

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

Навчально-науковий інститут навігації

Кафедра Управління судном

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРАНТА

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

Артеменко Данило Віталійович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна
«Nordic Bern» за маршрутом Роттердам -Монреаль

Підпис магістранта _____

Завідувач кафедри _____

Керівник _____ Дмитро КОРБАН

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

Магістерська робота містить 125 с., 24 рис., 57 таб., 58 використаних джерел.

Перехід з порту Роттердам до порту Монреаль проходить через Північне море далі мінуючи Англійську протоку слідуємо через Атлантичний океан до Північної Америки. Загальна протяжність переходу склала 3189 миль.

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

П'ятий розділ містить дослідницьку частину роботи. У розділі досліджено сучасні засоби навігаційного обладнання головного судноплавного фарватеру та морського підхідного каналу, їх технічні характеристики, ефективність застосування та відповідність міжнародним стандартам ІМО та IALA. Проаналізовано роботу світлових сигналів, визначено критерії їх видимості та наведено методику розрахунку світлового діапазону. Запропоновано адаптивний підхід до модернізації AtoN на основі швидкого ітераційного тестування (RITE), що забезпечує підвищення точності, надійності та економічної ефективності систем. Особливу увагу приділено використанню віртуальних AIS AtoN як інноваційному інструменту маркування фарватеру в умовах обмеженої видимості. Результати дослідження дозволяють оптимізувати схему морської навігації та підвищити рівень безпеки судноплавства.

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

The master's thesis contains 125 pages, 24 figures, 57 tables, and 58 used sources.

The passage from the port of Rotterdam to the port of Montreal passes through the North Sea, then bypassing the English Channel, we follow it through the Atlantic Ocean to North America. The total length of the transition was 3189 miles

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

This chapter examines modern marine navigation aids used in the main shipping fairway and the maritime approach channel, focusing on their technical characteristics, operational efficiency, and compliance with IMO and IALA standards. The performance of light signals is analyzed, including visibility criteria and methods for calculating luminous range. An adaptive design approach based on rapid iterative testing (RITE) is proposed to enhance the reliability, accuracy, and cost-effectiveness of AtoN systems. Special attention is given to the implementation of Virtual AIS AtoN as an innovative tool for marking navigation routes under restricted visibility. The results provide an optimized framework for maritime navigation and contribute to increasing navigational safety in high-traffic waters.

The economic substantiation of the flight and the analysis of its quantitative and qualitative indicators are performed.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Розділ 1 Характеристики судна	9
1.1 Загальні відомості і головні розміри судна	9
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики	10
1.3 Маневрені характеристики.....	13
1.4 Навігаційне обладнання.....	13
Розділ 2 Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	19
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу.....	19
2.2 Оцінка запланованого переходу	20
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	23
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	25
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	27
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	33
2.3.1 Розрахунок ортодромії.....	33
2.3.2 Складання маршрутних листів	35
2.3.3 Графічний план переходу.....	35
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	37
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	38
2.4 Висновки	40
Розділ 3 Обробка і розміщення вантажу.....	41
3.1 Транспортні характеристики вантажів	41
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	45
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	49
3.4 Складання вантажного плану.....	53
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	56
Розділ 4 Оцінка морехідних якостей судна	57

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	57
4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності.....	60
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	63
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	65
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності	68
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	69
4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу	69
Розділ 5 Сучасні навігаційні засоби головного судноплавного фарватеру та оптимізація систем морського орієнтування.....	72
5.1 Аналіз техніки використання сучасних засобів навігаційного обладнання та оцінка видимості вогнів.....	74
5.2 Адаптивне проєктування та швидке ітераційне тестування навігаційних засобів (RITE)	85
5.3 Оптимізація навігаційних систем головного фарватеру та синхронізація навігаційних вогнів	89
5.4 Впровадження системи e-Navigation у судноплавних фарватерах	94
5.5 Порівняльний аналіз фізичних, синтетичних і віртуальних AtoN	96
Розділ 6 Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі	98
6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі	98
6.2 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу	106
Розділ 7 Охоронні заходи і цивільна оборона на судні.....	109
7.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	109
Висновок	119
Список використаних джерел	121

ВСТУП

У даній дипломній роботі описується - Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна «Nordic Bern» за маршрутом Роттердам - Монреаль.

В дипломній роботі розглянуто найбільш важливі теми в повсякденній роботі судноводіїв.

Для безпечного судноводіння необхідно досконально знати власне судно. Його конструктивні особливості, наявність встановленого на ньому навігаційного обладнання та конструктивні засоби щодо забезпечення безпеки екіпажу, вантажу, що перевозиться, і самого судна. Цим питанням присвячений перший розділ.

Навігаційна підготовка є найважливішим етапом безпечного плавання. Тільки ретельне вивчення майбутнього району плавання, враховуючи всі можливі обставини, дозволить судну безпечно здійснити перехід з порту в порт.

Правильне завантаження судна не менш важливе - від цього безпосередньо залежить остійність судна, його морехідні якості. Тому складений вантажний план повинен відповідати всім вимогам ІМО.

Аналіз, проведений у дослідницькому розділі, підтверджує, що підвищення рівня безпеки морського руху можливе лише за умови комплексної модернізації системи навігаційних засобів, узгодження її з рекомендаціями ІМО та IALA, а також впровадження інноваційних електронних рішень. Розрахунок світлових характеристик, ідентифікація слабких місць у розміщенні фізичних AtoN та оцінка їх ефективності демонструють потребу у стандартизації та адаптації знаків відповідно до реальних умов експлуатації.

Застосування віртуальних AIS AtoN відкриває нові можливості для забезпечення безпечного маневрування, особливо у районах зі змінною морфологією та частими погодними обмеженнями. Вони дозволяють формувати динамічні маршрути, зменшують ризик навігаційних інцидентів та забезпечують безперервність портових операцій у складних умовах.

Отримані результати свідчать, що оптимізована система морської навігації здатна суттєво підвищити рівень безпеки судноплавства, покращити організацію руху та забезпечити відповідність сучасним вимогам електронної навігації. Рекомендовані рішення можуть бути використані під час проєктування або модернізації навігаційного обладнання в інших морських каналах і портах.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	Nordic Bern
2.	Тип судна	Tanker
3.	Позивний сигнал судна	D5SU9
4.	ІМО	9407287
5.	MMSI	636019075
6.	Рік і місце побудови	2008 ВАРД БРЕВІК - БРЕВІК, НОРВЕГІЯ
7.	Клас Регістру	АМЕРИКАНСЬКЕ БЮРО СУДНОПЛАВСТВА
8.	Порт приписки	Маджуро
9.	Судновласник	ЖЕНЕВСЬКІ ТАНКЕРИ AS
10.	Менеджмент	ERNST JACOB GMBH & CO KG, Germany
11.	Довжина найбільша L (м)	243.0
12.	Довжина між перпендикулярами L _{PP}	233.0
13.	Ширина найбільша B (м)	42.0
14.	Висота борту до верхньої палуби H (м)	20.70
15.	Найбільша осідання T (м)	T _л = 14,752 м; T _т = 15,059 м; T _з = 14,445 м;
16.	Осадка T (м) в повному вантажу и порожньому	T _{мах} = 14,752 м; T _{мин} = 2,249 м;
17.	Водотоннажність (т) в повному вантажу Δ порожньому Δ _о	122836 16403
18.	Повна вантажопідйомність Δ _w (т)	106433
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	«SULZER 7RTA58T two stroke, turbocharged marine diesel engine»; Максимальная мощность: 11900 kW at 97,6 rpm
20.	Режим роботи головного двигуна	повний вперед - 68 об / хв; малий вперед - 58 об / хв; найменший вперед - 41 об / хв;

		найменший тому - 32 об / хв
21.	Швидкість судна	14 / 14,5
22.	Гребний гвинт: Кількість лопастей: Діаметр та крок гвинта (м) Дискове відношення: Напрямок обертання:	5 лопастей, діаметр $D = 6,9$ м, шаг винта $(0,7R) = 0,7677$. Частота вращения на полном переднем ходу 103,0 об/мин, правое направление вращения
23.	Тип руля і площа його пера (m^2)	Semi-balanced, Stream Lined Hanging Type with Surf-Bulb $S_{руль} = 53,366 m^2$
24.	Тип стернової машини: Підрулюючий пристрій:	«Single Zoop System, electro-gydraulic, 2-RAM, 4-cylinder, Rapson Slide Type F-200. 1.961kN»
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району A1, A2, A3, A4 та включає в себе:	MF/HF радио об.: FS-2570 DSC вахт. прийм.: IB-583 DSC, NBDP функція INMARSAT-C: Felcom 15 NAVTEX пр-к :NX-500
26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	81735
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	51305
28.	Добова витрата палива: На ходу: важке паливо (HFO) На стоянці: дизельне паливо (DO)	48.3 5.2
29.	Координати центру мас порожнього судна	$Z = 12,31$ $X = - 9,28$ м

1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики

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

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

CAPACITY PLAN

SCALE 1:400

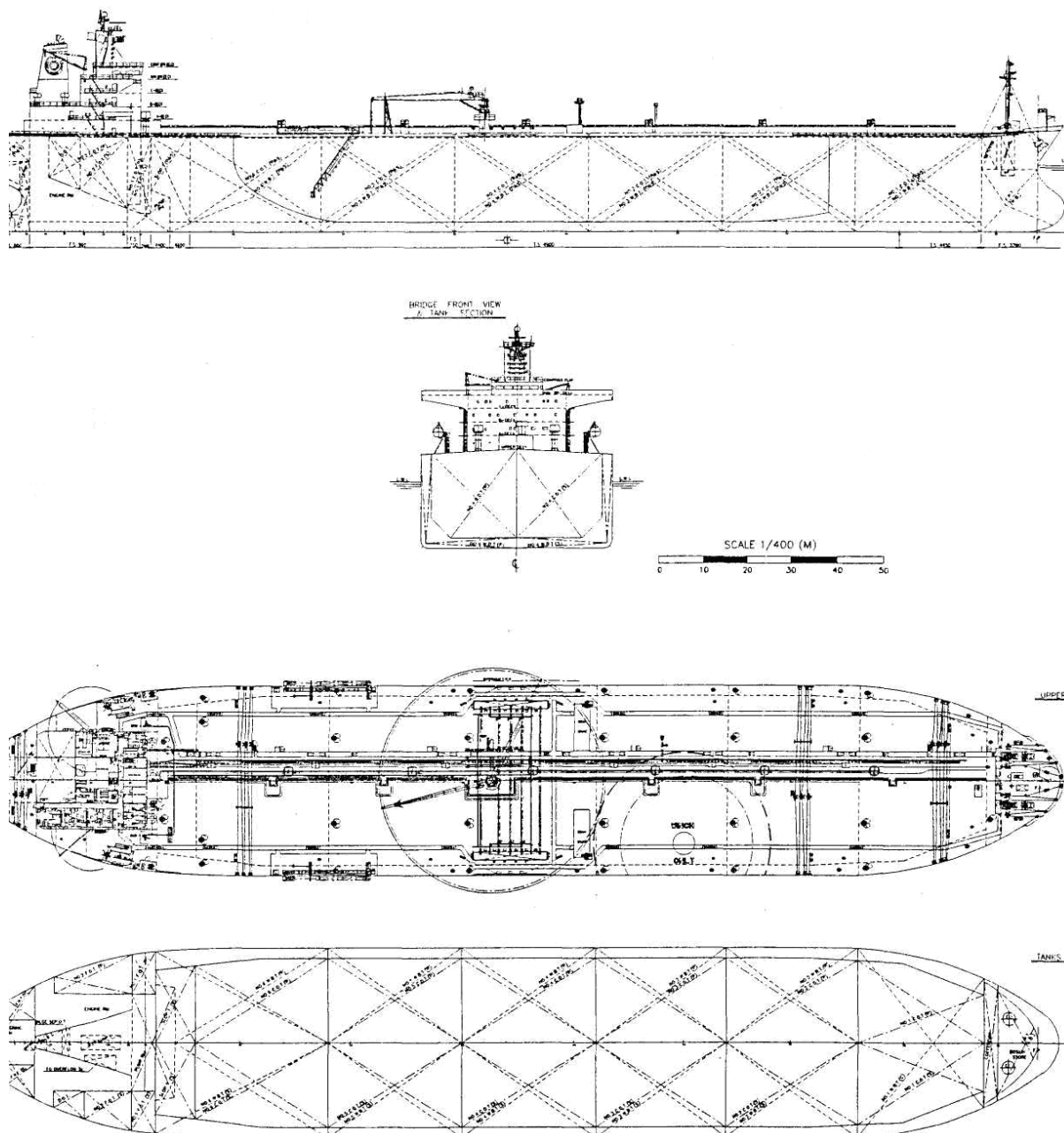
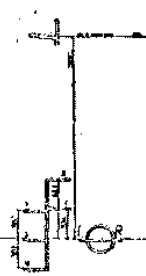


Рисунок 1.1 - Боковий вигляд судна і план верхньої палуби

SALT WATER		DRAFT	SALT WATER	
TPC	DISPLACEMENT		DEAD-WEIGHT	WTC
MT	MT		MT	MT-M
	150000		135000	
	145000	17	130000	
	140000		125000	
	135000	16	120000	
92	130000		115000	1550
	125000	15	110000	
	120000		105000	
91	115000	14	100000	1500
	110000		95000	
90	105000	13	90000	1450
	100000		85000	
89	95000	12	80000	1400
	90000		75000	
88	85000	11	70000	1350
	80000		65000	
87	75000	10	60000	1300
	70000		55000	
86	65000	9	50000	1250
	60000		45000	
85	55000	8	40000	1200
	50000		35000	
84	45000	7	30000	1150
	40000		25000	
83	35000	6	20000	1100
	30000		15000	
82	25000	5	10000	1050
	20000		5000	
81	15000	4		1000
	10000			
80	5000	3		
79		2		
78		1		
		0		



SUMMER DRAFT 14.752 "
 DISPLACEMENT 122836 MT
 DEADWEIGHT 106433 MT

LIGHT DRAFT 2.249 "
 DISPLACEMENT 16493 MT

Рисунок 1.2 - Вантажна шкала

1.3 Маневрені характеристики

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

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

Лоцманська картка наведена на рис.1.5.

1.4 Навігаційне обладнання

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

Склад навігаційного обладнання надано у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Склад навігаційного обладнання на містку

No	Прилад	Тип, марка	Виробник	Кіл-сть	Стан
1	2	3	4	5	6
1	RADAR No1	RL150X-Band	FURUNO		V.GOOD
2	RADAR No2	RL150S-Band	FURUNO		V.GOOD
3	ECDIS	FMD-3200	FURUNO	2	V.GOOD
4	NAVIGATION	NDC-1092	KONGSBER		V.GOOD
6	GPS No1	GP-32	FURUNO		V.GOOD
7	GPS No2	GP-32	FURUNO		V.GOOD
8	CONNING DISPLAY	NWU-198	FURUNO		V.GOOD
9	ECHO SOUNDER	FE-800	FURUNO		V.GOOD
10	SPEED LOG	LOGDS-80	FURUNO		V.GOOD
11	GYRO COMPASS	GY-700	FURUNO	2	V.GOOD
12	AUTOPILOT	PT500A-H-T2	KONGSBER		V.GOOD
13	MAGNETIC COMPASS	NAVIPOLIV	Riken-Keiki		V.GOOD

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6
14	WIND INDICATOR	WI-6206	FURUNO		VGOOD
15	UPS	ESCORT-1000	FURUNO		V.GOOD
16	CONSOLE	7EZNB0003	KONGSBER		V.GOOD
17	FACSIMILE RECEIVER	FAX-410	FURUNO		V.GOOD
18	MASTER CLOCK	SSC-MQ1	FURUNO		V.GOOD
19	GMDSS VHF	FM-4721	FURUNO	3	VGOOD
20	NAVTEX RECEIVER	NX-700B	FURUNO		V.GOOD
21	GMDSS SATCOM C	JUE-75C	FURUNO		V.GOOD
22	MF/HF RADIO EQUIPMENT	FS-1575	FURUNO		V.GOOD
23	406 MHZ SATELLITE EPIRB	JQE-3A	FURUNO		V.GOOD
24	SART	JQX-30A	FURUNO	2	V.GOOD
25	GMDSS PORTABLE W/T	JHS-7	FURUNO	3	V.GOOD
26	AIS	FA-150	FURUNO		V.GOOD
27	INM-B FAX	OKIFAX-460	FURUNO		V.GOOD
28	INM-B TELEFAX	PCU9000	FURUNO		V.GOOD
29	INM-B TELEPHONE	FELCOM-19	FURUNO		VGOOD
30	INTERSHIP WALKIE TALKIES	HX290	MOTOROLA, VERTEX	4	V.GOOD
31	PUBLIC ADDRESS SYSTEM	MPA-3000	MPC		VGOOD
32	FIRE CONTROL PANEL	SG-6800	FURUNO		V.GOOD
33	DAYLIGHT SIGNAL LAMP	DDS-84A	FURUNO		V.GOOD
34	COURSE RECORDER	KR100A	FURUNO		V.GOOD

На плані навігаційної палуби (рис. 1.6) наведено перелік навігаційного обладнання, пронумерованого відповідно до табл. 1.3.

WHEELHOUSE POSTER

according to IMO Res. A. 601(15) + USA CFR 33 § 164.35-7

Ship's name *Atlantic Twin*

Call sign *3DH37*

Prepared by *Universal Shipbuilding Corporation*

Date _____

SHIP'S PARTICULARS

Gross tonnage	<i>56,163</i>
Net tonnage	<i>32,720</i>
Displacement, maximum	<i>122,832</i>
Deadweight, maximum	<i>106,443</i>
Block coefficient at summer full load draught	<i>0.763</i>

Performance may differ from this record due to environmental, hull and loading conditions.

WARNING

The response of the (name of the vessel) may be different from that listed above if any of the following conditions, upon which the maneuvering information is based, are varied:

- (1) Calm weather-wind 10 knots or less, calm sea;
- (2) No current;
- (3) Water depth twice the vessel's draft or greater;
- (4) Clean hull; and
- (5) Intermediate drafts or unusual trim.

DRAUGHTS AT WHICH THE MANOEUVRING DATA WERE OBTAINED

	Loaded		Ballast	
	Trial/Estimated		Trial/Estimated	
Forward	<i>13.98</i>	m		m
Aft	<i>14.17</i>	m		m

STEERING PARTICULARS

Type of rudder(s)	
Maximum rudder angle	<i>36°</i>
Time hard-over to hard-over with one power unit	<i>25</i> s
Time hard-over to hard-over with two power units	<i>12</i> s
Minimum speed to maintain course, propeller stopped	<i>4.0-4.5</i> kts
Rudder angle for neutral effect	°port/starboard

ANCHOR CHAIN

	Number of shackles	Max. rate of heaving (min/shackle)
Port	<i>13</i>	<i>2' 18"</i>
Starboard	<i>12</i>	<i>2' 18"</i>
Stern		
1 shackle = <i>27.5</i> m ÷ <i>14.86</i> fathoms		

PROPULSION PARTICULARS

Type of engine	<i>7RTA 58T - TWO-STROKE kW (14,000 hp)</i>				
Type of propeller					
Engine order	Rpm/Pitch setting	Speed (kts)		Engine order	Rpm/Pitch setting
		Loaded	Ballast		
ahead	Full sea speed	<i>97.6</i>	<i>15.7</i>	<i>16.7</i>	
	Full	<i>68</i>	<i>11.0</i>	<i>12.3</i>	Full <i>68</i>
	Half	<i>58</i>	<i>9.4</i>	<i>10.8</i>	Half <i>58</i>
	Slow	<i>41</i>	<i>6.6</i>	<i>8.0</i>	Slow <i>41</i>
	Dead slow	<i>32</i>	<i>5.2</i>	<i>6.5</i>	Dead slow <i>32</i>
Critical revolutions rpm					
Minimum revolution	<i>32</i>	rpm	≈	<i>5.2</i>	kts
Time limit astern min					
Time limit at minimum revolutions min					
Emergency full ahead to full astern					<i>10' 15"</i> s
Stop to full astern					<i>16' 14"</i> s
Astern power					% ahead
Maximum number of consecutive starts					

THRUSTER EFFECT AT TRIAL CONDITIONS

Thruster	kW (hp)	Time delay for full thrust	Turning rate at zero speed	Time delay to reverse full thrust	Not effective above speed
Bow		s	°/min	min s	kts
Stern		s	°/min	min s	kts
Combined		s	°/min	min s	kts

DRAUGHT INCREASE (LOADED)

Estimated squat effect			Heel effect	
Under keel clearance	Ship's speed	Max. squat at bow / stern	Heel angle	Draught increase
<i>3.32</i> m	<i>11.0</i> kts	<i>0.95</i> m	<i>2°</i>	<i>0.318</i> m
	<i>8.5</i> kts	<i>0.55</i> m	<i>4°</i>	<i>0.632</i> m
	<i>5.0</i> kts	<i>0.20</i> m	<i>8°</i>	<i>1.261</i> m
<i>1.33</i> m	<i>5.0</i> kts	<i>0.21</i> m	<i>12°</i>	<i>1.895</i> m
	<i>2.5</i> kts	<i>0.05</i> m	<i>16°</i>	<i>2.541</i> m

Рисунок 1.3 - «Wheelhouse poster»

