

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інституту інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра галузевого машинобудування та механотроніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра

Бакалавр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему

Розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год

Виконав: студент III курсу, групи 301пММ
напряму підготовки (спеціальності)

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Стахурлов Іван Володимирович
(прізвище та ініціали)

Керівник Васильєв Є.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Ягольник А.М.
(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

**Розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра
продуктивністю 300 т/год**

Кваліфікаційна робота бакалавра

Лист затвердження

ГММ.301-пММ.025-00.00.000 КРБ - ЛУ

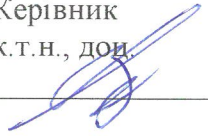
Розробив здобувач групи 301-пММ

 Іван СТАХУРЛОВ
«22» 06 2026 р.

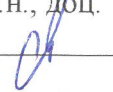
Консультант із технологічної частини
к.т.н., доц.

 Іван РОГОЗІН
«22» 06 2026 р.

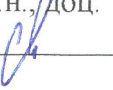
Керівник
к.т.н., доц.

 Євген ВАСИЛЬЄВ
«22» 06 2026 р.

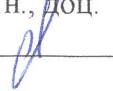
Технологічний контроль
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
«22» 06 2026 р.

Нормативний контроль
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
«22» 06 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
«22» 06 2026 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

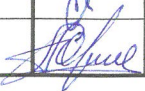
Завідувач кафедри

галузевого машинобудування та мехатроніки,

к.т.н., доц.

 Олександр ОРИСЕНКО

№ рядок.	Форм.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
1					
2			<u>Документація загальна</u>		
3			<u>Вперше розроблена</u>		
4					
5	A4	ГММ.301пММ.025-00.00.000ТЗ	Технічне завдання	1	
6	A4	ГММ.301пММ.025-00.00.000А	Анотація	2	
7	A1	ГММ.301пММ.025-00.00.000ВЗ	Машина судорозвантажувальна	1	
8			Вигляд загальний		
9	A1	ГММ.301пММ.025-10.00.000ВЗ	Конвеєр стрічковий		
10			телескопічний	1	
11			Вигляд загальний		
12	A4	ГММ.301пММ.025-00.00.000ПЗ	Пояснювальна записка		
13					
14			<u>Документація по</u>		
15			<u>складальних одиницях</u>		
16			<u>Вперше розроблена</u>		
17					
18	A1	ГММ.301пММ.025-04.00.000СК	Механізм підйому галереї		
19			Складальне креслення	1	
20	A4	ГММ.301пММ.025-04.00.000	Механізм підйому галереї	1	
21					
22			<u>Документація по деталях</u>		
23			<u>Вперше розроблена</u>		
24					
25	A2	ГММ.301пММ.025-04.00.002	Вал	1	
26	A2	ГММ.301пММ.025-04.00.012	Барабан	1	
27					
28					
29					
30					

					ГММ.301пММ.025-00.00.000ВБ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Стахурлов		22.06			
Перев.		Васильєв		22.06			
Н.контр.		Васильєв		19.06			
Затв.		Орисенко		22.06			
Розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год <u>Відомість бакалаврської роботи</u>					Лім.	Лист	Листів
					Н	1	1
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» 2026		

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кіл.	№ екз.	Прим.
28						
29			<u>Документація технологічна</u>			
30			Вперше розроблена			
31						
32	AI	ГММ.301пММ.025-00.00.000ТП	Технологічний процес			
33			Виготовлення вісі	1		
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
			ГММ.301пММ.025-00.00.000ВБ			Лист
						2

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія галузевого машинобудування та мехатроніки

Рівень вищої освіти Бакалавр

Напрямок підготовки _____

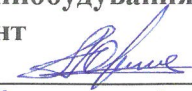
(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, к.т.н., доцент

 **Олександр ОРИСЕНКО**
« 03 » 03 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ
Стахурлова Івана Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год»

керівник роботи (проекту) Васильєв Є.А., к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «03» 03 2026 року
№ 273-РА.

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи: «19» червня 2026 року.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: – Тип обладнання: стрічковий телескопічний конвеєр для транспортування сипких вантажів у складі судозавантажувальної машини. – Призначення: безперервне транспортування та завантаження сипких вантажів у трюми морських і річкових суден. – Продуктивність конвеєра: 300 т/год. – Вид вантажу: сипкі навалочні матеріали (зерно, вугілля, руда, щебінь або аналогічні вантажі). – Насипна густина вантажу: 1,2–1,6 т/м³. – Довжина конвеєра в транспортному положенні: 20 м. – Максимальна довжина конвеєра в робочому положенні: 30 м. – Висота подавання матеріалу: до 12 м. – Кут нахилу конвеєра: до 18°.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Зміст. Вступ. 1. Аналіз стану питання та завдання дослідження. 2. Конструкторський розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год судозавантажувальної машини 3.технологічний процес виготовлення вала 4. Безпека життєдіяльності

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Машина судорозвантажувальна(1 лист А1) 2. Вигляд загальний (1 лист А1). 3. Складальне креслення (1 лист А1). 4. Технологічний процес виготовлення вала(1 лист А1). 5. Деталювання (1 лист А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
3. Технологічний процес виготовлення вала	Рогозін І.А. доцент		

7. Дата видачі завдання «03» 03 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

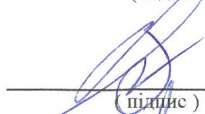
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Огляд конструкцій	05.05.2026 р.	
2	Конструкторські проробки	12.05.2026 р.	
3	Розрахунки обладнання	19.05.2026 р.	
4	Виконання креслень складальних одиниць та деталей, специфікацій	26.05.2026 р.	
5	Техніка безпеки	02.06.2026 р.	
6	Компонування пояснювальної записки	09.06.2026 р.	
7	Здача готового проєкту	14.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти


(підпис)

Іван СТАХУРЛОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Євген ВАСИЛЬЄВ
(прізвище та ініціали)

Гарант освітньої програми


(підпис)

Олексій ВАСИЛЬЄВ
(прізвище та ініціали)

Анотація

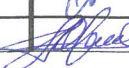
Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год».

Бакалаврська робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» – Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

Кваліфікаційна робота включає розрахунково-пояснювальну записку на 80 аркушах формату А4 та 5 аркушів графічної частини формату А1.

Кваліфікаційна робота присвячена розрахунку та обґрунтуванню основних параметрів стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год, призначеного для роботи у складі судозавантажувальної машини. У роботі розглянуто сучасні технологічні схеми механізації перевантаження сипких вантажів у морських та річкових портах, проаналізовано конструкції судозавантажувальних машин і стрічкових телескопічних конвеєрів, визначено особливості їх експлуатації та перспективи застосування.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, телескопічний конвеєр, судозавантажувальна машина, сипкі вантажі, продуктивність, тяговий розрахунок, привід конвеєра, транспортуючі машини, портове обладнання, металоконструкція.

					ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат			
Розроб.	Стахурлов			22.06	Анотація		
Перев.	Васильєв			22.06			
Керівн.							
Н. контр.	Васильєв			19.06			
Затв.	Орисенко			22.06			
					Лім.		
					Лист		
					Листів		
					Н		
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

Annotation

Bachelor's Qualification Thesis on the topic:

“Design Calculation of a Telescopic Belt Conveyor with a Capacity of 300 t/h”.

Bachelor's thesis submitted for obtaining the Bachelor's Degree in Specialty 133 Industrial Mechanical Engineering at the National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava, 2026.

The qualification thesis consists of an explanatory report comprising 80 A4 pages and 5 sheets of graphical materials in A1 format.

The qualification thesis is devoted to the calculation and substantiation of the main parameters of a telescopic belt conveyor with a capacity of 300 t/h intended for operation as part of a ship-loading machine. The thesis considers modern technological schemes for the mechanization of bulk cargo handling in seaports and river ports, analyzes the designs of ship-loading machines and telescopic belt conveyors, and determines the specific features of their operation and prospects for further application.

Keywords: belt conveyor, telescopic conveyor, ship-loading machine, bulk materials, capacity, traction calculation, conveyor drive, conveying machines, port equipment, steel structure.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ	

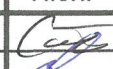
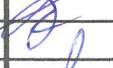
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

**Розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра
продуктивністю 300 т/год**

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра
ГММ.301-пММ.025-00.00.000 ПЗ

Зміст

Вступ	4
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	6
1.1 Властивості вантажів і компоновання схеми механізації сипких вантажів ...	6
1.2 Схеми механізації завантаження суден навалочними вантажами	9
1.3 Машини безперервного транспорту у складі судозавантажувальних комплексів	11
1.4 Конструктивні особливості стрічкових телескопічних конвеєрів	13
1.5 Аналіз прикладів судозавантажувальних машин з конвеєрним обладнанням	15
1.6 Обґрунтування напряму розрахунку стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год	17
Висновки до розділу 1	18
2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО ТЕЛЕСКОПІЧНОГО КОНВЕЄРА ПРОДУКТИВНІСТЮ 300 Т/ГОД СУДОЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ МАШИНИ	21
2.1 Опис стрічкового телескопічного конвеєра судозавантажувальної машини	21
2.2 Розрахунок телескопічного стрічкового конвеєра	24
2.2.1 Розрахунок класу використання конвеєра, розрахунок і вибір стрічки ..	24
2.2.2 Розрахунок і вибір підтримуючих пристроїв	27
2.2.3 Докладний тяговий розрахунок конвеєра	29
2.2.4 Розрахунок потужності електродвигуна	33

					ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Зміст		
Розроб.	Стахурлов		27.06				
Перев.	Васильєв		22.06				
Н. контр.	Васильєв		19.06				
Затв.	Орисенко		22.06				
					Лім.	Лист	Листів
					Н	1	
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

2.2.5 Розрахунок натяжного пристрою	35
2.3 Розрахунок механізму підйому галереї.....	39
2.2.1 Розрахунок вітрового навантаження на галерею	39
2.2.2 Підбір каната	40
2.2.3 Розрахунок геометричних параметрів блоку	41
2.2.4 Розрахунок потужності електродвигуна і вибір гальма.....	43
2.4 Розрахунок механізму пересування судозавантажувальної машини.....	46
2.4.1 Розрахунок вітрового навантаження на судозавантажувальну машину .	46
2.4.2 Визначення опору пересуванню судозавантажувальної машини	47
2.4.3 Розрахунок потужності електродвигуна.....	50
2.4.4 Выбор тормоза	52
Висновок до розділу 2	53
3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА.....	55
3.1 Призначення та аналіз роботи деталі у вузлі.....	55
3.2 Технологічний процес виготовлення вала.....	56
3.3 Вибір матеріалу та заготовки	56
3.4 Призначення припусків на обробку	58
3.5 Підбір верстатів та обладнання	60
3.6 Визначення величини основного часу для окремих операцій.....	62
3.6.6 Час на нарізання різьби різьбонарізним різцем, хв.:.....	66
Висновки до розділу 3	68
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	69

4.1 Загальна характеристика умов експлуатації судозавантажувальної машини	69
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	69
4.3 Вимоги безпеки до конструкції стрічкового телескопічного конвеєра	71
4.4 Безпека під час експлуатації та технічного обслуговування	72
4.5 Електробезпека та безпека системи керування	73
4.6 Виробнича санітарія, пиловиділення, шум і вібрація	73
4.7 Пожежна та екологічна безпека	74
4.8 Дії персоналу в аварійних ситуаціях	75
Висновок до розділу 4	75
Висновки	77
Список літератури	79

Вступ

Сучасний розвиток транспортно-логістичної інфраструктури значною мірою залежить від ефективності перевантажувальних процесів у морських і річкових портах. Одним із важливих напрямів підвищення продуктивності портових комплексів є застосування високопродуктивних судозавантажувальних машин, які забезпечують безперервне транспортування сипких вантажів від складських або перевантажувальних систем безпосередньо у трюми суден. Особливе місце у складі такого обладнання займають стрічкові телескопічні конвеєри, що дозволяють змінювати довжину подавання вантажу, забезпечувати рівномірне заповнення трюмів та зменшувати простой суден під час завантаження.

