

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

Мельниченко Микола Віталійович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема роботи Комплексне опрацювання та дослідження етапів переходу судна
“Star Mistral” за маршрутом Сент Іль – Оран

Підпис магістранта Мельниченко М.В.

Завідувач кафедри _____

Керівник Мальцев А.С.

Рецензент _____

Нормоконтроль _____

м. Одеса
2025 рік

Магістерська робота містить 124 с., 28 рис., 53 таб., 40 використаних джерел.

У роботі проведено комплексне опрацювання та дослідженню етапів переходу судна «Star Mistral» з порту Септ Іль до порту Оран проходить через Атлантичний океан потім мінуючи Гібралтарську протоку і Середземне море. У процесі опрацювання навігаційного переходу були обрані безпечні курси плавання відповідно до пори року. Загальна протяжність переходу склала 3175,76 милі.

Виконано розрахунок вантажного плану під час перевезення 55275 тон пшениці з перевіркою остійності згідно до вимог ІМО.

Магістерська робота присвячена комплексному аналізу сучасних енергозберігаючих пристроїв, що застосовуються у складі гвинто-кермових комплексів морських суден. Розглянуто принципи дії передгвинтових, післягвинтових та корпусних пристроїв, а також конструктивні удосконалення гребних гвинтів. Наведено дані про орієнтовну ефективність кожного типу пристроїв та можливий діапазон зниження витрати палива. Окрему увагу приділено методам прогнозування потрібної потужності та оцінювання пропульсивних характеристик судна на передескізному етапі проектування. Розділ містить таблиці, що узагальнюють ефективність пристроїв, та підсумкові висновки, які можуть бути використані для вибору оптимального технічного рішення в рамках проектування енергоефективного судна.

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

The master's thesis contains 124 pages, 28 figures, 53 tables, 40 used sources.

The work carried out a comprehensive study and study of the stages of the transition of the ship "Star Mistral" from the port of Sept Il to the port of Oran passes through the Atlantic Ocean then bypassing the Strait of Gibraltar and the Mediterranean Sea. In the process of processing the navigation transition, safe swimming courses were selected according to the season. The total length of the transition was 3175.76 miles.

The freight plan has been calculated for the transport of 55,275 tonnes of wheat with a stability check as required by the IMO.

This chapter provides a comprehensive analysis of modern energy-saving devices used in the propulsion and steering systems of marine vessels. It examines the operating principles of pre-swirl stators, post-swirl recovery devices, hull appendages, and advanced propeller designs. The chapter summarizes the energy-saving potential of each device type and presents indicative fuel reduction values based on experimental and full-scale results. Special attention is given to methods for predicting required power and assessing propulsive performance at the preliminary design stage. The chapter includes comparative tables and consolidated conclusions intended to support the selection of optimal energy-saving solutions for the design of energy-efficient ships.

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

ВСТУП

Ефективність роботи гвинто-кермового комплексу безпосередньо визначає паливну економічність, маневреність та експлуатаційні витрати сучасних морських суден. Зростання вартості палива, посилення міжнародних екологічних стандартів та конкуренція на світовому ринку морських перевезень вимагають від суднобудівників пошуку нових рішень з підвищення енергоефективності пропульсивних систем.

У цьому розділі розглянуто сучасні енергозберігаючі пристрої, що застосовуються для покращення гідродинамічної взаємодії між корпусом судна, гребним гвинтом і кермовим апаратом. Проведено огляд конструктивних рішень, які зменшують опір судна, підвищують пропульсивний коефіцієнт, стабілізують набігаючий потік або утилізують залишкову енергію струменя за гвинтом. Додаткову увагу приділено методам оцінювання ефективності пристроїв на перед ескізному етапі проектування.

Матеріали розділу формують базу для вибору оптимальних енергозберігаючих елементів гвинто-кермового комплексу, що забезпечують зниження потрібної потужності головної енергетичної установки:

1. Енергозберігаючі пристрої є ефективним засобом зниження витрати палива та підвищення пропульсивного коефіцієнта сучасних транспортних суден.
2. Найбільший ефект забезпечують: низькообертні гвинти збільшеного діаметра, передгвинтові насадки та асиметричні кормові утворення.
3. Максимальна економія досягається при комплексному використанні пристроїв, коли корпус, гвинт і кермо розглядаються як єдиний гідродинамічний комплекс.
4. На передескізному етапі оцінювання ефективності пристроїв виконується за статистично-емпіричними методами, серед яких найбільш сучасними є Holtrop–Mennen та Hollenbach.

5. Умовою правильного вибору пристрою є не лише зниження опору, а й оптимізація взаємодії між корпусом, гвинтом та кермовим апаратом.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
РОЗДІЛ 1 Характеристики судна	9
Загальні відомості і головні розміри судна	9
1.2 Транспортно-експлуатаційні характеристики	10
1.3 Маневрені характеристики.....	15
1.4 Навігаційне обладнання.....	17
РОЗДІЛ 2 Аналіз, оцінка та планування навігаційного переходу	20
2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу.....	20
2.2 Оцінка запланованого переходу	22
2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході	25
2.2.2 Збір та аналіз гідрометеорологічної інформації	29
2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні	31
2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання.....	35
2.3.1 Розрахунок ортодромії.....	35
2.3.2 Складання маршрутних листів	36
2.3.3 Графічний план переходу.....	37
2.3.4 Розрахунок природної освітленості	37
2.3.5 Розрахунок висот приливів та побудова графіків приливів	40
2.4 Висновки	41
РОЗДІЛ 3 Обробка і розміщення вантажу.....	42
3.1 Транспортні характеристики вантажів	42
3.2 Підготовка вантажних приміщень до прийому вантажів та документальне оформлення морського перевезення	44
3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна.....	47
3.4 Складання вантажного плану.....	50
3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу	52

РОЗДІЛ 4 Оцінка морехідних якостей судна	53
4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна	53
4.2. Розрахунки посадки і початкової остійності.....	57
4.3 Контроль остійності за матеріалами Інформації	58
4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності.....	59
4.5 Розрахунки нормованих параметрів остійності	60
4.6 Перевірка виконання рекомендованих ІМО критеріїв остійності	66
4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу	67
РОЗДІЛ 5 Сучасні енергозберігаючі технології та пристрої гвинто-кермових комплексів морських суден.....	69
5.1 Огляд сучасних енергозберігаючих пристроїв гвинто-кермових комплексів.....	69
5.2 Методи оцінки ефективності енергозберігаючих пристроїв	84
5.3 Аналіз можливості оптимізації гвинто-кермового комплексу т/х «Star Mistral»	88
РОЗДІЛ 6 Розрахунок економічних показників роботи судна в рейсі.....	98
6.1 Необхідність впровадження нового обладнання для отримання прибутку	98
6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі	99
6.3 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

РАЗДЕЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА

1.1 Загальні відомості і головні розміри судна

Таблиця 1.1 – Основні відомості про судно

1.	Назва судна	STAR MISTRAL
2.	Тип судна	Bulk Carrier
3.	Позивний сигнал судна	5DFJ8
4.	IMO	9684225
5.	MMSI	636016288
6.	Рік і місце побудови	2014 DAYANG SHIPBUILDING — Янчжоу, Китай
7.	Клас Регістру	БЮРО VERITAS
8.	Порт приписки	Монровія
9.	Судновласник	PRIMEROSE SHIPPING - АФІНИ, Греція
10.	Менеджмент	PRIMEROSE SHIPPING - АФІНИ, Греція
11.	Довжина найбільша L (м)	190
12.	Довжина між перпендикулярами L _{PP}	185
13.	Ширина найбільша B (м)	32.2
14.	Висота борту до верхньої палуби H (м)	18
15.	Найбільша осідання T (м)	13.2
16.	Осадка T (м) в повному вантажу и порожньому	13.2 12.6
17.	Водотоннажність (т) в повному вантажу Δ порожньому Δ_0	68970 10952
18.	Повна вантажопідйомність Δ_w (т)	58018
19.	Головний двигун: тип: потужність: частота обертання:	MANBsW 6S50MC-C*1SET 9480 kw 107,7
20.	Режим роботи головного двигуна	Реверсивний без ВРШ

21.	Швидкість судна	15/15,5
22.	Гребний гвинт: Кількість лопастей: Діаметр та крок гвинта (м) Дискове відношення: Напрямок обертання:	FIXEDRIGHTHANDED 5 6800 / 6.003 64,5 праве
23.	Тип руля і площа його пера (м ²)	Single, Stream line balanced. Snp = 28,5.
24.	Тип стернової машини: Підрулюючий пристрій:	Kawasaki Precision Machinery. електрогідравлічна циліндрична MS 1250-52 kW.
25.	Суднова радіостанція: Склад суднової радіоапаратури відповідає вимогам району A1, A2, A3, A4 та включає в себе:	Inmarsat C; ПБ, КВ Радіостанції; NAVTEX приймач
26.	Валова реєстрова місткість (GRT)	32839
27.	Чиста реєстрова місткість (NRT)	19559
28.	Добова витрата палива: На ходу: важке паливо (HFO) На стоянці: дизельне паливо (DO)	48 3/ 0,5
29.	Координати центру мас порожнього судна	Z= 11,65 м X = 83,59 м

1.2 Транспортно - експлуатаційні характеристики

Схематичний креслення бічного виду судна з розташуванням приміщень для вантажів і запасів із зазначенням місткості вантажних приміщень, розмірів вантажних люків і розміщення вантажних стріл і кранів, їх вантажопідйомності в робочій зоні, включаючи винесення за борт, зображений на малюнку 1.1.

Вантажна шкала приведена на рис. 1.2.

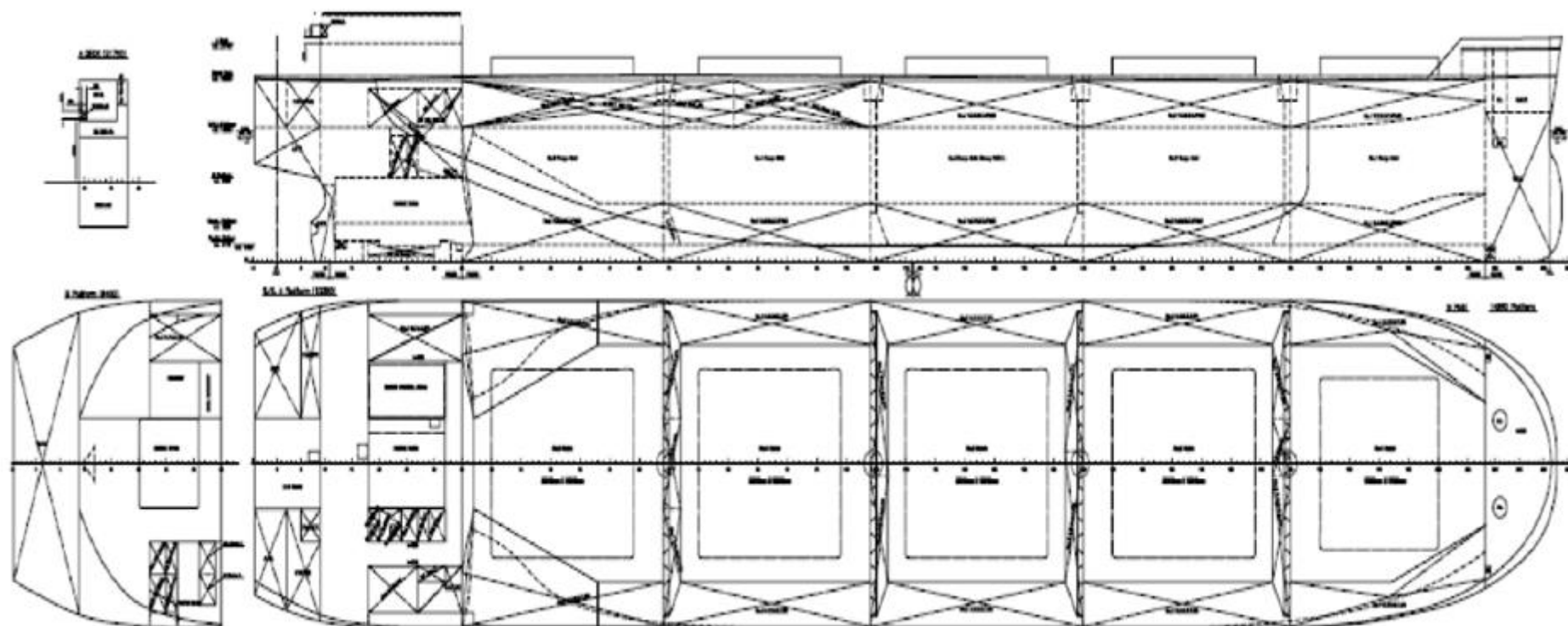


Рисунок 1.1 - Бічний план судна

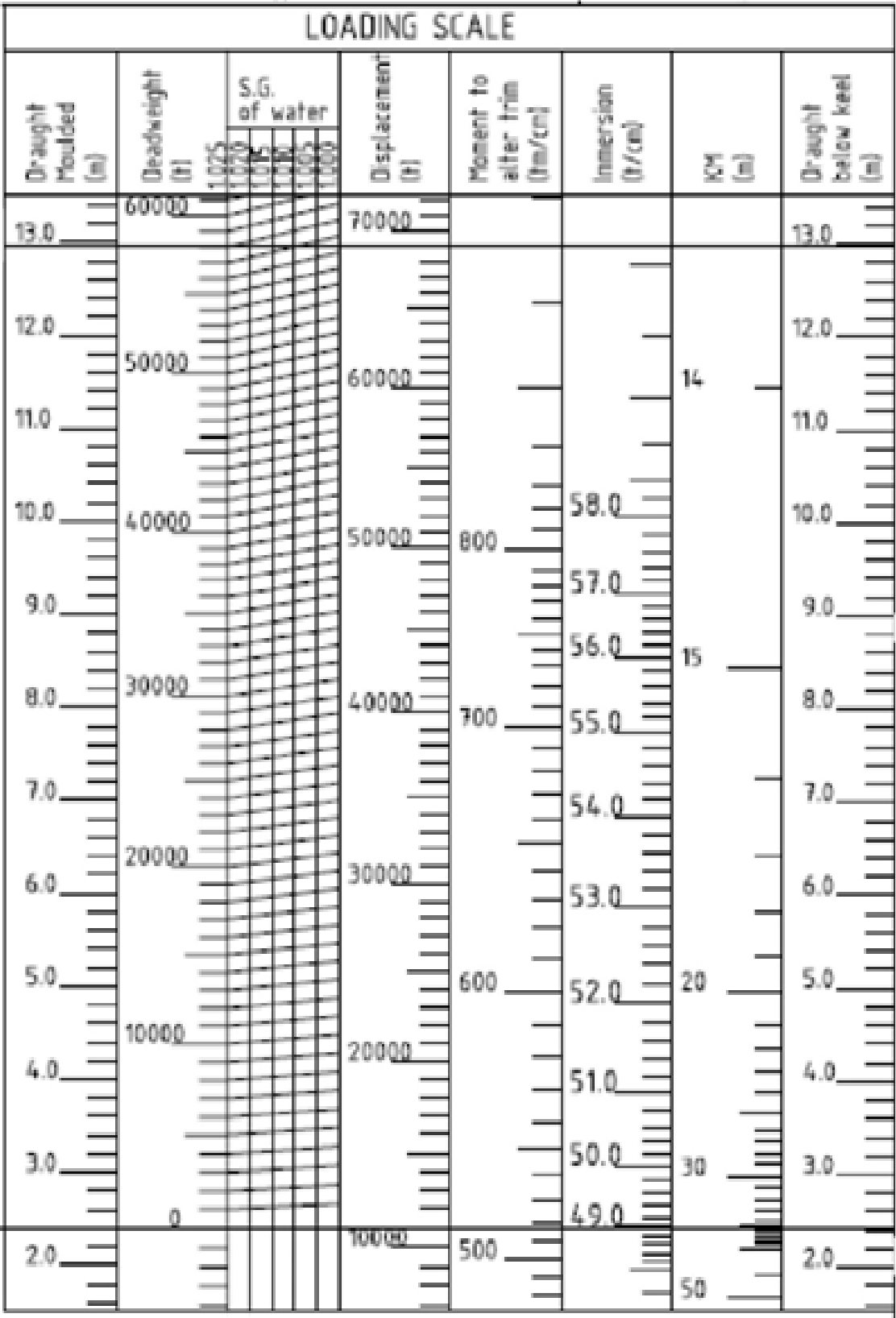


Рисунок 1.2 - Вантажна шкала

На додаток до вантажної шкалою показуємо наступну таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 - Вантажна шкала судна

Осадка	Водотоннажність т	Число тонн на 1 см осадки т/см	Момент диферентуючий на 1 тм/см
2,00	9033,0	48,26	499,62
2,10	9516,5	48,46	504,55
2,20	10002,1	48,65	509,29
2,30	10489,6	48,84	513,87
2,40	10978,9	49,02	518,29
2,50	11470,0	49,19	522,55
2,60	11962,8	49,36	526,67
2,70	12457,1	49,52	530,65
2,80	12953,1	49,67	534,48
2,90	13450,5	49,82	538,19
3,00	13949,4	49,96	541,84
3,10	14449,7	50,10	545,39
3,20	14951,4	50,23	548,85
3,30	15454,4	50,37	552,23
3,40	15958,7	50,49	555,52
3,50	16464,2	50,62	558,72
3,60	16971,0	50,74	561,83
3,70	17478,9	50,85	564,84
3,80	17988,0	50,96	567,71
3,90	18498,2	51,07	570,56
4,00	19009,5	51,18	573,32
4,10	19521,8	51,28	576,12
4,20	20035,1	51,38	578,88

4,30	20549,5	51,49	581,65
4,40	21064,9	51,59	584,45
4,50	21581,3	51,69	587,26
4,60	22098,7	51,79	590,07
4,70	22617,1	51,89	592,89
4,80	23136,4	51,99	595,68
4,90	23656,8	52,08	598,47
5,00	24178,1	52,18	601,23
5,10	24700,4	52,27	604,02
5,20	25223,6	52,37	606,84
5,30	25647,3	52,46	609,70
5,40	26272,6	52,56	612,70
5,50	26798,1	52,66	615,75
5,60	27326,0	52,76	618,86
5,70	27854,0	52,86	622,04
5,80	28383,1	52,96	625,36
5,90	28913,2	53,06	628,60
6,00	29444,3	53,16	631,83
6,10	29976,3	53,26	635,10
6,20	30509,4	53,36	638,42
6,30	31043,5	53,46	642,73
6,40	31578,5	53,56	645,10
6,50	32114,6	53,66	648,57

Продовження таблиці 1.2

6,60	32651,6	53,76	652,08
6,70	33189,7	53,86	655,61
6,80	33728,9	53,97	659,28

6,90	34269,1	54,07	663,00
7,00	34810,3	54,18	666,74
7,10	35352,7	54,29	670,60
7,20	35896,1	54,40	674,73
7,30	36440,7	54,51	678,63
7,40	36986,4	54,62	682,69
7,50	37533,2	54,74	686,88
7,60	38081,1	54,85	691,05
7,70	38630,1	54,96	695,27
7,80	39180,3	55,08	699,59
7,90	39731,7	55,20	704,06
8,00	40284,3	55,32	708,59
8,10	40838,0	55,44	713,13
8,20	41393,0	55,56	717,70
8,30	41949,3	55,68	722,21
8,40	42056,8	55,81	727,37
8,50	43065,5	55,95	732,62
8,60	43625,8	56,09	738,11
8,70	44187,4	56,23	743,76
8,80	44750,4	56,37	749,40
8,90	45314,8	56,52	755,25
9,00	45880,7	56,67	761,29
9,10	46464,1	56,82	767,42
9,20	47017,0	56,97	773,59
9,30	47587,4	57,12	779,87
9,40	48159,4	57,27	786,04
9,50	48732,8	57,42	792,25

9,60	49307,7	57,56	798,42
9,70	49884,1	57,71	804,65
9,80	50461,9	57,85	810,75
9,90	51041,1	57,98	815,98
10,00	51621,5	58,09	820,48
10,10	52202,8	58,18	824,33
10,20	52785,0	58,26	827,59
10,30	53368,1	58,34	830,52
10,40	53951,8	58,40	833,10
10,50	54536,2	58,46	835,39
10,60	55120,9	58,51	837,27
10,70	55706,4	58,56	839,25
10,80	56292,3	58,61	841,05
10,90	56878,7	58,65	842,66
11,00	57465,5	58,69	844,22
11,10	58052,7	58,73	845,67
11,20	58640,2	58,77	847,01
11,30	59228,0	58,80	848,27
11,40	59816,2	58,84	849,62

Продовження таблиці 1.2.

11,50	60404,8	58,87	850,87
11,60	60993,6	58,90	852,08
11,70	61582,8	58,93	853,24
11,80	62172,3	58,96	854,36
11,90	62762,2	58,99	855,45
12,00	63352,1	59,02	856,52
12,10	63942,4	59,04	857,56

12,20	64533,0	59,07	858,59
12,30	65123,8	59,10	859,59
12,40	65714,9	59,12	860,56
12,50	66306,2	59,14	861,51
12,60	66897,7	59,17	862,43
12,70	67489,5	59,19	863,34
12,80	68081,6	59,21	864,23
12,90	68673,8	59,23	865,11
13,00	69266,2	59,24	865,54
13,10	69858,9	59,26	865,97
13,20	70451,8	59,28	866,82
13,30	71044,8	59,30	867,67
13,40	71638,1	59,32	868,49
13,50	72231,5	59,34	869,31
13,60	72825,2	59,36	870,15
13,70	73419,1	59,38	871,78
13,80	74013,2	59,40	872,58
13,90	74607,4	59,42	873,38
14,00	75201,9	59,43	874,16
15,30	82946,6	59,69	884,10

1.3 Маневрені характеристики судна

Маневрені характеристики визначають після побудови або в процесі експлуатації судна.

Лоцманська картка, зразок наведено нижче, заповнюється капітаном і призначена для того, щоб забезпечити інформацією лоцмана, який приймає

судно під проводку. Для заповнення лоцманської картки проведення спеціальних ходових випробувань не потрібно.

Дані про циркуляцію судна представлені на рис. 1.3.

Якірне пристрій. Довжина якір-ланцюга 297 метрів (11 змичок по 27 метрів), привід електрогідравлічний, швидкість вибирання ланцюга 5 м/хв не залежно від того працює один або два приводи.

Маневрені характеристики т/х «Star Mistral»

Minimum steering speed

NLC	3.5 kn
NBC	4.0 kn

Max. Available rudderangle

Hard rich to starboard	35 deg.
Hard left to port	35 deg.

Time and distance to stop

(Note: using engine with minimum application of rudder)

		Normal loaded condition		Normal ballast condition	
		time	distance	time	distance
Manouv. speed	Full sea speed	6-20	1.750	4-40	1.460
	Full speed	5-15	1.080	4-00	930
	Half speed	4-30	700	3-35	630
	Slow speed	4-05	530	3-14	490

	Engine order	RPM	Speed		Engine order	RPM
			Nor. load	Nor. ballast		
Manouv. speed	Full seaa head	133	15	16	Dead slow astern	35
	Full ahead	80	10	10.7	Slow astern	45
	Half ahead	55	7.5	8.2	Half astern	55
	Slow ahead	45	6.0	6.5	Full astern	80
	Dead slow ahead	35	4.5	3.0		

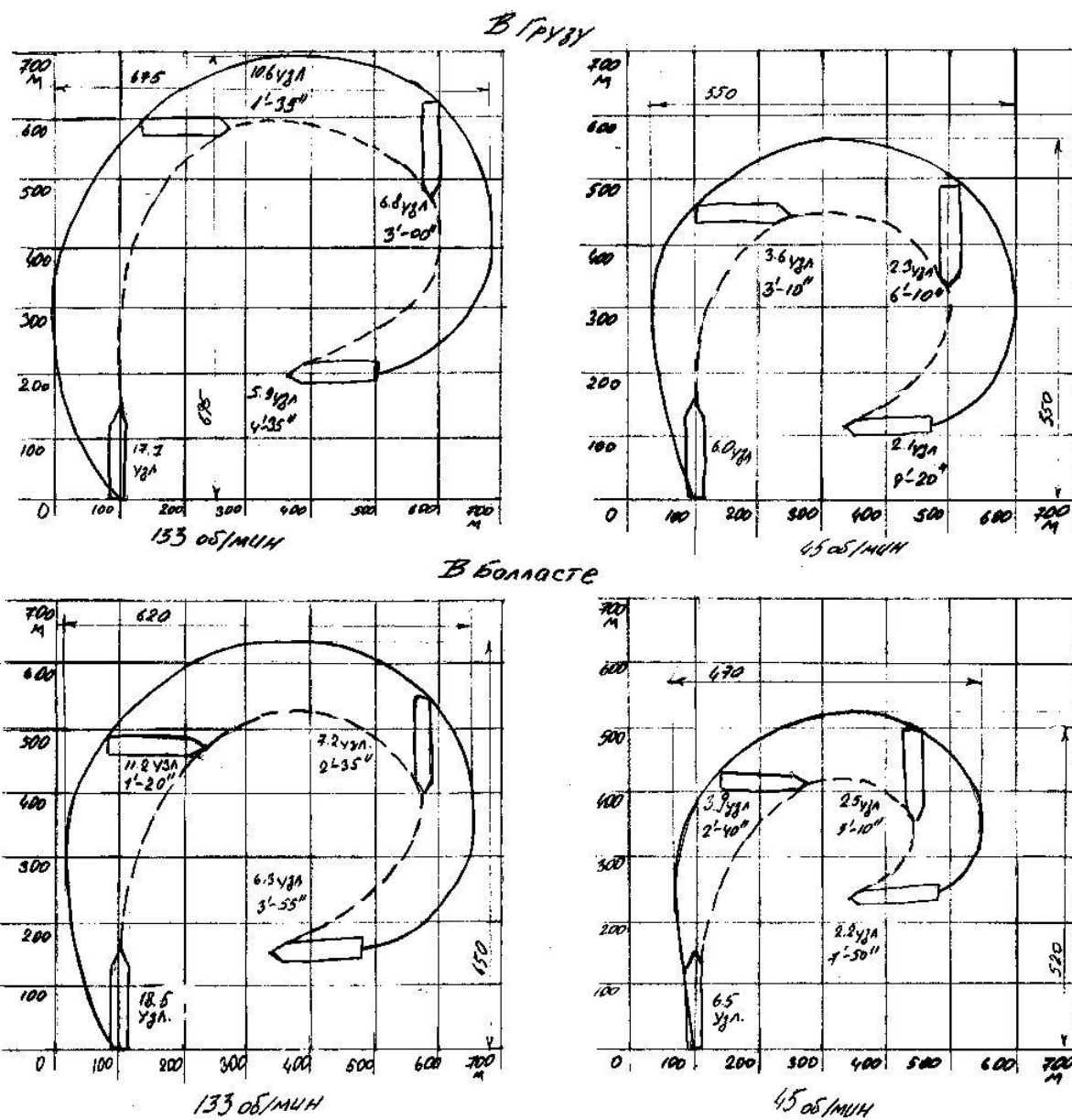


Рисунок 1.3 - Циркуляція судна

1.4 Навігаційне обладнання

Дані всіх технічних засобів навігації судна (таблиця 1.3)

Таблиця 1.3 - Технічні засобів навігації

Прилад, система	Тип, марка	Кіл-ть	Рік випуску	Місце встановлення
Магнітний компас	Navigat Mark II	1	2010	Пеленгаторна палуба
Гірокомпас (ГК)	Navigat X	2	2010	ходовий місток
Радіолокатор	Sperry Marine	2	2010	ходовий місток
GPS	Koden GPS 900	2	2010	ходовий місток
Weather Faximile	Furuno D-FAX II	1	2010	ходовий місток
Ехолот	LAZ – 900	1	2010	ходовий місток
Лар	Ben Marine Anthea	1	2010	ходовий місток
Авто рулевой	Sperry MarineNav.X	1	2010	ходовий місток
NAVTEXRX	Furuno NavTelex 500	1	2010	ходовий місток
AIS	Furuno AIS	1	2010	ходовий місток
ПИ СНС	JRC JLR-4110 МКII	1	2010	ходовий місток
ПИ СНС	JRC JLR-600 МКII	1	2010	ходовий місток
ПИ СНС	JRC JLR-7700 МКII	1	2010	ходовий місток

На рисунку 1.4. представлена схема розташування ТСН і пультів на ходовому містку.