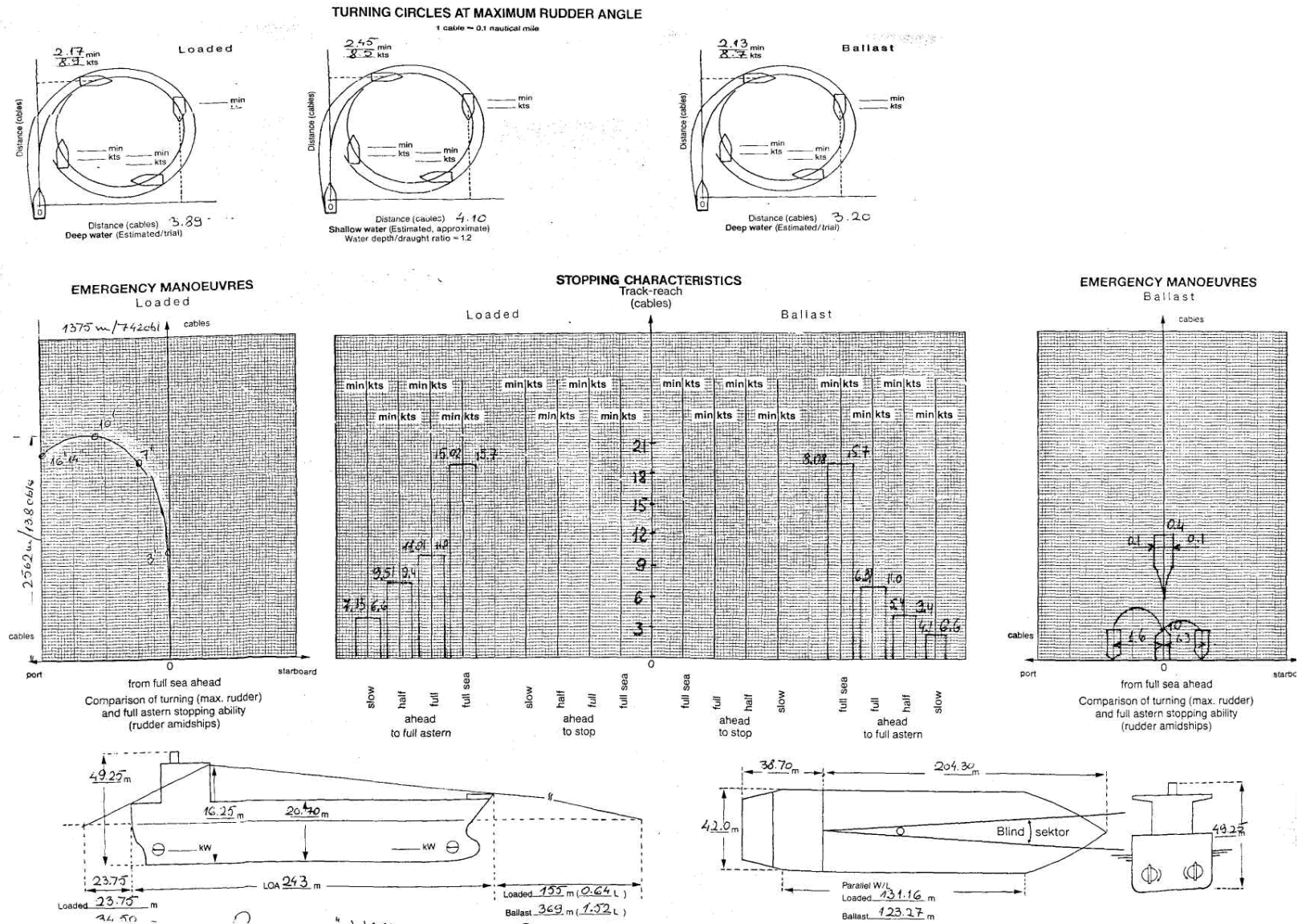


Рисунок 1.4 - Stopping characteristics

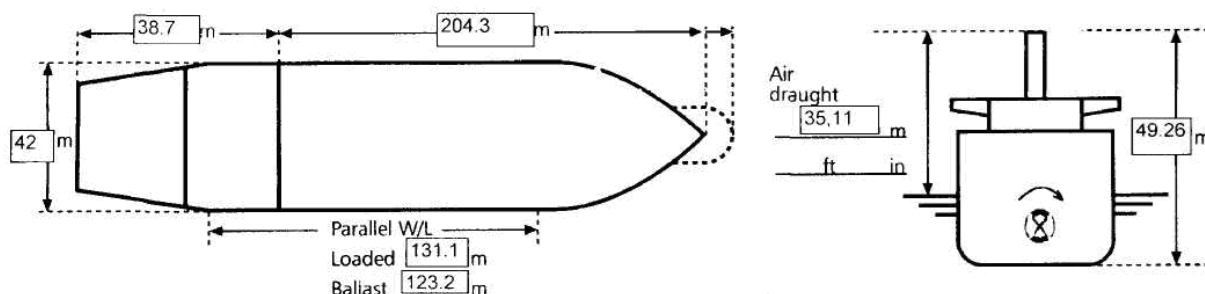
PILOT CARD

Port: _____

Date: 3ДН37

SHIP'S PARTICULARS

Name:	<u>Atlantic Twin</u>		Call sign	_____	
Displacement	<u>117.389 mt</u>	Deadweight	<u>100.986 mt</u>	Year of built:	_____
Length OA	<u>243 m</u>	Breadth	<u>42</u>	Bulbous bow:	<u>Yes</u>
Draught fwd:	<u>13,90 m</u>	Draught aft:	<u>14,41 m</u>	Draught amidship:	<u>14,15 m</u>
Port anchor:	<u>13 (shackles)</u>	Stbd anchor:	<u>12 (shackles)</u>	1 shackle =	<u>27.5 m</u>



MAIN ENGINE

Type:	SULTZER 7RTA58T	Maximum power:	14000	kW	18774,3	BHP
-------	------------------------	----------------	--------------	----	----------------	-----

Engine Telegraph	Rpm/ Pitch	loaded speed (knots)	ballast speed (knots)
Full ahead	68	11	12,3
Half ahead	58	9,4	10,8
Slow ahead	41	6,6	8
Dead slow ahead	32	5,2	6,5
Dead slow astern	32		
Slow astern	41		
Half astern	58	Bow Thruster:	KW / HP
Full astern	68	Stern Thruster:	KW / HP

Type of propeller (fixed or CPP etc.)			
Engine critical RPM	44-54	Maximum number of consecutive starts :	20
CPP Response Time	0 - Full Ahead	0 - Full Astern	

PILOT'S SIGNATURE AND ANY ADDITIONAL COMMENTS:

(pilot card should be acknowledged by each pilot boarding the vessel)

Рисунок 1.5 - Лоцманська картка

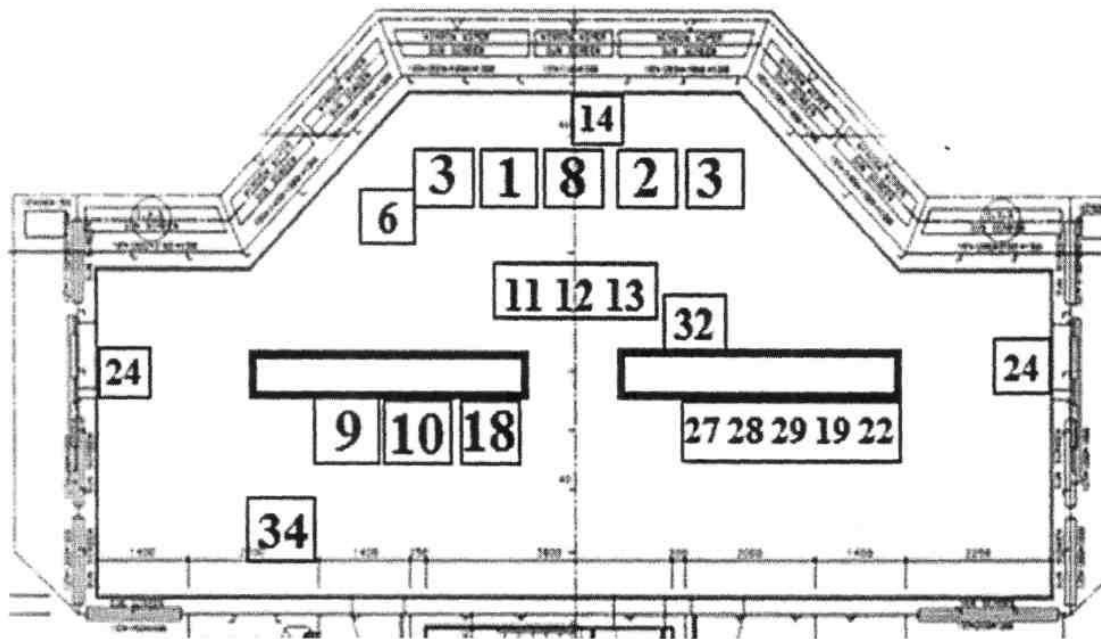


Рисунок 1.6 - План навігаційної палуби

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

Загальні вимоги та рекомендації щодо планування переходу містяться в таких документах як:

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

Існують чотири стадії планування безпечного переходу:

- I. Appraisal (Оцінка).
- II. Planning (Планування).
- III. Execution (Виконання).
- IV. Monitoring (Контроль).

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

2.2 Оцінка запланованого переходу

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

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

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

Таблиця 2.1 – Перелік карт на перехід

Тип карти	Cell No.	Назва карти	Дата випуску
Генеральні карти	4011	North Atlantic Ocean Northern Part	Dec. 2015
	4140	North Sea	Apr. 2017
	4102	Western Approaches to the British Isles	Sept.2016
	4404	Gulf of Maine to Strait of Belle Isle including Gulf of St. Lawrence	Apr. 2017
Путьові, часні карти та плани	208	Rotterdam, Nieuwe Maas and Oude Maas	03. 2021
	207	Hoek Van Holland to Vlaardingen	10. 2020
	110	Westkapelle to Stellendam and Maasvlakte	06. 2021
	2449	Dover Strait to Westerschelde	03. 2022
	323	Dover Strait Eastern Part	03 2022
	2675	English Channel	02. 2022
	2656	English Channel Central Part	03 2020
	2649	Western Approaches to the English Channel	02 2020
	4763	Sydney to Saint-Pierre	03. 2005
	4764	Cabot Strait and Approaches Scatarie Island to Anticosti Island	03. 2005
	4766	Baie des Chaleurs/Chaleur Bay aux/to Iles de la Madeleine	08. 2015
	4774	Havre-Saint Pierre et/and Cap des Rosiers a/to Pointe des Monts	07. 2019
	4777	Pointe des Monts aux/to Escoumins	07. 2019
	4782	Pointe au Boisvert a/to Cap de la Tete au Chien	08. 2021
	4783	Cap de la Tete au Chien to Cap aux Oies	09 2012
	4784	Cap aux Oies to Sault-au-Cochon	08. 2020
	4785	Sault-au-Cochon a/to Quebec	08. 2020
	4787	Quebec a/to Donnacona	10. 2019
	4788	Donnacona a/to Batiscan	07. 2019
	4789	Batiscan au/to Lac Saint-Pierre	07. 2019
	4790	Lac Saint-Pierre	08. 2019

	4792	Port de Montreal	10. 2019
--	------	------------------	----------

Продовження табл. 2.1

Допоміжні карти	5006	The World Time Zone Chart	2021
	5375	Magnetic variation. 2015 and Annual rates of Change - North Atlantic Ocean and Mediterranean Sea	2020
	5500	Mariners` Routeing guide- English Channel and South North Sea	2021
	D6083	The World Load Line Regulations	2018
	5095	North Atlantic - for facilitating Great Circle Sailing	2018
	5124(9)	North Atlantic Ocean Routeing Chart - September	2021

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

NP No	TITLE
SAILING DIRECTIONS	
28	Dover Strait Pilot
27	Channel Pilot
50	Newfoundland and Labrador Pilot
65	St. Lawrence Pilot
ADMIRALTY LIST OF LIGHTS AND FOG SIGNALS	
74	Volume A - British Isles and North Coast of France from Dunkerque to entrance to Goulet de Brest including North Sea Oil and Gas Production Installations
81	Volume H - Northern and Eastern Coasts of Canada including River Saint Lawrence and Saint Lawrence Seaway
ADMIRALTY LIST OF RADIO SIGNALS	
281(1)	Part 1, Maritime Radio Stations: Europe, Africa and Asia
281(2)	Part 2, Maritime Radio Stations: The Americas, Far East and Oceania
282	Volume 2 – Radio Navigational Aids, Electronic Position Fixing Systems and Radio Time Signals
283(1)	Part 1, Maritime Safety Information Services: Europe, Africa and Asia
283(2)	Part 2, Maritime Safety Information Services: The Americas, Far East and Oceania
284	Meteorological Observation Stations
285	Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)
286 (1)	Volume 6 - Part 1, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: United Kingdom and Ireland(including European Channel Ports)

286 (2)	Volume 6 - Part 2, , Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Europe (excluding UK, Ireland, Channel Ports and Mediterranean)
---------	--

Продовження табл. 2.2

286 (5)	Volume 6 - Part 5, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Americas and Antarctica
288	Satellite Navigation Systems
ADMIRALTY TIDE TABLES	
202	Volume 2 – Atlantic and Indian Ocean
ADMIRALTY DISTANCE TABLES	
350	Part 1 – Atlantic Ocean, NW Europe, Mediterranean Sea, Caribbean Sea and Gulf of Mexico
ASTRONOMICAL PUBLICATIONS	
314-00	Nautical Almanac
303 (4)	Sight Reduction Forms (H.494)
323	Star Finder and Identifier
401 (2)	Sight Reduction Tables for Marine Navigator – Vol. II Lat 30° - 45°
MISCELLANEOUS PUBLICATIONS	
100	The Mariners Handbook
136	Ocean Passages for the World (4 th Edition, 1987)
131	Catalogue of Admiralty Charts and Publication
294	How to Correct your charts the Admiralty Way
735	IALA Maritime Buoyage System, Edition 5 1994
5011	Symbols and Abbreviations used on Admiralty Charts, Edition 2 1998
Guide to Port Entry 2009	
Fairplay 2010	

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

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

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

Таблиця 2.3 – Радіостанції факсимільних гідрометеорологічних передач

N п/п	Радіо станції	Позначення кордону карти	Зміст передачі	Час передачі
1	Nothwood	54°N 82°W; 26°N 45°W 54°N 51°E; 28°N 12°E	Surface Analysis Significant Wind Areas T+24	0400(00) 0900(06) 1200(06) 1500(12) 1800(12)
2	Halifax	D: 60°N 68°W; 60°N 33°W 43°N 68°W; 43°N 33°W I: 54°N 100°W; 58°N 22°W 28°N 78°W; 30°N 39°W	D: Newfoundland ocean feature analysis I: 24/36 hour significant wave prognosis	1001(18) 2201(24) 0801(00/12) 2001(12/00)

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

Таблиця 2.4 - Райони NAVAREA, станції NAVTEX на переході

N п/п	Ділянка переходу	Район NAVAREA	Станції NAVTEX	Координатор NAVAREA
1	Соединенное Королевство	I	Pinneberg [S] Netherlands Coastguard [P] Niton [K] Valentia [W]	UnitedKingdom
2	Соединенные штаты Америки	IV	S.John's [O] Labrador [X] Riviere-au-Renard [C]	USA

За допомогою посібника ALRS 286 визначаємо наявність по маршруту контрольних постів, районів, де здійснюється управління рухом суден постами СУРС (Reporting Areas), вирішуємо питання про зв'язок з контрольними станціями і постами - терміни, форми і способи подачі інформації. З'ясовуємо

деталі зв'язку з лоцманськими станціями і операторами терміналів в портах. Отримані відомості зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Зв'язок на переході

N п/п	Станція	Спосіб зв'язку	Канали, частоти	Примітка
1	Rotterdam Port Control & Pilot	VHF	08; 12	Berthing, unberthing, cargo operations, RS
2	Montreal Pilots Service	VHF	16; 12; 14	Call sign, name of ship, IMO number, Last/Next Port of Call, Cargo; Draught

Таблиця 2.6 – СУРС по маршруту переходу

№	Traffic separation scheme	Station	VHF	Reporting point description
1	Rotterdam VTS Traffic Stations	Rotterdam Port Traffic	14, 68	Reporting system area
2	Dover Strait	Dover Strait VTS	79	Reporting system area
3	Gulf of Saint Lawrence	ECAREG Area	16, 14	Mandatory Reporting System

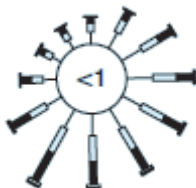
На підставі аналізу підібраних і відкоригованих матеріалів робимо висновок про те, що інформаційного забезпечення для безпечного плавання на переході досить.

2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації

Аналіз гідрометеорологічних умов по маршруту плавання виконується за період (місяць) переходу, що проробляється. Для цього використовуються середні багаторічні дані, які наведені в Атласах океанів, кліматологічних, гідрографічних і океанографічних посібниках, Pilot Chart (Інтернет-сайт www.passageweather.com). Для опису гідрометеорологічних умов необхідно

перехід розбити на ділянки (три і більше) в залежності від відстані між портами. Необхідні данні вносимо в таблиці 2.7, 2.8.

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

Характеристи ки за ділянками	Англійський канал			Атл. океан			Залив Св. Лаврентія		
Атмосферний тиск, гПа	1018			1020			1021		
Вітер									
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумар на	11- 15 м/с	>16 м/с	Сумар на	11- 15 м/с	>16 м/с	Сумар на	11-15 м/с	>16 м/с
N	3	-	-	13	-	-	6	-	-
NE	1	-	-	48	2	1	12	-	2
E	20	1	-	5	-	-	6	-	-
SE	12	-	-	12	1	-	4	-	-
S	9	-	-	11	-	-	9	-	-
SW	10	-	-	6	2	-	13	2	-
W	27	5	2	4	2	-	27	2	2
NW	14	1	-	1	1	-	18	1	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		WN W	направленн я, у румбах		SSW	направлення, у румбах		NW
	швидкість, м/с		7	швидкість, м/с		8	швидкість, м/с		10
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережен а		10	спостереже на		12	спостережена		12
	розрахунков а		11	розрахунко ва		11	розрахункова		13
Повторюваніс ть штилів, %	20			25			30		

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

Характеристики за ділянками		Англійський канал	Атл. океан	Залив Св. Лаврентія
Температура повітря, °С		19	18	16
Температура води, °С		14	12	11
Відносна вологість, %		76	80	76
Повторюваність туманів, %		20	30	20
Видимість менше 2 міль		1	3	2
Хмарність, бали		4	6	4
Солоність води, ‰		35	37	36
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1,025	1.025	1,025
Постійні течії	назва	Гольфстрім	Гольфстрім	Гольфстрім
	термодинамічна характеристика	тепле	тепле	тепле
	напрявлення	SE	E	ENE
	швидкість, вузл.	1-2	1-2	1-2
	стійкість	50-75	50-75	50-75
Швидкість припливних течій, вузл.		1	0,5	0,5
Висота хвиль, м	середня	4	5	4
	максимальна	6	7	5
Період хвиль, с		6	7	6

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Роттердам (Rotterdam) є одним з найбільших портів світу. Його річний вантажообіг перевищує 300 млн. Т. Через порт проходить близько 2/3 всіх вантажів, що ввозяться в країну і вивозяться з неї, а також 3/4 усіх вантажів, що перевозяться по річці Рейн. Основними предметами ввозу є: нафта

(близько 70% від загального обсягу ввезених вантажів), руди чорних і кольорових металів, вугілля, ліс, каучук, зернові, бавовна і багато інших видів сировини. Вивозять з порту нафтопродукти (до 70% від загального обсягу вивезених вантажів), кам'яне вугілля, хімічні товари, машини, устаткування, судна та інші види промислової продукції.

Основним гідротехнічною спорудою, що забезпечує можливість заходу в порт Роттердам великих суден з Північного моря, є канал Роттердамсе-Ватервег.

Безпека плавання суден на підходах до порту Роттердам забезпечується добре розвиненою мережею засобів навігаційного обладнання, лоцманської службою, а також регулюванням руху суден.

За рівнем механізації вантажно-розвантажувальних робіт порт Роттердам займає одне з перших місць в світі.

З портом Роттердам тісно пов'язані порти Європорт, Хук-ван-Холланд і Дордрехт. Порти Європорт і Хук-ван-Холланд є його Аванпорт з боку Північного моря, а порт Дордрехт - основним аванпортом з боку внутрішніх водних шляхів Нідерландів.

Глибини па фарватерах і каналах, що ведуть в гавані порту Роттердам, а також в усі інші парті і гавані, розташовані в гирлі річки Маас, підтримуються проведенням днопоглиблювальних робіт.

Лоцманська служба. Лоцмана лоцманської станції порту Роттердам проводять суду в море і в усі порти і гавані, розташовані на каналі Роттердамсе-Ватервег і в річці Ауде-Маас; крім того, вони здійснюють проводку суден внутрішніми водними шляхами.

На станції є спеціальні лоцмана, які здійснюють швартування суден до причалів порту.

Портові засоби та обладнання. Порт Роттердам своєму розпорядженні велику кількість гаваней і причалів, оснащених сучасним обладнанням для виробництва вантажно-розвантажувальних робіт, зберігання і транспортування вантажів. У порту є крани вантажопідйомністю 5-45 і 50-800 т, мостові

перевантажувачі, плавучі елеватори продуктивністю 250-400 т/ч і стаціонарні елеватори продуктивністю 60-1000 т / год. Для зберігання вантажів на території порту є багато складів і сховищ різного призначення, в тому числі і холодильники великого обсягу. Порт має розгалужену мережу під'їзних шляхів: залізничних і автомобільних.

У порту є велика кількість буксирів.

Ремонт. У порту Роттердам є чотири великих суднобудівних заводи, на трьох з них виробляється ремонт суден. Крім великих заводів, в порту багато майстерень і підприємств, на яких будуються і ремонтуються малі суду.

Постачання. У порту Роттердам можна поповнити запаси палива, прісної води і продовольства. Паливо приймається на суда безпосередньо з танкерів або нафтоховищ. Водопровід підведений до всіх основних причалів порту. Для живлення котлів в порту можна використовувати забортну воду.

Навігаційна інформація. На підходах до рукава Зегат-ван-Хук-ван-Холланд з моря необхідна навігаційна інформація передається на судна радіолокаційною станцією Пілот-Маас. Консультації з питань навігаційної обстановки на каналах і фарватерах, що ведуть до портів і гаваней в гирлі річки Маас, а також з питань, пов'язаних з придбанням і установкою навігаційних і гідрометеорологічних приладів, можна отримати у відділенні метеорологічного інституту

Знищення і визначення девіації магнітних компасів проводиться в порту Роттердам співробітниками метеорологічного інституту. У відділенні метеорологічного інституту можна провести перевірку штурманських і гідрометеорологічних приладів і інструментів.

Радіолокаційні пости, забезпечені радіотелефони засобами зв'язку, встановлені на берегах каналу Роттердамсе-Ватервег і на території порту Роттердам.

Необхідні документи.

Crew list – 3;

Nil passenger list – 2;

- Cargo manifest – 1;
- Transit cargo list – 1;
- Ship store declaration – 2;
- Crew effects declaration – 1.

План порту Роттердам представлений на рис. 2.1.

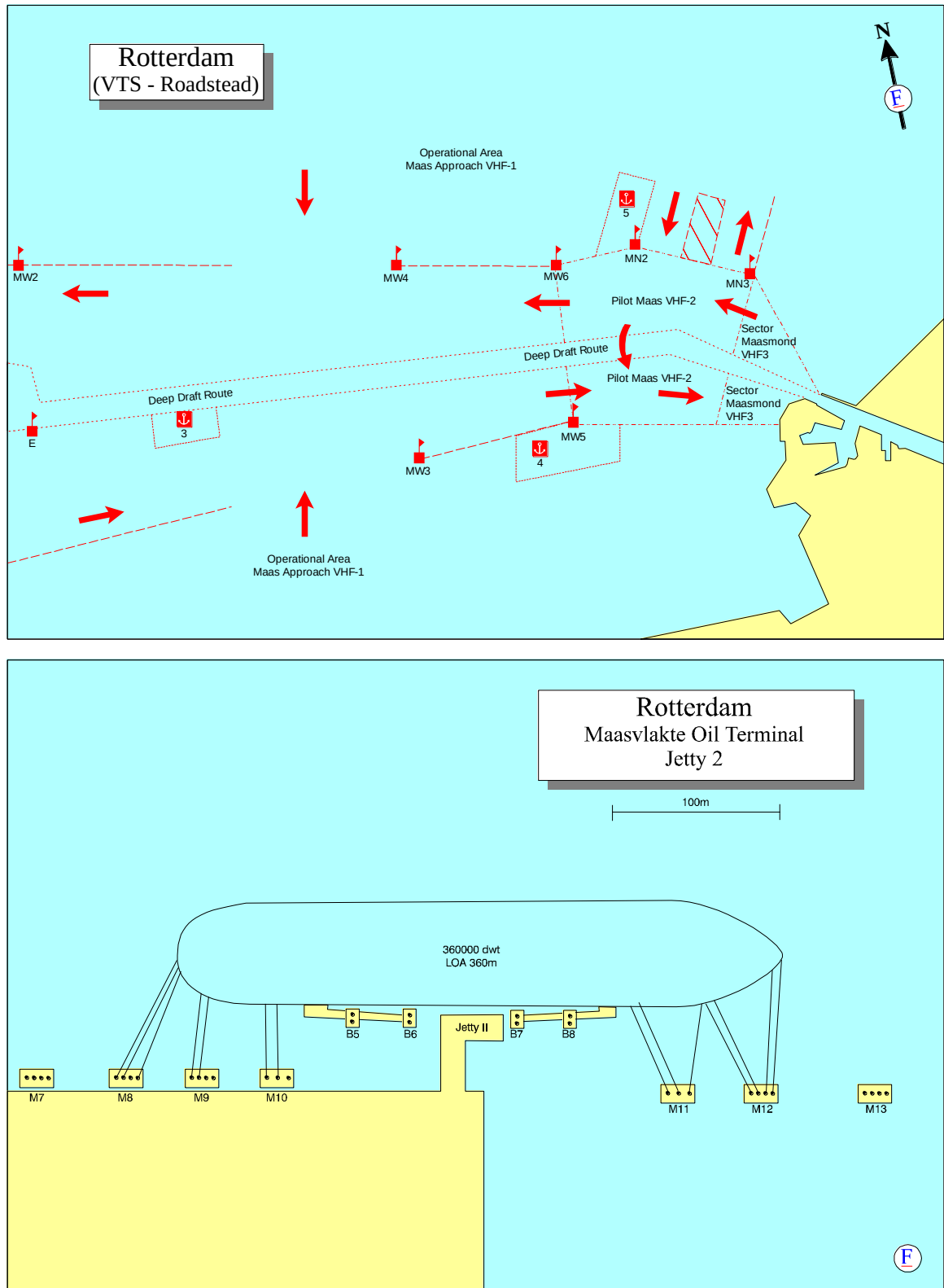


Рисунок 2.1 - План порту Роттердам

Порт Монреаль (Montreal), доступний для великотоннажних суден, розташований на річці Св. Лаврентія в відстані близько 140 миль від порту Квебек.

