

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут (факультет) _____ Кораблебудівний _____

Кафедра _____ морських технологій та океанотехніки _____

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

_____ В.В. Зайцев
« _____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: Дослідження впливу зовнішніх факторів на
роботу механізмів донно-тралового комплексу середнього
риболовного морозильного траулера

Виконав: студент 6119м групи

_____ Лисенко О.А.
(підпис)

Керівник роботи:

Завідувач кафедри, д.т.н., професор _____

(посада, науковий ступень вчене звання)
_____ Зайцев В.В.
(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут (факультет) _____ **Кораблебудівний**

Кафедра _____ морських технологій та океанотехніки

Спеціальність _____ 135 Суднобудування

Освітня програма _____ суднові машини та механізми

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



д.т.н., професор Зайцев В.В.

«__» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту _____ **Лисенко Олександр Анатолійовичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу зовнішніх факторів на роботу механізмів донно-тралового комплексу середнього риболовного морозильного траулера

Керівник роботи _____ **Зайцев В.В., д.т.н., професор**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № _____ від «__» _____ 20__ року

2. Термін подання роботи: _____ 16.12.2025 р.

3. Вихідні дані по роботі:

3.1 Тип судна – СРТМ з донно-траловим комплексом.

3.2. Клас судна за Правилами РСУ – КМ Ice 3 1 AUT2 REF Fishing vessel (риболовне);

3.3. Головні розміри судна: довжина між перпендикулярами – 48,6 м, ширина – 12,5 м, осадка – 4,75 м, Швидкість без тралу – 13 вуз.; Потужність головного двигуна – 2100 кВт.

3.4. Промислове обладнання – ваєрні лебідки – 2 шт.; витяжні лебідки – 2 шт.; сетний барабан – 2 шт.; лебідки для вилівки риби – 2 шт; вантажні лебідки – 2 шт.; вантажопід'ємність спарених стріл – 3,8 т; привод лебідок – електричний.

3.5. Кількість швартовних барабанів лебідки 1 ; _____

3.6. Швидкість вітру 3...9 балів; _____

3.7. Кути зміни напрямку швартовних канатів відносно ДП 40°...110°.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):

4.1. Збір, огляд і аналіз літературних джерел з проектування і конструювання механізмів тралових комплексів риболовних суден.

4.2. Опис судна, його донно-тралового комплексу та знаряддя лову.

4.3. Дослідження і аналіз впливу зовнішніх факторів на агрегатний опір конструктивних елементів донного тралу.

4.4. Дослідження впливу буксирування донного тралу на швидкість ходу траулера.

4.5. Дослідження параметрів ваєрних лебідок.

4.6. Оптимізаційний розрахунок зусиль, які діють у шкентелях спарених стріл донно-тралового комплексу.

4.7. Дослідження параметрів вантажної лебідки.

4.8. Дослідження міцності фундаменту вантажної лебідки.

5.2 Презентація.

6 Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
1-8	Зайцев В.В., зав. кафедри		03.09.2025		16.12.2025

7. Дата видачі завдання 03.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Видача завдання, збір і вивчення матеріалу та літератури.	03.09.25-15.09.25	
2.	Вступ, 1-й розділ. Збір, огляд і аналіз літературних джерел з проектування і конструювання механізмів тралових комплексів риболовних суден.	03.09.25-15.09.25	
3.	2-й розділ. Опис судна, його донно-тралового комплексу та знаряддя лову.	16.09.25-30.09.25	
4.	3-й розділ. Дослідження і аналіз впливу зовнішніх факторів на агрегатний опір конструктивних елементів донного тралу.	01.10.25-15.10.25	
5.	4-й розділ. Дослідження впливу буксирування донного тралу на швидкість ходу траулера.	01.11.25-15.11.25	
6.	5-й розділ. Дослідження параметрів ваєрних лебідок.	16.11.25-30.11.25	
7.	6-й розділ. Оптимізаційний розрахунок зусиль, які діють у шкентелях спарених стріл донно-тралового комплексу.	01.12.25-07.12.25	
8.	7-й розділ. Дослідження параметрів вантажної лебідки.	08.12.25-14.12.25	
9.	8-й розділ. Дослідження міцності фундаменту вантажної лебідки.	08.12.25-14.12.25	
10.	Виконання графічної роботи та підготовка презентації.	01.12.25-10.12.25	
11.	Оформлення та узгодження розділів пояснювальної записки.	01.12.25-10.12.25	
12.	Оформлення та узгодження графічної частини та презентації.	01.12.25-10.12.25	
13.	Кафедральний захист.	16.12.2025	
15.	Робота з рецензентом по КР. Рецензія на кваліфікаційну роботу.	17.12.2025	
15.	Захист кваліфікаційної роботи на ДЕК.	24.12.25	

Студент  **Лисенко Олександр Анатолійович**
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи  **Зайцев Володимир Васильович**
(підпис) (ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти "магістр" 106 с., 7 джерел: 104 с., 12 джерел.

Об'єкт дослідження – донно-траловий комплекс середнього рибальського траулера морозильного.

Мета досліджень – дослідження та визначення параметрів механізмів донно-тралового комплексу середнього рибальського траулера морозильного.

Методика досліджень – аналітична, числова.

Кваліфікаційну роботу на здобуття ступеня вищої освіти "магістр" виконано згідно завдання, виданого кафедрою морських технологій та океанотехніки.

Робота містить ряд розрахунків у тому числі з використанням МКЕ.

Під час виконання роботи зроблено: збір, огляд і аналіз літературних джерел з проектування і конструювання механізмів тралових комплексів риболовних суден; описано судно та його донно-траловий комплекс та знаряддя лову; досліджено та проаналізовано вплив зовнішніх факторів на агрегатний опір конструктивних донного тралу; досліджено вплив буксирування донного тралу на швидкість траулера.

За розробленою математичною моделлю проведено оптимізаційний розрахунок зусиль, які діють у шкентелях спарених стріл донно-тралового комплексу. Розраховано фундамент вантажної лебідки стріли.

ТРАЛ, ВАЄР, ЛЕБІДКА, СТІЛА, ТРАЛОВІ ДОШКИ, ФУНДАМЕНТ.

ABSTRACT

Research object – bottom trawl complex of a medium-sized freezer fishing trawler.

Purpose of research – research and determination of the parameters of the bottom trawl complex mechanisms of a medium-sized fishing freezer trawler.

Methodology of research - analytical, numerical.

TRAWL, VAER, WINCH, BOOM, TRAWL BOARDS, FOUNDATION.

Підп. і дата	За розробленою математичною моделлю проведено оптимізаційний розрахунок зусиль, які діють у шкентелях спарених стріл донно-тралового комплексу. Розраховано фундамент вантажної лебідки стріли.					
	ТРАЛ, ВАЄР, ЛЕБІДКА, СТІЛА, ТРАЛОВІ ДОШКИ, ФУНДАМЕНТ.					
	ABSTRACT					
	Research object – bottom trawl complex of a medium-sized freezer fishing trawler. Purpose of research – research and determination of the parameters of the bottom trawl complex mechanisms of a medium-sized fishing freezer trawler. Methodology of research - analytical, numerical.					
	TRAWL, VAER, WINCH, BOOM, TRAWL BOARDS, FOUNDATION.					
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.КР.135.6119м.01.ПЗ	Арк. 3

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Збір, огляд і аналіз літературних джерел з проектування і конструювання механізмів тралових комплексів риболовних суден	8
1.1 Види суден та оснащення для лову риби	9
1.2 Види та методика проектування тралових лебідок	12
2 Опис судна, його донно-тралового комплексу та знаряддя лову	20
2.1 Загальні відомості	21
2.2 Якірно-швартовні пристрої	23
2.3 Склад донно-тралового комплексу	24
3 Дослідження і аналіз впливу зовнішніх факторів на агрегатний опір конструктивних елементів донного тралу	28
3.1 Методика гідродинамічного розрахунку донного тралу	29
3.2 Розрахунок донного тралу за методикою	37
3.3 Визначення зусиль у ваєрах трала	44
4 Дослідження впливу буксирування донного тралу на швидкість ходу траулера	45
4.1 Оцінка зміни швидкості рибопромислового судна з відомими параметрами після спуску у воду трала	46
5 Розрахунок і проектування ваєрних лебідок	51
5.1 Розрахунок основних вузлів тралової лебідки	52
5.2 Розрахунок і підбір опорних підшипників	56
5.3 Розрахунок болтів кріплення кронштейна опори вала до рами ...	59
6 Оптимізаційний розрахунок зусиль, які діють у шкентелях спарених стріл донно-тралового комплексу	61
6.1 Особливості спареної роботи вантажних стріл	62
6.2 Позначення	64
6.3 Алгоритм розрахунку при вибраному розташуванні елементів пристрою	66
7 Дослідження параметрів вантажної лебідки	77

Підп. і дата		Інв. № дубл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № ориг.		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ					Арк.
					4					

7.1 Розрахунок основних вузлів вантажної лебідки	78
7.2 Розрахунок і підбір опорних підшипників	87
7.3 Розрахунок шпоночного з'єднання	90
7.4 Розрахунок болтів кріплення кронштейна опори вала до рами ...	92
7.5 Дослідження впливу діаметру каната на параметри барабану лебідки.	94
8 Розрахунок фундаменту вантажної лебідки	98
8.1 Опис механізму та його основні характеристики	99
8.2 Побудова моделі фундаменту і дослідження на міцність в програмному комплексі SolidWorks	100
Висновки.....	103
Вступ.....	104

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ					Арк.
										5

ВСТУП

Промислове рибальство здавна було і досі залишається одним з основних видів діяльності людей, завдяки якому значна частина населення Землі забезпечується продуктами харчування.

Траловий промисел почав розвиватися в кінці XIX ст. У той період він носив епізодичний характер і здійснювався на малих, недосконалих парових траулерах, загальна кількість яких обчислювалася декількома одиницями. Початком створення вітчизняного тралового флоту слід вважати 1929...1930 рр.

Коли за розробленими в Ленінграді проектами були побудовані перші вітчизняні сталеві рибальські траулери, вигідно відрізнялися від своїх попередників величиною, потужністю машини, промисловим і технологічним обладнанням та зручнішим розташуванням житлових приміщень. Водотоннажність траулера становило близько 1100 т, потужність головної машини 650 л. с.

Судна були обладнані траловим промисловим пристроєм по бортовій схемі, пристроями для виробництва консервів, жиру, вироблення кормового борошна, трюми пристосовані для перевезення солоної і свіжої охолодженої в льоду риби. У ці ж роки інтенсивно розвивався і сейнерний флот.

Сейнери, розраховані на лов риби кошельковим неводом і кільцевої мережею набули поширення практично на всіх морях. Природно, що як траулери, так і сейнери будівлі цього періоду були далекі від досконалості і якісно відрізнялися від суден, що будуються сьогодні. Знадобилися десятиліття, перш ніж траловий і сейнерний промисли досягли сучасного рівня розвитку.

В останні роки обидві категорії суден (траулери і сейнери) значно зблизилися: виникли такі модифікації суден, як траулери - сейнери і сейнери - траулери. Темпи технічного прогресу, характерні для нашого часу, обумовлюють інтенсивний розвиток і вдосконалення траулерів і сейнерів.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ					6

Застосовуючи найбільш ефективні знаряддя лову, ця група промислових суден є найперспективнішою. За останнє десятиліття з'явилися серії нових траулерів і сейнерів.

Наданий час механізми донно-тралового комплексу зазнали суттєвих змін та модернізацій, тому розгляд питань даної магістерської роботи є доцільним.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ					Арк.
										7

[illegible]

1 ЗБІР, ОГЛЯД І АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПРОЕКТУВАННЯ І КОНСТРУЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ТРАЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ РИБОЛОВНИХ СУДЕН

1.1 Види суден та оснащення для лову риби

Промисловим риболовецьким судном, відповідно до міжнародно-визнаної класифікації, може бути будь-яке судно, що використовується в комерційних цілях для лову риби, а також інших ресурсів моря і об'єктів лову, таких як кити, тюлені, моржі тощо. Переробні судна безпосередньо не беруть участі у лові та використовуються в основному тільки для переробки та зберігання риби.

Нижче наведено список основних морських промислових риболовних суден, а також суден для зберігання і переробки риби:

ВАТ – Великий Автономний Траулер;
ВМРТ – Великий Морозильний Рибальський Траулер;
МРС – Малий Рибальський Сейнер;
МРТК – Малий Рибальський Траулер (кормовий);
ПР – Переробний Рефрижератор;
ПСТ – Посольно Свежевой Траулер;
РТ – Рибальський Траулер;
СРТМ – Середній Рибальський Траулер Морозильний;
СМРТк – Середній Морозильний Рибальський Траулер (кормовий);
СТМ – Середній Траулер Морозильний;
СТР – Сейнер Траулер Рибальський;
ТР – Транспортний Рефрижератор.

Тип промислового риболовного судна визначається тим методом лову, для якого передбачається його застосовувати.

При проектуванні риболовного судна його можуть віднести до якого-небудь одного виду промислового лову, або до багатоцільового судна, на яких можуть застосовуватися різні види риболовних снастей (два або більше видів).

Траловий промисел почав розвиватися в кінці XIX ст. У той період він носив епізодичний характер і здійснювався на малих, недосконалих парових траулерах, загальна кількість яких обчислювалася декількома одиницями.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.01					9

Початком створення вітчизняного тралового флоту слід вважати 1929...1930 рр. Коли за розробленими в Ленінграді проектами були побудовані перші вітчизняні сталеві рибальські траулери, вигідно відрізнялися від своїх попередників величиною, потужністю машини, промисловим і технологічним обладнанням та зручнішим розташуванням житлових приміщень.

Водотоннажність траулера становила близько 1100 т, потужність головної машини 650 к.с. Судна були обладнані траловим промисловим пристроєм з бортовий схемою, пристроями для виробництва консервів, жиру, вироблення кормового борошна, трюми пристосовані для перевезення солоні і свіжої охолодженої в льоду риби.

У ці ж роки інтенсивно розвивався і сейнерний флот. Сейнери, розраховані на лов риби кошельковим неводом і кільцевої мережею набули поширення практично на всіх морях. Природно, що як траулери, так і сейнери цього періоду були далекі від досконалості і якісно відрізнялися від суден, що будуються сьогодні. Знадобилися десятиліття, перш ніж траловий і сейнерний промисли досягли сучасного рівня розвитку.

В останні роки обидві категорії суден (траулери і сейнери) значно зблизилися: виникли такі модифікації суден, як траулери – сейнери і сейнери – траулери. Темпи технічного прогресу, характерні для нашого часу, обумовлюють інтенсивний розвиток і вдосконалення траулерів і сейнерів. Застосовуючи найбільш ефективні знаряддя лову, ця група промислових суден є найперспективнішою.

За останнє десятиліття з'явилися серії нових траулерів і сейнерів. Сейнер – рибпромислове судно для лову риби кошельковим неводом, який також може називатися Сейнер.

Сейнер, зазвичай, однопалубне судно з надбудовою, зміщеною до носової частини. На кормі є робочий простір для зберігання і обробки неводу і поворотний майданчик, звідки він виметується при облові. Один кінець неводу при лові закріплюється на допоміжному мотоботі, який під час переходів і пошуку риби знаходиться на робочій палубі сейнера або буксирується.

Для підвищення маневреності у великих сейнерів іноді передбачаються засоби активного управління (активні рулі, поворотні висувні колонки, подрулюючі

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.6119м.01.ПЗ.01	10
					Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрої тощо). Сейнери обладнуються пристроями для вибірки неводу і його укладання, установками для охолодження машинами для обробки риби. Для пошуку скупчень риби сейнери оснащуються рибопошуковою апаратурою, наприклад ехолотом.

Снюрревод являє собою буксируване знаряддя лову неводного типу. Снюрреводи, або донні рухливі неводи, за принципом лову займають проміжне положення між обкидними неводами і траліруючими знаряддями лову, тому що має місце як процес невоження (збивання урезів), так і процес траління (буксирування) неводу. Снюрревод складається власне з снюрреводу – сітнього мішка з крилами, оснащеного плавом і завантаженням, і урезів – довгих канатів, що з'єднують снюрревод з судном. Їх довжина в десятки разів перевищує довжину снюрреводу.

Суть лову снюрреводом полягає в тому, що урізом охоплюється максимально можлива площа дна водойми, потім урізи з певною швидкістю (що залежить в першу чергу від швидкості реакції і руху обловлюваних гідробіонтів) зближуються один з одним, концентруючи рибу, і утворюється область з підвищеним вмістом об'єктів лову, що простягається в сітний мішок.

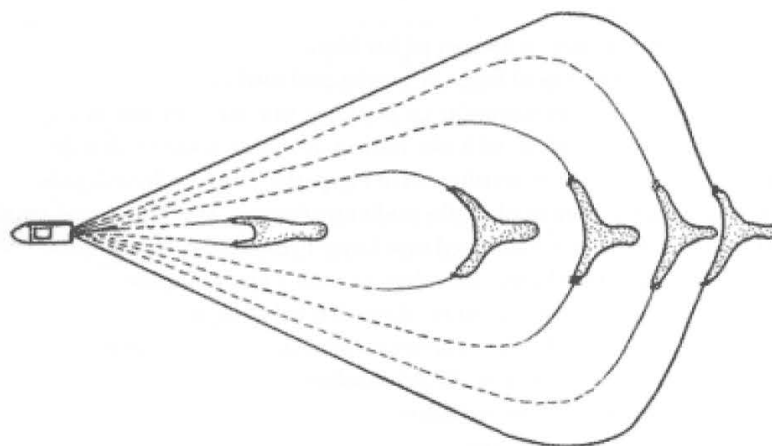


Рисунок 1.1 – Схема замету риби снюрреводом

Снюрреводний лов має велике значення в промисловому рибальстві і є основним для суден малого та середнетоннажного флоту в прибережній зоні.

Інв. № ориг. Підп. і дата Взам. інв. № Інв. № відл. Підп. і дата						Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.01	

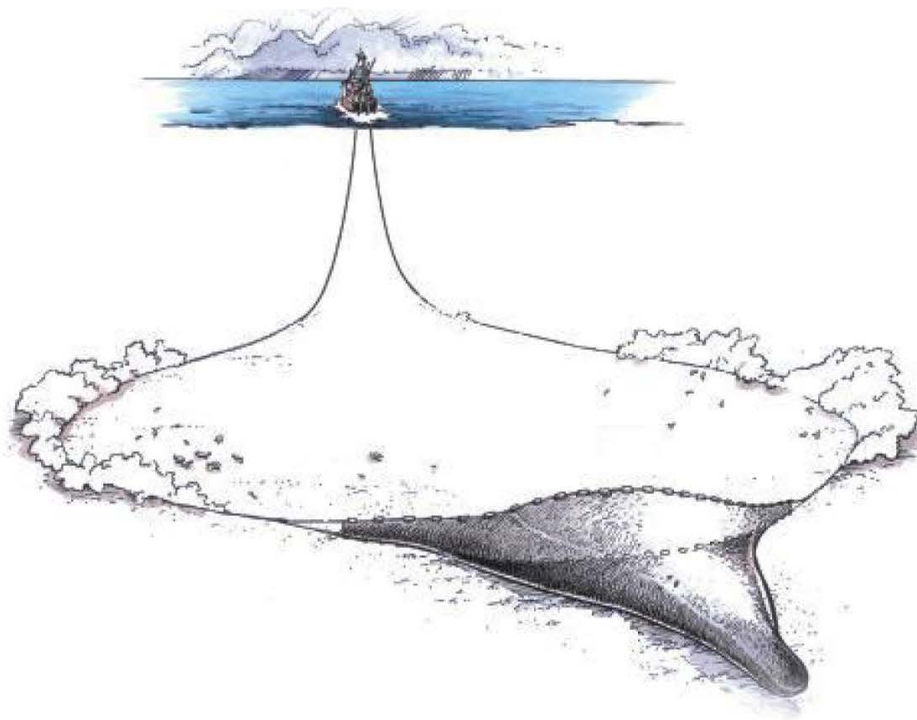


Рисунок 1.2 – Схема судна зі снюрреводом

1.2 Види та методика проектування тралових лебідок

Незважаючи на велику різноманітність використовуваних тралових лебідок, вони можуть бути класифіковані за такими основними ознаками:

- *за призначенням* – тралові, тралово-сейнерні, витяжні, кабельні та ваєрні;
- *за типом приводу* – електричні, гідравлічні з приводом від двигуна внутрішнього згорання;
- *за основними параметрами* – тяговому зусиллю, швидкості вибирання і тралення ваєрів і канатоємність ваєрних барабанів.