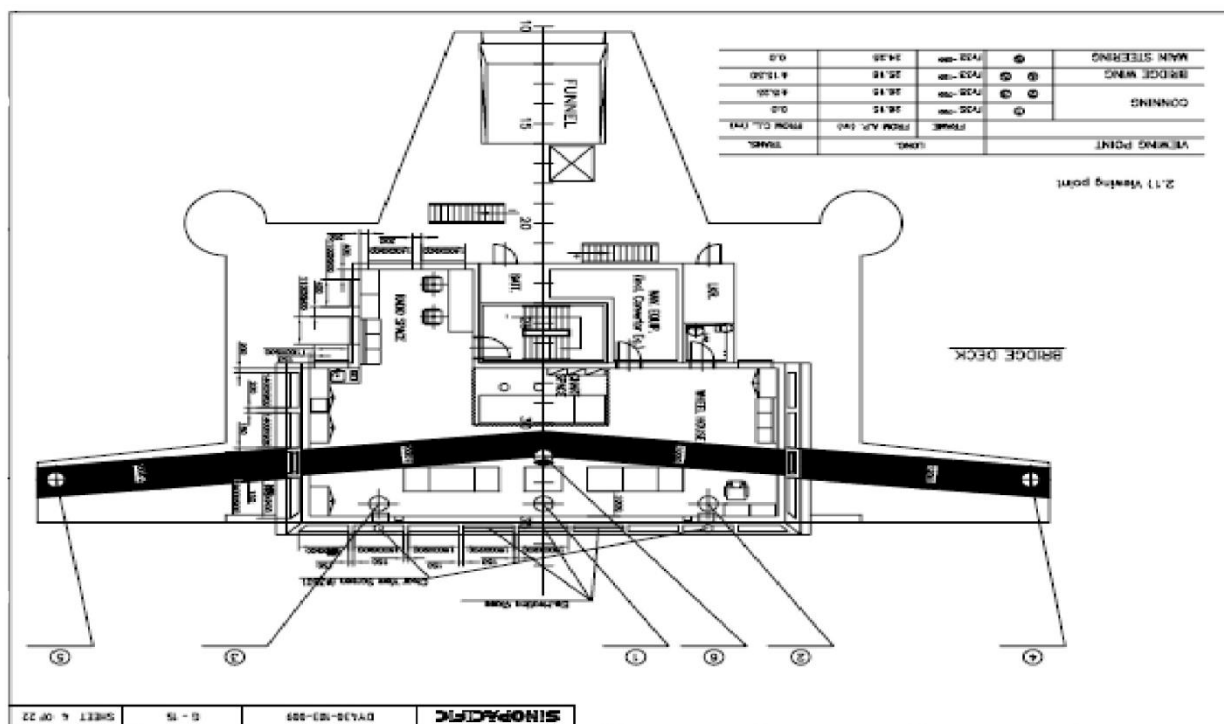


Рисунок 1.4 - Схема розташування ТСН і пультів на ходовому містку

Точнісні характеристики наявних на судні ТСН (табл. 1.4)

Таблиця 1.4 - Точнісні характеристики ТСН

Тип, марка ТСН	Умови	Навігаційний параметр	СКП одного виміру	Модуль градієнта параметра
РЛС ЖМА-8313-СА	Днем	Радиопеленг	1.0°	57.3°/D
	Ночью	Тоже	2.0°	
РЛС ЖМА-8263-7	Эл.Визир	Пеленг	1.0°	57.3°/D
	Шкала 4м	Расстояние	1.0°	1
	Шкала 8-64м		1%отD	1
GPS			50m	
Ехолот			0.1m	
Лаг			0.1узла	
Гірокомпас			0.2°	

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ПЕРЕХОДУ

2.1 Загальні вимоги до аналізу та плануванню навігаційного переходу

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.

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

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

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

З цією метою:

1. Майбутній рейс повинен плануватися заздалегідь, беручи до уваги всю інформацію, що є до цього, а будь-який прокладений курс повинен бути перевірений до початку рейсу.
2. Старший механік повинен, проконсультувавшись з капітаном, визначити наперед потреби майбутнього рейсу, беручи до уваги потреби в паливі, воді, мастильних матеріалах, хімікатах, витратних та інших запасних частинах, інструментах, запасах та інші вимоги.
3. До початку кожного рейсу капітан кожного судна повинен забезпечити, щоб передбачуваний шлях із порту відходу до першого порту заходу планувався, використовуючи відповідні карти та інші навігаційні посібники, необхідні для майбутнього рейсу, що містять точну повну та відкориговану інформацію щодо тих навігаційних обмежень та небезпек, які мають постійний чи передбачуваний характер, та які мають відношення до безпеки плавання судна.
4. Після завершення перевірки запланованого шляху, беручи до уваги всю інформацію, що до нього належить, запланований шлях повинен бути прокладений на відповідних картах і бути постійно доступним для вахтового помічника капітана, який, перш ніж лягти на відповідний курс, зобов'язаний перевірити його.

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

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

1. надійність та стан суднового навігаційного обладнання;
2. розрахунковий час прибуття в критичні точки, у тому що стосується висоти припливу та течії;
3. метеорологічні умови (особливо в районах, відомих частими періодами поганої видимості), а також використання інформації, що надається службами

для вибору маршруту, залежно від погодних умов;
проходження небезпечних точок вдень порівняно з нічним часом і як це може впливати на точність позиціонування;

5. умови руху суден, особливо у точках сходження.

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.

При виконанні переходу головним завданням є контроль за безпечним плаванням судна за маршрутом, заданому попередньої прокладкою шляхом безперервного ведення виконавчої прокладки. Виконавча прокладка полягає у веденні числення шляху судна на картах, визначенні місця судна, періодичної корекцією обсерваціями числення шляху, нанесенні на карту счислімим і обсервованного місць судна.

Управління переходом покладається на капітана судна, який є координуючим ланкою при оцінці переходу, його плануванні і виконанні.

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	07.2020
	4404	Gulf of Maine to Strait of Belle Isle including Gulf of St. Lawrence	04.2016
	4114	Arquipelago dos Acores to Flemish Cap	10.2020
	4103	English Channel to the Strait of Gibraltar and the Arquipelago dos Acores	06.2021
Путьові, приватні карти та плани	4776	Baie de sept iles	10.2021
	4775	Pointe de Moisie a/to Ile du Grand Caoui	12.2015
	4774	Havre-Saint Pierre et/and Cap des Rosiers a/to Pointe des Monts	03.2005
	4762	Gulf of St Lawrence	04.2016
	4764	Cabot Strait and Approaches Scatarie Island to Anticosti Island	06.2005
	4763	Sydney to Saint-Pierre	03.2005
	2666	Grand Banks of Newfoundland	04.2020
	87	Cabo Finisterre to the Strait of Gibraltar	11.2018
	91	Cabo de Sao Vicente to the Strait of Gibraltar	11.2018
	142	Strait of Gibraltar	11.2018
	773	Strait of Gibraltar to Isla de Alboran	04.2018
	774	Mortil to Cartagena including Isla de Alboran	11.2018
	2437	Ras Tarf to Oran	05.2017
Допоміжні карти	5006	The World Time Zone Chart	12.2021
	5375	Magnetic variation. 2015 and Annual rates of Change - North Atlantic Ocean and Mediterranean Sea	2020
	D6083	The World Load Line Regulations	2018
	5124(12)	North Atlantic Ocean Routeing chart December	2021

Таблиця 2.2 – Перелік публікацій на перехід

NP No	TITLE
SAILING DIRECTIONS	
1	2
65	Saint Lawrence Pilot
67	West Coast of Spain and Portugal Pilot
50	Newfoundland Pilot
45	Mediterranean Pilot, Vol.1
ADMIRALTY LIST OF LIGHTS AND FOG SIGNALS	
81	Northern and Eastern Coasts of Canada (Saint Lawrence River)
77	Volume D, South Europe – Atlantic Coast and Africa
78	Volume E ,Mediterranean, Black and Red Seas
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)

Продовження табл. 2.2

1	2
286(3)	Part 3, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Mediterranean and Black Seas, Suez Canal
286(1)	Part 2, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: Europe and UK
286(5)	Part 5, Pilot Services, Vessel Traffic Services and Port Operations: North America, Canada and Greenland
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)
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
Guide to Port Entry	
Fairplay	

2.2.1 Підготовка для прийому та обміну навігаційною інформацією на переході

В даний час всі завдання отримання, передачі інформації на судах вирішуються штурманським складом в процедурах і з використанням апаратних засобів GMDSS. Однією з функцій GMDSS є передача на судна в море інформації з безпеки мореплавання (ІБМ). Збором, координацією і передачею ІБМ займається служба безпеки SafetyNET, що є складовою частиною GMDSS. Структура SafetyNET і завдання, які вирішуються службою, викладені в керівництві IMO International SafetyNET Manual.

Інформація з безпеки на морі (ІБМ, Maritime Safety Information-MSI) включає:

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

Збір і поширення інформації по навігаційних попереджень забезпечується Всесвітньою службою навігаційних попереджень (ВЗНП), (WWNWS - World

Wide Navigational Service) на основі функціонального керівництва Міжнародної гідрографічної організації (ІНО - International Hydrographic Organization).

Метеорологічна інформація забезпечується Всесвітньою метеорологічною організацією (WMO - World Meteorological Organization).

Інформація з пошуку і рятування забезпечується владою, відповідальними за координацію рятувальних операцій в морі - (морськими) рятувально-координаційними центрами (RCC, MRCC), у відповідності зі стандартами і процедурами, встановленими Міжнародною морською організацією (ІМО).

Для координації передач ІБМ весь світовий океан розділений на 21 морський район, званих NAVAREA (або METAREA) і які позначаються римськими цифрами. У кожному з цих районів є країна - координатор відповідальна за збір, аналіз і передачу навігаційної інформації.

Розрізняють три типи навігаційних попереджень:

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

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

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

Міжнародна служба SafetyNET - це служба, яка використовує ИНМАРСАТ, і служить для поширення інформації з безпеки на морі, включаючи ретрансляцію повідомлень безпеки на морі, включаючи ретрансляцію повідомлень лиха в напрямку «берег - судно».

До складу інформації, переданої по каналах SafetyNET, входять:

- навігаційні попередження;
- метеорологічні попередження і метеопрогнози;
- повідомлення про лиха в напрямку «берег - судно», інформація SAR;

- попередження про напад піратів;
- дані про коригування карт й інша термінова інформація.

Передачі здійснюються з використанням ИНМАРСАТ за розкладом або поза розкладом. Інформація про них представлена в:

- GMDSS Master Plan, Annex 8;
- ALRS vol5, (GMDSS, 10-6).

Складовою GMDSS є, також, служба NAVTEX.

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	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)
2	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)

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	Ділянка	Район	Станції	Координатор
---	---------	-------	---------	-------------

п/п	переходу	NAVAREA	NAVTEX	NAVAREA
1	Canada	IV	Sydney [Q] Riviere-Au-Renard [C]	USA
2	West Coast of Spain and Portugal	II	Monsanto [R] Coruna [D]	France
3	Mediterranean Sea	III	Toulon [W]	Spain

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	Sept Iles Pilots and Port	VHF	12; 14; 18	Berthing, unberthing, cargo operations, RS
2	Cartagena 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	Gulf of Saint Lawrence	ECAREG Area	16, 14	Mandatory Reporting System
2	Gibraltar Strait	Tarifa VTS	16, 10	Reporting system area

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

Для опису другої фази планування переходу проаналізуємо відкориговані карти та книги, беручи до уваги всі небезпеки плавання та забезпеченість СНТ, включаючи:

- течії,
- припливи,
- осадку судна протягом усього шляху.
- поради та рекомендації, що наводяться в лоціях та інших посібниках.
- навігаційні вогні та знаки на переході та їх характеристики,
- помітні берегові орієнтири,
- навігаційні попередження по дорозі,
- кліматичні дані по дорозі.

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»

Характеристик и за ділянками	Септ-Іль			Атлантичний океан			Оран		
1	2			3			4		
Атмосферний тиск, гПа	1022			1021			1020		
Вітер									
Направлення вітру	Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %			Повторюваність вітру, %		
	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с	Сумарна	11-15 м/с	>16 м/с
N	6	-	-	13	-	-	3	-	-
NE	12	-	2	48	2	1	1	-	-
E	6	-	-	5	-	-	20	1	-
SE	4	-	-	12	1	-	12	-	-
S	9	-	-	11	-	-	9	-	-
SW	13	2	-	6	2	-	10	-	-
W	27	2	2	4	2	-	27	5	2
NW	18	1	-	1	1	-	14	1	-
Результуючий вітер	направлення, у румбах		NW	направлення, у румбах		ENE	направлення, у румбах		WN W
	швидкість, м/с		10	швидкість, м/с		8	швидкість, м/с		7
Максимальна швидкість вітру, м/с	спостережена		12	спостережена		12	спостережена		10
	розрахункова		14	розрахункова		11	розрахункова		11
Повторюваність штилів, %	20			25			30		

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

Характеристики за ділянками		Септ-Іль	Атлантичний океан	Оран
1		2	3	4
Температура повітря, °С		- 2	5	14
Температура води, °С		0	2-5	8
Відносна вологість, %		94	86	76
Повторюваність туманів, %		60	30	20
Видимість менше 2 міль		5	3	2
Хмарність, бали		8	6	5
Солоність води, ‰		63	68	72
Щільність води, г/см ³ (або кг/м ³)		1.023	1.025	1,025
Постійні течії	назва	Гольфстрім	Гольфстрім	Гольфстрім
	термодинамічна характеристика	тепле	тепле	тепле
	направлення	ENE	E	SE
	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	5	4	4
	максимальна	8	6	5
Період хвиль, с		9	7	7

2.2.3 Збір та аналіз навігаційної інформації при прибережному плаванні

Порт Септ Іль (Sept-Iles) або Севен-айлендс (Seven Islands) добре захищений від вітрів, знаходиться на північно-східній стороні входу в затоку Септ Іль. Через порт вивозять залізну руду.

При підході до порту орієнтирами є кран і майданчик для зберігання руди, які перебувають відповідно у 7 кбт до NW і в 4 кбт до N від мису Пуент-

про-баск; в місті Септ Іль і поблизу нього примітні церква, водонапірні башти і нафтові цистерни.

У порту є кілька причалів і пірсів. Загальна довжина причальної лінії понад 1100м.

Лоцманська служба. При підході до причалів послугами лоцмана користуватися обов'язково. Заявку на лоцмана слід подавати завчасно.

Причали обладнані сучасними вантажно-розвантажувальними засобами; на окремих причалах є складські приміщення.

У порту є буксири; заявку на них слід подавати заздалегідь.

Правила підходу до причалів. Судна, які йдуть до причалів залізорудної компанії, повинні повідомляти про прибуття через радіостанцію Септ Іль про передбачуваний час прибуття за 72, 48 і 24 годин до прибуття.

Дозвіл на швартування капітани суден повинні просити за 4 години до підходу до порту. В очікуванні буксирів і лоцмана слідус стати на якір не менше 1 милі від вантажного причалу.

Всі швартові операції повинні здійснюватися тільки з допомогою буксирів.

Причал довжиною 236 м побудований 2.1 кбт до NW від мису Пуент-про-баск; глибина біля причалу 18.2 м.

Створ освітлених знаків Септ Іль, встановлені у 7 кбт до NW від мису Пуент-про-баск на причалі.

Портові вогні. Вогонь Септ Іль встановлений на зовнішньому моле близько пірсу нафтової компанії. Вогні знаходиться в приватному володінні.

Буй 12 виставлений 3.1 милі до WNW від мису Пуент-про-баск.

Якірні місця. На підході до протоки Септ Іль якірна стоянка для малих суден знаходиться поблизу північно-східного берега острова Птіт-баск.

Одне з найкращих якірних місць в протоці Септ Іль знаходиться проти пірсів, від берега в порту Септ Іль, на перетині створу мису Пуент-пробаск з крайкою північного берега острова Поент-буль і створу мису Пуент-Прокорбо з західним краєм західній з надводних скель, які виступають Уест-рокс. Глибина

на якорному місці 16.5 м, ґрунт - глина. При заворушеннях на якорі в північній частині затоки Септ Іль слід уникати прибережної банки з мілинами менше 10 м, огорожених буями.

На якір можна ставати перед гаванню в південно-західній частині затоки Септ Іль в районі глибин близько 24 м, ґрунт тут м'яка глина. Якірні місця в цій частині затоки добре захищені від усіх вітрів.

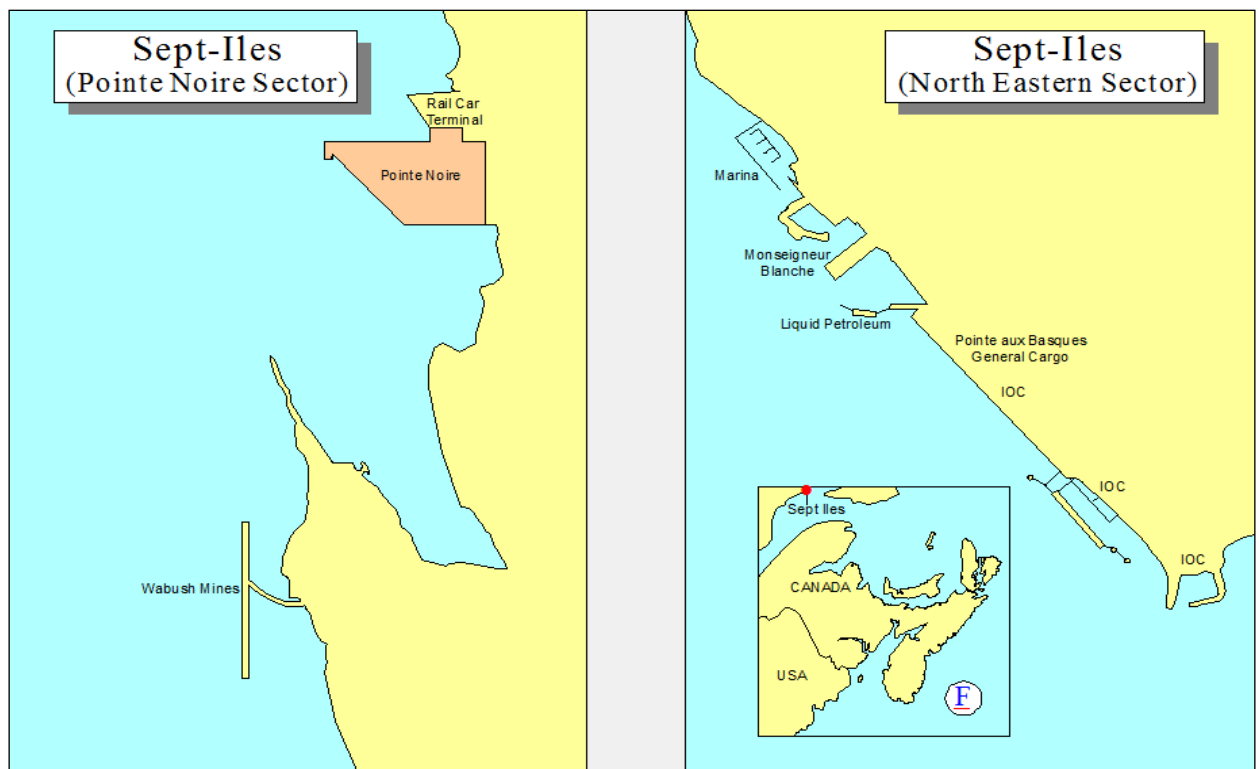


Рисунок 2.1 – План порту Септ Іль

Порт Оран розташований в 400 км до W від Алжиру.

Порт складається з 7 басейнів і захищений хвилерізами.

Оран - головна комерційна гавань з великими засобами, доступними для обробки більшості видів вантажних включають генеральні вантажі, рідкої нафтової продукції, вугілля і зерна, контейнерів і Ro-Ro/passenger.

Приблизно порт обробляє 3161800 тон вантажу і 1100 суден щорічно.

Розрахунковий час прибуття повинен інформуватися капітаном за 72 і 48 годин до прибуття і повинно бути підтверджено за 12 годин до прибуття капітаном порту.

Морські буї, фарватери і канали: Східний канал підходу – 150 метрів всюди має глибину 24.0 метра.

Лоцманська проводка обов'язкова і доступна цілодобово. Запит на лоцманську проводку потрібно зробити за 3 години до прибуття. Лоцманська станція знаходиться в 0.5 милі до N входу в порт.

Якірна стоянка знаходиться за межами порту і може бути розв'язана в будь-якому місці з глибинами близько 40 метрів.

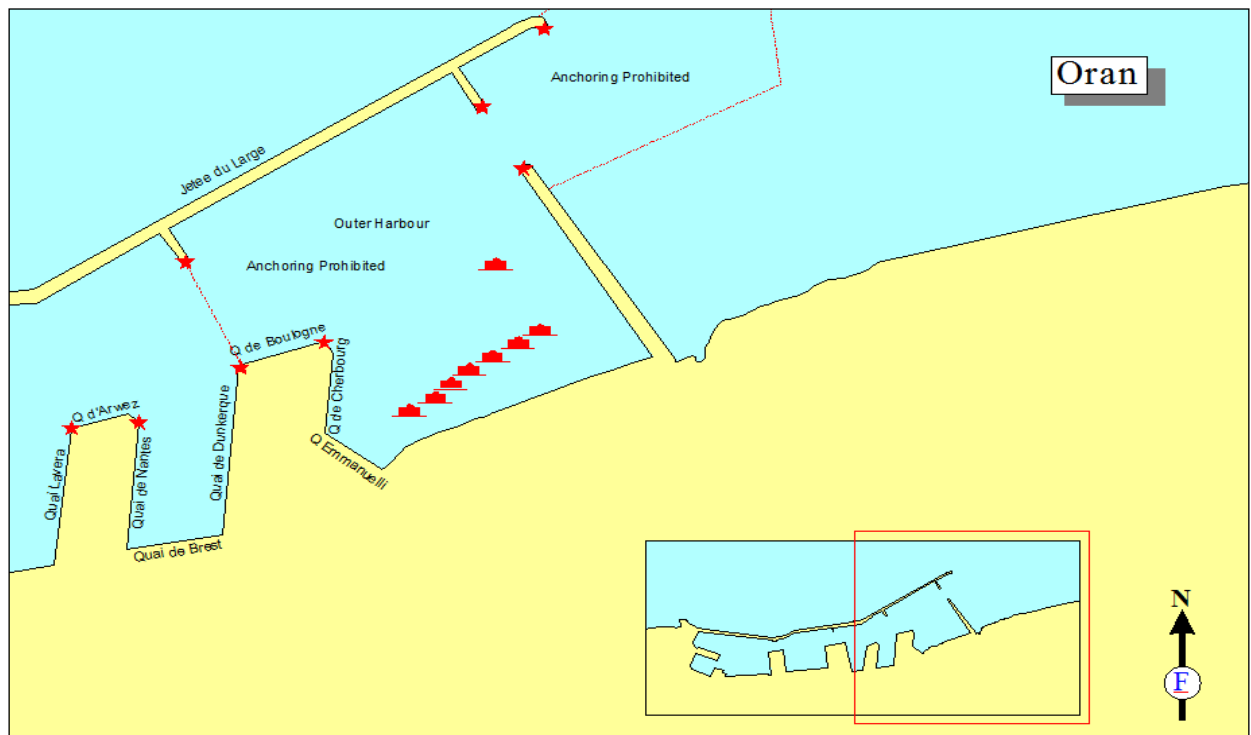


Рисунок 2.2 – План порту Оран

У порту немає приливо-відливних явищ, але з-за північно-західних вітрів може спостерігатися згінно-нагонні явища з підняттям рівня моря до висоти 0,4 метрів.