Причали порту Монреаль розташовані біля лівого берега річки Св. Лаврентія. У південній частині порту через річку побудовані три мости. В межах порту Монреаль пролягають два фарватеру: головний фарватер річки Св. Лаврентія з найменшою глибиною 10,6 м і фарватер для малих суден. Плавання по обом фарватерах забезпечується створами і плавучим огорожею.

Межі порту. Північна межа порту Монреаль проходить в 1 милію на південь від острова Іль-о-Фуен і збігається з південно-західним кордоном порту Сорель. Південна межа порту Монреаль проходить в 6 кбт південніше моста Вікторія-Брідж.

Льодовий режим в порту Монреаль і на підходах до нього дозволяє розпочати навігацію на початку квітня і закінчувати її в середині грудня.

Лоцманська служба. Щоб прийняти лоцмана для проведення судна в порт, необхідно подати заявку на адресу лоцманської служби порту Монреаль за 12 год до прибуття до місця прийому лоцмана біля селища Лез-Ескумен (48 ° 21 'N, 69 ° 24' W). У заявці необхідно вказати: назву судна, місце призначення, водотоннажність і осадку. За 3 год до прийому лоцмана необхідно в той же адресу надіслати підтвердження часу прибуття.

Портового лоцмана можна прийняти на якірному місці Лонг-Пуент, для чого також необхідно попередньо подати заявку.

Портові засоби та обладнання. У порту є кран вантажопідйомністю 120т, самохідний плавучий кран вантажопідйомністю 275 т і плавучий кран вантажопідйомністю близько 75т (при обмеженому вильоті стріли він піднімає вантаж вагою до 90 т), плавучий кран вантажопідйомністю близько 10т пересувні крани вантажопідйомністю до 27т. Є зернові елеватори ємністю

понад 450000 т; за допомогою транспортерів за 13 год на судно можна занурити до 40 000 т зерна.

Навігаційна інформація. У порту Монреаль є служба портової інформації.

Сигнальна станція обладнана на мисі Сен-Мішель; через неї можна зв'язатися з капітаном порту Монреаль.

Ввезення і вивіз. Через порт Монреаль в країну ввозять хромову і залізну руду, залізо, сталь, вугілля, цукор-сирець, мелясу, гіпс; вивозять залізничне обладнання, автомашини і частини до них, мідь, нікель, зерно, борошно, ліс, азбест, папір і продовольство.

Повідомлення і зв'язок. Численні пароплавні компанії забезпечують регулярне морське сполучення з портами Канади і майже з усіма великими портами світу. У порту є радіостанція. Місто Монреаль пов'язаний із залізничною мережею країни.

Попередження. З появою льоду на річці стоянка біля причалів № 59-68 порту Монреаль стає небезпечною. Подача великої кількості швартовів не завжди буває ефективною, і суду нерідко відриває від причалів. Причина цього - значні коливання рівня води, сильна течія і битий лід, який потрапляє під кормової підзора і віджимає суду від причалів. Дія цих чинників посилюється при сильних вітрах з Е в період високого рівня води в порту. У цих причалів слід тримати машини в 30-хвилинної готовності, а при появі Торосів льоду під кормою необхідно завести додаткові швартові і перевести машину в негайну готовність.

Документи для оформлення в порту:

1. Список екіпажу
2. Список пасажирів, якщо пасажирів на борту
3. Список особистих речей екіпажу
4. Записка Рейсу (список портів заходу)

Потрібно для перевірки:

6. Регістрові документи судна.
7. Міжнародне Міряльне свідоцтво

8. Документи всіх офіцерів і паспорти екіпажу.

План порту Монреаль представлений на рис.2.2.

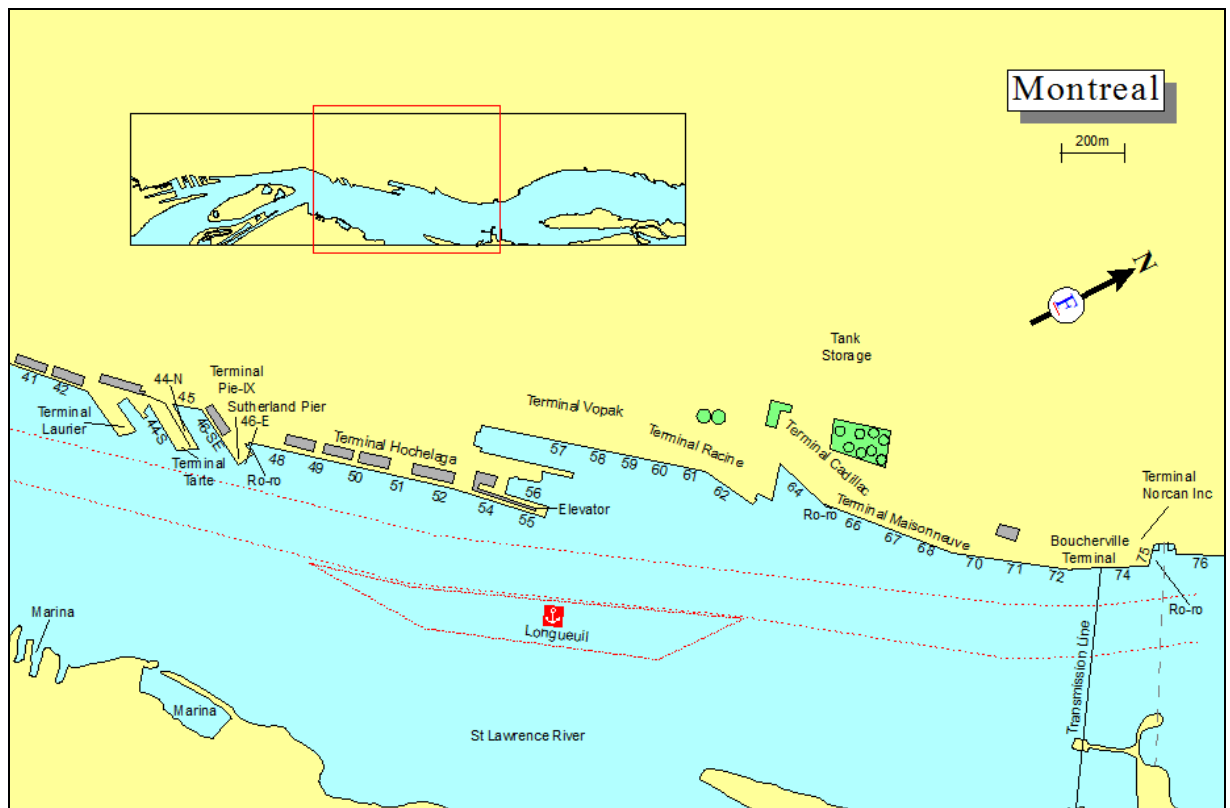


Рисунок 2.2 – План порту Монреаль

Таблиця 2.9 - СНТ використовувані на переході

N п/п	Назва	Координати φ λ	Дальність видимості, милі	Харак- тери- стики
1	2	3	4	5
1	Merwehaven E	51°54,2`N 4°25,0`E	4	Fl 2s
2	Voorhaven W	51°54,1`N 4°24,5`E	3	Fl 3s
3	Wilhelminahaven W	51°53,9`N 4°23,6`E	4	Fl 3s
4	Maasluis	51°54,9`N 4°14,7`E	2	Fl 1s
5	Nieuwe Noorderdam	51°59,7`N 4°02,8`E	5	Fl(2)3s

6	Noordhinder (Racon)	52°00,0`N 2°51,0`E	10	Fl(2)10s
7	Varne (Racon)	51°01,3`N 1°23,9`E	19	Fl 20s

Продовження табл. 2.9

1	2	3	4	5
8	Dungeness	50°54,8`N 0°58,5`E	10	Fl 10s
9	Cape Bauld	51°38,1`N 55°26,6`W	23	Fl 15s
10	Pointe Amour	51°27,9`N 56°51,3`W	24	Oc 20s
11	Cape Whittle	50°09,9`N 60°03,7`W	20	Fl(3)15s
12	Natashquan Point	50°05,3`N 61°44,5`W	21	Fl(2)10s
13	Cap de Rabast	49°57,1`N 64°09,2`W	18	Fl 8s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

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

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

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

При розробці плану переходу доцільно розрахувати плавання по ДБК:
від точки $\varphi_n = 49^\circ 37' N$, $\lambda_n = 05^\circ 05' W$ до точки $\varphi_k = 51^\circ 47' N$, $\lambda_k = 55^\circ 03' W$.

Розраховують локсодромічний курс:

$$\operatorname{tg} k_{\lambda} = \frac{PД}{PMЧ}$$

Обчислюють довжину локсодромії:

$$S_{\lambda} = PШ \times \sec k_{\lambda}$$

Таблиця 2.10 – Розрахунок локсодромії

фк	51°47 N	λк	55°03 W	PMЧ	205
фн	49°37 N	λн	05°05 W	К	274°
PШ	130	PД	- 2998	S	1902

Визначити довжину ортодромії:

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

$$D = 1866 \text{ миль}$$

Доцільність плавання по ортодромії дорівнює:

$$\Delta S = S_{\lambda} - D = 1902 - 1866 = 36 \text{ миль}$$

Плавання по ортодромії вигідно, але у зв'язку з циклонічною активністю і поганими метеоумовами в більш високих північних широтах, було прийнято рішення здійснювати плавання по локсодромії. Відмова від економії часу плавання за рахунок різниці відстані (25 миль) обумовлений високою ймовірністю затримок у дорозі через метеоумови, у разі виникнення яких затримка в дорозі може значно перевищити розраховується економію часу.

Виконаємо розрахунок плавання по ортодромії:

знаходимо λ_0 :

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\lambda_{\kappa} - \lambda_{\kappa}}{2} - \lambda_0 \right) = \operatorname{tg} \frac{PД}{2} \times \sin 2\varphi \times \cos ec PШ$$

$$\operatorname{tg} k_0 = \frac{\sin(\lambda_{\kappa} - \lambda_0)}{\operatorname{tg} \varphi_{\kappa}}$$

Обчислюємо $k_0 \Rightarrow$

Таблиця 2.11 - Курси і відстані при плаванні по ортодромії

N	Широта	Довгота	Курс	Відстань
1	50° 52 N	10° 00.0 W	292	203

2	52° 37 N	20° 00.0 W	286	384
3	53° 27 N	30° 00.0 W	278	364
4	53° 26 N	40° 00.0 W	270	357
5	51° 47 N	55° 03.0 W	260	557

2.3.2 Складання маршрутних листів

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

2.3.3 Графічний план переходу

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

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

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

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

Далі розраховуються по Nautical Almanac моменти (ZT) явищ, характеризуючих освітленість (користуючись для інтерполяції таблицями:

"Conversion of ARC to Time" i "Tables for Interpolating Sunrise, Moonrise, etc".
Результати вносять в таблицю.

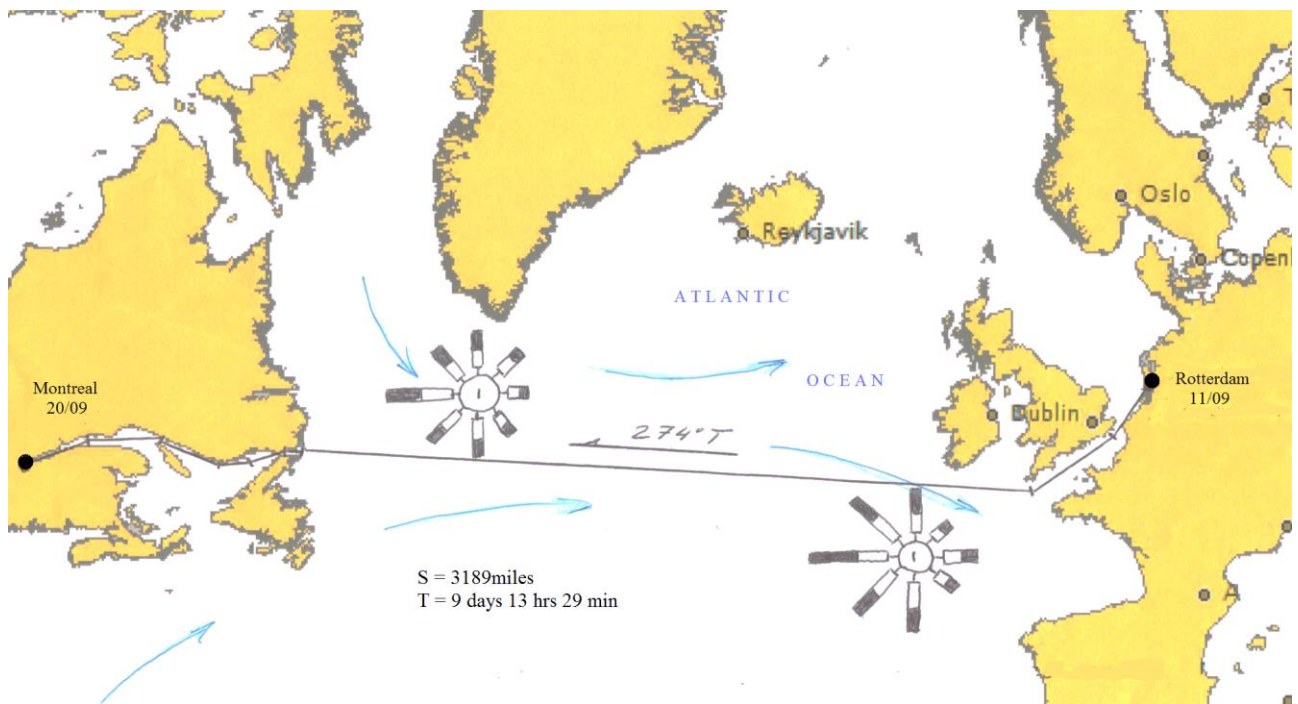


Рисунок 2.4 – Графічний план переходу

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

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

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

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

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

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

Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

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

Грінвічний час явища переводять в судновий:

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

Таблиця 2.12 – Елементи освітленості

Дата	Поча- ток навіг. сутінок	Сонце				Кінець навіг. сутінок	Місяць		
		Схід		Захід			Схід Тс	Вік, дні	Захід Тс
		Тс	А	Тс	А				
11/09	03.58	05.11	81	18.10	278	19.28	16.44	11	00.05
12/09	04.18	05.33	82	18.44	278	20.01	17.38	12	01.37
16/09	03.47	05.04	85	17.57	275	19.13	17.57	15	06.38
20/09	04.17	05.24	87	17.55	273	18.59	20.33	19	12.15

2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів

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

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

Таблиця 2.13 – Час настання повних і малих вод. Для складання таблиці використовувалася програма TideCalc

Роттердам		Монреаль	
11/09	11/09	20/09	20/09
Тп hп	Тп hп	Тп hп	Тп hп
10:36 1.6	22:54 1.6	07:31 5.4	19.48 5.6
Тм hм	Тм hм	Тм hм	Тм hм
05:18 0.2	17:40 0.3	02:25 0.3	14.44 0.2

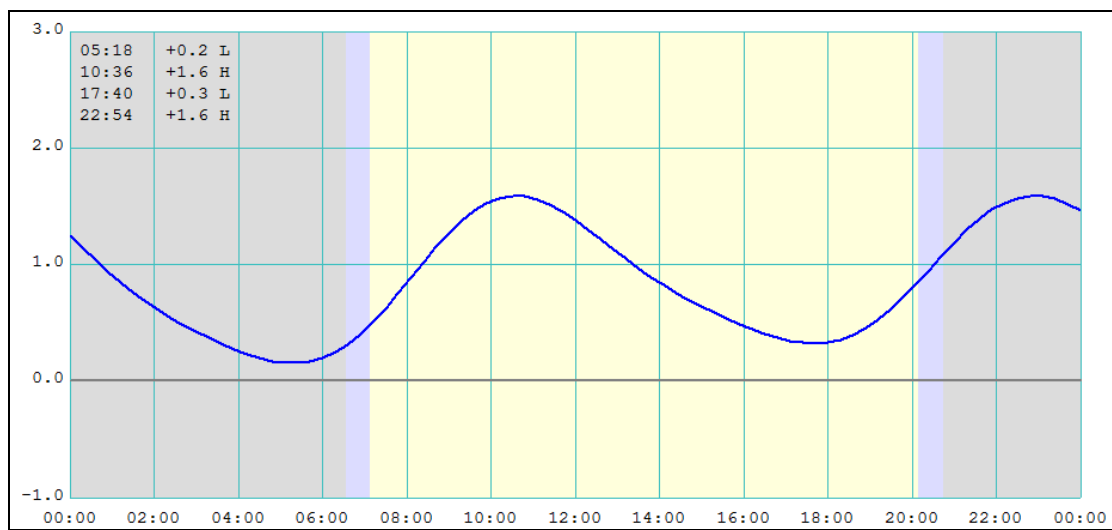


Рисунок 2.5 - Графік повної і малої води для порту Роттердам

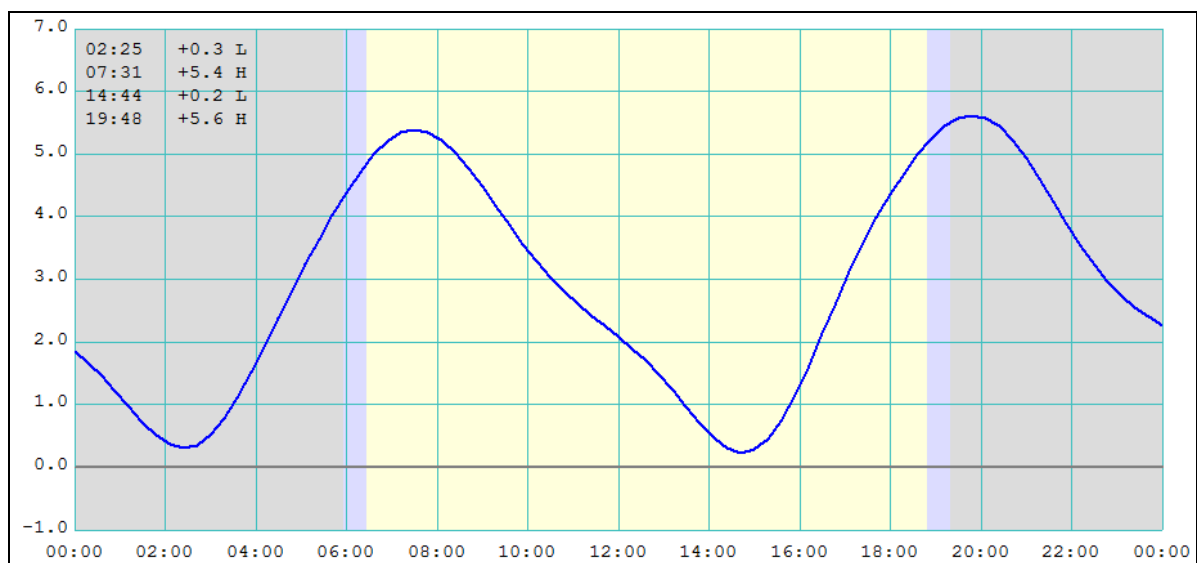


Рисунок 2.6 - Графік повної і малої води для порту Монреаль

2.4 Висновки

Перехід з порту Роттердам до порту Монреаль проходить через Північне море далі мінуючи Англійську протоку слідуємо через Атлантичний океан до Північної Америки. Діставши затоки Св. Лаврентія ідемо проти течії по річці Св. Лаврентія до порту Монреаль. У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Загальна протяжність переходу склала 3189 миль; час виходу з порту Роттердам 11/09/25пп5 о 15:00 за місцевим часом; час приходу в порт Монреаль 20/09/25 о 23:29. Тривалість переходу 9 діб 13 годин 29 хвилин. При плаванні поблизу берегів найбільш точними способами визначення місця судна є визначення за допомогою РЛС, візуально, а так само комбінованим способом. Резервний спосіб обсервації - астрономічний.

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

РОЗДІЛ 3

ОРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

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

До навантаженні був пред'явлений легкий газойль (Gas oil).

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

Gas oil (газойль) - суміш вуглеводнів (C14-C20), що википають в інтервалі температури 250-500 C °, продукт перегонки і крекінгу нафти.

Проводять дистиляцією нафти або продуктів її переробки. При прямій перегонці нафти в умовах атмосферного тиску отримують атмосферний газойль (фракція з межами википання 270-360° C), при тиску 10-15 кПа - вакуумний Газойль (350-500 ° C). Залежно від природи нафти вуглеводний склад газойлю змінюється в широких межах (вміст парафіно-нафтових вуглеводнів 20-70%, інше - ароматичні вуглеводні і домішки, які містять гетероатоми). Атмосферний газойль - компонент дизельного палива (до 20%) або сировина для каталітичного крекінгу.

При гідрокрекінгу й каталітичному крекінгу вакуумного газойля, а також при термічному крекінгу й коксуванні нафтових залишків (напр., мазуту або гудрону) одержують фракції з межами википання 200-360 °C (так званий легкий газойль) і 360-500°C (так званий важкий газойль). Легкий газойль піддають спочатку облагороджуванню, що дозволяє значно знизити вміст домішок гетероатомних сполук (напр., S з 0,7-1,3 до 0,2-0,5%), і

використовують як добавку до дизельного палива (до 30%). Важкий газойль - маловязкий компонент котельного палива (до 20%).

Паспортна густина:

У вантажних документах на наливний вантаж вказується паспортна густина.

Паспортна густина (стандартна) – це відношення маси 1 м³ рідини при температурі 15 °С до стандартної густини. Паспортна густина позначається $\rho^{15/4}$. Густина нашого вантажу становить 0,891. За допомогою густини визначається маса вантажу шляхом множення об'єму вантажу на густину.

Фракційний склад: до 350°C перегоняється 4%; при температурі 482°C перегоняється 90%.

В'язкість кінематична, при температурі 50°C – 44,9 мм²/с.

Температура застигання -34°C.

Масова доля сірки -1,6%.

Масова доля ванадія -0,0001%.

Коксуємість – 0,3%.