Трало́ва лебідка – механізм універсального призначення, що значною мірою зумовлює її конструкцію.

Залежно від промислової схеми тралові лебідки виконуються або у вигляді агрегатованого механізму, або з розділеними барабанами. До недавнього часу класичної вважалася лебідка, виконана у вигляді єдиного агрегату, що має два

ваєрних барабана, дві турачки на валу ваєрного барабана і дві турачки на допоміжному валу (рис. 1.3).

Складовими елементами лебідок агрегатного типу є: двигун 5, редуктор 6, два ваєрних барабана 3, допоміжні барабани 1 і турачки 4, 2 ваєроукладчі, стрічкові або колодкові гальма 7 ваєрних барабанів і елементи управління.

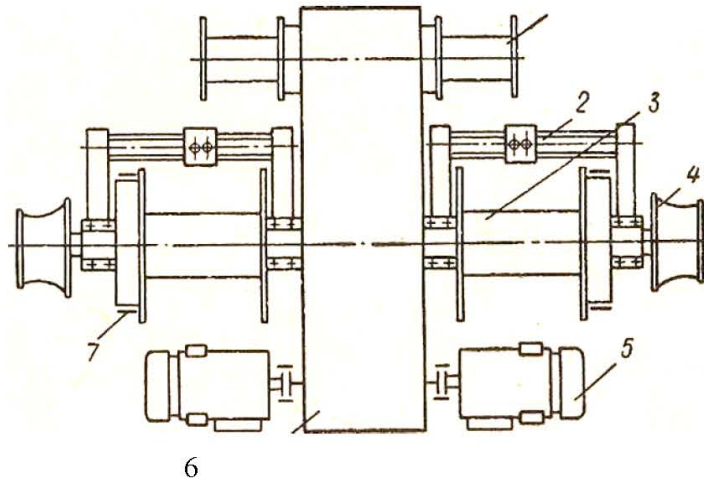
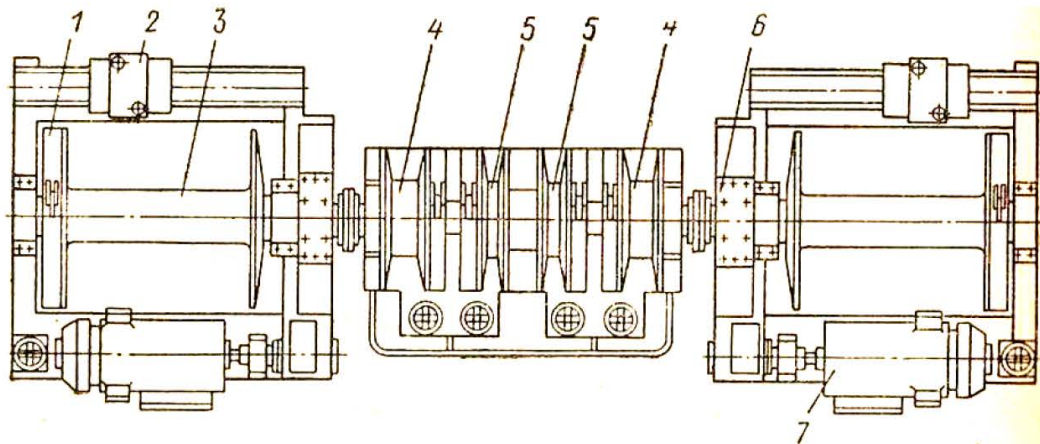


Рисунок 1.3 – Тралова лебідка з електричним приводом

У багатобарабаних лебідках для кормового траління (рис. 1.4) крім двох ваєрних барабанів встановлюють два кабельних і два витяжних барабана.

Черговість роботи барабанів забезпечується перемиканням кулачкових муфт.



1 – гальмо ваєрного барабану, 2 – ваєроукладач, 3 – ваєрний барабан,
4 – кабельний барабан, 5 – витяжні барабани; 6 – редуктор лебідки,
7 – електродвигун

Рисунок 1.4 – Багатобарабанна тралова лебідка для кормового траління

Схема промислового пристрою з роздільними (операційними) лебідками дозволяє більш зручно розмістити устаткування на палубі, спростити та забезпечити безпеку операції включення-виключення тралових дошок.

Комплекс лебідок, що замінює одну багатобарабанну тралову лебідку, як правило, складається з двох однобарабанних ваєрних лебідок, двох кабельних однобарабанних і двох однобарабанних витяжних лебідок. Можливі інші комбінації роздільних лебідок.

У конструкцію роздільних ваєрних лебідок були введені вузли синхронізації, регулюючі частоти обертання ваєрних барабанів для збереження сталості довжин ваєрів, а також автоматичні вузли граничного навантаження, за допомогою яких забезпечується підтримання ваєрів при зачіпленні трала за ґрунт і наростанні навантаження до заданих найбільших значень (рис. 1.5).

Лебідка складається з електродвигуна 1, 2 муфти, редуктора 4 і ваєрного барабана 7, змонтованих на загальній фундаментній рамі 9.

Рівномірне укладання ваєру на барабані проводиться ваєроукладчом, що складається з ходового гвинта 5 і каретки 6.

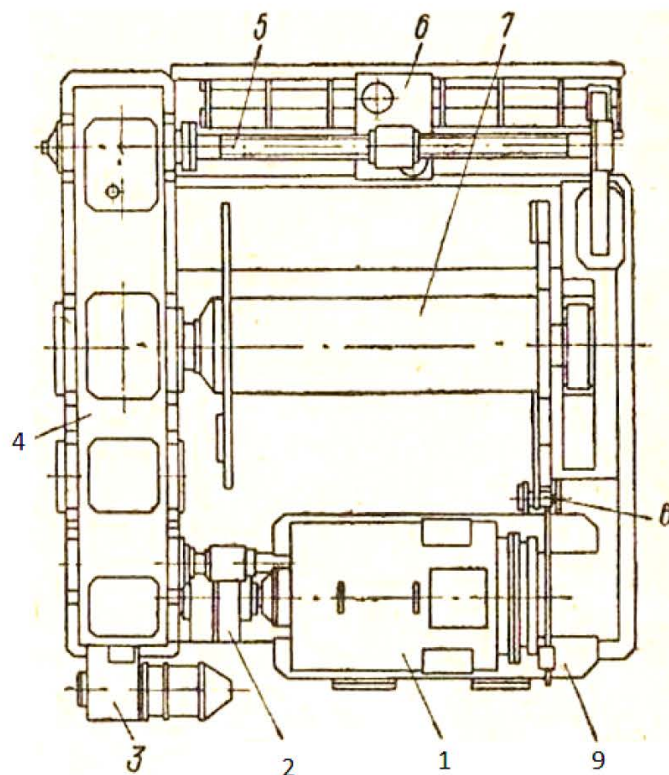


Рисунок 1.5 – Електрична ваєрна лебідка

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.КР.135.6119м.01.ПЗ.01	14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Ваєрна лебідка обладнана індикаторним приладом 3, який безперервно вимірює натяг в ваєрі. При змотуванні ваєру до першого шару автоматичний пристрій лебідки подає звуковий сигнал і вводить в дію храповик 8, який стопорить барабан.

До основних параметрів тралової лебідки відносяться: номінальне тягове зусилля, швидкість вибирання ваєру і робоча довжина ваєру.

Діаметр ваєру вибирають виходячи з розривного зусилля канату в цілому, яке визначається виразом:

$$P_{\text{розр}} \geq Q_{nn_d}$$

де Q – номінальне тягове зусилля лебідки, Н (кгс),

n – коефіцієнт запасу міцності канатів для знарядь лову, $n=2,5 \dots 3,5$;

n_d – коефіцієнт динамічності, що враховує пульсуючий характер навантаження на ваєр при вибіранні, $n_d = 1,6 \dots 2,0$.

Відмітна особливість тралових лебідок – велика канатоємність ваєрних барабанів. Діаметр ваєрного барабана визначають зі співвідношення $e = D_6/d_v$ яке рекомендується приймати не менше 20.

Крок навивки ваєру:

$$t_v = d_v \cdot 1,06 + (0,2 \div 0,4)$$

де 1,06 – коефіцієнт збільшення діаметра ваєра; 0,2...0,4 - надбавка на нещільність навивки.

Довжина барабана:

$$L_6 = (40 \div 60)t.$$

Зазвичай відношення $z = L_6/D_6 = 2,7 \div 3,2$.

Число витків (шлагів) по довжині барабана в одному шарі:

$$x = \frac{L_6}{t}.$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.6119м.01.ПЗ.01	15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

При заданій канатоемності число шарів k на барабані з урахуванням еліптичності шлагів за рахунок багат шарової навивки дорівнює:

$$k = -0,54z + \sqrt{0,32z^2 + \frac{L_B}{2,92d_{BX}}}$$

Число шарів залежно від повної довжини ваєра може досягати 16...20.

Потужність приводу тралової лебідки визначають за формулою:

$$N = \frac{Qv}{v\eta_M}$$

Тут η_M – ККД механізму

$$\eta_M = \eta_{\text{пер}} \eta_0 \eta_6$$

де –

$\eta_{\text{пер}}$ – ККД передачі;

η_0 – ККД канатної системи;

η_6 – ККД барабана.

При підстановці до формули Q в кілограм-силах $v=102$, а в ньютоних $v=1000$.

За отриманою потужності вибирають необхідний електродвигун або гідромотор.

Наприклад, при роботі за промисловий схемою «Дубль» на великих автономних траулерах типу «Іван Сивко» застосовуються ваєрні лебідки WTJ-12, 5; кабельновитяжні лебідки типу ЛЭТРЭМ і промислово-вантажні лебідки ЛЭ -65[3].

Незважаючи на різноманітність конструктивних схем промислових лебідок для тралового лову риби, всі вони мають один або два ваєрних (кабельних) барабана, забезпечених ваєроукладачами (канатоукладачем).

Застосування ваєроукладча забезпечує організовану рядову укладку ваєра, що призводить до поліпшення умов його експлуатації. Крім цього збільшується щільність укладання каната і як наслідок – коефіцієнт використання корисної місткості барабана. Також підвищується безпека роботи промислового обладнання.

По конструкції ваєроукладачі діляться на рейкові, рейково-ланцюгові, ланцюгові і гвинтові. За принципом роботи ваєроукладачі поділяються на

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.01					16

Для гвинтового ваєроукладача з однозаходний гвинтом умову (1.1) можна записати як:

$$n_B \cdot t_B = n_B \cdot t_K, \quad (1.2)$$

де n_B – частота обертання ходового гвинта укладальника, с^{-1} ; t_B – крок нарізки гвинта, м; n_B – частота обертання навивний барабана, с^{-1} ; t_K – крок укладання каната на барабані, м.

Передача руху від барабана до ваєроукладча відбувається за допомогою ланцюгових (лебідки: ЛЭТр2-6М; ЛЭТР-7) або зубчастих передач (лебідки: ЛЭТрС-2; ЛЭВ2; 1HKW14; WVS2010).

Тоді передавальне відношення приводу ваєроукладча можна визначити як:

$$i = \frac{n_B}{n_B} = \frac{t_B}{t_K}. \quad (1.3)$$

Як видно з формули (1.3), для нормальної роботи ваєроукладча у разі потреби зміни кроку укладання ваєра на величину Δt_K (у відсотках) потрібно змінити передавальне відношення приводу ваєроукладча на величину $\Delta i = \Delta t_K$ (у відсотках).

Величина кроку укладання ваєра (каната) t_K на барабані визначається за формулою:

$$t_K = 1,06 \cdot d_K + (0,2 \dots 0,4), \quad (1.4)$$

де d_K – діаметр ваєра (каната), мм.

Як видно з формули (1.4), на величину кроку укладання найбільший вплив робить діаметр ваєра. Крім того, у формулі (1.4) враховується максимальний допуск на зміну діаметру ваєра рівний 6% і допуск 0,2 ... 0,4 мм на нещільність укладання.

Слід зауважити, що вибір величини допуску, що знаходиться в межах 0,2 ... 0,4 мм, теоретично призводить до того, що можлива зміна кроку Δt_K для

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.6119м.01.ПЗ.01	18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

ваєрів в діапазоні діаметрів $d_K = 18 \dots 35$ мм також знаходиться в межах 0,30 ... 0,55 %.

На практиці це призводить до того, що при використанні величини кроку укладання ваєра t_K , розрахованої за формулою (1.4), не забезпечується його правильна укладка на барабані.

Необхідність зміни кроку укладання ваєра може бути викликана як механізмом формування його багат шарового навівання на барабан, так і зміною діаметра ваєра.

[illegible]

Інв. № ориг.	Підп. і дата				Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата		
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.КР.135.6119м.01.ПЗ.02			
	Студент		Лисенко О.А.			Опис судна, його донно-тралового комплексу та знаряддя лову	Літ.	Арк.	Аркушів
	Консульт.		Зайцев В.В.					20	8
	Керівник		Зайцев В.В.				НУК ім. адм. Макарова		
	Зав.каф.		Зайцев В.В.						

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № зцфл.	Підп. і дата

21

поперечними ребрами жорсткості, з носовим підрулюючим пристроєм, з кормовим сліпом для спуску і підйому трала, з рефрижераторним трюмом для зберігання рибної продукції при температурі мінус 30 ° С, і рибопереробним цехом.

Надбудова судна розташована в носовій частині судна, вона складається з єдиної навігаційної і промислової рубки та палуби надбудови 1 яруса.

На крилах надбудови розташовані шість рятувальних плотів типу ПСН-12Р, по три з кожного борту.

На першому ярусі надбудови розташовані каюти капітана та старшого механіка.

Також в носовій частині на рівні верхньої палуби під надбудовою розташовані каюти екіпажу, столова на 20 осіб, камбуз, пральне приміщення та кімната для сушки одягу, складова провізії.

Машинне відділення розміщується в кормі. Набір днища в районі машинного відділення набраний за поперечним набором, а бортова обшивка має подовжній.

Фундамент головного двигуна вбудований в конструкцію подвійного дна, а розміри поперечних перерізів зв'язків корпусу корабля і балок фундаменту головного двигуна виконані відповідно до рекомендації виробника головного двигуна.

До енергетичної установки судна входять: головний двигун, потужністю 2100 кВт; валогенератор потужністю 700 кВт; два дизель-генератора по 530 кВт кожний.

До суднових рушіїв входять: гвинт регульованого кроку діаметром 2,7 м. число обертів 219 об/хв ; носовий підрулюючий пристрій потужністю 200 кВт.

У рибообробному цеху загальною площею 332 м², що відповідає вимогам Санітарних Правил Росії та ЄЕС по випуску продукції, встановлений комплекс машин, що дозволяє проводити одночасний випуск філе, потрошеної обезголовленої, необробленої риби, ікри, печінки, харчового і кормового фаршу.

В цеху встановлені технологічні лінії:

- лінія 1 – розбирання риби (минтая або тріски) на обезголовлену потрошену з витяганням ікри;
- лінія 2 – розбирання риби на обезголовлену потрошену;
- лінія 3 – збір і виробництво фаршу з відходів;

Підп. і дата		Підп. і дата		Інв. № ориг.		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.02	Арк.
												22

- лінія 4 – збір некондиційного філе та його подрібнення.

Загальна продуктивність комплексу - 60 т / добу, з них:

- велика і середня патрання риба – 28 т / добу;
- ікра – 2 т / добу;
- дрібна риба – 20 т / добу;
- харчові відходи – 10 т / добу.

Вантажні приміщення влаштовані в середній частині судна.

Холодильна установка, сумарною холодопродуктивністю $Q = 270$ кВт при $t = -40^{\circ}\text{C}$, на хладоне 22, забезпечує температуру в трюмі - 30°C при температурах заборотної води $+25^{\circ}\text{C}$, повітря $+30^{\circ}\text{C}$.

Головні розміри судна:

довжина найбільша $L=56,65$ м.;

довжина між перпендикулярами $L_{\perp}=48,6$ м.;

ширина $B=12,5$ м.;

осадка $T=4,75$ м.;

швидкість судна – 13 вуз.;

об'єм вантажних трюмів – 770 м^3 ;

об'єм паливних цистерн – 350 м^3 ;

чисельність екіпажу – 39 чоловік.

2.2 Якірно-швартовні пристрої

Механізми якірно-швартовного пристрою:

- якірно-швартовні лебідки в носовій кінцевості—2 (привод лебідок електричний);
- швартовний шпіль в кормовій кінцевості—1.

2.2.1 Якірно-швартовні лебідки. Якірно-швартова лебідка фірми "Норвінч" з гідравлічним приводом забезпечує виконання наступних операцій : віддачу і вибір якоря при управлінні з місцевого поста; дистанційну віддачу якоря з ходового

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.02					23

містка; швартові операції за допомогою турочки; автоматична підтримка заданого натягнення швартового каната барабаном.

2.2.2 *Швартовний шпіль*. Швартовий шпіль "ШЭБ" безбаллерный з електричним приводом призначений для виконання швартових операцій.

Шпіль складається з виконавчого механізму і кулачкового контроллера, який здійснює пуск, зупинку шпиля, а також регулювання швидкості і напрямку вибору каната.

2.3 Склад донно-тралового комплексу

Донно-траловий комплекс складається з: двох ваєрних лебідок; двох витяжних лебідок; двох кабельно – сітних барабанів; двох лебідок для виливки риби; двох вантажних лебідок; спарених стріл вантажопід'ємністю 3,2 т.

2.3.1 *Ваєрні лебідки та їх розташування на судні*. Ваєрні лебідки типу «MARITEK» (рис.2.1), обладнані ваєроукладачами, розташовані в кормовій частині судна на верхній палубі, з правого та лівого бору.

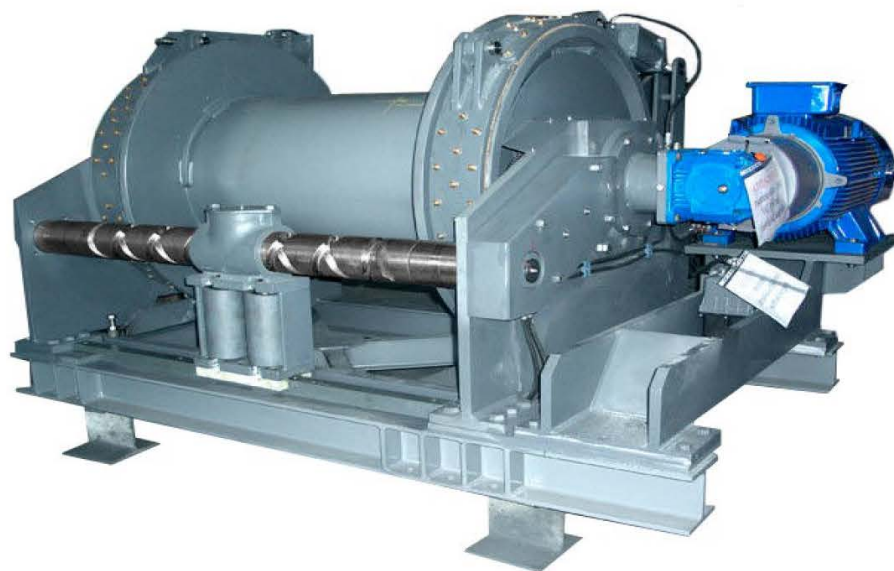


Рисунок 2.1 – Ваєрна лебідка типу «MARITEK»

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.02					Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Особливості лебідки: лебідка придатна для експлуатації в умовах північних широтах; товщина стінки сердечника барабана не менше 55 мм.; система управління від частотного інвертора забезпечує плавне регулювання швидкості.

2.3.2 *Витяжні лебідки та їх розташування на судні.* Витяжні лебідки типу «Sweepline» (рис.2.2) розташовані на палубі надбудови першого ярусу в середній частині судна за надбудовою.



Рисунок 2.2 – Витяжна лебідка типу «Sweepline»

2.3.3 *Кабельно – сітні барабани та їх розташування на судні.* Кабельно – сітні барабани встановлені в кінці робочої палуби, в центральній частині судна, перед надбудовою.

