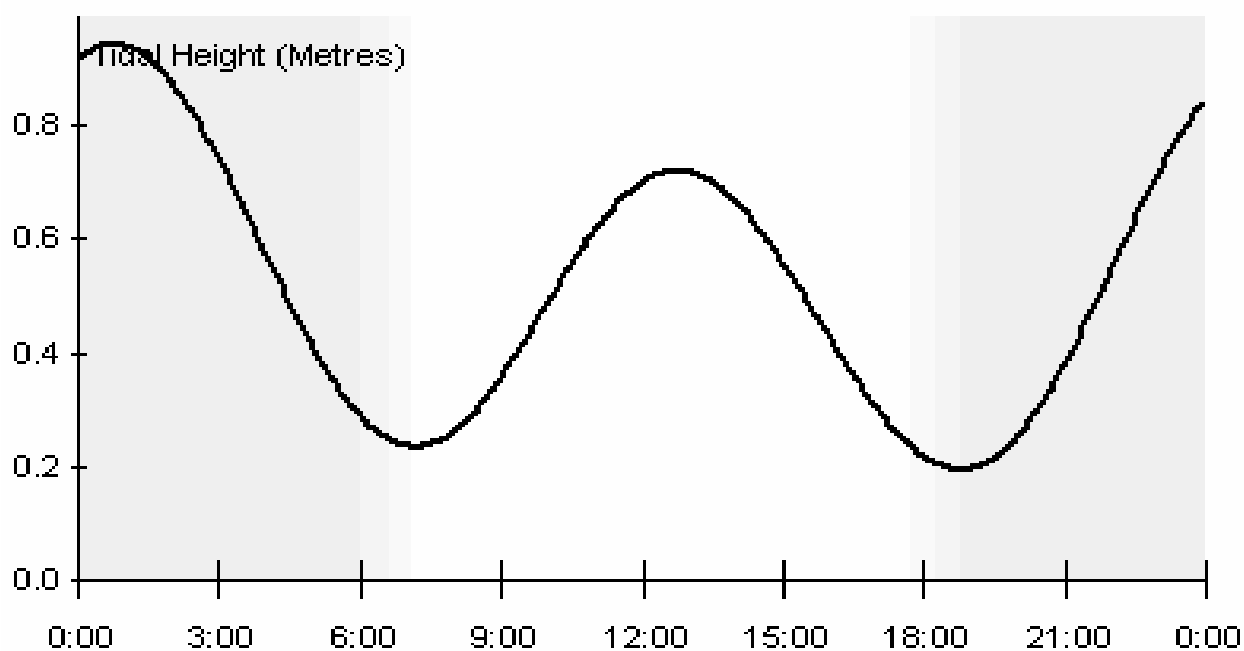


Рисунок 2.7 – Графік приливів на порт приходу

2.4 Висновки

За результатами виконання розділу дійшли до наступних результатів:

1. Навігаційна підготовка

Виконаний аналіз та планування навігаційного переходу забезпечили всеосяжний підхід до безпеки плавання. На маршруті враховані гідрометеорологічні умови, глибини фарватерів, портів та районів, які потребують лоцманської проводки. Ретельно підібрані карти, публікації та дані радіонавігаційних систем.

2. Належне забезпечення безпеки плавання

Проведені розрахунки ортодромії та локсодромії та параметрів судна підтверджують, що маршрут побудований з урахуванням найкоротшого і найбезпечнішого шляху.

3. Аналіз гідрометеорологічної інформації

Збір та обробка метеорологічних даних дозволили оцінити погодні ризики, що впливають на виконання переходу, та забезпечити оперативний контроль під час рейсу.

4. Економічна ефективність

Мінімізація ходового часу і часу в порту в результаті впливають на економічні показники, тому пророблений перехід враховує економічну доцільність цих процесів.

5. Розрахунки приливів і освітленості

Побудова графіків приливів і розрахунок природної освітленості забезпечили додаткову безпеку судноводіння в портах заходу та виходу.

Всі проведені дослідження та розрахунки підтверджують, що навігаційний перехід побудований з урахуванням сучасних стандартів безпеки та ефективності.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА ТА РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

3.1.1 Наливні вантажі

До завантаження в порту Елефсіс приймається мазут, торгова назва (Trade Name) – Fuel Oil, в кількості – 33839,6 т.

Загальні відомості про вантаж.

Густа рідина, темно-коричневого кольору, залишок після відгону від нафти бензину, гасу і фракцій дизельного палива. Застосовують як котельне паливо для виробництва моторних палив, бітумів, коксу. Мазут класифікується за змістом сірки: мало сірчаних до 0,5%, сірчаних до 2%, високо сірчаних до 3,5%. За призначенням підрозділяють на топковий і флотський. Флотський мазут має велику теплотворну здатність і менш в'язкий в порівнянні з топковим. З водою утворює стійку емульсію. Навантаження і вивантаження мазуту проводиться при його високій температурі через високу в'язкість. При зберіганні мазуту утворюється легкозаймиста атмосфера.

Фізико-хімічні властивості.

Хімічне опис – флотський мазут. Синоніми: топковий мазут, низькосортний мазут, мазут розширеного складу, емульгований мазут, коксований мазут, мазут відповідає специфікації ASTM-396 (Американське суспільство по випробуванню матеріалів), важке паливо, бункерне паливо, «Bunker C». Основні характеристики вантажу:

- фізичний стан - в'язка рідина;
- питома вага – 0,965 при 15° С (в даному випадку);
- в'язкість – 195-1950 мм²/С при 40° С;
- температура кипіння – не визначена;
- температура замерзання – 21-30° С;

- тиск пару $<0,0069 \text{ к / см}^2$ при 21° С
- розчинність в воді – практично не розчинний в холодній воді;
- вміст сірки – 2-4%.

Хімічно стабільне з'єднання, не утворює небезпечну полімеризацію. Вразливе до екстремально високих температур, сильних кислот і окиснювача. До складу входять різні види нафтопродуктів і домішків від попередньої переробки, а також світлі каталітичні дистиляти та інші хімічні сполуки.

Пожежонебезпечні властивості.

Середньо- або слабо-вибухонебезпечна рідина. Горіння цієї речовини може супроводжуватися з виділенням чадного газу, вуглекислого газу, диму, незгорілого вуглеводню, оксидів сірки і азоту. За певних умов і може стати «вибухонебезпечною рідиною». Справа в тому, що речовина, випаровуючись при температурах близьких до температури займання, утворює з повітрям при певних умовах і в певних пропорціях пожежонебезпечну суміш. При тривалому зберіганні і при високій температурі, знову ж в специфічних умовах, ця речовина може виділяти сірководень – вибухонебезпечний газ.

Може акумулювати статичну електрику.

Температура спалаху – це значення температури, при якому над поверхнею нафтопродукту з певною швидкістю утворюються пари. Швидкість освіти пара при цій температурі така, що після займання їх від відкритого джерела вони відразу ж гаснуть, якщо забрати джерело. Значення температури спалаху визначає ступінь пожежонебезпеки нафтопродукту.

Температура спалаху – $65-121^\circ \text{ С}$.

Температура займання: називається найменша температура, при якій пари не тільки спалахують при піднесенні вогню, але пари виділяються з достатньою швидкістю і в достатній кількості для підтримки горіння, яке почалося.

Межі займання по концентрації:

Крім температурних меж запалення існують межі запалення по концентрації. Ці кордони відповідають граничним значенням концентрації пара, при яких може відбутися їх самозаймання.

Температура самозаймання:

Температурою самозаймання називається граничне значення температури нафтопродукту, при якому його пари запалюються від нагрівання без піднесення джерела запалювання. Характеристика:

- температура самозаймання – 260-343° С;
- нижній поріг займання – 0,6-4,0%;
- верхній поріг займання – 7-44%.

Умови перевезення.

Температура зберігання вантажу повинна бути на 5° С нижче температури спалаху. Температура навантаження становить, як правило, близько 45-55° С з урахуванням температурних втрат по довжині берегового трубопроводу. Продукт перевозиться, як правило, з підігрівом при температурі близько 60° С, необхідної для забезпечення повного вивантаження. Тому вимогою до перевезення є наявність підігріву на судні. Вимоги з безпеки, що пред'являються до перевезення даного вантажу, такі ж, як і для інших нафтопродуктів. Необхідно виключити використання відкритого полум'я в районі вантажний палуби. Крім того, при використанні електроприладів на відкритій палубі і в приміщеннях з вантажними насосами, вони повинні бути затверджені для застосування на танкерах [16, 17].

На підставі наведеної інформації по вантажу представимо в табл. 3.1 його транспортні характеристики

Таблиця 3.1 – Транспортні характеристики

Найменування вантажу	Вид тари	Паспортна густина вантажу ρ^{15}_4	Валові норми вантаж. робіт, т/год	
			завантаження	вивантаження
мазут	наливом	0,965	2500	2000

Після отримання судном рейсового завдання старший помічник капітана організовує роботи по підготовці вантажних танків до прийому вантажу,

зазначеного в рейсовому завданні. Керуючись допомогою по підготовці вантажних танків до прийому нафтопродуктів (Tank Cleaning Guide), а також з дотриманням вимог Конвенції MARPOL-73/78, вантажні танки наводяться в належний стан для прийому даного вантажу. Окрім цього ст. помічник керується перевірочним листом з безпеки (документ, відомий як Material Safety Data Sheet (MSDS)); Міжнародним керівництвом з безпеки для нафтових танкерів і терміналів (ISSGOT); Рекомендаціями ООН з перевезення небезпечних вантажів. Типові правила (ST/sc/ac, 10/1/Rev.10).

3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажу

Одним з важливих етапів підготовки до розрахунку вантажного плану є детальне вивчення транспортних характеристик і властивостей вантажів, які визначають умови їх перевезення, перевантаження і зберігання.

Підготовка до завантаження проводиться в наступній послідовності [17]:

Відправник вантажу до початку навантаження являє капітану Декларацію (інформацію) про вантаж, що містить відомості про вантаж: найменування вантажу і його фізико-хімічні властивості, види небезпеки, вимоги до чистоти танків і технологічний режим перевезення. На підставі Декларації виконується додаткова зачистка танків, а в нашому випадку ще й необхідність інертизації.

Мийка танків (зачистка) виконується, керуючись посібником з підготовки вантажних танків до прийому нафтопродуктів (Tank Cleaning Guide) і вимогами Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню моря з суден 1973 р. і Протоколу 1978 р. (MARPOL-73/78) [18].