Тиск насиченої пари:

Пара, що знаходиться в стані динамічної рівноваги, називається насиченою парою. Тиск насиченої пари (пружність) різко зростає зі збільшенням температури, одночасно зростає щільність пари, а щільність рідини убыває. При рівності щільності пари й рідини речовина перебуває в критичному стані, а його параметри: тиск, температура, питомий об'єм стає критичним. Отже, критичний тиск є істиним тиском пару (TVP- the True Vapour Pressure), що дозволяє оцінити здатність речовини виділяти газ (пару) і визначити ступінь летючості.

У паспорті якості даного вантажу зазначений тиск пару, визначений по методу Рейду при температурі 37,8 °С й атмосферному тиску, у співвідношенні об'ємів пару і рідинної фази як 4:1 який становить 0,78 кг/см². Ця транспортна характеристика (RVP-the Reid Vapour Pressure test) дозволяє визначити можливість транспортування вантажу, з огляду на міцність танків. У договорі

про морське перевезення (чартері) спеціально обмовляється: забороняється навантаження вантажу, у якого тиск пару при температурі 37,8 °C перевищує 0,95 кг/см².

Температура спалаху:

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

Температура спалаху становить 41 °C.

Температура самозапалювання:

Температурою самозапалювання називається граничне значення температури нафтопродукту, при якому його пари запалюються від нагрівання без піднесення джерела запалювання. Для нашого вантажу температура самозапалювання становить 220 °C.

Стабільність нафтопродукту:

Стабільність нафтопродукту - це його здатність зберігати склад й основні властивості при зберіганні й транспортуванні. Порушення стабільності нафтопродукту обумовлюється наявністю в ньому неграничних вуглеводнів (смола), які згодом утворюють важкорозчинний осад на стінках резервуарів і трубопроводів. Даний нафтопродукт стабільний.

Вміст води й механічних домішок:

Обводнювання даного вантажу категорично не припустимо. Вміст води й механічних домішок негативно впливає на якість вантажу, утрудняє вантажообробку й зменшує кількість вантажу.

Інші характеристики:

Даний нафтопродукт є сприйнятливим до нагромадження зарядів статичної електрики через його низьку провідність. Скупчення в нафтопродукті і його парах статичної електрики небезпечної концентрації може привести до виникнення пожеж і вибухів.

Пари даного нафтопродукту являють собою дуже небезпечні отруйні речовини, що роблять на людину наркотичний вплив.

Вантаж має властивість збільшення об'єму при підвищенні температури й властивістю випару, що може привести до втрати вантажу в рейсі. Це змушує залишати достатній незаповнений простір у танках, і контроль його температури вантажу в рейсі.

Максимальну небезпеку представляють займистість і здатність до вибуху пару нафтопродукту.

Зниження концентрації в суміші досягається розведенням її інертними газами - азотом N_2 і вуглекислим газом (процес інертизації атмосфери в танках). Установлено, що для гарантованого забезпечення безпеки необхідно, щоб в атмосфері танка утримувалося не більше 5% кисню (звичайно 1-3%).

На даному судні діаметр трубопроводу дорівнює 250 мм, а швидкість завантаження при швидкості потоку 1м/с через такий трубопровід становить 182 м³/год (ISGOT). Згідно судновій документації безпечна швидкість протікання рідини в трубопроводі даного судна становить 3 м/с. Значить, швидкість навантаження не повинна перевищувати 550 м³/год. Швидкість вивантаження забезпечується продуктивністю вантажних насосів, тобто 500м³/год. Для скорочення часу стоянки можна задіяти більшу кількість вантажних магістралей, але тільки таку кількість, за яким може бути встановлений належний контроль з боку вантажного офіцера і палубної команди. Виходячи з практики на даному судні, зазвичай використовується три маніфолда. Отже, швидкість навантаження становитиме 7500 м³/год, а вивантаження - 7200 м³/год.

Після одержання судном рейсового завдання старший помічник капітану організовує роботи з підготовки вантажних танків до приймання вантажу, зазначеного в рейсовому завданні. Керуючись допомогою з підготовки вантажних танків до прийому нафтопродуктів (Tank Cleaning Guide), а також з дотриманням вимог Конвенції MARPOL 73/78, вантажні танки приводяться в належний стан для прийому даного вантажу.

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

Таблиця 3.1 - Транспортні характеристики

Найменування вантажу	Вид тари	Паспортна густина вантажу $\rho^{15/4}$	Валові норми вантаж. робіт, м ³ /год	
			Навантаження	Вивантаження
Gas oil (газойль)	налив	0,891	7500	7200

Основним документом, що регламентує перевезення небезпечних вантажів морем являється IMDG CODE (International Maritime Dangerous Goods Code), оскільки цей Кодекс входить як доповнення до Конвенції SOLAS 1974, Глави VII, частина А. Правило VII 1.3 цієї глави забороняє перевезення небезпечних вантажів морем крім тих випадків, коли вона здійснюється у відповідність із IMDG Кодексом. Крім того Конвенція MARPOL 73/78, Додаток III, правило 1,(2) також забороняє перевезення шкідливих речовин на суднах, за винятком тих, які перевозяться у відповідність із IMDG Кодексом.

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

Підготовка до навантаження проводиться в наступній послідовності:

Відправник вантажу до початку навантаження представляє капітану Декларацію (інформацію) про вантаж, у якій вказуються дані про вантаж: найменування вантажу і його фізико-хімічні властивості, види небезпеки, вимоги до чистоти танків і технологічний режим перевезення. На підставі Декларації виконується додаткове зачищення танків, а в нашому випадку ще й необхідність інертизації.

Мийка танків (зачищення) виконується, керуючись посібником з підготовки вантажних танків до прийому нафтопродуктів (Tank Cleaning Guide)

і вимогами Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення моря із суден 1973 р. і Протоколу 1978 р. (MARPOL 73/78).

Основний принцип вимог до якості відмитої поверхні вантажних танків полягає в тому, під який вантаж готуються вантажні танки, і які три останніх вантажі раніше перевозилися танкером. У нашому випадку, три останніх вантажі були світлі нафтопродукти (1.Naphtha, 2.Naphtha, 3.Gasoline). У зв'язку із цим вимоги до чистоти танків для приймання вантажу, у даній вантажній комбінації, не високі (іноді навіть допускається приймання вантажу поверх залишків попереднього).

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

Варто перевірити час відкриття й закриття дистанційно керованих клінкетів вантажних систем (про що складають спеціальний акт). Крім того, перевіряють щільність закриття клінкетів у насосному відділенні й кінгстонів.

Також необхідно переконатися в надійності заповнення вантажних танків інертним газом.

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

Старший помічник капітана повинен перевірити готовність протипожежних засобів.

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

Підготовлені танки пред'являються представникові відправника вантажу для огляду й придатності до прийому даного вантажу. Складається Акт про придатність танків до навантаження. У випадку відмови відправника вантажу від огляду танків, запрошується компетентний незалежний сюрвейєр, що своїм рапортом підтверджує придатність танків для прийому даного вантажу.

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

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

Договір морського перевезення вантажу повинен укладатися в письмовій формі.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Маніфест – список вантажів, прийнятих на судно, що складають роздільно для кожного порту призначення на основі зведень, зазначених у коносаменті. Він оформляється для митниці.

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

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

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

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

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

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

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

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

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

$$\Delta_p = 122836 \text{ т.}$$

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

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

де Δ_0 - водотоннажність порожнього судна, т.

$$\Delta W = 122836 - 16403 = 106433 \text{ т}$$

Ходовий час визначається за формулою:

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

де V_s - швидкість судна;

S - довжина траси переходу, милі;

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

$$t_x = 3189/(14,0 \cdot 24) + 0,5 = 7,5 \text{ доби}$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується за формулою:

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

де Q_i - маса вантажу одного найменування, т;

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

M - Валова норма вантажних робіт, т/добу.

Стояночний час розраховують умовно приймаючи

$$\sum_{i=1}^n Q_i = DW.$$

$$t_{\text{ст}} = 106433/(7200 \cdot 24) = 0,6 \text{ доби}$$

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

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

Кількість ходових запасів складає суму:

$$P_{\text{зап}}^x = P_{\text{т}}^x + P_{\text{в}}^x + P_{\text{см}}^x;$$

де $P_{\text{т}}^x$, $P_{\text{в}}^x$, $P_{\text{см}}^x$ - відповідно кількість палива, води і мастила необхідна на перехід від порту навантаження до порту вивантаження з урахуванням

коефіцієнта штормового запасу $k_{шт}$ (за рекомендацією судновласника приймемо 10%).

$$P^x_T = q^x_T \cdot t_x \cdot k_{шт};$$

$$P^x_B = q^x_B \cdot t_x \cdot k_{шт};$$

$$P^x_{см} = q^x_M \cdot t_x \cdot k_{шт};$$

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

$$P^x_T = 53,5 \cdot 7,5 \cdot 1,1 = 588,5 \text{ т}$$

$$P^x_B = 5 \cdot 7,5 \cdot 1,1 = 41,2 \text{ т}$$

$$P^x_{см} = 0,25 \cdot 7,5 \cdot 1,1 = 2,1 \text{ т}$$

$$P^x_{зап} = 588,5 + 41,2 + 2,1 = 631,8 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасов:

$$P^{ст}_{зап} = P^{ст}_T + P^{ст}_B + P^{ст}_{см};$$

$$P^{ст}_T = q^{ст}_T \cdot t_{ст};$$

$$P^{ст}_B = q^{ст}_B \cdot t_{ст};$$

$$P^{ст}_{см} = q^{ст}_M \cdot t_{ст};$$

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

$$P^{ст}_T = 5,2 \cdot 0,6 = 3,1 \text{ т}$$

$$P^{ст}_B = 5 \cdot 0,6 = 3 \text{ т}$$

$$P^{ст}_{см} = 0,03 \cdot 0,6 = 0,02 \text{ т}$$

$$P^{ст}_{зап} = 3,1 + 3,0 + 0,02 = 6,12 \text{ т}$$

$$P_{зап} = 631,8 + 6,12 = 637,92 \text{ т}$$

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

Запаси палива, мастила і води прийняті трохи більше чим необхідно на рейс.

На відхід на судні було: важкого палива 1449 т; дизельного палива 78,8 т; води 100 т; мастила 8,5 т.

$$\text{Усього } P_{зап} = 1636,3 \text{ т}$$

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

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

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

$$\Delta_{\text{ч}} = 106433 - (1636,3 + 384) = 104412,7 \text{ т}$$

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

Кількість вантажу в кожному танку визначається з урахуванням його розширення від підвищення температури повітря. У зв'язку з цим в таблиці 3.2 представлені передбачувані значення температури повітря і води на всій ділянці переходу.

Таблиця 3.2 - Параметри температури в рейсі

Пункти рейсу	Температура повітря $t_{\text{в}}$, °C	Температура морської води $t_{\text{мв}}$, °C
Порт навантаження Роттердам	19	19
Порт вивантаження Монреаль	17	17

Аналізуючи наведені значення температур, робимо висновок, що існує можливість зміни температури вантажу від 15 до 19 °C.

Паспортна густина вантажу - $\rho^{15/4} = 0,891$; виправлення густини при розширенні вантажу на 1°C представляє - $\lambda = 0,000864$; передбачувана температура вантажу при вантаженні $t_{\text{max}} = 19$ °C; мінімальна температура вантажу в рейсі – $t_{\text{min}} = 15$ °C.

Порядок розрахунку ρ_{max} и ρ_{min} :

$$\text{при } t=15 \text{ °C} \quad \rho_{\text{max}} = \rho^{15/4} + 0,000864(15^{\circ}-15^{\circ}) = 0,891 + 0,000864(15^{\circ}-15^{\circ}) = 0,891$$

$$\text{при } t=19 \text{ °C} \quad \rho_{\text{min}} = \rho^{15/4} + 0,000864(15^{\circ}-19^{\circ}) = 0,891 + 0,000864(15^{\circ}-19^{\circ}) = 0,888$$

Допустимий об'єм всіх танків (при заповненні на 100%) становить $\lim W_{\text{T}} = 120142 \text{ м}^3$

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

тільки на 98%. Об'єм всіх танків (при заповненні на 98%) становить $W_{\text{т98\%}} = 117736 \text{ м}^3$.

Маса вантажу при заповненні танків на 98% і густині $\rho_{\text{max}} = 0,888$ (при $t_{\text{гр}} = 19^\circ\text{C}$) становить:

$$P_m = W_{\text{т98\%}} \cdot \rho_{\text{max}} = 117736 \cdot 0,888 = 104550 \text{ т}$$

Немає необхідності перевіряти запас пустот в вантажних танках, так як температура вантажу підвищуватися не буде.

Таким чином, ми визначили максимальну кількість вантажу, яку судно може прийняти до перевезення в даному рейсі $Q = 104550 \text{ т}$.

Згідно рейсовому завданню (Voyage Order) судно має завантажити 103314 т вантажу.

Таблиця 3.3 - Відомості про маси й об'єми партій вантажу

Найменування вантажу	Маса вантажу, т Q_i	Густина вантажу т/м^3 ,		Об'єм який займає вантаж м^3 , V_i	
		при $t_{\text{гр}} = 15^\circ\text{C}$	при $t_{\text{гр}} = 19^\circ\text{C}$	при $t_{\text{гр}} = 15^\circ\text{C}$	при $t_{\text{гр}} = 19^\circ\text{C}$
Gas oil (газойль)	103314	0,891	0,888	115953	116345

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник відповідає за неправильне розміщення, кріплення й сепарацію вантажів на судні. Невірне або невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминує приводить до неприпустимих напруг на корпус судна, а в окремих випадках до ушкоджень і навіть аварії судна. Тому судно повинне бути завантажене так, щоб не з'явилося крену, були належний диферент і достатня остійність, не були порушені умови місцевої й загальної

поздовжньої міцності. Це досягається відповідним розподілом вагового навантаження по вантажних приміщеннях.

Специфіка конструкції танкера така, що остійність судна, як правило, задовільна, навіть не дивлячись на наявність вільних поверхонь рідини. Але навіть під час перевезення однорідного вантажу його розподіл здійснюється відповідно до вимог Інформації капітану про остійність і міцність судна й рекомендаціями заводської інструкції. У виді великих навантажень, які зазнає танкер на вигин, його поздовжня міцність визначається по згинальних моментах і силах, що перерізують, у певних перетинах.

Як правило, навантажений танкер не до кінця вибирає свою вантажопідйомність, тому навантаження виконують по даним об'єму рідини й вантажних приміщень. Потім з урахуванням щільності визначають масу завантаженого вантажу й порівнюють її із чистою вантажопідйомністю. Вантажні танки дозволено заповнювати тільки на 98%, 2 відсотки залишається на непередбачене температурне розширення вантажу, для забезпечення безпечного перевезення.

Особливу увагу розміщенню вантажу приділяють під час перевезення декількох сортів. У цьому випадку необхідно пам'ятати, що між двома видами вантажу повинне бути як мінімум два закритих клінкети, для запобігання змішування. Тобто якщо судно призначене для перевезення 2-х сортів вантажу й має дві незалежні вантажні лінії і дві групи незалежних танків, то не можна використовувати танки однієї групи для розміщення двох сортів вантажу. Вантажні лінії як правило взаємозамінні, і відтинаються друг від друга двома клінкетами. Крім того, у процесі планування розміщення вантажу по танках і майбутньому навантаженні, необхідно враховувати, що один трубопровід може бути послідовно використаний для навантаження різних вантажів, тільки якщо вантажі хімічно сумісні, а кількість залишків одного вантажу в трубі не вплине на якість іншого. Наприклад, після навантаження дизпалива цей же трубопровід може бути використаний для навантаження мазуту, і не може - для навантаження бензину або гасу.

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

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

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

W_c - вантажомісткість судна, m^3 ;

n - кількість вантажних приміщень.

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

$$Q_i = K_i \cdot Q_{\text{полн}}.$$

Розрахунок робимо в табличній формі.

Таблиця 3.4 – Розподіл вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна

Найменування вантажного приміщення	Вантажомісткість вантажного приміщення W_i , m^3	Коефіцієнт порівняння, K_i	Припустиме максимальне вагове навантаження вантажного приміщення Q_i , т
Танк №1 ПБ	7746	0,06579	6797
Танк №1 ЛБ	7746	0,06579	6797
Танк №2 ПБ	9836	0,08354	8630,9
Танк №2 ЛБ	9836	0,08354	8630,9
Танк №3 ПБ	9879	0,08391	8669,1
Танк №3 ЛБ	9879	0,08391	8669,1
Танк №4 ПБ	9879	0,08391	8669,1
Танк №4 ЛБ	9879	0,08391	8669,1
Танк №5 ПБ	9879	0,08391	8669,1
Танк №5 ЛБ	9879	0,08391	8669,1
Танк №6 ПБ	9516	0,08082	8349,8
Танк №6 ЛБ	9516	0,08082	8349,8
Слоп танк ПБ	2133	0,01812	1872

Слоп танк ЛБ	2133	0,01812	1872
Всього	117736	1	103314

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

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

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

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

Час виконання рейсу: вересень.

У порту Роттердам діє літня вантажна марка.

Порт Роттердам своєму розпорядженні має велику кількість гаваней і причалів, оснащених сучасним обладнанням для виробництва вантажно-розвантажувальних робіт, зберігання і транспортування вантажів. У порту є крани вантажопідйомністю 5-45 і 50-800 т, мостові перевантажувачі, плавучі елеватори продуктивністю 250-400 т/год і стаціонарні елеватори продуктивністю 60-1000 т/год. Порт має у своєму розпорядженні розгалужену мережу під'їзних шляхів: залізничних і автомобільних.

Різноманітні верфі та майстерні доступні для інженерних робіт та всіх видів ремонту.

Прісну воду можна отримати на набережній на багатьох причалах та також рейді.

Бункеровка: Усі типи бункерів можуть поставлятися за допомогою барж або екс-берегових установок для танкерів.

Провізія: Доступне постачання через агента або безпосередньо в порту.

Державні свята: День Нового року (1 січня), Пасхальна неділя (6 квітня), Великодній понеділок (7 квітня), День народження Королеви (30 квітня), День національного визволення (5 травня), День Вознесіння (16 травня), Неділя (26 травня), понеділок (27 травня), Різдво (25 грудня) та день боксу (26 грудня).

Час роботи: Офіційний час роботи: Пн-Пт, 09.00-17.00 год.

Необхідні документи: Crew list – 3;

Nil passenger list – 2;

Cargo manifest – 1;

Transit cargo list – 1;

Ship store declaration – 2;

Crew effects declaration – 1.

У порту Монреаль діє літня вантажна марка.

У порту є кран вантажопідйомністю 120т, самохідний плавучий кран вантажопідйомністю 275 т і плавучий кран вантажопідйомністю близько 75т (при обмеженому вильоті стріли він піднімає вантаж вагою до 90 т), плавучий кран вантажопідйомністю близько 10т пересувні крани вантажопідйомністю до 27т.

Ввезення і вивіз. Через порт Монреаль в країну завозять хромову і залізну руду, залізо, сталь, вугілля, нафту, цукор-сирець, м'ясо, гіпс; вивозять залізничне обладнання, автомашини і частини до них, мідь, нікель, зерно, борошно, ліс, азбест, папір і продовольство.

Державні свята: День Нового року, Св. Жан Батист, День праці, 24 та 25 грудня. Час роботи: протягом 24 годин.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Абсциси відраховуються від мідель-шпангоуту і мають знак в кормовій частині “ + ”, а в носовій частині “ – ”. Диферент на корму має знак “+”, а на ніс “ – ”.

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

Таблиця 4.1 - Розподіл запасів на відхід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,98 \text{ т/м}^3$						
Танк №1 ЛБ	431	220	82,38	15,45	18124	3399
Танк №1 ПБ	542	280	82,01	14,54	22963	4071
Танк №2 ЛБ	1052	550	92,15	15,84	50683	8712
Танк №2 ПБ	690	360	89,99	15,88	32396	5717
Сэтг. танк ЛБ	26	20	87,29	12,72	1746	254
Сэрв. танк ПБ	26	19	85,53	12,73	1625	242
Всього моторного палива		1449			127537	22395
Дизельне паливо $\rho = 0,93 \text{ т/м}^3$						
Танк №1 ПБ	268	58,8	98,80	16,62	5809	977
Сэрв. танк ПБ	24	20	89,30	12,88	1786	258
Всього дизельного палива		78,8			7595	1235
Масило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
Рэсв. танк Ц	20	8,5	91,19	14,20	775	121
Всього мастила		8,5			775	121

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6	7
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
Танк №1 ЛБ	213	50	110,22	18,41	5511	921
Танк №1 ПБ	213	50	110,22	18,41	5511	921
Всього води		100			11022	1842
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1636,3	89,79	15,64	146929	25593

Таблиця 4.2- Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткість, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M_x	M_z
1	2	3	4	5	6	7
Моторне паливо $\rho = 0,98 \text{ т/м}^3$						
Танк №2 ЛБ	1052	515	92,15	15,84	47457	8158
Танк №2 ПБ	690	360	89,99	15,88	32396	5717
Сэтт. танк ЛБ	26	20	87,29	12,72	1746	254
Сэрв. танк ПБ	26	19	85,53	12,73	1625	242
Всього моторного палива		914			83224	14371
Дизельне паливо $\rho = 0,93 \text{ т/м}^3$						
Танк №1 ПБ	268	48,8	98,80	16,62	4821	811
Сэрв. танк ПБ	24	20	89,30	12,88	1786	258
Всього дизельного палива		68,8			6607	1069
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
Рэсв. танк Ц	20	6,0	91,19	14,20	547	85
Всього мастила		6,0			547	85
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
Танк №1 ЛБ	213	25	110,22	18,41	2756	460
Танк №1 ПБ	213	25	110,22	18,41	2756	460
Всього води		50			5512	920
ВСЬОГО ЗАПАСІВ		1038,8	92,31	15,83	95890	16445

Розподіл вантажів представлено в табл.4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажу

Найменування приміщень		Містк. 98%, м ³	m, т	V, м ³	Плечі, м		Моменти, тм	
					x	z	M _x	M _z
Танк №1	ЛБ	7746	6600	7432,4	-89,21	11,50	-588786	75900
	ПБ	7746	6600	7432,4	-89,21	11,50	-588786	75900
Танк №2	ЛБ	9836	8600	9684,7	-61,85	11,65	-531910	100190
	ПБ	9836	8600	9684,7	-61,85	11,65	-531910	100190
Танк №3	ЛБ	9879	8700	9797,3	-32,50	11,72	-282750	101964
	ПБ	9879	8700	9797,3	-32,50	11,72	-282750	101964
Танк №4	ЛБ	9879	8750	9853,6	-3,10	11,77	-27125	102988
	ПБ	9879	8750	9853,6	-3,10	11,77	-27125	102988
Танк №5	ЛБ	9879	8750	9853,6	26,30	11,77	230125	102988
	ПБ	9879	8750	9853,6	26,30	11,77	230125	102988
Танк №6	ЛБ	9516	8400	9459,5	55,32	11,85	464688	99540
	ПБ	9516	8400	9459,5	55,32	11,85	464688	99540
СЛОП Т.	ЛБ	2133	1857	2091,2	74,46	13,24	138272	24587
	ПБ	2133	1857	2091,2	74,46	13,24	138272	24587
ВСЬОГО ВАНТАЖУ:			103314	116345	-11,57	11,77	-1194972	1216314

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

Таблиця 4.4 - Звідні дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнем	16403	8,61	11,66	141230	191259
Екіпаж, провізія, постачання	384	84,00	14,50	32256	5568
Суднові запаси	1636,3	89,79	15,64	146929	25593
Вантаж	103314	-11,57	11,77	-1194972	1216314
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	121737,3	-7,18	11,82	-874557	1438734

Таблиця 4.5 - Звідні дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		х	z	М _х	М _z
Судно порожнем	16403	8,61	11,66	141230	191259
Екіпаж, провізія, постачання	384	84,00	14,50	32256	5568
Суднові запаси	1038,8	92,31	15,83	95890	16445
Вантаж	103314	-11,57	11,77	-1194972	1216314
ВСЬОГО ВОДОТОННАЖНІСТЬ	121139,8	-7,64	11,80	-925596	1429586

Схематично розподіл вантажу представлений на рис.4.1.