Контейнерні причали: Контейнерний термінал, обладнаний автокарами і транспортними засобами накопичувачами.

Танкерних 2 причалу, кожен з 224 метри в довжину.

Порт володіє великими площами для зберігання вантажу.

У порту можна провести незначний ремонт.

У порту можна поповнити запаси палива, води та постачання.

Таблиця 2.9 – Засоби навігаційного обладнання

N п/п	Назва	Координати φ λ	Дальність видимість милі	Харак- тери- стіки
1	Ile de Corossol	50°05,3'N 66°22,6'W	20	Fl 3s
2	Tarifa	36°00,0'N 05°36,6'W	26	Fl(3) 10s
3	Dique de Navidad	37°35,1'N; 00°59,1'W	17	Fl(2) 10s

2.3 Навігаційні розрахунки для забезпечення безпеки плавання

2.3.1 Розрахунок ортодромії

Основними критеріями при виборі оптимального шляху є безпечність, швидкість, метеоумови, економічність для сохрального перевезення вантажу та досягнення економічного ефекту в кінцевому підсумку.

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

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

При розробці плану переходу доцільно розрахувати плавання по ДБК: від точки

$$\varphi_H = 49^\circ 30' N, \lambda_H = 55^\circ 55' W \text{ до точки } \varphi_K = 35^\circ 54' N, \lambda_K = 06^\circ 48' W.$$

Розраховую локсодромічний курс:

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

Обчислюють довжину локсодромії:

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

Таблиця 2.10 – Розрахунок локсодромії

фк	35°54 N	λк	06°48 W	PMЧ	-1117
фн	49°30 N	λн	55°55 W	К	092°
PШ	-816	PД	2947	S	2301

Визначити довжину ортодромії:

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

$$D = 2268 \text{ милі}$$

Доцільність плавання по ортодромії дорівнює:

$$\Delta S = S_{\text{л}} - D = 2301 - 2268 = 33 \text{ милі}$$

Плавання по ортодромії вигідно, але непрактично.

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 рис. 2.3.

2.3.3 Графічний план переходу

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

2.3.4 Розрахунок природної освітленості

Розрахунки освітленості виконують двома послідовними наближеннями:

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

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

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

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

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

Route: <7 islands - Oran>														
WP	Lat	Lon	Distance	Course	Total Distance	Time Zone	ETA	ETD	TTG	Total Time	Speed	Bearing	Dist	Mark
15/11 09:30 Pilot boards the ship. 10:00 Begin of Pilotage VHF CH 12, 14, 18 BACH # 4776, 4775														
0	50° 11.746' N	066° 22.740' W	XXXX	XXXX	XXXX	04:00 W	XXXX	15.11.2025 10:00	XXXX	XXXX	XXXX	354	1,3	Sept Iles
1	50° 10.185' N	066° 23.958' W	1,75 nm	206,6 °	1,75 nm	04:00 W	15.11.2025 10:14	15.11.2025 10:14	00d 00h 14m	00d 00h 14m	7,0 kt	138	1,4	La Petit Basque
2	50° 07.802' N	066° 23.298' W	2,42 nm	169,9 °	4,17 nm	04:00 W	15.11.2025 10:29	15.11.2025 10:29	00d 00h 14m	00d 00h 29m	10,0 kt	20	1,4	La Petit Basque
3	50° 01.970' N	066° 14.921' W	7,95 nm	137,2 °	12,12 nm	04:00 W	15.11.2025 11:03	15.11.2025 11:03	00d 00h 34m	00d 01h 03m	14,0 kt	-	-	GPS
15/11 11:10 Disembarkation of the Pilot. 11:15 Begin of the Saint Lawrence Gulf Passage. VTS VHF CH 16. Sharp lookout. BACH # 4774, 4762, 4764, 4763														
4	47° 01.411' N	058° 29.479' W	358,17 nm	120,3 °	370,29 nm	04:00 W	16.11.2025 12:38	16.11.2025 12:38	01d 01h 34m	01d 02h 38m	14,0 kt	-	-	GPS
5	44° 29.976' N	055° 55.542' W	185,88 nm	144,6 °	556,17 nm	04:00 W	17.11.2025 01:55	17.11.2025 01:55	00d 13h 16m	01d 15h 55m	14,0 kt	-	-	GPS
17/11 02:00 Begin of the Ocean Passage for 7 days. Astronomical observations. BACH # 4011, 4114, 4404, 4103														
6	35° 53.747' N	006° 48.437' W	2311,37 nm	102,9 °	2867,54 nm	00:00 W	24.11.2025 03:01	24.11.2025 03:01	06d 21h 05m	08d 13h 01m	14,0 kt	-	-	GPS
End of Ocean Passage. Sea Passage for 1 day. Gibraltar Strait. VTS reports. BACH # 87, 91, 142, 773, 2437														
7	35° 53.747' N	005° 40.819' W	54,94 nm	090,0 °	2922,48 nm	00:00 W	24.11.2025 06:56	24.11.2025 06:56	00d 03h 55m	08d 16h 56m	14,0 kt	30	7,3	Tarifa
8	35° 59.626' N	005° 17.681' W	19,68 nm	072,6 °	2942,16 nm	00:00 W	24.11.2025 08:20	24.11.2025 08:20	00d 01h 24m	08d 18h 20m	14,0 kt	173	5,8	Punta Almina
9	35° 53.596' N	001° 16.618' W	195,83 nm	091,8 °	3137,99 nm	00:00 W	24.11.2025 22:20	24.11.2025 22:20	00d 13h 59m	09d 08h 20m	14,0 kt	-	-	GPS
10	35° 48.740' N	000° 39.653' W	30,44 nm	099,2 °	3168,43 nm	00:00 W	25.11.2025 00:30	25.11.2025 00:30	00d 02h 10m	09d 10h 30m	14,0 kt	163	5,8	Jetee
End of the Sea Passage. Pilot boarding & proceeding to the port VHF CH 12, 16, 14 BACH # 822, 812														
11	35° 43.481' N	000° 36.810' W	5,74 nm	156,2 °	3174,17 nm	00:00 W	25.11.2025 01:05	25.11.2025 01:05	00d 00h 34m	09d 11h 05m	10,0 kt	246	0,7	Jetee
12	35° 42.825' N	000° 38.023' W	1,19 nm	236,4 °	3175,36 nm	00:00 W	25.11.2025 01:15	XXXX	00d 00h 10m	09d 11h 15m	7,0 kt	41	0,5	Jetee
COMMENTS								PUBLICATIONS						
During pilotage a position on the chart every 6 min and before course alteration.								1. ALRS - NP 281(1, 2), 283(1, 2), 285, 286(1), 286(5), 286(3)						
All depths less than 10 m are highlighted								2. NP 202 - Tidal Tables,						
Reporting Points and Notes are marked on the charts.								3. NP 77, 81, 78 - Light List						
								4. NP 65, 67, 50, 45 - Sailing Directions						

Рисунок 2.3 – Маршрутный лист

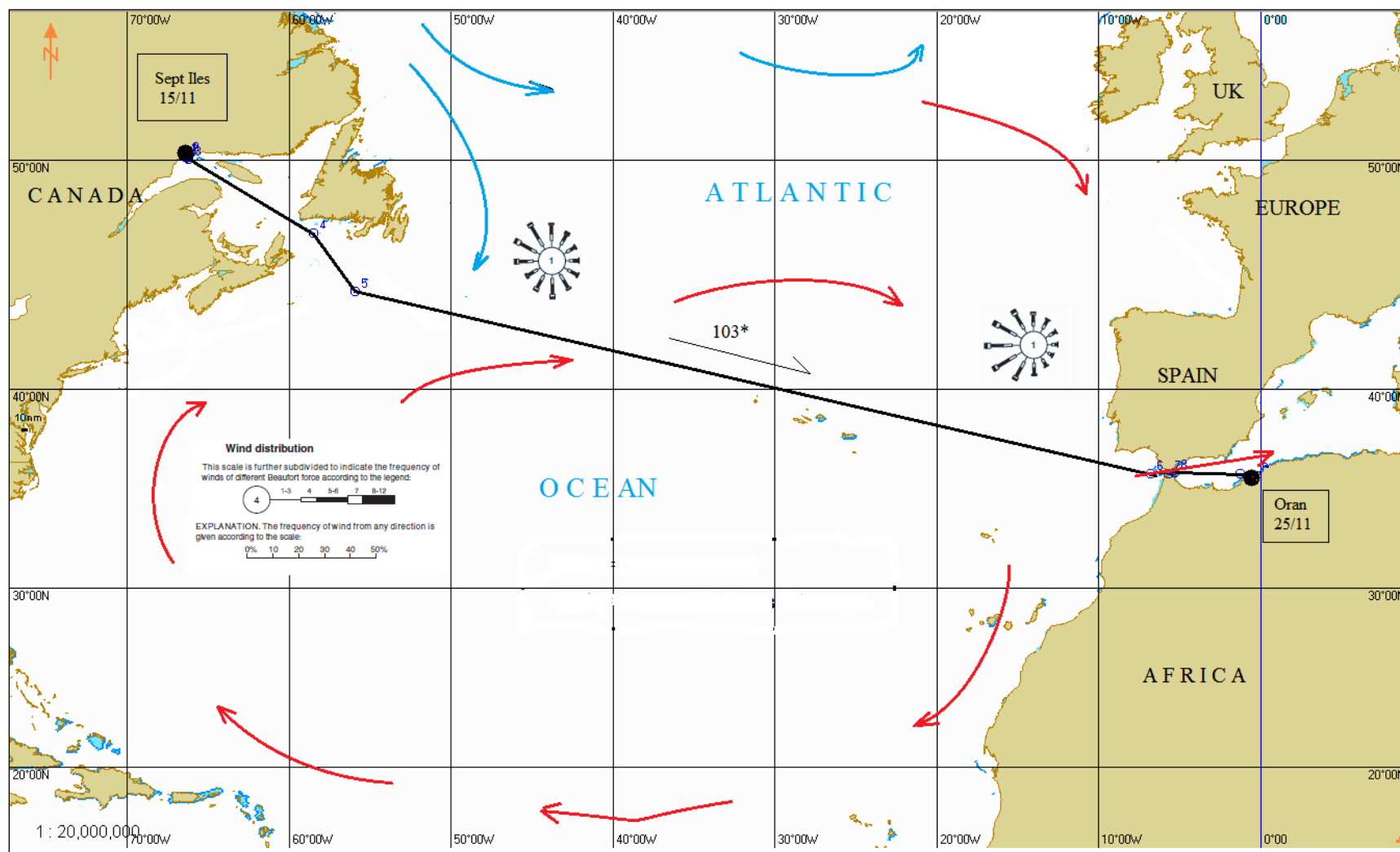


Рисунок 2.4 – Графічний план переходу

Місцевий час явища переводять у Грінвічний:

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

Грінвічний час явища переводять в судновий:

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

Таблиця 2.11 – Елементи освітленості

Дата	Початок навігац. сутінків	Сонце				Кінець нав. суме- рек	Луна		
		Схід		Захід			Схід Тс	Воз- раст, дни	Захід Тс
		Тс	А	Тс	А				
15.11	06.24	07.39	118	16.36	242	17.49	15.23	11	02.37
16.11	05.59	07.11	118	16.09	242	17.20	15.07	12	03.22
17.11	06.28	07.38	117	16.43	243	17.52	15.55	12	04.53
18.11	05.58	07.06	117	16.18	243	17.25	15.48	13	05.24
19.11	06.28	07.34	117	16.53	243	17.58	16.46	14	06.54
20.11	06.00	07.04	117	16.29	243	17.33	16.52	15	07.24
21.11	05.31	06.34	116	16.06	244	17.08	17.06	16	07.53
22.11	06.04	07.05	116	16.43	244	17.43	18.29	17	09.21
23.11	05.36	06.36	116	16.20	244	17.20	19.00	18	09.45
24.11	06.10	07.08	115	16.58	245	17.57	20.38	19	11.05
25.11	05.49	06.48	115	16.51	245	17.50	21.38	20	11.34

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) і ін. Випадкові коливання рівня відбуваються під впливом неперіодична 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. Нижче представлена таблиця повних і малих вод для порту відходу, в порту приходу приливо-відливних явища не спостерігаються, то розрахунок висот повних і малих вод проводити не слід.

Таблиця 2.10 – Час настання повних і малих вод.

Септ Іль			
15.11.23		15.11.23	
Тп	hп	Тп	hп
11:12	3.1	23:22	3.7
Тм	hм	Тм	hм
05:16	2.0	16:47	2.2

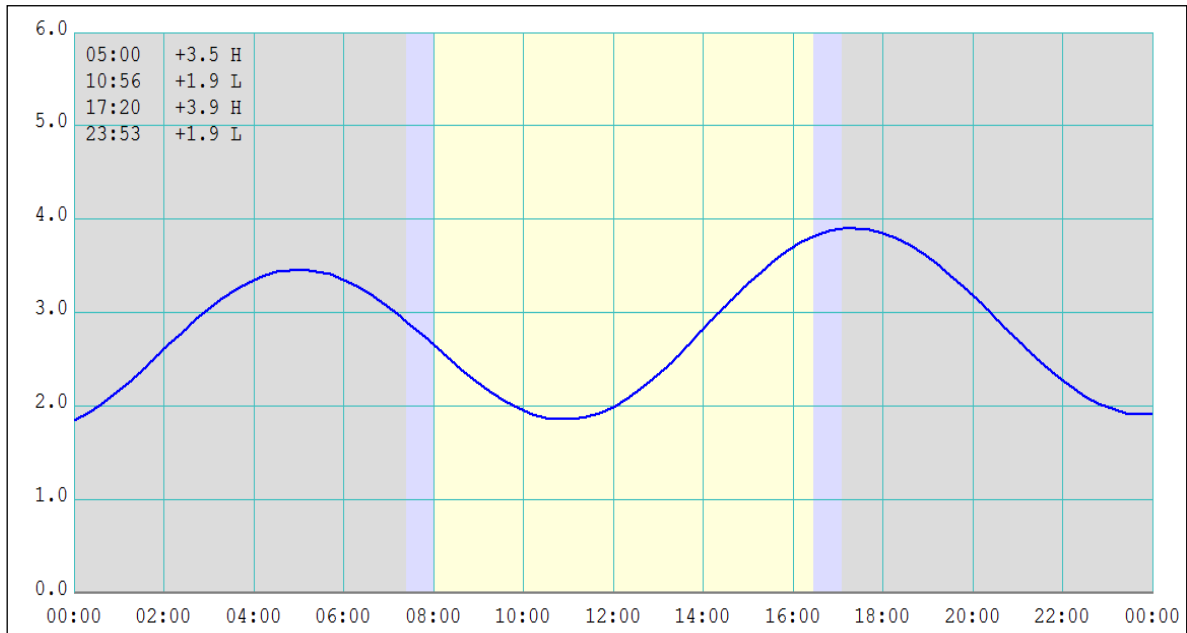


Рисунок 2.5 - Графік повної і малої води для порту Септ Іль

2.4 Висновок

Даний розділ проекту виконаний для економічного та безпечного переходу з порту Септ Іль до порту Оран.

За каталогом карток, книг і посібників з маршрутами проведений підбір необхідної літератури. Виконано маршрутний план переходу, розраховане плавання по них і природна освітленість за маршрутом переходу.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Транспортні характеристики вантажів

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

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

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

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

Скважистість пшениці – 35-45%.

Вологість є найважливіший показник стану вантажу, оскільки від нього залежить самонагрівання. Підвищена вологість приводить до псування пшениці.

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

Варто пам'ятати, що зерно вимагає певного тепловологістного і вентиляційного режиму збереження. Вологість дуже впливає на результати перевезення. Гігроскопічний зміст вологи в масі зерна залежить від відносної

вологості повітря. Сорбційні властивості зерна включають в себе два основних явища: сорбція парів і газів, тобто здатність маси зерна поглинати й утримувати пари і газу, гігроскопічність – здатність поглинати і виділяти пари води. За існуючими правилами хлібні вантажі не приймають до перевезення з вологість вище 16%. Вологість дуже впливає на протікання біологічних процесів у зерновій масі, головним з яких варто вважати подих зерна. Процес подиху приводить до втрати маси сухої речовини зерна, збільшенню кількості гігроскопічної вологи, зміні властивості повітря у вантажному приміщенні (появі вуглекислого газу), а також виділенню тепла. Це може привести до самонагрівання зерна.

Усі хлібні вантажі, які перевозяться на судні, повинні мати якісні посвідчення.

Перевізник зобов'язаний урахувати всі зазначені властивості вантажу й забезпечити раціональне завантаження судна й схоронність перевезеного вантажу.

Практика перевезення показала, що зерно можна перевозити при повній герметизації, але термін безпечного перевезення зерна в режимі герметизації залежить від вологості зерна і температури. При вологості 15% і температурі 10°C – термін більш 6 місяців, а при температурі 20°C – 33 доби.

При навантаженні зерна необхідно:

1. Усі вільні поверхні зерна повинні бути вирівняні для зведення до мінімуму впливу зміщення зерна шляхом застосування всіх необхідних і розумних заходів щодо його штивки.
2. У будь-якому «заповненому відсіку, зі штивки» зерно насипом повинно бути расштівано таким чином, щоб заповнити в максимально можливій мірі всі простори під палубами і кришками люків
3. У будь-якому «заповненому відсіку без штивки» зерно насипом має заповнити в максимально можливій мірі люковий отвір, але може знаходитися під кутом природного укосу поза периметром люкового отвори.

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

- глава VI Конвенції СОЛАС - 74/81;
- Міжнародний кодекс по безпечному перевезенню зерна насипом (Міжнародний зерновий кодекс, МЗК);
- BLU Code.

Основні транспортні характеристики вантажу який перевозиться представимо в табличній формі.

Таблиця 3.1 - Об'ємно-масові характеристики вантажу

Найменування вантажу	Вид тари	Питомий вантажний об'єм м ³ /т	Валові норми вантажних робіт т/добу	
			навантаження	Вивантаження
Пшениця	Навалом	1,24	12000	9000

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

Властивості зернових вантажів, характеристики вантажних приміщень і умови майбутнього рейсу визначають підготовку судна до прийому вантажу.

Вантажні пристрої судна повинні бути цілком підготовлені згідно з договором морського перевезення.

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

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

По закінченні підготовки судна до вантажних робіт капітан подає на ім'я начальника порту чи на адресу відправника вантажу Повідомлення капітана, яким він формально фіксує фактичну готовність судна до навантаження. У Повідомленні капітана повідомляють про дату, час готовності судна до прийому (здачі) вантажу через відповідні люки трюмів, вантажопідйомності суднових вантажних засобів, часу прийому палива і води й інші потреби судна.

До початку вантажних операцій факт готовності вантажних приміщень оформляють актом.

Перевезення вантажів морським транспортом у трамповому судноплавстві здійснюється на основі договору морського перевезення у формі Чартер-партії (Charter Party).

Договір морського перевезення вантажу повинен укладатися в письмовій формі.

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.

Коносамент — один з головних інструментів в операціях, зв'язаних з використанням морських суден. З юридичної сторони коносамент при перевізках по чартеру являє собою дві функції:

- розписку перевізника про приймання вантажу зазначеного роду, у зазначеній кількості і стані;
- товаророзпорядчий документ, що дозволяє його власникові розпоряджатися вантажем.

Видача коносаменту допускається тільки після приймання вантажу до перевезення. Він видається один раз для перевезення даної партії вантажу.

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

Делівері-ордер (частковий коносамент)-товаророзпорядчий документ, який видається перевізником або вантажоодержувачем з підтвердженням капітаном судна. Використовується у випадку продажу вантажоодержувачем товару до того, як він прийняв доставку. Товар може бути куплений різними покупцями, на кожний з них випишується делівері-ордер на відповідну частину товару.

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

Морська накладна - 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.

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.

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.

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

3.3 Розрахунок чистої вантажопідйомності судна

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

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

Перехід Септ Іль – Оран починається в зоні дії зимової вантажної марки і закінчується в зоні дії літньої вантажної марки без обмеження по осадці. За розрахункову водотоннажність приймаємо, встановлену для зони дії зимової вантажної марки.

Водотоннажність для зимової вантажної марки (з ТЕХ судна):

$$\Delta_p = 67371 \text{ т.}$$

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

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

де Δ_0 - водотоннажність судна порожнього, т.

$$\Delta_w = 67371 - 10952 = 56419 \text{ т}$$

Ходовий час визначається по формулі:

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

де V_s - швидкість судна;

S - довжина траси переходу, миль;

$t_{зп}$ - час затримок судна, діб.

$$t_x = 3175,76 / (14,0 \cdot 24) + 0,05 = 9,5 \text{ діб.}$$

Нормативна тривалість стояночного часу розраховується по формулі:

$$t_{ст} = \frac{\sum Q_i}{M},$$

де Q_i - маса вантажу одного найменування, т;

M - валова норма вантажних робіт, т/добу.

$$t_{ст} = 55275 / 9000 = 6,1 \text{ діб}$$

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:

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

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

$$P_T^x = q_T^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}};$$

$$P_B^x = q_B^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}};$$

$$P_{\text{см}}^x = q_{\text{м}}^x \cdot t_x \cdot k_{\text{шт}};$$

де $q_T^x, q_B^x, q_{\text{см}}^x$ - добова норма витрати палива, води і мастила на ходу судна відповідно, т/добу.

$$P_T^x = 48 \cdot 9,5 \cdot 1,2 = 547,2 \text{ т}$$

$$P_B^x = 5 \cdot 9,5 \cdot 1,2 = 57,0 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^x = 0,25 \cdot 9,5 \cdot 1,2 = 2,9 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^x = 547,2 + 57,0 + 2,9 = 607,1 \text{ т}$$

Аналогічно знаходять кількість стояночних запасів:

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

$$P_T^{\text{ст}} = q_T^{\text{ст}} \cdot t_{\text{ст}};$$

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

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

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

$$P_T^{\text{ст}} = (3+0,5) \cdot 6,1 = 21,4 \text{ т}$$

$$P_B^{\text{ст}} = 5 \cdot 6,1 = 30,5 \text{ т}$$

$$P_{\text{см}}^{\text{ст}} = 0,03 \cdot 6,1 = 0,2 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}}^{\text{ст}} = 21,4 + 30,5 + 0,2 = 52,1 \text{ т}$$

$$P_{\text{зап}} = 607,1 + 52,1 = 659,2 \text{ т}$$

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 692,5 т; дизельного палива 78,9 т; води 100,0 т.

$$\text{Усього } P_{\text{зап}} = 926,4 \text{ т}$$

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

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

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

$$\Delta_{\text{ч}} = 56419 - (926,4 + 214,5) = 55278,1 \text{ т}$$

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

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

Найменування вантажу	Маса вантажу, т Q_i	Питомий вантажний об'єм вантажу, м ³ /т, U_i	Об'єм який займає вантаж м ³ , V_i
Пшениця	55275	1,24	68541

3.4 Складання вантажного плану

Перевізник несе відповідальність за неправильне розміщення вантажів на судні. Неправильне чи невдале розміщення вантажів, перевантаження окремих відсіків неминуче приводить до перенапруги корпусу, а в окремих випадках до ушкоджень і навіть аварії судна. Тому судно повинне бути завантажено так, щоб не з'явилося крену, були належний диферент і достатня остійність, не були

порушені умови місцевої і загальної міцності. Це досягається відповідним розподілом вагового навантаження по вантажних приміщеннях судна.

У практиці використовується принцип розподілу вагового навантаження по довжині судна пропорційне 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 3.3 – 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	Фактичний розподіл вантажу, т
Трюм №1	13254,2	0,18525	10240	8868
Трюм №2	14891,1	0,20812	11504	11809
Трюм №3	14804,7	0,20692	11437	11755
Трюм №4	14891,1	0,20812	11504	11880
Трюм №5	13708,2	0,19159	10590	10963
Всього	71549,3	1	55275	55275

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

3.5 Характеристика експлуатаційних умов рейсу

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

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

Порт відходу: Септ-Іль (Канада). Густина води $\rho=1,025 \text{ т/м}^3$.

У порту Септ –Іль діє зимова вантажна марка.

В порту можливе виконання незначного ремонту.

Прісна вода: Доступна зі швидкістю 35 т/год. Більшість видів бункеру можливо отримати, потрібно попередити за 48 годин. Провізію можливо поповнити при наявності.

Державні свята: Порт доступний у будь-який час.

Час роботи: протягом 24 годин.

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

У порту Оран діє літня вантажна марка.

Державні свята: 1 січня, 6 січня, 19 березня, Долорес П'ятниця, (за тиждень до Страсної п'ятниці), Страсна п'ятниця, 1 травня, 9 червня, 16 липня, 15 серпня, 12 жовтня, остання п'ятниця, вересень, 1 листопада, 6, 8 і 25 грудня.