Основний принцип вимог до якості відмитої поверхні вантажних танків полягає в тому, під який вантаж готуються вантажні танки, і які три останніх вантажу раніше перевозилися танкером. У нашому випадку, три останніх вантажу були різні сорти мазуту. У зв'язку з цим вимоги до чистоти танків для прийому вантажу, в даній вантажній комбінації, невисокі і навіть допускається прийом вантажу понад залишків попереднього.

У всякому разі при митті танків виконуються наступні роботи:

- 1) мийка вантажного трубопроводу;
- 2) мийка танків мийними машинкам (в нашому випадку допускається холодною водою);
- 3) вентиляція танків.

Перед постановкою танкера під навантаження необхідно обпресувати вантажну і зачисну магістралі заборотної водою на робочий тиск, попередньо прокачавши їх цією водою.

Слід перевірити час відкриття і закриття дистанційно керованих клінкетів вантажних систем (про що складають спеціальний акт). Крім того, перевіряють щільність закриття клінкерів в насосному відділенні і кінгстон.

Необхідно перевірити справність шлангів пристроїв, шлангів, вантажного крана, призначеного для підтримки шлангів. Крім того, оглядають маркування шлангів і при необхідності відновлюють його. Обов'язково проводять гідравлічне випробування шлангів (передбачене інструкцією); про факт проведення випробувань роблять запис в машинному журналі.

Перед навантаженням перевіряють засоби контролю, сигналізації (про заповнення танків на 95, і 98%). Крім того, перевіряють справність пристрою, який відсікає, для зупинки перекачування вантажу (яке повинно бути пов'язане з подібним пристроєм, який відсікає, на вантажну базу), а також засобів освітлення палуби в районі маніфолдів.

Також необхідно переконатися в надійності заповнення вантажних танків інертним газом.

Особливо ретельно вантажний помічник повинен перевірити закриття клінкерів зачисної системи (оскільки іноді вахтові матроси забувають їх закривати). Перевіряють також систему аварійної зупинки вантажних насосів.

Старший помічник капітана повинен перевірити готовність протипожежних засобів.

Особливу увагу необхідно приділити перевірці закриття всіх шпігатів на вантажній палубі (через які в море може потрапити нафтопродукт), закриття не

використовуваних при вантажних операціях патрубків вантажного і зачисного палубних трубопроводів. Слід перевірити установку піддонів під фланці приймального трубопроводу. Підготувати газовідвідну систему до вантажних операцій.

При виконанні всіх цих (і інших) операцій відповідальні особи судна заповнюють спеціальну «Декларацію про готовність судна до вантажних операцій».

Підготовлені танки пред'являються представнику відправника вантажу для огляду і придатності до прийому даного вантажу. Складається Акт про придатність танків до навантаження. У разі відмови відправника вантажу від огляду танків, запрошується компетентний незалежний сюрвейєр, що своїм рапортом підтверджує придатність танків для прийому даного вантажу [19].

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

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

Для визначення Δ_p необхідно по карті зон і сезонних районів визначити діючі вантажні марки відповідно до пори року [20].

Перехід Елефсіс – Маргера починається в зоні дії літньої вантажної марки і закінчується в зоні дії літньої вантажної марки без обмежень за осадкою. За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлене для зони дії літньої вантажної марки [21].

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

$$\Delta_l = 48309 \text{ т,}$$

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

$$\Delta w = \Delta p - \Delta_0, \quad (3.1)$$

де Δ_0 – водотоннажність судна порожньому, т.

$$\Delta w = 48323 - 8316 = 40007 \text{ т},$$

Ходовий час визначено в розділі 2, і за вказівкою судновласника для економії швидкості складає 12,5 вуз.:

$$t_x = 909,7 / 12,5 \cdot 24 + 0,25 = 3,3 \text{ доби}.$$

Нормативна тривалість часу стоянки розраховується за формулою:

$$t_{\text{ст}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{M}, \quad (3.2)$$

де: Q_i – маса вантажу одного найменування, т;

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

M – валова норма вантажних робіт, т/год.

Стояночний час розраховуємо виходячи від кількості вантажу:

$$t_{\text{ст}} = 33839,6 / (2000 \cdot 24) = 0,7 \text{ діб},$$

Кількість вантажу, яке може прийняти судно, залежить від величини запасів. Зазвичай немає необхідності враховувати стояночні запаси, що витрачаються в порту навантаження, так як до моменту закінчення навантаження стояночні запаси, передбачені на час навантаження будуть витрачені. Тому загальна кількість рейсових запасів $R_{\text{зап}}$ розраховуються як сума ходових запасів $R_{\text{хзап}}$ і необхідних для порту вивантаження стояночних запасів $R_{\text{стзап}}$:

$$R_{\text{зап}} = R_{\text{хзап}} + R_{\text{стзап}}; \quad (3.3)$$

Кількість ходових запасів становить суму:

$$R_{\text{хзап}} = R_{\text{хт}} + R_{\text{хв}} + R_{\text{хсм}}; \quad (3.4)$$

де $R_{хт}$, $R_{хв}$, $R_{хсм}$ – відповідно кількість палива, води і мастила необхідне на перехід від порту завантаження до порту вивантаження з урахуванням коефіцієнта штормового запасу $k_{шт}$.

$$R_{хт} = q_{хт} \cdot t_x \cdot k_{шт}; \quad (3.5)$$

$$R_{хв} = q_{хв} \cdot t_x \cdot k_{шт}; \quad (3.6)$$

$$R_{хсм} = q_{хсм} \cdot t_x \cdot k_{шт}; \quad (3.7)$$

де $q_{хп}$, $q_{хв}$, $q_{хсм}$ – добова норма витрачання палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу.

Кількість запасів в даному рейсі значно перевищує необхідні для виконання рейсу, адже данні взяті з рейсу, тому коефіцієнт штормового запасу не враховуємо. Тоді:

$$R_{хп} = 30,5 \cdot 3,3 = 100,7 \text{ т},$$

$$R_{хд} = 1,5 \cdot 3,3 = 5 \text{ т},$$

$$R_{хв} = 5 \cdot 3,3 = 16,5 \text{ т},$$

$$R_{хсм} = 0,2 \cdot 3,3 = 0,7 \text{ т},$$

$$R_{хзап} = 100,7 + 5 + 16,5 + 0,7 = 122,9 \text{ т},$$

Аналогічно знаходять кількість стоянкових запасів;

$$R_{стзап} = R_{стт} + R_{ств} + R_{стсм}; \quad (3.8)$$

$$R_{стт} = q_{стт} \cdot t_{ст}; \quad (3.9)$$

$$R_{ств} = q_{ств} \cdot t_{ст}; \quad (3.10)$$

$$R_{стсм} = q_{стсм} \cdot t_{ст}; \quad (3.11)$$

де $q_{стп}$, $q_{ств}$, $q_{стсм}$ – добова норма витрачання палива, води і мастила на стоянці судна відповідно, т/добу.

$$P_{\text{стп}} = 3,6 \cdot 0,7 = 2,5 \text{ т},$$

$$P_{\text{ств}} = 2,3 \cdot 0,7 = 1,61 \text{ т},$$

$$P_{\text{стсм}} = 0,05 \cdot 0,7 = 0,035 \text{ т},$$

$$P_{\text{стзап}} = 2,5 + 1,61 + 0,035 = 4,14 \text{ т},$$

$$P_{\text{зап}} = 122,9 + 4,14 = 127,1 \text{ т},$$

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

$$\Delta\text{ч} = \Delta w - (P_{\text{зап}} + P_{\text{ек}}); \quad (3.12)$$

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

$$\Delta\text{ч} = 40007 - (127,1 + 146) = 39733,9 \text{ т}$$

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

Запаси палива, масла води прийняті дещо більше ніж необхідно на рейс. Кількість вантажу в кожному танку визначається з урахуванням його розширення від підвищення температури повітря. В даному рейсі вантаж приймається з температурою $+6,0^\circ\text{C}$.

Аналізуючи значення температур на переході, робимо висновок, що температура вантажу в існуючому діапазоні зміни температури не перевищуватиме температуру завантаження.

Паспортна щільність вантажу – $\rho_{15/4} = 0,965$; виправлення щільності при розширенні вантажу на 1°C представляє - $\lambda = 0,000864$; температура вантажу при вантаженні $t_{\text{max}} = 6,0^\circ\text{C}$.

$$\text{Тоді } \rho_{\text{min}} = 0,947.$$

Допустимий обсяг всіх танків (при заповненні на 100%) представляє $\lim W_{\text{т}} = 41958 \text{ м}^3$ (без врахування Slop Tank).

Згідно з вимогами Міжнародного посібника з безпеки для нафтових танкерів і терміналів (ISGOTT) судно має право заповнювати вантажні танки тільки на 98%.

Обсяг всіх танків (при заповненні на 98%) являє $W_{T98\%} = 42377,7 \text{ м}^3$.

Немає необхідності перевіряти запас пустот в вантажних танках оскільки вантаж приймається на судно при температурі $6,0^\circ \text{C}$ з щільністю $0,947 \text{ т/м}^3$, а на протязі рейсу температури більшої за цю не буде.

Згідно рейсовому завданням (Voyage Order) судно має завантажити 33839,6 т вантажу.

Відомості про маси і обсягах партій вантажу показано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Відомості про маси і обсягах партій вантажу

Назва вантажу	Маса вантажу $Q_i, \text{ т}$	Щільність вантажу $\rho, \text{ т/м}^3$		Обсяг який займає вантаж $V_i, \text{ м}^3$	
		при $t_v = 15^\circ \text{C}$	при $t_v = 6^\circ \text{C}$	при $t_v = 15^\circ \text{C}$	при $t_v = 6^\circ \text{C}$
Мазут	33839,6	0,965	0,947	35066,9	35733,5

Прийняті параметри застосовані в подальших розрахунках.

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні. Неправильне або невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминуче призводить до перенапруження корпусу, а в окремих випадках до пошкоджень і навіть аварії судна [17].

Специфіка конструкції танкера така, що остійність судна, як правило, задовільна, навіть не дивлячись на наявність вільних поверхонь рідини. Але навіть при перевезенні однорідного вантажу його розподіл здійснюється

відповідно до вимог Інформації капітану про остійність і міцність судна і рекомендаціями заводської інструкції. У вигляді великих навантажень, які зазнає танкер на вигин, його поздовжня міцність визначається по згинальним моментам і силам, які перерізують, в певних перетинах.

У тих випадках, коли навантажений танкер не до кінця вибирає свою вантажопідйомність навантаження розраховують за даними обсягу рідини і вантажних приміщень. Потім з урахуванням щільності визначають масу завантаженого вантажу і порівнюють її з чистою вантажопідйомністю. Вантажні танки дозволено заповнювати тільки на 98%, 2 відсотка залишається на непередбачене температурне розширення вантажу, для забезпечення безпечного перевезення.