4.2 Розрахунки посадки і початкової остійності

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

Таблиця 4.6 - Розрахунок посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	121737, 3	121139,8
Абсциса центра ваги судна, м	x _g	-7,18	-7,64
Водотоннажність об'ємна, м ³	V = D / ρ	118768	118185
Густина забортної води, т/м ³	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	14,63	14,57
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M _{см}	1529,5	1527,9
Абсциса центра величини судна, м	x _c	-7,59	-7,65
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x _f	0,47	0,43
Апліката поперечного метацентра, м	z _m	17,56	17,57
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,83	0,829
Диферент судна, м	d=D(x _g - x _c)/(100M _{см})	0,33	0,01
Осадка судна носом, м	T _н =T-(L/2- x _f) d/L	14,47	14,57
Осадка судна кормою, м	T _к = T _н + d	14,80	14,58

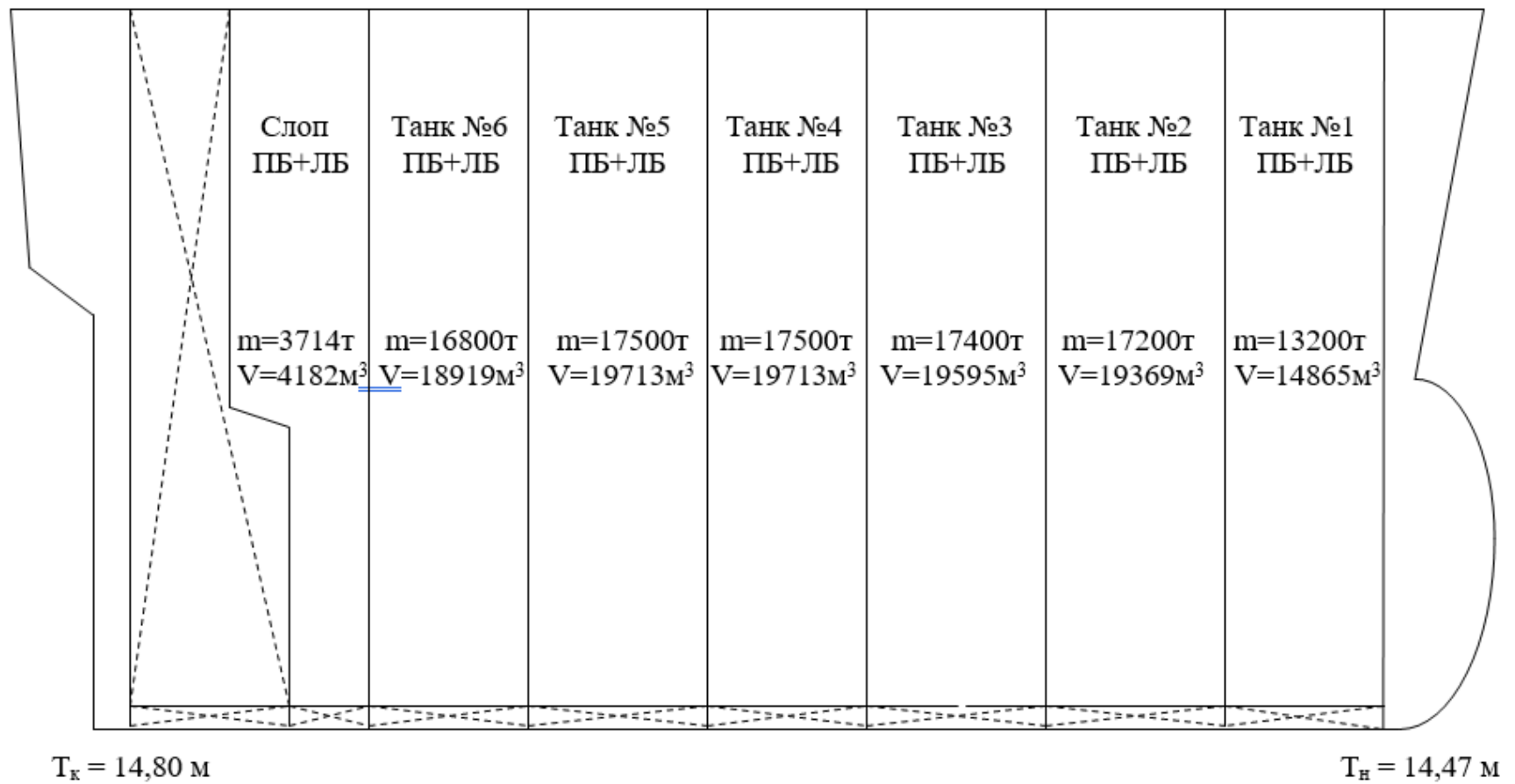


Рисунок 4.1 – Схема вантажного плану судна

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

Таблиця 4.7 - Поправки на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тм
Танк №1 ЛБ (моторне паливо)	314
Танк №1 ПБ (моторне паливо)	301
Танк №2 ЛБ (моторне паливо)	502
Танк №2 ПБ (моторне паливо)	385
Танк №1 ЛБ (дизельне паливо)	50
Танк №1 ЛБ (пресна вода)	122
Танк №1 ПБ (пресна вода)	122
Танк №1 ПБ+ЛБ	17661
Танк №2 ПБ+ЛБ	26645
Танк №3 ПБ+ЛБ	23198
Танк №4 ПБ+ЛБ	20999
Танк №5 ПБ+ЛБ	20999
Танк №6 ПБ+ЛБ	22141
СЛОП Т. ПБ+ЛБ	5987
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	139426

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний в табл.4.8.

Таблиця 4.8 - Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	121737,3	121139,8

Продовження табл.4.8

1	2	3	4
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	11,82	11,80
Апліката поперечного метacentра, м	z_m	17,56	17,57
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	5,74	5,77
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	1,15	1,15
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	12,97	12,95
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	4,59	4,62

4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації

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

Таблиця 4.9 - Перевірка остійності по критичній аплікаті центра ваги судна

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		Відхід	Прихід
Водотоннажність масова, т	D	121737,3	121139,8
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	12,97	12,95
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	16,82	16,85

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

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

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

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

Плечі остійності ваги необхідно розраховувати по формулі:

$$l_e = (z_g - 10,0) \sin \theta,$$

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

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

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

Таблиця 4.10 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							121737,3	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							11,82	
Апліката умовного центра мас z_m , м (поліус – точка «O»)							10,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							12,97	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плеche форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плеche статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	1,332	0,174	0,517	0,815	4	3,260	3	2,445
20	2,681	0,342	1,016	1,665	2	3,330	3	4,995
30	3,448	0,500	1,485	1,963	4	7,852	1	1,963
40	3,782	0,643	1,910	1,872	1	1,872	$\sum_{30}$	9,403
50	3,695	0,766	2,275	1,420	$\sum_{40}$	16,314	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 9,403 / 8 = 0,615$	
60	3,277	0,866	2,572	0,705	$a_{0-40} = 0,1745 \times 16,314 / 3 = 0,949$			
70	2,646	0,940	2,792	-0,146				
					$a_{30-40} = 0,949 - 0,615 = 0,334$			

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							121139,8	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							11,80	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							10,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							12,95	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
Кут крену θ°	Плече форми, l_ϕ , м	$\sin \theta^\circ$	$z_g \cdot \sin \theta^\circ$	Плече статичної остійності $l = l_\phi - z_g \cdot \sin \theta^\circ$, м	Множ-ник	Добу-ток	Множ-ник	Добуток
0	0,00	0,000	0,000	0,000	1	0,000	1	0,000
10	1,334	0,174	0,513	0,821	4	3,284	3	2,463
20	2,691	0,342	1,009	1,682	2	3,364	3	5,046
30	3,474	0,500	1,475	1,999	4	7,996	1	1,999
40	3,814	0,643	1,897	1,917	1	1,917	$\sum_{30}$	9,508
50	3,723	0,766	2,260	1,463	$\sum_{40}$	16,561	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 9,508/8 = 0,622$	
60	3,299	0,866	2,555	0,744	$a_{0-40} = 0,1745 \times 16,561/3 = 0,963$			
70	2,662	0,940	2,773	-0,111				
					$a_{30-40} = 0,963 - 0,622 = 0,341$			

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

4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності

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

Остійність судна вважається достатньою, якщо задовольняються загальні для всіх суден вимоги до критерія погоди, кута крену від дії постійного вітру й діаграми статичної остійності (ДСО). Розрахунок нормованих параметрів остійності виконаний у табл. 4.12.

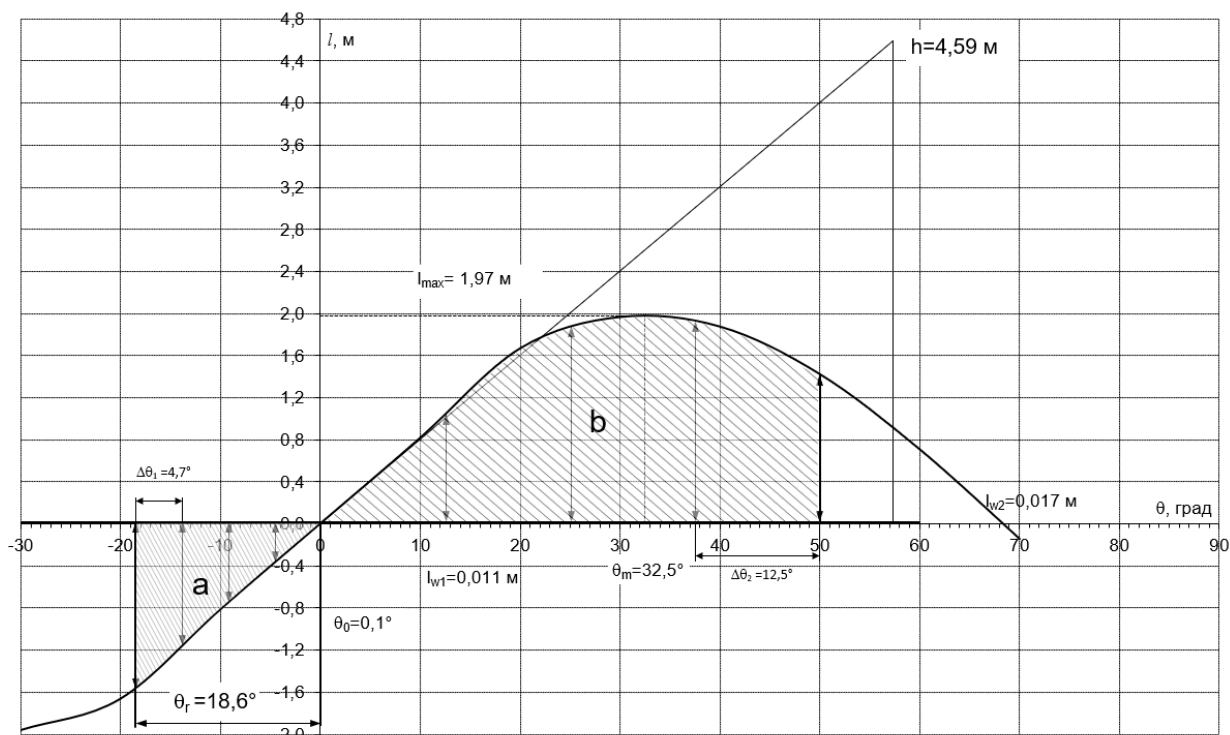


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

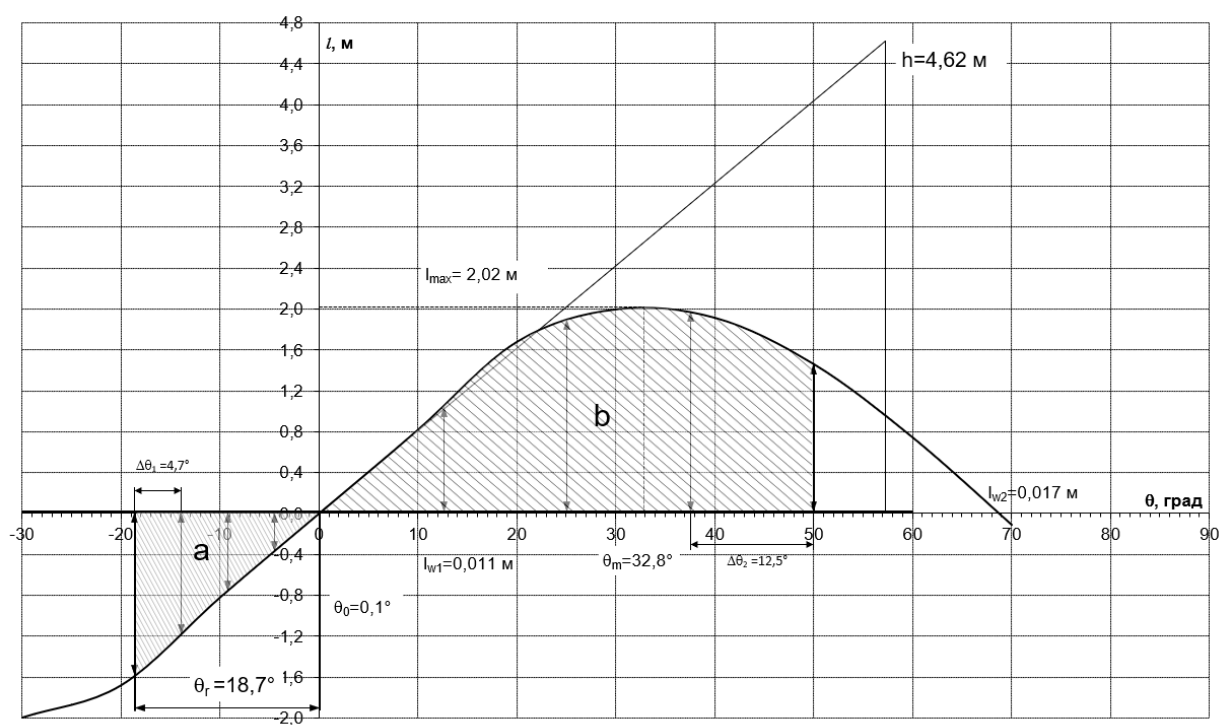


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

Таблиця 4.12 - Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	121737,3	121139,8
Осадка судна, м	T	14,63	14,57
Виправлена метацентрична висота, м	h	4,59	4,62
Площа парусності, м ²	A _v	2058	2072
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	5,58	5,61
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	12,90	12,90
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1}=0,504 A_v z_v / (g D)$	0,011	0,011
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,017	0,017
Відносна площа скулових кілей,%	$100 A_K / (L B)$	1,36	
Коефіцієнт	k	0,958	
Відносна ширина	B/T	2,87	2,88
Безрозмірний множник	X ₁	0,916	0,914
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,830	0,829
Безрозмірний множник	X ₂	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,339	0,339
Період хитавиці, с	$T_\theta = 2 c B / \sqrt{h}$	13,3	13,2
Коефіцієнт	S	0,0572	0,0578
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,662	0,663
Амплітуда хитавиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	18,6	18,7
Кут заливання, °	θ _f	>60	>60
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H- T) / B)$	16,1	16,3
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	0,1	0,1
Кут крену при хитавиці назустріч вітру, °	θ ₁ = θ _r - θ ₀	18,5	18,6
Границя площ.“b” діаграми праворуч, °	θ _b	50,0	50,0
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,255	0,260
Площа “b” діаграми, м-рад	b	1,226	1,246
Критерій погоди	K = b / a	4,81	4,79

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

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

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (18,5 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,68^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,68^\circ/57,3 = 0,0816 \text{ рад}$		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 12,48^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,48^\circ/57,3 = 0,2177 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,585$	1	1,585	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,180$	4	4,720	$b_2 = 1,028$	4	4,112
$a_3 = 0,760$	2	1,520	$b_3 = 1,861$	2	3,722
$a_4 = 0,384$	4	1,536	$b_4 = 1,913$	4	7,652
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,403$	1	1,403
		$\Sigma_a = 9,361$			$\Sigma_b = 16,889$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 9,361 \times 0,0816 = 0,255$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 16,889 \times 0,2177 = 1,226$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (18,6 + 1,5 \cdot 0,1)/4 = 4,7^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 4,7^\circ/57,3 = 0,082 \text{ рад}$		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,1)/4 = 12,48^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,48^\circ/57,3 = 0,2177 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,600$	1	1,600	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,200$	4	4,800	$b_2 = 1,030$	4	4,120
$a_3 = 0,775$	2	1,550	$b_3 = 1,883$	2	3,766
$a_4 = 0,390$	4	1,560	$b_4 = 1,960$	4	7,840
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,446$	1	1,446
		$\Sigma_a = 9,510$			$\Sigma_b = 17,172$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 9,510 \times 0,082 = 0,260$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 17,172 \times 0,2177 = 1,246$		

4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності

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

Таблиця 4.15 – Перевірка виконання рекомендацій ІМО

Найменування величин	Позна-чення	Значення величин			Викон. (YES/NO)
		норма-тивні	відхід	прихід	
Загальні вимоги:					
Площа під ДСО до кута крену 30 ⁰ , м·рад	A ₃₀	≥ 0,055	0,615	0,622	YES
Площа під ДСО до кута крену 40 ⁰ , м·рад	A ₄₀	≥ 0,09	0,949	0,963	YES
Площа під ДСО між 30 ° і 40 °, м рад	A ₃₀₋₄₀	≥ 0,03	0,334	0,341	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l ₃₀	≥ 0,20	1,963	1,999	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, °	θ _m	≥ 25	32,5	32,8	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	> 0,15	4,59	4,62	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	4,81	4,79	YES
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	≤ 12,9	0,1	0,1	YES

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

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

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

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

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

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

Розрахунок будемо виконувати в табличній формі.

Таблиця 4.16 – Перевірка поздовжньої міцності на відхід

Переріз	від КП,м	SF, т	SFsea, %	Дод.SF, т	BM, тм	BMsea,%	Доп.BM,тм
41	37,10	-1285	18,5	± 6970	10318	7,9	130400
43	46,10	-1355	22,2	± 6130	-2496	2,5	-99800
45	55,90	-1055	13,1	± 8100	-14091	11,4	-123600
47	65,70	-950	10,3	± 9270	-23913	16,3	-146700
49	75,50	-812	11,7	± 6990	-32696	20,2	-162000
51	83,30	-789	9,2	± 8630	-40589	25,1	-162000
53	95,10	-752	8,3	± 9060	-48195	29,8	-162000
55	104,90	-676	9,8	± 6900	-55215	34,1	-162000
57	114,70	-576	6,3	± 9140	-61371	37,9	-162000
59	124,50	-452	5,0	± 9040	-66429	41,0	-162000
61	134,30	-302	4,4	± 6860	-70143	43,3	-162000
63	144,10	-125	1,4	± 8930	-72252	44,6	-162000
65	153,90	76	0,8	± 9500	-72510	44,8	-162000
67	163,70	300	4,0	± 7500	-70686	43,6	-162000
69	173,50	563	6,3	± 8940	-66456	47,6	-139600
71	183,30	829	10,0	± 8290	-60668	51,1	-118700
73	193,10	1151	16,9	± 6780	-50038	53,4	-93700
75	202,90	1556	15,5	± 10000	-36433	51,5	-70700
77	211,80	1646	17,6	± 9320	-22138	44,5	-49700
79	220,70	1786	21,1	± 8440	-7100	24,6	-28900

Максимальна перерізуєча сила –1355 т (22,2%) на 43 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент -550038 тм (53,4%) на 73 шпангоуті.

На рис.4.4. представлена еюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

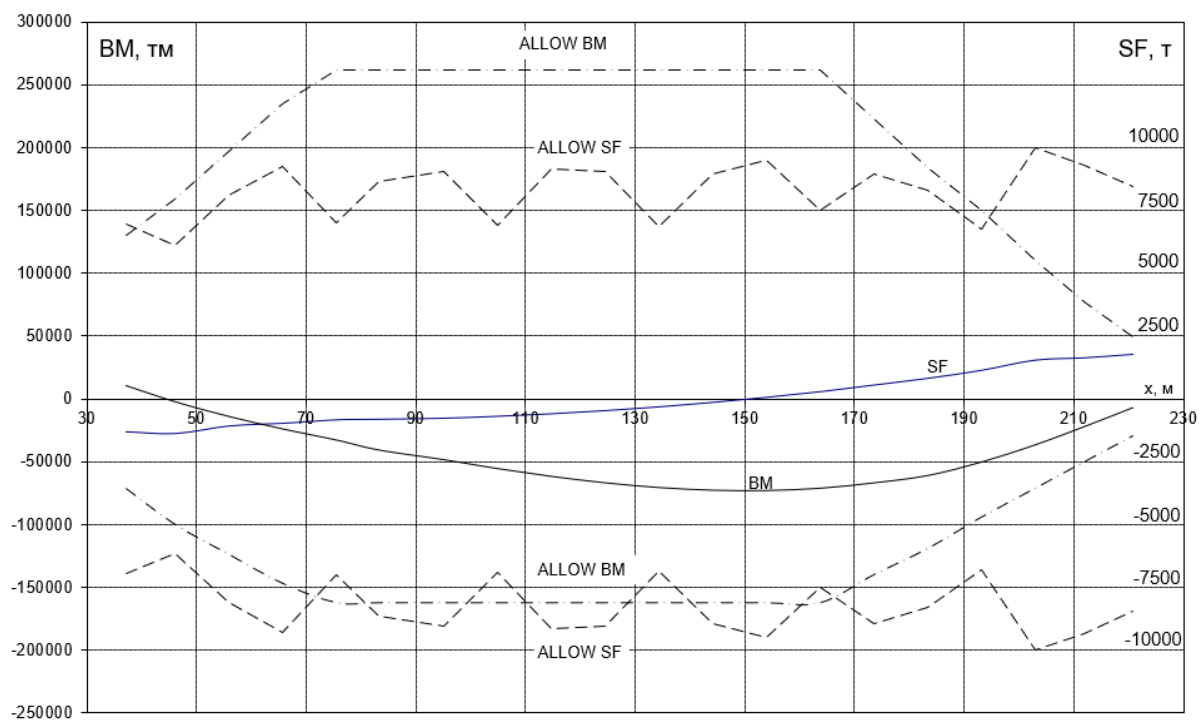


Рисунок 4.4 -Контроль міцності на відхід

РОЗДІЛ 5

СУЧАСНІ НАВІГАЦІЙНІ ЗАСОБИ ГОЛОВНОГО СУДНОПЛАВНОГО ФАРВАТЕРУ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ МОРСЬКОГО ОРІЄНТУВАННЯ

Міжнародна морська організація (ІМО) вдосконалює навігаційний аспект з 1959 року і провів цілу серію відповідних конференцій, рекомендацій та інших інструментів. Це робиться для того, щоб забезпечити безпеку навігації на найвищому рівні, що просто означає, що все судно може рухатися, працювати та уникати зіткнення, а також мінімізувати навігаційні помилки, зберігати життя, майно та навколишнє середовище [24]. Іншим ключовим прихильником є Міжнародна асоціація морських засобів навігації та управління маяками (IALA), членом якої також є Україна [25].