Стрічковий телескопічний конвеєр судозавантажувальної машини є одним із основних робочих органів, від надійності та правильності розрахунку якого залежить продуктивність усієї перевантажувальної лінії. Його використання дає можливість здійснювати безперервне транспортування сипких матеріалів із заданою продуктивністю, забезпечувати необхідну дальність подавання, адаптувати положення розвантажувального кінця до розмірів і конфігурації суднового трюму, а також зменшувати втрати матеріалу під час перевантаження. Завдяки телескопічній конструкції конвеєр може змінювати робочу довжину без зупинки основного технологічного процесу, що підвищує маневреність і ефективність роботи судозавантажувальної машини.

Актуальність теми роботи обумовлена необхідністю підвищення продуктивності та надійності портового перевантажувального обладнання, зниження енерговитрат і забезпечення безперервності транспортного процесу. При продуктивності 300 т/год стрічковий телескопічний конвеєр повинен мати достатню пропускну здатність, раціонально підібрану ширину стрічки, швидкість її руху, потужність приводу, а також необхідну міцність несучих

					ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Вступ	Лім.	Лист	Листів	
Розроб.	Стахурлов		22.06			Н		4	
Перев.	Васильєв		22.06						
Керівник									
Н. контр.	Васильєв		19.06						
Затв.	Орисенко		22.06						
						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»			

елементів. Неправильний вибір параметрів конвеєра може призвести до перевантаження приводу, просипання матеріалу, прискореного зношування стрічки та зниження ефективності всієї судозавантажувальної машини.

Метою роботи є розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год, призначеного для роботи у складі судозавантажувальної машини, з обґрунтуванням його основних конструктивних, кінематичних і силових параметрів.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1 Властивості вантажів і компонування схеми механізації сипких вантажів

У вантажообігу морських і річкових портів значну частку займають навалочні вантажі. До них належать зерністі, кускові та порошкоподібні матеріали, які транспортуються і зберігаються без індивідуального пакування. Для таких вантажів характерними є різні фізико-механічні властивості: насипна густина, гранулометричний склад, вологість, кут природного укосу, абразивність, злежуваність, пиловиділення та чутливість до атмосферних умов. Саме ці показники визначають спосіб завантаження, умови складування, тип вантажозахоплювального органа, параметри стрічкового конвеєра та вимоги до захисту робочої зони від пилу [5], [8], [9].

Навалочні вантажі умовно поділяють на матеріали відкритого зберігання та матеріали, які потребують закритих складів або спеціальних умов транспортування. До першої групи належать руда, вугілля, щебінь, пісок, мінеральні матеріали, до другої - зерно, цемент, мінеральні добрива та інші вантажі, властивості яких погіршуються під дією вологи або забруднення. Для судозавантажувальних машин особливо важливими є сипкість вантажу, стабільність потоку на стрічці, рівномірність подавання у трюм та можливість регулювання положення розвантажувального кінця конвеєра [6], [10].

Комплексна механізація перевантаження навалочних вантажів у портах охоплює причальні, тилові, складські, вагонні та трюмні операції. У простих технологічних схемах широко застосовують порталні крани з грейферами, бульдозери, навантажувачі й бункерні пристрої. Проте зі збільшенням вантажообігу такі схеми поступаються машинам безперервної дії, оскільки циклічний характер роботи кранів обмежує продуктивність і збільшує час обробки судна [5], [12].

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ					АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Стахурлов	Стаж	2006		Н	6	
Перев.	Васильєв		22.06		Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Керівник							
Н. контр.	Васильєв		19.06				
Затв.	Отисенко		27.06				

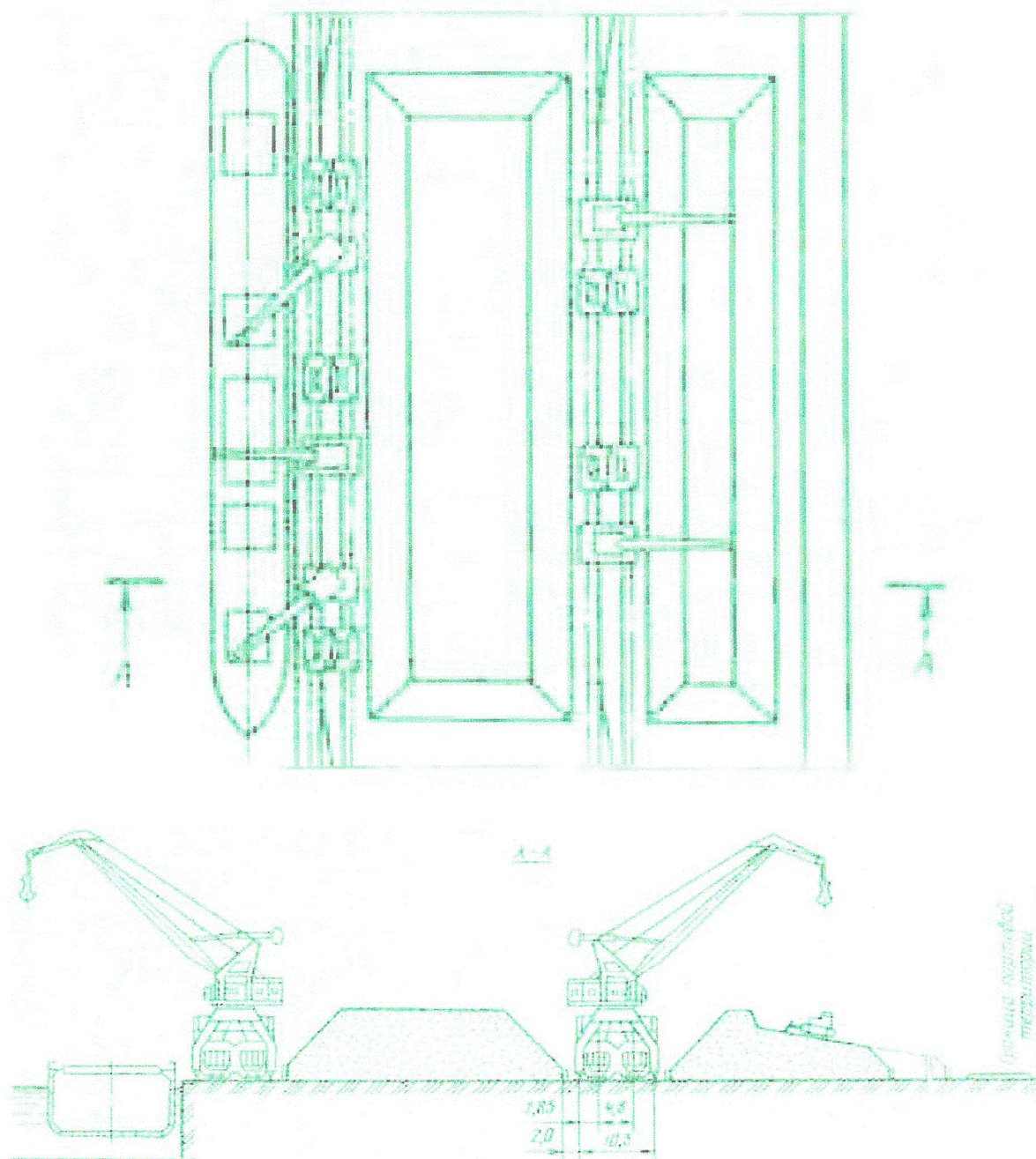


Рисунок 1.1 – Кранова схема механізації переробки сипких вантажів з тилловими бульдозерами

Кранова схема механізації, наведена на рисунку 1.1, може застосовуватися за відносно невеликих вантажопотоків. Її перевагою є універсальність: один і той самий причальний комплекс може використовуватися як для завантаження, так і для розвантаження суден. Разом з тим така схема має обмеження за інтенсивністю робіт, оскільки продуктивність

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

Лист

7

залежить від вантажопідйомності крана, місткості грейфера, тривалості циклу та організації переміщення вантажу між судном, складом і транспортом [5], [7].

За збільшення обсягів перевантаження доцільним стає використання грейферно-бункерних та конвеєрних комплексів. У цьому випадку грейфер виконує лише операцію забору вантажу, а подальше переміщення матеріалу здійснюється транспортерами. Таке поєднання дозволяє частково усунути обмеження циклічної роботи крана, забезпечити рівномірніше живлення транспортної лінії та підвищити пропускну здатність причалу [8], [13].

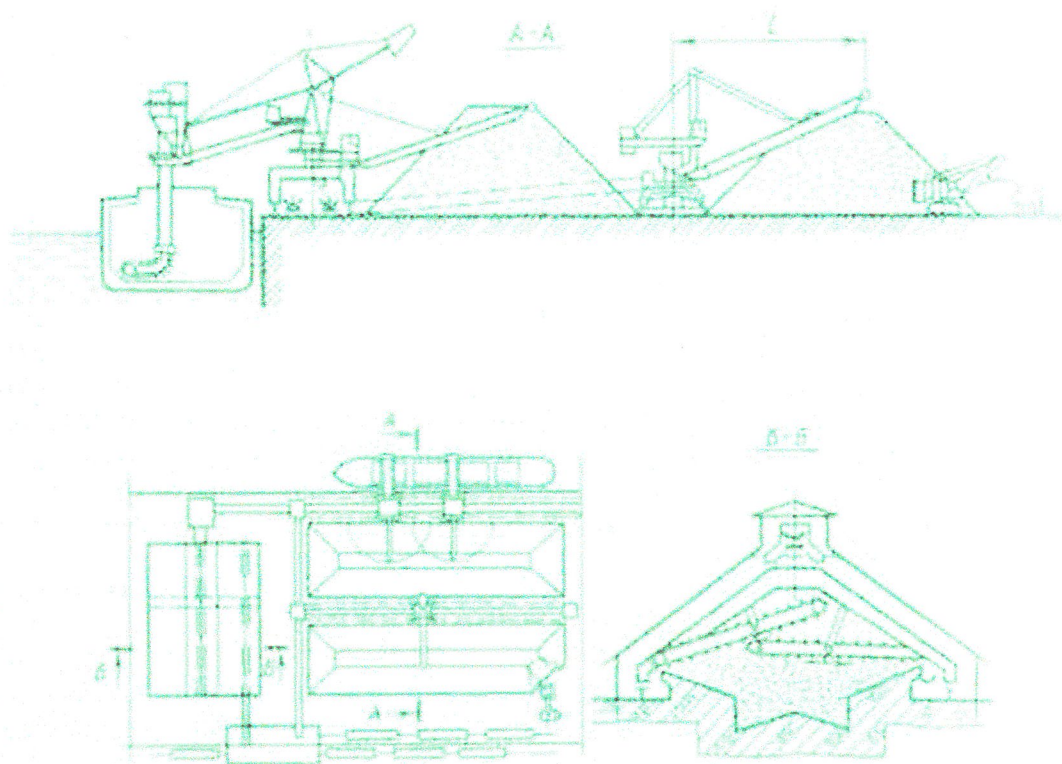


Рисунок 1.2 – Грейферно-бункерна схема розвантаження суден з сипкими вантажами відкритого зберігання

Грейферно-бункерна схема, показана на рисунку 1.2, забезпечує роботу причалу за кількома технологічними варіантами: судно - вагон, судно - склад, склад - вагон або склад - судно. Вантаж після забору грейфером надходить у приймальний бункер, а далі через живильники подається на конвеєрну лінію або в транспортні засоби. Для стабільної роботи такого комплексу важливо,

щоб продуктивність живильників і конвеєрів була узгоджена з продуктивністю вантажозахоплювального обладнання [5], [9].

1.2 Схеми механізації завантаження суден навалочними вантажами

Портові перевантажувальні комплекси для навалочних вантажів можуть працювати за прямими, складськими або комбінованими схемами. За прямою схемою матеріал від залізничного або автомобільного транспорту подається безпосередньо на судно. За складською схемою вантаж спочатку накопичується на відкритому чи закритому складі, після чого подається на судозавантажувальну машину. Комбінований варіант дозволяє гнучко розподіляти потік між судном і складом залежно від наявності судна біля причалу, режиму роботи транспорту та стану складських запасів [5], [15].