2.3.4 *Лебідки для вилівки риби та їх розташування на судні.* Лебідки для вилівки риби встановлені на палубі настрійки першого ярусу в районі 22 – го теоретичного шпангоуту, під кутом до діаметральної площини судна, з правого та лівого бортів.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	
Рисунок 2.2 – Витяжна лебідка типу «Sweepline»					
2.3.3 Кабельно – сітні барабани та їх розташування на судні. Кабельно – сітні барабани встановлені в кінці робочої палуби, в центральній частині судна, перед надбудовою.					
2.3.4 Лебідки для виливки риби та їх розташування на судні. Лебідки для виливки риби встановлені на палубі настройки першого ярусу в районі 22 – го теоретичного шпангоуту, під кутом до діаметральної площини судна, з правого та лівого бортів.					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
12.KP.135.6119м.01.ПЗ.02					Арк.
					25

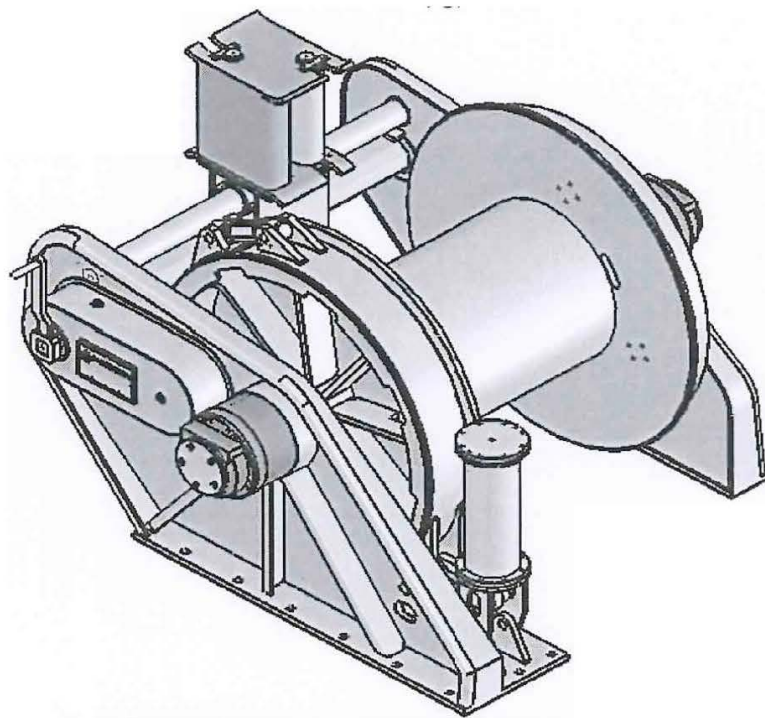
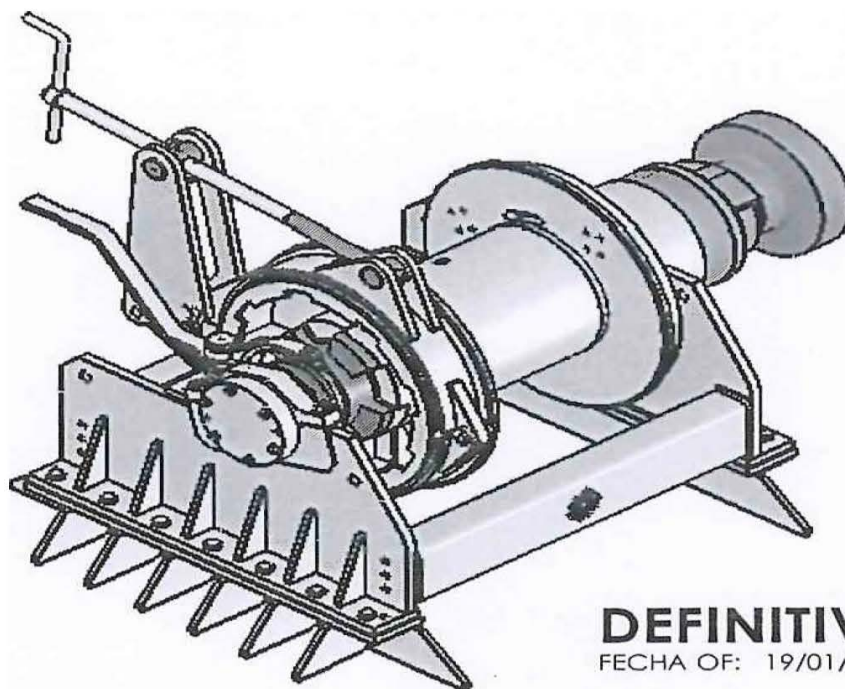


Рисунок 2.3 – Лебідка для виливки риби

2.3.5 *Вантажні лебідки та їх розташування на судні.* Вантажні лебідки (рис. 2.4) розташовані на палубі настрійки першого яруса в районі 41 – го теоретичного шпангоута, з правого та лівого бортів.



DEFINITIVO
FECHA OF: 19/01/2009

Рисунок 2.4 – Вантажна лебідка

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.02				
					Арк. 26				

Інб. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інб. №	Інб. № дубл.	Підп. і дата



[illegible]

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № зцфл.	Підп. і дата

29

Нижня підбора донних тралів має завантаження у вигляді ґрунтропів (рисунок 3.3). Ґрунтроп являє собою сталевий канат з нанизаними на нього бобинами 5 – порожнистими сталевими кулями, які покращують прохідність трала по ґрунту, перекочуючись через нерівності.

Діаметр бобинців, що випускаються промисловістю, становить 300...600 мм. Для збільшення негативної плавучості ґрунтроп оснащується чавунними катушками 1. Між катушками встановлюються гумові прокладки 4. Канат ґрунтропа складається з окремих секцій, з'єднаних між собою такелажними скобами 7. До нижньої підбори 3 ґрунтроп кріпиться гужиком 2, виготовленими з відрізків ланцюгів або сталевих канатів.

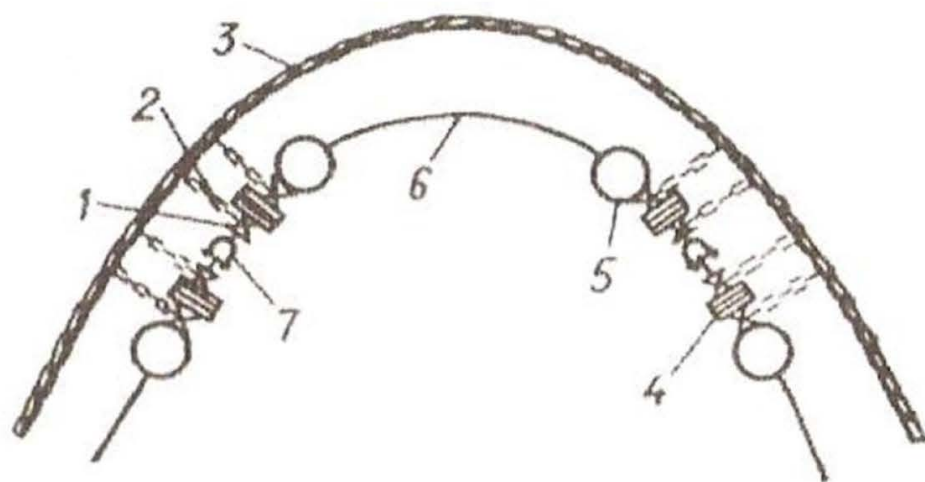


Рисунок 3.3 – Ґрунтроп

Тросова оснастка тралів (див. рисунок 3.1) – система канатів, що з'єднують сітну частину з розпірними дошками і судном. До них відносяться ваєра 1, кабелі 12 та перехідні кінці тралових дощок 2.

Ваєра – сталеві канати, діаметр яких залежно від найбільшої тяги гвинта, що розвивається в режимі тралення, і агрегатного опору трала коливається в межах 17...32 мм. Довжина ваєрів залежить від глибини і швидкості тралення і від канатоємкості барабанів лебідки.

Інв. № ориг.	Підп. і дата				Арк.
	Інв. № відл.				
	Взам. інв. №				
	Підп. і дата				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03
					31

Інв. № ориг.	Підп. і дата			
	Інв. № відл.			
	Взам. інв. №			
	Підп. і дата			

Рисунок 3.3 – Грунтроп

Тросова оснастка тралів (див. рисунок 3.1) – система канатів, що з'єднують сітну частину з розпірними дошками і судном. До них відносяться ваєра 1, кабелі 12 та перехідні кінці тралових дощок 2.

Ваєра – сталеві канати, діаметр яких залежно від найбільшої тяги гвинта, що розвивається в режимі тралення, і агрегатного опору трала коливається в межах 17...32 мм. Довжина ваєрів залежить від глибини і швидкості тралення і від канатоемкості барабанів лебідки.

Всі перераховані вище елементи тралової системи мають різні гідродинамічні коефіцієнти опору. Зібранні разом, вони впливають один на одного, в результаті чого характер обтікання цих елементів і кількісні значення коефіцієнтів опору змінюються. Математично врахувати і розрахувати ці зміни настільки важко, що допускається спрощений метод розрахунку агрегатного опору трала, відповідно до якого воно дорівнює сумі гідродинамічних опорів складових його елементів:

$$R_{\text{агр}} = R_c + 2R_v + 2R_d + R_0, \quad (3.1)$$

де

$R_{\text{агр}}$ – агрегатний опір трала, Н;

R_c – опір сітної частини трала, Н;

R_v – опір ваєра, Н;

R_d – опір дошки, Н;

R_0 – опір оснастки, Н.

Опір сітної частини знаходиться за формулою:

$$R_c = Cx(\rho \cdot v^2 / 2) \cdot F_n \quad (3.2)$$

де

Cx – гідродинамічний коефіцієнт опору сітної частини трала;

ρ – густина води, кг/м³;

v – швидкість руху трала, м/с;

F_n – площа опору ниток (мотузок), складових сітної частини трала, м².

Площа опору ниток (мотузок) розраховується за формулою:

$$F_n = \sum_{i=1}^n (d_i / a_i) F_{\phi i} \quad (3.3)$$

де

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № зб. докл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03					33

d_i – діаметр нитки (мотузки), з якої виготовлена i -та частина трала (наприклад, частина крила або частину матні), м;

a_i – крок вічка i -ої частини трала, м;

$F_{\phi i}$ – фіктивна площа i -ої частини трала, м^2 .

Для мілкоячейних тралів гідродинамічний коефіцієнт опору в першому наближенні дорівнює 0,118.

Опір ваєра знаходять як:

$$R_B = Cx(\rho v^2/2) \cdot dl \quad (3.4)$$

де

Cx – гідродинамічний коефіцієнт опору ваєра;

d – діаметр ваєра, м;

l – довжина ваєра, м.

Ваєр являє собою туго натягнутий канат, гідродинамічний коефіцієнт якого Cx залежить від кута атаки α , тобто кута у вертикальній площині між канатом і траєкторією руху трала.

Опір дошки визначається за формулою:

$$R_d = Cx(\rho v^2/2) \cdot F_d, \quad (3.5)$$

де

Cx – гідродинамічний коефіцієнт опору;

F_d – площа дошки, м^2 .

Гідродинамічний коефіцієнт опору залежить від конструкції і кута атаки дошки α . На рис. 3.5, а представлені графіки залежності $Cx = f(\alpha)$.

Крива 1 – для донної однощільної, крива 2 – для донної трьохщільної, крива 3 – для прямокутної, крива 4 – для круглої сферичної, крива 5 – для прямокутної крилоподібної дошки.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № збл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03					34

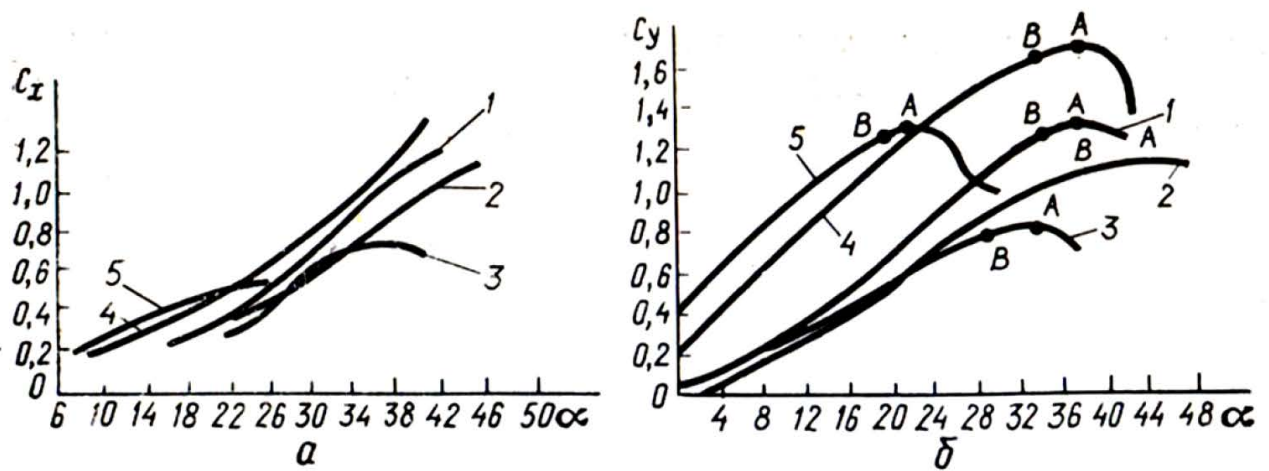


Рисунок 3.5 – Графіки залежності $C_x = f(\alpha)$ (а) і $C_y = f(\alpha)$ (б)

Розпiрна сила дошки знаходиться за формулою:

$$R_y = C_y(\rho v^2 / 2) \cdot F_{д'} \quad (3.6)$$

де

C_y – гiдродинамiчний коефiцiєнт распорной сили.

Гiдродинамiчний коефiцiєнт распорной сили так само, як і C_x , залежить вiд кута атаки і конструкцiї дошки. На рисунок 3.5, б представлені графiки залежностi $C_y = f(\alpha)$. Позначення кривих тi ж, що й на рисунок 3.5, а.

Опiр дошки розраховується при оптимальному кутi атаки. Аналiзуючи формулу (3.6), неважко переконатися, що за iнших рiвних умов розпiрна сила залежить вiд гiдродинамiчного коефiцiєнта распорной сили. Кут, при якому C_y має максимальне значення (на рисунку 3.5, б точки А), називається критичним. При цьому кутi дошка починає йти нестiйко, зривається з потоку; якщо далi збiльшувати кут атаки, то C_y , а вiдповiдно і K_y починають рiзко зменшуватися, тому дошки налаштовуються на оптимальний кут атаки, який на 10...15% менше критичного (на рисунку точки В).

Опiр кухтилiв розраховують за формулами:

$$R_k = C_x(\rho v^2 / 2) \cdot F_k \quad (3.7)$$

Пiдп. і дата		Пiдп. і дата		Пiдп. і дата		Зм.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03	Арк.
												35

$$F_k = \pi d^2 / 4, \quad (3.8)$$

де

F_k – площа перерізу куктиля діаметром d , м².

Гідродинамічний коефіцієнт C_x залежить від числа Рейнольдса і визначається згідно з додатком 7 [6]:

$$R_e = dv/\nu \quad (3.9)$$

де

d – діаметр куктиля, м;

v – швидкість буксирування трала, м/с;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості, що залежить від температури і солоності, м²/с.

Щоб отримати повне гідродинамічний опір куктилей, необхідно опір одного куктиля помножити на загальне число куктилей.

Опір підбір розраховують як опір слабо натягнутих канатів:

$$R_{\Pi} = C_x(\rho v^2 / 2) \cdot ld, \quad (3.10)$$

де

R_{Π} – гідродинамічний опір підбори трала, Н;

l – відстань між точками закріплення канату (підбори)-хорда, дорівнює горизонтальному (вертикаль-ному) розкриттю трала, м;

d – діаметр підбори, м;

C_x – гідродинамічний коефіцієнт опору підбори, що залежить від провисання, тобто від ставлення стріли прогину канату (підбори) до хорди.

Наявну тягу судна з достатньою для практики точністю можна знайти за емпіричною формулою:

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змін.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03					36

$$P_p = 1,1(N/v), \quad (3.11)$$

де

P_p – наявна тяга судна, кН;

v – швидкість судна, м/с;

N – потужність судна, кВт.

Тоді математична запис умови відповідності агрегатного опору трала наявній тязі судна буде виглядати як:

$$R_{\text{агр}} < P_p. \quad (3.12)$$

3.2 Розрахунок донного тралу за методикою

Глибина тралення дорівнює 160 м. Верхня підбора трала оснащується 160 кухтилями діаметром 200 мм.

Швидкість тралення приймаємо в першому наближенні 4 вуз (2 м/с), надалі швидкість тралення остаточно буде визначена за результатами розрахунків 4-го розділу цієї роботи.

Розрахунок агрегатного опору будемо вести за формулою (3.1).

3.2.1 Розрахунок фіктивних площ деталей тралу і площі опору сітної частини. Всі сітні деталі мають форму трапеції (на кресленні вони позначені цифрами), тому фіктивна площа кожної з них дорівнює добутку півсум підстав трапеції a і b на висоту h :

$$F_{\phi i} = [(a + b)/2]h.$$

Розміри вказані на малюнку, там же наведені значення кроку вічка і конструкції ниток кожній деталі.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03				37

38

За формулою (3.4)

$$R_B = 0,32[(1040 \cdot 2^2)/2] \cdot 0,038 \cdot 480 = 12140 \text{ Н.}$$

Опір двух ваєрів:

$$2R_B = 24280 \text{ Н.}$$

3.2.4 Розрахунок опору тралових дощок. Донний трал комплектується траловими дошками площею $F_d = 4 \text{ м}^2$.

На кривій 1 (див. рисунок 3.5, б) в точці В знаходимо оптимальний кут атаки такої дошки $\alpha = 34^\circ$. Гідродинамічний коефіцієнт опору при цьому куті атаки по кривій 1 (див. рисунок 3.5, а) $C_x = 0,8$.

За формулою (3.5)

$$R_d = 0,8[(1040 \cdot 2^2)/2] \cdot 4 = 6656 \text{ Н}$$

$$2R_d = 13312 \text{ Н}$$

3.2.5 Розрахунок опору куктилів.

Таблиця 3.2 – Значення кінематичного коефіцієнту в'язкості води $\nu \cdot 10^{-9} \text{ (м}^2/\text{с)}$

t, °C	солоність, ‰							
	5	10	15	20	25	30	35	40
0	182	183	185	186	187	188	189	191
1	174	176	177	178	179	181	182	183
2	168	170	171	173	174	175	176	178
3	163	165	166	167	168	170	171	172
5	154	155	157	158	159	160	162	163
10	133	134	135	136	138	139	140	141
15	116	117	118	119	120	122	123	124
20	102	103	104	105	107	108	109	110
25	91	92	93	94	95	96	97	98
30	82	83	84	85	86	87	88	88

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змін.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03					40

З таблиці 3.2 по температурі 20° С і солоності 30‰ знаходимо коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu = 108 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

За формулою (3.9) розраховуємо число Рейнольдса:

$$Re = (0,2 \cdot 2 / 108) \cdot 10^{-9} = 3,7 \cdot 10^6$$

для даного значення Re гідродинамічний коефіцієнт $C_x = 0,22$.

Розраховуємо опір одного кухтиля за формулою (3.7):

$$R_k = 0,22(1040 \cdot 2^2 / 2) \cdot (3,14 \cdot 0,2^2 / 4) = 14,4 \text{ Н}$$

Загальний опір кухтилів:

$$R_k = 14,4 \cdot 160 = 2304 \text{ Н}$$

3.2.6 Розрахунок опору підбір. Підбори трала виготовляються з канату «Геркулес» діаметром 22 мм. Для практичних розрахунків горизонтальне розкриття береться рівним половині довжини верхньої підбори, тобто для нашого трала $L = 32 \text{ м}$.

Гідродинамічний коефіцієнт опору розраховується як для слабо натягнутих канатів і залежить від ставлення стріли прогину до хорди (табл. 3.3). Хорда в нашому випадку – це горизонтальне розкриття L , а величина стріли прогину f невідома. Вона визначається за елементами гнучкої нитки (див. табл. 3.4). По відношенню $L/S = 32/59,6 \approx 0,5$ знаходимо відношення $f/S = 0,41$.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт опору слабо натягнутих канатів.

f/L	C_x	f/L	C_x
0,0	1,52	2,0	0,70
0,3	1,20	2,5	0,72
0,5	1,00	3,0	0,74
0,75	0,95	4,0	0,89
1,00	0,8	5,0	0,90
1,5	0,82		

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03					41

Таблиця 3.4 - Елементи гнучкої ниті.

L/S	f/S	L/f	α , град
0,55	0,39	1,40	70
0,50	0,41	1,20	75
0,45	0,42	1,10	75
0,40	0,44	0,91	77
0,35	0,45	0,78	79
0,30	0,46	0,65	81
0,25	0,47	0,53	82
0,20	0,45	0,42	84

Приймаємо в розрахунок, що $S = 59,6$ м, знаходимо:

$$f/59,6 = 0,41; f = 59,6 \cdot 0,41 = 24,4$$

тоді відношення стріли прогину до хорди (горизонтальному розкриттю)

$$f/L = 24,4/32 = 0,75.$$

цьому відношенню відповідає значення коефіцієнта опору $C_x = 0,95$ (табл. 3.3).