Особливу увагу розміщенню вантажу приділяють при перевезенні кількох сортів. В цьому випадку необхідно пам'ятати, що між двома видами вантажу повинно бути як мінімум два закритих клінкера, для запобігання змішування. Тобто якщо судно призначене для перевезення 2-х сортів вантажу і має дві незалежні вантажні лінії і дві групи незалежних танків, то не можна використовувати танки однієї групи для розміщення двох сортів вантажу.

Розрахунок виконуємо в табличній формі 3.3.

Таблиця 3.3 – Розподіл вагового навантаження по вантажним приміщенням судна

Найменування вантажного приміщення	Щільність вантажу	Обсяг танка 100%, м ³	Обсяг танка 98%, м ³	Маса вантажу, т	Обсяг вантажу, м ³
1	2	3	4	5	6
No.1 Cargo Oil Tank P	0,947	2929,16	2870,68	1981,7	1876,67
No.1 Cargo Oil Tank S	0,947	2919,04	2860,66	1981,6	1876,58

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
No.2 Cargo Oil Tank P	0,947	3618,59	3546,22	3049,1	2887,5
No.2 Cargo Oil Tank S	0,947	3607,06	3534,92	3048,8	2887,21
No.3 Cargo Oil Tank P	0,947	3660,86	3587,64	3486,9	3302,09
No.3 Cargo Oil Tank S	0,947	3655,11	3582,01	3486,6	3301,81
No.4 Cargo Oil Tank P	0,947	3662,20	3588,96	3535,9	3348,5
No.4 Cargo Oil Tank S	0,947	3655,02	3581,92	3522,6	3335,9
No.5 Cargo Oil Tank P	0,947	3667,58	3594,23	3470,9	3286,94
No.5 Cargo Oil Tank S	0,947	3659,33	3586,14	3470,5	3286,56
No.6 Cargo Oil Tank P	0,947	3385,18	3117,48	2344,8	2220,53
No.6 Cargo Oil Tank S	0,947	3656,23	3297,93	2354,1	2229,33
Разом		41958,5	41118,8	35733,5	33839,6

Вантажні лінії як правило взаємозамінні, і відсікаються один від друга двома клінкерами. Крім того, в процесі планування розміщення вантажу по танках і майбутньої навантаженні, необхідно враховувати, що один трубопровід може бути послідовно використаний для навантаження різних вантажів, тільки

якщо вантажі хімічно спільні, а кількість залишків одного вантажу в трубі не вплине на якість іншого.

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

При складанні вантажного плану необхідно в комплексі враховувати характеристики судна, вантажів, траси і портів заходу [9]:

Порт Елефсіс

Місце розташування: Елефсіс розташований у затоці Saronikos до SE материка, в 24 км від Піреї.

Загальний огляд: порт Елефсіс складається з району нафтового компанії Mobil, Техасо, Sidenor, нафтосховище Aspropirgos (окремий вхід), і гавані для дрібних суден у заливу Elefsinas. Порт приймає судна з осіданням максимум 3,6 м з старого входу в порт. До Е від старого порту на відстані приблизно 300 м є причал 300 м довжиною і 80 м шириною. До перших 145 м причалу можуть ставитися судна з осадкою максимум 7,3 м, і для суден з осадкою 10,0 м інша частина причалу. Відстань між старими й новими гаванями становить 345 м, глибини 7,3 м. Експорт включає цемент, олійні фарби, мило, вино, смоляне й маслинове масло, нафтопродукти і їх похідні. Імпорт складається із загальних товарів.

Приблизно 2318 суден щорічно відвідують порт.

Вантажна марка літня.

Макс. розмір суден: для причалу цементного заводу: 45000 дедвейтом, макс. осадка 10,6 м. Очисний завод Petrola: макс.довжина 262 м, осадка 11,7 м, 80000 дедвейтом.

Щільність води в причалів: 1025.

Буксири: обов'язкові для суден 120 м довжиною (день) і 75 м довжиною (ніч) для проходження протоки Салямі, військової зони.

Приймання баласту/нечистот: доступно.

Ремонтні роботи: Ремонт усіх видів може бути виконаний для суден дедвейтом не більше 120000 т.

Сухі доки: є три плавучі доки:

№ 1: 162 м x 24 м x 6,5 м, дедвейтом до 20000 т;

№ 2: 227 м x 35 м x 8,0 м, дедвейтом до 50000 т;

№ 3: 252 м x 41 м x 9,7 м, дедвейтом до 30,000 т.

Стіна причалу 640 м довжиною, глибини від 7,0-9,0 м і обладнані піднімальними кранами на 2 x 15 т і на 1 x 40 т. Трансверсальний причал 200 м довжиною обладнаний піднімальним краном на 15 т. Одне місце під суднобудування для суден до 150000 т, обладнане піднімальним краном порталу на 400 т. Причал: довжина 200 м; глибини від 9,0-10,0 м.

Сухий док: довжина 190 м, ширина 55 м, звичайно використовуваний у якості стапеля. Плавучий док поміщено до ENE на 0,2 км від входу.

Прісна вода: доступна.

Бункерування: доступний від установок на причалі й водоліями.

Медичні установи: доступно.

Транспорт: Найближчий аеропорт: Афіни, 12 км.

Вихідні дні: Відповідно грецьким національним святкам плюс 23 квітня й 8 листопада. Робочий час: Звичайно 08:00-17:00 годин, і додаткова зміна.

Порт Маргера

Місце розташування: Порт розташований в північній частині Адріатики.

Загальний огляд: Порт є природньою гаванню, захищеної в лагуні. Головним входом у порт, з метою морського трафіка, є канал Ніколо ді Лідо, за допомогою чого судна досягають Marittima (Комерційний і Пасажирський Порт), Басиліо (Пасажирський Порт) і Промислового порту через басейн Каналу Св. Марка і Джиудекки. Другий вхід, Канал Маламокко-Марджери, відкриває доступ до Каналу Маламокко, який судноплавний для більших танкерів і суховантажів. Імпорт і експорт включає сиру нафту, нафтопродукти, рідкі види палива, зріджені гази, хімічні продукти, добрива, метали, солону й

кам'яну сіль, зерно, генеральний вантаж, контейнери, корисні копалини, деревину, вугілля й кокс.

Приблизно 3600 суден, 30250000 т вантажів, 380000 TEU і 1720000 пасажирів щорічно проходять через порт.

Вантажна марка в порту літня.

Макс. розмір суден: Через Porto di Malamocco: Дарсене Сан Леонардо: довжина судна 250 м, осадка 13,5 м. До порту Маргера: довжина судна 225 м, осадка 11,4 м. Через Porto di Lido: довжина судна 220 м. Найбільше судно: «Agir Abruzzo», дедвейтом 254650 т, танкер.

Щільність води у причалів: 1020-1028.

Ремонтні роботи: Fincantieri, обладнаний, щоб будувати й ремонтувати більші судна дедвейтом до 250000 т. Доступні водолази.

Сухі доки: є 3 сухих дока, усі розташовані у Венеції, з наступними розмірами:

Загальна довжина, м: № 1 – 89, № 2 – 161, № 3 – 250.

Ширина, м: 12,1; 20,4; 32,6.

Глибини, м: 5,9; 8,1; 10,0.

DWT – 75000 т.

Прісна вода: Доступна в причалу.

Заправлення паливом: Усі морські вимоги палива задовольняються, якщо замовлене заздалегідь (баржі, широко використовувані).

Склад: доступний.

Медичні установи: Ospedale Civile Mestre, 3 км.

Найближчий аеропорт: Marco-Polo International, Венеціанському материку, 10 км.

Державні свята: Національні свята й місцеві свята, 21 листопада.

Робочий час: Звичайно 08:00-12:00; 13:00-17:00; 17:00-23:30 і 23:30-05:30.
У свята: 08:00-14:00 і 14:00-20:00.

Сміття: доступна здача.

Для даного типу вантажу вентиляція не проводиться.

РОЗДІЛ 5

СУЧАСНІ ПІДХОДИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА

5.1 Аналіз екологічних проблем в судноплавстві

Сучасна проблема, з якою суспільство зустрілось і намагається боротись є навколишній стан екології. Майже весь світ потерпає від постійного впливу шкідливих викидів CO₂ в атмосферу. Так викиди погано впливають не тільки на здоров'я людей і тварин – природна краса також не може існувати в повній мірі в таких умовах.

Міжнародна морська організація (IMO) розробила понад 40 конвенцій, ключовими з яких є SOLAS (1974) для безпеки життя на морі, MARPOL (1973/1978) для запобігання забрудненню моря від суден (включаючи нафту, хімікати, стічні води, сміття, викиди), STCW (1978) для підготовки моряків та LOAD LINE (1966) для вантажної марки. Ці документи встановлюють єдині стандарти для 99% світового тоннажу, з обов'язковим контролем держави порту (Port State Control) для перевірки дотримання. Конвенція FAL (1965) полегшує міжнародне судноплавство, зменшуючи бюрократію.

Екологічна небезпека морського транспорту складається з двох складових - експлуатаційної і аварійної. Дуже важко сказати, які з них найбільш небезпечні для навколишнього середовища. Забруднення, що виникають в процесі експлуатації суден, портів і судноремонтних підприємств, утворюються і скидаються постійно, хоча і у відносно невеликих кількостях. При аварійних розливах відбуваються залпові скиди великої кількості забруднювачів, але вони обмежені районом аварії та прилеглими територіями. При аварійному скиданні спостерігається масова загибель мешканців моря, а при експлуатаційних забрудненнях відбувається хронічне отруєння всього океану.

Головною причиною екологічної ситуації є викиди CO₂. Міжнародне енергетичне агентство представило діаграми щодо викидів шкідливих речовин

та їх залежність від галузі застосування, які наведено на рис. 5.1 [23].

З діаграми зрозуміло, що транспорт займає друге місце по шкідливим викидам, а саме CO₂ у атмосферу, з чого випливає, що зміна такої тенденції завдяки іншим видам палива які б зменшили шкідливі викидів буде суттєво змінювати екологічний стан в цілому у світі.