Час роботи: Стивідори, 08.00-12.00 годин та 13.30-17.30 годин. З 18.00-20.00 годин (30% понаднормово). З 20 00-02 00 годин та 02 00-08 00 годин (100% понаднормово). Субота 08 00-14 00 год. та 14 00-23 59 год. та неділя та свята (100% понаднормово). Портові офіси, 08.00-15.00 годин.

Відстань між портами: $S = 3175,76$ миль

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДНА

4.1 Розрахунок водотоннажності й координат центра ваги судна

Абсциси відраховуються від кормового перпендикуляру. 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 $\rho = 0,95 \text{ т/м}^3$						
№4 Tank (Ps)	364,8	260	103,77	7,79	26980	2025
№4 Tank (Sb)	364,8	260	103,77	7,79	26980	2025
HFO Daily Tank	50,6	49,8	12,59	8,625	627	430
HFO Settl. (Ps)	62,4	61,2	13,172	9,182	806	562
HFO Settl. (Sb)	62,4	61,5	13,172	9,182	810	565
Всього моторного палива		692,5			56203	5607
Дизельне паливо $\rho = 0,87 \text{ т/м}^3$						
MDO Daily	45,9	40,5	18,193	9,325	737	378
MDO Settl.	47,9	38,4	19,690	9,469	756	364
Всього дизельного палива		78,9			1493	742
Мастило $\rho = 0,90 \text{ т/м}^3$						
LO Stor. DG	17,6	8,8	21,7	9,33	191	82
LO Settl.	27,5	11,2	23,99	9,16	269	103
LO Stor. Cyl.	32,3	16,5	26,58	8,96	439	148
LO Stor.	37,2	9,6	29,18	8,75	280	84
LO Sump.	26,6	8,9	23,95	1,12	213	10
Всього мастила		55,0			1392	427

Продовження табл.4.1

1	2	3	4	5	6	7
Вода $\rho = 1,00 \text{ т/м}^3$						
F.W. Tank (Ps)	131,1	100,0	1,798	12,197	180	1220
Всього води		100,0			180	1220
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		926,4	63,98	8,63	59268	7996

Таблиця 4.2 – Розподіл запасів на прихід

Найменування цистерн	Місткі- сть, т	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
			x	z	M _x	M _z
Моторне паливо ρ = 0,95 т/м³						
№4 Tank (Ps)	364,8	30	103,77	7,79	3113	234
№4 Tank (Sb)	364,8	34	103,77	7,79	3528	265
HFO Daily Tank	50,6	49,8	12,59	8,625	627	430
HFO Settl. (Ps)	62,4	61,2	13,172	9,182	806	562
HFO Settl. (Sb)	62,4	61,5	13,172	9,182	810	565
Всього моторного палива		236,5			8884	2056
Дизельне паливо ρ = 0,87 т/м³						
MDO Daily	45,9	40,5	18,193	9,325	737	378
MDO Settl.	47,9	38,4	19,690	9,469	756	364
Всього дизельного палива		78,9			1493	742
Мастило ρ = 0,90 т/м³						
LO Stor. DG	17,6	8,6	21,7	9,33	187	80
LO Settl.	27,5	11,0	23,99	9,16	264	101
LO Stor. Cyl.	32,3	14,5	26,58	8,96	385	130
LO Stor.	37,2	9,6	29,18	8,75	280	84
LO Sump.	26,6	8,9	23,95	1,12	213	10
Всього мастила		52,6			1329	405
Вода ρ = 1,00 т/м³						
F.W. Tank (Ps)	131,1	52,5	1,798	12,197	94	640
Всього води		52,5			94	640
ВСЬОГО ЗАПАСІВ:		420,5	28,06	9,14	11800	3843

Розподіл вантажів представлений у табл.4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл вантажів

Найменування приміщень	Об'єм прим., м ³	Об'єм вантажу, м ³	% заповнення	Маса вантажу, т	Плечі, м		Моменти, тм		
					x	z	M _x	M _z	m _{gy}
Трюм №1	13254,2	10996,3	83	8868	160,67	8,88	1424822	78748	11731
Трюм №2	14891,1	14643,2	98	11809	131,74	10,3	1555718	121633	1577
Трюм №3	14804,7	14576,2	99	11755	101,72	10,32	1195719	121312	1495
Трюм №4	14891,1	14731,2	99	11880	71,7	10,3	851796	122364	1576
Трюм №5	13708,2	13594,1	99	10963	42,42	10,68	465050	117085	1414
ВСЬОГО ВАНТАЖУ		68541		55275	99,38	10,15	5493105	561142	17793

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

Таблиця 4.4 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на відхід

Найменування статей навантаження	На відхід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	10952	83,59	11,65	915478	127591
Константа	214,5	39,75	20,44	8526	4384
Суднові запаси	926,4	63,98	8,63	59268	7996
Вантаж	55275	99,38	10,15	5493105	561142
РАЗОМ ВОДОТОННАЖНІСТЬ:	67367,9	96,13	10,41	6476377	701113

Таблиця 4.5 – Зведені дані і розрахунок водотоннажності на прихід

Найменування статей навантаження	На прихід				
	Маса, т	Плечі, м		Моменти, тм	
		x	z	M _x	M _z
Судно порожнє	10952	83,59	11,65	915478	127591
Константа	214,5	39,75	20,44	8526	4384
Суднові запаси	420,5	28,06	9,14	11800	3843
Вантаж	55275	99,38	10,15	5493105	561142
РАЗОМ ВОДОТОННАЖНІСТЬ:	66862	96,15	10,42	6428909	696960

Схематично вантажний план представлений на рис.4.1.

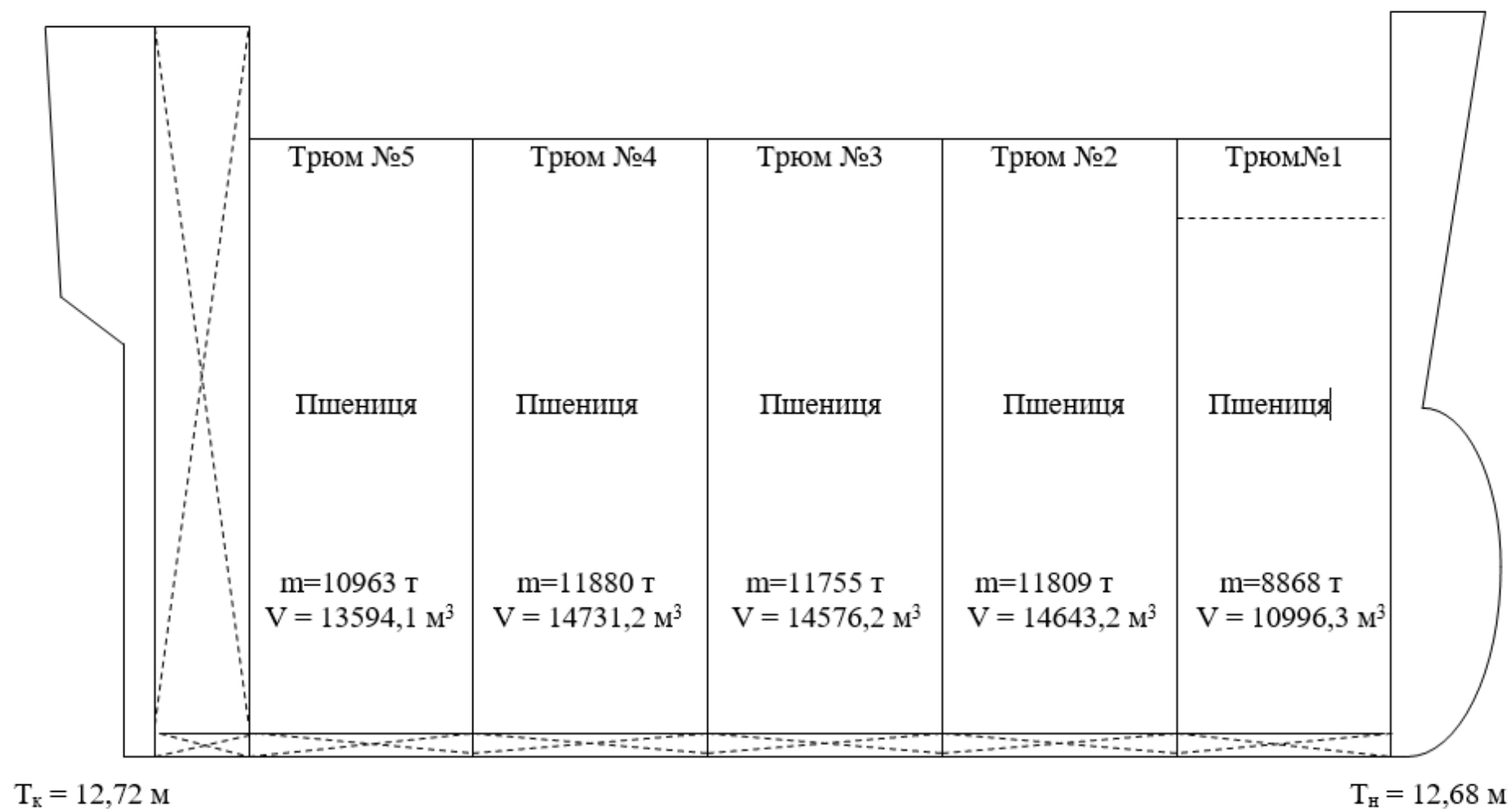


Рисунок 4.1 – Схема вантажного плану судна

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 – Розрахунки посадки судна на відхід і на прихід

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	67367,9	66862
Абсциса центра ваги судна, м	x_g	96,13	96,15
Водотоннажність об'ємна, м ³	$V = D / \rho$	65725	65231
Густина заборотної води, т/м ³	ρ	1,025	1,025
Осадка судна, м	T	12,68	12,59
Момент диферентуючий на 1 см, тм/см	M_{cm}	863,17	862,34
Абсциса центра величини судна, м	x_c	96,18	96,21
Абсциса Ц.В. площі ватерлінії, м	x_f	88,47	88,51
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	13,87	13,87
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,868	0,867
Диферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100M_{cm})$	-0,04	-0,05
Осадка судна носом, м	$T_H = T + (L/2 - x_f) d/L$	12,68	12,59
Осадка судна кормою, м	$T_K = T_H - d$	12,72	12,64

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 судових цистернах, що приводиться в Інформації.

Таблиця 4.7 – Виправлення на вплив вільної поверхні рідких вантажів

Найменування цистерн	Δm_h , тМ
1	2
№4 Tank (Ps)	255,6

Продовження табл.4.7

1	2
№4 Tank (Sb)	255,6
HFO Settl. (Ps)	181
HFO Settl. (Sb)	181
MDO Daily	62,1
MDO Settl.	37,4
F.W. Tank (Ps)	29
Сума: $\Sigma \Delta m_h$	1001,7

Розрахунок параметрів початкової остійності виконаний у табл.4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок параметрів початкової остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
Водотоннажність масова, т	D	67367,9	66862
Невиправлена апліката центра ваги судна, м	z_{g0}	10,41	10,42
Апліката поперечного метацентра, м	z_m	13,87	13,87
Невиправлена метацентрична висота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	3,46	3,45
Виправлення на вільні поверхні, м	$\Delta h = \Sigma \Delta m_h / D$	0,01	0,01
Виправлена апліката центра ваги судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta h$	10,42	10,43
Виправлена метацентрична висота, м	$h = h_0 - \Delta h$	3,45	3,44

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	67367,9	66862
Виправлена апліката Ц.В. судна, м	z_g	10,42	10,43
Максимальна гранична апліката Ц.В., м	$z_g^{\max}$	12,62	12,62

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

4.4 Розрахунок і побудова діаграм остійності

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

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

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

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

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

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

Таблиця 4.10 – Розрахунок плечей статичної остійності на відхід

Водотоннажність D, т							67367,9	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							10,41	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							10,42	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
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	2,425	0,174	1,813	0,612	4	2,448	3	1,836
20	4,869	0,342	3,564	1,305	2	2,610	3	3,915
30	6,906	0,500	5,210	1,696	4	6,784	1	1,696
40	8,607	0,643	6,700	1,907	1	1,907	$\sum_{30}$	7,447
50	9,857	0,766	7,982	1,875	$\sum_{40}$	13,749	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 7,447/8 = 0,487$	
60	10,553	0,866	9,024	1,529	$a_{0-40} = 0,1745 \times 13,749/3 = 0,800$			
70	10,807	0,940	9,795	1,012				

					$a_{30-40} = 0,800 - 0,487 = 0,313$
--	--	--	--	--	-------------------------------------

Таблиця 4.11 – Розрахунок плечей статичної остійності на прихід

Водотоннажність D, т							66862,0	
Апліката центра ваги судна z_{g0} , м							10,42	
Апліката умовного центра мас z_m , м (полюс – точка «O»)							0,00	
Виправлена апліката центра ваги судна, $z_g = z_{g0} + \Delta h$, м							10,43	
$\Delta\theta = 0,1745 \approx 10^\circ/57,3$								
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	2,427	0,174	1,815	0,612	4	2,448	3	1,836
20	4,876	0,342	3,567	1,309	2	2,618	3	3,927
30	6,935	0,500	5,215	1,720	4	6,880	1	1,720
40	8,641	0,643	6,706	1,935	1	1,935	Σ_{30}	7,483
50	9,891	0,766	7,989	1,902	Σ_{40}	13,881	$a_{0-30} = 3 \times 0,1745 \times 7,483 / 8 = 0,490$	
60	10,580	0,866	9,032	1,548	$a_{0-40} = 0,1745 \times 13,881 / 3 = 0,807$			
70	10,809	0,940	9,804	1,005				
					$a_{30-40} = 0,807 - 0,490 = 0,317$			

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.

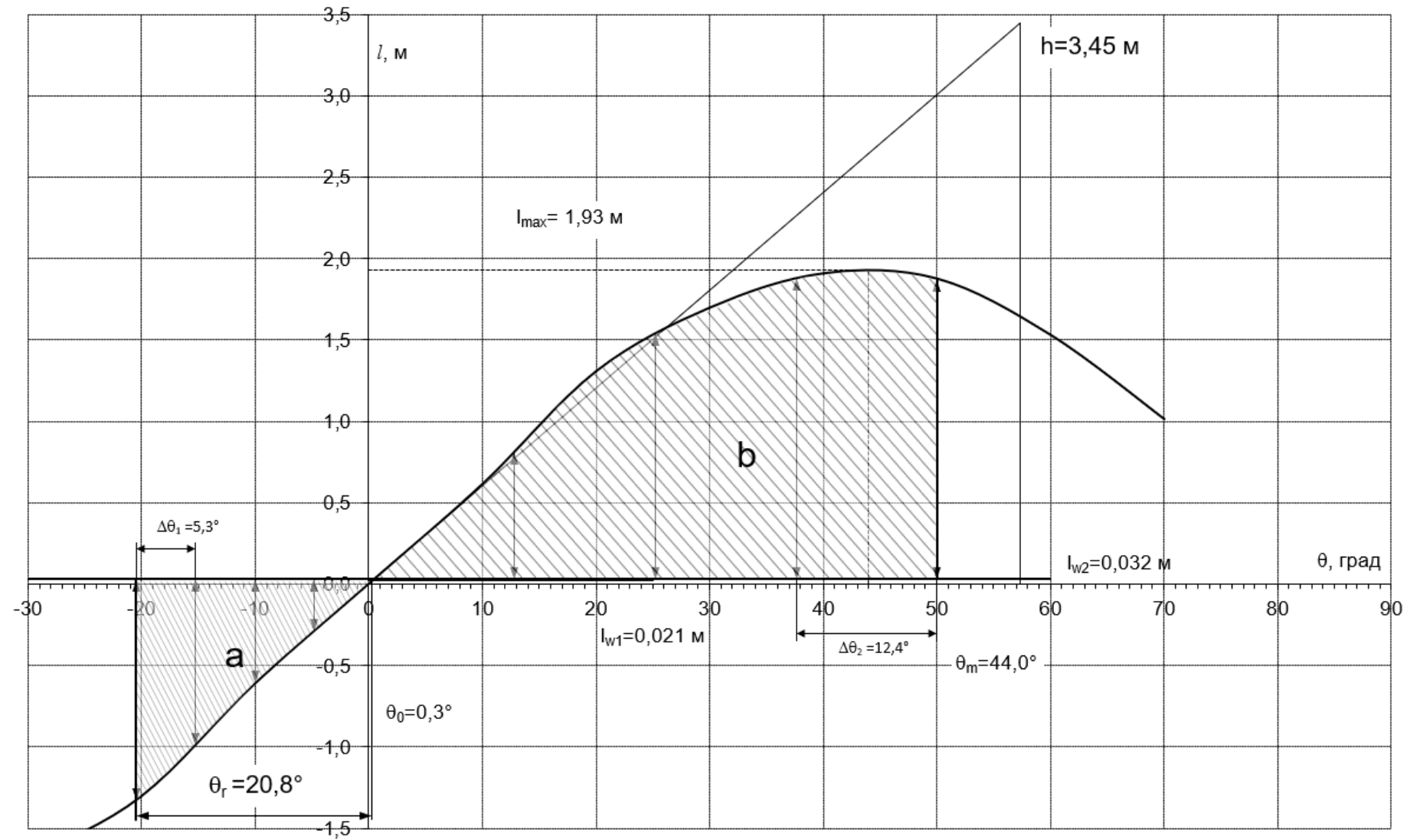


Рисунок 4.2 - Діаграма статичної остійності на відхід і визначення критерію погоди

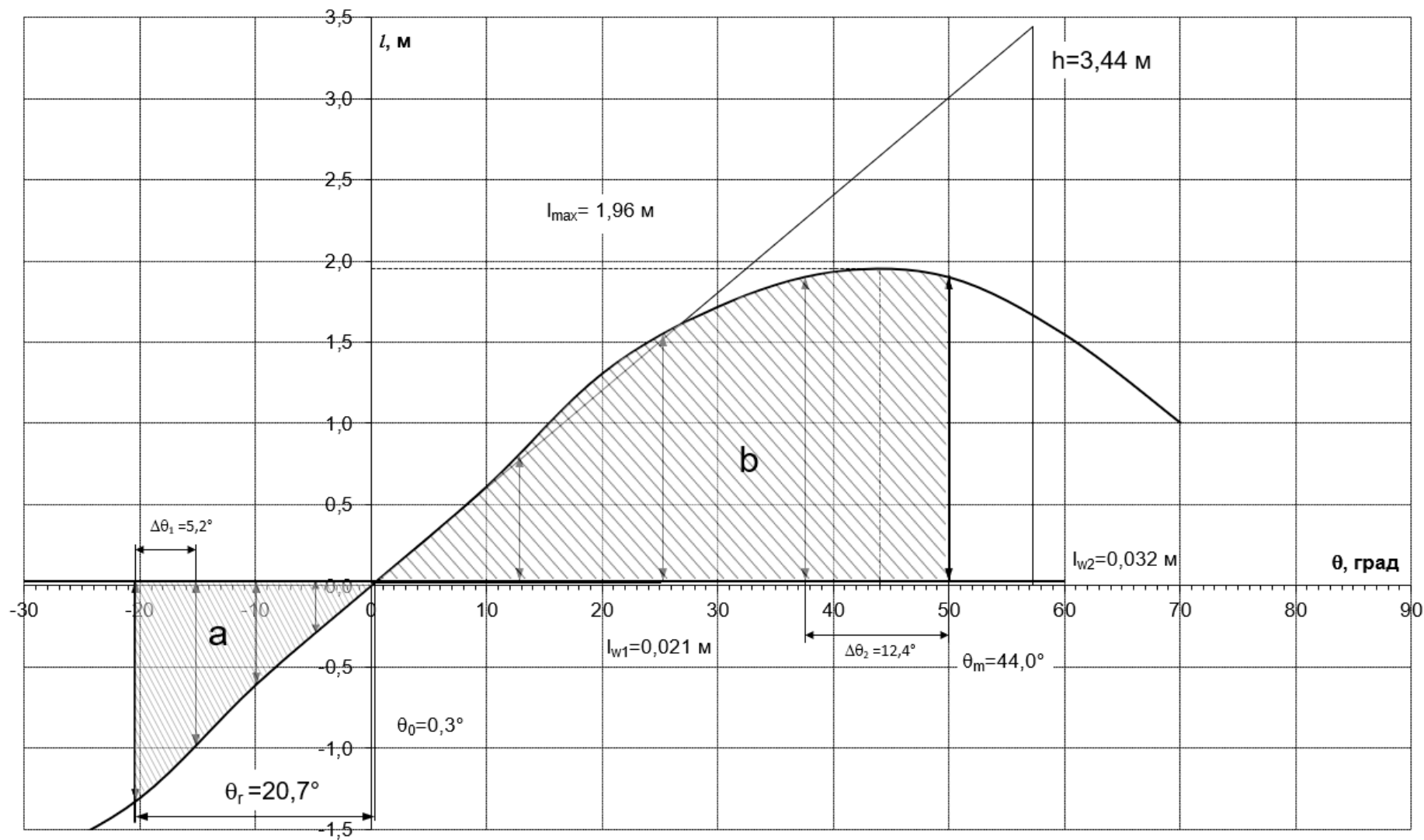


Рисунок 4.3 - Діаграма статичної остійності на прихід і визначення критерію погоди

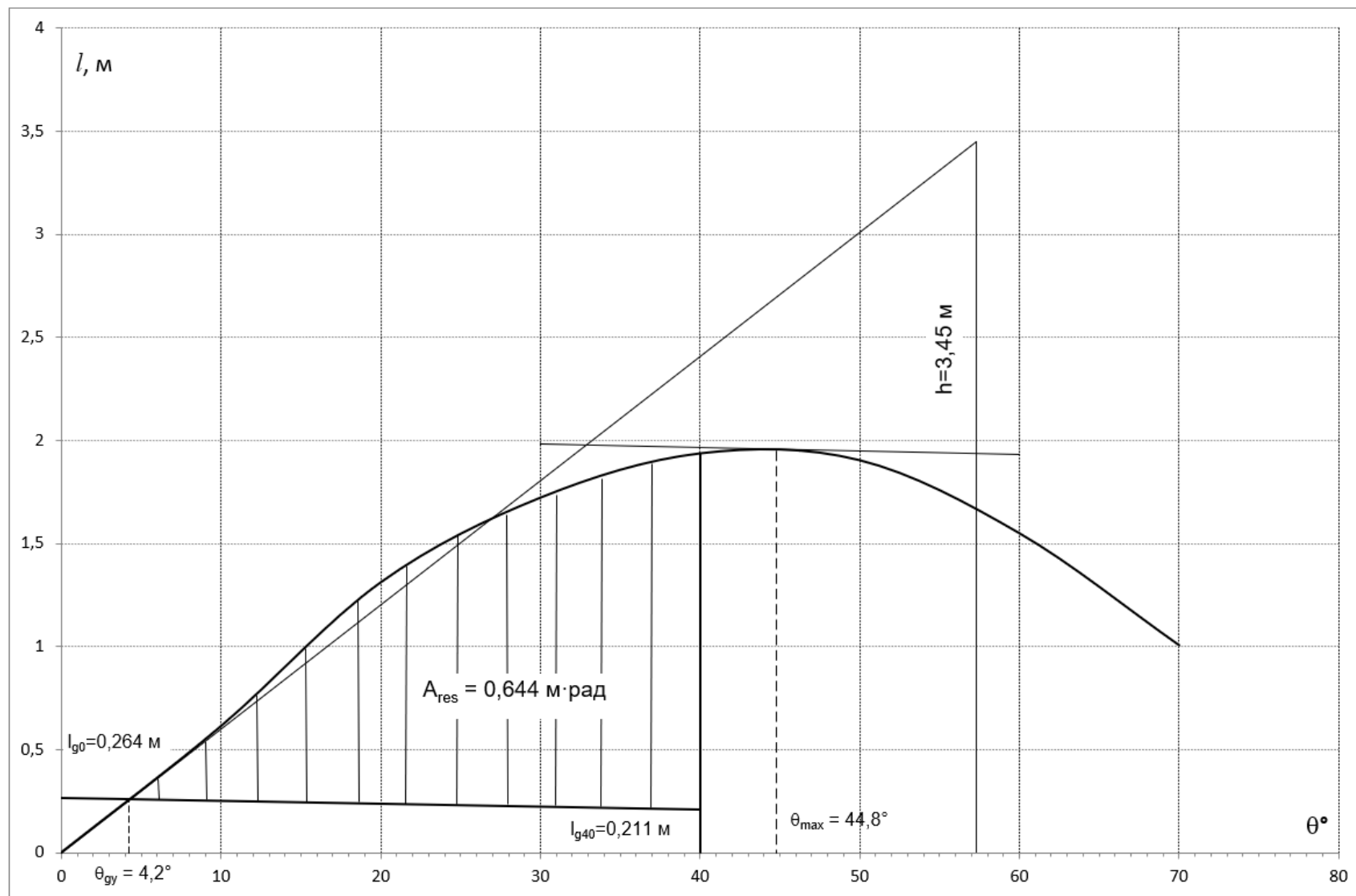


Рисунок 4.4 - Діаграми остійності на відхід і визначення параметрів остійності при перевозці зерна