Опір верхньої підбори розраховується за формулою (3.10)

$$R_{в.п} = 0,95(1040 \cdot 2^2/2) \cdot 32 \cdot 0,022 = 1391 \text{ Н.}$$

Опір двох підбір (верхньої і нижньої)

$$R_{п} = 2 \cdot 1391 = 2782 \text{ Н}$$

Довжина бічній підбори 56 м. Вертикальне розкриття 22 м. Для практичних розрахунків вертикальне розкриття приймається рівним 0,4 довжини бічної підбори.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № з'явл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03	42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Виконавши розрахунки, аналогічні розрахунку верхньої підбори, знайдемо, що коефіцієнт опору бічної підбори $C_x = 0,78$, опір двох бічних підбір $R_{б.п} = 1570,4$ Н, а загальний опір оснастки.

$$R_0 = R_k + R_{п} + R_{б.п} = 2304 + 2782 + 1570,4 = 6656,4 \text{ Н.}$$

3.2.7 Опір топенантів, ґрунтропів, такелажних скоб також входять в агрегатний опір трала. Ці опори враховуються коефіцієнтом 1,05, тобто отриманий агрегатний опір трала збільшується на 5%.

3.2.8 Загальне агрегатний опір трала знаходиться за формулою (3.1.):

$$R_{агр} = 1,05(R_c + 2R_b + 2R_d + R_0) = 1,05(50404,8 + 24280 + 13312 + 6656,4) = 99385,9 \text{ Н.}$$

3.2.9. Існуюча тяга судна. Швидкість ходу судна типу СРТМ 13 вуз (6,68 м/с), потужність головних двигунів 2100, за формулою (3.11) існуюча тяга судна.

$$P_p = 1,1 \cdot (2100 / 6,68) = 345,8 \text{ кН.}$$

Звідси випливає, що агрегатний опір трала не перевищує існуючої тяги судна.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03					Арк.
										43

3.3 Визначення зусиль у ваєрах трала

Для вибору діаметра ваєра та подальшого розрахунку тралових лебідок необхідно визначити зусилля, які виникають у ваєрах. Ці зусилля складаються з загального агрегатного опору трала $R_{\text{агр}}$, та маси риби M_p потрапляємої до тралу.

Відповідно даних судна-прототипу та тягове зусилля, яке діє на тяговому барабані лебідки виливу (120 кН), приймаємо масу риби, що знаходиться у тралі, $M_p = 10$ т. Відповідно вага дорівнює 100 кН.

Звідси можна визначити максимальне зусилля у 2 ваєрах як:

$$2S_{\text{max}} = R_{\text{агр}} + M_p$$

$$2S_{\text{max}} = 99,4 + 100 = 199,4 \text{ кН.}$$

Максимальне зусилля в одному ваєрі:

$$S_{\text{max}} = 199,4/2 = 99,7 \text{ кН.}$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відділ.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.03					Арк.
										44

Інв. № ориг.	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Підп. і дата	12.КР.135.6119м.01.ПЗ.04	Дослідження впливу буксирування донного тралу на швидкість ходу траулера	Літ. 45	Арк. 6	Аркушів 6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент		Лисенко О.А.							
Консульт.		Зайцев В.В.							
Керівник		Зайцев В.В.							
Зав.каф.		Зайцев В.В.							

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БУКСИРУВАННЯ ДОННОГО ТРАЛУ НА ШВИДКІСТЬ ХОДУ ТРАУЛЕРУ

4.1. Оцінка зміни швидкості рибопромислового судна з відомими параметрами після спуску у воду трала

4.1.1. Вихідні данні:

$L_{shp} := 56.65$	- довжина судна, м;
$B_{shp} := 12.5$	- ширина судна, м
$T_{shp} := 4.75$	- осадка судна, м
$\delta_{shp} := 0.65$	- коефіцієнт загальної повноти судна;
$v_{0.shp_} := 13$	- швидкість судна без тралу, вуз;
$H_{deep} := 160$	- заглиблення, м
$L_{tr} := (60 \ 62 \ 64)^T$	- довжина трала, м
$b_{tr} := (28 \ 30 \ 32)^T$	- ширина трала, м
$h_{tr} := (28 \ 30 \ 32)^T$	- висота трала, м
$L_{vayer} := 480$	- довжина ваєрних канатів, м
$d_{vayer} := 0.038$	- діаметр ваєрних канатів, м
$\xi_{shp} := 0.032$	- коефіцієнт опору судна
$\xi_{tr} := 0.48$	- коефіцієнт опору трала
$\rho_w := 1040$	- густина морської води, кг/м ³ ;
$C_{vayer} := 0.32$	- коефіцієнт опору канатів ваєра
$\alpha_{vayer} := 30 \cdot \text{deg} = 0.524$	- кут нахилу ваєрних канатів (залежить від їх довжини і заглиблення)

Підп. і дата					12.KP.135.6119м.01.ПЗ.04	Арк.
Інв. № збл.						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інб. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інб. №	Інб. № дубл.	Підп. і дата

Швидкість судна без трала, м/с:

$$v_0(v_{0.\text{shp}}) := 0.512 \cdot v_{0.\text{shp}} \qquad v_0(v_{0.\text{shp}_-}) = 6.656$$

Площа змоченої поверхні судна, м²:

$$\Omega_{\text{shp}} := 2 \cdot \delta_{\text{shp}} \cdot (L_{\text{shp}} \cdot B_{\text{shp}} + B_{\text{shp}} \cdot T_{\text{shp}} + L_{\text{shp}} \cdot T_{\text{shp}}) = 1347.6$$

Буксирний опір судна без тралу і ваєрів, Н:

$$R_{\text{shp}}(v_{0,\text{shp}}) := \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot v_0(v_{0,\text{shp}})^2 \cdot \Omega_{\text{shp}} \cdot \xi_{\text{shp}}$$

$$R_{\text{shp}}(v_{0.\text{shp}}) = 9.934 \times 10^5$$

Потужність судна, Вт:

$$N_{\text{shp}}(v_{0.\text{shp}}) := R_{\text{shp}}(v_{0.\text{shp}}) \cdot v_0(v_{0.\text{shp}})$$

$$N_{\text{shp}}(v_{0.\text{shp}}) = 6.612 \times 10^6$$

Об'єм трапа, м³:

$$\mathbf{W}_{\text{tr}} := \overrightarrow{\left(\frac{1}{2} \cdot \mathbf{L}_{\text{tr}} \cdot \mathbf{b}_{\text{tr}} \cdot \mathbf{h}_{\text{tr}} \right)} = \begin{pmatrix} 23520 \\ 27900 \\ 32768 \end{pmatrix}$$

Площа поверхні трала, що змочена, м²:

$$\Omega_{\text{tr}} := W_{\text{tr}}^{\frac{2}{3}} = \begin{pmatrix} 820.9 \\ 919.9 \\ 1024 \end{pmatrix}$$

Швидкість судна з тралом, v_1 , м/с, визначається рівнянням:

$$N_{\text{shp}} = (R_{\text{shp.1}} + R_{\text{tr}} + R_{\text{vayer}}) \cdot v_1$$

Аналітичне рішення рівняння дає:

$$v_1(v_{0.\text{shp}}) := \sqrt[3]{\frac{N_{\text{shp}}(v_{0.\text{shp}})}{\frac{\Omega_{\text{tr}} \cdot \xi_{\text{tr}} \cdot \rho_w}{2} + \frac{\Omega_{\text{shp}} \cdot \rho_w \cdot \xi_{\text{shp}}}{2} + 4 \cdot C_{\text{vayer}} \cdot L_{\text{vayer}} \cdot d_{\text{vayer}} \cdot \sin(\alpha_{\text{vayer}})}}$$

$$v_{11}(v_{0.\text{shp}}) := \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot (0.512 \cdot v_{0.\text{shp}})^3 \cdot \Omega_{\text{shp}} \cdot \xi_{\text{shp}}}{\frac{\Omega_{\text{tr}} \cdot \xi_{\text{tr}} \cdot \rho_w}{2} + \frac{\Omega_{\text{shp}} \cdot \rho_w \cdot \xi_{\text{shp}}}{2} + 4 \cdot C_{\text{vayer}} \cdot L_{\text{vayer}} \cdot d_{\text{vayer}} \cdot \sin(\alpha_{\text{vayer}})}}$$

$$v_{11.\text{shp}}(v_{0.\text{shp}}) := \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot v_{0.\text{shp}}^3 \cdot \Omega_{\text{shp}} \cdot \xi_{\text{shp}}}{\frac{\Omega_{\text{tr}} \cdot \xi_{\text{tr}} \cdot \rho_w}{2} + \frac{\Omega_{\text{shp}} \cdot \rho_w \cdot \xi_{\text{shp}}}{2} + 4 \cdot C_{\text{vayer}} \cdot L_{\text{vayer}} \cdot d_{\text{vayer}} \cdot \sin(\alpha_{\text{vayer}})}}$$

$$v_1(v_{0.\text{shp}_-}) = \begin{pmatrix} 3.075 \\ 2.971 \\ 2.876 \end{pmatrix} \quad v_{11}(v_{0.\text{shp}_-}) = \begin{pmatrix} 3.075 \\ 2.971 \\ 2.876 \end{pmatrix} \quad v_{11.\text{shp}}(v_{0.\text{shp}_-}) = \begin{pmatrix} 6.007 \\ 5.803 \\ 5.617 \end{pmatrix}$$

Швидкість судна з тралом, вуз.:

$$v_{1.\text{shp}}(v_{0.\text{shp}}) := \frac{v_1(v_{0.\text{shp}})}{0.512}$$

$$v_{1.\text{shp}}(v_{0.\text{shp}_-}) = \begin{pmatrix} 6.007 \\ 5.803 \\ 5.617 \end{pmatrix}$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № збл.	Підп. і дата					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.04				
					Арк. 48				

Коефіцієнт падіння швидкості судна після початку руху з тралом

$$k_v := \sqrt[3]{\frac{\rho_w \cdot \Omega_{shp} \cdot \xi_{shp}}{\Omega_{tr} \cdot \xi_{tr} \cdot \rho_w + \Omega_{shp} \cdot \rho_w \cdot \xi_{shp} + 8 \cdot C_{vayer} \cdot L_{vayer} \cdot d_{vayer} \cdot \sin(\alpha_{vayer})}} = \begin{pmatrix} 0.462 \\ 0.446 \\ 0.432 \end{pmatrix}$$

$$v_{12.shp}(v_{0.shp}) := k_v \cdot v_{0.shp}$$

$$v_{12.shp}(v_{0.shp_}) = \begin{pmatrix} 6.007 \\ 5.803 \\ 5.617 \end{pmatrix}$$

Опір судна на швидкості руху зі тралом, Н

$$R_{shp.1}(v_{0.shp}) := \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot v_1(v_{0.shp})^2 \cdot \Omega_{shp} \cdot \xi_{shp}$$

$$R_{shp.1}(v_{0.shp_}) = \begin{pmatrix} 2.121 \times 10^5 \\ 1.98 \times 10^5 \\ 1.854 \times 10^5 \end{pmatrix}$$

Опір трала, Н

$$R_{tr}(v_{0.shp}) := \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot v_1(v_{0.shp})^2 \cdot \Omega_{tr} \cdot \xi_{tr}$$

$$R_{tr}(v_{0.shp_}) = 6.079 \times 10^6$$

Опір канатів ваєрів, Н

$$R_{vayer}(v_{0.shp}) := 4 \cdot C_{vayer} \cdot L_{vayer} \cdot d_{vayer} \cdot \sin(\alpha_{vayer}) \cdot v_1(v_{0.shp})^2$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата																							
	Інв. № змін.																							
	Взам. інв. №																							
	Підп. і дата																							
<table border="1"> <tr> <td>Зм.</td> <td>Арк.</td> <td>№ докум.</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> <td rowspan="3">12.KP.135.6119м.01.ПЗ.04</td> <td>Арк.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>49</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.04	Арк.						49						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.04	Арк.																		
						49																		

$$R_{\text{vayer}}(v_{0.\text{shp_}}) = \begin{pmatrix} 110.406 \\ 103.067 \\ 96.541 \end{pmatrix}$$

$$k_v = \begin{pmatrix} 0.462 \\ 0.446 \\ 0.432 \end{pmatrix}$$

$$v_{12.\text{shp}}^{(10)} = \begin{pmatrix} 4.62 \\ 4.464 \\ 4.321 \end{pmatrix}$$

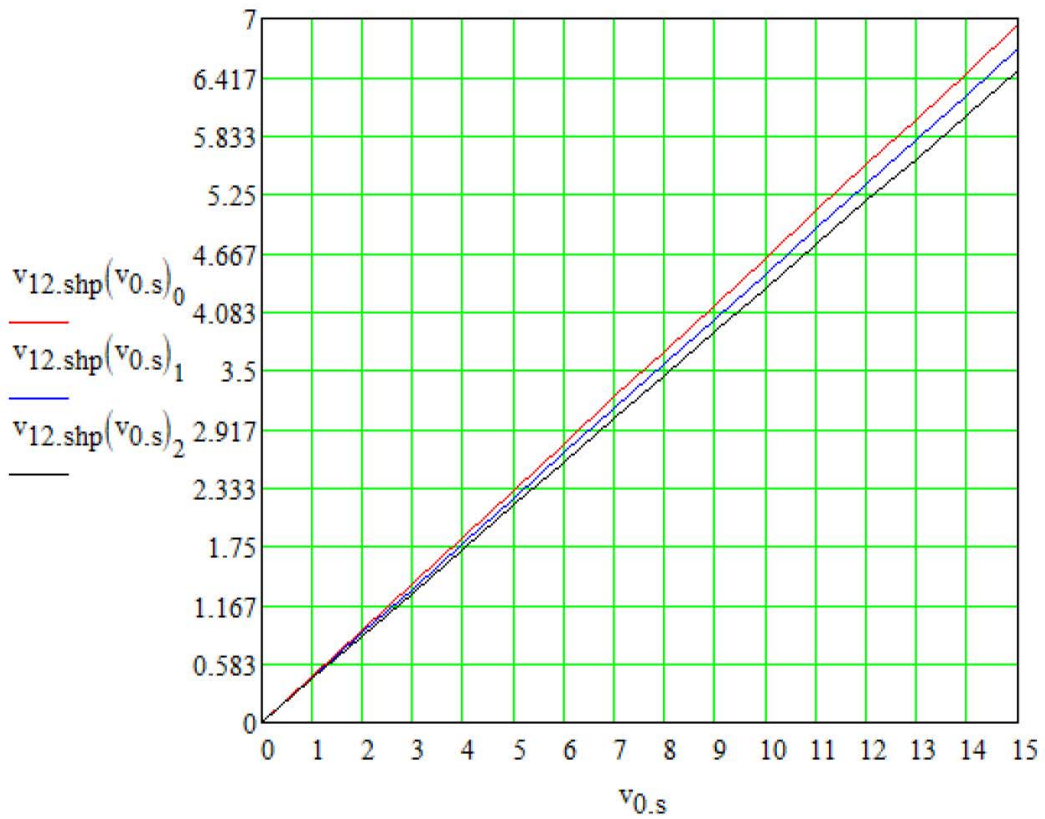


Рисунок 4.1. Графік залежності зміни швидкості судна після спуску у воду трала

[illegible]

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАЄРНИХ ЛЕБІДОК

5.1 Розрахунок основних вузлів тралової лебідки

5.1.1 *Перевірка запасу міцності ваєра.* В якості ваєра використовуємо сталевий канат діаметром $d=38\text{мм}$. (ГОСТ 2688-80)

Перевірка виконується за формулою:

$$n = \frac{S_p}{S_{max}} \leq [n]$$

де

S_p – розривне зусилля (по каталогу);

S_{max} – максимальне тягове зусилля в ваєрі;

$[n]$ – допустимий запас міцності ваєрів, приймаємо $[n] = 6$.

$$n = \frac{616}{96,15} = 6,4 \leq 6$$

Умови запасу міцності ваєра виконуються.

5.1.2 *Визначаємо розміри барабана.* Його номінальний діаметр знаходиться за формулою:

$$D_{min} = d \left(\frac{D_b}{d} - 1 \right) = 38 \cdot (20 - 1) = 608 \text{ мм.}$$

де

d – номінальний діаметр канату (ваєра);

$$\frac{D_b}{d} = 20.$$

Довжина барабану L_b визначається за формулою:

$$L_b = \frac{L_k(d^1 - a)}{\pi(D_{min} + kd^1)} = \frac{480000 \cdot (40,7 - 0,4)}{10 \cdot 3,14 \cdot (608 + 10 \cdot 40,7)} = 510 \text{ мм.}$$

де

L_k – номінальна канатомісткість барабана (без урахування витків для закріплення канату на барабані), мм;

d^1 – найбільший діаметр канату з урахуванням можливого збільшення номінального розміру на 7%, $d^1 = 1,07d = 40,7$;

Підп. і дата					Арк.
Інв. № змін.					52
Взам. інв. №					12.KP.135.6119м.01.ПЗ.05
Підп. і дата					Зм. Арк. № докум. Підпис Дата
Інв. № ориг.					

к – число шарів навивки, приймаємо $k = 10$;

а – поправка на нещільність укладання канату по довженні барабану, приймаємо $a = 0,4$ мм.

Зовнішній діаметр вибраної кількості прошарків канату, навитих на барабан, буде:

$$D_H = D_{min} + 2kd^1 = 608 + 2 \cdot 10 \cdot 40,7 = 1292 \text{ мм.}$$

Максимальний діаметр бокової стінки барабана приймається як:

$$D_{max} = D_H + (20 \div 30) \text{ мм.}$$

$$D_{max} = 1292 + 25 = 1317 \text{ мм.}$$

Середній діаметр навивки визначається за формулою:

$$D_{cp} = \frac{D_{min} + D_H}{2} = \frac{608 + 1317}{2} = 962,5 \text{ мм.}$$

5.1.3 Визначення загального к.к.д. тралової лебідки, згідно формули:

$$\eta_L = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6 \cdot \eta_7 = 0,96 \cdot 0,95 \cdot 0,96 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,98 = 0,78$$

де

$\eta_1 = 0,96$ – к.к.д. барабану з урахуванням жорсткості канату;

$\eta_2 = 0,95$ – к.к.д. підшипника ковзання барабана;

$\eta_3 = 0,96$ – к.к.д. вихідної зубчатої передачі;

$\eta_4 = 0,98$ – к.к.д. підшипників качання вихідного валу редуктора;

$\eta_5 = 0,98$ – к.к.д. закритої зубчатої передачі;

$\eta_6 = 0,95$ – к.к.д. підшипників кочення ведучого валу редуктора;

$\eta_7 = 0,98$ – к.к.д. втрат на привід ваєроукладача.

5.1.4 Визначення швидкості вибирання ваєра на середньому витку барабана (м/хв) по формулі для номінальної потужності двигуна:

$$v_{cp} = \frac{3060 \cdot N_{cp} \cdot \eta_L}{S_{max}} = \frac{3060 \cdot 630 \cdot 0,78}{96,15 \cdot 10^3} = 32,8 \text{ м/хв.};$$

де

N_{cp} – потужність електродвигуна, вибраного за каталогом, кВт, $N_{cp} \leq 0,2N_e$.

Підп. і дата	Інв. № відл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.						Арк.
					12.KP.135.6119м.01.ПЗ.05					53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Вибираємо електродвигун з [9] серії 4П (типорозміру 4П-450-16-630-У3): $N_{\text{ср}} = 630$ кВт.; напруга 600 В.

Час вибірки робочої довжини ваєра L для знайденої швидкості $\vartheta_{\text{ср}}$ складе:

$$T = \frac{L}{\vartheta_{\text{ср}}} = \frac{480}{32,8} = 13,7 \text{ хв.}$$

5.1.5 Визначення загального передавального числа. Число обертів барабану визначається за формулою:

$$n_{\text{гр}} = \frac{\vartheta_{\text{ср}}}{\pi \cdot D_{\text{ср}}} = \frac{32,8}{3,14 \cdot 962,5} = 10,85 \text{ об/хв.}$$

Тоді загальне передавальне число лебідки буде:

$$i_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{гр}}} = \frac{1500}{10,85} = 138$$

5.1.6. Визначення крутних моментів на валу. Крутний момент на валу визначаємо за формулою:

$$M_{\text{кр}} = \frac{97400 \cdot N_{\text{ср}} \cdot \eta_{\text{л}}}{n_{\text{гр}}} = \frac{97400 \cdot 630 \cdot 0,78}{10,85} = 4411,27 \text{ кН/м.}$$

Матеріал для виготовлення вала приймаємо сталь 30Н з такими характеристиками: $\sigma_{\text{в}} = 500$ МПа; $\sigma_{\text{т}} = 300$ МПа.