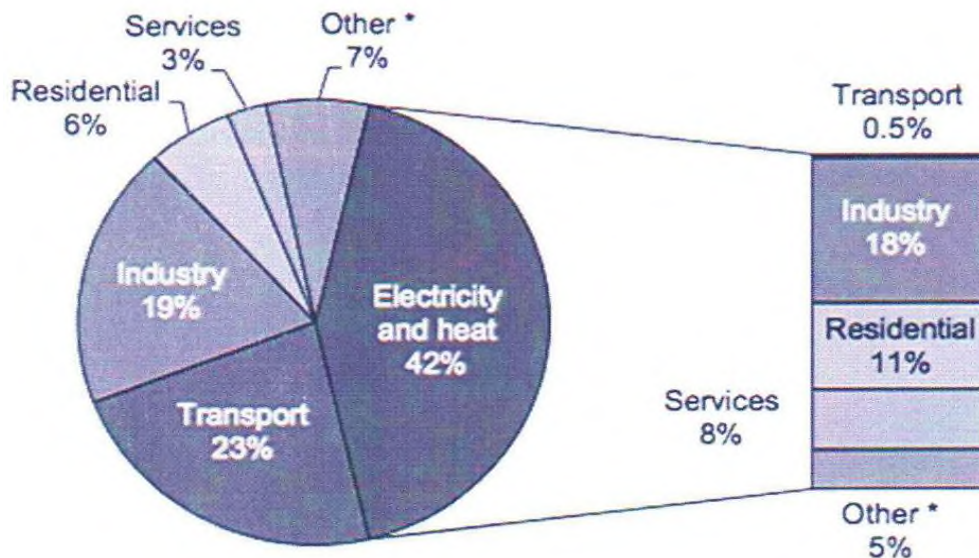


Рисунок 5.1 – Діаграми викидів шкідливих речовин та їх залежність від галузі застосування

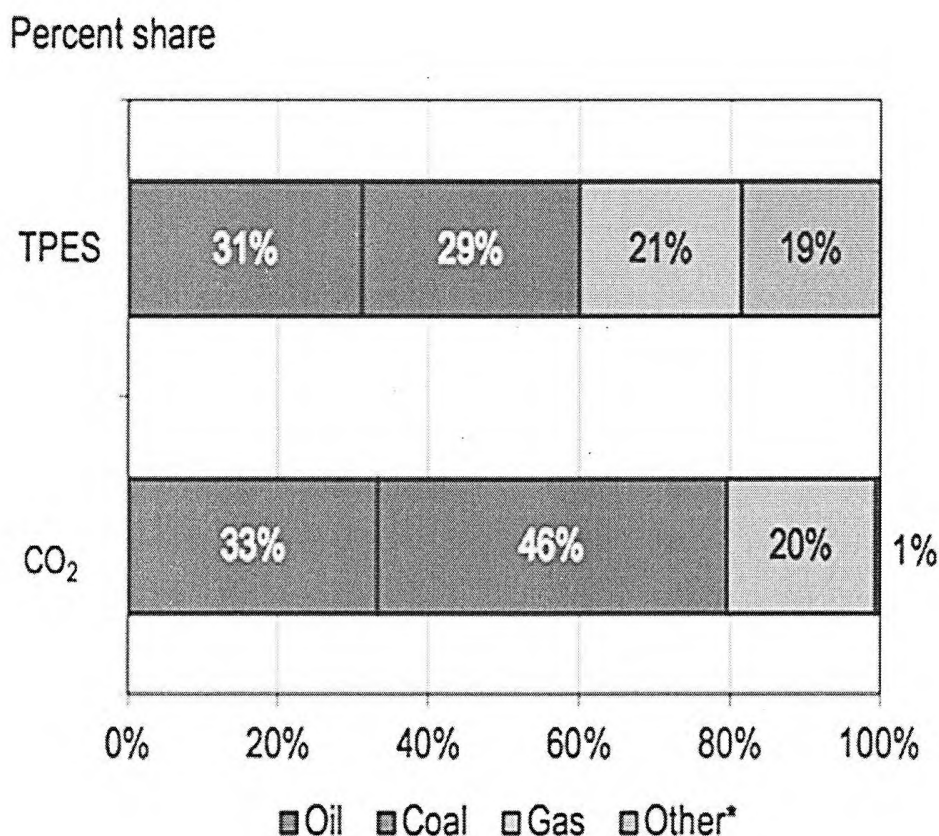
Також була опублікована діаграма яка відображає залежність шкідливих викидів від типу пального яке використовується при транспортуванні вантажів (рис. 5.2).

З рис. 5.2 можливо теж простежити, що 19% з усієї енергії було створено завдяки іншим або альтернативним видам енергії які дають у підсумку лише 1% викидів CO₂ [24].

Дивлячись на ці та інші данні можна зробити висновок, що використання альтернативного виду енергії значно покращує екологічний стан світу.

Наукове суспільство багато років бориться з цією проблемою і вже має декілька варіантів вирішення проблеми.

Інтерес до електродвигунів в останні роки перетворився в стійку тенденцію не тільки на тлі бурхливого розвитку технологій, але й завдяки завіренням будівних корпорацій в високому ступені екологічності і надійності їх продукції. Особливо спостерігається стрімке застосування електродвигунів в автомобільній галузі, де традиційним завжди був двигун внутрішнього згоряння.



* Other includes nuclear, hydro, geothermal, solar, tide, wind, biofuels and waste.

Рисунок 5.2 – Діаграма залежності шкідливих викидів від типу пального

Вже є заяви виробників про застосування електродвигунів на суднах але це скоріше одиничні випадки і тільки там де перевезення відбувається на короткій відстані і поблизу берега, щоб у випадку поломки можливо було швидко отримати допомогу.

Прикладом такого застосування є Великий шведський поромний оператор «NH Ferries Group» разом з компанією «ABB», які приступили до реалізації масштабного проекту по переустаткуванню двох найбільших поромів «Tucho Brahe» і «Aurora» з дизельної тяги на електричну. Після цієї модернізації вони стануть самими більшими електросуднами у світі (рис. 5.3) [25].

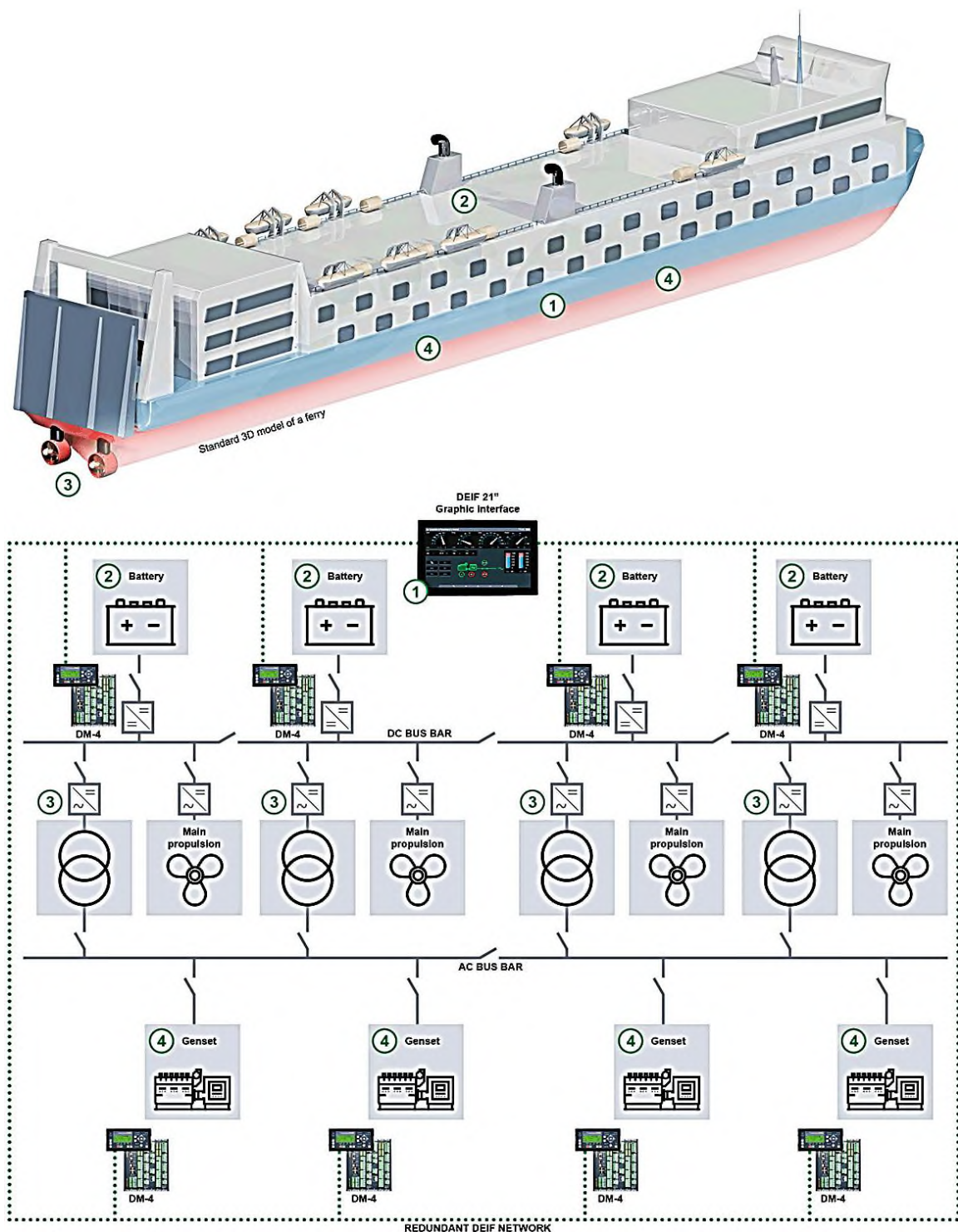


Рисунок 5.3 – Схема електричної установки на поромі «Tucho Brahe»

Поромы Tycho Brahe і Aurora курсують по маршруту Хельсінборг (Швеція) – Хельсінгер (Данія) довжиною 4 км. Довжина поромів – 238 метрів, вага 8414 т. Щорічно вони перевозять близько 7,5 млн. пасажирів і 1,9 млн. автомобілів. Переклад настільки великих суден на електричну тягу – досить складне технічне завдання, але з погляду скорочення шкідливих викидів вона абсолютно виправдана.

Компанія ABB вже обладнала кожен пором акумуляторами загальною потужністю 4,2 МВт·год. 640 батареї по 6,5 кВт·год розміщені в верхній частині суден поряд з двома рубками, де знаходяться трансформатори, система охолодження та ін. Мережі будуть прокладені від містка до місць підключення на обох кінцях судна, щоб забезпечити швидку зарядку батареї.

Підзарядка суднових акумуляторів буде проводитися гігантської роботизовано рукою при вивантаженні пасажирів у порту прибуття. Система функціонує повністю в автоматичному режимі і здатна працювати навіть в екстремальних умовах.

Сьогодні багато видів транспорту переводять на електричну тягу – включаючи водний. Особливість поромів полягає в тому, що вони курсують переважно на короткі відстані між тими самими портами протягом довгого часу, створюючи при цьому серйозні екологічні проблеми своїми потужними дизельними двигунами. В інших випадках поки не рентабельною та навіть небезпечно застосовувати електричні судна [26].