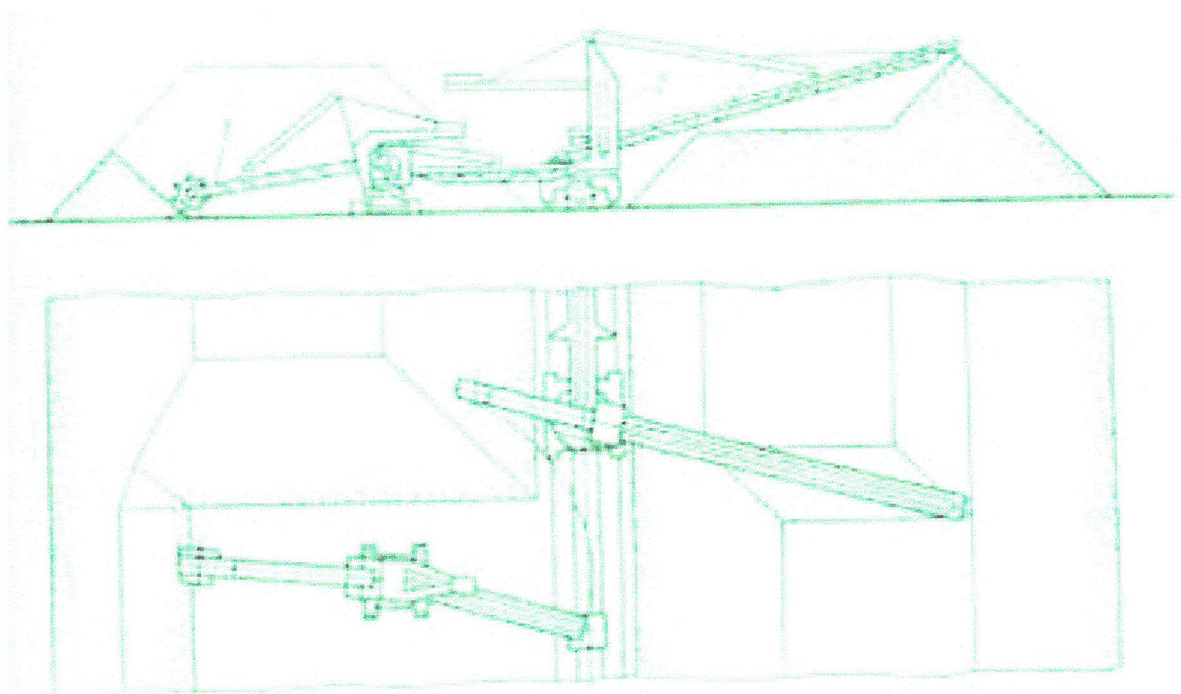


Рисунок 1.3 – Обробка штабеля вантажів відкритого зберігання

У схемах зі складським зберіганням вантажу застосовують відвалоутворювачі, штабелеукладачі, роторні навантажувачі, екскаватори, бульдозери та систему стрічкових конвеєрів. Обробка штабеля вантажів відкритого зберігання, показана на рисунку 1.3, передбачає подавання матеріалу зі складу на відвантажувальний конвеєр, а далі - до

судозавантажувальної машини. Така схема є поширеною для вугілля, руди, щебеню та інших матеріалів, які допускають відкрите зберігання [4], [8], [13].

Для великих вантажопотоків найбільш ефективними є комплекси машин безперервної дії. У них матеріал переміщується без зупинок окремими конвеєрними лініями, що дозволяє отримати високу годинну продуктивність і зменшити простої суден. До складу таких комплексів можуть входити вагоноперекидачі, приймальні бункери, живильники, стаціонарні та пересувні стрічкові конвеєри, роторно-конвеєрні машини, відвалоутворювачі та судозавантажувачі [6], [9], [17].

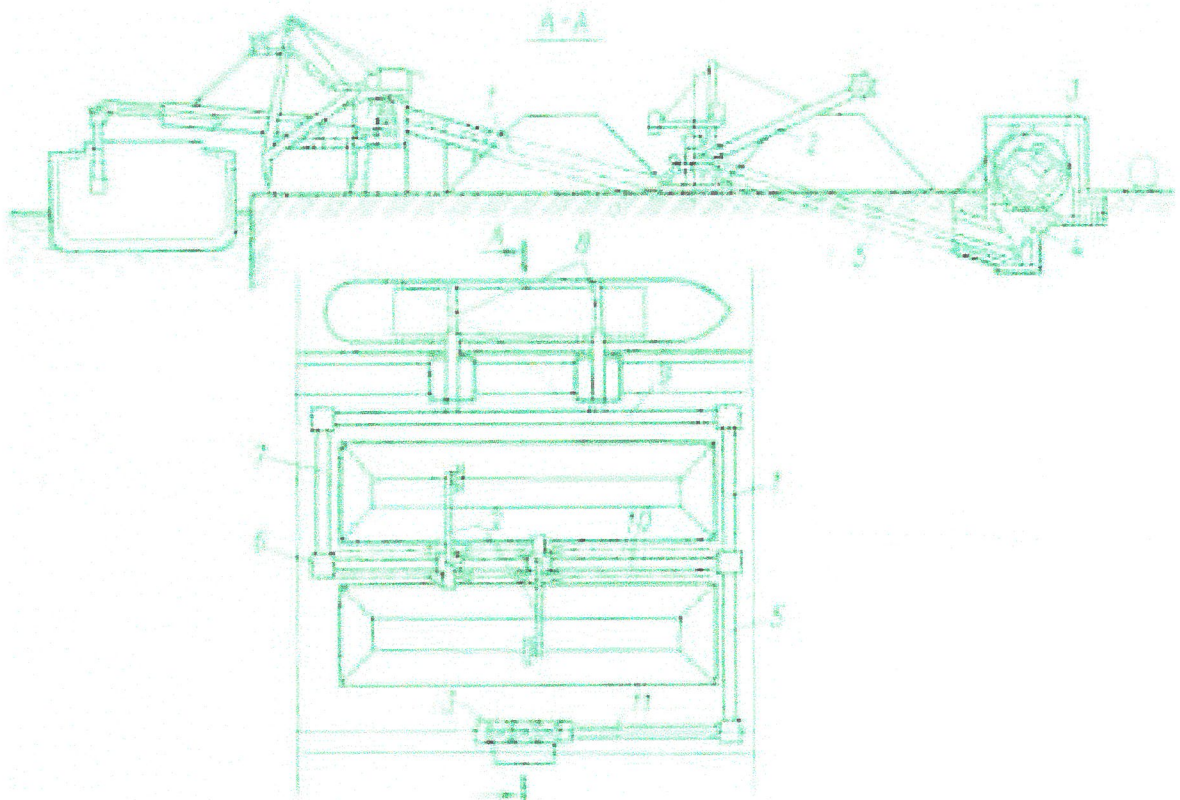


Рисунок 1.4 – Схема механізації завантаження суден з прийомом сипкого матеріалу з вагонів через вагоноперекидач

Схема на рисунку 1.4 відображає спеціалізований комплекс, у якому приймання матеріалу з вагонів здійснюється через вагоноперекидач, а подальше транспортування - системою стрічкових конвеєрів. За прямим варіантом вантаж після розвантаження вагона надходить на приймальний пристрій, далі послідовно передається конвеєрами до судозавантажувальної

машини і завантажується у трюм. За відсутності судна матеріал може спрямовуватися на склад, а за варіантом склад - судно подаватися зі штабеля на тиловий конвеєр і далі на завантажувальну стрілу [5], [13].

Ефективність такої схеми визначається не лише паспортною продуктивністю окремих машин, а й узгодженістю всієї транспортної лінії. Для досягнення експлуатаційної продуктивності, близької до технічної, необхідно враховувати властивості вантажу, конструкцію судна, кількість і розміщення трюмів, послідовність їх заповнення, можливості повороту та зміни вильоту стріли, а також допустимі навантаження на корпус судна під час завантаження [5], [6].

1.3 Машини безперервного транспорту у складі судозавантажувальних комплексів

Машини безперервного транспорту призначені для переміщення вантажів безперервним потоком на задану відстань. До них належать стрічкові, пластинчасті, скребкові, гвинтові, роликові, ковшові та інші транспортуючі машини. У портових умовах найбільшого поширення для сипких вантажів набули стрічкові конвеєри, оскільки вони мають високу продуктивність, відносно просту конструкцію, невелику енергоємність на одиницю переміщуваного вантажу і можуть працювати у складі довгих транспортних ліній [8], [9], [15].

Загальна конструкція стрічкового конвеєра включає нескінченну стрічку, приводний і натяжний барабани, роликоопори робочої та холостої гілок, приводну станцію, натяжний пристрій, завантажувальний і розвантажувальний вузли, очисні пристрої, металоконструкцію та захисні елементи. Стрічка одночасно виконує функцію тягового і вантажонесучого органа, тому її вибір є одним із ключових етапів проектування [5], [11], [18].

У судозавантажувальних машинах стрічковий конвеєр зазвичай розміщується на стрілі або телескопічній металоконструкції. Така компоновка

дає змогу подавати вантаж безпосередньо у трюм судна, змінювати точку розвантаження та зменшувати висоту вільного падіння матеріалу. Для сипких матеріалів це особливо важливо, оскільки зменшується пиловиділення, втрати вантажу, нерівномірність заповнення трюму та ударна дія потоку на конструктивні елементи судна [5], [10].

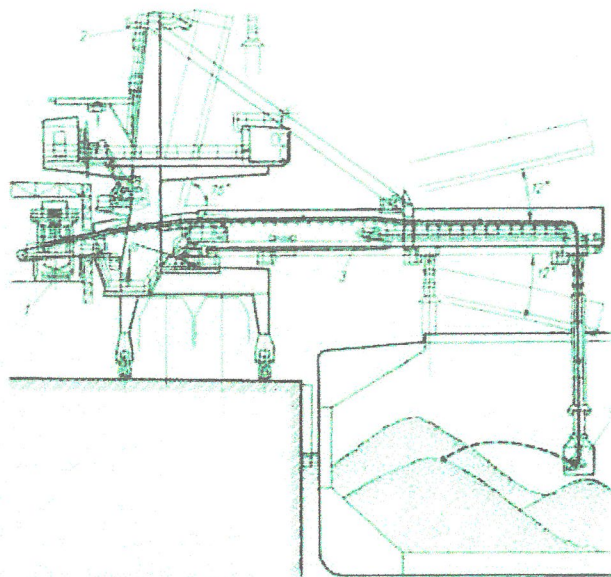


Рисунок 1.5 – Спеціалізована машина для перевантаження сипких вантажів

Спеціалізована машина, показана на рисунку 1.5, демонструє поєднання вантажозабірного органу, вертикального підйомника, стрілового транспортера та порталного механізму переміщення. Такі конструкції застосовують тоді, коли необхідно не лише перемістити вантаж, а й забезпечити його забирання зі складної зони, наприклад із трюму, підпалубного простору або штабеля. При цьому стрічковий транспортер на стрілі виконує основну функцію безперервного переміщення матеріалу до приймального або розвантажувального вузла [5], [13].

Для розрахунку стрічкових конвеєрів основними вихідними параметрами є продуктивність, довжина транспортування, кут нахилу, вид і властивості вантажу, насипна густина, швидкість руху стрічки, ширина стрічки, схема траси, опір руху та режим роботи. У навчальній і проектній практиці ці

параметри визначаються з урахуванням методик розрахунку підйомно-транспортних і транспортуючих машин [5], [6], [18].

1.4 Конструктивні особливості стрічкових телескопічних конвеєрів

Стрічковий телескопічний конвеєр є різновидом стрічкового транспортера, у якому передбачена можливість зміни робочої довжини та положення розвантажувального кінця. У судозавантажувальній машині така конструкція дає змогу адаптуватися до різних типорозмірів суден, ширини причалу, положення трюму та поточного рівня завантаження. Телескопування стріли або конвеєрної секції дозволяє переміщувати точку скидання матеріалу без повного переміщення всієї машини [5], [13].

Основними елементами телескопічного конвеєра є нерухома і висувна секції металоконструкції, система напрямних або роликів опор, стрічковий контур із приводним і відхиляючими барабанами, механізм висування, натяжний пристрій, розвантажувальна головка, завантажувальна воронка та система керування. У судозавантажувальних машинах телескопічна стріла часто поєднується з механізмами підйому, повороту та пересування порталу, що забезпечує просторове позиціонування розвантажувального потоку [11], [13], [17].

Порівняно зі звичайним стаціонарним конвеєром телескопічний має складніші умови роботи. При зміні вильоту змінюється довжина вільної частини стріли, навантаження на металоконструкцію, положення центра мас, умови натягу стрічки та реакції опор. Тому при проектуванні необхідно враховувати не лише продуктивність і тяговий розрахунок, а й міцність рами, жорсткість висувних секцій, стійкість машини, надійність механізму висування і безпечність роботи у крайніх положеннях [1], [5], [11].