5.1.7. Визначаємо діаметр вала:

$$d_{\text{в}} = \sqrt{\frac{M_{\text{кр}}}{0,2 \cdot [\tau_{\text{кр}}]}} = \sqrt{\frac{4411,27 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 171 \cdot 10^6}} = 0,113 \text{ м.};$$

де

$[\tau_{\text{кр}}]$ – допустимі напруження на скручування, $[\tau_{\text{кр}}] = 0,57 \sigma_{\text{т}} = 171$ МПа.

Діаметр вала вибираємо відповідно до ГОСТ 6636–69 (СТ СЭВ 514-77) приймаємо $d_{\text{в}} = 120$ мм.

5.1.8 Визначення габаритів ваєроукладача. Для ваєроукладачів, які мають втулки з тертям ковзання, можна визначити розміри гвинта з перехресною різьбою по емпіричним формулам:

$$d_{\text{н}} \approx (0,0015 \div 0,0025) \cdot P_{\text{max}}$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змін.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.05					54

де

d_H – зовнішній діаметр гвинта, см.;

$P_{max} = 2S_{max}$ – максимальне зусилля в кожному з васів у випадку зачеплення трала, кг.

$$d_H = 0,002 \cdot 2 \cdot 96,15 = 0,38 \text{ см.}$$

Шаг гвинта S :

$$S = (0,9 \div 1,0)d_H;$$

$$S = 0,95 \cdot 0,38 = 0,361 \text{ см.}$$

Внутрішній діаметр гвинта d_0 :

$$d_0 = (0,65 \div 0,75)d_H;$$

$$d_0 = 0,7 \cdot 0,38 = 0,266 \text{ см.}$$

Середній діаметр гвинта d_{cp} :

$$d_{cp} = \frac{d_H - d_0}{2} = \frac{0,38 + 0,266}{2} = 0,513 \text{ см.}$$

Приймаємо кут профілю перехресної різьби $2\beta=30^\circ$, кут підняття гвинтової лінії буде:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{\pi \cdot d_{cp}};$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S}{\pi \cdot d_{cp}} = \operatorname{arctg} \frac{0,361}{3,14 \cdot 0,513} = 12,6^\circ$$

Діаметр направляючих:

$$d_{HH} = (0,7 \div 0,8)d_H;$$

$$d_{HH} = 0,7 \cdot 0,38 = 0,266 \text{ см.}$$

Зусилля що діятиме на ролики у крайньому лівому та правому положенні каретки:

$$Q_0 = P_{max} \cdot \sin \gamma;$$

$$\gamma = 2 \div 4^\circ;$$

$$Q_0 = 192,3 \cdot 0,0523 = 10,05 \text{ кН.}$$

Визначаємо осьову силу на гвинту як:

$$Q_B = (1,5 \div 3)Q_0;$$

$$Q_B = 2,5 \cdot 10,05 = 25,125 \text{ кН.}$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № з'явл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.05					55

Розрахункова статична вантажопід'ємність:

$$[C_0]_p = f_s \cdot P_0,$$

де

f_s – коефіцієнт надійності, $f_s = 1,5$;

P_0 – еквівалентне статичне навантаження, Н:

$$P_0 = X \cdot F_R + Y \cdot F_A;$$

де

F_A – осьове навантаження;

F_R – радіальне навантаження, яка є реакцією опори і дорівнює 616 кН.

$$F_A = T \cdot \sin 4^\circ,$$

де

T – номінальне тягове усилие, учитывающее запас прочности каната.

$$F_A = 616000 \cdot 0,0697 = 42935 \text{ Н};$$

По співвідношенню:

$$\frac{F_A}{C_0} = \frac{42935}{180000} = 0,238$$

методом лінійної інтерполяції визначаємо коефіцієнт $e = 0,368$.

Так як:

$$\frac{F_A}{V \cdot F_R} \leq e,$$

$$\frac{42935}{1 \cdot 616000} = 0,069 \leq 0,323$$

Згідно таблиці 1: $X = 1, Y = 0$.

Тоді:

$$P_0 = 1 \cdot 616 + 0 \cdot 42,94 = 616 \text{ кН};$$

Статична вантажопід'ємність:

$$[C_0]_p = 1,5 \cdot 616 = 924 \text{ кН};$$

Розрахункова динамічна вантажопід'ємність $[C]_p$ визначається як:

$$[C]_p = 0,01 \cdot P \cdot \sqrt[3]{60 \cdot n \cdot L_n},$$

де

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.05					57

L_h – довговічність, рівна 21000 годин;

n – частота обертання, визначене раніше, $n_{гр} = 10,85$;

P – еквівалентне динамічне навантаження:

$$P = V \cdot F_R \cdot K_b \cdot K_T,$$

де

K_b, K_T – коефіцієнти приведені в таблицях, $V = 1$ при обертальному внутрішньому кільці.

$$P = 1 \cdot 616 \cdot 1,3 \cdot 1,05 = 840,84 \text{ кН};$$

$$[C]_p = 0,01 \cdot 840,84 \cdot \sqrt[3]{60 \cdot 10,85 \cdot 21000} = 1982,3 \text{ кН};$$

Момент тертя в шарикоподшипнику:

$$M_{тр} = M_0 + (1,25 \cdot F_R + 1,5 \cdot F_A) \cdot f_k \cdot \frac{d_0}{d_{ш}}$$

Де

$d_{ш} = 62$ – діаметр шарика;

$$d_0 = \frac{d + D}{2} = \frac{120 + 260}{2} = 190 \text{ мм};$$

$$M_0 = 0,04 \cdot d_0 = 0,04 \cdot 190 = 7,6 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{тр} = 7,6 + (1,25 \cdot 616000 + 1,5 \cdot 42935) \cdot 0,01 \cdot \frac{190}{62} = 25540 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$= 25,54 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № зч.дл.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.05					Арк.
										58

$F_{\text{доп}}$ – додаткове навантаження, кН.

Додаткове навантаження визначається за формулою:

$$F_{\text{доп}} = \frac{h \cdot R_{\text{max}}}{X} = \frac{0,75 \cdot 616}{0,2} = 2310 \text{ кН};$$

де

h – відстань між точкою докладання зрушувальної сили і рамою, $h = 750$ мм.

Далі визначається мінімальний допустимий внутрішній діаметр болта d_1 за формулою:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{расч}}}{\pi \cdot [\sigma]_p} \cdot m} = \sqrt{\frac{4 \cdot 682 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 400 \cdot 10^6} \cdot 1,3} = 0,053 \text{ м}$$

де

m – коефіцієнт, що враховує кручення болта при затягуванні, для метричної різьби $m = 1,3$;

$[\sigma]_p$ - допустиме напруження розтягування для болта, для Сталі 40Х $[\sigma]_p = 400$ МПа.

Приймаємо діаметр зі стандартного ряду метричних різьб (ГОСТ 1759.0-87):

$$d_{1 \text{ расч}} = 54 \text{ мм}$$

Діаметр отвору під болти в опорі повинен бути більше діаметра болта на 2 мм.

$$d_{\text{отв}} = 56 \text{ мм.}$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.05					60

6 ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЬ, ЯКІ ДІЮТЬ У ШКЕНТЕЛЯХ СПАРЕНИХ СТІЛ ДОННО-ТРАЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

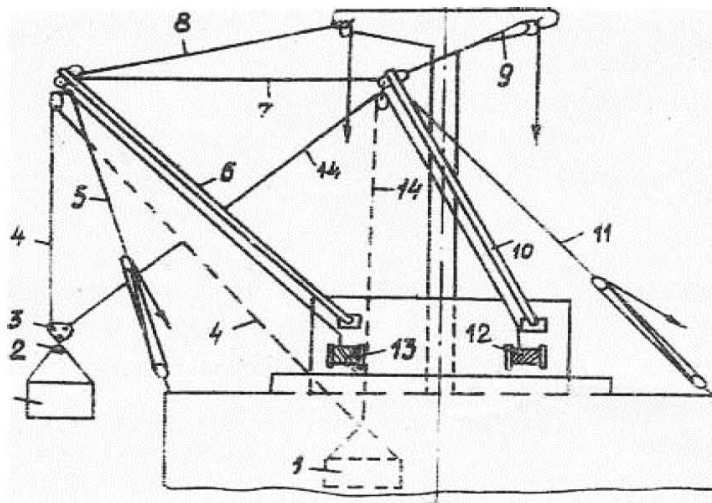
6.1 Особливості спареної роботи вантажних стріл

Легкими стрілами в наші дні забезпечуються судна, призначені для вантажних операцій у відкритому морі, на рейдах. При цьому вантажні стріли як правило, працюють спарено. Практика показала, що в полосних умовах стріли надійніше повно поворотних суднових кранів і зберігають досить високу продуктивність. Серед ряду схем оснащення для спареної роботи найпростіша виглядає так, як показано на рисунку 6.1 одна із стріл 6 (берегова, або морська, забортна) розгортається з необхідним вильотом за борт, інша стріла 10 (лючна або трюмна) встановлюється ноком над потрібною точкою люка. За допомогою двох сортових контрвідтяжок 5 і 11 і центральної відтяжки – топриком 7 стріли, укріплені на топінанті 8 і 9, фіксуються в обраних положеннях.

Ходові кінці грузових шкентелів 4 і 14 стріл з'єднуюця особливою ланкою 3, на якій закріплений гак 2.

При підйомі вантажу 1, наприклад, с берегу чи сусіднього судна працюють лебідки обох стріл. Вантаж піднімається вертикальною лебідкою 13 забортної стріли: лебідка 12 при цьому вибирає не натягнутий кінець шкентеля. Починаючи з деякого рівня вантажу, швидкість вибирання шкентеля 4 лебідкою 13 знижують, швидкість вибирання шкентеля 14 лебідкою 12 збільшують вантаж починає переміщатися поперек судна по криволінійній траєкторій. В надалі лебідка 13 труїть шкентель 4, лебедка12 продовжує вибирати шкентель 14. Над люком швидкість вибирання шкентеля і знижують, вантаж починає переміщатися вниз. Коли він опиняється під ноком лючної стріли, підтравлюють обидва шкентеля, вантаж опускається вертикально в трюм.

Підп. і дата					
Інв. № докл.					
Взам. інв. №					
Підп. і дата					
Інв. № орг.					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
12.КР.135.6119м.01.ПЗ.06					Арк. 62



1 – вантаж; 2 – гак; 3 – трикутна ланка; 4 – вантажні шкентелі; 5 – бортові контрвідтяжки; 6 – берегова стріла; 7 – топрик; 8, 9 – топенанти; 10 – лючна стріла; 12 – лебідки лючної стріли; 13 – лебідки берегової стріли

Рисунок 6.1 – Схема спареної роботи легких стріл

Паспортна вантажопідйомність легких стріл визначається для їх одиночної роботи. При спареній роботі допустима вантажопідйомність пристрою, як правило, нижче паспортної. Основна причина цього – косий натяг вантажних шкентелів і фіксує стріли контрвідтяжок. На відміну від одиночної роботи зусилля, що передається шкентелями ($T_{ш}$ на рисунку 6.2), що лежить в площині CDE , не знаходиться в площині стріли і топенанта ABC . Поперечну складову цього зусилля можуть урівноважити тільки натягом відтяжок. Оскільки контрвідтяжка майже завжди розташовується під гострим кутом до стріли, то поздовжня складова її натягу збільшує осьові зусилля в стрілі.

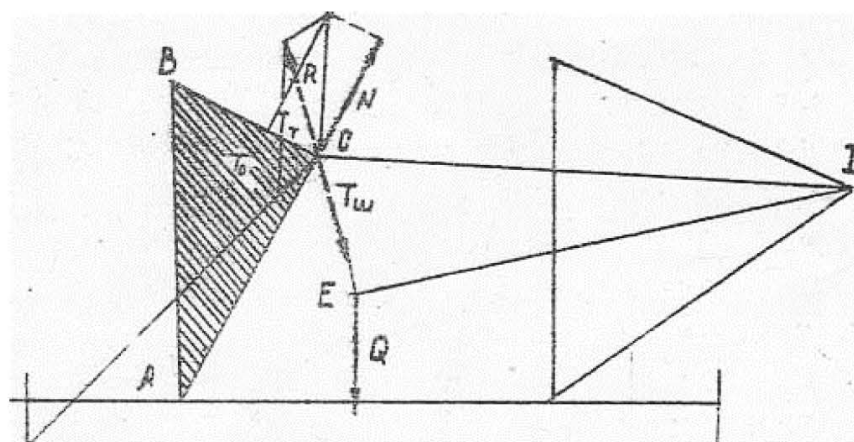


Рисунок 6.2 – Схема діючих зусиль в шкентелях, топенанті і контрвідтяжці

Підп. і дата	Інв. № відл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.					Арк.
					12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06				63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Ускладнює визначення допустимої вантажопідйомності стріл при спареній роботі те, що зусилля в деталях пристрою істотно залежать від розташування: в просторі стріл і контрвідтяжок, а також від шляху проносу вантажу, особливо від висоти проносу.

У зв'язку з цим не можна говорити взагалі про вантажопідйомність пристрою при спареній роботі. Обов'язково обумовлюються схема розкріплення стріл і такелажу і обмеження, що накладаються на шлях переміщення вантажу, наприклад, на висоту проносу, кут між шкентелями.

6.2 Позначення

Лінійні величини:

L – довжина стріли;

H – висота підвісу топенанта над шпором стрели;

h – піднесення шпора стріли над фальшбортом чи комінсом люка;

B – ширина судна;

$L_{\text{л}}$ – довжина люка;

$B_{\text{л}}$ – ширина люка;

$t_{\text{л}}, t_{\text{б}}$ – довжини топенантів стріл при спареній роботі;

c – відстань між шпорами стріл в плані;

e – отстояние шпора стріли від найближчого поперечного комінса люка;

b – виліт забортної стрели за борт при спареній роботі;

a – отстояние в плані нока забортної стріли від поперечного комінса люка;

g – отстояние в плані лючної стріли від поперечного комінса люка;

$Y_{\text{л}}$ – поперечна координата (в плані) нока лючної стріли;

$x_{\text{л}}$ – повздовжня координата (в плані) нока лючної стріли;

$Y_{\text{б}}$ – поперечна координата (в плані) нока забортної стріли;

$x_{\text{б}}$ – повздовжня координата (в плані) нока забортної стріли;

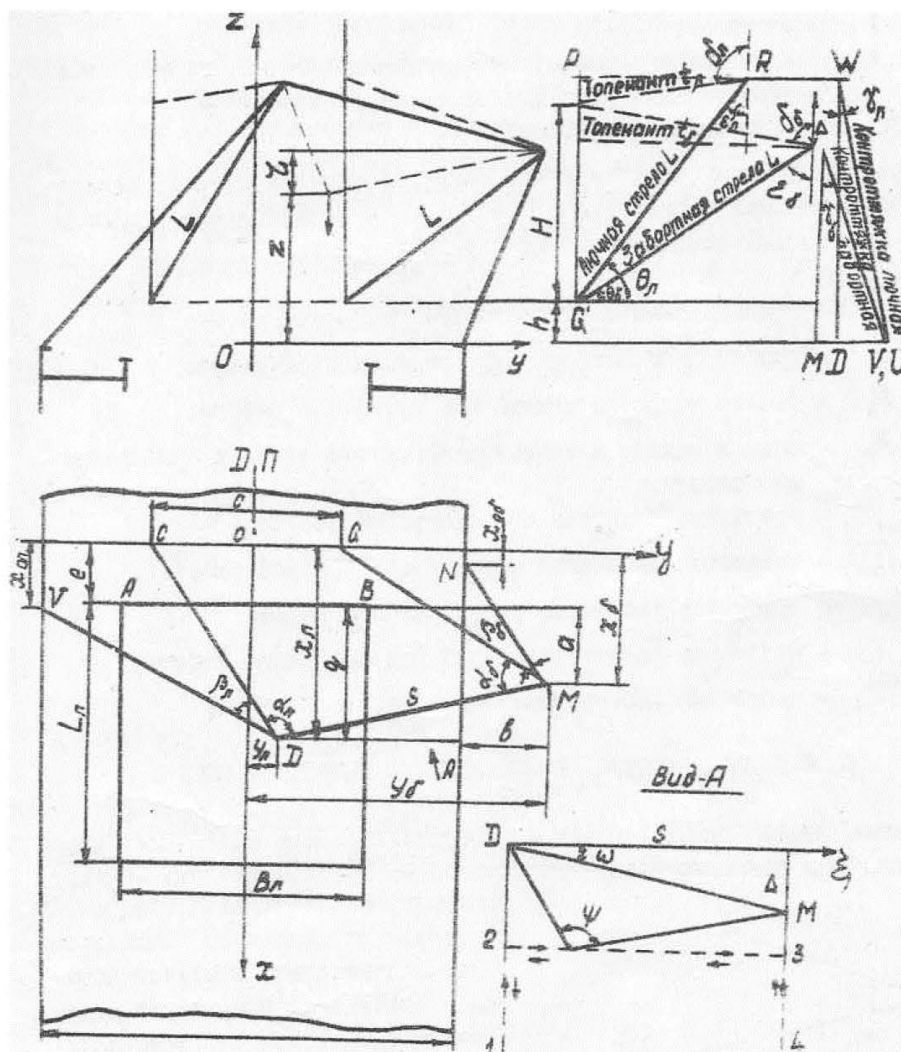
Δ – піднесення нока лючної стріли над ноком забортної стрели;

$X_{\text{ол}}, X_{\text{об}}$ – повздовжні координати точок закріплення контрвідтяжок на фальшбортах;

s – відстань між ноками стріл в плані;

Підп. і дата		Інв. № відл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № ориг.							Арк.
															64
										12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата											

Величини беруться з урахуванням їх знака.



α_n, α_6 – кути між площиною шкентелів у площині стріла-топіант;

$\beta_{\text{л}}, \beta_{\text{б}}$ – кути між площинами стріла-топінант и вертикальними площинами;

ψ – кути між шкентелями.

На рисунку 6.3 кути α, β вимірюються між проекціями стріл, шкентелів, контрвідтяжок кути $\theta, \delta, \gamma, \psi, \varepsilon$ – у вертикальних площинах, відповідні стріли і канати.

Сили:

Q_0 – вантажопід'ємність стріли при одиночній роботі;

Q – вантажопід'ємність стріли при спареній роботі;

N_0 – осьове зусилля у стрілі при одиночній роботі;

$N_{\text{л}}, N_{\text{б}}$ – осьове зусилля у лючній та забортній стрілах при спареній роботі;

$T_{\text{шо}}$ – натяг шкентелів при одиночній роботі;

$T_{\text{шл}}, T_{\text{шб}}$ – натяг шкентелів стріл при спареній роботі;

$T_{\text{то}}$ – натяг топінанта при одиночній роботі;

$T_{\text{мл}}, T_{\text{мб}}$ – натяг топінантів стріл при спареній роботі;

6.3 Алгоритм розрахунку при вибраному розташуванні елементів пристрою

Тут передбачається, що схема розкріплення стріл вибрано. Необхідно побудувати криву допустимої вантажопід'ємності стріл при спарені роботі $Q(Z)$. Цей алгоритм треба вважати основним, так як він служить базою для більш складних, оптимізаційних алгоритмів.

6.3.1 Вихідні дані алгоритму:

Розміри, зв'язані з судном і вантажним пристроєм і не залежить від схеми закріплення стріл: $B_{\text{л}} = 3,6 \text{ м}$, $L_{\text{л}} = 10 \text{ м}$, $H = 7,13 \text{ м}$, $h = 4,3 \text{ м}$, $c = 3,81 \text{ м}$, $e = 0,82 \text{ м}$.