Ще одним з варіантів є альтернативного заміни енергоносія це застосування і якості палива – біопалива.

Морське суспільство вже давно почало міркувати над забезпеченням екологічної безпеки на суднах і дійшло до висновків, що один з них це створення так званого «еко судна».

Еко судно – це судно яке було модифіковано або сконструйоване таким чином щоб збільшити його первинні економічні і екологічні показники.

Т/х «MSC Flaminia» є одним з прикладів еко-суден. Після пожежі у 2012 році, яка завдала великої йому шкоди, т/х «MSC Flaminia» було відремонтоване

в Монголії і модифіковано у сучасне еко-судно.

Це відбулось шляхом установки нового бульбообразного носа і нового гвинта, а витрата палива т/х «MSC Flaminia» стало значно менше, ніж раніше. Аналізи техніко-експлуатаційних та операційних відділів показують, що при ідеальних умовах 12% палива можуть бути заощаджені завдяки тільки цим двом модифікаціям» [27].

Такий метод поширюється на нових суднах, але має досить суттєвий недолік, а саме вартість питання. Залучення новітніх технологій для створення еко-судна робить його не вигідним з точки зору економіки для старих суден. Тому виникає питання створення більш універсального методу.

Існує також варіант переходу судна на газовий тип двигуна.

Вже сьогодні серійно випускаються двигуни які працюють виключно на природному газі, а також двигуни які використовують зріджений природний газ. За показниками експертів використання таких типів двигунів дозволяє [28]:

1. Повністю виключити викиди оксидів сірки (SO_x) і твердих частинок;
2. Кардинально – на 90%, знизити викиди оксидів азоту (NO_x);
3. Суттєво – на 30% і більше, знизити викиди діоксиду вуглецю (CO₂).

Досвід будівництва та експлуатації суден-газоходів показує наступне:

1. Будова судна на газовому паливі обійдеться на 10-15% дорожче;
2. В процесі експлуатації додаткові витрати на будівництво судна окупаються за 5-8 років за рахунок того, що:

- а) Природний газ в 2-5 разів дешевше інших видів палива;
- б) Виключаються витрати на штрафи за перевищення норм по викидах.

У підсумку, в розрахунку на весь життєвий цикл судно-газохід економічно ефективніше судна на традиційному паливі. Але такі висновки можливо робити опираючись на те, що економіка не зміниться.

Навіть якщо такі данні будуть справедливі згодом є один суттєвий недолік який не дає можливості зробити метод газових двигунів поширеним, а саме необхідність створення газових терміналів, бо це питання ще не вирішене.

Сучасні підходи для вирішення екологічних проблем включають «зелене

судноплавство» з використанням альтернативних палив (LNG, метанол, біопаливо, водень), гібридних систем та систем очищення викидів (скрубери), що знижують викиди CO₂, NO_x та SO_x. Технології на кшталт систем повітряного змащування зменшують опір корпусу та економлять до 10% палива, а AWTs (advanced wastewater treatment systems) стали стандартом для нових суден. Автоматизована навігація, реальний моніторинг та AI оптимізують маршрути та зменшують ризики аварій.

Міжнародна морська організація (IMO) відіграє ключову роль у забезпеченні екологічної безпеки судноплавства через конвенцію MARPOL, яка регулює забруднення від суден нафтою, хімікатами, стічними водами, сміттям та викидами в атмосферу. Додатково впроваджено EEDI (Energy Efficiency Design Index) для нових суден та SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) для операційної ефективності, що зменшують викиди CO₂ та сприяють енергозбереженню. Ці заходи охоплюють 99% світового тоннажу та призвели до значного скорочення забруднень, наприклад, розливів нафти з 2 млн. т. у 1980-х до 450 тис. т. у 2007 році.

Стратегія IMO 2023 передбачає скорочення викидів GHG на 30% до 2030, 80% до 2040 та netto-zero до 2050, з моніторингом СІІ (Carbon Intensity Indicator). В Україні акцент на екологічних судах, композитних матеріалах та «зеленій логістиці» для портів, з урахуванням локальних викликів як модернізація Панамського каналу. Рекомендовано фокусуватися на моделях вибору палив, модернізації двигунів та інфраструктурі бункерування.

5.2 Порівняння альтернативних видів палив і ризиків їх застосування в судноплавстві з традиційними

Альтернативні суднові палива, такі як LNG, метанол, аміак, водень та біопалива, оцінюються за екологічним впливом (викиди CO₂, NO_x, SO_x), безпекою (ризик витоків, токсичність), інфраструктурою та вартістю впровадження. Метанол демонструє найнижчий загальний ризик у сценаріях

навігації, бункерування та колізій, за ним слідує LNG і водень, тоді як аміак має вищий ризик через токсичність. Біопалива вирізняються низькими життєвими викидами CO₂ (до 90% менше за VLSFO) та сумісністю з існуючими двигунами. Альтернативні види палив і переваги їх застосування наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Альтернативні види палива, їх переваги застосування та ризики

Вид палива	Екологічні переваги	Основні ризики та недоліки	Рівень впровадження
LNG	Знижує CO ₂ на 20-30%, SO _x на 99%, NO _x на 85%; низький ризик у більшості сценаріїв	Метановий витік (потужний парниковий газ); криогенне зберігання	Високий (регуляції IGF Code)
Метанол	Низькі викиди CO ₂ (карбон-нейтральний з біомаси); найнижчий ризик колізій/бункерування	Токсичність при витоках; потребує стійких матеріалів	Середній (судна в строю)
Аміак	Нулеві викиди CO ₂ (з green H ₂); не руйнує озон	Висока токсичність, корозія, ризик газових кишень; потребує нового обладнання	Низький (R&D стадія)
Водень	Нулеві викиди; низький ризик у навігації	Криогенне зберігання, вибухонебезпека, відсутність регуляцій	Низький (криогенний рідкий H ₂)
Біопалива	Знижують CO ₂ на 70-90%; сумісні з двигунами (B30)	Вища в'язкість, потребують більше маси для енергії; ланцюг постачань	Середній (бленди з VLSFO)

Станом на 2024 рік морська галузь переважно працює на викопному паливі, причому важке мазутне паливо (HFO) та дуже низькосірчане мазутне паливо (VLSFO), що становлять приблизно 80-85% від загального споживання палива. Решта 15-20% складається з суміші морського дизельного масла (MDO), морського газойлу (MGO) та зрідженого природного газу (LNG), при

цьому використання СПГ стабільно зростає завдяки меншому вмісту сірки та відносно меншим викидам CO₂.

- Важкий морський мазут (HFO): Досі широко використовується, особливо на великих океанських суднах, HFO – це щільне, багате на вуглець паливо, яке виробляє значні викиди CO₂, оксидів сірки (SO_x) та оксидів азоту (NO_x). Незважаючи на екологічні недоліки, низька вартість робить його поширеним вибором у регіонах із менш суворими нормами щодо викидів.

- Морське дизельне паливо (MDO) та морський газойл (MGO): Ці дистильовані палива зазвичай використовуються на менших суднах і допоміжних двигунах. Хоча вони виробляють менше викидів, ніж HFO, їхня вища вартість і менша енергетична щільність роблять їх менш привабливими для масштабного використання.

- Дуже низькосірчане паливне паливо (VLSFO): Введене як частина ліміту сірки IMO з 2020 року, VLSFO швидко стало важливим видом палива, що становить значну частину паливного балансу галузі. VLSFO зменшує викиди SO_x, але все одно суттєво сприяє викидам CO₂.

- Зріджений природний газ (ЗПГ): ЗПГ наразі становить близько 5-8% ринку морського палива. Його впровадження зумовлене меншими викидами CO₂ порівняно з HFO та VLSFO, а також майже нульовими викидами SO_x і частинок. Однак занепокоєння щодо зсуву метану та доступності інфраструктури залишаються проблемами.

5.3 Застосування біопалива в судноплавстві

Біопаливо – паливо з рослинної або тваринної сировини, з продуктів життєдіяльності організмів або органічних промислових відходів.

Біопаливо застосовується в судноплавстві як «drop-in» паливо для заміни традиційних судових мазутів і дизелів, дозволяючи скоротити викиди парникових газів на 70% і більше, а також сірки (SO_x) і твердих частинок. Основні види — біодизель (FAME), гідроочищена рослинна олія (HVO),

біометан і піролізна біонафта — сумісні з існуючими двигунами та інфраструктурою бункерування при змішуванні до 30% (B30). Регламенти ІМО 2020 і FuelEU Maritime стимулюють перехід, вимагаючи зниження вмісту сірки до 0,5% і інтенсивності викидів ПГ.

Використання такого виду палива вже сьогодні має декілька переваг.

Порівняно з іншими видами альтернативної енергії біопаливо володіє мобільними властивостями. Наприклад використання сонячних батарей значно обмежує судно у зв'язку з великою кількістю їх використання на одному судні та їх розмірами. До того ж це буде вносити конструктивні зміни тоді як біопаливо може використовуватись без будь-яких змін [29].

Завдяки поновлювальним ресурсом видобування біопалива дає перевагу біопаливу перед існуючими видами звичайного пального видобутого завдяки нафті. Всім відомо що нафта є непоновлювальним ресурсом а тому хоч її вистачить на багато років (при існуючих потребах і методах видобутку) біопаливо яке може вироблятись навіть від гнию може існувати більш тривалий час.

Використання біопалива також надає екологічну безпеку для країн які не володіють великими за обсягом запасами пального. Всі ми знаємо, що багато країн мають великі борги і проблеми в економіці лише на підставі дефіциту нафти в їх регіоні. Біопаливо вже сьогодні використовується у автотранспорті і тому стає питання чи можна використовувати його у судноводінні.

Для того щоб відповісти на це питання потрібно розглянути які саме типи біопалива існують, які вони мають переваги і недоліки, і підсумовуючи усі данні можна буде дійти до висновку потрібне таке впровадження чи ні.

Основні види біопалива:

- Біодизель (FAME): Виробляється етерифікацією олійних культур, сумісний з дизельними двигунами до 20-30%, зменшує NOx і PM.
- HVO: Гідроочищене паливо з високим цетановим числом (>70), близьким енергетичним вмістом до MGO, стандартизована EN 15940.
- Біометан (bio-LNG): Зріджений біогаз, замінює СПГ, з потенціалом

для України через локальну сировину.

- Піролізна біонафта: з лігноцелюлози, потребує обробки, перспективна для мазуту після тестів у проєкті SEAFIRER.

До основних видів біопалива можна віднести рідкі (біометанол, біоетанол, біодизель і т.д.) і газоподібні (біогаз). У цьому контексті віддаємо перевагу двом останнім варіантам так як вони більш схожі на те паливо яке використовується в сучасному судноводінні [30-32].