IALA надає стандарти та рекомендації, що містять інформацію про те, як країни-члени повинні керувати своїми AtoN (рис. 5.1), електронною навігацією та послугами руху суден. IALA намагається забезпечити безпечне та ефективне проходження суден, сприяючи синхронізації морських засобів із глобальною навігаційною системою. Це робиться шляхом обміну та порівняння між виробниками, консультантами, органами влади та навчальними закладами з усіх частин світу, що пропонує встановити систематичний шлях досягнення гармонізації засобів навігації [27].

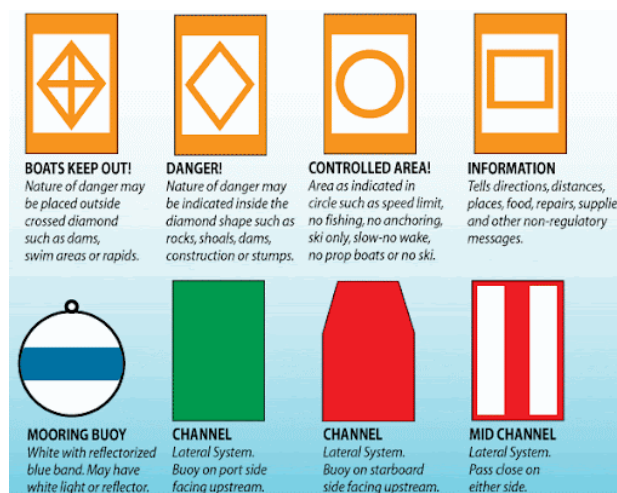


Рисунок 5.1 - Сучасні AtoN для навігації у каналі

Географічні об'єкти є частиною життєво важливої ролі, наприклад, рельєф місцевості, точки входу та стикування, глибина води, видимість, фоновий безлад, місцевий рух тощо. Для забезпечення безпеки використовуються засоби навігації, система маршрутизації та моніторинг судна. [23]. Щоб протистояти цим небезпекам, інструменти навігаційної безпеки включатимуть радіонавігаційні пристрої, такі як радар, радіомаяки, засоби навігації (AtoN), включаючи маяки, сучасні засоби зв'язку, включаючи супутниковий зв'язок, та нормативні заходи, включаючи моніторинг руху [28].

Міжнародна морська організація (ІМО) видає стандарти щодо безпеки та екологічної ефективності судноплавства, заохочуючи інновації та ефективність. ІМО співпрацює, серед іншого, з Міжнародною асоціацією морських засобів навігації та управління маяками (IALA), некомерційною технічною організацією, яка прагне гармонізувати засоби засобів навігації (AtoN) у всьому світі, враховуючи потреби моряків та органів влади, а також технологічний розвиток. Щоб забезпечити максимальний рівень безпеки та ефективності морської навігації, IALA публікує рекомендації та вказівки щодо використання допоміжних пристроїв, які покращують морські операції, таких як служби руху суден (VTS), автоматична система ідентифікації (AIS) та морські сигнальні вогні AtoN [29].

Розвиток портів і фарватерів разом з останнім прогресом технологій та зростаючими вимогами до навігаційних послуг роблять необхідною динамічну оптимізацію систем AtoN. Послідовність розміщення AtoN безпосередньо вплине на безпеку морського руху, тому слід звернути увагу або на Правила про зіткнення (МПЗЗС-72/2016) та місцеві правила дорожнього руху (рис. 5.2).

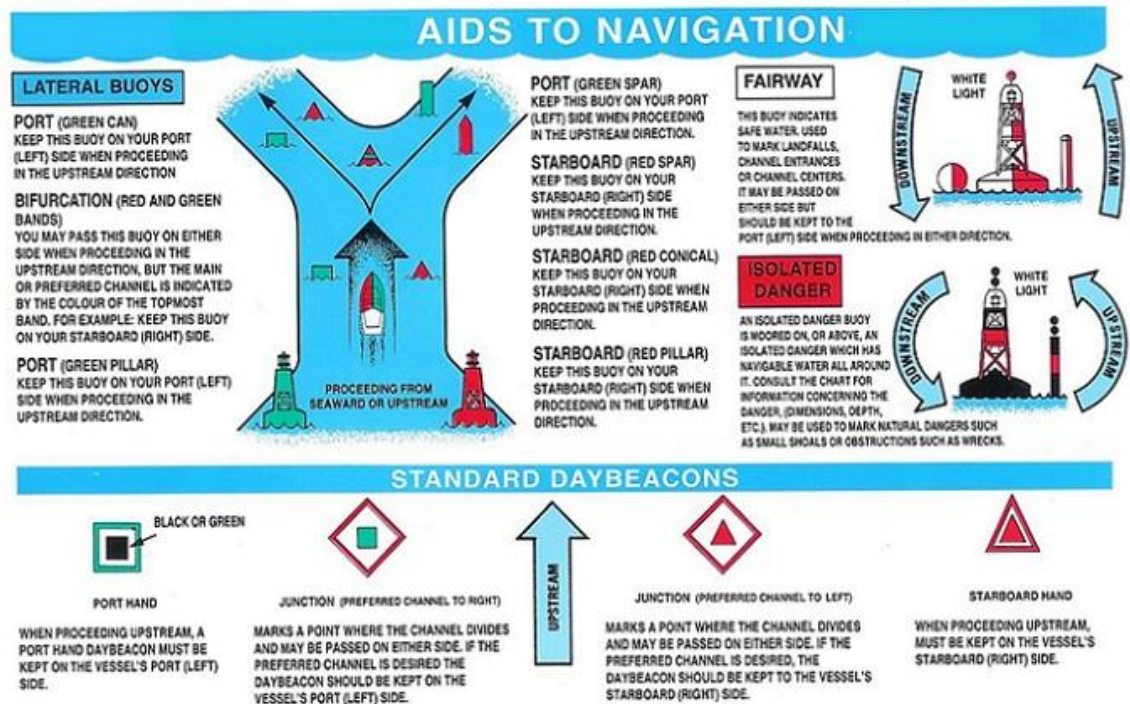


Рисунок 5.2 - Рекомендації щодо розміщення AtoN

5.1 Аналіз техніки використання сучасних засобів навігаційного обладнання та оцінка видимості вогнів

5.1.1. Роль міжнародних стандартів у формуванні AtoN

Міжнародна морська організація (IMO) та Міжнародна асоціація морських засобів навігації та управління маяками (IALA) формують методичну основу для впровадження та експлуатації засобів морського орієнтування (AtoN). На їхніх рекомендаціях ґрунтується глобальна система морської навігації, включно з правилами маркування фарватерів, вимогами до освітлення, розміщенням буїв, маяків, радіомаяків та електронних систем інформації.

Стандарти IALA визначають:

- кольорову та формну стандартизацію AtoN;
- світлові характеристики: дальність, інтенсивність, частоту спалаху;
- фотометричні вимоги до світла;
- принципи маркування головних, другорядних та природних навігаційних ліній.

Відповідність цим стандартам дозволяє забезпечити єдину систему орієнтування для судноплавства незалежно від країни, регіону чи типу каналу.

Безпека в навігації просто означає, що судна безпечно плавають і працюють, уникаючи зіткнень і зменшуючи навігаційні помилки, щоб захистити життя людей, природне середовище та власність. Міжнародна морська організація (ІМО) з 1959 року запровадила різні заходи у формі конвенцій для досягнення цього. З нинішніми нормативними вимогами це посилює зусилля щодо забезпечення безпечного методу безпеки навігаційних питань.

Нормативна база – це набір законодавчих актів, за допомогою яких вони застосовуються для забезпечення безпеки та ефективності. Це наявність необхідної інфраструктури, яка підтримує регулювання, хід або виконання дії, правила, принципу чи закону, запропонованого чи прийнятого [30]. Міжнародна нормативна база для навігації регулюється ІМО. Його головна мета полягає в тому, щоб сприяти широкому прийняттю найвищих практичних стандартів у питаннях охорони здоров'я, навігаційних характеристик та контролю забруднення моря [31]. Інструменти ІМО, як правило, впливають лише на судна, які беруть участь у міжнародних подорожах, і виключають судна валовою місткістю менше 500 тон, яхти, рибальські судна, судна без механічного приводу та дерев'яні судна примітивної конструкції [32].

Засоби навігаційного обладнання (ЗНО) – це тип маркерів, які використовуються навігатором для безпечного пересування з однієї точки в іншу. Цим зазвичай користуються моряки та авіатори. Термін морський знак, як правило, відноситься до форми допомоги для навігації, яка вказує на небезпеку і безпечний прохід до човнів, кораблів і гідролітаків [33]. Загалом, існує три типи AtoN, які є маяками, буями та вбудованими пирами. Усі мають різні характеристики. Маяк є типом, закріпленим на морському дні або на березі. Буї — це плаваючий об'єкт, прикріплений до певного місця. У той час як керн, побудований зануреним у камінь або об'єкт у більш спокійній воді. В основному AtoN служать широкому навігаційному призначенню. Сюди входить

позначення каналів, небезпечних об'єктів, швартових положень, схем розділення руху, затонулих кораблів тощо. Його можна використовувати як вдень, так і вночі, залежно від їх характеристик та особливостей. Деякі з них призначені для видимості лише вдень, а деякі функції можуть використовуватися вночі, маючи вогні та відбивачі [25].

Таблиця 5.1 – Класифікація засобів навігації (AtoN) та їх основні характеристики

Тип AtoN	Функції	Характеристики	Світлові ознаки	Переваги	Обмеження
Маяки	Орієнтація, позначення берегової лінії, створів	Нерухома конструкція	Дальність 10–25 М	Висока видимість	Висока вартість, залежність від рельєфу
Буї	Позначення фарватеру, небезпек, напрямку руху	Плавуча опора	3–10 М	Гнучкість розміщення	Обмеженість енергоживлення
Virtual AIS AtoN	Електронна позначка небезпек та маршрутів	Немає фізичного об'єкта	Залежить від AIS	Гнучкість, низька вартість	Не відображаються на всіх судах
Synthetic AIS AtoN	Передача сигналу від існуючого AtoN	Відповідність фізичному	Висока точність	Підсилює фізичний AtoN	

Знання слабких місць і проблем існуючої системи AtoN має центральне значення для покращення наданих послуг.

У зв'язку з цим Chen et al. [34] запропонував метод комплексної оцінки Success Degree-Fuzzy для пост-оцінки існуючої системи AtoN, щоб прояснити потреби та вказати на її оптимізацію. Ця модель працює з серією індексів, отриманих відповідно до характеристик системи AtoN і розроблених на основі врахування користувачів, щоб гарантувати її точність. Остаточний алгоритм дозволяє оцінити загальну оцінку системи за рангом від 0 до 100.

Аналіз впливає з негайної потреби венеціанських установ і місцевих моряків у перепроєктуванні системи AtoN, щоб забезпечити найвищий рівень

безпеки у Венеціанській лагуні. Фактично, встановлення експериментального електромеханічного модуля (MOSE або MOdulo Sperimentale Elettromeccanico) на входах лагуни призвело до низки змін у навігаційній зоні (наприклад, новий штучний острів у Лідо), що значно вплинуло на місцевий рух.

З цієї причини не проводилось апріорне дослідження безпеки морського руху, щоб оцінити ризики зіткнення або аварій загалом, оскільки не потрібно було продовжувати оптимізацію системи. Тому перейшли безпосередньо до проблем, висловлених користувачами, щоб знайти рішення в найкоротші терміни: спочатку ми проаналізували фізичне розташування AtoN в лагуні, потім ми шукали більш гнучке рішення проблеми обмеженої видимості, яке могло б гарантувати безпечне ведення навігації в будь-якій ситуації.

Під час аналізу дотримувались евристичного методу, який поєднував IALA, IMO та місцеві нормативні вимоги з практичними потребами, щоб досягти оптимального розташування AtoN: фактично, ітераційне та постійне оновлення системи було одним із ключових моментів процесу.

Згодом ефективна видимість сигналів була перевірена з використанням теоретичних міркувань, наведених у Рекомендаціях IALA E-200-2 [35]. Отримані дані показали, що, хоча і відповідає вимогам безпеки, світло кожного AtoN не завжди може забезпечити їх видимість.

Для отримання інформації та необхідних даних дослідження поділяється на 3 основні етапи, які включають оцінку з огляду літератури, загальне дослідження та необхідну конкретну оцінку. Перший етап – це оцінка з огляду літератури для отримання інформації про внутрішнє судноплавство на озері Кенір. На другому етапі розробляється загальне дослідження по сферах інтересів. Оскільки це проводиться на озері Кенір, отримується набір інформації щодо користувача озера Кенір, типу човнів, які знаходяться поблизу, та наявності AtoN. Третій етап був зосереджений на оцінці AtoN.

Є три основні кроки: по-перше, для визначення типу суден, їх кількості та навігаційних маршрутів на озері Кенір. По-друге, вивчити AtoN, які зараз використовуються в озері Кенір, і порівняти їх функціональність та

характеристики. По-третє, вивчати методи IALA та вимоги ІМО, щоб запропонувати інноваційні AtoN, які є практичними та економічно ефективними для використання у внутрішньому судноплаванні для оптимального судноплавства на озері Кенір.

По-перше, структуроване спостереження надає інформацію про типи суден та їх схему навігації по озеру. Методи невірогідної вибірки були використані для човнів, власників судна та органів влади для збору основних навігаційних даних про точки відправлення та призначення, методи навігації та кількість човнів, що плавають по озеру. Ці дані збираються та аналізуються за допомогою частотного розподілу Excel. Навігаційні процедури на озері Кенір збираються місцевою владою для визначення кількості суден, які плавають вдень і вночі.

По-друге, для отримання інформації про наявність AtoN на озері використовується безпосереднє спостереження. Дані збираються шляхом перерахування типів AtoN та злиття з офіційними записами місцевих органів влади, щоб отримати кількість доступних AtoN та визначити їх характеристики та функції. AtoNs далі аналізується на відповідність системі МАМС за допомогою порівняльного аналізу.

По-третє, система плавучості IALA виступає як довідкові та вторинні дані в інноваціях нових AtoN для внутрішнього судноплавства. Саме тут враховуються всі правила та вимоги для досягнення нової конструкції AtoN для внутрішнього плавання.

Для вивчення оптимальної диспозиції AtoN ми зробили перший огляд їх характеристик: як уже зазначалося, вони стандартизовані серед усіх членів IALA. Єдина відмінність, передбачена Системою морської буяжності, стосується бічних сигналів щодо членства кожної країни в системі IALA A або IALA B: країни регіону A використовують червоний колір для позначення лівого борту та зелений для правого борту, а країни регіону B зробить навпаки. Інші сигнали стандартизовані з точки зору призначення, форми, кольору та світлових характеристик. Наприклад, сигнал Safe Water вказує на зону, де

навігація безпечна. Цей AtoN має біло-червоні вертикальні смуги, червоний сферичний міраж (у разі незначних буїв) і 12-секундний білий світло з одним спалахом 10 с.

5.1.2. Фотометричні критерії визначення дальності навігаційних вогнів

Ефективність світлових сигналів залежить від комплексу фізичних параметрів:

- світлового потоку;
- сили світла;
- метеорологічної видимості;
- дальності спостереження;
- фонові яскравості.

Розрахунок дальності світла здійснюється за формулами Алларда та рекомендаціями IALA E-200-2. Ці формули дозволяють визначити необхідну потужність світла для гарантованої видимості.

Це важливо для оцінки “здоров'я” існуючої системи AtoN: якщо реальна дальність менша за номінальну, рівень безпеки навігації знижується.

Однією з найважливіших характеристик світлового сигналу є його діапазон, що вказує на максимальну відстань, на якій сприймається світло. У навігації використовується світловий діапазон D у морських милях; воно визначається як максимальна відстань, на яку гарантується виявлення світлового променя (не джерело світла, яке все ще приховано через кривизну землі), враховуючи метеорологічну видимість v та освітленість, необхідну на оці або на порозі спостерігача, E_T . Для визначення освітленості необхідно введення деяких фотометричних величин.

З квантової точки зору, світло характеризується потужністю W у Ватах, яка є функцією його власної довжини хвилі λ : добуток потужності для функції коефіцієнта видимості V_f , що виражає реальне сприйняття світла людським оком, дає світловий потік Φ як у рівнянні (5.1):

$$\Phi = V_f(\lambda) W(\lambda). \quad (5.1)$$

Сила світла I – це кількість потоку, виміряна в певному напрямку і розраховується як відношення між світловим потоком Φ і тілесним кутом ω випромінювання, як у рівнянні (5.2):

$$I = d\Phi/d\omega. \quad (5.2)$$

Освітленість E — це відношення між світловим потоком Φ і площею поверхні A , на яку він впливає, див. рівняння (5.3). Вимірюється в люменах на квадратних метрах або люксах:

$$E = d\Phi / dA. \quad (5.3)$$

Цю освітленість E можна виразити як функцію метеорологічної видимості v та відстані до спостерігача d через закон Алларда, як у рівнянні (5.4):

$$E(d) = I / (3.43 \times 10^6) * 0.05^{dv} / d^2. \quad (5.4)$$

З рівняння (5.5) можна оцінити світловий діапазон сигналу D , який також можна отримати за допомогою діаграм, наданих IALA (рис. 5.3) [35,36,37]:

$$I = (3.43 \times 10^6) E_T D^2 0.05^{dv}. \quad (5.5)$$

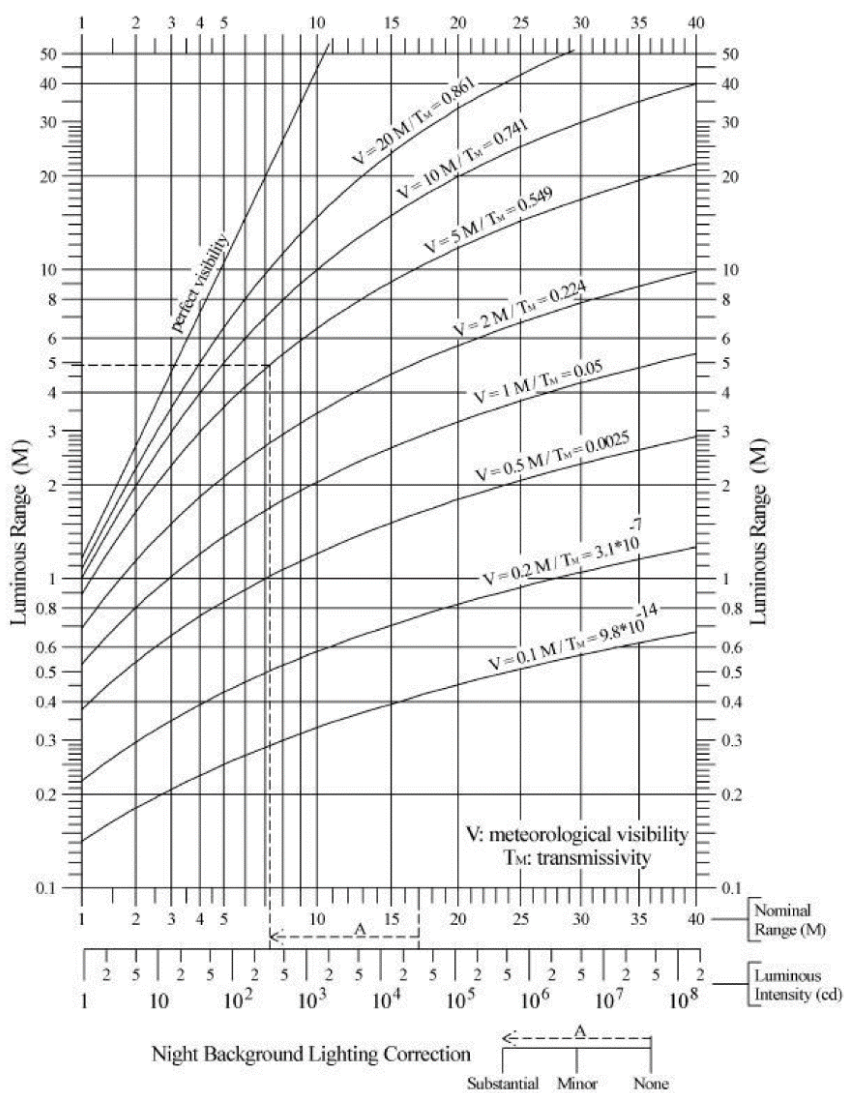


Рисунок 5.3 - Світловий і номінальний діапазон вночі

Враховуючи як IALA, так і місцеві правила, а також потреби моряків, ми запропонували систему морської сигналізації, яка поєднує конструктивну ефективність з найвищим рівнем безпеки навігації Венеціанської лагуни.

Щоб знайти це рішення, наша команда провела точний огляд фактичного розміщення AtoN, щоб перевірити відповідність між функціональною AtoN в морі та тим, що повідомляє офіційна картографія. Це дозволило скласти оновлену базу даних, що містить усі наявні сигнали з їх положенням та характеристиками, відповідно до стандартів IALA.

Таблиця 5.2 – Фактори, що впливають на видимість навігаційних вогнів

Фактор	Опис впливу	Джерело / норматив
Метеорологічна видимість V	Обмежує фактичну дальність світла	IALA E-200-2
Потужність світла I	Визначає інтенсивність сигналу	Формула Алларда
Кривизна Землі	Обмежує географічну дальність	IALA
Світловий потік Φ	Залежить від довжини хвилі	Фотометрія
Висота установки	Збільшує радіус огляду	IMO/IALA
Фонове засвітлення	Знижує контраст	Нічні умови

Деякі сфери потребували особливої уваги. Основними прикладами є затоки Лагуни, де потрібно було повідомити про присутність MOSE. Як згадувалося раніше, у конкретному випадку порту Лідо штучний острів підтримує ворота, а потім вимагає функціонального розміщення AtoN для запобігання небезпечним умовам. Було запропоновано встановити жовті пробліскові вогні на входних маяках порту, які включатимуться одночасно до воріт MOSE. На острові по його кутах можна було розмістити чотири жовті споруди; їхні вогні будуть червоними та зеленими для правого та лівого борту острова відповідно (правильно показуючи правий борт головного фарватеру та лівий бік другорядного) і загорятимуться жовтим миготливим світлом, коли бар'єри будуть підняті, оповіщення обох підрозділів, що входять і виходять з лагуни. Оскільки бічні AtoN повинні бути розміщені парами, щоб краще вказувати фарватер, ми запевнили AtoN на острові відповідний канал вздовж каналу, щоб визначити основний і вторинний канали.

Автоматичні системи ідентифікації (AIS) та електронні системи відображення карт та інформації (ECDIS) стали обов'язковими для суден вагою понад 300 тонн брутто та для всіх пасажирських суден, незалежно від їх розміру, Комітетом з безпеки на морі (MSC), як зазначено в ст. Міжнародна конвенція з безпеки людського життя на морі (SOLAS), Правило V/19.2.4 [38].

ECDIS — це система, уповноважена Міжнародною морською організацією (IMO) для відображення електронних морських карт (ENC), які

постійно оновлюються компетентними органами влади. Ця система підтримується за рахунок інтеграції з іншими інструментами, наприклад, глобальними навігаційними супутниковими системами (GNSS), радаром і AIS, і показує деталі корабля та навігаційну зону в реальному часі. На відміну від традиційних карт, ECDIS також відображає батиметричну інформацію та подає сигнал тривоги, щоб попередити офіцера судна про небезпечні ситуації.