розміри, що залежать від прийнятої схеми закріплення стріл: $a = 0,93 \text{ м}$, $b = 1,98 \text{ м}$, $x_{\text{ол}} = 1 \text{ м}$, $x_{\text{об}} = 0,35 \text{ м}$

вантажопід'ємність і зусилля в елементах пристрою при одиночній роботі стріл: $Q_0 = 37 \text{ кН}$, $N_0 = 49 \text{ кН}$, $T_{\text{шо}} = 37 \text{ кН}$, $T_{\text{то}} = 32 \text{ кН}$.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата					Арк.
					12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06				66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

6.3.2 Визначення по формулам допоміжних лінійних величин:

Визначення довжини стріли:

$$W := \sqrt{\frac{25}{144} \cdot L_{\text{л}}^2 + \left(\frac{B_{\text{л}} - B}{2} + b - 1 \right)^2} \quad W = 5.422$$

$$L_{\text{лс}} := \sqrt{\left(e + \frac{3}{4} \cdot L_{\text{л}} \right)^2 + \left[\frac{1}{2} \cdot (B_{\text{л}} - c) - 1 \right]^2 + (4.5 + 0.3 \cdot W)^2} \quad L_{\text{лс}} = 10.391$$

$$L_{\text{зс}} := \sqrt{\left(e + \frac{1}{4} \cdot L_{\text{л}} \right)^2 + \left[\frac{1}{2} \cdot (-c) + b \right]^2 + (4.5 + 0.3 \cdot W)^2} \quad L_{\text{зс}} = 6.969$$

згідно з таблиці 111.19[12] довжина стріли приймається $L = 11$ м

$$x_{\text{л}} := e + g \quad x_{\text{л}} = 1.74$$

$$x_{\text{б}} := e + a \quad x_{\text{б}} = 1.75$$

$$y_{\text{б}} := \frac{B}{2} + b \quad y_{\text{б}} = 8.23$$

$$s := \sqrt{(x_{\text{л}} - x_{\text{б}})^2 + (y_{\text{б}} - y_{\text{л}})^2} \quad s = 7.73$$

$$\Delta := \sqrt{L^2 - x_{\text{л}}^2 - \left(\frac{c}{2} + y_{\text{л}} \right)^2} - \sqrt{L^2 - x_{\text{б}}^2 - \left(y_{\text{б}} - \frac{c}{2} \right)^2} \quad \Delta = 1.764$$

6.3.3 Визначення кутів, не зв'язаних з $x_{\text{ол}}$, $x_{\text{об}}$, ξ и ζ :

$$E_{\text{л}} := \arcsin \left[\frac{\sqrt{x_{\text{л}}^2 + \left(\frac{c}{2} - y_{\text{л}} \right)^2}}{L} \right] \quad E_{\text{л}} = 0.205$$

$$E_{\text{б}} := \arcsin \left[\frac{\sqrt{x_{\text{б}}^2 + \left(y_{\text{б}} - \frac{c}{2} \right)^2}}{L} \right] \quad E_{\text{б}} = 0.639$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06				
					Арк.				
					67				

$$\delta_{II} := \arccos \left[\frac{H - \sqrt{L^2 - x_{II}^2 - \left(\frac{c}{2} + y_{II}\right)^2}}{\sqrt{L^2 + H^2 - 2 \cdot H \cdot \sqrt{L^2 - x_{II}^2 - \left(\frac{c}{2} + y_{II}\right)^2}}} \right] \quad \delta_{II} = 2.433$$

$$\delta_6 := \arccos \left[\frac{H - \sqrt{L^2 - x_6^2 - \left(y_6 - \frac{c}{2}\right)^2}}{\sqrt{L^2 + H^2 - 2 \cdot H \cdot \sqrt{L^2 - x_6^2 - \left(y_6 - \frac{c}{2}\right)^2}}} \right] \quad \delta_6 = 1.824$$

$$\alpha_{\Pi} := \pi - \operatorname{atan}\left(\frac{x_{\Pi} - x_6}{y_6 - y_{\Pi}}\right) - \operatorname{atan}\left[\frac{x_{\Pi}}{\left(\frac{c}{2} + y_{\Pi}\right)}\right] \quad \alpha_{\Pi} = 2.517$$

$$\alpha_6 := \operatorname{atan}\left(\frac{x_7 - x_6}{y_6 - y_7}\right) + \operatorname{atan}\left[\frac{x_6}{\left(y_6 - \frac{c}{2}\right)}\right] \quad \alpha_6 = 0.269$$

6.3.4 Визначення величин, що залежать від кутів і не зв'язані з $x_{об}$, $x_{об'}$, ζ і ξ :

$$B_{\pi} := \frac{\sin(\delta_{\pi})}{\sin(\delta_{\pi} + E_{\pi})} \quad B_{\pi} = 1.348$$

$$B_6 := \frac{\sin(\delta_6)}{\sin(\delta_6 + E_6)} \quad B_6 = 1.543$$

$$D_{\pi} := \frac{\sin(E_{\pi})}{\sin(\delta_{\pi} + E_{\pi})} \quad D_{\pi} = 0.421$$

$$D_6 := \frac{\sin(\delta_6)}{\sin(\delta_6 + E_6)} \quad D_6 = 1.543$$

[illegible]

Інб. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інб. №	Інб. № дубл.	Підп. і дата

$$\gamma_{\text{л}} = 0.428$$

$$\gamma_6 = 0.183$$

$$\beta_{\text{II}} = 0.517$$

$$\beta_6 = 0.346$$

6.3.6 Визначення по формулам величин, що залежать від кутів:

$$A_{\Pi} = 3.156$$

$$A_6 = 5.866$$

$$C_{\pi} = 0.651$$

$$C_6 := \frac{\sin(\alpha_6) \cdot \sin(E_6) - \cos(E_6) \cdot \sin(\alpha_6 + \beta_6) \cdot \tan(\gamma_6)}{\sin(\delta_6 + E_6) \cdot \sin(\beta_6) \cdot \tan(\gamma_6)} \quad C_6 = 1.857$$

$$F_{\text{л}} := \frac{\sin(\alpha_{\text{л}})}{\sin(\beta_{\text{л}}) \cdot \sin(\gamma_{\text{л}})} \quad F_{\text{л}} = 2.853$$

$$F_6 := \frac{\sin(\alpha_6)}{\sin(\beta_6) \cdot \sin(\gamma_6)} \quad F_6 = 4.314$$

6.3.7 Визначення для ряду значень z (у області можливих при експлуатації) по формулі величини ζ . Для кожного ζ , змінюючи ξ у замкнутому інтервалі $[0; s]$, визначають по формулам найбільші значення $n_{\text{лmax}}$ и $n_{\text{бmax}}$.

$$z := h, h + 0.1 \dots h + 8 \quad \xi := 0, \frac{s}{6} \dots s$$

$$\zeta(z) := \sqrt{L^2 - x_6^2 - \left(y_6 - \frac{c}{2}\right)^2} - z + h$$

$\zeta(z) =$

8.828
8.728
8.628
8.528
8.428
8.328
8.228
8.128
8.028
7.928
7.828
7.728
7.628
7.528
7.428
...

$$n_{\text{л}}(z, \xi) := \frac{s - \xi}{s \cdot (\Delta + \zeta(z)) - \Delta \cdot \xi} \cdot \left[1.05 \sqrt{\xi^2 + (\Delta + \zeta(z))^2} + A_{\text{л}} \cdot \xi + B_{\text{л}} \cdot (\Delta + \zeta(z)) \right]$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № збл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06	70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$n_{\pi}(z, \xi) =$$

2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
2.398
...

$$n_{\bar{6}}(z, \xi) := \frac{\xi}{s \cdot (\Delta + \zeta(z)) - \Delta \cdot \xi} \cdot \left[1.05 \sqrt{(s - \xi)^2 + \zeta(z)^2} + A_{\bar{6}} \cdot (s - \xi) + B_{\bar{6}} \cdot \zeta(z) \right]$$

$$n_{\bar{6}}(z, \xi) =$$

0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
...

$$n_{\max}(z, \xi) := \max(n_{\pi}(z, \xi), n_{\bar{6}}(z, \xi))$$

$$n_{\max} = 2,398$$

Інв. № ориг.		Підп. і дата		Взам. інв. №		Інв. № змодл.		Підп. і дата	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06

6.3.8 Визначення для вибраних рівнів z допустиму вантажопід'ємність пристрою при спареній роботі по критерію осьових зусиль за допомогою формули:

$$Q_n(z, \xi) := \frac{N_0}{n_{\max}(z, \xi)}$$

$$Q_{n\max} = 20,436 \text{ кН}$$

6.3.9 Визначення для вибраного ряду значень ζ , змінючи ξ , по формулам найбільших значень $t_{\text{шл}\max}$ и $t_{\text{шб}\max}$:

$$t_{\text{шл}}(z, \xi) := \frac{(s - \xi) \cdot \sqrt{\xi^2 + (\Delta + \zeta(z))^2}}{s \cdot (\Delta + \zeta(z)) - \Delta \cdot \xi}$$

$$t_{\text{шл}}(z, \xi) =$$

1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
...

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.	
										12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06	72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$t_{\text{тл}}(z, \xi) =$$

0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
0.421
...

$$t_{\text{тб}}(z, \xi) := \frac{\xi}{[s \cdot (\Delta + \zeta(z)) - \Delta \cdot \xi]} \cdot [C_6 \cdot (s - \xi) + D_6 \cdot \zeta(z)]$$

$$t_{\text{тб}}(z, \xi) =$$

0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
...

$$t_{\text{тmax}}(z, \xi) := \max(t_{\text{тл}}(z, \xi), t_{\text{тб}}(z, \xi))$$

$$t_{\text{тmax}} = 0,421$$

Інв. № орг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № зм. д.л.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06					Арк.
										74

інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	інв. № зч.дл.	Підп. і дата

$$Q_{Tmax} = 71,269 \text{ кН}$$

Figure 1 is a line graph showing the dependence of the normalized quantities $\frac{Q_n(z, \epsilon_{kt})}{Q_m(z, \epsilon_{kt})}$, $\frac{Q_m(z, \epsilon_{kt})}{Q_r(z, \epsilon_{kt})}$, and $\frac{Q_r(z, \epsilon_{kt})}{Q_m(z, \epsilon_{kt})}$ on the parameter z . The x-axis represents z and ranges from 4 to 14. The y-axis represents the normalized quantities and ranges from 0.1 to 0.6. Three curves are plotted: $\frac{Q_n(z, \epsilon_{kt})}{Q_m(z, \epsilon_{kt})}$ (top curve), $\frac{Q_m(z, \epsilon_{kt})}{Q_r(z, \epsilon_{kt})}$ (middle curve), and $\frac{Q_r(z, \epsilon_{kt})}{Q_m(z, \epsilon_{kt})}$ (bottom curve). All three curves show a monotonic increase with z .

$$t_{\text{оллmax}}(z, \xi) := \max(t_{\text{олл}}(z, \xi))$$

					12.KP.135.6119м.01.ПЗ.06	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3.15 Визначення значень найбільших натяжених в контрвдтяжках для відповідного ряду Z по формулам

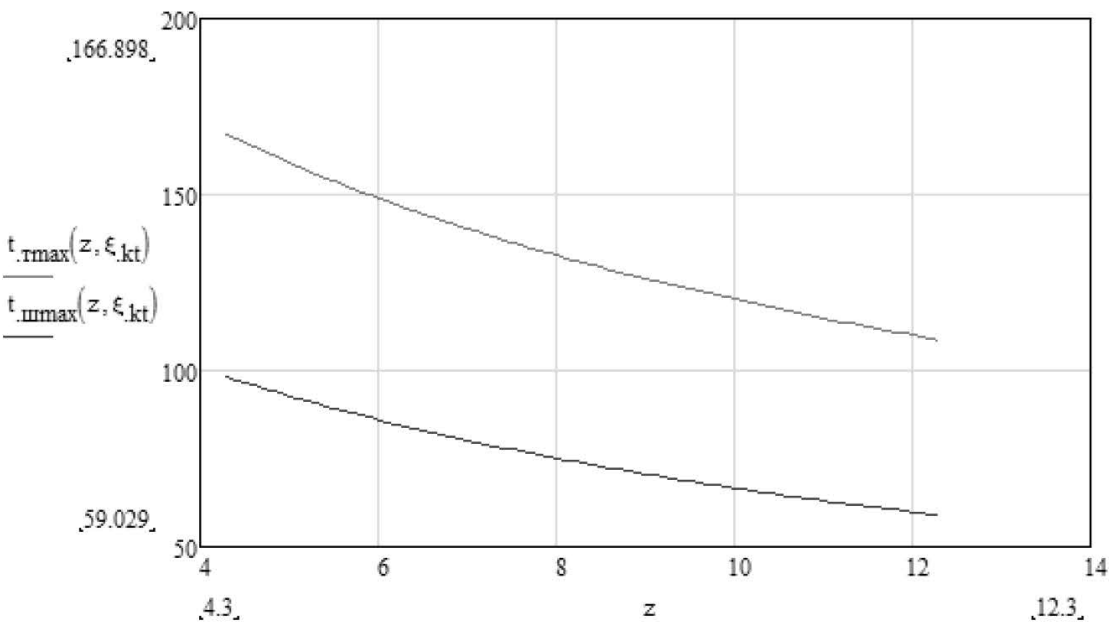
$$T_{олmax}(z, \xi) := t_{олmax}(z, \xi) \cdot Q_0$$

$$T_{олmax} = 103 \text{ кН}$$

$$T_{обmax}(z, \xi) := t_{обmax}(z, \xi) \cdot Q_0$$

$$T_{обmax} = 118 \text{ кН}$$

6.3.16 Побудова кривих зусиль в шкентелях



Підп. і дата	
Інв. № з/дл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата					
					12.КР.135.6119м.01.ПЗ.07				

7 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖНОЇ ЛЕБІДКИ

Згідно Правил Регістра судноплавства України міцність деталей вантажної лебідки і деталей кріплення її до фундаменту повинна бути перевірена при дії максимального моменту приводу і дії на тросовий барабан навантаження, яке дорівнює розривному зусиллю троса.

Також повинна бути перевірена міцність вала турачки при дії на турачку в середині її довжини навантаження, яке дорівнює розривному зусиллю вантажного троса.

У всіх розглянутих вище випадках напруження в деталях не повинні перевищувати 0.95 границі плинності матеріалу деталей.

Міцність деталей вантажного механізму повинна враховувати всі можливі види і геометричні напрямки навантажень, які можуть виникнути під час експлуатації.

Міцність троса, призначеного для роботи з швартовним механізмом, повинна бути зазначена на механізмі.

7.1 Розрахунок основних вузлів вантажної лебідки

7.1.1 Перевірка запасу міцності канату. Використовуємо сталевий канат діаметром $d=18\text{мм}$. (ГОСТ 2688-80). Перевірка виконується за формулою:

$$n = \frac{s_p}{s_{max}} \geq [n],$$

де

s_p – розривне зусилля (по каталогу);

s_{max} – максимальне тягове зусилля в ваєрі;

$[n]$ – допустимий запас міцності ваєрів, приймаємо $[n] = 6$.

$$n = \frac{608}{99,7} = 6,1 \geq 6.$$

Інв. № орг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № збл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07					78

Умови запасу міцності каната виконуються.

7.1.2 Визначення розмірів барабана. Його номінальний діаметр знаходиться за формулою:

$$D_{min} = d \left(\frac{D_b}{d} - 1 \right) = 18 \cdot (20 - 1) = 342 \text{ мм},$$

де

d – номінальний діаметр канату;

$$\frac{D_b}{d} = 20.$$

Довжина барабану L_b визначається за формулою:

$$L_b = \frac{L_k(d^1 - a)}{\pi(D_{min} + kd^1)} = \frac{160000 \cdot (19,26 - 0,4)}{5 \cdot 3,14 \cdot (342 + 5 \cdot 19,26)} = 418 \text{ мм},$$

де

L_k – номінальна канатоемність барабана (без урахування витків для закріплення канату на барабані), мм;

d^1 – найбільший діаметр канату з урахуванням можливого збільшення номінального розміру на 7%, $d^1 = 1,07d = 19,26$;

k – число шарів навивки, приймаємо $k = 5$;

a – поправка на нещільність укладання канату по довженні барабану, приймаємо $a = 0,4$ мм.

Зовнішній діаметр вибраної кількості прошарків канату, навитих на барабан, буде:

$$D_H = D_{min} + 2kd^1 = 342 + 2 \cdot 5 \cdot 19,26 = 534,6 \text{ мм}.$$

Максимальний діаметр бокової стінки барабана приймається як:

$$D_{max} = D_H + (20 \div 30) \text{ мм}.$$

Підп. і дата						
Інв. № відл.						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07	Арк.
						79

$$D_{max} = 534,6 + 25 = 559,6 \text{ мм.}$$

Середній діаметр навивки визначається за формулою:

$$D_{cp} = \frac{D_{min} + D_H}{2} = \frac{342 + 559,6}{2} = 450,8 \text{ мм.}$$

7.1.3 Розрахунок приводного вала

Початкові дані (рис. 7.1.):

$$F_1 = F_2 = 195,5 \text{ кН,}$$

$$D_{ред} = 1000 \text{ мм; } D_{тур} = 330 \text{ мм, } D_{бар} = 342 \text{ мм;}$$

$$a = 615,5 \text{ мм; } b = 923,3 \text{ мм; } c = 351,7 \text{ мм; } d = 243,8 \text{ мм.}$$

Матеріал, з якого виготовлений вал – Сталь 30Н з такими основними параметрами:

$$\sigma_B = 500 \text{ МПа; } \sigma_T = 300 \text{ МПа.}$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № віддл.	Підп. і дата						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07					Арк.
										80

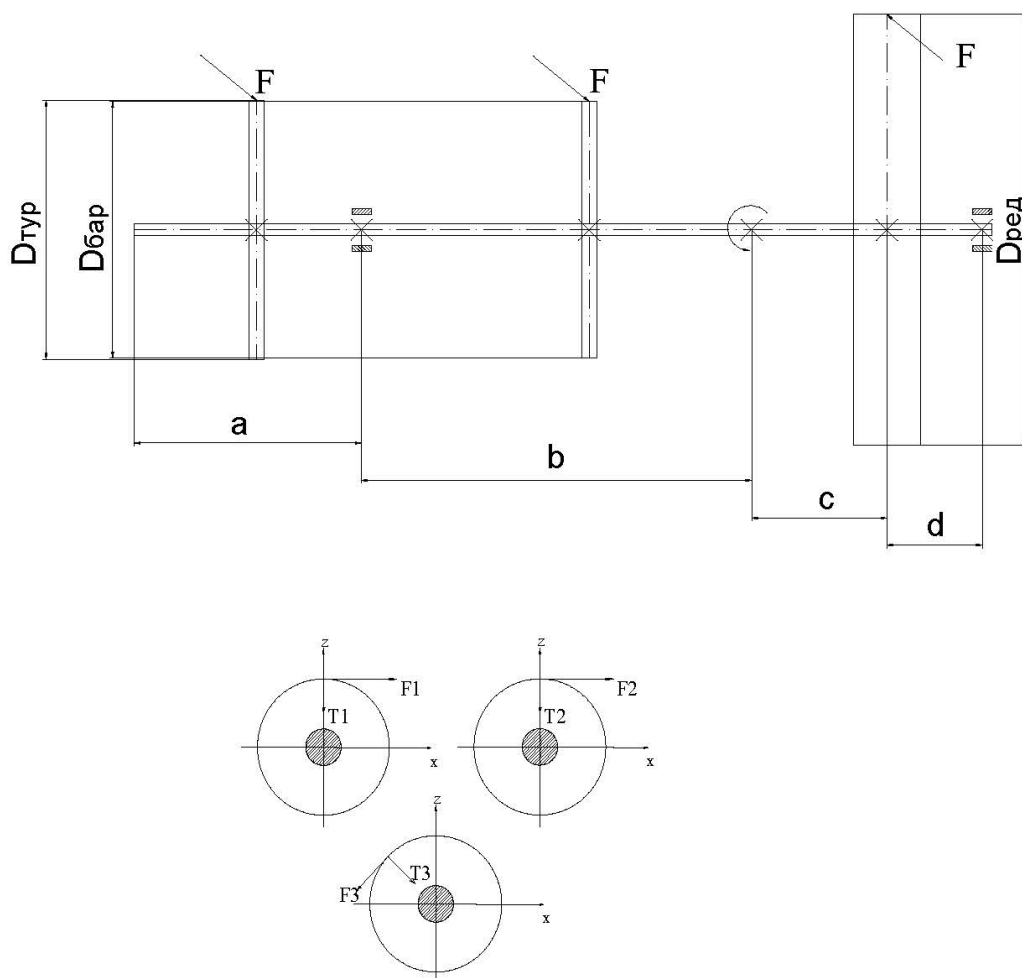


Рисунок 7.1 – Розрахункова схема приводного валу

Побудова епюри крутного моменту:

$$M_3 = M_1 + M_2;$$

$$M_1 = F_1 \cdot D_{\text{тур}} \cdot 0,5 = 195,5 \cdot 0,33 \cdot 0,5 = 32,25 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = F_2 \cdot D_{\text{бар}} \cdot 0,5 = 195,5 \cdot 0,342 \cdot 0,5 = 33,43 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = 32,25 + 33,43 = 65,86 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$F_3 = \frac{2 \cdot M_3}{D_{\text{ред}}} = \frac{2 \cdot 65,86}{1} = 131,36 \text{ кН};$$

$$T_1 = F_1 \cdot \tan 20 = 195,5 \cdot 0,36 = 70,38 \text{ кН};$$

$$P_{1y} = F_1 = 195,5 \text{ кН};$$

$$P_{1z} = -T_1 = -70,38 \text{ кН};$$

Підп. і дата		Інв. № змін.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № ориг.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07				Арк.
									81