До рідкого біопалива відносяться біоетанол, біометанол, біобутанол та демітиловий спирт.

Біоетанол – це паливо отримують з різних сільськогосподарських культур таких як цукровий тростник кукурудза і більш відоме в цьому плані рапсова олія.

До плюсів можна віднести екологічну безпеку а також легкість переходу на такий вид для морського транспорту. Застосування такого біопалива допоможе знизити викиди CO_2 в атмосферу що позитивно позначиться на природі в цілому.

На сьогоднішній день біопаливо виходить шляхом змішування звичайного палива з маслами рослин. Процентний їх зміст не перевищує 10. Такий зміст дозволяє застосовувати це паливо навіть на тих двигунах що не були спеціально обладнані під біопаливо. Але для суден така зміна не призведе до сильних змін і тому їм необхідні двигуни здатні працювати на паливі іменованому E85 (приставка E означає Етанол) де вміст етанолу одно 85% а бензину всього 15%. Слід зазначити що такий вміст бензину збільшує витрату палива. У середньому споживання біопалива становить 70% від споживання звичайного [33-35].

Так само існує вид біопалива як біометанол, який видобувається шляхом біохімічної конверсії фітопланктону. Іншими словами це паливо видобувається з водоростей.

Що до цього виду то воно має значно більші переваги використання [36]:

1. Повна відсутність викидів CO_2
2. Енергетична цінність дорівнює цінності звичайного пального.

3. Може виготовлятися штучно без використання аграрних ресурсів а також прісної води тобто повне уникнення конкуренції з сільським господарством.

4. Має економічні переваги перед будь-якими існуючими методами перетворення сонячної енергії.

Однак існує дуже вагомий недолік. Використання такого пального передбачає зміну двигунної системи, бо таке паливо не може працювати на двигуні внутрішнього згоряння. С цього випливає, що використання такого палива може бути лише на нових судах, які будуть обладнанні двигунами необхідними для такого пального.

Бутанол – бутиловий спирт. Безбарвна рідина з характерним запахом. Широко використовується в промисловості.

Такий вид пального цікавий тим що він не має корозійних властивостей. Також він може змішуватись з існуючими традиційними видами палива. Енергія бутанолу близька до енергії бензину що дає їй велику перевагу [37].

Якщо підсумувати лише плюси то можна стверджувати що таке біопаливо вже сьогодні можна використовувати на судах, але є одна річ яка дає чітко зрозуміти що це не можливо з точки зору аграрної економіки. Сировиною для біобутанолу можуть бути цукорний тростник, буряк, кукурудза та пшениця, тому для такого пального треба забирати велику частку земель які б мали виділятися на зрошування сільськогосподарської продукції. У майбутньому до цих видів сировини долучиться ще й целюлоза, але це також не вирішить питань.

Для такого виду пального можемо зробити висновок що його все ж таки можна використовувати на судах але невеликих за розміром.

Біодизель – паливо на основі жирів тваринного, рослинного і мікробного походження, а також продуктів їх етерифікації.

Для отримання біодизельного палива використовуються рослинні або тваринні жири. Сировиною можуть бути рапсове, соєве, пальмове, кокосове масло, або будь-якого іншого масла-сирцю, а також відходи харчової

промисловості. Розробляються технології виробництва біодизеля з водоростей.

За оцінками Worldwatch Institute в 2007 році у всьому світі було вироблено 54 мільярдів літрів біопалива, що становить 1,5% від світового споживання рідких палив. Виробництво етанолу склало 46 мільярдів літрів. США і Бразилія виробляють 95% світового обсягу етанолу.

У 2019 році світове виробництво рідких біопалив виросло до 135 мільярдів літрів, що складає 2,7% від світового споживання палива на дорожньому транспорті. У 2010 році було вироблено 86 мільярдів літрів етанолу і 19 млрд літрів біодизеля. Частка США та Бразилії у світовому виробництві етанолу знизилася до 90%. На діаграмі, що була представлена енергетичним агенством було зазначено 5 країн які є лідерами виробництва серед яких були США, Бразилія, Німеччина, Аргентина та Франція (рис. 5.4).

Завдяки такій тенденції ринку існували такі прецеденти коли малі країни намагались стати лідером в гонці за видобутком біопального.

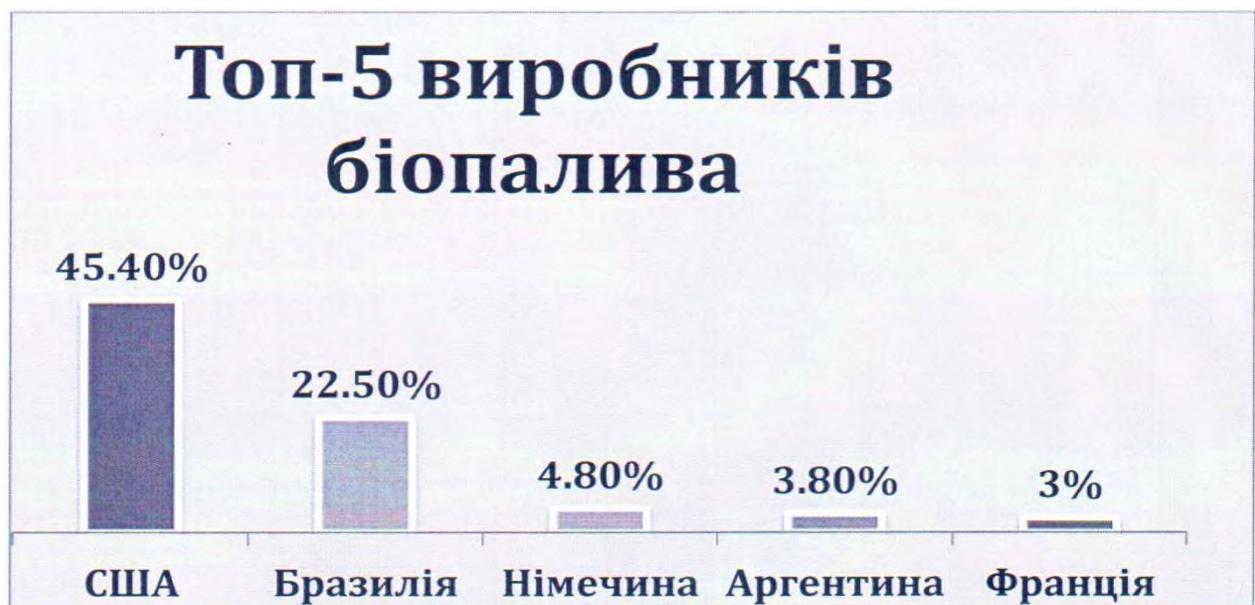


Рисунок 5.4 – Найбільші 5 країн, які є лідерами виробництва біопалива

В Індонезії та Малайзії для створення пальмових плантацій була вирубана чимала частина тропічних лісів. Те ж саме відбулося на Борнео і Суматрі. Причиною стала гонка за виробництвом біодизеля – палива в якості

альтернативи дизельному паливу (рапсове мастило в якості палива може використовуватися в чистому вигляді). Невисока собівартість і невеликі енерговитрати – те, що потрібно для виробництва альтернативного палива з напівтехнічних олійних культур.

5.4 Прогнози застосування біопалива у світі

За оцінками Стенфордського університету в усьому світі з сільськогосподарського обороту виведено 385-472 мільйона гектарів землі. Вирощування на цих землях сировини для виробництва біопалива дозволить збільшити частку біопалива до 8% у світовому енергетичному балансі. На транспорті частка біопалива може скласти від 10% до 25%. Такі данні дають можливість стверджувати що застосування біопалива у морській галузі цілком ймовірно.

На даний момент на ринку біопаливо коштує стільки ж, скільки і бензин. За даними Американського департаменту енергетики ціна на біодизель складає 2 долари та 93 цента. До того ж якщо поглянути на хронологічну діаграму представлену цим департаментом можна виявити, що тенденція ціни на біопаливо йде на зниження. У той самий час звичайний дизель газ та етанол помітно дорожчають.

Тим не менш, у використанні біопалива більше переваг, оскільки це більш чистий вид палива, він виробляє менше викидів при спалюванні. Біопаливо можна адаптувати до існуючих конструкцій двигунів, яке буде добре використовуватися в будь-яких умовах. При цьому таке паливо краще для двигунів, воно знижує загальні витрати на контроль за забрудненням двигуна і отже його використання вимагає менше витрат на технічне обслуговування. Зі збільшенням попиту на біопаливо є ймовірність, що в майбутньому воно стане дешевше. Таким чином, використання біопалива буде менш важким для гаманця.

Використання біопалива може бути економічно і екологічно вигідним

варіантом покращення екологічного стану в світі, але нажаль не є універсальним методом. Але якщо використовувати його разом з іншими існуючими методами тоді ситуація дещо зміниться. Біопаливо надає переваг старим суднам зменшуючи їх негативний вплив на екологію. Деякі види такого пального не потребують жодних змін в конструкції і це також може стати вагомим досвідом. Такий вид палива також допоможе зменшити використання нафти у видобуванні пального. Це звичайно не свідчить про те що суспільство зовсім припине її використання але можна стверджувати що з'явиться більше можливостей її використання в інших галузях, наприклад у медицині.

Успішний перехід на альтернативні види палива передбачає багатогранний підхід, який враховує не лише прямі експлуатаційні витрати, але й такі ключові аспекти:

- Інфраструктура та бункерування: Наявність інфраструктури для заправки паливом є важливим фактором у впровадженні будь-якого нового палива. Наприклад, хоча для ЗПГ створено бункерувальні потужності у великих портах, того ж самого не можна сказати про водень чи аміак, які вимагатимуть значних інвестицій у нову інфраструктуру.

- Ланцюг поставок та глобальна доступність: Забезпечення стабільного та надійного постачання альтернативних видів палива має вирішальне значення. Це включає мережі виробництва, зберігання та розподілу, необхідні для підтримки глобальних судноплавних операцій. Наприклад, водень та аміак все ще перебувають на ранніх стадіях розвитку ланцюга поставок, що обмежує їх безпосередню масштабованість.

- Дотримання нормативних вимог та стимулювання: Регіональні та міжнародні правила відіграють значну роль у впровадженні палива. Наприклад, наявність зон контролю викидів (ЕСА), де застосовуються суворіші стандарти викидів, може пришвидшити впровадження чистіших видів палива. Крім того, уряди та міжнародні організації можуть надавати стимули для впровадження технологій з низьким рівнем викидів, впливаючи на вибір палива.