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

Лист

13



Рисунок 1.6 – Стрічковий телескопічний конвеєр судозавантажувальної машини під час роботи біля причалу

На рисунку 1.6 наведено приклад судозавантажувальної машини з довгою телескопічною або висувною конвеєрною стрілою. Така конструкція забезпечує подавання сипкого матеріалу безпосередньо у трюм судна і дає змогу змінювати точку розвантаження вздовж ширини та довжини трюму. Для продуктивності 300 т/год це дозволяє отримати достатню інтенсивність завантаження при порівняно помірних габаритах приводу та стрічки.



Рисунок 1.7 – Розміщення стрічкового телескопічного конвеєра відносно судна та причального обладнання

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

Лист

14

Розміщення конвеєра відносно борту судна, показане на рисунку 1.7, підтверджує необхідність регулювання вильоту та положення розвантажувальної частини. Під час завантаження потрібно враховувати наявність палубних елементів, люкових отворів, роботу сусідніх кранів, безпечні зони переміщення персоналу та можливість зміни положення судна відносно причалу. Саме тому телескопічна схема є доцільною для судозавантажувачів, які працюють з різними суднами та змінними умовами причальної експлуатації [5], [13].

1.5 Аналіз прикладів судозавантажувальних машин з конвеєрним обладнанням

У практиці портового обладнання застосовуються судозавантажувальні машини різної компоновки: стаціонарні, пересувні порталні, поворотні, стрілові, телескопічні та комбіновані.

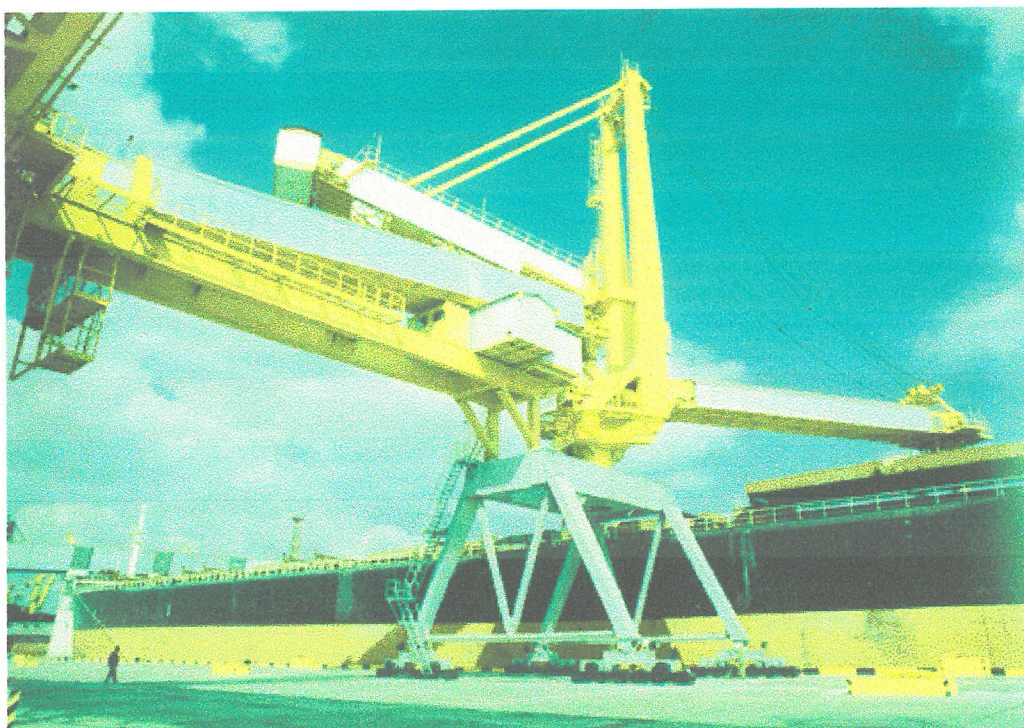


Рисунок 1.8 – Вантажна машина ПМ-700 У1 при завантаженні судна

Їх вибір залежить від вантажообігу, типу вантажу, розмірів суден, ширини причалу, наявності складів і способу подавання матеріалу до машини. Для високої продуктивності перевагу мають машини безперервної дії з

системою стрічкових конвеєрів, які забезпечують сталий потік матеріалу від приймального вузла до трюму [5], [6], [13]. Прикладом судозавантажувального обладнання є машина ПМ-700 У1, наведена на рисунку 1.8. Її конструкція характеризується розвиненою металоконструкцією, поворотною частиною, системою стрічкових конвеєрів і можливістю роботи з великими суднами. Поворотна схема забезпечує маневреність під час завантаження, а використання сучасного електроприводу дає змогу плавно регулювати робочі рухи та підвищувати безпечність експлуатації [5], [17].

Для подавання матеріалу від причальної галереї або тилового конвеєра до судозавантажувальної машини можуть застосовуватися додаткові стрічкові транспортери. У випадках, коли приймальна галерея розташована на значній відстані від порталу, тиловий конвеєр встановлюють на спеціальній металоконструкції та синхронізують його переміщення з основною машиною. Така компоновка дозволяє зберегти безперервність вантажопотоку і не обмежувати робочу зону причалу [5], [13].



Рисунок 1.9 – Вантажна машина ПМ-700 У1 при розвантаженні судна

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

На рисунку 1.9 показано інший варіант роботи портальної машини біля борту судна. Наявність поворотного механізму, розвиненої стріли та конвеєрних ліній дозволяє виконувати операції з мінімальним переміщенням судна і забезпечувати завантаження або розвантаження в межах робочого вильоту машини. Для сучасних умов важливими також є дистанційне керування, частотне регулювання електроприводів, системи обмеження робочих рухів, контроль положення стріли та захист від перевантажень [1], [11], [17].

Аналіз наведених конструкцій показує, що стрічковий телескопічний конвеєр є доцільним робочим органом судозавантажувальної машини середньої продуктивності. Продуктивність 300 т/год не потребує надмірно великих габаритів конвеєра, однак вимагає раціонального вибору ширини стрічки, швидкості її руху, типу роlikоопор, потужності приводу, натяжного пристрою та параметрів металоконструкції. При цьому телескопічність підвищує універсальність машини і дозволяє виконувати рівномірне завантаження трюму без частих перестановок обладнання.

1.6 Обґрунтування напряму розрахунку стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год

Розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра судозавантажувальної машини повинен забезпечити відповідність конструкції заданій продуктивності, умовам експлуатації та вимогам надійності. Основним показником є масова продуктивність 300 т/год, яка визначає необхідну площу поперечного перерізу вантажу на стрічці, швидкість руху стрічки та її ширину. Для сипких вантажів ці параметри вибирають з урахуванням насипної густини, кута природного укосу, допустимого кута нахилу транспортера і коефіцієнтів заповнення жолоба [5], [8], [18].

Після вибору основних кінематичних параметрів необхідно виконати тяговий розрахунок. Він передбачає визначення опорів руху робочої та холостої

гілок стрічки, опорів у місцях завантаження і на барабанах, додаткових опорів від нахилу траси та допоміжних пристроїв. За результатами тягового розрахунку визначають натяг стрічки в характерних точках, тягове зусилля на приводному барабані, необхідну потужність приводу та параметри натяжного пристрою [5], [6], [18].

Особливістю телескопічного виконання є необхідність перевірки роботи конвеєра у різних положеннях висувної секції. При мінімальному та максимальному вильоті змінюються довжина конвеєрної траси, навантаження на раму, положення центра мас, умови взаємодії стрічки з барабанами та роlikоопорами. Тому для подальшого проектування потрібно розглядати найбільш несприятливі положення, за яких виникають максимальні тягові зусилля, згинальні моменти в металоконструкції та навантаження на опорні елементи [1], [11].

У межах цієї роботи доцільно прийняти розрахункову схему стрічкового телескопічного конвеєра, що працює у складі судозавантажувальної машини і забезпечує транспортування сипкого вантажу продуктивністю 300 т/год від приймального вузла до розвантажувального кінця стріли. Подальші розрахунки мають бути спрямовані на визначення ширини та швидкості стрічки, вибір типу роlikоопор і барабанів, розрахунок тягового зусилля, потужності приводу, натягу стрічки та перевірку основних елементів конструкції.

Висновки до розділу 1

1. Навалочні вантажі мають різні фізико-механічні властивості, які безпосередньо впливають на вибір схеми механізації, тип конвеєра, параметри стрічки та конструкцію судозавантажувальної машини.

2. Для малих і середніх вантажопотоків можуть застосовуватися кранові та грейферно-бункерні схеми, однак зі збільшенням продуктивності більш ефективними є комплекси машин безперервної дії зі стрічковими конвеєрами.

3. Стрічковий конвеєр є основним елементом транспортної системи судозавантажувальної машини, оскільки забезпечує безперервне подавання сипкого матеріалу до трюму судна з необхідною продуктивністю.

4. Телескопічне виконання конвеєра підвищує маневреність судозавантажувача, дозволяє змінювати точку розвантаження та забезпечує рівномірніше заповнення трюмів без частих перестановок машини.

5. Для заданої продуктивності 300 т/год подальший розрахунок повинен охоплювати визначення продуктивності конвеєра, ширини і швидкості стрічки, тягового зусилля, потужності приводу, натягу стрічки та перевірку працездатності основних вузлів.

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО ТЕЛЕСКОПІЧНОГО КОНВЕЄРА ПРОДУКТИВНІСТЮ 300 Т/ГОД СУДОЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

2.1 Опис стрічкового телескопічного конвеєра судозавантажувальної машини

Судовантажна машина призначена для завантаження мінеральних добрив в трюм судна і є складовою частиною спеціалізованого конвеєрного комплексу. Машина рухається уздовж причалу по рейковим коліям. Уздовж кранових шляхів розташовується конвеєрна галерея, в якій знаходяться магістральні конвеєри, які подають вантаж зі складу на судовантажну машину. Магістральний канал обладнаний пристроєм для проміжної розвантаження – розвантажувальної візком, яка переміщується по конвеєра. Розвантажувальна візок з'єднана шарнірно з вантажною машиною і забезпечує подачу вантажу на конвеєр фронтальній машини. Телескопічний конвеєр, розташований в підйомній галереї, а також телескопічна труба, встановлена в місці розвантаження конвеєра дозволяє приймати судна практично всіх типів. Основні технічні характеристики судовантажної машини наведені в таблиці 2.1.

Судовантажна машина являє собою металоконструкцію порталного типу, встановлену на чотири ходові візки. Портал представляє собою просторову жорстку раму коробчатого профілю, що складається з декількох частин, сполучених при монтажі болтами. Колія порталу становить 10, 5м, що дозволяє розташувати під ним двошляхові залізничні рейки. Кожна ходова візок, що входить до складу механізму пересування крана, має 6 ходових коліс і свій привід. На візках встановлені рейкові захоплення з ручним приводом, що кран в неробочому стані від уgonу вітром.

					ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО ТЕЛЕСКОПІЧНОГО КОНВЕЄРА ПРОДУКТИВНІСТЮ 300 Т/ГОД СУДОЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ МАШИНИ	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Стахурлов			22.06		Н		21
Перев.	Васильєв			22.06		Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Керівник								
Н. контр.	Васильєв			19.06				
Затв.	Орисенко			22.06				

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики конвеєра судозавантажувальної машини

Продуктивність	300 т/год
Вантаж	мінеральні добрива
Насипна щільність вантажу	1,2т/м ³
Довжина галереї від осі обертання	30м
Швидкість конвеєрної стрічки	1,25 м/с
Тип ролико опори	жолобчаста
Ширина конвеєрної стрічки	650мм
Швидкість пересування машини	0,33м/с
Швидкість підйому галереї	0,5м/с
Колія порталу	10,5м
Число ходових коліс	24
Максимальний виліт конвеєра	24м
Мінімальний виліт конвеєра	4,5м
Швидкість зміни вильоту	0,5м/с
Маса	260т

До порталу шарнірно прикріплена підйомна галерея, виконана у вигляді просторової ферми, в якій розташовується телескопічний стрічковий конвеєр. Також на порталі розташована опорна металоконструкція, для механізму підйому галереї, виконана у вигляді коробкової конструкції. На опорної частини розміщені кабіна, машинне відділення, механізм підйому галереї, а також пристрої та прилади, що забезпечують роботу механізмів крана і управління ними. Портал і опорна конструкція обладнані сходами і майданчиками для обслуговування механізмів і складових частин судозавантажувальної машини.