Таблиця 4.12 - Розрахунок нормованих параметрів остійності

Найменування величин	Позначення і формули	Значення величин	
		відхід	прихід
1	2	3	4
Водотоннажність масова, т	D	67367,9	66862
Осадка судна, м	T	12,68	12,59
Виправлена метацентрична висота, м	h	3,45	3,44
Площа парусності, м ²	A _v	2034	2050
Апліката центра парусності (ЦП), м	z	7,24	7,27
Плече парусності при постійному вітрі, м	$z_v = z + T/2$	13,58	13,57
Плече кренувального моменту від тиску вітру, м	$l_{w1}=0,504 A_v z_v / (g D)$	0,021	0,021
Кренувальне плече від пориву вітру, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,032	0,032
Відносна площа скулових кілей, %	$100 A_k / (L B)$	0,855	
Коефіцієнт	k	0,983	
Відносна ширина	B/T	2,54	2,56
Безрозмірний множник	X ₁	0,972	0,968
Коефіцієнт загальної повноти	δ	0,868	0,867
Безрозмірний множник	X ₂	1,000	1,000
Інерційний коефіцієнт	$c=0,373+0,023B/T-0,043L/100$	0,352	0,352
Період хитамиці, с	$T_0 = 2 c B / \sqrt{h}$	12,2	12,2
Коефіцієнт	S	0,0638	0,0638
Коефіцієнт	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,623	0,627
Амплітуда хитамиці, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	20,8	20,7
Кут заливання, °	θ _f	>60	>60
Кут входу палуби у воду, °	$\theta_d = \arctg(2(H - T) / B)$	18,3	18,6
Кут крену від постійного вітру, °	θ ₀	0,3	0,3
Кут крену при хитамиці назустріч вітру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	20,5	20,4
Границя площ. “b” діаграми праворуч, °	θ _b	50	50
Площа “a” діаграми, м-рад	a	0,244	0,243
Площа “b” діаграми, м-рад	b	1,108	1,118
Критерій погоди	$K = b / a$	4,54	4,60
Момент, що кренить, від зсуву вантажу, тм	M _{gy}	17793	
Крен. плече від зсуву вантажу при крені 0°, м	$l_{g0} = M_{gy} / D$	0,264	0,266

Продовження табл.4.12

1	2	3	4
Крен. плече від зсуву вантажу при крені 40° , м	$l_{g40} = 0,8 l_{g0}$	0,211	0,213
Кут крену від зсуву вантажу, $^\circ$	θ_{gy}	4,2	4,4
Кут найбільшої різниці між l і крен.плечем, $^\circ$	$\theta_{\max}$	44,8	44,8
Границя залишкової площі ДСО праворуч, $^\circ$	θ_{res}	40	40
Залишкова площа ДСО, м рад	A_{res}	0,644	0,649

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (20,5 + 1,5 \cdot 0,3)/4 = 5,25^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,25^\circ/57,3 = 0,0916$ рад		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,3)/4 = 12,4^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,4^\circ/57,3 = 0,2164$ рад		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,362$	1	1,362	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,020$	4	4,080	$b_2 = 0,778$	4	3,112
$a_3 = 0,642$	2	1,284	$b_3 = 1,508$	2	3,016
$a_4 = 0,320$	4	1,280	$b_4 = 1,848$	4	7,392
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,843$	1	1,843
		$\Sigma_a = 8,006$			$\Sigma_b = 15,363$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 8,006 \times 0,0916 = 0,244$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 15,363 \times 0,2164 = 1,108$		

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

$\Delta\theta_1 = (\theta_1 + 1,5\theta_0)/4 = (20,4 + 1,5 \cdot 0,3)/4 = 5,23^\circ$			$\Delta\theta_1^{\text{рад}} = 5,23^\circ/57,3 = 0,0912 \text{ рад}$		
$\Delta\theta_2 = (\theta_b - 1,5\theta_0)/4 = (50 - 1,5 \cdot 0,3)/4 = 12,4^\circ$			$\Delta\theta_2^{\text{рад}} = 12,4^\circ/57,3 = 0,2164 \text{ рад}$		
a_i	k_i	$a_i \cdot k_i$	b_i	k_i	$b_i \cdot k_i$
$a_1 = 1,360$	1	1,360	$b_1 = 0$	1	0
$a_2 = 1,020$	4	4,080	$b_2 = 0,776$	4	3,104
$a_3 = 0,640$	2	1,280	$b_3 = 1,520$	2	3,040
$a_4 = 0,320$	4	1,280	$b_4 = 1,870$	4	7,480
$a_5 = 0$	1	0	$b_5 = 1,870$	1	1,870
		$\Sigma_a = 8,000$			$\Sigma_b = 15,494$
$a = \frac{1}{3} \Sigma_a \cdot \Delta\theta_1^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 8,000 \times 0,0912 = 0,243$			$b = \frac{1}{3} \Sigma_b \cdot \Delta\theta_2^{\text{рад}} = \frac{1}{3} 15,494 \times 0,2164 = 1,118$		

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	
1	2	3	4	5	6
<i>Загальні вимоги:</i>					
Площа під ДСО до кута крену 30° , м·рад	A_{30}	$\geq 0,055$	0,487	0,490	YES
Площа під ДСО до кута крену 40° , м·рад	A_{40}	$\geq 0,09$	0,800	0,807	YES
Площа під ДСО між 30° і 40° , м·рад	A_{30-40}	$\geq 0,03$	0,313	0,317	YES
Плече ДСО при куті крену 30° або більше, м	l_{30}	$\geq 0,20$	1,696	1,720	YES
Кут крену, що відповідає максимуму ДСО, $^\circ$	θ_m	≥ 25	44,0	44,0	YES
Виправлена метацентрична висота, м	h	$> 0,15$	3,45	3,44	YES
Критерій погоди	K	≥ 1	4,54	4,60	YES
Кут крену від постійного вітру, $^\circ$	θ_0	$\leq 14,6$	0,3	0,3	YES

Продовження табл.4.15

1	2	3	4	5	6
<i>Спеціальні вимоги при перевезенні зерна:</i>					
Виправлена метацентрична висота, м	h	$\geq 0,30$	3,45	3,44	YES
Кут крену від зсуву вантажу, °	θ_{gy}	≤ 12	4,2	4,4	YES
Залишкова площа ДСО, м рад	A_{res}	$\geq 0,075$	0,644	0,649	YES

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

4.7 Перевірка загальної подовжньої міцності корпусу

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

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

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

Результати розрахунку по судовій програмі перерізуючої сили, SF і згинального моменту BM на відхід судна представлені в табл.4.16.

Таблиця 4.16. – Перевірка подовжньої міцності на відхід

Пере-різ	X, м	SF, т	SF _{sea} , %	Доп.SF, т	BM, тм	BM _{sea} ,%	Доп.BM, тм
35	26,90	-1769	37,7	-4700	-14515	21,7	-66880
69	56,14	-625	8,4	-7450	-50149	42,5	-118133
104	86,24	334	5,4	6200	-54254	45,2	-120000
140	117,20	442	7,3	6020	-42106	35,1	-120000
175	147,30	556	7,1	7920	-27153	30,2	-90081
208	175,68	1178	44,5	2650	-5092	12,6	-40336

Максимальна перерізуюча сила -1769 т на 35 шпангоуті.

Максимальний згинальний момент -54254 тм на 104 шпангоуті.

На рис.4.5. представлена еюра міцності на відхід.

Протягом всього рейсу загальна подовжня міцність забезпечена.

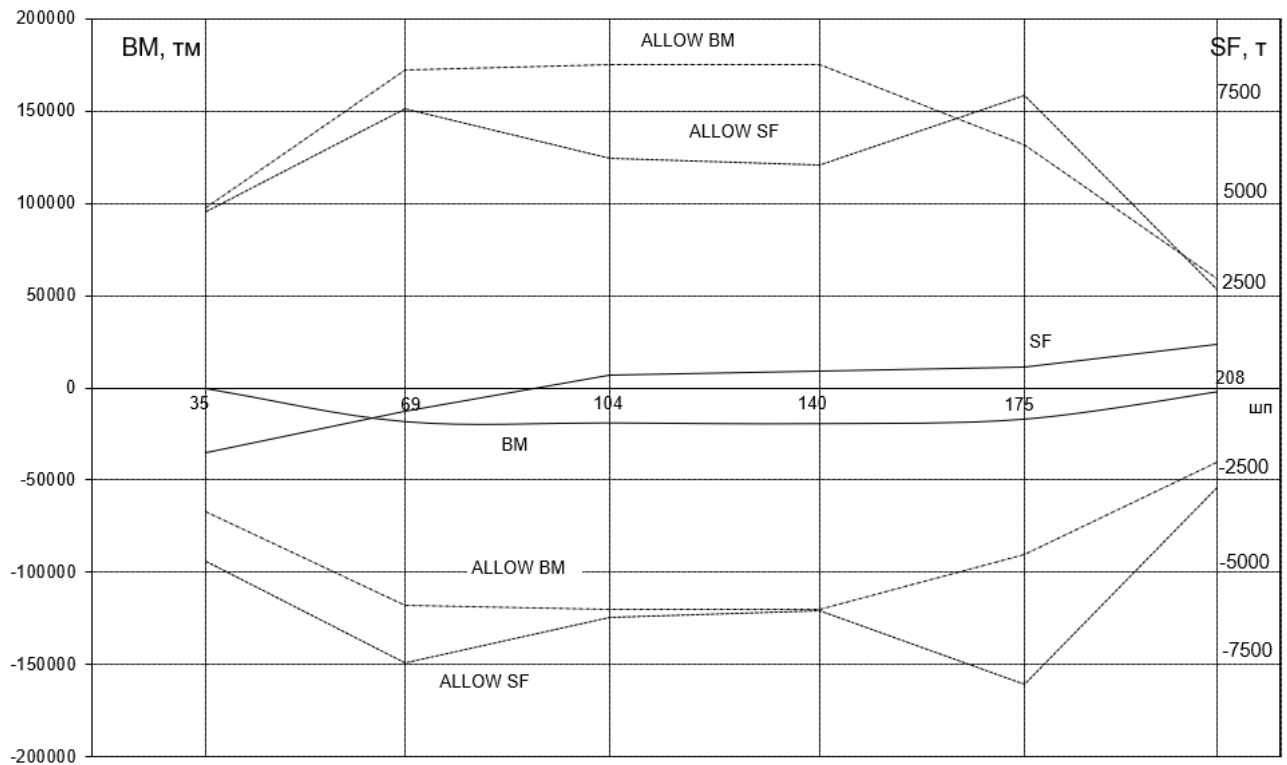


Рисунок 4.5 - Контроль міцності на відхід

РОЗДІЛ 5

СУЧАСНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИСТРОЇ ГВИНТО-КЕРМОВИХ КОМПЛЕКСІВ МОРСЬКИХ СУДЕН

У цьому розділі розглянуто сучасні енергозберігаючі пристрої, що застосовуються для покращення гідродинамічної взаємодії між корпусом судна, гребним гвинтом і кермовим апаратом. Проведено огляд конструктивних рішень, які зменшують опір судна, підвищують пропульсивний коефіцієнт, стабілізують набігаючий потік або утилізують залишкову енергію струменя за гвинтом. Додаткову увагу приділено методам оцінювання ефективності пристроїв на передескізному етапі проектування.

Матеріали розділу формують базу для вибору оптимальних енергозберігаючих елементів гвинто-кермового комплексу, що забезпечують зниження потрібної потужності головної енергетичної установки та

5.1 Огляд сучасних енергозберігаючих пристроїв гвинто-кермових комплексів

Проблема підвищення енергоефективності пропульсивних комплексів морських суден є однією з ключових у суднобудуванні. Зростання вартості палива, посилення міжнародних екологічних вимог, оптимізація експлуатаційних витрат та прагнення збільшити провізну здатність спонукають проєктантів і судновласників до впровадження енергозберігаючих технологій.

За останні роки рушії транспортних суден доведені до порівняно високого ступеня досконалості. Оснащення ними суден в комбінації із сучасною енергетичною установкою дозволяє досягти вкрай малих значень відносної маси палива, що витрачається за рейс, на одиницю вантажу, що перевозиться. Проте і зараз питанню економії палива продовжують приділяти значну увагу, особливо в зв'язку з нестабільністю за останні 15 років його вартості.

Істотний вплив на підвищення ефективності споруджуваних сучасних транспортних суден завдають постійні тенденції зниження їх споруджувальної вартості і збільшення провозоздатності. Практично це виражається в прагненні зменшити відносну довжину корпусів. Подібний захід, як правило, призводить до збільшення витрати палива при заданій швидкості ходу. Це спонукає проєктантів шукати контрзаходи і домагатися всебічного зниження витрати палива головним чином шляхом підвищення економічності головної

енергетичної установки (ЕУ) та поліпшення ходових якостей судна за рахунок використання різних енергозберігаючих пристроїв.

Не зупиняючись детально на питаннях, що стосуються головних ЕУ, що застосовуються на сучасних транспортних суднах, слід все ж відзначити певні успіхи, досягнуті в цій галузі. Мала величина питомої витрати палива не є єдиним критерієм, що характеризує ЕУ транспортного судна з точки зору його економічності. Дуже важливо також забезпечити частоту обертання гребного валу досить низькою, оскільки це сприяє поліпшенню ходових якостей судна. За останні роки питома витрата палива для середньо- і великотоннажних суден знизилася з 210-220 г до 165-170 г на кВт-год., при цьому частота обертання гребного валу зменшилась з 120-130 до 80-90 об/хв.

При розгляді іншого напрямку зниження витрати палива - використання енергозберігаючих пристроїв - доцільно зупинитися на типах суден, які є сьогодні за кількістю найбільш поширеними. Це, в першу чергу, судна для перевезення масових вантажів (танкери, рудовози, хімовози, балкери і т.п.) із середньою водотоннажністю близько 30-80 тис. т, що мають подібні співвідношення головних розмірів і форму корпусу. Як правило, вони відрізняються великою повнотою і наявністю одновальної ЕУ.

Найбільш характерним для сучасних середньотоннажних суден, призначених для перевезення масових вантажів, є:

- обмеження по ширині і осадці з умови проходження Панамського каналу (максимальна осадка 12,5 м, ширина 32 м);
- збільшення відносної довжини корпусу з ростом дедвейту;
- зниження частоти обертання гребного валу при збільшенні дедвейту.

Для забезпечення наведених значень добової витрати палива обводам корпусу надається найбільш сприятлива форма, відпрацьована в процесі випробувань великої кількості моделей в дослідному басейні. Теоретичне креслення такої форми обводів розробляється на основі емпіричних даних, отриманих шляхом накопичення та їх систематизації протягом тривалого часу, і тому, ймовірно, є близьким до оптимального. Згідно до традиційних поглядів, очікувати значного поліпшення форми обводів в майбутньому, якщо не будуть використані будь-які принципово нові засоби зниження опору, не слід. Однак методи проектування оптимальної форми обводів продовжують розвиватися, зокрема, останнім часом, завдяки застосуванню новітніх методів обчислювальної гідродинаміки. Як показують сучасні дослідження [23], у деяких випадках форма корпусу, спроектована на основі емпіричних даних, може ще мати резерви зниження опору 5-10%. Тим не менш, сьогодні при практичному проектуванні судна основне завдання полягає скоріше не у відпрацюванні форми обводів конкретного корпусу, а в тому, щоб

використовувати вже відомі добре відпрацьовані форми обводів, близькі до проєктованих. Тут багато що залежить від проєктанта, який повинен найкращим чином розмістити внутрішнє обладнання судна без помітного спотворення обводів, рекомендованих фахівцями-гідромеханіками.

Невід'ємною частиною корпусу сучасного транспортного судна є носовий бульб (рис. 5.1), що дозволяє знизити висоту підпірної хвилі, існуючу навіть при малих значеннях числа Фруда. Бульб сприяє також обтіканню корпусу без відриву прикордонного шару в носовій частині. В результаті витрата палива знижується на 5-8%. Подальше вдосконалення носового бульбу навряд чи може призвести до помітного підвищення його ефективності. Викликають інтерес повідомлення про успішне застосування кормового бульбу на транспортних судах. Одержуваний тут вигравш обумовлений більш сприятливою взаємодією гребного гвинту і корпусу внаслідок, головним чином, запобігання відриву прикордонного шару.

5.1.1. Пристрої, що формують потік перед гребним гвинтом

Проведені дослідження і інженерна практика останніх років показали також, що можливість зниження витрати палива полягає в застосуванні спеціальних засобів, що підвищують пропульсивний ККД судна. Саме використання цих пристроїв спільно з найбільш досконалими ЕУ дозволили досягти вже сьогодні порівняно низьких значень добових витрат палива.

Іншим відомим способом підвищення пропульсивного ККД судна є призначення зниженої експлуатаційної швидкості ходу. В цьому випадку зменшуються значення числа Фруда і частина коефіцієнта залишкового опору, що залежить від хвильової складової, а отже, і потрібна потужність головної ЕУ, що призводить до скорочення кількості палива, що витрачається. Природно, що при цьому зменшується і провозоздатність судна. Однак доцільність зменшеної експлуатаційної швидкості ходу в ряді випадків підтверджується економічними розрахунками.

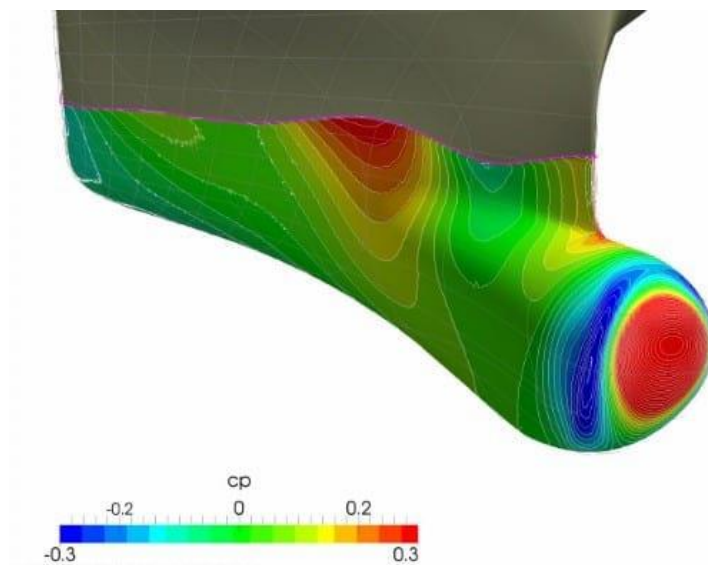


Рисунок 5.1 – Носовий бульб

5.1.2. Удосконалення конструкції гребних гвинтів

Інший відомий спосіб підвищення пропульсивного ККД - застосування низькообертних гребних гвинтів збільшеного діаметру. У такий спосіб вдається знизити витрату палива на величину до 7-8%. Можливість його реалізації забезпечувалася розробкою і впровадженням в якості головного двигуна малообертних довгоходових дизелів зі зниженою питомою витратою палива. Збільшення діаметра гребних гвинтів при цьому до 7,0-7,5 м не викликає особливих проблем. При виготовленні гвинтів з діаметрами більше 8-9 м для великотоннажних суден водотоннажністю понад 150-200 тис. т виникають, однак, певні труднощі. По-перше, підвищення маси гребного гвинта знижує надійність роботи дейдвудного пристрою і валопроводу, а, по-друге, виготовлення відливок збільшених розмірів і подальша їх обробка стають скрутними. Вихід із цього становища фахівці бачать у створенні окремих елементів гвинту полегшеного типу з внутрішніми порожнинами і подальшим об'єднанням їх за допомогою зварних з'єднань в єдине ціле.

Досить перевіреним способом підвищення ефективності гребного гвинту є застосування напрямних насадок [24, 25], що представляють собою кільцеве крило, зазвичай розташоване співвісно з гребним гвинтом – рис. 5.2. В районі лопатей гвинту виникає скіс потоку відносно напрямку руху гвинту, при цьому на елементах кільцевого крила виникає гідродинамічна сила, одна зі складових якої направлена вперед у напрямку руху судна. Іншими словами, виникає додаткова тяга за рахунок енергії, що витрачається на стиснення струменя води гребного гвинту.



Рисунок 5.2 – Напрямна насадка до гребного гвинту

У 80-ті роки професором Н. Schneekluth з Гамбургу була запропонована ще одна конструкція передгвинтової насадки [26]. Її відмінність від попередньої обумовлена тим, що вона складається з двох напівнасадок, встановлених на корпусі судна перед гвинтом (рис. 5.3). Діаметр кожної з напівнасадок майже вдвічі менше діаметра гвинту. Важливим в конструкції є те, що вісі напівнасадок, встановлених з правого або лівого борту, повинні бути непаралельними як між собою, так і з віссю гребного валу. Конструкція також застосовувалася на мілкосідячих судах з тунельними кормовими обводами.

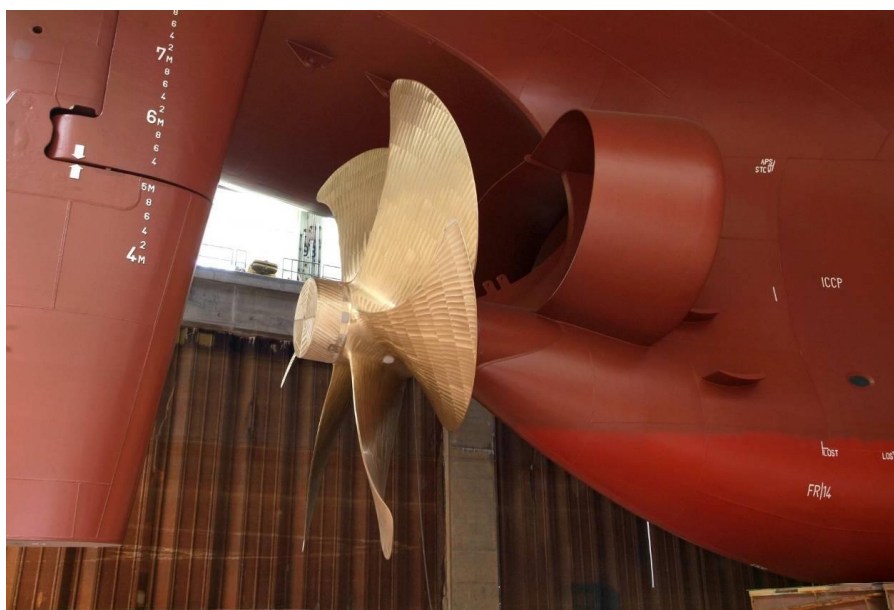


Рисунок 5.3 – Передгвинтова насадка Н. Schneekluth

Русійним комплексом «передгвинтова напівнасадка - гребний гвинт» обладнаний ряд танкерів і суден з горизонтальним завантаженням. На думку фахівців, дія насадки, встановленої вище вісі гвинту, полягає в тому, що вона прискорює пригальмований потік, що натікає на гребний гвинт у верхній його частині, що підтверджується наявними експериментальними даними. В результаті досягається вирівнювання потоку по диску

гребного гвинту, що призводить і до зниження вібрації кормовій частині. Перевагою передгвинтових напівнасадок є і те, що завдяки непаралельності їхніх осей можна домогтися деякої закрутки набігаючого на гребний гвинт потоку в бік, протилежний його обертанню.

Наявність напівнасадок сприятливо позначається на можливості запобігання відриву прикордонного шару в кормовій частині судна. Крім того, на самих напівнасадках виникає додаткова тяга, що сприяє поліпшенню ходових якостей. Очевидно, що їх установку можна провести вже на судні, що експлуатується, в період його чергового докування без заміни гребного гвинту і, як показав досвід, отримати позитивний ефект. Результати досліджень підтвердили, що використання таких передгвинтових напівнасадок на судах з помірним або великим коефіцієнтом повноти дозволяє отримувати економію палива до 5-6%. Найменший ефект проявляється на швидкохідних судах; за оцінками, він становить близько 3-4% в економії палива.

Опрацювання і дані натурних випробувань показують, що ефективність передгвинтових напівнасадок можна збільшити, якщо застосовувати їх в комбінації з іншими технічними рішеннями, наприклад, з несиметричними кормовими утвореннями. Найбільш доцільно розташовувати їх в місці найбільшого викривлення ватерлінії, тобто там, де виникнення відриву прикордонного шару найбільш ймовірно.

Існує ряд пропозицій щодо вдосконалення конструкції гребного гвинту. До них можна віднести установку на кінцях лопатей спеціальних шайб, що сприяють зниженню кінцевих втрат на лопатях (гвинти типу TVF). Однак відчутного економічного ефекту, на думку фахівців, вони не дають через додатковий опір обертанню гребного гвинту, що підтверджується аналізом результатів натурних і модельних випробувань.

Одне з останніх удосконалень полягає в установці на ступиці за лопатями спеціальних елементів. Кількість останніх приймають рівним числу лопатей гвинту, таким чином, в результаті утворюється конструкція, що нагадує гребний гвинт типу «тандем». Відмінність полягає лише в тому, що профільовані елементи утворюють лопатеву систему з діаметром значно меншим, ніж у гребного гвинту. Ефективність такого рушія вище звичайного на 2-3%. На рис. 5.4 наведено приклад гвинту типу TVF з системою лопатей на ступиці, тобто комбінацію двох останніх пропозицій.



Рисунок 5.4 – Гвинт типу TVF з системою лопатей на ступиці

Існує ряд конструктивних пропозицій, спрямованих на підвищення економічності пропульсивного комплексу за рахунок використання енергії струменя, що відкидається гребним гвинтом. Найбільш оригінальною є конструкція, запропонована О. Grim [26]. Вона являє собою встановлений співвісно за основним додатковий гребний гвинт трохи більшого (приблизно на 10-20%) діаметру, що вільно обертається (рис. 5.5). Лопаті цього гвинту виконані таким чином, що в межах струменя основного гвинту він працює в турбінному режимі, а поза струменем - в режимі створення додаткового упору в напрямку руху судна. Таким чином, рушійні комплекс частково утилізує втрачену в струмені основного гребного гвинта енергію. Порівняльні випробування показують, що рушій дозволяє скоротити споживання палива до 10%. Створено дев'ятилопатевий рушій даного типу діаметром 11,6 м і масою 61,5 т для одного з японських танкерів. Двома рушійними комплексами оснащений після переобладнання англійський пасажирський лайнер «Queen Elizabeth 2».