- Безпека та управління ризиками: Профіль безпеки альтернативних видів

палива необхідно ретельно оцінювати, особливо для легкозаймистих або токсичних видів палива, таких як водень та аміак. Морська галузь має суворі стандарти безпеки, і будь-яке нове паливо повинно відповідати цим вимогам, щоб забезпечити безпеку як екіпажу, так і вантажу.

- Вплив на навколишнє середовище, що перевищує викиди CO₂: Хоча скорочення викидів CO₂ є основною метою, вплив альтернативних видів палива на навколишнє середовище також повинен враховувати інші фактори, такі як NO_x, SO_x, тверді частинки та потенційні екологічні небезпеки від розливів або витоків. Наприклад, хоча ЗПГ зменшує викиди CO₂ та SO_x, ризик викиду метану, коли незгорілий метан потрапляє в атмосферу, створює значну екологічну проблему.

- Економічна життєздатність та довгострокова стійкість: Довгострокова стійкість палива включає не лише його вплив на навколишнє середовище, але й його економічну життєздатність. Це включає витрати, пов'язані з виробництвом палива, транспортуванням, зберіганням та модернізацією або заміною суден. Паливо має бути економічно конкурентоспроможним, щоб бути широко впровадженим, особливо в такій економічно чутливій галузі, як судноплавство.

Отже проаналізувавши основні існуючі методи робимо висновок що суспільство досі не має такого варіанту який надав би переваги новим і старим судам при забезпеченні екологічної безпеки.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Вантажне судно «BALTIC WIND» стоїть на якорі в районі зовнішнього рейду порту Момбаса (Кенія). Отримано повідомлення про інцидент зі зрідженим газом. На території контейнерного терміналу стався вибух, що призвело до руйнування контейнера-цистерни зі зрідженим фосгеном і виникнення аварійної ситуації. Кількість розлитого фосгену, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР) - 5 т. Характер розливу - «вільно». На території порту оголошена терористична загроза [39].

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 16.00, температура повітря 0°, швидкість вітру 5 м/с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії - 4 км. Місцевість відкрита, характер - водна поверхня.

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

Визначити стандартні робочі процедури по залишенню судна при отриманні повідомлення про загрозу терористичного акту.

7.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданим метеорологічним умовам (час доби - день, швидкість вітру 5 м/с, суцільна хмарність) за допомогою визначаємо: на момент виникнення

надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря – ізотермія (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
0,5 ≤	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються по його еквівалентним значенням.

Розраховуємо еквівалентну кількість Q_{e1} (т) фосгену у первинній хмарі:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 \quad (7.1)$$

$$Q_{e1} = 0 \text{ т.}$$

де: $K_1 = 0,05$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання фосгену (табл. 7.2);

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози фосгену (табл. 7.2);

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря для ізотермії (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії – 0,23, для конвекції - 0,08);

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

$Q_0 = 5$ т – кількість фосгену, що розлився при аварії.

Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів приведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/м³		Температура кипіння, °C	Порогова токсодоза, мг*хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температури повітря (°C)				
								-40	-20	0	20	40
Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,7}{1}$

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

Площа розливу S_p (м²) фосгену дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} \quad (7.2)$$

$$S_p = \frac{5/1,432}{0,05} = 69,83 \text{ м}^2$$

де: V_p – об'єм фосгену, що розлився, м³; $Q_0 = 5$ т – кількість фосгену, що розлився при аварії; $\rho = 1,432$ т/м³ – щільність фосгену (табл. 7.2); $h = 0,05$ м – товщина шару фосгену (для характеру розливу – «вільно»).

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) фосгену:

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

$$T = \frac{0,05 \cdot 1,432}{0,061 \cdot 2,34 \cdot 0,7} + \frac{1}{1 \cdot 29} = 0,75 \text{ год.} = 45 \text{ хв.}$$

де: $K_2 = 0,061$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей фосгену (табл. 7.2);

$K_4 = 2,34$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 7.3);

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

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

$v_{II} = 29$ км/год – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря (табл. 7.5).

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 7.4 – Значення коефіцієнту K_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
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
Територія порту	0,2	0,2	0,3

Швидкість (км/год.) перенесення v_{II} переднього фронту хмари зараженого по-вітря залежно від швидкості вітру приведено в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Швидкість (км/год.) перенесення v_{II} переднього фронту хмари зараженого по-вітря залежно від швидкості вітру

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

Розраховуємо еквівалентну кількість фосгену Q_{e2} (т) у вторинній хмарі:

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

$$Q_{e2} = (1 - 0,05) \cdot 0,061 \cdot 1,0 \cdot 2,34 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot \frac{5}{0,05 \cdot 1,432} = 1,52 \text{ т}$$

де: $K_1 = 0,05$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (табл. 7.2); $K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози фосгену (табл. 7.2); $K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії – 0,23, для конвекції – 0,08); $K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , що пройшов з моменту початку аварії; за умовами завдання $N = 1$ год.

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Таблиця 7.6 – Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19

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

Для $Q_{e2} = 1,52$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою фосгену: $\Gamma_2 = 2$ км.

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

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

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

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{II} \quad (7.6)$$

$$\Gamma_{\Pi} = 1 \cdot 29 = 29 \text{ км}$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 2,0 \text{ км}$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_B (км²) хмарию фосгену:

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

$$S_B = 3,14 \cdot 2^2 \cdot 45^\circ / 360^\circ = 1,57 \text{ км}^2$$

де: $\Gamma = 2$ км – розрахункова глибина зони зараження; $\varphi = 45^\circ$ – кутовий розмір зони зараження (табл. 7.7).

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

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

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

$$S_{\Phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} \quad (7.8)$$

$$S_{\Phi} = 0,133 \cdot 2^2 \cdot 1^{0,2} = 0,53 \text{ км}^2$$

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

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\phi = 45^\circ$ (табл. 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу фосгену. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_l (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_l} \right)^\psi \quad (7.9)$$

$$\Gamma_l = 1,34 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,52}{6} \right)^{0,542} = 0,64 \text{ км}$$

де: $\lambda = 1,34$; $\psi = 0,542$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 7.8); $Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 0,0 + 1,52 = 1,52$ т – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару; $D_l = 6$ мг.хв/л – летальна токсодоза для фосгену.

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

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

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

$$\Gamma_{0,4\text{т}} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,4\text{т}}} \right)^\psi \quad (7.9)$$

$$\Gamma_{0,4\text{т}} = 1,34 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,52}{2,4} \right)^{0,542} = 1,05 \text{ км}$$

де: $D_{0,4\text{т}} = 0,4 \cdot D_{\text{т}} = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для фосгену.

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

$$\Gamma_{0,2\text{т}} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,2\text{т}}} \right)^\psi \quad (7.10)$$

$$\Gamma_{0,2\text{т}} = 1,34 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,52}{1,2} \right)^{0,542} = 1,52 \text{ км}$$

де: $D_{0,2\text{т}} = 0,2 \cdot D_{\text{т}} = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для фосгену.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2$ км.

Будуємо сектор зон хімічного зараження (рис. 7.1).

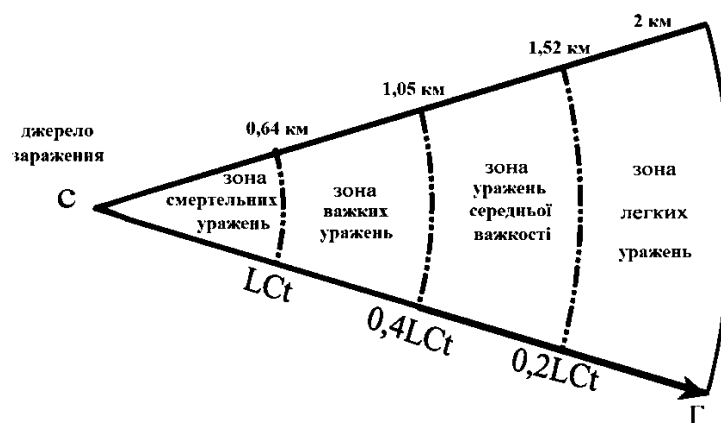


Рисунок 7.1 – Зони хімічного зараження

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

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{II}} \quad (7.11)$$

$$t = \frac{4}{1 \cdot 29} = 0,14 \text{ год.} \approx 8,4 \text{ хв.}$$

де: $x = 4$ км – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту.

7.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу фосгену на території контейнерного терміналу порту Момбаса (Кенія) показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через 8,4 хв. В результаті утворення зони хімічного зараженого приміщення надбудови судна, де знаходиться екіпаж судна, потрапляють в зону важких уражень, що у свою чергу є серйозною загрозою для життя моряків. Це значною мірою ускладнює можливість проведення ефективних заходів по ліквідації наслідків розливу фосгену [40].

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари може тривати майже 45 хвилин. Середня сила вітру (5 м/с) забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 2 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи [39]:

- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;

- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укритися екіпаж;
- використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);
- по можливості розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася в бік від надбудови судна;
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;
- підготувати екіпаж до можливої евакуації.

7.2 Стандартні робочі процедури по залишенню судна при отриманні повідомлення про загрозу терористичного акту

При отриманні повідомлення про загрозу терористичного акту капітаном може бути прийнято рішення про залишення судна.

Залежно від місцезнаходження судна його залишення може проводитися або безпосередньо на причал, або на інший плавзасіб, або з використанням суднових колективних засобів рятування.

Капітан повноважний приймати будь-які рішення, спрямовані на порятунок судна, пасажирів і екіпажу, збереження вантажу, запобігання забрудненню навколишнього середовища. Нижче наведено рекомендований порядок дій суднового екіпажу при необхідності залишення судна в морі [40]:

- оголосити шлюпкову тривогу;
- передати повідомлення Компанії і звернутися за допомогою до суден і берегових станцій відповідно до «Плану дій в аварійних ситуаціях»;
- діяти відповідно до процедури зв'язку ГМЗЛБ; підготувати до спуску рятувальні засоби з урахуванням реальних можливостей спуску;
- провести додаткове постачання рятувальних засобів ковдрами, ліками, одягом, піротехнікою, переносними УКВ радіостанціями;

- перевірити наявність всіх людей на судні і організувати пошук зниклих;
- захопити карти, судновий, машинний і радіожурнали, по можливості – документи і цінності;
- діяти відповідно до Розкладу по тривогам і Керівництвом по залишенню судна;
- визначити які механізми слід залишити у роботі після залишення судна.

Надати допомогу прийнятим з води і нужденним, підтримувати зв'язок між шлюпками за допомогою переносної радіостанції, відійти від борта судна.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі приділено увагу виконанню комплексної проробки рейсу судна «Mount Olympus» за маршрутом Елефсіс – Маргера.