Машинне приміщення виконано з листової сталі і призначено для розміщення механізму підймання та електрообладнання. Кабіна керування також виконана з листової сталі, передні і бічні стінки мають вікна, що відкриваються для огляду робочої зони.

Механізм підйому галереї виконаний у вигляді барабанної лебідки з двоканатним нарізною барабаном і призначений для підйому галереї у верхнє положення для закріплення її "з попередженням", а також для безпечного пересування судозавантажувальної машини уздовж причалу при стоянці судна. Закріплення галереї "з попередженням" відповідає неробочого стану машини, і використовується при силі вітру більше 20м/с. Для обмеження підйому галереї по висоті, а також для обмеження пересування судозавантажувальної машини встановлені кінцеві вимикачі.

Стрічковий конвеєр, розташований в галереї виконаний з телескопічним жолобчастої роликоопори, ширина стрічки 650мм, швидкість 1, 25м/с. Довжина телескопічної частини становить 19,5м. Привід конвеєра виконаний у вигляді двигун-барабана, для економії місця, а також зручного доступу до нього. Розвантаження конвеєра здійснюється за допомогою телескопічної труби діаметром 300 мм, довжина якої змінюється в межах від 3 до 10м.

Привід всіх механізмів – електричний. Харчування судонавантажувача електроенергією здійснюється гнучким кабелем від наземних колонок. Довжина кабелю дозволяє крану пересуватися на 100м в кожную сторону від колонки. Для намотування кабелю служить кабельний барабан, встановлений на порталі.

Управління судонавантажувачем здійснюється кранівником з кабіни управління.

У комплект крана входять запасні частини й інструмент, переліки яких включені до складу технічної документації, яка постачається з краном.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

2.2 Розрахунок телескопічного стрічкового конвеєра

2.2.1 Розрахунок класу використання конвеєра, розрахунок і вибір стрічки

Приймаємо клас використання конвеєра з часу В4. В залежності від класу використання конвеєра приймаємо досить важкий режим роботи конвеєра.

Визначимо коефіцієнт планового використання конвеєра в добу $k_{\dot{A}\ddot{A}}$, г, за формулою:

$$k_{\dot{A}\ddot{A}} = \frac{t_{\dot{I}\ddot{A}}}{t_{\dot{a}}}, \quad (2.1)$$

де $t_{\dot{I}\ddot{A}}$ – час фактичної роботи конвеєра за добу, г, враховуючи клас використання конвеєра з часу В4, приймаємо $t_{\dot{I}\ddot{A}} = 23$;

$t_{\dot{a}}$ – кількість годин у добі, $t_{\dot{N}} = 24\text{г}$.

$$k_{\dot{A}\ddot{A}} = \frac{23}{24} = 0,96. \quad (2.2)$$

Визначимо коефіцієнт планового використання конвеєра в рік $k_{\dot{A}D}$, г, за формулою:

$$k_{\dot{A}D} = \frac{t_{\dot{I}D}}{t_{\dot{I}}}, \quad (2.3)$$

де $t_{\dot{I}D}$ – час фактичної роботи конвеєра в році, г, враховуючи клас використання конвеєра з часу В4, приймаємо $t_{\dot{I}D} = 6300\text{г}$;

t_D – кількість годин у році, $t_D = 8760\text{г}$.

$$k_{\dot{A}D} = \frac{6300}{8760} = 0,72. \quad (2.4)$$

Визначимо потрібну ширину стрічки $B_{\dot{\sigma}\dot{I}\dot{\varphi}\dot{\sigma}}$, м, за формулою:

$$B_{\dot{\sigma}\dot{I}\dot{\varphi}\dot{\sigma}} = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q}{v\rho k k_B}} + 0,05 \right), \quad (2.5)$$

де Q – продуктивність конвеєра, $Q = 300 \text{ м}^3/\text{ч}$;

v – швидкість стрічки, приймаємо швидкість стрічки з урахуванням режиму роботи $v = 2 \text{ м/с}$;

ρ – щільність вантажу, $\rho = 1,2 \text{ т/м}^3$;

k – коефіцієнт, що залежить від кута природного укосу вантажу, $k = 730$,

k_B – коефіцієнт, що залежить від кута нахилу конвеєра, $k_B = 0,97$.

$$B_{\delta i \varphi \delta} = 1,1 \left(\sqrt{\frac{300}{2 \cdot 1,2 \cdot 730 \cdot 0,9}} + 0,05 \right) = 0,534 \quad (2.6)$$

Вибираємо резинотканинну конвеєрну стрічку ТЛК-100 шириною $B = 650 \text{ мм}$ з трьома $z=3$ тяговими прокладками товщиною $\delta_0 = 1 \text{ мм}$, допускають робоче навантаження $K_p = 100 \text{ Н/мм}$, з товщиною гумовою обкладки робочої поверхні $\delta_p = 3 \text{ мм}$, неробочої поверхні $\delta_H = 1 \text{ мм}$.

Перевіримо вибрану ширину $B'_{\delta i \varphi \delta}$, мм, стрічки за умовою розміщення шматків: $B'_{\delta i \varphi \delta} = 2a' + 200$,

де a' – розмір типового шматка, мм, $a' = 5 \text{ мм}$.

$$B'_{\delta i \varphi \delta} = 2 \cdot 5 + 200 = 210 < 650. \quad (2.7)$$

Істотне збільшення стрічки вимагає уточнення швидкості стрічки $v_{\delta i \varphi \delta}$, м/с, за формулою:

$$v_{\delta i \varphi \delta} = \frac{\hat{A}_{\delta i \varphi \delta}^2}{\hat{A}} v; \quad (2.8)$$

$$v_{\delta i \varphi \delta} = \frac{0,534^2}{0,65^2} 2 = 1,349. \quad (2.9)$$

Приймаємо швидкість стрічки із нормального ряду $v_\phi = 1,6 \text{ м/с}$.

Визначимо товщину стрічки δ , мм, за формулою:

$$\delta = z\delta_0 + \delta_p + \delta_H, \quad (2.10)$$

де z – кількість тягових тканинних прокладок;

δ_0 – товщина тягової тканинної прокладки, мм;

δ_p – товщина гумової обкладки робочої поверхні конвеєрної стрічки, мм;

δ_H – товщина гумової обкладки неробочої поверхні стрічки, мм.

$$\delta = 3 \cdot 1 + 3 + 1 = 9 \text{ і } \delta = 0,009. \quad (2.11)$$

Визначимо навантаження від маси вантажу q_z , кг/м, за формулою:

$$q_z = \frac{Q}{3,6 \cdot v}; \quad (2.12)$$

$$q_z = \frac{300}{3,6 \cdot 1,6} = 52,1 \quad (2.13)$$

Визначимо навантаження від маси стрічки q_0 , кг/м, за формулою:

$$q_0 = p \cdot B \cdot \delta, \quad (2.14)$$

де p – щільність стрічки, $p = 1100 \text{ кг/м}^3$;

$$q_0 = 1100 \cdot 0,65 \cdot 0,009 = 6,4. \quad (2.15)$$

Визначимо висоту конвеєра H , м, за формулою:

$$H = L_1 \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.16)$$

L_1 – довжина похилої ділянки конвеєра, $L_1 = 19 \text{ м}$;

α – кут нахилу конвеєра, $\alpha = 7,5^\circ$.

$$H = 19 \operatorname{tg} 7,5 = 2,5. \quad (2.17)$$

Визначимо попереднє тягове зусилля в стрічці W_0 , Н, за формулою:

$$W_0 = k_0 L g \left[(q_z + q_0 + q_p) \omega + (q_0 + q'_p) \omega' \right] + q_z g H, \quad (2.18)$$

де k_0 – узагальнений коефіцієнт місцевих опорів, $k_0 = 1,5$;

q_p – розподілена маса обертових частин роликових опор робочої гілки, кг/м,

q'_p – розподілена маса обертових частин роликових опор холостий гілки,

$q_p = 4,4 \text{ кг/м}$,

ω – коефіцієнт опору робочої гілки, $\omega = 0,06$;

ω' – коефіцієнт опору холостої гілки, $\omega' = 0,04$;

$$W_0 = 1,5 \cdot 47 \cdot 9,81 \left[(52,1 + 6,4 + 10,2) 0,06 + (6,4 + 4,4) 0,04 \right] + 52,1 \cdot 9,81 \cdot 2,5 = 4428. \quad (2.19)$$

Визначимо попереднє максимальний натяг стрічки $S_{\max}$, Н, за формулою:

$$S_{\max} = k_3 W_0 \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}, \quad (2.20)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу зчеплення стрічки з барабаном, $k_3 = 1,25$,

$e^{\mu\alpha}$ – тяговий фактор, $e^{\mu\alpha} = 2,83$, [47, с.75].

$$S_{\max} = 1,25 \cdot 4428 \frac{2,83}{2,83 - 1} = 8560. \quad (2.21)$$

Перевіримо необхідне мінімальне число тягових прокладок у стрічці z за формулою:

$$z_{\min} = \frac{S_{\max} C_i}{K_p B} \leq z, \quad (2.22)$$

де z – прийняте число тягових прокладок, $z=3$;

C_i – запас міцності стрічки, $C_i = 8$, [47, с. 66];

K_p – максимально допустиме навантаження прокладки, $K_p = 200 \text{ Н/мм}$.

$$z_{\min} = \frac{8560 \cdot 9}{100 \cdot 650} = 1,18 \leq 3. \quad (2.23)$$

Таким чином, виробили розрахунок і вибір стрічки конвеєра, перевірили стрічку на міцність, а також визначили попереднє тягове зусилля і максимальний натяг стрічки.

2.2.2 Розрахунок і вибір підтримуючих пристроїв

Виходячи з ширини і швидкості стрічки, вибираємо з нормального ряду діаметр роликів жолобчастої роlikоопори $d_p = 89 \text{ мм}$ і відстань між роlikоопорами робочої гілки конвеєра $l_p = 1300 \text{ мм}$ [11].

Визначимо відстань між роликоопорами холостий гілки конвеєра l_x , мм, за формулою:

$$l_x = (2 \div 3) l_p. \quad (2.24)$$

$$l_x = 2,5 \cdot 1300 = 2600. \quad (2.25)$$

Визначимо відстань між роликоопорами в зоні завантаження на опуклому ділянці траси $l_{з.кр.}$, мм, за формулою:

$$l_{з.кр.} = 0,5 l_p. \quad (2.26)$$

$$l_{з.кр.} = 0,5 \cdot 1300 = 650. \quad (2.27)$$

Визначимо найменший діаметр привідного барабана $D_{н.б.}^{\min}$, мм, за формулою:

$$D_{н.б.}^{\min} = K_1 K_2 z, \quad (2.28)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує міцність прокладок стрічки, $K_1 = 155$,

K_2 – коефіцієнт, що залежить від призначення барабана, $K_2 = 1$,

$$D_{н.б.}^{\min} = 155 \cdot 1 \cdot 3 = 465. \quad (2.29)$$

З нормального ряду приймаємо діаметр привідного барабана $D_{н.б.} = 500$ мм

Визначимо діаметр відводячих барабанів $D_{о.б.}$, мм, за формулою:

$$D_{о.б.}^{\min} = K_1 K_2 z, \quad (2.30)$$

де $K_2 = 0,5$ – для відводячих барабанів, встановлених на трасі;

$K_2 = 0,85$ – для натяжних барабанів і відводячих, встановлених поряд з приводним.

$$D_{о.б.} = 155 \cdot 0,5 \cdot 3 = 232,5. \quad (2.31)$$

$$D_{і.а.} = 155 \cdot 0,85 \cdot 3 = 395,25. \quad (2.32)$$

З нормального ряду приймаємо діаметр відводячих барабанів, встановлених на трасі $D_{о.б.} = 250$ мм, натяжного барабана і відхиляючого, встановленого поряд з приводним $D_{о.б.} = 400$ мм.

Визначаємо довжину приводного і відхиляючого барабанів l_{δ} , мм, за формулою:

$$l_a = B + 100;$$

(2.33)

$$l_{\delta} = 650 + 100 = 750.$$

(2.34)

Таким чином, зробивши розрахунок, вибирали желобчатую роликоопору діаметром $d_p = 89 \text{ мм}$, і прийняли діаметр привідного барабана $D_{n.\delta} = 500 \text{ мм}$, відхиляючого – $D_{n.\delta} = 250 \text{ мм}$.