Рисунок 5.5 – Пристрій О. Grim

Деякими фахівцями висловлюються думки про ненадійність рушіїв О. Grim, що підтвердила поломка на цьому лайнері одного з них. Проте в останні роки подібними рушіями було обладнано понад 50 суден.

Інша пропозиція, що відноситься до використання енергії закрученого від гребного гвинту струменя, полягає в установці на стерні спеціальних крил (рис. 5.6).

Аналіз сил і швидкостей потоку показав, що за рахунок закрутки потоку як на стерні, так і на встановлених на ньому горизонтальних крилах реалізується підйомна сила. Її складова в напрямку руху судна дозволяє поліпшити його ходові якості. За даними натурних випробувань використання такого пристрою з крилами на кермі забезпечує зниження витрати палива на 4-5%. Подібний пристрій було встановлено на танкері «Токіо Мару» японської споруди.

Формування потоку в кормі залежить від ряду параметрів, що характеризують форму корпусу. Основними серед них, як показали дослідження, є коефіцієнт повноти і форма кормових шпангоутів корпусу. Суттєве значення мають також довжина судна, швидкість його руху і вплив роботи гребного гвинту.



Рисунок 5.6 – Горизонтальні крила на стерні

Візуальні спостереження за формуванням течії біля корпусу одногвинтових суден, що мають в більшості випадків U-подібну форму шпангоутів в кормі, досить великий коефіцієнт повноти і невелике значення відношення довжини до ширини показали, що в районі кормової частини потік спрямований до днища судна і з кожного борту у скулі утворюється інтенсивний вихор. У свою чергу це призводить до додаткових енергетичних витрат при русі судна, відхилення режиму роботи гвинта від розрахункового і збільшення пульсації сил, що виникають на гребному гвинті внаслідок додаткової нерівномірності потоку, викликаной вихорами.

Для усунення цих несприятливих явищ була запропонована спеціальна система крил, що встановлюється в кормі перед диском гребного гвинту (рис. 5.7). За даними випробувань в дослідному басейні, така система крил повинна забезпечити зниження витрати палива на 4-8% при русі судна в вантажу і 2-4% при русі в баластних умовах.

Перші натурні випробування системи крил проводилися в 1980 році. Нею було обладнано контейнерне судно «Сорасабапа» бразильської споруди.

Відзначається, що такою системою можна оснащувати судна, що вже експлуатуються, без постановки їх в сухий док шляхом диферентування судна. Є й інші подібні пропозиції, наприклад, на судні «Shinco Maru» споруди японської компанії Mitsubishi Heavy Industries крильовий направляючий пристрій використовувалося в комплексі з гвинтом регульованого кроку (ГРК).

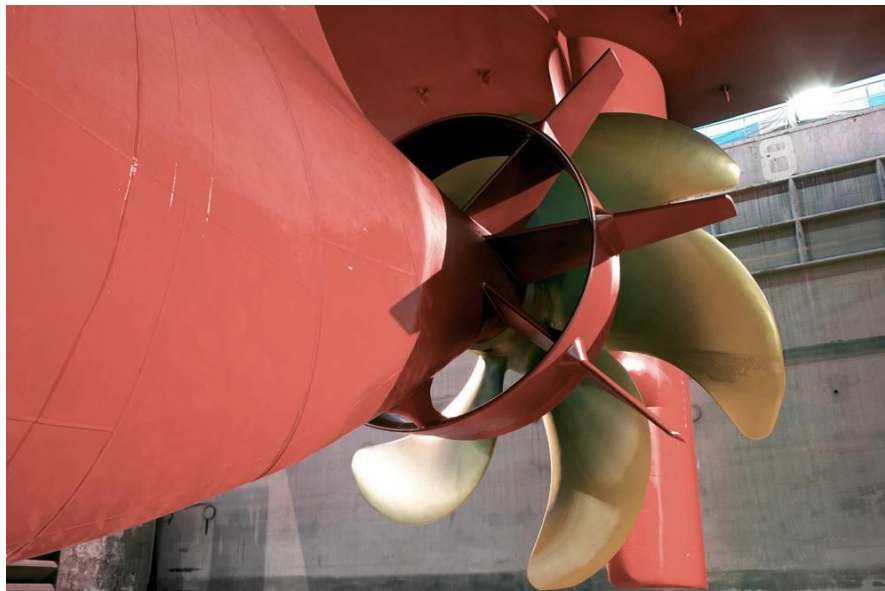


Рисунок 5.7 – Система крил перед гвинтом

Цікавим технічним рішенням є використання обводів корпусу з несиметричними кормовими утвореннями (рис. 5.8). Економія палива за рахунок поліпшення ходових якостей складає 6-9%.

У разі одновального судна і симетричної корми напрямок обертання гребного гвинта не має значення. Ситуація змінюється, якщо кормові утворення корпусу змінюються так, що набігаючий на гребний гвинт потік отримує деяку закрутку в сторону, протилежну напрямку обертання гребного валу. В результаті при нормальних обертах гвинта на ньому буде реалізовуватися більший упор в порівнянні з упором, що отримуються при обертанні гребного гвинта в напрямку закрутки набігаючого на нього потоку.



Рисунок 5.8 – Несиметричні кормові утворення (моделі для випробувань)

Ефективність використання різних технічних рішень досліджувалася за спеціальними порівнювальними програмами. Було встановлено, що асиметричну форму кормової частини доцільно застосовувати на суднах з коефіцієнтом загальної повноти 0,6-0,7, при цьому слід очікувати зниження потрібної потужності, що витрачається на рух, на 7-9% при плаванні з

повною осадкою. Суміщення даного заходу з застосуванням переднасадки призводить до подальшого зниження потрібної потужності.

За результатами проведених досліджень [27] була побудована діаграма, що ілюструє ефект зменшення потрібної потужності ЕУ при використанні різних технічних рішень (рис. 5.9). Заштрихована частина стовпців позначає діапазон одержуваного позитивного ефекту. Базове значення потрібної потужності прийнято для одногвинтового судна із симетричною формою корми і коефіцієнтом повноти 0,60-0,65. Дослідження показали, що найбільший ефект слід очікувати від спільного застосування несиметричної корми і низькообертного гребного гвинту в комбінації з передгвинтовою насадкою.

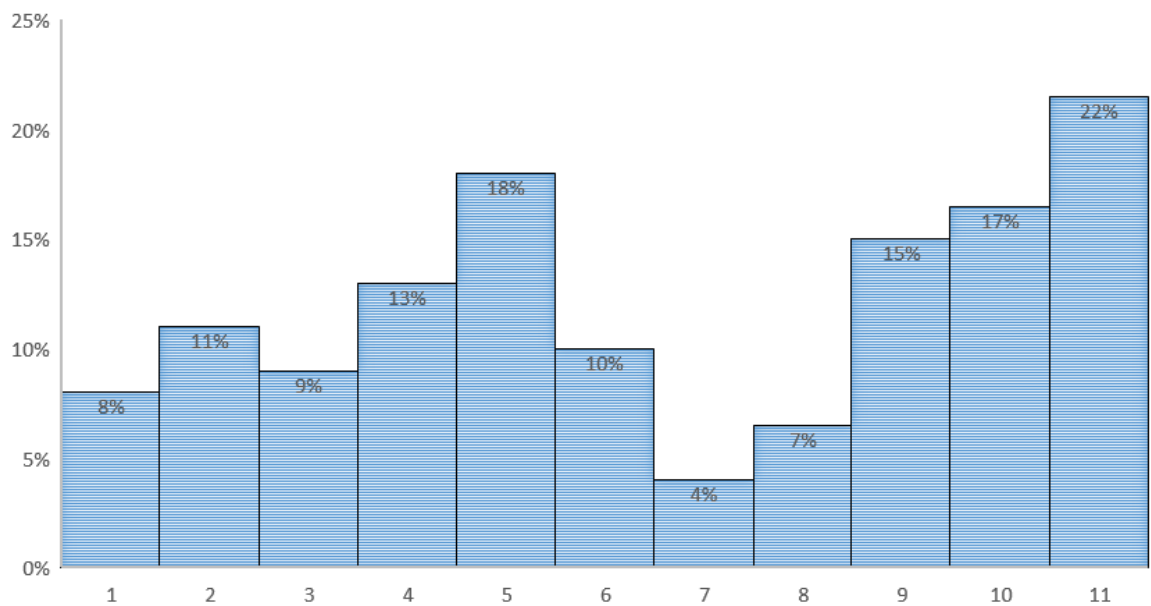


Рисунок 5.9 – Зниження потужності головної ЕУ при діаметрі гребного гвинту 0,65 (1-5) і 0,84 (6-11) проектної осадки судна:

1 – асиметрична форма корми (А); 2 – контргвинт О. Grim (К); 3 – насадка до гвинту (Н); 4 – А+К; 5 – А+Н; 6 – малообертний гвинт великого діаметру (В); 7 – А; 8 – Н; 9 – В+А; 10 – В+Н; 11 – В+А+Н.

Таблиця 5.1 – Класифікація та принцип дії енергозберігаючих пристроїв

Група пристроїв	Тип пристрою	Принцип дії	Основний ефект
Передгвинтові пристрої (формування потоку)	Напрямна насадка (duct)	Вирівнювання набігаючого потоку та створення додаткової тяги на кільцевому профілі	Зростання пропульсивного ККД, стабілізація потоку
	Напівнасадки Schneekluth	Прискорення потоку у верхній зоні гвинта, зменшення нерівномірності навантаження	Зниження вібрації, підвищення упору
	Кормовий бульб	Утворення сприятливої конфігурації потоку	Запобігання відриву прикордонного шару,

		перед гвинтом	зменшення опору
Пристрої, що вдосконалюють гребний гвинт	Гвинти великого діаметра (low rpm)	Зменшення частоти обертання та питомого навантаження на лопать	Зниження енергоспоживання при тому ж упорі
	Гвинти типу TVF	Шайби на кінцях лопатей зменшують кінцеві втрати	Невелике підвищення ККД
	Ступичні лопатеві системи (тандем)	Додаткові лопаті утилізують частину залишкової енергії	Підвищення упору на 2–3%
Післягвинтові пристрої (утилізація енергії струменя)	Контргвинт O. Grim	Використання енергії струменя основного гвинта в турбінному режимі	Зростання тяги без підвищення потужності
	Горизонтальні крила на стерні	Використання підйомної сили у закрученому потоці	Зниження опору та вібрації стерна
Корпусні рішення	Системи крил перед гвинтом	Усунення кормових вихорів перед диском гвинта	Зменшення нерівномірності потоку
	Несиметричні кормові утворення	Попередня закрутка потоку проти обертання гвинта	Підвищення ефективності гребного гвинта

На закінчення слід зазначити пропозицію японських фахівців, що рекомендують розташовувати гребний вал одногвинтового судна зі зміщенням щодо діаметральної площини, що призводить до позитивного ефекту, рівнозначного тому, який виходить при використанні несиметричної корми. Пропозицію було реалізовано на великотоннажному танкері.

Для створення високоекономічного судна в процесі проектування все частіше використовується системний підхід, тобто розглядається комплекс питань, що впливають на зниження його експлуатаційних витрат і вартості споруджування. При цьому певна увага приділяється, крім використання енергозберігаючих пристроїв і вдосконалення головної ЕУ, відпрацюванню форми обводів корпусу судна, вибору головних його розмірних, призначенням експлуатаційної швидкості ходу. Досягти високої конкурентоспроможності транспортного судна можна тільки в результаті компромісного вирішення поставлених при проектуванні питань. Причому їх рішення нерозривно пов'язане з багатьма чинниками, що реально відображають ситуацію, що складається на момент введення судна в експлуатацію.

Таким чином, ще у 80-ті роки XX століття чітко визначилися напрямки розвитку рушійних комплексів морських транспортних суден. Прагнення максимально знизити експлуатаційні витрати судна змушує розробників безперервно шукати нові технічні рішення і вдосконалювати вже відомі. Різні проектні організації концентрують свої зусилля на найрізноманітніших конструктивних пропозиціях, серед яких: низькообертні гребні гвинти

підвищеного діаметру, передгвинтові напрямні насадки, співвісні гребні гвинти протилежного обертання, рушії O. Grim та інші. Особливо слід підкреслити, що найбільш успішне рішення проблеми підвищення ефективності рушійного комплексу досягається там, де використовується комбінація енергозберігаючих пропозицій.

Таблиця 5.2 – Орієнтовна ефективність основних енергозберігаючих пристроїв

Пристрій / технічне рішення	Орієнтовна економія палива, %	Тип судна, де ефект максимальний	Переваги	Обмеження / недоліки
Напрямні насадки	4–7%	Балкери, танкери, повнотілі судна	Доступність, можливість модернізації	Ефект менший на швидкохідних судах
Напівнасадки Schneekluth	5–6% (до 3% на швидкохідних)	Танкерні та балкерні корпуси	Вирівнювання потоку, зниження вібрацій	Потребує точного розташування
Гвинти великого діаметра	7–8%	Масові вантажні судна	Значне зниження питомої витрати	Складність виготовлення великих діаметрів
Гвинти типу TVF	1–2%	Середньотоннажні судна	Простота впровадження	Додатковий опір, малий ефект
Гвинти з лопатями на ступиці	2–3%	Танкерні судна	Використання залишкової енергії	Підвищена складність конструкції
Контргвинт O. Grim	8–10%	Великий тоннаж, пасажирські	Значне використання енергії струменя	Висока вартість, ризик поломок
Горизонтальні крила на стерні	4–5%	Танкерні та контейнерні	Зниження опору та вібрацій	Потреба в точному налаштуванні
Системи крил перед гвинтом	4–8% (вантаж) / 2–4% (баласт)	Одногвинтові судна	Суттєве згладжування потоку	Проблеми при засміченні акваторії
Несиметричні кормові утворення	6–9%	Балкери, танкери	Значний вплив на ККД	Реалізація можлива лише на етапі проекту
Комбіновані рішення (корма + насадка + великий гвинт)	10–15%	Масові вантажні судна	Максимальна ефективність	Складність моделювання та проектування

5.2 Методи оцінки ефективності енергозберігаючих пристроїв

Оцінювання енергозберігаючих пристроїв на передескізному етапі ґрунтується на визначенні зміни опору корпусу, ефективності гвинта та пропульсивних коефіцієнтів. Оскільки детальні геометричні характеристики на ранній стадії проектування часто відсутні, застосовують статистично-емпіричні методи та довідкові серії моделей.

Оцінка необхідної потужності для нового проекту отримується шляхом порівняння з існуючим подібним судном (прототипом) або з модельних випробувань. У будь-якому випадку необхідно отримати оцінку потужності для одного судна на основі потрібної потужності іншого судна, чи його зменшеної моделі. Тобто необхідно мати можливість масштабувати оцінки потужності. Різні компоненти, що визначають потужність, масштабуються по-різному, тому необхідно оцінити кожен компонент окремо та застосувати правильний підхід до його перерахунку.

Одним із основних підрозділів, що застосовуються у проблемі ходкості, є розподіл між ефективною потужністю, необхідною для руху судна, та потужністю, що подається на рушій. Потужність, що подається на рушій, перевищує ефективну потужність внаслідок наявності ККД рушія, яка завжди менше 100% (зазвичай 50-70%).

Основні компоненти, що враховуються при встановленні потужності судна, включають: опір судна до руху, ефективність рушія у вільної воді та ефективність взаємодії між рушієм та корпусом.

Найбільш поширені підходи:

1. Екстраполяція модельних випробувань — найбільш точний, але малодоступний метод.
2. Розрахунки на основі серій корпусів (Ayre, Danckwardt, BSRA тощо).
3. Аналітичні методи — Holtrop–Mennen, Hollenbach, Guldhammer–Harvald.

Оскільки на передескізному етапі об'єм інформації щодо конкретних особливостей форми корпусу та рушія зазвичай вкрай малий, найбільш придатними для використання є стандартні серійні дані та засновані на них розрахункові методи.

Прикладами серій є:

- серія «Ауре», розроблений Remmers та Kempf у 1949 році;
- серія «Taggart» для буксирів;
- серія 60 вантажних суден (Todd, 1957);
- серія BSRA вантажних суден (Moor, 1961);
- серія «Danckwardt» для вантажних суден та траулерів, підготовлена Danckwardt у 1969 році;

- серія «Lap-Keller» для вантажних суден та паромів (розроблена Lap у 1954 році та доповнена Keller у 1973 році).

В сучасній практиці частіше використовуються розрахункові методи, побудовані на основі серійних даних або шляхом статистичної обробки даних по окремим суднам. Прикладами таких методів є:

- метод «Taylor-Gertler» для вузьких суден (Getler, 1954);
- метод «Guldhammer-Harvald» (Guldhammer та Harvald, 1974);
- метод «Holtrop-Mennen» (Holtrop та Mennen, вперше у 1978 році, з численними подальшими удосконаленнями);
- метод «SSPA» (Williams, 1969);
- метод «Hollenbach» (Hollenbach, 1997);
- метод Ю.А. Будницького [28].

Більш старі методи, як правило, не дозволяють врахувати носовий бульб, крім того, опір сучасних суден за ними часто виявляється надто високим. Це пов'язано з такими особливостями сучасних суден [26]:

- поява кормового бульбу;
- загострення ватерліній перед верхньою частиною гребного гвинту для зниження вібрацій;
- збільшений кормовий підзор для зниження вібрації гребного гвинту;
- занурення кормового транцю;
- збільшення ширини корми у поромів або для підвищення остійності суден спеціальних типів;
- спотворення форми ватерліній для кращого розміщення штабелю контейнерів у носових та кормових трюмах.

Деякі з перелічених вище особливостей призводять до зниження ефективної потужності незважаючи на більш високий опір завдяки поліпшенню пропульсивного коефіцієнту.

Найбільш актуальними у теперішній час є методи «Holtrop-Mennen» [29] та «Hollenbach».

Метод Hollenbach є оптимальним для перед ескізних розрахунків завдяки малому числу вхідних параметрів та хорошій точності для сучасних суден із бульбами, зміненими кормовими утвореннями та виступаючими елементами.

Метод передбачає свою оригінальну формулу для оцінки змоченої поверхні судна, що включає і виступаючі частини. Опір розраховується на основі залишкового опору, коефіцієнт

якого представлений поліноміальним виразом, що залежить від співвідношень головних вимірів та параметрів виступаючих частин корпусу.

Оцінка опору руху відіграє важливу роль тому, що впливає на питоме навантаження рушія, яке, в свою чергу, дуже суттєво впливає на пропульсивний коефіцієнт. Фактично більша частина енергозберігаючих пристроїв орієнтовна на зменшення навантаження гребного гвинту або на його вирівнювання по площині диску. Однак оцінки безпосередньо характеристик енергозберігаючих пристроїв повинні базуватися на серійних результатах модельних випробувань цих пристроїв з гребними гвинтами у вільній воді, або за допомогою певних коефіцієнтів, що дозволяють корегувати характеристики ізольованих гвинтів у вільній воді з урахуванням наявності відповідних енергозберігаючих пристроїв.

Таблиця 5.3 – Методи оцінки ефективності енергозберігаючих пристроїв на перед ескізному етапі

Метод	Вхідні дані	Точність	Переваги	Недоліки
Holtrop–Mennen	Головні розміри, коефіцієнти форми	Висока	Доступний, враховує сучасні форми корпусу	Вимагає корекцій для спеціалізованих суден
Hollenbach	Мінімальний набір параметрів	Середня–висока	Найкращий для передескізного етапу	Не враховує складні елементи потоку
Guldhammer–Harvald	Основні розміри корпусу	Середня	Проста реалізація	Обмежена актуальність
Taylor–Gertler	Вузькі корпуси	Низька для сучасних суден	Підходить для старих серій	Не враховує бульб
Серійні дані (BSRA, Danckwardt, Ayre)	Повні геометричні параметри	Середня	Доступні та швидкі	Мало придатні для нових типів корпусів

Висновок до розділу

1. Енергозберігаючі пристрої є ефективним засобом зниження витрати палива та підвищення пропульсивного коефіцієнта сучасних транспортних суден.
2. Найбільший ефект забезпечують: низькообертні гвинти збільшеного діаметра, передгвинтові насадки та асиметричні кормові утворення.
3. Максимальна економія досягається при комплексному використанні пристроїв, коли корпус, гвинт і кермо розглядаються як єдиний гідродинамічний комплекс.
4. На передескізному етапі оцінювання ефективності пристроїв виконується за статистично-емпіричними методами, серед яких найбільш сучасними є Holtrop–Mennen та Hollenbach.

5. Умовою правильного вибору пристрою є не лише зниження опору, а й оптимізація взаємодії між корпусом, гвинтом та кермовим апаратом.

5.3 Аналіз можливості оптимізації гвинто-кермового комплексу т/х «Star Mistral»

Т/х «Star Mistral», розглянутий у роботі, - це суховантажне судно-балкер. Судно має одновальний гвинто-кермовий комплекс з гвинтом фіксованого кроку (ГФК), що має наступні геометричні характеристики:

- діаметр $D = 6,800$ м;
- крок гвинту $H = 6,003$ м;
- крокове співвідношення $H/D = 0,883$;
- дискове співвідношення $\theta = 0,645$;
- число лопатей $z = 5$.

На судні у якості головного двигуна встановлено малообертний дизельний двигун марки Mitsui Man B&W 6S50MCC номінальною потужністю 9480 кВт з прямою передачею потужності на гвинт.

Як відомо, судна-балкери зазвичай мають велику повноту корпусу, яка призводить до досить високого питомого опору руху. Підвищений опір обумовлений, з одного боку, хвильовою компонентою, пов'язаною з повними утвореннями носової частини, а з іншого, - відривом прикордонного шару у кормовій частині. В таких умовах гвинт часто має велике питома навантаження по упору та потужності, що призводить до зниження його ККД.

Для підвищення ККД гвинту та пропульсивного коефіцієнту судна у даній роботі розглянуто оснащення т/х «Star Mistral» ГФК у напрямній насадці. Комплекс гребного гвинту та напрямної насадки є ефективним при великих питомих навантаженнях рушія, тому може бути корисним і в даному випадку.

Першим етапом оцінки ходових якостей [30] є оцінка буксирувального опору судна, яка виконана за допомогою метода «Hollenbach» [26]. У якості початкових даних використано геометричні характеристики корпусу, наведені у табл. 5.4.

Результати розрахунку буксирувального опору наведені нижче у табл. 5.4, крива буксирувальної потужності показана на рис. 5.10.

Таблиця 5.4 – Геометричні характеристики корпусу т/х «Star Mistral»

Назва величини	Позначення	Розмірність	Величина
Довжина між перпендикулярами	$L_{пп}$	м	182,00
Довжина найбільша	$L_{нб}$	м	189,99
Ширина	B	м	32,26
Висота борту	D	м	17,90
Осадка по ЛВВЛ	d	м	12,58
Водотоннажність об'ємна	∇	м ³	62982
Водотоннажність вагова	Δ	т	64557
Площа змоченої поверхні	S	м ²	8139,9
Коефіцієнт загальної повноти	C_B	-	0,839
Відносне подовження	L/B	-	5,64
Співвідношення	B/d	-	2,56

Таблиця 5.5 – Буксирувальний опір та потужність судна

Площа виступаючих частин $S_{вч} = 65 \text{ м}^2$							
V_s , [вуз.]	Fr	R_r , [кН]	$Re \cdot 10^{-9}$	R_f , [кН]	R_a , [кН]	R_T , [кН]	P_E , [кВт]
12,0	0,144	178,3	1,143	239,6	60,9	478,9	2956,4
12,5	0,150	201,9	1,190	258,7	66,1	526,7	3387,0
13,0	0,156	229,6	1,238	278,5	71,5	579,5	3875,6
13,5	0,162	261,8	1,286	298,9	77,1	637,8	4429,5
14,0	0,168	299,2	1,333	320,1	82,9	702,2	5057,4
14,5	0,174	343,4	1,381	341,9	89,0	774,2	5775,1
15,0	0,229	367,5	1,428	364,3	95,2	827,0	6381,7

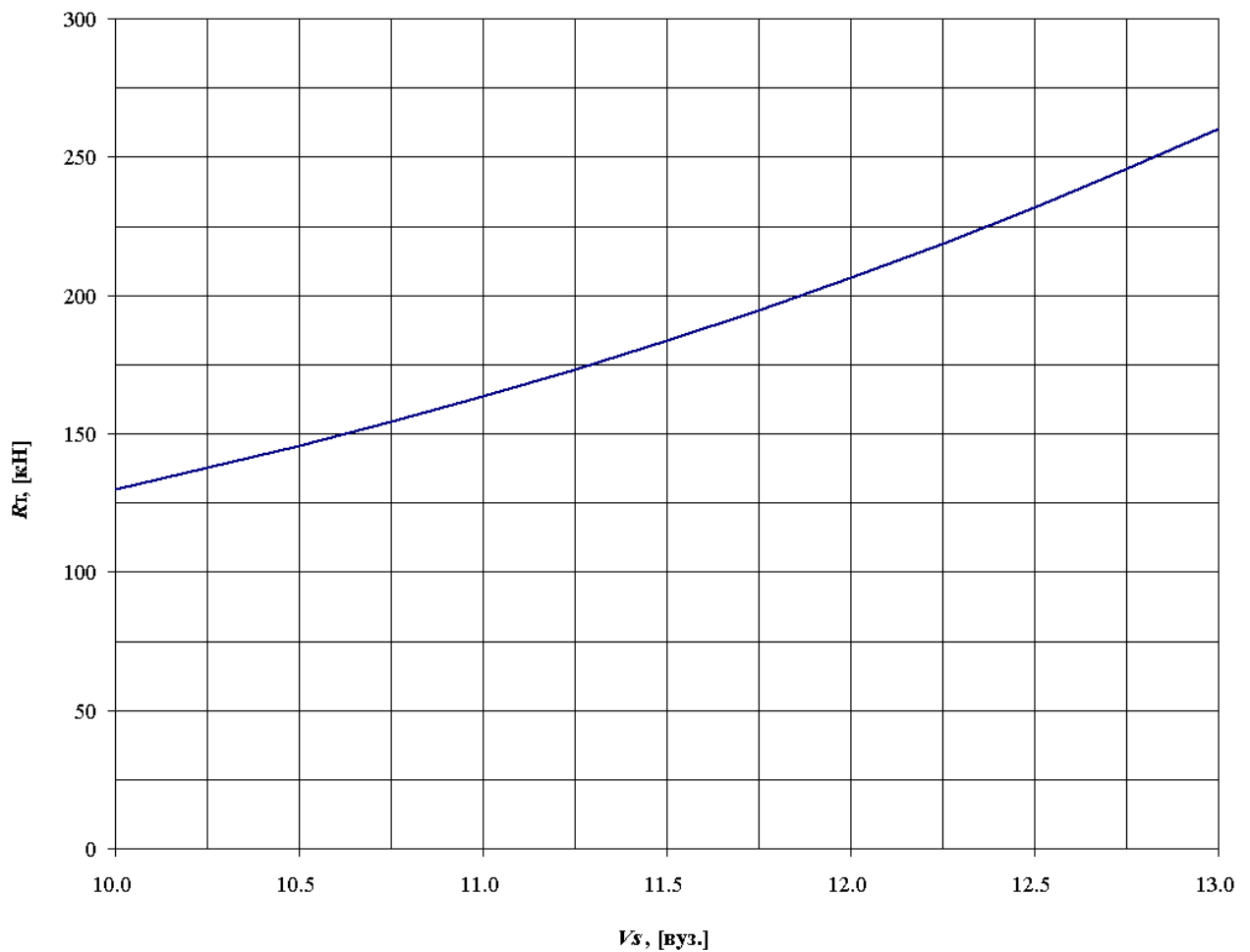


Рисунок 5.10 – Крива буксирувальної потужності судна

На подальшому етапі розрахунку ходових якостей виконується оцінка коефіцієнтів взаємодії між гвинтом та корпусом (коефіцієнту попутного потоку w та коефіцієнту засмоктування t) за допомогою наближених формул з [31]:

$$w = 0,5C_B - 0,05 = 0,370,$$

$$w = 0,8w = 0,296.$$

Далі виконується розрахунок характеристик гребного гвинту ГФК у вільній воді на основі серійних даних та діаграм [32]. Для цього використані гідродинамічні характеристики гвинтів серії В5 Нідерландського інституту гідродинаміки. Результати розрахунків представлені у табл. 5.6 та на рис. 5.11.