Системи зв'язку AIS - це радіоприймачі дуже високої частоти (VHF), які надсилають дані судна іншим підрозділам у робочій зоні. Дані збираються в режимі реального часу датчиками, встановленими на борту, і передаються в трансляцію без необхідності керування корабельним персоналом.

ІМО виділяє дві категорії AIS відповідно до стандартів ITU-R M.1371:

AIS класу А відповідає вимогам ІМО [38,39]. Під час бортової збірки встановлюються статичні характеристики судна (назва, розміри, ідентифікатор морської мобільної служби-MMSI тощо); Потім AIS підключається до бортової GNSS та інших пов'язаних інтерфейсів;

Пристрої AIS класу В використовуються суднами, які не регулюються ІМО, такими як судна для відпочинку та рибальські судна. У порівнянні з блоками AIS класу А вони мають меншу функціональність і менш потужні. Блоки AIS класу В розроблені для співпраці з системами класу А, тому їм не потрібно дотримуватись вимог до продуктивності ІМО [40].

Повідомлення V-AtoN несуть ту ж інформацію з такою ж дійсністю, як і реальні AtoN, тому їх настійно рекомендують у районах, де часто виникають зміни, сильно завантажені маршрути та критичні проблеми, або там, де позиціонування реального AtoN може бути складним або небезпечним.

Насправді, V-AtoN можна розмістити де завгодно, незалежно від морфології зони та з відносно низькими витратами на встановлення та обслуговування. Крім того, екранний дисплей забезпечує точне позиціонування, а миттєві та легко читані сповіщення, характерні для цікавить області, дозволяють уникнути перевантаження системи непотрібною інформацією [42].

Однак одна з головних проблем цієї технології полягає в тому, що V-AtoN не може бути отриманий і відображений усіма користувачами. Встановлення AIS не є обов'язковим для пристроїв, які не належать до SOLAS, і суден довжиною менше 20 м, але їм рекомендується добровільно встановлювати та використовувати AIS класу B.

Оскільки він був розроблений в основному для надання базових даних у економічно ефективному, надійному та зручному продукті, AIS класу B не зможе отримувати та декодувати звіт AtoN, що міститься в повідомленнях, специфічних для програми, або в повідомленні AIS. Таким чином, органи влади повинні знати, що ні одиниці, які добровільно не встановлюють AIS класу B, ні ті, які дотримуються рекомендації щодо встановлення її на борту, не матимуть можливості отримувати віртуальну AIS AtoN.

Різна символіка, що використовується для зображення V-AtoN, може викликати плутанину, хоча очікується, що вона буде остаточно узгоджена до 2020 року. Крім того, офіцери кораблів можуть не знати про V-AtoN, таким чином ігноруючи їхні повідомлення або сприймаючи його як справжню AtoN. Тому необхідний ретельний розгляд перед заміною реального AtoN на віртуальний [40].

Відповідно до ірландських органів влади, ця проблема зустрічається майже часто: з цієї причини вони надають всю необхідну інформацію про V-AtoN та спосіб їх відображення, щоб усі користувачі могли розпізнати їх на екрані. Підсумовуючи, комунікації користувачів мають істотне значення для оцінки критичних точок та покращення сервісу [41].

Не слід недооцінювати залежність AIS від систем як GNSS, оскільки це робить AIS вразливою до проблем, пов'язаних з передачею даних. Насправді, не доцільно покладатися на єдине джерело інформації, яке може бути предметом підробки, навмисних перешкод, які вводять в оману приймача для відстеження підроблених сигналів [43].

Таблиця 5.3 – Недоліки існуючих AtoN та потреба модернізації

Виявлена проблема	Причина	Наслідок	Потреба
-------------------	---------	----------	---------

Недостатня видимість	Туман, обмежене освітлення	Ризик зіткнень	Використання V-AtoN
Неправильне розміщення	Зміни морфології	Втрата орієнтації	Перепроєктування
Застарілі світлові характеристики	Низька потужність LED	Зменшена дальність	Оновлення обладнання
Відсутність цифровізації	Немає AIS-передачі	Відсутність ECDIS-інформації	Інтегр

5.2 Адаптивне проєктування та швидке ітераційне тестування навігаційних засобів (RITE)

5.2.1. Вибір AtoN для внутрішніх водних шляхів

На прикладі озера Кеньїр проведено інвентаризацію існуючих засобів навігації, що показала:

- нестандартність плавучих знаків;
- невідповідність колірної системи стандартам IALA;
- відсутність єдиної логіки розміщення.

Це ускладнює навігацію, особливо для відвідувачів, які не мають місцевого досвіду.

Оскільки озеро Кенір є багатоцільовим озером, яке також є основним туристичним напрямком, важливо забезпечити ефективність навігації та безпеку користувачів. Через великий внесок у навігацію туристи, де всі вони використовують судновий засіб як основний транспорт для пересування до цільових районів.

Навігація, яку судноводій практикує на озерах, залежить від місцевих знань і використання лише зору і слуху. Причому в інфраструктурі на озері є лише буйки та вивіски. Буй не відповідає чинним міжнародним та національним стандартам, що може призвести до плутанини (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – Оцінка практики навігації на озері Кеньїр (до модернізації)

Параметр	Поточний стан	Наслідки	Недоліки
Способи навігації	Зір + слух	Низька точність	Людський фактор
Буї	Різні кольори, не за IALA	Плутанина	Відсутність стандарту
Попереджувальні знаки	Локальні	Не бачать вночі	Світлові проблеми
Відсутність електронних засобів	Немає AIS/ECDIS	Обмежена інформативність	Небезпека у тумані

Для вимірювання ефективності проводиться первинне спостереження для визначення типів AtoN, які є на озері Кеньїр. Кожен тип AtoN, доступний на озері Кеньїр, записується з урахуванням їх характеристик і функцій (таблиця 5.5).

Результати показують, що система плавучості має відмінний характер від стандартів IALA для бічних знаків, знаків безпечної води та знаку небезпеки. Тому в цьому дослідженні було запропоновано інноваційну систему плавучості нової конструкції, яка є більш практичною, економічно вигідною і, головне, придатною для використання у внутрішніх водах.

Таблиця 5.5 – Характеристики існуючих AtoN на озері Кеньїр (до змін)

№	Тип AtoN	Кількість	Функція	Колір	Верхній знак	Форма
1	Buoy (1)	12	Позначення небезпек	Жовтий	Хрест	Конічна
2	Buoy (2)	118	Популярний маршрут	Червоний	Квадрат	Конічна
3	Buoy (3)	23	Вхід / середина	Синій	Трикутник	Конічна
4	Warning signs	18	Небезпечні зони	Білий	—	Квадрат

Використовується метод адаптивного проектування та швидке ітераційне тестування та оцінка (RITE), які складаються з кількох кроків. Критично він поділяється на 4 основні процеси:

- 1) Проект дизайну AtoNs;
- 2) Адаптація дизайну;

- 3) Модифікація конструкції;
- 4) Верифікація.

Модифікація AtoNs в озері Kenyir є життєво важливою для забезпечення безпеки навігації та підвищення ефективності шляхом стандартизації AtoN, щоб уникнути плутанини. Процес модифікації визначається основними факторами:

- a) Експлуатаційні характеристики;
- b) Життєвий цикл;
- c) Тип матеріалу;
- d) Стандартні частини, вкладиші та баласт;
- e) Обробка та зберігання;
- f) Ремонт та технічне обслуговування.

Таблиця 5.6 – Ключові етапи методу RITE для модернізації AtoN

Етап	Зміст	Результат
1.Проектування	Визначення типу буїв та їх ролей	Базовий комплект AtoN
2. Адаптація	Підготовка під місцеві умови	Підвищення відповідності
3. Модифікація	Корекція конструкції	Економічність / міцність
4. Верифікація	Тестування у полі	Готовність до впровадження

Фактори відповідають рекомендаціям IALA, як зазначено в схемі. Це робиться для того, щоб вони були більш економічно ефективними, стійкими до будь-яких умов, дружніми користувачами, економічністю та функціональністю [26].

На рис. 5.4 показаний стандартний тип системи Buoyage. Це дослідження пропонує використовувати буї конічної форми, які є більш практичними та економічно ефективними для використання у внутрішньому судноплавстві. При проектуванні буїв слід враховувати наступне.



Рисунок 5.4 - Типи плавучої системи як AtoN в морі

1. Операційна продуктивність.
2. Життєвий цикл.
3. Тип матеріалу.

Ці нові AtoN дозволяють уникнути плутанини та підвищують безпеку внутрішнього судноплавства та можуть бути адаптовані до інших районів внутрішніх вод, де практикується навігація. У цьому дослідженні пропонується адаптувати бічний знак, знак безпечної води та ізольований знак небезпеки з використанням керівних принципів IALA для використання у внутрішньому судноплавстві, наприклад, на озері Кеньір. Подальше вивчення та доопрацювання будуть необхідні, щоб переконатися, що AtoN є практичними, економічно ефективними та стандартизованими.

Таблиця 5.7 – Основні фактори модернізації AtoN

Фактор	Значення	Вплив на ефективність
Життєвий цикл	Довговічність	Зниження експлуатаційних витрат
Матеріал	Пластик/метал	Стійкість до корозії

Світловий модуль	LED	Енергоефективність
Баласт та вкладиші	Стабільність	Стійкість на хвилюванні
Обслуговування	Простота	Мінімальні витрати

5.3 Оптимізація навігаційних систем головного фарватеру та синхронізація навігаційних вогнів

5.3.1. Аналіз траєкторій суден за даними AIS

AIS-треки суден (>50 000 т) вивчені у районах Лідо, Маламокко і Кьоджа.

Статистичний аналіз показав:

- значне відхилення фактичних траєкторій від офіційних схем руху;
- потребу у коригуванні фарватеру;
- необхідність додаткових точок маневрування для безпечного розходження.

Отримані дані використані для формування оптимізованих WP.

Вивчено сліди AIS, записані для всіх суден, які плавають у районах Лідо, Маламокко та Кьоджа, і ми отримали рішення, яке поєднує простоту простого у використанні сервісу з підвищеним рівнем безпеки, гарантованого також у несприятливих погодних умовах.

Як було сказано раніше, кожне судно надсилало свою позицію за допомогою бортової AIS. Берегова станція отримувала та зберігала значні обсяги даних, але ми вибирали лише ті судна, що перевищують 50 000 тонн, щоб потім відстежувати їх навігацію в лагуні. Ми імпортували цю інформацію в Q-GIS і оцінили маршрут із хмари точок за допомогою методу найменших квадратів.

Таблиця 5.8 – Класифікація AIS та можливості отримання V-AtoN

Тип AIS	Потужність	Призначення	Може приймати V-AtoN	Обмеження

Class A	Висока	Судна SOLAS	✓ Так	Немає
Class B	Середня	Малі / рекреаційні судна	✗ Ні	Не декодує AtoN
Base Station	Дуже висока	Берегові служби	✓ Так	—
AIS AtoN	Середня	Фіз.«плаваючі/синтетичні»	✓	—
Virtual AIS AtoN	—	Електронні мітки	Залежить від приймача	Немає фізичних знаків

5.3.2. Створення системи Virtual AIS AtoN

Віртуальні AtoN дозволяють:

- створювати навігаційні маршрути, які змінюються залежно від осадки судна;
- позначати небезпеки, що виникають тимчасово (просідання ґрунту, будівельні роботи);
- забезпечувати навігацію у тумані.

Розміщення V-AtoN здійснюється шляхом кодування AIS-повідомлень типу 21.

Ми розташували V-AtoN на кожній отриманій точці маршруту (рис. 5.5), щоб визначити крайні межі безпечних навігаційних маршрутів, дійсних навіть в умовах поганої видимості: відображені на бортовій ECDIS і встановлені як WP, ці V-AtoN дозволяють системі розрахувати параметри маневрування з урахуванням динамічних характеристик судна.



(a)



(b)

Рисунок 5.5 - (а) Статистичний маршрут у районі Венеції; (b)
Результуюча віртуальна AtoN

Аналізуючи WP, отриману за обома підходами, ми виявили максимальну різницю в 0,1 нм: це не чудовий результат, але це не ставить під загрозу безпеку рішення, оскільки всі V-AtoN розташовані в безпечних водах (рис. 5.6). Таким чином, вони будуть тимчасово передавати повідомлення AIS, коли це необхідно, уникаючи насичення діапазону передачі, а їхнє положення буде легко змінюватися відповідно до коливань ширини та глибини водних шляхів, полегшуючи безпечне планування рейсу.



Рисунок 5.6 - Відмінності між WP аналітичного методу (світло-блакитні точки) та статистичного методу (білі ромби)

5.3.3. Синхронізація навігаційних вогнів та оптимізація роботи портової інфраструктури

У районах зі складною географією (наприклад, штучні острови MOSE) синхронізація AtoN дозволяє:

- узгодити роботу маяків і попереджувальних жовтих вогнів;
- забезпечити одночасне вмикання сигналів під час закриття бар'єрів;
- синхронізувати передачу AIS-повідомлень у реальному часі.

Це вирішує критичну проблему обмеженої видимості та зимового туману.

Як уже зазначалося, умови поганої видимості, які часто впливають на Венеціанську лагуну, роблять у цьому випадку навігацію недостатньо

безпечною для її проведення. З цієї причини органи влади зобов'язані закрити зацікавлену територію та припинити роботу порту, що призводить до несприятливих ситуацій переважно в економічному аспекті.

Розв'язанням цієї проблеми є створення системи, працездатність якої гарантована за будь-яких метеорологічних умов. Передача віртуального AtoN WP, як показано вище, допомагає всім суднам дістатися до місця швартування, не турбуючись про умови видимості: вони не зможуть бачити навколишню місцевість, але інформацію, надану AIS та відображена на ECDIS, інтегрована з класичним допоміжним обладнанням (наприклад, радаром) дасть усі необхідні індикації для безпечного досягнення причалу, уникаючи ризику зіткнення або висадки на землю. Цю систему можна вдосконалити також щодо автономних кораблів, оскільки вони можуть використовувати інформацію, надану V-AtoN (адекватно інтегровану з метеорологічними даними та даними про рух), щоб оптимізувати прогнози та подальші рішення щодо маршруту під час навігації.

Таблиця 5.9 – Переваги та недоліки фізичних, синтетичних і віртуальних AtoN

Тип	Переваги	Недоліки
Physical AtoN	Видимі вночі/вдень	Висока вартість
Synthetic AtoN	Передача AIS	Залежність від GNSS
Virtual AtoN	Гнучкість, низька вартість	Не всі судна бачать

В результаті ми визначили чотирнадцять V-AtoN в каналі Джудекка, щоб судна, що йдуть із затоки Лідо, могли дістатися до причалу (рис. 5.7). Аналогічно визначено дев'ять V-AtoN, які ведуть кораблі до басейну Еволюції № 1 в Маргері від затоки Маламокко (рис. 5.8).

Для порту Кьоджа було потрібно вісім V-AtoN, щоб спланувати безпечний маршрут до внутрішнього басейну, що йде від входу, де був розміщений синтетичний AtoN (рис. 5.8).

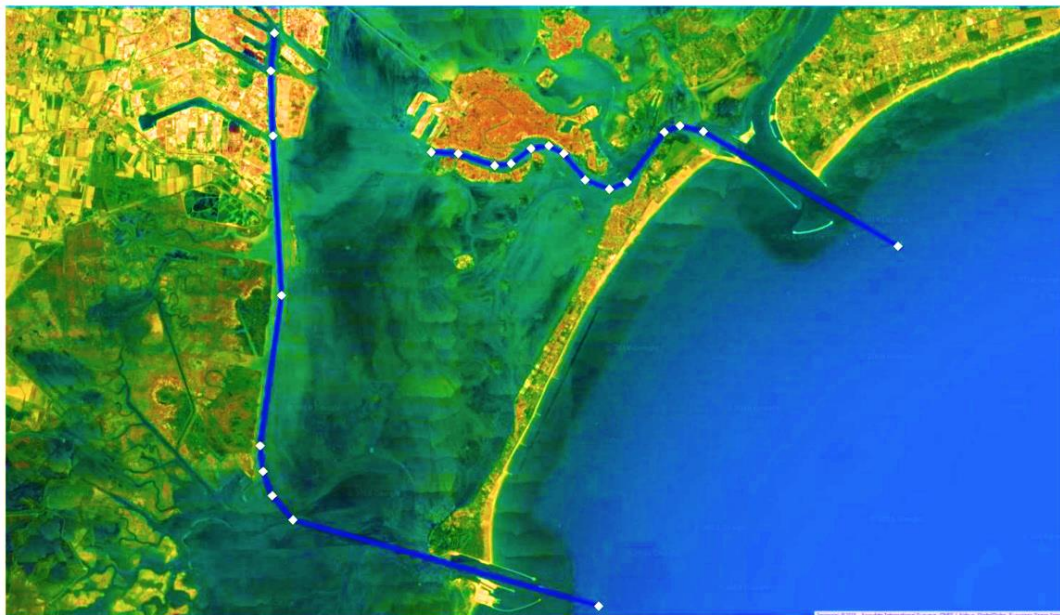


Рисунок 5.7 - Віртуальний AtoN для районів Лідо та Маламокко



Рисунок 5.8 - S-AtoN (перший праворуч) і V-AtoN в районі Chioggia

Таблиця 5.10 – Порівняння фактичних WP та статистично отриманих WP

Метод	Максимальне відхилення	Коментар
Аналітичний	0,1 морських миль	Безпечно
Статистичний	—	Використано як основа

Синтезований	Мінімальний	Корегування маршруту
--------------	-------------	----------------------

5.4 Впровадження системи e-Navigation у судноплавних фарватерах

Концепція **e-Navigation**, запропонована ІМО, передбачає інтеграцію:

- ECDIS,
- GPS/GNSS,
- AIS,
- V-AtoN,
- високоточної гідрографічної інформації.

Впровадження цієї системи забезпечує:

- зниження людського фактору;
- прогнозування ризиків;
- підтримку автономного судноплавства;
- автоматичний розрахунок маневрів.

Аналіз, проведений у цьому розділі, має на меті максимізувати рівень безпеки морського руху за будь-яких обставин відповідно до прогресу E-Navigation. Це пов'язано з необхідністю гарантувати належне ведення навігації навіть тоді, коли несприятливі метеорологічні умови впливають на нормальну видимість, переважно взимку та восени: у цьому випадку головна біда – неможливість користуватися класичними навігаційними засобами. Такий сценарій майже часто зустрічається у Венеціанській лагуні: тут єдиним екстремальним рішенням для запобігання нещасним випадкам є закриття портів схильними владами.

Більше того, встановлення MOSE на входах до лагуни та пов'язані з цим зміни в морфології місцевості та руху загалом зробили необхідним термінову оцінку фактичної системи сигналізації. Ми базували свою оцінку виключно на потребах користувачів, оскільки не встигли моделювати різні ситуації іншими засобами. Поєднуючи це з нормативами IALA та вимогами ІМО, ми визначили

оптимальне розташування системи морської сигналізації в Лагуні; потім ми перевірили його ефективну видимість. Результати показали, що в разі обмеженої видимості навіть ця вдосконалена система AtoN є недостатньою для гарантування безпечного виконання портових операцій. Тоді було потрібно інше рішення.

Нещодавні дослідження концепції електронної навігації, розробленої ІМО, і подальші вдосконалення цих технологій запропонували поглибити їхній потенціал для пошуку надійного та ефективного вирішення проблеми. Вивчаючи різні публікації IALA про AIS, ми зосередилися на концепції Virtual AIS AtoN: на відміну від Real AIS AtoN, віртуальні можна розмістити де завгодно, не враховуючи морфологію області. Крім того, їх характеристики можна змінювати, щоб відображати зміни як каналу, так і морського руху без великих витрат на встановлення та обслуговування. Їх можна швидко виявити завдяки інтеграції між екраном ECDIS та службою миттєвого позиціонування GNSS; нарешті, вони можуть бути встановлені як тимчасові AtoN, передаючи повідомлення AIS лише тоді, коли це необхідно, запобігаючи перевантаженню даних непотрібною інформацією. На основі статистичного дослідження безпечних маршрутів, за якими слідували судна в лагуні, ми могли б визначити набір точок маневрування, точок маршруту, які передадуть на борт AIS відповідні берегові станції. Велика кількість змін курсу, необхідних для досягнення швартовки з відкритого моря, робить обмеження в 16 WP, наданого Спеціальним повідомленням програми AIS, недостатнім для використання методу AIS-ASM. Тому ми вирішили віртуалізувати та надіслати WP як Safe Water AtoN. Ми надали їхні координати органам влади, які відповідають за надання дозволу станціям AIS надсилати Повідомлення 21 (специфічне для AtoN), належним чином налаштованого та закодованого.

5.5 Порівняльний аналіз фізичних, синтетичних і віртуальних AtoN

Розширений аналіз засобів навігаційного обладнання підтверджує, що сучасна система AtoN потребує комплексної модернізації, яка повинна включати:

- стандартизацію буїв відповідно до IALA;
- оновлення світлових характеристик AtoN;
- інтеграцію електронних та віртуальних позначень;
- оптимізацію фарватерів за даними AIS;
- впровадження концепції e-Navigation.

Особливо ефективним є застосування віртуальних AtoN, що забезпечують безпеку навігації у тумані, дозволяють оперативно змінювати схему руху та підтримують автономні судна. Проведений аналіз показує таблиця 5.11.

Таблиця 5.11 - Порівняльний аналіз фізичних, синтетичних і віртуальних AtoN

Тип	Переваги	Недоліки	Застосування
Фізичні AtoN	Видимі всім	Вартість	Дальні фарватери
Синтетичні AtoN	Точність	GNSS dependence	Портові входи
Virtual AIS AtoN	Гнучкість	Не всі бачать	Туман, тісні канали

Висновки

Проведений аналіз підтверджує, що підвищення рівня безпеки морського руху можливе лише за умови комплексної модернізації системи навігаційних засобів, узгодження її з рекомендаціями ІМО та IALA, а також впровадження інноваційних електронних рішень. Розрахунок світлових характеристик, ідентифікація слабких місць у розміщенні фізичних AtoN та оцінка їх ефективності демонструють потребу у стандартизації та адаптації знаків відповідно до реальних умов експлуатації.

Застосування віртуальних AIS AtoN відкриває нові можливості для забезпечення безпечного маневрування, особливо у районах зі змінною морфологією та частими погодними обмеженнями. Вони дозволяють

формувати динамічні маршрути, зменшують ризик навігаційних інцидентів та забезпечують безперервність портових операцій у складних умовах.

Отримані результати свідчать, що оптимізована система морської навігації здатна суттєво підвищити рівень безпеки судноплавства, покращити організацію руху та забезпечити відповідність сучасним вимогам електронної навігації. Рекомендовані рішення можуть бути використані під час проєктування або модернізації навігаційного обладнання в інших морських каналах і портах.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙС

6.1 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломної практиці, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУ«ОМА», прейскурантів, тарифів та ін. Вихідні дані рейсу т/х «Nordic Bern» з порту Роттердам в порт Монреаль зведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Початкові дані для розрахунку рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Дедвейт т/х «Nordic Bern»	D_w	Тон	106433
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	1021,92
3	Відстань між портами	L	милі	3189
4	Кількість навантаженого вантажу: Газойль	ΣQ_m	т	103314
5	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$/т	12
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/ доб.	7500
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/ доб.	7200
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	14,0
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	10
10	Добова витрата палива на ходу: важке	q_x^g	тон/доб	53,5

	На стоянці: легке	$q_{ст}^6$	тон/доб	5,2
--	-------------------	------------	---------	-----

Продовження табл.6.1

1	2	3	4	5
11	Річна норма амортизації	H_a	%	10
12	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	480
	легке	C_l	\$/т	600
13	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	10255300
14	Позаексплуатаційний час	$T_{зе}$	діб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	22
16	Час затримки в дорозі	$t_{зат}$	доб.	0,5
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	год.	4
18	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/доб	2700
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/доб	350
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/доб	320
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	48520
22	Агентство суден	$R_{аг}$	\$/доб	250
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/доб	300
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	1000000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	100000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання [53, 55].