2.2.3 Докладний тяговий розрахунок конвеєра

Уточнений тяговий розрахунок проводять з метою більш точного визначення максимального натягу тягового елемента, натягу його в характерних точках траси, визначення тягового зусилля і потужності приводу конвеєра.

Визначимо тягове зусилля конвеєра методом обходу за його контуру, суть якого полягає в тому, що всю трасу конвеєра, починаючи з точки збігу тягового елемента з приводу, розбивають на окремі ділянки (рисунок 2.1), опір в яких постійно за своїм характером. Обхід краще починати з точки найменшого натягу тягового елемента, користуючись загальним правилом: натяг тягового елемента в кожній наступній по ходу контуру точці одно натягу у попередньої точки плюс опір на ділянці між цими точками:

$$S_{i+1} = S_i + W_{i-(i+1)}, \quad (2.35)$$

де S_{i+1} і S_i – натягу у двох сусідніх точках контуру;

$W_{i-(i+1)}$ – опір руху тягового елемента на ділянці між цими точками.

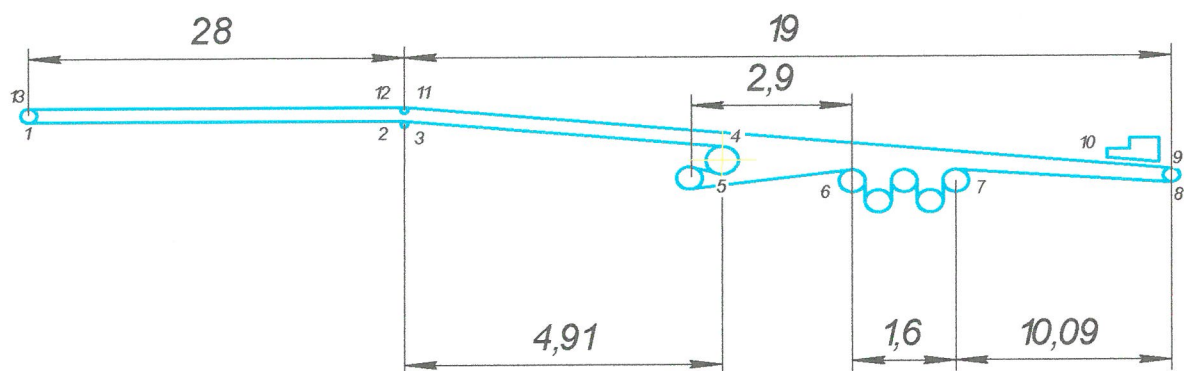


Рисунок 2.1 – Схема траси конвеєра для визначення тягового зусилля

Припустимо, що найменше натяг очікується в точці збігу стрічки з привідного барабана (точка 1), з якої і почнемо тяговий розрахунок. Найменша сила натягу стрічки дорівнює силі попереднього натягу стрічки: $S_{сб} = S_1 = S_{min}$.

Визначимо натяг стрічки в точці 2 S_2 , Н, за формулою:

$$S_2 = S_1 + (q_0 + q'_p) L g \omega' . \quad (2.36)$$

$$S_2 = S_1 + 119 . \quad (2.37)$$

Визначимо натяг стрічки в точці 3 S_3 , Н, за формулою:

$$S_3 = \lambda S_2 . \quad (2.38)$$

$$S_3 = 1,035 S_1 + 123 . \quad (2.39)$$

де λ – коефіцієнт збільшення натягу тягового органу від опору при огинанні роликів батарей, $\lambda = 1,035$.

Визначимо натяг стрічки в точці 4 S_4 , Н, за формулою:

$$S_4 = S_3 + (q_0 + q'_p) L g \omega' - q_0 g H . \quad (2.40)$$

$$S_4 = 1,035 S_1 + 103 . \quad (2.41)$$

Визначимо натяг стрічки в точці 5 S_5 , Н, за формулою:

$$S_5 = K_{\Pi} S_4 , \quad (2.42)$$

де K_{Π} – коефіцієнт збільшення натягу тягового органу від опору на поворотному пункті, $K_{\Pi} = 1,06$.

$$S_5 = 1,09S_1 + 109. \quad (2.43)$$

Визначимо натяг стрічки в точці 6 S_6 , Н, за формулою:

$$S_6 = S_5 + (q_0 + q'_p)Lg\omega'. \quad (2.44)$$

$$S_6 = 1,09S_1 + 121. \quad (2.45)$$

Визначимо натяг стрічки в точці 7 S_7 , Н, за формулою:

$$S_7 = K_{\Pi}^3 S_6. \quad (2.46)$$

$$S_7 = 1,29S_1 + 144. \quad (2.47)$$

Визначимо натяг стрічки в точці 8 S_8 , Н, за формулою:

$$S_8 = S_7 + (q_0 + q'_p)Lg\omega' - q_0gH. \quad (2.48)$$

$$S_8 = 1,29S_1 + 107.$$

Визначимо натяг стрічки в точці 9 S_9 , Н, за формулою:

$$S_9 = K_{\Pi} S_8. \quad (2.49)$$

$$S_9 = 1,36S_1 + 113. \quad (2.50)$$

Визначимо опір на навантажувальному пункті повідомлення від вантажу швидкості тягового органу $S_{нав}$, Н, за формулою :

$$S_{i\dot{a}\dot{a}} \approx \frac{Qgv}{36}; \quad (2.51)$$

$$S_{i\dot{a}\dot{a}} \approx \frac{300 \cdot 9,81 \cdot 1,6}{36} = 131. \quad (2.52)$$

Визначимо опір від напрямних бортів завантажувального лотка $S_{л}$, Н, за формулою:

$$S_{л} \approx 50 \cdot l_{л}, \quad (2.53)$$

де $l_{л}$ – довжина лотка, $l_{л} = 3\text{м}$.

$$S_{л} \approx 50 \cdot 3 = 150. \quad (2.54)$$

Визначимо натяг стрічки в точці 10 S_{10} , Н, за формулою:

$$S_{10} = S_9 + S_{ногр} + S_{л} + (q_e + q_0 + q_p)gl_{л}\omega + (q_e + q_0)gH_{л}. \quad (2.55)$$

$$S_{10} = 1,36S_1 + 629.$$

Визначимо натяг стрічки в точці 11 S_{11} , Н, за формулою:

$$S_{11} = S_{10} + (q_e + q_0 + q_p)(L - l_n)g\omega + (q_e + q_0)g(H - H_n). \quad (2.56)$$

$$S_{11} = 1,36S_1 + 2483. \quad (2.57)$$

Визначимо натяг стрічки в точці 12 S_{12} , Н, за формулою:

$$S_{12} = \lambda S_{11}. \quad (2.58)$$

$$S_{12} = 1,4S_1 + 2570. \quad (2.59)$$

Визначимо натяг стрічки в точці 13 S_{13} , Н, за формулою:

$$S_{13} = S_{12} + (q_e + q_0 + q_p)Lg\omega. \quad (2.60)$$

$$S_{13} = 1,4S_1 + 3702\dot{I} = S_{i\dot{a}\dot{a}}. \quad (2.61)$$

Позначимо $A_S = 1,4$, $B_S = 3702$, тоді:

$$S_{наб} = A_S S_{сб} + B_S, \quad (2.62)$$

де A_S , B_S – постійні отримані в результаті обчислень.

З умови непроковзування стрічки на барабані:

$$S_{наб} = S_{сб} \frac{e^{\mu\alpha}}{k_3}. \quad (2.63)$$

Визначимо натяг на збігаючій гілці $S_{сб}$, Н, за формулою:

$$S_{сб} = \frac{k_3 B_S}{e^{\mu\alpha} - k_3 A_S}; \quad (2.64)$$

$$S_{сб} = \frac{1,25 \cdot 3702}{2,83 - 1,25 \cdot 1,4} = 4285. \quad (2.65)$$

Визначимо натяг на набігаючій гілці $S_{наб}$, Н:

$$S_{i\dot{a}\dot{a}} = S_{сб} \frac{e^{\mu\alpha}}{k_3}; \quad (2.66)$$

$$S_{i\dot{a}\dot{a}} = 4285 \frac{2,83}{1,25} = 9701. \quad (2.67)$$

Визначимо натяг стрічки в усіх розглянутих точках:

$$S_{сб} = 4285; \quad (2.68)$$

$$S_2 = 4285 + 119 = 4404; \quad (2.69)$$

$$S_3 = 1,035 \cdot 4285 + 123 = 4558; \quad (2.70)$$

$$S_4 = 1,035 \cdot 4285 + 103 = 4538; \quad (2.71)$$

$$S_5 = 1,09 \cdot 4285 + 109 = 4780; \quad (2.72)$$

$$S_6 = 1,09 \cdot 4285 + 121 = 4792; \quad (2.73)$$

$$S_7 = 1,29 \cdot 4285 + 144 = 5672; \quad (2.74)$$

$$S_8 = 1,29 \cdot 4285 + 107 = 5635; \quad (2.75)$$

$$S_9 = 1,36 \cdot 4285 + 113 = 5941; \quad (2.76)$$

$$S_{10} = 1,36 \cdot 4285 + 629 = 6457; \quad (2.77)$$

$$S_{11} = 1,36 \cdot 4285 + 2483 = 8311; \quad (2.78)$$

$$S_{12} = 1,4 \cdot 4285 + 2570 = 8569H \quad S_{12} = 8569; \quad (2.79)$$

$$S_{i \text{ дд}} = 9701. \quad (2.80)$$

За отриманими даними будуємо діаграму натягу стрічки.

За уточненим значенням $S_{\max} = S_{13} = 9701H$ перевіряємо міцність стрічки:

$$z_{\min} = \frac{9701 \cdot 9}{100 \cdot 650} = 1,34 \leq 3. \quad (2.80)$$

Визначимо тягове зусилля конвеєра W_0 , Н, за формулою:

$$W_0 = S_{\max} - S_{\min}; \quad (2.82)$$

$$W_0 = 9701 - 4285 = 5416. \quad (2.83)$$

Таким чином, виробили уточнений тяговий розрахунок конвеєра. Уточнили такі показники як максимальний натяг стрічки, тягове зусилля і кількість тканинних прокладок, що забезпечують міцність стрічки.

2.2.4 Розрахунок потужності електродвигуна

Визначимо потужність на привідному валу конвеєра P_0 , кВт, за формулою:

$$P_0 = 10^{-3} W_0 v, \quad (2.84)$$

$$P_0 = 10^{-3} \cdot 5416 \cdot 1,6 = 8,7. \quad (2.85)$$

Визначимо потужність електродвигуна P , кВт, за формулою:

$$P = \frac{kP_0}{\eta}, \quad (2.86)$$

де k – коефіцієнт запасу потужності, $k = 1,1$;

η – ККД передавального механізму, $\eta = 0,94$.

$$P = \frac{1,1 \cdot 8,7}{0,94} = 10,2. \quad (2.87)$$

Вибираємо двигун-барабан серії МБ–5, з електродвигуном потужністю $P_{ов} = 15 \text{ кВт}$, з вбудованим короткозамкненим гальмом. Частота обертання барабана $n_{н.б.} = 50 \text{ об/хв}$, номінальний момент кручення $T_{i i i} = 2780 \text{ Н} \cdot \text{м}$, максимальне тягове зусилля $S_{\max} = 10714 \text{ Н}$.

Визначимо фактичну швидкість стрічки v_ϕ , м/с, за формулою:

$$v_\phi = \frac{\pi D_{н.б.} n}{60 u_p}; \quad (2.88)$$

$$v_\phi = \frac{3,14 \cdot 0,526 \cdot 50}{60} = 1,37. \quad (2.89)$$

Визначимо фактичну продуктивність стрічкового конвеєра Q_ϕ , т/г, за формулою:

$$Q_\phi = k k_\beta (0,9B - 0,05)^2 v_\phi \rho, \quad (2.90)$$

$$Q_\phi = 730 \cdot 0,97 \cdot (0,9 \cdot 0,65 - 0,05)^2 \cdot 1,37 \cdot 1,2 = 333. \quad (2.91)$$

Визначимо допустимий час пуску конвеєра t_n , с, за формулою:

$$t_n = \frac{v_\phi}{j}, \quad (2.92)$$

де j – допустиме прискорення пуску, $\delta = 0,2 \text{ м/с}^2$.

$$t_i = \frac{1,37}{0,2} = 6,85. \quad (2.93)$$

Визначимо час гальмування конвеєра t_A , с, за формулою:

$$t_{\tilde{A}} = \frac{(2l_{\tilde{A}})}{v_{\delta}}, \quad (2.94)$$

де $l_{\tilde{A}}$ – допустима довжина вибігу стрічки при гальмуванні, $l_{\tilde{A}} = 3$.

$$t_{\tilde{A}} = \frac{(2 \cdot 3)}{1,37} = 4,38. \quad (2.95)$$

Таким чином зробили розрахунок потужності електродвигуна.