Таблиця 5.6 – Результати розрахунку параметрів ГФК у вільній воді

λ_p	K_1	K_2	η_p
0,1	0,3780	0,04888	0,1231
0,2	0,3476	0,04595	0,2408
0,3	0,3129	0,04247	0,3517
0,4	0,2742	0,03846	0,4538
0,5	0,2317	0,03391	0,5438
0,6	0,1858	0,02882	0,6155
0,7	0,1365	0,02320	0,6558
0,8	0,0843	0,01703	0,6302
0,9	0,0293	0,01033	0,4059
1,0	-0,0283	0,00308	-1,4599

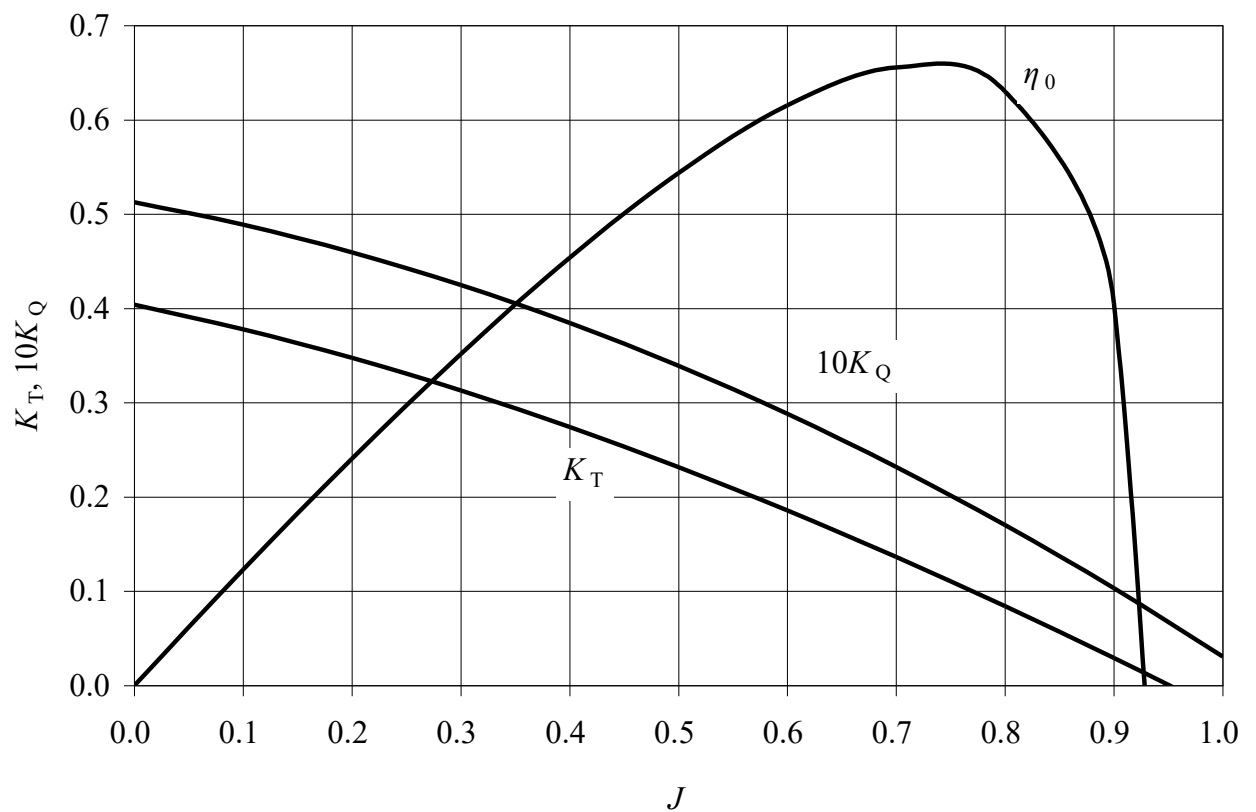


Рисунок 5.11 – Параметри ГФК у вільній воді

Остаточний розрахунок ходових якостей судна з ГФК полягає у підборі чисел обертів, при яких гвинт забезпечує необхідний для даної швидкості упор. Результати такого

розрахунку представлені у табл. 5.7. Залежність ефективної потужності головного двигуна від швидкості ходу показана на рис. 5.12.

Таблиця 5.7 – Результати розрахунку ходових якостей з ГФК

ККД механічної передачі $\eta_s = 0,98$.						
V_s , [вуз.]	P , [кН]	n , [об/хв]	λ_p	η_p	η_g	N_E , [кВт]
12,0	680,3	69	0,496	0,541	0,592	4995
12,5	748,2	72	0,494	0,539	0,590	5742
13,0	823,2	76	0,491	0,536	0,587	6600
13,5	906,0	79	0,487	0,533	0,584	7584
14,0	997,4	83	0,484	0,530	0,580	8713
14,5	1099,7	87	0,479	0,526	0,576	10024
15,0	1174,7	90	0,479	0,526	0,576	11072

Розглянемо тепер варіант оснащення судна гвинтом фіксованого кроку у напрямній насадці. В цьому випадку опір корпусу судна та коефіцієнти взаємодії можна вважати незмінними. Зміняться лише параметри гребного гвинту. Зокрема, при встановленні насадки важко забезпечити таку саму величину діаметру, яка була у вільного гвинту. Тому з конструктивних міркувань приймемо розрахунковий діаметр гвинту в насадці $D = 6$ м.

Підбір кроку ГФК у насадці виконаємо на швидкість повного ходу 14,5 вузла за умови тих самих обертів гребного валу та величини упору P , що потрібен для руху з заданою швидкістю (згідно табл. 5.8). Для цього використаємо гідродинамічні характеристики гвинтів серії Ка 4-70 у насадці №19А Нідерландського інституту гідродинаміки. В результаті виконаних розрахунків були отримані наступні характеристики гвинту:

- діаметр $D = 6,000$ м;
- крок гвинту $H = 7,519$ м;
- крокове співвідношення $H/D = 1,253$;
- дискове співвідношення $\theta = 0,700$;
- число лопатей $z = 4$.

Гідродинамічні характеристики ГФК у насадці наведені у табл. 5.5 та на рис. 5.13.

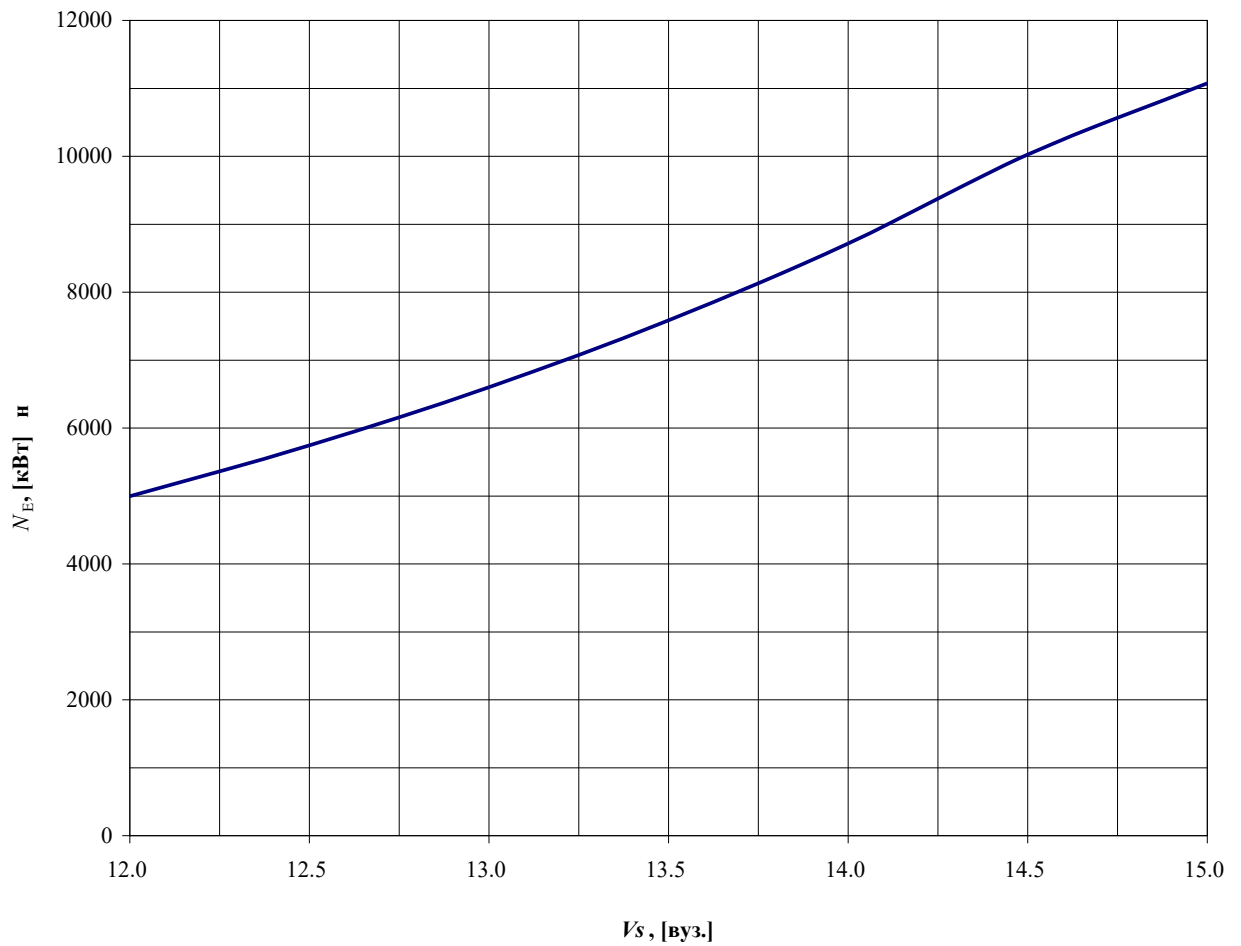


Рисунок 5.12 – Ефективна потужність з ГФК

Результати остаточного розрахунку ходових якостей судна з ГФК у напрямній насадці представлені у табл. 5.6. Залежність ефективної потужності головного двигуна від швидкості ходу показана на рис. 5.14, на якому для порівняння також присутня залежність для звичайного ГФК згідно до табл. 5.9 та рис. 5.12.

Таблиця 5.8 – Результати розрахунку параметрів ГФК у насадці

λ_p	K_1	K_2	η_p
0,1	0,7395	0,07359	0,0000
0,2	0,6678	0,07311	0,1454
0,3	0,6028	0,07192	0,2668
0,4	0,5419	0,07000	0,3697
0,5	0,4830	0,06730	0,4569
0,6	0,4237	0,06376	0,5288
0,7	0,3616	0,05930	0,5822
0,8	0,2943	0,05383	0,6091
0,9	0,2196	0,04724	0,5919
1,0	0,1351	0,03939	0,4912

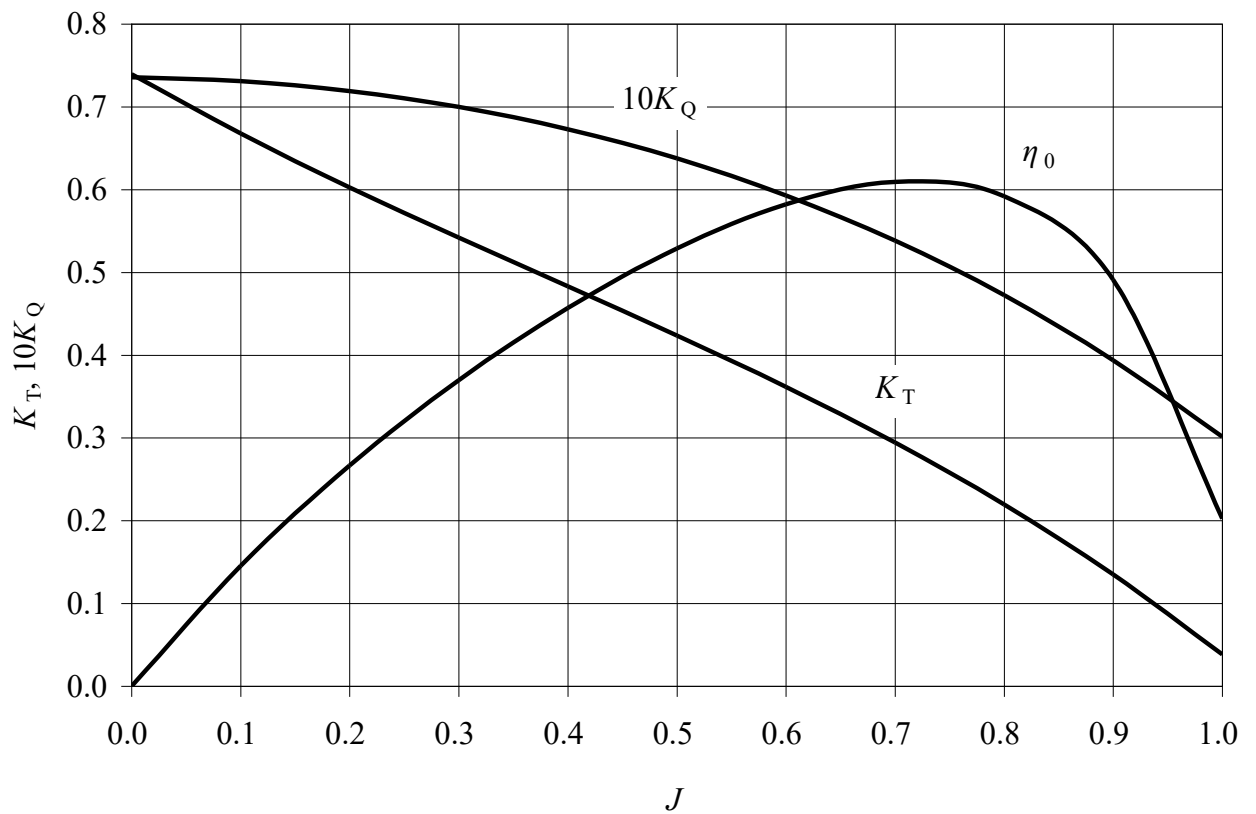


Рисунок 5.13 – Параметри ГФК у насадці

Таблиця 5.9 – Результати розрахунку ходових якостей з ГФК у насадці

ККД механічної передачі $\eta_s = 0,98$.						
V_s , [вуз.]	P , [кН]	n , [об/хв]	λ_p	η_p	η_g	N_E , [кВт]
12,0	680,3	69	0,562	0,564	0,618	4784
12,5	748,2	72	0,560	0,563	0,616	5494
13,0	823,2	76	0,556	0,561	0,615	6306
13,5	906,0	79	0,553	0,559	0,612	7234
14,0	997,4	83	0,548	0,557	0,610	8296
14,5	1099,7	87	0,543	0,554	0,607	9522
15,0	1174,7	90	0,543	0,554	0,607	10518

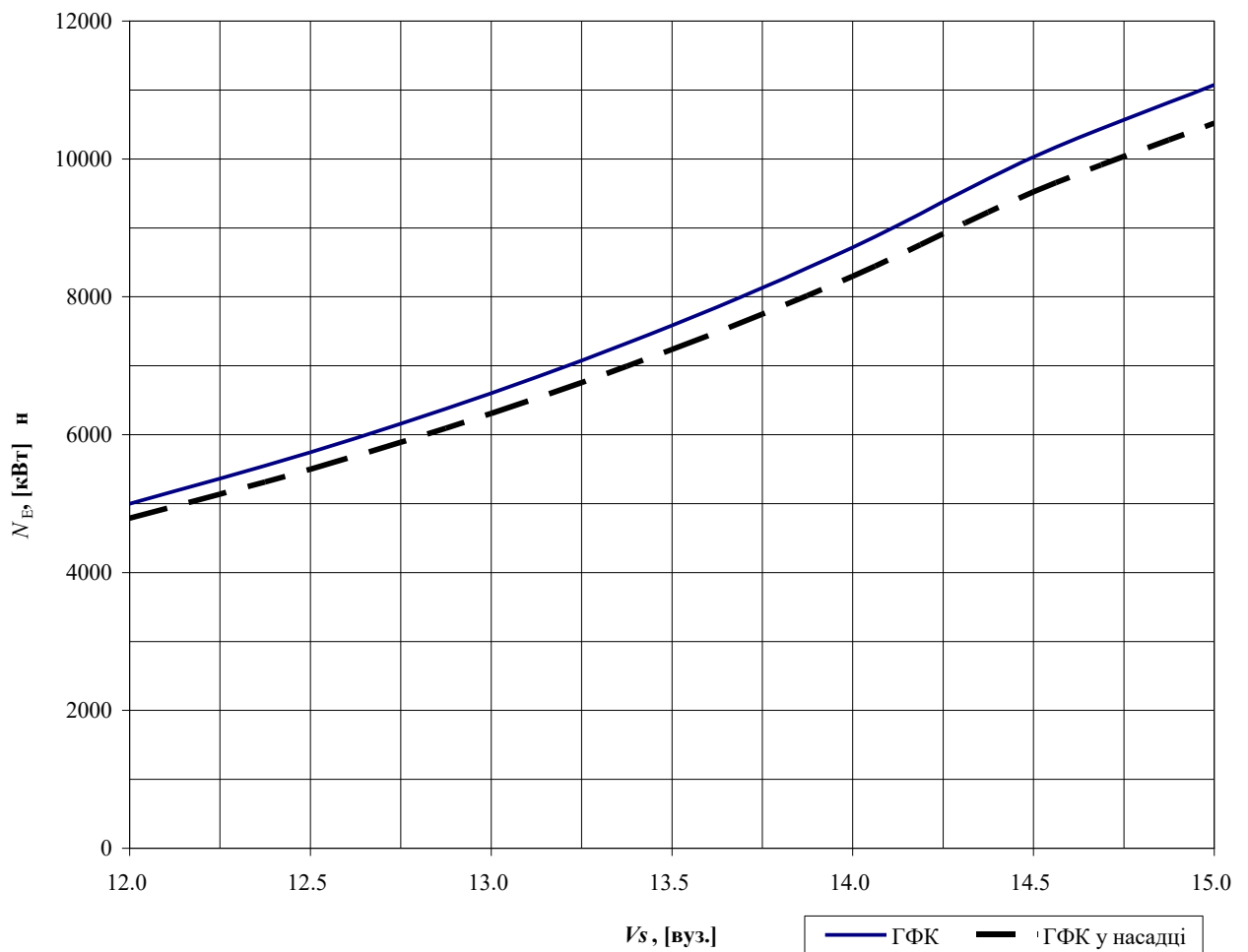


Рисунок 5.14 – Ефективна потужність з ГФК у напрямній насадці

Таблиця 5.10 – Узагальнення результатів аналізу енергозберігаючих пристроїв

Група рішень	Представлені пристрої / методи	Орієнтовна економія	Основний ефект	Доцільність застосування
--------------	--------------------------------	---------------------	----------------	--------------------------

		палива		
Передгвинтові пристрої	Напрямні насадки, напівнасадки Schneekluth	4–7% / 3–6%	Вирівнювання потоку, зниження вібрацій	Масові вантажні та танкерні судна
Удосконалені гвинти	Великодiameterні гвинти, TVF, ступичні системи	2–8%	Підвищення ККД гвинта	Судна з низькообертними дизелями
Післягвинтові пристрої	Контргвинт O. Grim, крила на стерні	4–10%	Утилізація енергії струменя	Великотоннажні та пасажирські судна
Корпусні рішення	Несиметрична корма, крилові системи	4–9%	Формування оптимального потоку	Реалізується переважно на етапі проекту
Комбіновані рішення	Корма + насадка + великодiameterний гвинт	10–15%	Максимізація пропульсивного ККД	Новобудови, реконструкції з докуванням
Методи оцінювання	Holtrop–Mennen, Hollenbach, серійні методи	—	Прогноз потрібної потужності	Передескізний етап проектування

Висновки

Одним з шляхів підвищення енергоефективності є підвищення ефективності пропульсивного комплексу суден, яке призводить до зниження витрат потужності головного двигуна при тій же швидкості руху. Крім проектування ефективних обводів та рушіїв, яке зазвичай виконується під час проектування судна спеціалізованими організаціями, важливо також звертати увагу на параметри технічного завдання на судно, що повинне формуватися менеджментом судноплавної компанії-замовника. Завдання може передбачати наявність енергозберігаючих пристроїв у складі гвинто-кормового комплексу з попередньо обґрунтованими параметрами. Не менш важливо іноді прийняти відповідне рішення щодо модернізації гвинто-кормових комплексів існуючих суден. Більшість сучасних енергозберігаючих пристроїв може бути встановлена на існуючих суднах без довготривалого виводу їх з експлуатації.

У даній роботі показано, що розглянуте судно може бути оснащено прямою насадкою до гребного гвинту, що дозволяє знизити ефективну потужність головного двигуна та відповідні витрати пального в середньому на 5% при збереженні незмінних показників швидкості ходу.

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДНА В РЕЙС

6.1 Необхідність впровадження нового обладнання для отримання прибутку

В дослідницькому розділі розглядається сучасні енергозберігаючі пристрої, що застосовуються для покращення гідродинамічної взаємодії між корпусом судна, гребним гвинтом і кермовим апаратом. Проведено огляд конструктивних рішень, які зменшують опір судна, підвищують пропульсивний коефіцієнт, стабілізують набігаючий потік або утилізують залишкову енергію струменя за гвинтом. Додаткову увагу приділено методам оцінювання ефективності пристроїв на передескізному етапі проектування.

Ефективність роботи гвинто-кермового комплексу безпосередньо визначає паливну економічність, маневровість та експлуатаційні витрати сучасних морських суден. Зростання вартості палива, посилення міжнародних екологічних стандартів та конкуренція на світовому ринку морських перевезень вимагають від суднобудівників пошуку нових рішень з підвищення енергоефективності пропульсивних систем.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що сучасні енергозберігаючі пристрої є важливим інструментом підвищення ефективності гвинто-кермових комплексів та зниження експлуатаційних витрат судна. Найбільшу економію забезпечують низькообертні гребні гвинти збільшеного діаметра, передгвинтові насадки, пристрої рекуперації енергії струменя (типу O. Grim), а також застосування асиметричних кормових обводів. Ефективність окремих пристроїв коливається від 2–3% до 10–15% у разі комбінованого використання.

Результати розділу підтверджують, що впровадження енергозберігаючих пристроїв є ключовим фактором підвищення конкурентоспроможності сучасних морських суден, покращення їх екологічності та зниження витрат на експлуатацію.