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$-P_{1z} \cdot 1,815 - P_{2z} \cdot 0,891 - P_{3z} \cdot 0,275 - R_A \cdot 1,268 = 0;$$

$$R_A = \frac{70,38 \cdot 1,815 + 70,38 \cdot 0,891 + 126,3 \cdot 0,275}{1,268} = 177,59 \text{ KН.}$$

Проверка:

$$P_{1z} + P_{2z} + P_{3z} + R_A + R_B = 0;$$

$$-70,38 - 70,38 - 126,3 + 177,59 + 96,81 = 0.$$

Знаходимо згинаючі моменти методом перерізів:

$$M_{y1} = -P_{1z} \cdot x,$$

при $x = 0 \rightarrow M_{y1} = 0$,

при $x = 0,547 \rightarrow M_{y1} = 70,38 \cdot 0,547 = 38,45 \text{ кН} \cdot \text{м};$

$$M_{y2} = -P_{1z} \cdot (0,547 + x) - R_A \cdot x,$$

при $x = 0 \rightarrow M_{y2} = 70,38 \cdot 0,547 = 38,45 \text{ кН} \cdot \text{м},$

при $x = 0,377 \rightarrow M_{y2} = 70,38 \cdot 0,924 - 177,59 \cdot 0,377 = -1,92 \text{ кН} \cdot \text{м};$

$$M_{y3} = -P_{1z} \cdot (0,924 + x) - R_A \cdot (0,377 + x) - P_{2z} \cdot x,$$

при $x = 0 \rightarrow M_{y3} = 70,38 \cdot 0,924 - 177,59 \cdot 0,377 = -1,92 \text{ кН} \cdot \text{м},$

$$\begin{aligned} \text{при } x=0,616 \rightarrow M_{y3} &= 70,38 \cdot 1,54 - 177,59 \cdot 0,993 + 70,38 \cdot 0,616 = \\ &= -111,32 \text{ кН} \cdot \text{м}; \end{aligned}$$

$$M_{y4} = -P_{1z} \cdot (1,54 + x) - R_A \cdot (0,993 + x) - P_{2z} \cdot (0,616 + x) - P_{3z} \cdot x,$$

при $x = 0 \rightarrow M_{y4} = 70,38 \cdot 1,54 - 177,59 \cdot 0,993 + 70,38 \cdot 0,616 = -111,32 \text{ кН} \cdot \text{м},$

при $x = 0,275 \rightarrow M_{y4} = 70,38 \cdot 1,815 - 177,59 \cdot 1,268 + 70,38 \cdot 0,891 + 126,3 \cdot 0,275 = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

Підп. і дата

Інв. № докл.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № орг.

при $x = 0,377 \rightarrow M_{y_2} = 70,38 \cdot 0,924 - 177,59 \cdot 0,377 = -1,92 \text{ кН} \cdot \text{м};$

$M_{y_3} = -P_{1z} \cdot (0,924 + x) - R_A \cdot (0,377 + x) - P_{2z} \cdot x,$

при $x = 0 \rightarrow M_{y_3} = 70,38 \cdot 0,924 - 177,59 \cdot 0,377 = -1,92 \text{ кН} \cdot \text{м},$

при $x=0,616 \rightarrow M_{y_3} = 70,38 \cdot 1,54 - 177,59 \cdot 0,993 + 70,38 \cdot 0,616 =$
 $= -111,32 \text{ кН} \cdot \text{м};$

$M_{y_4} = -P_{1z} \cdot (1,54 + x) - R_A \cdot (0,993 + x) - P_{2z} \cdot (0,616 + x) - P_{3z} \cdot x,$

при $x = 0 \rightarrow M_{y_4} = 70,38 \cdot 1,54 - 177,59 \cdot 0,993 + 70,38 \cdot 0,616 = -111,32 \text{ кН} \cdot \text{м},$

при $x = 0,275 \rightarrow M_{y_4} = 70,38 \cdot 1,815 - 177,59 \cdot 1,268 + 70,38 \cdot 0,891 + 126,3 \cdot$
 $0,275 = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

12.КР.135.6119м.01.ПЗ.07

Арк.

83

Сумарний момент:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2};$$

$$M_{\text{сум1}} = 0;$$

$$M_{\text{сум2}} = \sqrt{38,45^2 + 106,9^2} = 113,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{сум3}} = \sqrt{1,92^2 + 13,03^2} = 13,17 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{сум4}} = \sqrt{111,32^2 + 19,99^2} = 113,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{сум5}} = 0;$$

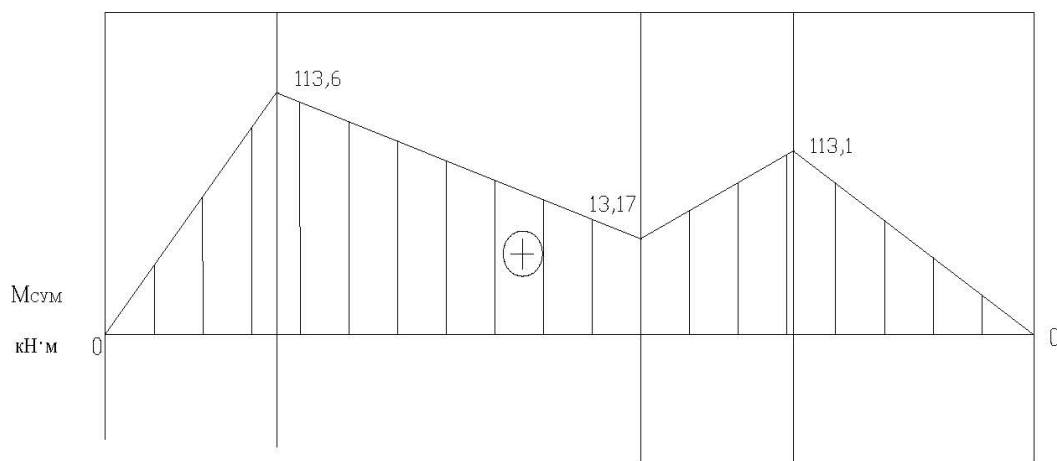


Рисунок 7.5 – Епюра сумарних моментів

Визначення діаметра вала.

Умова міцності формулюємо з теорії найбільших дотичних напружень:

$$\sigma_{\text{экв}}^{\tau} = \sqrt{\sigma_{\text{max}}^2 + 4 \cdot \tau_{\text{max}}^2} = \frac{\sqrt{M_2^2 + M_K^2}}{W_z} \leq \frac{\sigma_T}{n}$$

Осьовий момент опору поперечного перерізу вала і полярний визначається за формулами:

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № змін.	Підп. і дата					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07				86

По співвідношенню:

$$\frac{F_A}{C_0} = \frac{13626}{166000} = 0,082$$

методом лінійної інтерполяції визначаємо коефіцієнт $e = 0,368$.

Так як

$$\frac{F_A}{V \cdot F_R} \leq e,$$

$$\frac{13626}{1 \cdot 195500} = 0,069 \leq 0,368.$$

Згідно таблиці 1: $X = 1, Y = 0$.

Тоді

$$P_0 = 1 \cdot 195,5 + 0 \cdot 13,62 = 195,5 \text{ кН.}$$

Статична вантажопід'ємність

$$[C_0]_p = 1,5 \cdot 195,5 = 293 \text{ кН.}$$

Розрахункова динамічна вантажопід'ємність $[C]_p$ визначається як

$$[C]_p = 0,01 \cdot P \cdot \sqrt[3]{60 \cdot n \cdot L_h},$$

де

L_h – довговічність, рівна 21000 годин;

n – частота обертання, визначене раніше, $n_{\text{гр}} = 10,85$;

P – еквівалентне динамічне навантаження:

$$P = V \cdot F_R \cdot K_6 \cdot K_T,$$

де

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № відл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07					89

K_6, K_T – коефіцієнти приведені в таблицях, $V = 1$ при обертальному внутрішньому кільці.

$$P = 1 \cdot 195,5 \cdot 1,3 \cdot 1,05 = 266,85 \text{ кН};$$

$$[C]_p = 0,01 \cdot 266,85 \cdot \sqrt[3]{60 \cdot 15 \cdot 21000} = 710,81 \text{ кН}.$$

Момент тертя в шарикоподшипнику:

$$M_{\text{тр}} = M_0 + (1,25 \cdot F_R + 1,5 \cdot F_A) \cdot f_k \cdot \frac{d_0}{d_{\text{ш}}},$$

де

$d_{\text{ш}} = 57$ – діаметр шарика;

$$d_0 = \frac{d + D}{2} = \frac{110 + 240}{2} = 175 \text{ мм};$$

$$M_0 = 0,04 \cdot d_0 = 0,04 \cdot 175 = 7 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{\text{тр}} = 7 + (1,25 \cdot 195500 + 1,5 \cdot 13626) \cdot 0,01 \cdot \frac{175}{57} = 8137 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 8,137 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7.3 Розрахунок шпоночного з'єднання

Підбір призматичної шпонки проводиться за ГОСТ 23360-78.

Діаметр вала мм	Розміри перерізу шпонок мм		Глибина паза, мм	
	b	h	вала t	втулки t1
110 – 130	32	18	11	7,4

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № з'єдн.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07					90

Перевірка шпонки на зминання:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot M}{d_{\text{в}} \cdot l_{\text{ш}} \cdot (h - t)} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

де

M – крутний момент на валу;

$l_{\text{ш}}$ – довжина шпонки.

$$M = T \cdot \left(\frac{D_{\text{тур}}}{2} - \frac{D_{\text{в}}}{2} \right) = 195,5 \cdot \left(\frac{0,43}{2} - \frac{0,11}{2} \right) = 31,3 \text{ кН},$$

$$l_{\text{ш}} = 0,7 \cdot l_{\text{тур}} = 0,7 \cdot 0,32 = 0,224 \text{ м.}$$

Допустиме напруження на зминання для Ст 40Х $[\sigma_{\text{см}}] = 230 \dots 300 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 31,3 \cdot 10^3}{0,11 \cdot 0,224 \cdot (0,018 - 0,011)} = 36,31 \text{ МПа} \leq 230 \dots 300 \text{ МПа.}$$

Перевірка шпонки на зріз:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot M}{d_{\text{в}} \cdot l_{\text{ш}} \cdot b} \leq [\tau_{\text{ср}}].$$

Допустиме напруження на зріз: $[\tau_{\text{ср}}] = 115 \dots 160 \text{ МПа}$;

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 31,3 \cdot 10^3}{0,11 \cdot 0,224 \cdot 0,032} = 80,25 \text{ МПа} \leq 115 \dots 160 \text{ МПа.}$$

Умови виконуються.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № зч.дл.	Підп. і дата					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07				
					91				

X – коефіцієнт, що враховує податливість з'єднання деталей (приймаєм $X = 0,2$);

$F_{\text{доп}}$ – додаткове навантаження, кН.

Додаткове навантаження визначається за формулою:

$$F_{\text{доп}} = \frac{h \cdot R_{\text{max}}}{X} = \frac{0,65 \cdot 195,5}{0,2} = 635 \text{ кН},$$

де

h – відстань між точкою докладання зрушувальної сили і рамою, $h = 750$ мм.

Далі визначається мінімальний допустимий внутрішній діаметр болта d_1 за формулою:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{расч}}}{\pi \cdot [\sigma]_p} \cdot m} = \sqrt{\frac{4 \cdot 220,1 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 400 \cdot 10^6} \cdot 1,3} = 0,03 \text{ м},$$

де

m – коефіцієнт, що враховує кручення болта при затягуванні, для метричної різьби $m = 1,3$;

$[\sigma]_p$ - допустиме напруження розтягування для болта, для Сталі 40Х $[\sigma]_p = 400$ МПа.

Приймаємо діаметр зі стандартного ряду метричних різьб (ГОСТ 1759.0-87):

$$d_{1 \text{ расч}} = 30 \text{ мм.}$$

Діаметр отвору під болти в опорі повинен бути більше діаметра болта на 2 мм.

$$d_{\text{отв}} = 32 \text{ мм.}$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № з'єдл.	Підп. і дата					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07				
					93				

7.5 Дослідження впливу діаметру каната на параметри барабану лебідки

Дослідимо вплив діаметру канату на основні параметри барабану лебідки. Діаметри канату розглянемо у діапазоні, мм:

$$d := 5..40$$

Відносний діаметр барабану $D'_b = \frac{D_b}{d}$ приймемо таким, що дорівнює:

$$D'_b := 20$$

Таким чином, ми маємо можливість обчислити номінальний мінімальний діаметр барабану лебідки, мм, в залежності від діаметру канату, мм

$$D_{min}(d) := d \cdot (D'_b - 1)$$

Графічно ця залежність виглядає наступним чином (рис. 7.8).

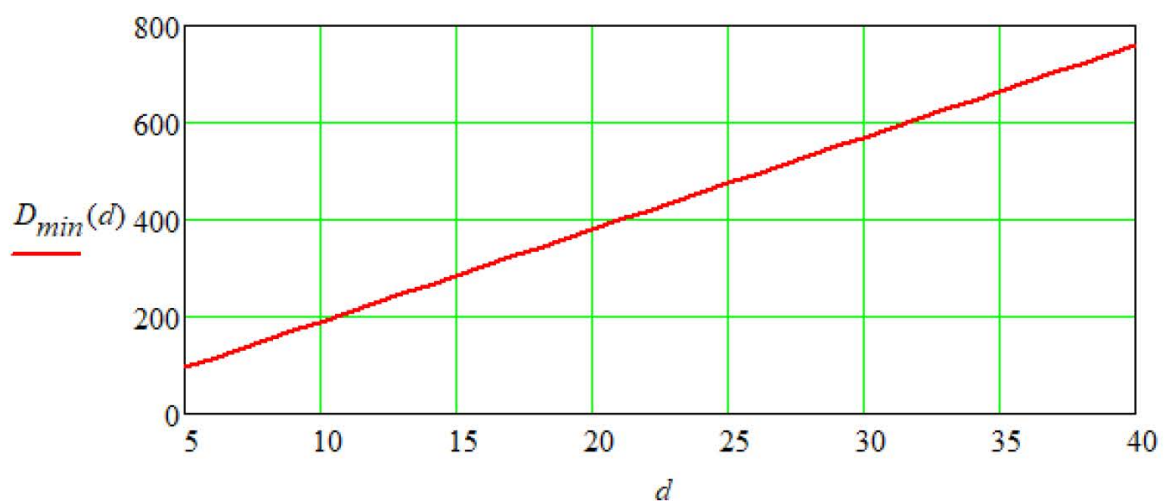


Рисунок 7.8 - Залежність номінального діаметру барабана лебідки, мм, від діаметру канату, мм

З рисунку 7.8 бачимо, що ця залежність лінійна.

Довжина барабану, мм, визначається формулою:

$$L_b = \frac{L_k \cdot (d_I - a)}{k \cdot \pi \cdot (D_{min} + k \cdot d_I)}$$

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № збл.	Підп. і дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07				Арк. 94	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

де

$L_k := 150 \cdot 10^3$ - номінальна канатомістність барабана (без урахування витків для закріплення канату на барабані), мм;

$d_1(d) := 1.07 \cdot d$ - найбільший діаметр канату з урахуванням можливого збільшення номінального розміру на 7%;

k - число шарів навивки, в дослідженні приймаємо $k := \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix}$

$a := 0.4$ - поправка на нещільність укладання канату по довжині барабану.

Розрахункову функцію для дослідження довжини барабану від діаметру канату та числа шарів навивки запишемо у вигляді, мм:

$$L_b(d, k) := \frac{L_k \cdot (d_1(d) - a)}{k \cdot \pi \cdot (D_{min}(d) + k \cdot d_1(d))}$$

Графічно ці залежності відображено на рисунках 7.9 та 7.10.

Кожна з ліній відповідає кількості шарів навивки канату на барабан ($k=4, 5, 6$).

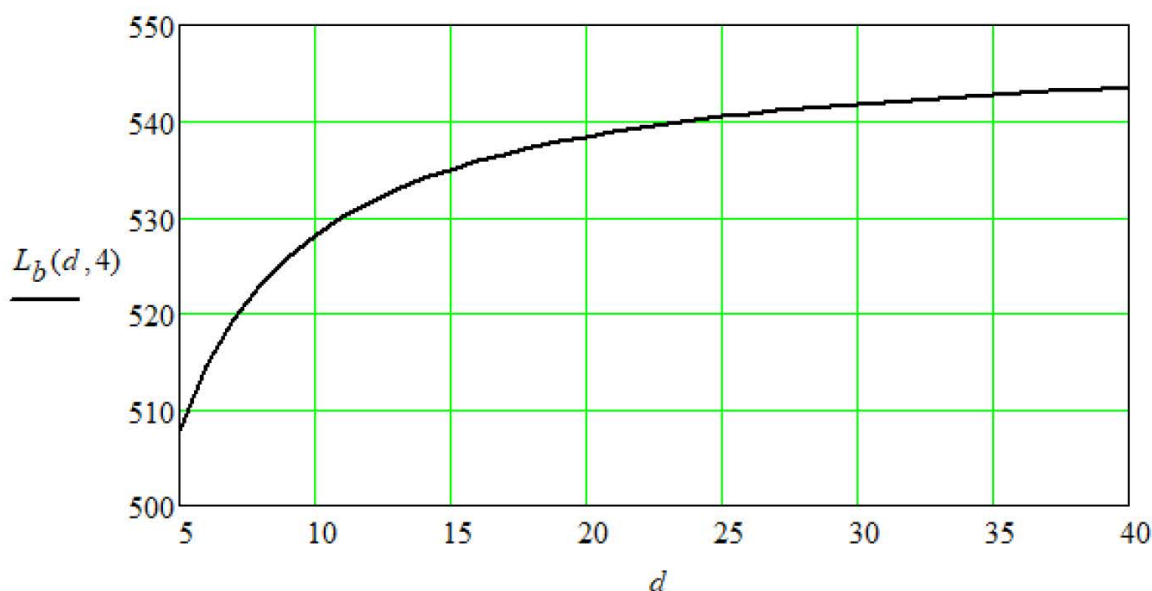


Рисунок 7.9 - Залежність довжини барабана лебідки, мм, від діаметру канату, мм, при кількості шарів навивки $k=4$

Підп. і дата Інв. № змін. Взам. інв. № Підп. і дата Інв. № ориг.						Арк. 12.KP.135.6119м.01.ПЗ.07 95
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