2.2.5 Розрахунок натяжного пристрою

Визначимо зусилля натяжного пристрою F_n , Н, за формулою:

$$F_n = \frac{S_6 + S_7}{N}, \quad (2.96)$$

де N – кількість перегинів стрічки на натяжному пункті, $N = 6$.

$$F_n = \frac{4792 + 5672}{6} = 1744. \quad (2.97)$$

Визначимо загальний хід натяжного пристрою L_x , м, за формулою:

$$L_x = L_{x1} + k_x \cdot L + \frac{2L_{cm}}{N}, \quad (2.98)$$

де L_{x1} – монтажний хід натяжного пристрою, $L_{x1} = 0,1$ м;

k_x – коефіцієнт подовження стрічки при робочого навантаження,
 $k_x = 0,02$,

L_{cm} – довжина телескопічної частини конвеєра, $L_{cm} = 19,5$ м.

$$L_{\delta} = 0,1 + 0,02 \cdot 47 + \frac{2 \cdot 19,5}{6} = 7,54. \quad (2.99)$$

Вибираємо натяжний лебідочний вантажний пристрій. Схема запасовки канатів наведена на рисунку 2.2.

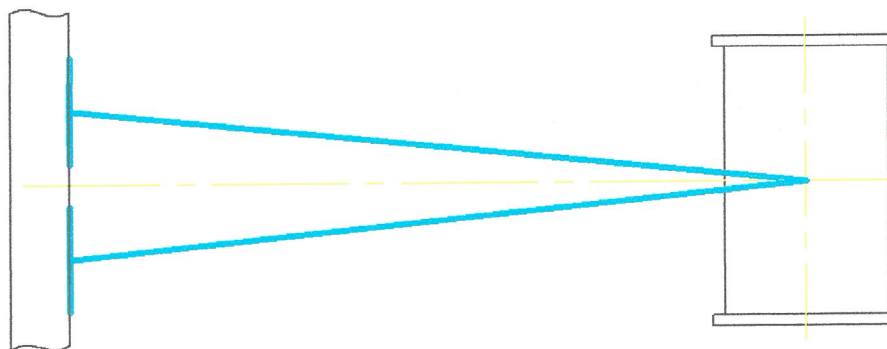


Рисунок 2.2 – Схема запасовки канатів

Визначимо зусилля в канаті, набігаючому на барабан F_{δ} , Н, за формулою.

:

$$F_{\delta} = F_i = 1744, \quad (2.100)$$

Визначимо розрахункове розривне зусилля F_{κ} , Н, в канаті за формулою:

$$F_{\delta} = F_{\kappa} k, \quad (2.101)$$

де k – коефіцієнт запасу міцності каната, $k = 5$, [40, с. 55, таблиця 2.3].

$$F_{\delta} = 1744 \cdot 5 = 8720. \quad (2.102)$$

Залежно від розрахункового розривного зусилля вибираємо сталевий канат подвійної звивки з одним органічним сердечником типу ЛК-Р конструкції 6х19 (1+6+6/6)+1 діаметром $d_{\kappa} = 3,8$ мм і максимальним зусиллям на розрив $F_{\kappa} = 9930$ Н.

Визначимо фактичний коефіцієнт запасу міцності k_{ϕ} , за формулою:

$$k_{\phi} = \frac{F_{\delta}}{F_{\kappa}} \leq k. \quad (2.103)$$

$$k_{\phi} = \frac{9930}{1744} = 5,7 < 5. \quad (2.104)$$

Визначимо найменший діаметр барабана D_{δ} , мм, за формулою:

$$D_{\delta} = d_{\kappa} \cdot e. \quad (2.105)$$

$$D_{\delta} = 3,8 \cdot 20 = 76. \quad (2.106)$$

Приймаємо діаметр блоку з нормального ряду $D_{\text{бл}} = 160 \text{ мм}$.

Визначимо кількість витків каната намотуваних на барабан $z_{\text{б}}$, за формулою:

$$z_{\text{б}} = \frac{2L_x}{\pi D_{\text{б}}} + z_{\text{зан}} + z_{\text{кр}}, \quad (2.107)$$

де $z_{\text{зан}}$ – число недоторканих витків, необхідних правилами. Приймаємо, $z_{\text{зан}} = 1,5$;

$z_{\text{кр}}$ – число витків, необхідних для кріплення каната на барабані, $z_{\text{кр}} = 3$

$$z_{\text{б}} = \frac{2 \cdot 7,54}{3,14 \cdot 0,16} + 1,5 + 3 = 35. \quad (2.108)$$

Визначимо шаг канавок t , мм, за формулою:

$$t = 1,15 d_{\text{к}}. \quad (2.109)$$

$$t = 1,15 \cdot 3,8 = 4,37. \quad (2.110)$$

Визначимо довжину нарізній частині барабана $L_{\text{н}}$, мм, за формулою:

$$L_{\text{н}} = 2 z_{\text{б}} t. \quad (2.24)$$

$$L_{\text{н}} = 2 \cdot 35 \cdot 4,37 = 305,9. \quad (2.111)$$

Визначимо габаритну довжину барабана $L_{\text{б}}$, мм, за формулою:

$$L_{\text{б}} = L_{\text{н}} + 0,4 D_{\text{б}} + 8 d_{\text{к}}. \quad (2.112)$$

$$L_{\text{б}} = 305,9 + 0,4 \cdot 160 + 8 \cdot 3,8 = 400,3. \quad (2.113)$$

Визначимо необхідну потужність двигуна P , кВт, за формулою:

$$P = \frac{k F_{\text{д}} v_{\text{д}}}{\eta} 10^{-3}, \quad (2.114)$$

де $v_{\text{д}}$ – швидкість переміщення візка, $v_{\text{д}} = 0,5 \text{ м/с}$; (2.115)

η – ККД редуктора, $\eta = 0,94$.

$$P = \frac{1,1 \cdot 1744 \cdot 0,5}{0,94} \cdot 10^{-3} = 1,02. \quad (2.116)$$

Вибираємо асинхронний електродвигун з фазним ротором серії АИР 90LB8, потужністю $P_{\text{дв}} = 1,1 \text{ кВт}$ при частоті обертання $n = 710 \text{ об/хв}$. Кратність максимального моменту $\psi_{\text{max}} = 2,2$, Кратність м моменту $\psi_{\text{min}} = 1,5$.

Визначимо частоту обертання вала барабана $n_{\text{н.в.}}$, об/хв, за формулою:

$$n_{\text{н.в.}} = \frac{60v_{\text{дв}}}{\pi D_{\text{дв}} u_{\text{дв}}} \quad (2.117)$$

$$n_{\text{н.в.}} = \frac{60 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 0,16} = 59,7. \quad (2.118)$$

Визначимо необхідне передаточне число приводу u , за формулою:

$$u = \frac{n}{n_{\text{н.в.}}}; \quad (2.119)$$

$$u = \frac{710}{59,7} = 11,89. \quad (2.120)$$

Вибираємо циліндричний редуктор горизонтальний двоступінчастий типу ЦД2–60Б з передаточним числом $u_p = 12,5$ і ККД $\eta = 0,96$ [8].

Для вибору сполучної муфти між двигуном і механізмом визначимо номінальний крутний момент двигуна $T_{\text{ном}}$, Н·м, за формулою:

$$T_{\text{ном}} = \frac{9550 \cdot P}{n}, \quad (2.121)$$

$$T_{\text{ном}} = \frac{9550 \cdot 2,2}{710} = 29,6. \quad (2.122)$$

З урахуванням коефіцієнта кратності максимального моменту двигуна визначаємо розрахунковий момент муфти $T_{\text{м}}^p$, Н·м, за формулою:

$$T_{\text{м}}^p = \psi_{\text{max}} T_{\text{ном}}; \quad (2.123)$$

$$T_{\text{м}}^p = 2,2 \cdot 29,6 = 65 \text{ Н·м}. \quad (2.124)$$

Вибираємо пружну втулково-пальцеву муфту 125–25–1 УЗ, з найбільшим, що передаються, крутним моментом $T_{\text{м}} = 125 \text{ Н·м}$.

2.3 Розрахунок механізму підйому галереї

2.2.1 Розрахунок вітрового навантаження на галерею

Визначимо динамічний тиск вітру на галерею q , Па, за формулою:

$$q = 0,5 \rho \nu^2, \quad (2.125)$$

де ρ – щільність повітря, $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$,

ν – максимальна швидкість вітру, $\nu = 20 \text{ м/с}$.

$$q = 0,5 \cdot 1,225 \cdot 20^2 = 245. \quad (2.126)$$

Визначимо розподілену вітрове навантаження на галерею P_z , Па, за формулою:

$$P_z = q \cdot k \cdot c \cdot n, \quad (2.127)$$

де k – коефіцієнт що враховує зміну динамічного тиску по висоті, $k = 1$;

c – коефіцієнт аеродинамічного сили, $c = 1,2$;

n – коефіцієнт перевантаження для робочого стану, $n = 1,1$.

$$P_z = 245 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 323,4. \quad (2.128)$$

Визначимо статичну складову тиску вітрового навантаження $P_{в.ст.}$, кН, за формулою:

$$P_{в.ст.} = P_z \cdot F_n, \quad (2.129)$$

де F_n – навітрена площа галереї, $F_n = 66 \text{ м}^2$.

$$P_{з.в.д.} = 323,4 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 21,3. \quad (2.130)$$

Визначимо динамічну складову вітрового навантаження $P_{в.д.}$, кН, за формулою:

$$P_{в.д.} = 3 m_{\Pi} \cdot \xi \cdot P_{в.ст.} \quad (2.131)$$

де m_{Π} – коефіцієнт пульсації вітру, $m_{\Pi} = 0,11$;

ξ – коефіцієнт динамічності, $\xi = 2,2$.

$$D_{з.в.д.} = 3 \cdot 0,11 \cdot 2,2 \cdot 21,3 = 15,5. \quad (2.132)$$

Визначимо вітрове навантаження $P_{\text{в}}$, кН, діючу на галерею за формулою:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{в.ст.}} + P_{\text{в.д.}} \quad (2.133)$$

$$P_{\text{в}} = 21,3 + 15,5 = 36,8. \quad (2.134)$$

2.2.2 Підбір каната

Схема запасовки канатів наведена на рисунку 2.2.

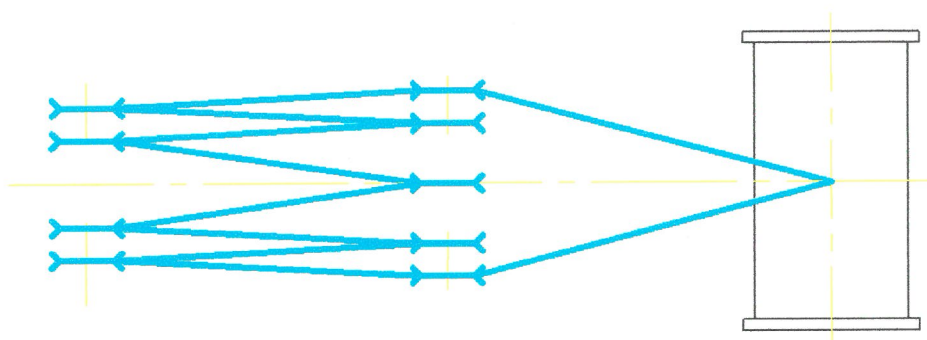


Рисунок 2.3 – Схема запасовки канатів

За схемою запасовки визначаємо механізму підймання $u_{\text{п}} = 3$ і кількість витків $z = 8$.

Вихідним параметром, що визначає розміри складових частин механізму підйому, є діаметр каната.