Танкер «Mount Olympus» побудований в 2003 році. За умовами рейсу до перевезення представлено мазут, торгова назва (Trade Name) – Fuel Oil, в кількості – 33839,6 т. Для складання вантажного плану описані властивості вантажу, що потрібно врахувати для ефективного виконання рейсу, адже нафтопродукти мають властивість змінювати об'єм при підвищенні вантажу, або підігріву.

Навігаційний маршрут Елефсіс – Маргера добре пророблено, виконано підбір мап та посібників, складено графічний план, маршрутний лист складається з 3х розділів, причал (порт Елефсіс) – точка висадки лоцмана, потім перехід морем до точки посадки лоцмана і остання ділянка рейсу – від точки посадки лоцмана до причалу (п. Маргера), проведені необхідні розрахунки освітленості і приливо-відливних явищ.

В роботі також проведені розрахунки контролю остійності судна, що показали відповідність вимогам ІМО.

Аналіз економічної ефективності рейсу показує високі результати і дане судно прибутково застосовувати на даному маршруті.

В розділі дослідження по тематики кафедри розглянуто питання «Сучасні підходи в забезпеченні екологічної безпеки судноплавства», за результатами прийшли до наступних висновків:

Екологічна небезпека морського транспорту складається з двох складових – експлуатаційної і аварійної. Дуже важко сказати, які з них найбільш небезпечні для навколишнього середовища. Забруднення, що виникають в процесі експлуатації суден, портів і судноремонтних підприємств, утворюються і скидаються постійно, хоча і у відносно невеликих кількостях. При аварійних розливах відбуваються залпові скиди великої кількості забруднювачів, але вони обмежені районом аварії та прилеглими територіями.

При аварійному скиданні спостерігається масова загибель мешканців моря, а при експлуатаційних забрудненнях відбувається хронічне отруєння всього океану.

Використання біопалива може бути економічно і екологічно вигідним варіантом покращення екологічного стану в світі, але нажаль не є універсальним методом.

Успішний перехід на альтернативні види палива передбачає багатогранний підхід, який враховує не лише прямі експлуатаційні витрати, але й такі ключові аспекти:

- Інфраструктура та бункерування: Наявність інфраструктури для заправки паливом є важливим фактором у впровадженні будь-якого нового палива. Наприклад, хоча для ЗПГ створено бункерувальні потужності у великих портах, того ж самого не можна сказати про водень чи аміак, які вимагатимуть значних інвестицій у нову інфраструктуру.

- Ланцюг поставок та глобальна доступність: Забезпечення стабільного та надійного постачання альтернативних видів палива має вирішальне значення. Це включає мережі виробництва, зберігання та розподілу, необхідні для підтримки глобальних судноплавних операцій. Наприклад, водень та аміак все ще перебувають на ранніх стадіях розвитку ланцюга поставок, що обмежує їх безпосередню масштабованість.

- Дотримання нормативних вимог та стимулювання: Регіональні та міжнародні правила відіграють значну роль у впровадженні палива. Наприклад, наявність зон контролю викидів (ЕСА), де застосовуються суворіші стандарти викидів, може пришвидшити впровадження чистіших видів палива. Крім того, уряди та міжнародні організації можуть надавати стимули для впровадження технологій з низьким рівнем викидів, впливаючи на вибір палива.

- Безпека та управління ризиками: Профіль безпеки альтернативних видів палива необхідно ретельно оцінювати, особливо для легкозаймистих або токсичних видів палива, таких як водень та аміак. Морська галузь має суворі

стандарти безпеки, і будь-яке нове паливо повинно відповідати цим вимогам, щоб забезпечити безпеку як екіпажу, так і вантажу.

- Вплив на навколишнє середовище, що перевищує викиди CO₂: Хоча скорочення викидів CO₂ є основною метою, вплив альтернативних видів палива на навколишнє середовище також повинен враховувати інші фактори, такі як NO_x, SO_x, тверді частинки та потенційні екологічні небезпеки від розливів або витоків. Наприклад, хоча ЗПГ зменшує викиди CO₂ та SO_x, ризик викиду метану, коли незгорілий метан потрапляє в атмосферу, створює значну екологічну проблему.

- Економічна життєздатність та довгострокова стійкість: Довгострокова стійкість палива включає не лише його вплив на навколишнє середовище, але й його економічну життєздатність. Це включає витрати, пов'язані з виробництвом палива, транспортуванням, зберіганням та модернізацією або заміною суден. Паливо має бути економічно конкурентоспроможним, щоб бути широко впровадженим, особливо в такій економічно чутливій галузі, як судноплавство.

Отже проаналізувавши основні існуючі методи робимо висновок що суспільство досі не має такого варіанту який надав би переваги новим і старим судам при забезпеченні екологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ворохобін І.І., Цимбал М.М., Бурмака І.О., Ніколаєва Л.Л та інші. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи // І.І. Ворохобін, М.М. Цимбал, І.О. Бурмака, Л.Л. Ніколаєва та ін. – Одеса: НУ «ОМА», 2023. – 96 с.
2. Суднова документація по танкеру «Mount Olympus». – Japan, 2003.
3. Резолюція ІМО А.893(21) «Посібник із планування рейсу», 1999.
4. International Convention on Standards of Training, Certification and Watch keeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95) + Amendment 2010.
5. Рекомендации по организации штурманской службы на морских судах Украины (РШСУ-98) – Одесса, ЮжНИИМФ, 1998. – 112 с.
6. Catalogue Admiralty Charts and Publications. – London: UKHO, 2015.
7. Admiralty List of Radio Signals (ALRS) (NPs 281-288). – London: UKHO, 2022.
8. Sailing Directions (Pilots). – London: UKHO, 2021.
9. Guide to Port Entry. – London, 2021.
10. Admiralty List of Lights and Fog Signals (ALL) (Nps 74-84). – London: UKHO, 2022.
11. Алексішин В.Г., Долгочуб В.Т. Практичне судноводіння / В.Г. Алексішин, В.Т. Долгочуб. – 3 вид. випр. і доп. – Одеса: Фенікс, 2008. – 376 с.
12. Алексішин В.Г., Козир Л.А. Навігаційне планування переходу / В.Г. Алексішин, Л.А. Козир. – О., 2001. – 69 с.
13. Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 «Плануванн рейсу».
14. Brown's Nautical Almanac, 2021.
15. Admiralty Tidal Handbook №. 2 Datums for Hydrographic Surveys NP 122(2). – London: UKHO, 2021.
16. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code), Vol. 1, 2 and Supplement. – London: International Maritime Organization, 2015.

17. ISGOTT, 6th Edition. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. International Chamber of Shipping, OCIMF and IAPH, 2018.

18. Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден (МАРПОЛ-73/78). Лондон: – ІМО, 2004.

19. Ніколаєва Л.Л. Комерційна експлуатація судна: підручник. Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 550 с.

20. International Convention on Load Lines, 1966/1988 [Електроний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_007

21. Карта зон і сезонних районів [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://balt-lloyd.ru/morskaja-praktika/ostojchivost/gruzovaja-marka/attachment/karta-zon-i-sezonnyh-rajonov>

22. Резолюція MSC. 267 (85) 09.12.2008. «Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments» (ISC).

23. Записка секретаріатів Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй і Конференції Організації Об'єднаних Націй по торгівлі й розвитку «Вплив зміни клімату на міжнародні транспортні мережі». - Женева: XXIII сесія. – 2010. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dniimf.ru>.

24. Доповідь Комітету із внутрішнього транспорту ЕЄК на сімдесят другий сесії ООН [Електроний ресурс]. – Режим доступу: [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://unctad.org>.

25. Alvik, S., M. S. Eide, O. Endresen, P. Hoffmann and R. Longva (2019) Pathways to low carbon shipping: Abatement potential towards 2030, Det Norske Veritas (DNV).

26. Николаева Л.Л., Засядивко Д.А. Судоводство и проблема изменения климата / Л.Л. Николаева, Д.А. Засядивко // Судовождение: Сб.научн.трудов / ОНМА, Вып.21 – Одесса: «ИздатИнформ», 2012.

27. Abbey. D.E. ET AL. Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers. American journal of respiratory and critical care medicine, 1999.

28. Asam S (2010). Climate change Adaptation for Transportation Infrastructure. ICF International. March 2. North Carolina Workshop on Climate Change Adaptation.

29. Bedford BL; Godwin KS (2003). Fens of the United States: Distribution, characteristics, and scientific connection versus legal isolation. *Wetlands*, 23, 608-629.

30. Brewer J., P. Dolwick, and R. Gilliam. Regional and Local Scale Evaluation of MM5 Meteorological Fields for Various Air Quality Modeling Applications, Presented at the 87th Annual American Meteorological Society Annual Meeting, San Antonio, TX, January 15-18, 2017.

31. Buhaug, O. etal. (2019) Second IMO GHG Study 2019, International Maritime Organization (IMO), London, UK.

32. Carnethon, M.R., D. Liao, G.W. Evans, W.E. Cascio, L.E. Chambless, W.D. Rosamond, and G. Heiss. 2002. "Does the Cardiac Autonomic Response to Postural Change Predict Incident Coronary Heart Disease and Mortality? The Atherosclerosis Risk in Communities Study." *American Journal of Epidemiology* 155(1):48-56.

33. Climate change: global risks, challenges and decisions. Synthesis Report- University of Copenhagen: 2009. – 39 p.

34. Climate change impacts on ports: a global survey, preliminary results- International Conference on Sea Level Rise in the Gulf of Mexico, March 2010 /<http://gulfsealevel.org>.

35. Corbett, James J., Haifeng Wang and James J. Winebrake (2009) The effectiveness and costs of speed reductions on emissions from international shipping, *Transportation Research Part D*, 14:593–598.4. Stern N. The economics of climate / N.Stern. - London: Stern Review, HM Treasury, 2006. – 576 p.

36. Dekker, J.M., R.S. Crow, A.R. Folsom, P.J. Hannan, D. Liao, C.A. Swenne, and E.G. Schouten. 2000. "Low Heart Rate Variability in a 2-Minute Rhythm Strip Predicts Risk of Coronary Heart Disease and Mortality From Several Causes: The ARIC Study." *Circulation* 2000 102:1239-1244.

37. Dings, Jos (Ed) (2009) Bunker fuels and the Kyoto Protocol, How ICAO and the IMO failed the climate change test, European Federation for Transport and Environment (T&E).

38. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. - Одеса: НУ «ОМА», 2017, с. 20.

39. Терновський В.Б. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні». – Одеса: ОНМА, 2015. – 72 с.

40. International Ship & Port Facility Security Code (ISPS Code) and SOLAS Ammendments, 2002. - London: International Maritime Organization, 2003. – 131 p.