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_q = D_w - G_{зан}, \quad (6.1)$$

$$D_q = 106433 - 1021,92 = 105411,08 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

де T_{κ} - календарний період, приймаємо 365 діб;

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

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 3189 / (14,0 \times 24) + 0,5 = 9,9 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

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

$$t_{cm} = 103314 / (7500 \times 24) + 103314 / (7200 \times 24) + 4/24 = 1,4 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 9,9 + 1,4 = 11,3 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 103314 \times 3189 = 329468346 \text{ тонно-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\eta} L = 105411,08 \times 3189 = 336155934 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{рейс} = 103314 \times 12 = 1239768 \text{ \$/рейс}$$

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

Постійні експлуатаційні витрати судна за добу розраховуємо за формулою:

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

- витрати на заробітну плату ($R_{зн}$) 2700 \\$/добу;

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

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

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

$$R_{хар} = 22 \times 12 = 264 \text{ \$/добу};$$

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

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

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

t_{mn} – міжремонтний період 5 років.

$$R_{рем} = ((100000 + 1000000) / 5) / 350 = 629 \text{ \$/добу}$$

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

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

$$R_{ам} = (10255300 \times 0,1) / 350 = 2930 \text{ \$/добу};$$

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

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

де $H_{сн}$ - норма постачання;

$$R_{сн} = (10255300 \times 0,02) / 350 = 586 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.пос.}$) 350 \\$/добу;
- навігаційні витрати, \\$/добу ($R_{нав}$) 320 \\$/добу;
- портові збори ($R_{порт}$) 48520 \\$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 250 \\$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 300 \\$/добу.

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

$$R_{екс} = 2700 + 264 + 629 + 2930 + 586 + 350 + 320 + 48520 / 11,3 + \\ + 250 + 300 = 12623 \text{ \$/ добу}$$

7. Розраховуємо непрямі (адміністративно-управлінські)

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

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

$$R_{кос.} = 12623 \times 0,02 = 252 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{заг} = 12623 + 252 = 12875 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{заг.екс} = 12875 \times 11,3 = 145488 \text{ \$/рейс}$$

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

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

$$R^m_x = k_{см} \cdot q_x \cdot Ц_m \quad (6.15)$$

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

$$R^m_x = 1,1 \times 53,5 \times 480 = 28248 \text{ \$/ добу}$$

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

$$R^l_{см} = k_{см} \cdot q_{см} \cdot Ц_l \quad (6.16)$$

$$R^l_{см} = 1,1 \times 5,2 \times 600 = 3432 \text{ \$/ добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

$$\Sigma R_{неп} = (R^m_x \cdot t_x) + (R^l_{см} \cdot t_{см}) \quad (6.17)$$

$$\Sigma R_{неп} = 28248 \times 9,9 + 3432 \times 1,4 = 284460 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{рейс} = 145488 + 284460 = 429948 \text{ $/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma \Pi_{рейс} = 1239768 - 429948 = 809820 \text{ $/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Nordic Bern» з порту Роттердам в порт Монреаль з вантажем газойль за рейс склав 809820 \$/рейс.

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

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

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

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

2. Коефіцієнт завантаження судна:

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

$$\alpha_3 = 103314 / 105411,08 = 0,980$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

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

$$V_{cp} = 3189 / 9,9 = 322$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 9,9 / 11,3 = 0,876$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

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

$$\mu_v = 0,980 \times 322 \times 0,876 = 276,43$$

6. Валова прибутковість одних судно-днів:

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

$$\mu = 1239768 / 11,3 = 109714 \text{ \$}/\text{доба}$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

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

$$S_m = 429948 / 103314 = 4,16 \text{ \$}/\text{т}$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

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

$$S_{m-м} = 429948 / 329468346 = 0,0013050 \text{ \$}/\text{т-м}$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

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

$$S_{с-с} = 429948 / 11,3 = 38049 \text{ \$}/\text{доб.екс}$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

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

$$PF = 1239768 / 429948 = 2,88$$

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

6.2 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

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

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

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

$$Ч_p = 350 / 11,3 = 30,97$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{\text{екс}} = 103314 \times 30,97 = 3199635 \text{ т / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

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

$$\Sigma Q l_{\text{екс}} = 329468346 \times 30,97 = 10203634676 \text{ т-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

$$\Sigma F_{екс} = \Sigma F_{рейс} \cdot \mathcal{U}_p \quad (6.33)$$

$$\Sigma F_{екс} = 1239768 \times 30,97 = 38395615 \$ / \text{рік}$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma R_{екс} = 429948 \times 30,97 = 13315490 \$ / \text{рік}$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma \Pi = 809820 \times 30,97 = 25080125 \$ / \text{рік}$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$PF = 38395615 / 13315490 = 2,88$$

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

Таблиця 6.2 - Кількісні і якісні показники виконаного рейсу

№ п/п	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4	5
1	Валовий дохід	F	\$	1239768
2	Затрати загальні	R	\$	429948

3	Прибуток	Π	\$	809820
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,876
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	322

Продовження табл.6.2

1	2	3	4	5
6	Дохідність судна	μ	\$/ доб	109714
7	Рівень дохідності	PF		2,88
8	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	4,16
9	Собівартість 1 т-милі	S_{T-M}	\$/т-м	0,0013050
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/доб.	38049

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 2,88, прибуток 809820 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 25080125 \$. Судно «Nordic Bern» доцільно використовувати на даній лінії.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОННІ ЗАХОДИ І ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА НА СУДНІ

7.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Вантажне судно «RZS FORTUNE» стоїть біля причалу № 16 порту Роттердам (Нідерланди). Отримано повідомлення про надзвичайної ситуації на території спеціалізованого перевантажувального комплексу для хімічних вантажів: у результаті терористичного акту сталося пошкодження запірної арматури залізничної цистерни та витік скрапленого сірководню, який є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість розлитої СДОР – 10 т, характер розливу «вільно». На території порту оголошена терористична загроза.

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 12.00, температура повітря 10⁰, швидкість вітру 6 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії 1 км. Характер місцевості – територія порту.

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

Визначити стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу мінування судна.

7.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах

морського транспорту (Додаток 1 до «Методичних вказівок по виконанню розділу дипломної роботи «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні»).

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 6 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 7.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

Таблиця 7.1 - Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6-2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\text{э1}}$ (т) сірководню в первинній хмарі:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,27 \cdot 0,036 \cdot 0,23 \cdot 0,9 \cdot 10 = 0,02 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,27$ - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 7.2);

$K_3 = 0,036$ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози сірководню (таблиця 7.2);

Таблиця 7.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Пороговатоксодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температури повітря (°С)				
								-20	-10	0	10	20
Сірково день	-	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	<u>0,5</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>0,9</u> 1	<u>1</u> 1

Примітка:

1. У таблиці наведені значення K₇ у чисельнику - K₇^I (для первинної хмари), у знаменнику - K₇^{II} (для вторинної хмари).

K₅ = 0,23 - коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

K₇^I = 0,9- коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (таблиця 7.2);

Q₀= 10-кількість сірководню, що розлився при аварії, т.

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

Площа розливу S_p (м²) сірководню дорівнює:

$$S_p = V_p/h = Q_0 / \rho/h = 10 / 0,964 / 0,05 = 207 \text{ м}^2,$$

де: V_p- об'єм сірководню, що розлився, м³;

ρ = 0,964 - щільність сірководню, т/м³ (таблиця 7.2);

h= 0,05 - товщина шару сірководню (для характеру розливу – «вільно»), м.

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.) сірководню:

$$T = h \cdot \rho / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}) + 1 / (K_M \cdot v_n) = 0,05 \cdot 0,964 / (0,042 \cdot 2,67 \cdot 1) + 1 / (0,2 \cdot 35) = 0,21 \text{ год.} = 12 \text{ хв.},$$

де: $K_2 = 0,042$ - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірководню (таблиця 8.2);

$K_4 = 2,67$ - коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 7.3);

$K_7^{II} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 7.2);

$K_M = 0,2$ - коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари сірководню (таблиця 7.4);

$v_n = 35$ - швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (таблиця 7.5).

Таблиця 7.3 - Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с										
K_4		1,33								

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

$$Q_{32} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot Q_0 / (h \cdot \rho) = 0,73 \cdot 0,042 \cdot 0,036 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10 / (0,05 \cdot 0,964) = 0,14 \text{ т},$$

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

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

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

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

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Для $Q_{\text{с1}} = 0,02$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою сірководню: $\Gamma_1 = 0,2$ км.

Для $Q_{\text{с2}} = 0,14$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою сірководню: $\Gamma_2 = 0,53$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,53 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,63 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_n = N \cdot v_n = 1 \cdot 35 = 35 \text{ км.}$$

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

$$\Gamma = \min \begin{cases} \Gamma_{\Sigma} = 0,63 \text{ км.} \\ \Gamma_{\Pi} \end{cases}$$

Таблиця 7.6 - Глибина (км) зони зараження

Швидкість в 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
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20

Визначаємо площу зони можливого зараження S_v (км²) хмарию сірководню:

$$S_v = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 0,63^2 \cdot 45^0 / 360^0 = 0,16 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 0,475$ - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 45^0$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 8.7).

Таблиця 8.7 - 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):

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,63^2 \cdot 1^{0,2} = 0,05 \text{ км}^2,$$

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

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 45^\circ$ (таблиця 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,63$ км. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження - місцем розливу сірководню.

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

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 смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1} \right)^\psi = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,16}{6} \right)^{0,537} = 0,03 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2,31$; $\psi = 0,580$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 8.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,02 + 0,14 = 0,16$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

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

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\psi = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,16}{2,4} \right)^{0,537} = 0,06 \text{ км},$$

де: $D_{0,41} = 0,4 \cdot D_1 = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $\Gamma_{0,21}$ (км):

$$\Gamma_{0,21} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,21}} \right)^\psi = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,16}{1,2} \right)^{0,537} = 0,08 \text{ км},$$

де: $D_{0,21} = 0,2 \cdot D_1 = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,63$ км.

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

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

$$t = x / (K_m \cdot v_n) = 1 / (0,2 \cdot 35) = 0,14 \text{ год.} \approx 9 \text{ хв.},$$

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

7.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведений оперативний прогноз хімічної обстановки показав, що в результаті утворення небезпечної зони зараження при розливі сірководню судно «RZS FORTUNE» потрапляє в зону легких уражень. Глибина поширення зони ураження - до 0,63 км. Хмара зараженого повітря досягне судна через 9 хв. Час дії вражаючих концентрацій хмари становить 23 хв.

Для зменшення можливих втрат серед екіпажу судна «RZS FORTUNE» пропонуються наступні заходи:

- оголосити загально суднову тривогу, терміново припинити усі роботи на судні;
- так як часу на проведення евакуаційних заходів недостатньо, тому екіпажу потрібно тимчасово укритись в приміщеннях надбудови судна (ці приміщення необхідно максимально герметизувати);
- зв'язатися з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварії; забезпечити надання допомоги постраждалим;
- екіпажу підготуватися до можливої евакуації.

7.1.4. Стандартні робочі процедури при отриманні попередження про загрозу мінування судна.

При отриманні попередження про загрозу мінування капітан і особа командного складу, відповідальна за охорону судна (SSO) повинні прийняти необхідні заходи, адекватні ситуації, що склалася.

Наведені в таблиці 8.9 перелік і порядок дій, а також розподіл відповідальності за їх виконання для всіх рівнів охорони (1, 2, 3) жодним чином

не обмежує капітана в прийнятті інших рішень, якщо він вважатиме їх більш ефективними в конкретних умовах. Капітан уповноважений приймати будь-які рішення, спрямовані на порятунок судна, пасажирів та екіпажу, збереження вантажу.

Таблиця 7.9 - Дії суднового екіпажу при отриманні попередження про загрозу мінування судна при стоянці в порту або на рейді

Дії, які повинні бути виконані	Відповідальні члени екіпажу
1	2
Записати докладно попередження про загрозу вибуху (якщо воно було) або повідомлення про виявлений на борту вибуховий пристрій чи підозрілий предмет. У судновому журналі необхідно відображати всі заходи по забезпеченню безпеки, поки триває надзвичайна ситуація	Вахтовий помічник
Негайно доповісти капітану і особі командного складу, відповідальній за охорону судна	Капітан
Оголосити загальносуднову тривогу, провести герметизацію корпусу судна, засоби боротьби з водою і пожежею привести у негайну готовність	Капітан
Оповістити екіпаж судна про місце виявлення вибухового пристрою, закрити доступ до нього і в суміжні приміщення	Вахтовий помічник
Повідомити по інцидент посадову особу портового засобу, відповідальну за охорону, і посадову особу компанії, відповідальну за охорону. Всі подальші дії здійснювати у контакті з цими особами	SSO
Аварійну партію привести в готовність №1	Старший помічник
Організувати евакуацію екіпажу судна і пасажирів на стінку причалу в безпечне місце	Старший помічник
Перекрити для доступу водонепроникні двері	Вахтовий помічник
Не торкатися до підозрілого предмету і не пересувати його, виставити спостереження	Старший помічник

Зробити детальний опис підозрілого предмета: начерк зовнішнього вигляду, приблизні розміри, наявність відмітних міток, запаху, слідів масла, проводів, що відходять, чутних звуків	Старший помічник
Знеструмити місце виявлення вибухового пристрою і суміжні приміщення, які потрапляють за розрахунками в зону руйнування	Вахтовий помічник
З можливого району руйнування винести в безпечне місце цінне обладнання, прилади, документи	Старший помічник
Призначити провідників з числа членів екіпажу для супроводження фахівців з розмінування, встановити черговість огляду району виявлення вибухового пристрою фахівцями по розмінуванню	Старший помічник
Із закінченням проведення заходів з ліквідації загрози вибуху взяти участь у складанні та підписанні акта	Капітан, SSO
Привести судно в початковий стан.	Капітан
Про результати вжитих заходів доповісти Посадовій особі портового засобу, відповідальної за охорону, та Посадовій особі Компанії, відповідальної за охорону.	SSO

ВИСНОВОК

Даний дипломний проект виконаний для економічного та безпечного переходу з порту Роттердам до порту Монреаль.

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

Планування рейсу проводиться, на основі збору і глибокого аналізу всієї наявної навігаційної інформації про маршрут майбутнього переходу і детальної попереднього його опрацювання. Існують різні фактори, які можуть ускладнювати безпечне плавання всіх суден, а також додаткові фактори, які можуть ускладнювати плавання великотоннажних суден або суден, які перевозять небезпечні вантажі. Ці фактори необхідно враховувати при складанні плану і при подальшому контролі його виконання.

В даній роботі виконано підбір навігаційних карт, посібників і публікацій на заданий перехід по Каталогі Адміралтейських карт і публікацій (Catalogue of Admiralty Charts and Publications), виконана прокладка курсів, розраховане плавання по них і природна освітленість за маршрутом переходу.

Вироблено розміщення вантажів в трюмах, виконано розрахунок і перевірка статичної і динамічної остійності за вимогами ІМО.

У дослідницькому розділі опрацьовано питання «Сучасні навігаційні засоби головного судноплавного фарватеру та оптимізація систем морського орієнтування», метою цієї роботи є огляд та аналіз характеристик і особливостей сучасних навігаційних засобів навігаційного обладнання. Міжнародна морська організація (ІМО) забезпечує безпеку навігації на найвищому рівні. Іншим ключовим прихильником є Міжнародна асоціація морських засобів навігації та управління маяками (IALA), членом якої також є Україна. IALA надає стандарти та рекомендації, що містять інформацію про те, як країни-члени повинні керувати своїми AtoN, електронною навігацією та послугами руху суден. IALA намагається забезпечити безпечне та ефективне

проходження суден, сприяючи синхронізації морських засобів із глобальною навігаційною системою.

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

Також розглянуто прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту. Виконана робота дозволила підсумувати курс теоретичної і практичної підготовки в НУОМА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексішин В.Г., Козир Л.А., Симоненко С.В. Навчальний посібник "Забезпечення навігаційної безпеки плавання ОНМА: изд. Одеса-«ТрансЛит», 2009. - 517с.
2. Aleksyshyn V.G. Practical navigation/ Aleksyshyn V.G., Dolgochub V.T. - 4th ed. - Odessa: Phoenix, 2011. - 374 p.
3. Михальчук В.В. Морехідна астрономія: конспект лекцій. - Одеса: ОНМА, 2003 - 55с.
4. Залізний Г.М. Судноводіям: Досвід та знання. Практичний посібник. Одеса: вид. КП ОГТ, 2008. – 522 с.
5. Конвенція та кодекс з підготовки, дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ-78/95) – International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95)
6. Резолюція ІМО А.893 (21) -1999 «Посібник з планування рейсу».
7. Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських судах України (РШСУ-98). - Одеса: ЮжНИИМФ, 1998. □ 111с.
8. Посібник з процедур на містку — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 1998. - 87 p.
9. Николаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: навч. [для студ. вищ. навч. зав.] / Л. Л. Николаєва. – Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.
10. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. – 335 с.
11. Alan Murray. Astro Navigation From Square One To Ocean Master.- M-Y Books, 2013. - 445 p.
12. D.J. House. Seamanship Techniques. Shipboard and Marine Operations. 5th Editdion. 2018. - 922 p.
13. Мальцев А.С. Теорія та практика безпечного управління судном під час маневрування. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. Одеса, 2007. 395 с.

14. Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code), Resolution MSC.267(85).
15. International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (International Grain Code). – London: International Maritime Organization, 1991. – 35 p.
16. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
17. Довідник з теорії корабля: У трьох томах. Том 2. Статика судів. Качка судів / Под ред. Я. І. Войткунського.: Суднобудування, 1985. – 440 с.
18. Сізов В.Г. Теорія корабля: Підручник. Видання 4-те, перероблене та доповнене. – Одеса
19. Максимаджі А.І. Капітану про міцність судна: Довідник.: Суднобудування, 1988. – 224 с.
20. Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. Resolution A.267(85). -London: International Maritime Organization, 2008. - 109 p
21. How Vessel Trim Optimisation creates efficiencies [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.hapag-lloyd.com/zh/news-insights/insights/2017/03/how-vessel-trim-optimisation-creates-efficiencies.html>
22. M. Reichel. Trim Optimisation – Theory and Practice / M. Reichel, A. Minchev & N.L. Larsen // The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2014. – Vol. 8, No. 3. – P. 388-392.
23. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден.: У 5-ти т. Том 2. - Київ: Регістр судноплавства України, 2016.
24. IALA 2009 IALA Risk Management Tool for Ports and Restricted Waterways Edition 2. Saint Germain en Laye, France: International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities.
25. IMO 2019a, February 22 Introduction to IMO. Retrieved from the International Maritime Organisation. <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>

26. IALA 2019a, January 16 Aid to Navigation. Retrieved from the International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities. http://iala-aism.org/wiki/dictionary/index.php/Aid_to_Navigation
27. IALA 2019b, January 23 IALA membership information. Retrieved from the International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities. <http://www.iala-aism.org/about-iala/membership/>
28. IALA 2019c, January 21 About IALA. Retrieved from the International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities. <http://www.iala-aism.org/about-iala/>
29. House D J 2012 Seamanship Techniques. New York. Routledge.
30. IALA. The IALA Maritime Buoyage System; Recommendation R1001, Ed. 1.0; IALA: St Germain en Laye, France, 2017.
31. Koop C and Martin L 2015 What is regulation? An interdisciplinary concept analysis.
32. Regulations and Governance. Volume 11, Iss. 1. 95 – 108.
33. IMO 1998 Focus on IMO. IMO and the safety of navigation. London: International Maritime Organisation.
34. MOT 2018, July 16 Maritime safety. Retrieved from the Ministry of Transport.
35. Chen, J.; Chen, T.; Liu, D.; Shi, C.; Ying, S. Study on Navigation-aid System Optimization Based on Post-evaluation Theory. In Proceedings of the Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, Shenzhen, China, 28–29 March 2011.
36. IALA. Marine Signal Lights Part 2—Calculation, Definition and Notation of Luminous Range; Recommendation E-200-2, Ed. 1; IALA: St Germain en Laye, France, 2008.
37. Nguyen, T.X.; Park, Y.S.; Smith, M.V.; Aydogdu, V.; Jung, C.H. A Comparison of ES and PARK Maritime Traffic Risk Assessment Models in a Korean Waterway. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Saf.* 2015, 21, 246–252.

38. Yeo, J.M.; Yu, Y.S.; Han, J.S.; Park, S.; Kim, J.U. Design and Establishment of Database on the AtoN Properties for AtoN Simulator. *Int. J. e-Navig. Marit. Econ.* 2015, 3, 123–131.
39. IMO. Safety of Navigation. In SOLAS; IMO Publishing: London, UK, 2012; Chapter V. [Google Scholar]
40. IMO. Adoption of New and Amended Performance Standards; Resolution MSC.74(69); IMO Publishing: London, UK, 1998. [Google Scholar]
41. IALA. Navguide, Aids to Navigation Manual; Ed. 7; IALA: St Germain en Laye, France, 2014.
42. The Commissioners of Irish Lights, Rigg Bank Virtual AtoN. Available online: <https://www.irishlights.ie/misc/rigg-bank-virtual-aid-to-navigation.aspx> (accessed on 15 February 2019).
43. IALA. Provision of Virtual Aids to Navigation; Guideline 1081, Ed. 1.1; IALA: St Germain en Laye, France, 2013. [Google Scholar]
44. IALA. Provision of Virtual Aids to Navigation; Recommendation O-143, Ed. 1.1; IALA: St Germain en Laye, France, 2013.
45. SOLAS 1974 International Convention on the Safety of Life at Sea. London: International
46. Maritime Organisation.
47. FARLEX 2019, January 22 Inland waters. Retrieved from Inland Waters. (n.d.) West's
48. Encyclopaedia of American Law, edition 2. <https://legal-dictionary.thefreedictionary.com/Inland+Waters>
49. ESCAP 2001 Guidelines for the Harmonization of Navigation Rules and Regulations. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. New York: United Nations.
50. MARDEP 2019a, February 13 Quality Policy – Aids to Navigation Systems. Retrieved from Marine Department Malaysia. http://www.marine.gov.my/jlmeng/Contentdetail.asp?article_id=233andcategory_id=2andsubcategory_id=3#.Vr7ucFkld2R

51. MARDEP 2019, January 30 Jabatan Laut Malaysia. Retrieved from Jabatan Laut Malaysia. <http://www.marine.gov.my/jlm/>
52. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Огляд морського транспорту)
53. Вінніков В.В. Економіка підприємства морського транспорту (економіка морських перевезень): - 3 видавництва, перероб. дод. - О.: Фенікс, 2011. – 944 с.
54. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. монографія за ред. А. Г. Дем'янченко. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 325 с.
55. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017, с. 20.
56. МАРПОЛ 73/78. Додатку V до Міжнародної Конвенції щодо запобігання забрудненню з суден 1973 р., виправленої Протоколом 1978 р.
57. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. –Одеса: НУОМА, 2023. – 96 с.
58. Терновський В. Б. Методичні вказівки щодо виконання розділу дипломної роботи «Охоронні заходи та цивільна оборона на судні» / В. Б. Терновський – Одеса: НУОМА, 2015. – 75 с.