6.2 Розрахунок кількісних та якісних показників роботи судна в рейсі

Розрахунок виконаний на підставі завдання і даних, отриманих у попередніх розділах цієї дипломної роботи, взятих із суднової документації при роботі на переддипломної практиці, з довідкових матеріалів кафедри М і ЕМТ НУ«ОМА», прейскурантів, тарифів та ін. Вихідні дані рейсу т/х «Star Mistral» з порту Сент Іль в порт Оран 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 «Star Mistral»	D_w	Тон	56419
2	Запаси на початок рейсу	G_p	тон	1140,9
3	Відстань між портами	L	милі	3175,76
4	Кількість навантаженого вантажу: пшениця	ΣQ_m	т	55275
5	Фрахтова ставка за 1т вантажу	f	\$/т	20
6	Норми навантаження вантажу	$M_{ван}$	т/ доб.	9000
7	Норми вивантаження вантажу	$M_{вив}$	т/ доб.	12000
8	Експлуатаційна швидкість	v	екс. вузли	14,0

Продовження табл.6.1

1	2	3	4	5
9	Швидкість в каналах, вузостях	v	кан. вуз.	10
10	Добова витрата палива на ходу: важке	q_x^6	тон/доб	48,0
	На стоянці: легке	$q_{ст}^6$	тон/доб	3,5
11	Ціна 1 тони палива: важке	C_v	\$/т	480
	легке	C_l	\$/т	600
12	Балансова вартість судна	$C_{бал}$	\$	3949330
13	Річна норма амортизації	H_a	%	10
14	Позаексплуатаційний час	$T_{зе}$	діб.	15
15	Чисельність екіпажу	$Ч_{ек}$	чол.	20
16	Час затримки в дорозі	$t_{зат}$	доб.	0,05
17	Додатковий час в портах стоянки	$t_{дод}$	год.	2
18	Заробітна платня	$R_{зн}$	\$/доб	2700
19	Витрати на технічне постачання	$R_{т.пос}$	\$/доб	350
20	Навігаційні витрати	$R_{нав}$	\$/доб	285
21	Портові збори	$R_{порт}$	\$	22850
22	Агентство суден	$R_{аг}$	\$/доб	250
23	Витрати на страхування судна	$R_{стр}$	\$/доб	300
24	Витрати на ремонт	$C_{рем}$	\$/мр.п.	750000
25	Вартість одного доковання	$C_{док}$	\$	55000

При розрахунку кількісних показників роботи судна в рейсі використовуємо дані рейсового завдання [34, 36].

1. Розраховуємо чисту вантажопідйомність судна:

$$D_q = D_w - G_{зан}, \quad (6.1)$$

$$D_q = 56419 - 1140,9 = 55278,1 \text{ т}$$

2. Розраховуємо експлуатаційний період роботи судна:

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

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

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

3. Розраховуємо час рейсу:

- ходовий час:

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

$$t_x = 3175,76 / (14,0 \times 24) + 0,05 = 9,5 \text{ діб}$$

- стоянковий час:

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

$$t_{cm} = 55275 / 9000 + 55275 / 12000 + 2/24 = 10,8 \text{ діб.}$$

- час рейсу складе:

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

$$t_p = 9,5 + 10,8 = 20,3 \text{ діб}$$

4. Розрахуємо провізну спроможність судна:

- зроблено тонно-миль за рейс:

$$\Sigma QL = 55275 \times 3175,76 = 175540134 \text{ тонно-миль/рейс}$$

- зроблено тоннаже-миль за рейс:

$$\Sigma D_{\psi} L = 55278,1 \times 3175,76 = 175549979 \text{ тоннаже-миль/рейс}$$

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

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

$$\Sigma F_{рейс} = 55275 \times 20 = 1105500 \text{ \$/рейс}$$

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.

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

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

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

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

t_{mn} – міжремонтний період 5 років.

$$R_{рем} = ((55000 + 755000) / 5) / 350 = 463 \text{ \$/добу}$$

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

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

$$R_{ам} = (3949330 \times 0,1) / 350 = 1128 \text{ \$/добу};$$

- 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;

$$R_{сн} = (3949330 \times 0,02) / 350 = 226 \text{ \$/добу};$$

- витрати на технічне постачання ($R_{т.нос.}$) 350 \\$/добу;
- навігаційні витрати, \\$/добу ($R_{нав}$) 285 \\$/добу;
- портові збори ($R_{порт}$) 22850 \\$/рейс;
- витрати з агентування ($R_{аг}$) 300 \\$/добу;
- витрати на страхування ($R_{стр}$) 250 \\$/добу.

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

$$R_{екс} = 2700 + 240 + 463 + 1128 + 226 + 350 + 285 + 22850 / 20,3 + \\ + 300 + 250 = 7068 \text{ \$/ добу}$$

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 %.

$$R_{кос.} = 7068 \times 0,02 = 141 \text{ \$/добу}$$

8. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за добу:

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

$$R_{заг} = 7068 + 141 = 7209 \text{ \$/добу}$$

9. Знаходимо загальні постійні експлуатаційні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{заг.екс}} = 7209 \times 20,3 = 146343 \text{ \$/рейс}$$

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

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

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

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

$$R^m_x = 1,1 \times 48,0 \times 480 = 25344 \text{ \$/ добу}$$

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

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

$$R^l_{cm} = 1,1 \times 3,5 \times 600 = 2310 \text{ \$/ добу}$$

- витрати на паливо і мастильні матеріали витрати за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{пер}} = 25344 \times 14,0 + 2310 \times 10,8 = 379764 \text{ \$/рейс}$$

11. Знаходимо загальні витрати судна за рейс:

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

$$\Sigma R_{\text{рейс}} = 146343 + 379764 = 526107 \text{ \$/рейс}$$

12. Знаходимо прибуток судна за рейс:

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

$$\Sigma \Pi_{\text{рейс}} = 1105500 - 526107 = 579393 \text{ \$/рейс}$$

Прибуток судна т/х «Star Mistral» з порту Сент Іль до порту Оран з вантажем пшениця за рейс склав 579393 \\$/рейс.

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

1. Коефіцієнт використання календарного періоду:

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

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

2. Коефіцієнт завантаження судна:

$$\alpha_z = \frac{\sum Q}{\sum D_u}, \quad (6.21)$$

$$\alpha_z = 55275 / 55278,1 = 0,999$$

3. Середньодобова експлуатаційна швидкість:

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

$$V_{cp} = 3175,76 / 14,0 = 227$$

4. Коефіцієнт ходового часу:

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

$$\varepsilon_x = 14,0 / 20,3 = 0,689$$

5. Продуктивність однієї тони вантажопідйомності судна в добу експлуатації:

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

$$\mu_e = 0,999 \times 227 \times 0,689 = 156,25$$

6. Валова прибутковість одних судоднів:

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

$$\mu = 1105500 / 20,3 = 54458 \text{ $/доба}$$

7. Собівартість перевезення однієї тони вантажу в рейсі:

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

$$S_m = 526107 / 55275 = 9,52 \text{ \$/т}$$

8. Собівартість 1 тонно-милі в рейсі:

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

$$S_{m-м} = 526107 / 175540134 = 0,0029971 \text{ \$/т-м}$$

9. Собівартість утримання судна в добу експлуатації:

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

$$S_{с-с} = 526107 / 20,3 = 25917 \text{ \$/ доб.екс}$$

10. Рівень дохідності являє відношення доходів до витрат:

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

$$PF = 1105500 / 526107 = 2,10$$

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

6.3 Прогнозування роботи судна, оцінка ефективності рейсу

Якісні показники роботи судна за експлуатаційний період розраховуємо з урахуванням розрахованого експлуатаційного період роботи судна за формулою (6.2) за методикою [40]:

1. Число рейсів за експлуатаційний період:

$$Ч_p = T_{екс} / t_p \quad (6.30)$$

$$Ч_p = 350 / 20,3 = 17,24$$

2. Обсяг перевезеного вантажу за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma Q_{екс} = 55275 \times 17,24 = 952941 \text{ т / рік}$$

3. Обсяг транспортної роботи за експлуатаційний:

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

$$\Sigma Ql_{екс} = 175540134 \times 17,24 = 3026311910 \text{ т-миль / рік}$$

4. Дохід за експлуатаційний період:

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

$$\Sigma F_{екс} = 1105500 \times 17,24 = 19058820 \$ / рік$$

5. Загальні витрати судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma R_{екс} = R_{рейс.} \chi_p \quad (6.34)$$

$$\Sigma R_{екс} = 526107 \times 17,24 = 9070085 \$ / рік$$

6. Прибуток судна за експлуатаційний період:

$$\Sigma \Pi = \Pi_p \chi_p \quad (6.35)$$

$$\Sigma \Pi = 579393 \times 17,24 = 9988735 \$ / рік$$

7. Рівень дохідності роботи судна за експлуатаційний період:

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

$$PF = 19058820 / 9070085 = 2,10$$

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	\$	1105500
2	Затрати загальні	R	\$	526107
3	Прибуток	Π	\$	579393
4	Коефіцієнт ходового часу	ε_x		0,689
5	Середньодобова експлуатаційна швидкість	V_{cp}	милі/доб	227
6	Дохідність судна	μ	\$/ доб	54458
7	Рівень дохідності	PF		2,10
8	Собівартість перевезення 1 т вантажу	S_T	\$/т	9,52
9	Собівартість 1 т-милі	S_{T-M}	\$/т-м	0,0029971
10	Собівартість утримання судна за добу експлуатації	S_{C-C}	\$/доб.	25917

В результаті проведених розрахунків, наведених у таблиці 6.2. слід зазначити, що виконаний рейс є прибутковим. Рівень дохідності 2,10, прибуток 579393 \$ за рейс, а за експлуатаційний період прибуток складе 9988735 \$. Судно «Star Mistral» 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 «PAN QUEEN» стоїть в порту Фрітаун (Сьєрра-Леоне) біля причалу № 9 під навантаженням. Отримано повідомлення про інцидент зі скрапленням газом: на території перевантажувального комплексу аміаку зійшли з рейок і перекинулися три залізничні цистерни. Ймовірна причина аварії – терористичний акт. З пошкоджених цистерн вилилося 110 т зрідженого аміаку, який є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Характер розливу «вільно». На території порту оголошена терористична загроза.

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 9.00, температура повітря 20⁰, швидкість вітру 0,5 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії – 1,5 км. Характер місцевості – промислова забудова і територія порту.

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

Визначити заходи контролю обробки вантажу і доставки суднових запасів та постачання для забезпечення охорони 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 5 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 7.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 7.1 - Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Наявність хмарності		
	відсутня	середня	суцільна
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія
0,6 – 2,0	конвекція	конвекція	ізотермія

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\Sigma 1}$ (т) аміаку в первинній хмарі:

$$Q_{\Sigma 1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,01 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 110 = 0,01 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,01$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 8.2);

$K_3 = 0,04$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аміаку (таблиця 7.2);

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

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

$Q_0 = 110$ – кількість аміаку, що розлився при аварії, т.

Таблиця 7.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза,	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Аміак	-	0,681	-33,4	15	0,01	0,025	0,04	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$

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

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

Площа розливу S_p (м²) аміаку дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0 / \rho}{h} = \frac{110 / 0,681}{0,05} = 3231 \text{ м}^2,$$

де: V_p – об'єм аміаку, що розлився, м³;

Q₀ = 110 – кількість аміаку, що розлився при аварії, т.

ρ = 0,681 – щільність аміаку, т/м³ (таблиця 7.2);

h = 0,05 – товщина шару аміаку (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 Т (год.) аміаку:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II} K_M \cdot v_{II}} + \frac{1}{0,05 \cdot 0,681} = \frac{0,05 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 6} + \frac{1}{6} = 2,2 \text{ год.} = 2 \text{ год. } 12 \text{ хв.},$$

де: K₂ = 0,025 – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей аміаку (таблиця 7.2);

$K_4 = 1$ – 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 аміаку (таблиця 7.4);

$v_n = 6$ – 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								

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	-	-	-	-	-	-

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

$$Q_{32} = \frac{Q_0}{h \cdot \rho} = \frac{110}{0,05 \cdot 0,681} \cdot (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} = 0,99 \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{110}{0,05 \cdot 0,681} = 0,74 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,01$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 7.2);

$K_2 = 0,042$ - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірководню (таблиця 7.2);

$K_3 = 0,04$ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аміаку (таблиця 7.2);

$K_5 = 0,23$ - коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії;

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

4) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Для $Q_{\Sigma 1} = 0,01$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою аміаку : $\Gamma_1 = 0,38$ км.

Для $Q_{\Sigma 2} = 0,74$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою аміаку: $\Gamma_2 = 4$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 4 + 0,5 \cdot 0,38 = 4,19 \text{ км},$$

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

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

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

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 4,19 \text{ км.}$$

Таблиця 7.6 - Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44

3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62

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

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 4,19^2 \cdot 360^0 / 360^0 = 55,1 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 4,19$ - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 360^0$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 7.7).

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

Швидкість вітру (u), м/с	$\leq$ 0,5	0,6 - 1	1 , 1 - 2	>2
φ , град	36 0	180	9 0	45

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 4,19^2 \cdot 1^{0,2} = 2,33 \text{ км}^2,$$

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

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою коло, що має кутовий розмір $\varphi = 360^0$ (таблиця 7.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 4,19$ км. Центр кола співпадає з джерелом зараження - місцем розливу аміаку.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_l}\right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,75}{6}\right)^{0,606} = 0,21 \text{ км},$$

де: $\lambda = 3,73$; $\Psi = 0,606$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 7.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,01 + 0,74 = 0,75$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

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

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4l}}\right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,75}{2,4}\right)^{0,606} = 0,37 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2l}}\right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,75}{1,2}\right)^{0,606} = 0,56 \text{ км},$$

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

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

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

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 4,19$ 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:

$$t = \frac{x}{K_m \cdot v_{\Pi}} = \frac{1,5}{0,2 \cdot 6} = 1,25 \text{ год.} = 1 \text{ год. } 15 \text{ хв.},$$

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

7.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території внаслідок інциденту показала, що хмара зараженого повітря досягне судна «PAN QUEEN» через 1 год. 15 хв.

В результаті утворення хмари зараженого повітря при розливі аміаку утворюється небезпечна зона з глибиною ураження до 4,19 км. Так як відстань до місця аварії 1,5 км, то можна зробити висновок, що судно потрапляє в зону легких уражень.

Для уникнення можливих людських втрат пропонуються такі заходи:

- оголосити хімічну тривогу та повідомити екіпаж про надзвичайну ситуацію в порту;
- зв'язатися з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварії;
- терміново припинити усі роботи на судні;
- враховуючі, що час підходу хмари СДОР до судна становить 1 год. 15 хв., доцільно залишити судно та евакуювати усіх членів екіпажу за межі небезпечної зони ураження;
- попередити екіпаж судна, що повернення на судно можливо тільки після того, як завершиться дія вражаючих концентрацій в зоні ураження (не раніше 2 год. 12 хв.);

- перед поверненням на судно необхідно отримати інформацію про рівень концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна.

7.1.4. Заходи контролю обробки вантажу і доставки суднових запасів та постачання для забезпечення охорони судна

Заходи з охорони, що стосуються обробки вантажу і доставки суднових запасів та постачання, повинні:

- забезпечувати перевірку цілісності вантажу і суднових запасів і їхньої упаковки;
- запобігати прийому вантажу і суднових запасів без перевірки;
- запобігати незаконним діям із запасами, а також
- запобігати прийому вантажу і суднових запасів, які не замовлялися.

Стосовно суден, що регулярно використовують портовий засіб, може виявитися доцільним установити процедури для судна, постачальників суднових запасів і для портового засобу, що передбачають повідомлення про доставку, розклади доставки та їхнє документування. Завжди слід передбачати певний спосіб підтвердження того, що представлені до доставки запаси супроводжуються доказом того, що судно їх замовляло.

Для рівня охорони 1 у плані охорони судна повинні бути встановлені заходи з охорони, які повинні застосовуватися під час доставки суднових запасів, і які можуть уключати:

- перевірку того, що запаси відповідають замовленню, яка проводиться до завантаження запасів на судно, та
- забезпечення негайного безпечного розміщення суднових запасів.

Для рівня охорони 2 в плані охорони судна повинні бути встановлені додаткові заходи з охорони, що повинні застосовуватися під час доставки суднових запасів, і які полягають у перевірці запасів до їхньому прийомові на судно й підвищенні ретельності перевірок.

За рівня охорони 3 судно повинно дотримуватися вказівок, що надійшли від тих, хто вживає відповідних заходів у випадку інциденту, пов'язаного з охороною, або його загрози. У плані охорони судна повинні бути детально викладені заходи з охорони, які можуть бути вжиті судном у тісній взаємодії з тими, хто вживає відповідних заходів, і з портовим засобом. Ці заходи можуть уключати

- проведення ретельніших перевірок суднових запасів;
- підготовку до обмеження або припинення обробки суднових запасів, а також
- відмову в прийомі запасів на судно.

Для рівня охорони 1 в плані охорони портового засобу повинні бути встановлені заходи охорони, що підлягають застосуванню для контролю доставки суднових запасів, які включають:

- перевірку суднових запасів;
- завчасне повідомлення про склад вантажу, водія і реєстрацію транспортного засобу;
- огляд транспортного засобу для доставки.

Перевірка суднових запасів може здійснюватися за допомогою деяких або всіх таких способів:

- шляхом візуального та фізичного огляду;
- шляхом використання скануючого устаткування, механічних пристроїв або собак.

Для рівня охорони 2 в плані охорони портового засобу повинні бути встановлені додаткові заходи охорони, що підлягають застосуванню для посилення контролю за доставкою суднових запасів, які включають:

- ретельну перевірку суднових запасів;
- ретельний огляд транспортних засобів для доставки;
- взаємодію з судновим персоналом для звірки замовлення з транспортною накладною до проїзду на територію портового засобу;
- супровід транспортного засобу для доставки на територію портового засобу.

При рівні охорони 3 портовий засіб повинен слідувати вказівкам, що надійшли від тих, хто приймає заходи у випадку події, пов'язаної з охороною, або загрози. У плані охорони портового засобу повинні бути докладно викладені заходи охорони, які можуть бути прийняті портовим засобом у тісній взаємодії з тими, хто приймає заходи у відповідь, наприклад, з суднами в районі портового засобу, які можуть включати підготовчі дії до введення обмежень або припинення доставки суднових запасів у межах усього портового засобу або його частини.

ВИСНОВОК

Даний дипломний проект виконаний для економічного та безпечного переходу з порту Септ Іль - Оран.

Проведено підбір необхідної літератури, виконана прокладка курсів, розраховане плавання по них і природна освітленість за маршрутом переходу.

Виконана робота дозволила зробити навігаційну опрацювання переходу і забезпечення безпеки плавання при його виконанні.

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

Проведена перевірка подовжньої міцності судна.

У дослідницькому розділі проведеного аналізу встановлено, що сучасні енергозберігаючі пристрої є важливим інструментом підвищення ефективності гвинто-кормових комплексів та зниження експлуатаційних витрат судна. Найбільшу економію забезпечують низькообертні гребні гвинти збільшеного діаметра, передгвинтові насадки, пристрої рекуперації енергії струменя (типу O. Grim), а також застосування асиметричних кормових обводів. Ефективність окремих пристроїв коливається від 2–3% до 10–15% у разі комбінованого використання.

Визначено, що оптимальним підходом є системна інтеграція корпусних, гвинтових та кормових рішень, коли пропульсивний комплекс розглядається як єдиний гідродинамічний об'єкт. На перед ескізному етапі найбільш придатними методами оцінювання ефективності виступають методи Holtrop–Mennen та Hollenbach, які дозволяють отримати достатньо точні прогнози потрібної потужності з мінімальною кількістю вхідних даних.

Результати розділу підтверджують, що впровадження енергозберігаючих пристроїв є ключовим фактором підвищення конкурентоспроможності сучасних морських суден, покращення їх екологічності та зниження витрат на експлуатацію.

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

У розділі «Охоронні заходи і цивільна оборона на судні» зроблено прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання магістерської роботи / Укл. І.І. Ворохобін та ін. –Одеса: НУ «ОМА», 2019. – 104 с.
2. Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських судах України (РШСУ-98).-Одесса: ЮжНИИМФ, 1998.-111с.
3. Руководство по процедурам на мостике — Bridge Procedure Guide. - International chamber of shipping. 6-те видавництво, 2021 р.
4. Конвенція та кодекс з підготовки, дипломування моряків та несення вахти (ПДМНВ-78/95) – International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978/95 (STCW-78/95)
5. Резолюція ІМО А.893 (21) -1999 «Посібник з планування рейсу»
6. Забезпечення навігаційної безпеки плавання [Текст]: навчальний посібник / В. Г. Алексішин, Л. А. Козир, С. В. Симоненко; Одеська морська національна академія. - Одеса: Фенікс; М.: ТрансЛіт, 2012. – 518 с.
7. Практичне судноводіння [Текст]: навч. посібник / В. Г. Алексішин, В. Т. Долгочуб; Одеська морська національна академія. - 4-те вид., Випр. та дод. – О.: Фенікс, 2011. – 376 с.
8. Ніколаєва Л. Л. Комерційна експлуатація судна: навч. [для студ. вищ. навч. зак.] / Л. Л. Ніколаєва. - Одеса: Фенікс, 2006. – 754 с.
9. Савчук В. Д. Технологія перевезення вантажів : підруч. / В. Д. Савчук. – Одеса: ВидавІнформ, 2008. – 335 с.
10. Alan Murray. Astro Navigation From Square One To Ocean Master.- M-Y Books, 2013. - 445 p.
11. Алексішин В.Г., Козир Л.А., Короткий Т.Р. Міжнародні та національні стандарти безпеки мореплавання. – Одеса: Латстар, 2002. – 257 с.
12. Михальчук В.В. Морська астрономія: конспект лекцій. - Одеса: ОНМА, 2003 - 55с.
13. D.J. House Seamanship Techniques. Shipboard and Marine Operations. 5th Editdion. 2018. - 922 p.

14. Кондрашихін В.Т., Бердінських Б.В., Мальцев А.С., Козир Л.А. Довідник судноводія з навігаційної безпеки мореплавання. – Одеса, 1990.-167с.
15. Бурмака І.О. Управління судами у ситуації небезпечного зближення / І.О Бурмака., Е.Н П'ятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
16. International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk (International Grain Code). – London: International Maritime Organization, 1991. – 35 p.
17. Правила класифікації та побудови морських суден. В 5-ти т. Том 2. – Київ: Регістр судноплавства України, 2014.
18. Довідник з теорії корабля: У трьох томах. Том 2. Статика судів. Качка судів / Под ред. Я. І. Войткунського.: Суднобудування, 1985. – 440 с.
19. Сізов В.Г. Теорія корабля: Підручник. Видання 4-те, перероблене та доповнене. – Одеса: Фенікс, 2008. – 464 с.
20. Максимаджі А.І. Капітану про міцність судна: Довідник.: Суднобудування, 1988. – 224 с.
21. Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. Resolution A.267(85). -London: International Maritime Organization, 2008. - 109 p
22. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден.: У 5-ти т. Том 2. - Київ: Регістр судноплавства України, 2016.
23. Печенюк А.В. Метод оптимальної трансформації носової частини судна у задачі зниження повного опору його руху на тихій воді / А.В. Печенюк // 36. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2016. – № 2. – С. 40–45.
24. Печенюк А.В. Аналіз сучасного рівня розвитку рушійного комплексу «гребний гвинт – спрямовуюча насадка» / А.В. Печенюк, Т.Г. Стецюк // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали X Міжн. наук.-техн. конф. – Миколаїв: НУК, 26–28 вересня 2019. – Т. 1. – С. 134–137.
25. Carlton J.S. Marine propellers and propulsion. – 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007. – 533 p.
26. Schneekluth H. Ship Design for Efficiency and Economy / H. Schneekluth, V. Bertram. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998. – 220 p.

27. Тітов І.А. Підвищення економічності пропульсивних комплексів морських транспортних суден/Тітов І.А., Вишневський Л.І., Сізов І.І. // Суднобудування там. – 1990. – №3. – С. 30-41.
28. Сиряченко В.Ф. Розрахунок гребного гвинта. Методичні вказівки щодо виконання розрахунково-графічної роботи. /В.Ф. Сиряченко, Т.Г. Стецюк. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 25 с.
29. Holtrop J. An approximate power prediction method / J. Holtrop, G.G.J. Mennen // International Shipbuilding Progress. – 1982. - Vol. 29, No 335. – P. 166–170.
30. Сліжевський Н.Б. Розрахунок ходкості надводних водовипромінювальних суден/Н.Б. Сліжевський, Ю.М. Король, М.Г. Соколик, В.Ф. Тимошенко. – Миколаїв: МУК, 2004. – 192 с.
31. Басін А.М. Гідродинаміка судна: опір води, рушії, керованість та качка / О.М. Басін, В.М. Анфімов.: Річковий транспорт, 1961. – 684 с.
32. Breslin J.P. Hydrodynamics of ship propellers / J.P. Breslin, P. Andersen. – Cambridge: Cambridge University Press, 1994. – 560 p.
33. <https://unctad.org/en/pages/> - Review of Maritime Transport 2018 (Обзор морского транспорта)
34. Вінніков В.В. Економіка підприємства морського транспорту (економіка морських перевезень): - 3 видавництва, перероб. дод. - О.: Фенікс, 2011. – 944 с.
35. Дем'янченко А.Г., Сотниченко Л.Л. Вдосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком підприємств морської галузі / кол. монографія за ред. А. Г. Дем'янченко. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 325 с.
36. Сотниченко Л.Л., Бабаченко М.В. Економіка водного транспорту: методичні вказівки розрахункової роботи. – Одеса: НУ «ОМА», 2017, с. 20.
37. Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення ваhti 1978 року, з поправками (ПДНВ-78 / STCW).
38. МАНІЛЬСЬКІ ПОПРАВКИ до Кодексу з підготовки та дипломування моряків та несення ваhti (ПДНВ) [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_052

39. Міжнародна конвенція щодо запобігання забруднення моря з суден (МАРПОЛ 73/78) -International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78)
40. Терновський В. Б. Методичні вказівки щодо виконання розділу дипломної роботи «Охоронні заходи та цивільна оборона на судні» / В. Б. Терновський – Одеса: НУ «ОМА», 2015. – 75 с.