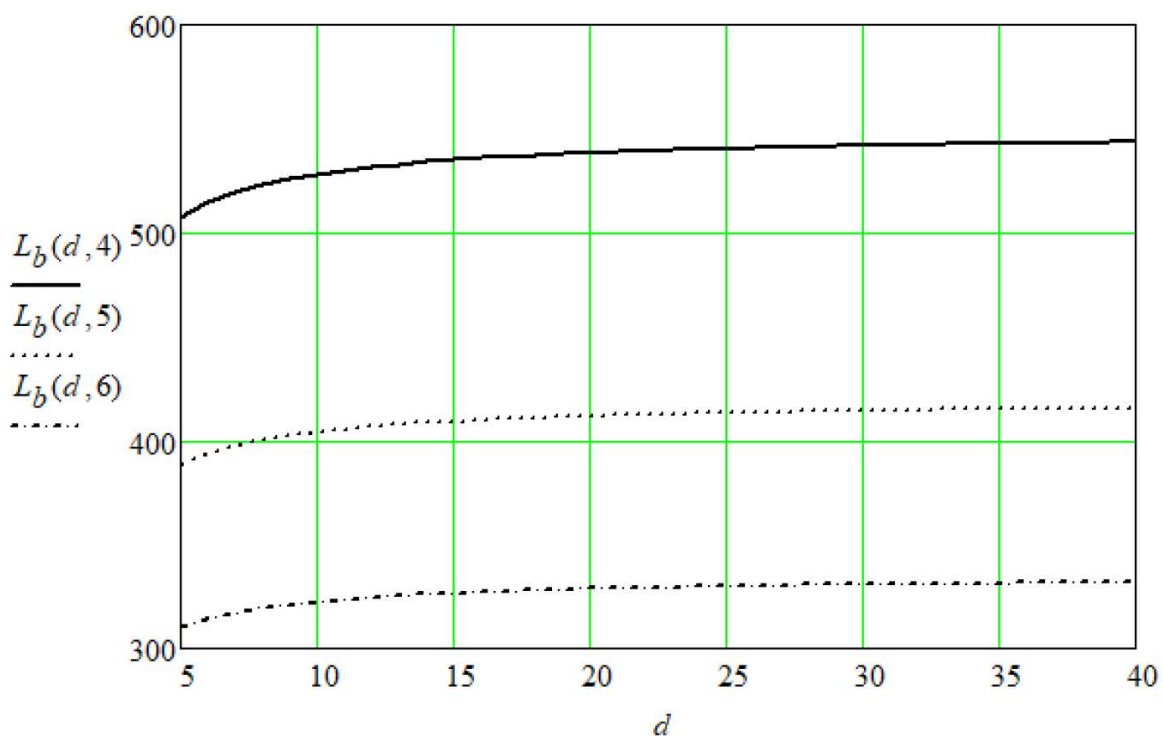


Рисунок 7.10 - Залежності довжини барабана лебідки, мм, від діаметру канату, мм, і кількості шарів навивки

Визначимо зовнішній діаметр, мм, вибраної кількості прошарків канату, навитих на барабан (рис. 7.11)

$$D_H(d, k) := D_{min}(d) + 2 \cdot k \cdot d_I(d)$$

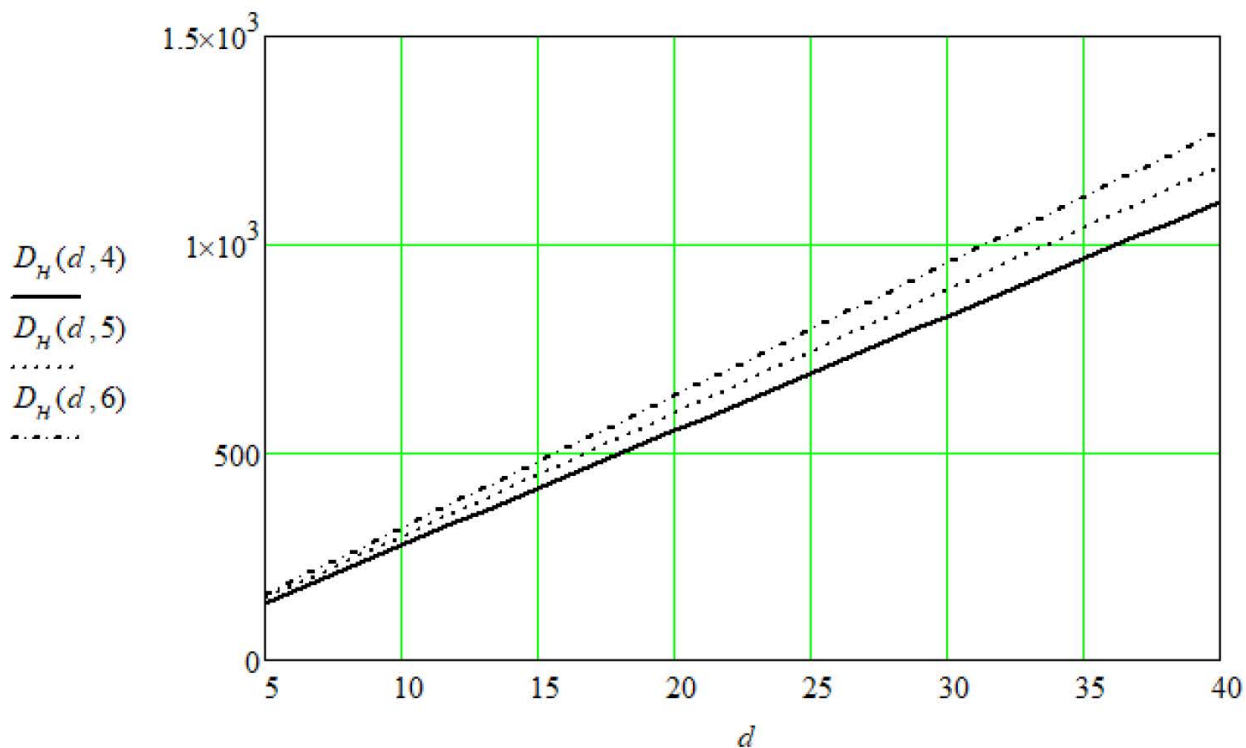


Рисунок 7.11 - Залежності для зовнішнього діаметру, мм, прошарків канату

Максимальний діаметр бокової стінки барабана, мм, приймається у діапазоні, який математично виглядає наступним чином (рис. 7.12):

$$D_{max}(d,k) := D_H(d,k) + \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \end{pmatrix}$$

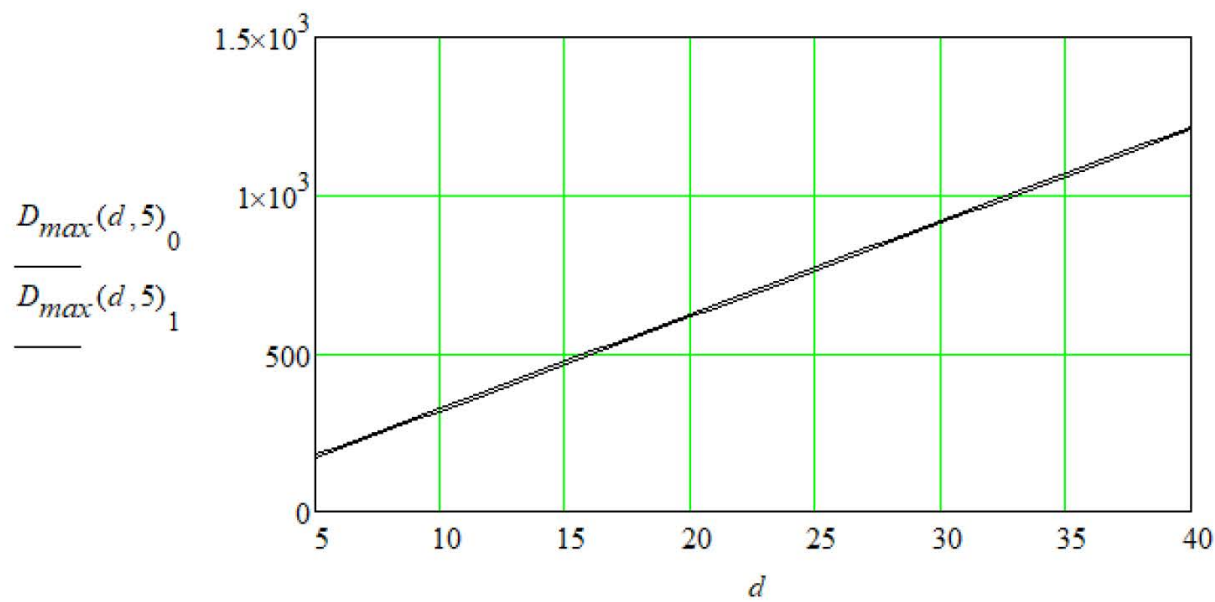


Рисунок 7.12 - Максимальний діаметр бокової стінки барабана, мм, в залежності від діаметру канату для кількості шарів навивки канату k=5

Середній діаметр навивки, мм, визначається за формулою (рис. 7.13):

$$D_{cp}(d,k) := \frac{D_{min}(d) + D_H(d,k)}{2}$$

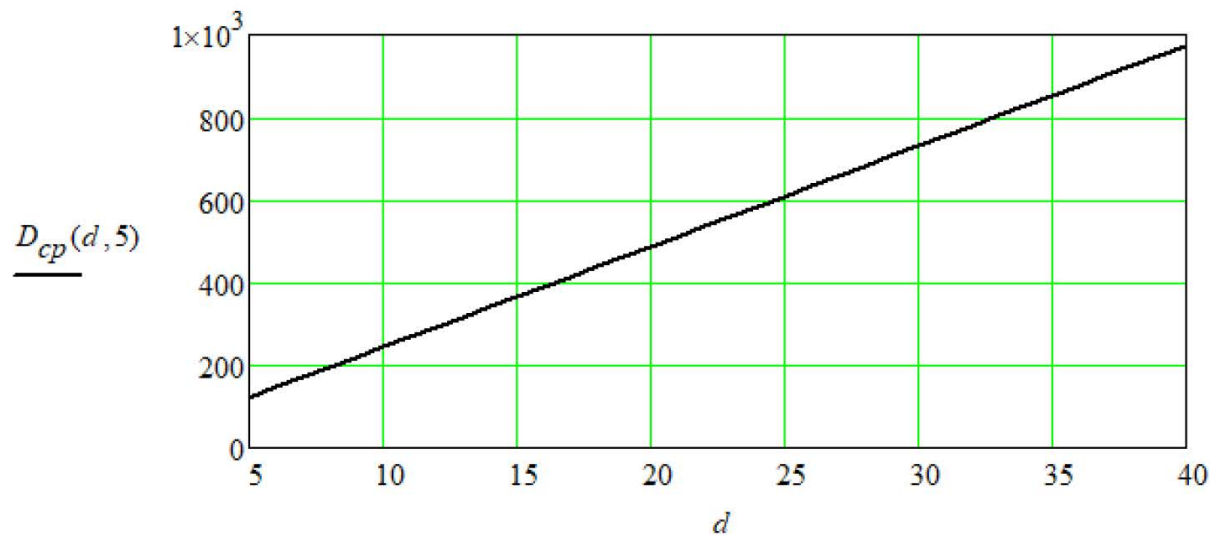


Рисунок 7.13 - Залежність середнього діаметру навивки, мм, від діаметру канату, мм, при кількості шарів навивки k=5

[illegible]

Строк експлуатації механізму – 25 років. Маса – 5883 кілограма.

8.2 Побудова моделі фундаменту і дослідження на міцність в програмному комплексі *SolidWorks*

Спершу побудовано 3d-модель фундаменту в *SolidWorks* (рис.8.1).

SolidWorks – програмний комплекс САПР (засоби автоматизованого проектування) для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва.

Для побудови моделі фундаменту емпірично приймаємо товщини:

опорна поверхня 20 мм.;

вертикальні зв'язки 20 мм.;

бракети 20 мм.;

приварювальні пояски 22 мм.

Для дослідження на міцність фундаменту проведена навантаження рівні розрахунковим навантаженням від лебідки.

Маса лебідки $m=5883$ кг. Площа листів які приймають навантаження від лебідки:

$$S = S_1 + S_2$$

$$S_1 = 150 \cdot 1950 = 292500 \text{ мм}^2$$

$$S_2 = 515 \cdot 1950 = 1004250 \text{ мм}^2$$

$$S = 292500 + 1004250 = 1296750 \text{ мм}^2$$

Сила з якою лебідка тисне на поверхню фундаменту:

$$F = k \cdot m \cdot g = 1,5 \cdot 5883 \cdot 9,82 = 86656 \text{ Н}$$

Підп. і дата		Інв. № з'їдл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № ориг.	
Зм. Арк. № докум. Підпис Дата									Арк.
12.KP.135.6119м.01.ПЗ.08									100

Тиск на робочу поверхню:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{86656}{1296750 \cdot 10^{-6}} = 66825,5 \text{ Па}$$

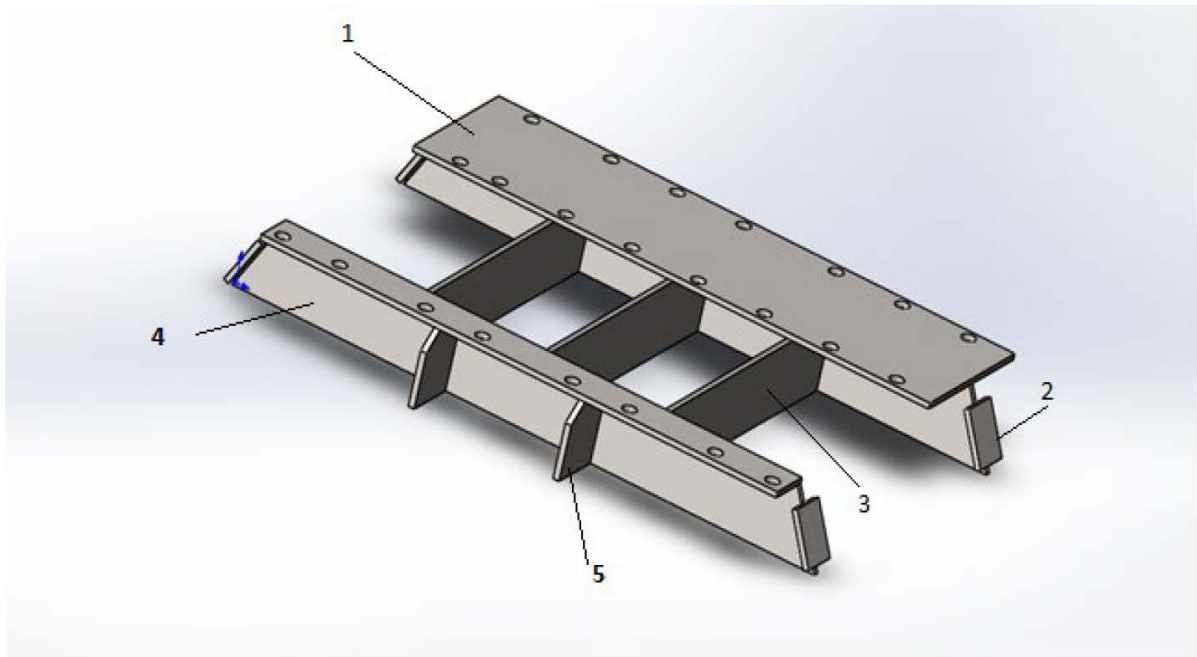


Рисунок 8.1 – 3d-модель фундаменту

Результаты дослідження після навантаження представлені на рис. 8.2.

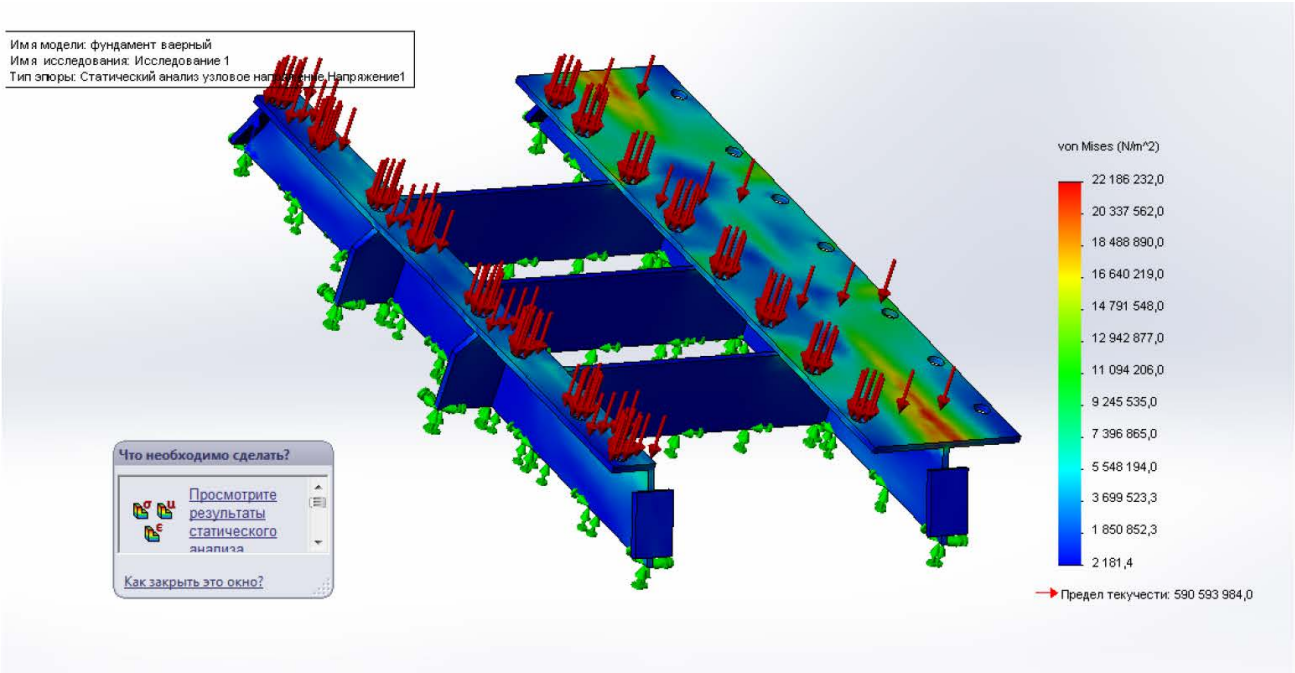


Рисунок 8.2 – Епюра напряжень

Підп. і дата	
Інв. № відл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № ориг.	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

12.KP.135.6119м.01.ПЗ.08

Висновок: згідно результатів аналізу видно, що напруження у вузлах фундаменту не перевищують границі плинності матеріалу.

Даний фундамент задовольняє умови міцності та може використовуватись для встановлення вантажної лебідки.

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № зцідл.	Підп. і дата						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	12.KP.135.6119м.01.ПЗ.08					102

ВИСНОВКИ

Результатом кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти «магістр» є дослідження та розрахунок механізмів донно-тралового комплексу СРТМ, яке відповідає завданню, що було видано кафедрою морських технологій та океанотехніки.

В роботі виконано збір, огляд і аналіз літературних джерел з проектування і конструювання механізмів тралових комплексів риболовних суден. Також проведено порівняльний огляд сучасних донно-тралових комплексів. Описано та проаналізовано промислове судно та його траловий комплекс і знаряддя лову.

У дослідницькій частині: проведено дослідження та виконано аналіз впливу зовнішніх факторів на агрегатний опір конструктивних елементів донного тралу; досліджено вплив буксирування донного тралу на швидкість траулера; представлено математичну модель та виконано відповідний оптимізаційний розрахунок промислових стріл донно-тралового комплексу. Також досліджено параметри вантажної лебідки промислової стріли.

Також увагу приділено розрахунку фундаменту вантажної лебідки промислової стріли.

Виконано всі необхідні дослідження які дають повне уявлення про механізмів тралового комплексу траулера.

В цілому проведене дослідження задовольняє вимогам завдання на кваліфікаційну роботу на здобуття ступеня вищої освіти «магістр», вимогам Регістру Судноплавства України.

Підп. і дата		Інв. № дубл.		Взам. інв. №		Підп. і дата		Інв. № ориг.	
Зм. Арк. № докум. Підпис Дата 12.KP.135.6119м.01.ПЗ Арк.									
103									

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Флот рибної промисловості: Довідник типових судів. - К.: Наукова думка, 1990. - 384 с. Войниканіс-Мирский В.Н. (1983). 488 с.
2. Зайчик А.В., Семенцов Б.А. Рибальське діло.
3. Трунін С.Ф. Тралові лебідки / С.Ф. Трунін. - К.: Наукова думка, 1982. – 96 с.
4. Семенцов Б.А. Дослідження укладання каната на барабан тралових лебідок та кінематики їх канатоукладачів: дис...канд. техн. наук: 05.18.17.
5. Промислове рибальство / Б.А. Семенцов. - К., 1955. - 167 с.
6. Карпенко В.П. Механізація та автоматизація процесів промислового рибальства / В. П. Карпенко, С.С. Торбан. - К., 1990. – 464 с.
7. ДСТУ 6636–69. Нормальні лінійні розміри.
8. ДСТУ 13568-97. Ланцюги привідні роликові та втулочні.
9. ДСТУ 8338-75. Підшипники шариковые радіальні однорядні.
10. ДСТУ 5.1011-83. Фундаменти під допоміжні механізми та котли. ДСТУ.
11. «Довідник з електричних машин». І.П. Копилов, Б.К. Клоків. – К:1988.
12. Довідник із суднових пристроїв. Т. 2. О.М. Гурович, Б.М. Лозгачов. К.:1975р.

					12.КР.135.6119м.01.ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		