Визначимо ККД η_0 канатної системи:

$$\eta_0 = \eta_n \eta_{\text{бл}}^i, \quad (2.134)$$

де η_n – ККД поліспаста, $\eta_n = 0,99$; (2.135)

$\eta_{\text{бл}}$ – ККД направляючих блоків, $\eta_{\text{бл}} = 0,98$;

i – число направляючих блоків, $i = 9$.

$$\eta_0 = 0,99 \cdot 0,98^9 = 0,84. \quad (2.136)$$

Визначимо найбільше навантаження S , кН, діюче на канат за формулою:

$$S = \frac{0,5QgL_{\Pi}}{u_{\Pi}z\eta_0} + P_{\epsilon}, \quad (2.137)$$

де Q – маса галереї, $Q = 8 \text{ т}$;

L_{Π} – відстань від повороту галереї до осі обертання поліспасти,
 $L_{\Pi} = 20 \text{ м}$;

u_{Π} – кратність поліспасти, $u_{\Pi} = 3$;

z – число гілок поліспасти, $z = 8$.

$$S = \frac{0,5 \cdot 8 \cdot 9,81 \cdot 20}{3 \cdot 8 \cdot 0,84} + 36,8 = 75,7. \quad (2.138)$$

Визначимо за знайденого навантаження S – розривне зусилля каната, кН,
за формулою:

$$F_{\delta i \varphi \delta} = Sn \quad (2.139)$$

де n – коефіцієнт запасу міцності. Для вантажних і стрілових канатів, за правилами Держгіртехнагляду, цю величину вибирають залежно від виду приводу і режиму роботи. В даному випадку приймаємо $n = 5$,

$$F_{\delta i \varphi \delta} = 75,7 \cdot 5 = 377,5. \quad (2.140)$$

Залежно від розрахункового розривного зусилля вибираємо сталевий канат двойной свивки з одним органічним сердечником типу ЛК–Р конструкції 6х19 (1+6+6/6)+1 о.с. діаметром $d_{\kappa} = 24 \text{ мм}$ і максимальним зусиллям на розрив $F_{\delta i \varphi \delta} = 380 \text{ кН}$.

2.2.3 Розрахунок геометричних параметрів блоку

Визначимо найменший діаметр блоку $D_{\delta l}$, мм, за формулою:

$$D_{\delta l} = d_{\kappa}(e - 1), \quad (2.141)$$

де e – коефіцієнт, що залежить від типу вантажопідйомної машини і режиму її роботи, $e = 22$;

$$D_{\dot{a}\ddot{e}} = 24(22 - 1) = 504. \quad (2.142)$$

Діаметр блока приймаємо $D_{\dot{o}l} = 530 \text{ мм}$. (2.143)

Визначимо найменший діаметр зрівняльного блоку $D_{\dot{a}\ddot{e}}$, мм, за формулою:

$$D_{\dot{\varphi}.\dot{a}\ddot{e}} = 0,8 D_{\dot{a}\ddot{e}}. \quad (2.144)$$

$$D_{\dot{\varphi}.\dot{a}\ddot{e}} = 0,8 \cdot 530 = 424. \quad (2.145)$$

Діаметр зрівняльного блоку приймаємо $D_{\dot{\varphi}.\dot{a}\ddot{e}} = 450 \text{ мм}$.

Визначимо найменший діаметр барабана $D_{\dot{o}}$, мм, за формулою:

$$D_{\dot{o}} = D_{\dot{o}l} + d_{\kappa}. \quad (2.146)$$

$$D_{\dot{a}} = 530 + 24 = 554. \quad (2.147)$$

Діаметр барабана приймаємо $D_{\dot{o}} = 560 \text{ мм}$.

Визначимо кількість витків каната намотуваних на барабан $z_{\dot{o}}$, за формулою:

$$z_{\dot{o}} = \frac{2H}{\pi D_{\dot{o}}} + z_{\text{зан}} + z_{\text{кр}}, \quad (2.148)$$

де H – висота підйому галереї, исходя из чертежа $H = 28 \text{ м}$;

$z_{\text{зан}}$ – число недоторканих витків, необхідних правилами для розвантаження деталей кріплення каната на барабані, $z_{\text{зан}} = 1,5$;

$z_{\text{кр}}$ – число витків, необхідних для кріплення каната на барабані, $z_{\text{кр}} = 3$

$$z_{\dot{o}} = \frac{2 \cdot 28}{3,14 \cdot 0,56} + 1,5 + 3 = 36. \quad (2.149)$$

Визначимо крок канавок t , мм, за формулою:

$$t = 1,15 d_{\kappa}. \quad (2.150)$$

$$t = 1,15 \cdot 24 = 27,6. \quad (2.151)$$

Визначаємо глибину канавки h , мм, за формулою:

$$h = 0,5 \cdot d_{\kappa}. \quad (2.152)$$

$$h = 0,5 \cdot 24 = 12. \quad (2.153)$$

Визначимо діаметр барабана по дну канавки D_0 , мм, за формулою:

$$D_0 = D_{\bar{o}} - h. \quad (2.154)$$

$$D_0 = 560 - 12 = 548. \quad (2.155)$$

Визначимо повну довжину нарізаною частини барабана L_n , мм, за формулою:

$$L_n = 2z_6 t. \quad (2.156)$$

$$L_i = 2 \cdot 36 \cdot 27,6 = 1987,2. \quad (2.157)$$

Визначимо габаритну довжину барабана $L_{\bar{o}}$, мм, за формулою:

$$L_{\bar{o}} = L_n + 0,4D_{\bar{o}} + 8d_k. \quad (2.158)$$

$$L_{\bar{o}} = 1987,2 + 0,4 \cdot 560 + 8 \cdot 24 = 2403,2. \quad (2.159)$$

У якості матеріалу для виготовлення барабана приймаємо чавун СЧ-20 [5].

Визначимо товщину стінки чавунного барабана δ , мм, за формулою:

$$\delta = 0,95 \frac{S}{t[\sigma_{\bar{n}\bar{o}}]}, \quad (2.160)$$

де $[\sigma_{\bar{n}\bar{o}}]$ – допускається напруга стиснення, $[\sigma_{\bar{n}\bar{o}}] = 200 \text{ МПа}$.

$$\delta = 0,95 \frac{75700}{27,6 \cdot 200} = 13. \quad (2.161)$$

2.2.4 Розрахунок потужності електродвигуна і вибір гальма

Визначимо максимальну сумарну статичну потужність в період сталого руху при підйманні вантажу $N_{\text{сум}}$, кВт, за формулою:

$$N_{\text{сум}} = \frac{k \cdot S \cdot v}{60(\eta_p \cdot \eta_{\bar{o}})}, \quad (2.162)$$

де k – коефіцієнт запасу потужності, $k = 1,1$, [47, с. 121];

v – швидкість підйому галереї, $v = 30 \text{ м/хв}$;

η_p – ккд редуктора, $\eta_p = 0,94$, [40, с. 52];

η_{ϕ} – ккд барабана, $\eta_{\phi} = 0,98$, [40, с. 23].

$$N_{\text{сум}} = \frac{1,1 \cdot 75,7 \cdot 30}{60(0,94 \cdot 0,98)} = 45. \quad (2.163)$$

Вибираємо 2 асинхронних електродвигунів з фазним ротором серії АИР 180S4 (12), потужністю $P_{\phi} = 22,5 \text{ кВт}$ кожен при частоті обертання $n = 1460 \text{ об/хв}$. Кратність максимального моменту $\psi_{\text{max}} = 2,5$, Кратність мінімального моменту $\psi_{\text{min}} = 1,6$.

Визначимо частоту обертання вала привідного барабана $n_{n.\phi}$, об/хв, за формулою:

$$n_{n.\phi} = \frac{v \cdot u_{\Pi}}{\pi \cdot D_{\phi}}, \quad (2.164)$$

$$n_{n.\phi} = \frac{30 \cdot 3}{3,14 \cdot 0,56} = 51,2. \quad (2.165)$$

Визначимо необхідне передаточне число приводу u , за формулою:

$$u = \frac{n}{n_{n.\phi}}; \quad (2.166)$$

$$u = \frac{1460}{51,2} = 28,5. \quad (2.167)$$

Вибираємо циліндричний редуктор вертикальний двоступінчастий типу ЦД2-60Б з передаточним числом $u_p = 28$ и ККД $\eta_p = 0,96$.

Визначимо фактичну швидкість підйому галереї, м/хв, за формулою:

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi} \cdot n}{u_p \cdot u_{\Pi}}. \quad (2.168)$$

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,56 \cdot 1460}{28 \cdot 3} = 30,6 \quad (2.169)$$

Для вибору сполучної муфти між двигуном і механізмом визначимо номінальний крутний момент двигуна $T_{ном}$, Н·м, за формулою:

$$T_{ном} = \frac{9550 \cdot P_{дв}}{n}, \quad (2.170)$$

де $P_{дв}$ – потужність двигуна, кВт;

n – частота обертання, об/хв.

$$T_{ном} = \frac{9550 \cdot 22,5}{1460} = 147. \quad (2.171)$$

З урахуванням коефіцієнта кратності максимального моменту двигуна визначаємо розрахунковий момент муфти T_m^p , Н·м, за формулою:

$$T_m^p = \psi_{\max} T_{ном}; \quad (2.172)$$

$$T_m^p = 2,5 \cdot 147 = 368. \quad (2.173)$$

Вибираємо пружну втулково-пальцеву муфту 500-40-1 УЗ [9], з найбільшим що передаються крутним моментом $T_m = 500 \text{ Н·м}$.

Визначаємо статичний крутний момент при гальмуванні $M_{ст}$, Н·м, створюваний вагою галереї на валу, на якому встановлюється гальмо, за формулою:

$$M_{ст} = \frac{Q \cdot g \cdot D_0 \cdot (\eta_0 \cdot \eta_p \cdot \eta_0)}{2 \cdot u_{II} \cdot u_p}. \quad (2.174)$$

$$M_{ст} = \frac{8 \cdot 9,81 \cdot 560 \cdot (0,84 \cdot 0,96 \cdot 0,98)}{2 \cdot 3 \cdot 28} = 207. \quad (2.175)$$

Розрахунковий гальмівний момент механізму $M_{m.p.}$, Н·м, згідно з правилами Держтехнагляду, за умови надійного утримання вантажу номінальної маси в підвішеному стані з певним запасом гальмування визначається за формулою:

$$M_m = k_m \cdot M_{ст}, \quad (2.176)$$

де k_m – коефіцієнт запасу гальмування, $k_m = 1,75$; (2.177)

$$I_{\delta} = 1,75 \cdot 207 = 362,25. \quad (2.178)$$

Отримане значення гальмівного моменту повністю задовольняє номінальним значенням гальмівного моменту обраного двигуна.

Вибираємо колодковий гальмо ТКТ–200, з гальмівним моментом 400Н·м, електромагнітом типу МОБ–100, діаметр гальмівного шківa 200мм.

Таким чином, виробили розрахунок механізму підйому конвеєрної галереї навантажувальної машини, в ході чого були визначені основні показники роботи механізму, такі як зусилля в канаті, що намотується на барабан, виходячи з чого вибрали тип звивки і діаметр сталевго канату, діаметри блоків і барабана, потужність двигуна, визначили розрахункове передаточне число редуктора, вибрали муфту і гальмо.

2.4 Розрахунок механізму пересування судозавантажувальної машини

2.4.1 Розрахунок вітрового навантаження на судозавантажувальну машину

Визначимо динамічний тиск вітру на галерею q , Па, за формулою:

$$q = 0,5\rho\nu^2, \quad (2.179)$$

де ρ – щільність повітря, $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$;;

ν – максимальна швидкість вітру, $\nu = 20 \text{ м/с}$.

$$q = 0,5 \cdot 1,225 \cdot 20^2 = 245. \quad (2.180)$$

Визначимо розподілену вітрове навантаження на вантажну машину P_a , Па, за формулою:

$$P_a = q \cdot k \cdot c \cdot n, \quad (2.181)$$

k – коефіцієнт що враховує зміну динамічного тиску по висоті, $k = 1,25$;

c – коефіцієнт аеродинамічної сили, $c = 1,2$;

n – коефіцієнт перевантаження для робочого стану, $n = 1,1$.

$$P_{\dot{a}} = 245 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 404,25. \quad (2.182)$$

Визначимо статичну складову тиску вітрового навантаження $P_{\dot{a}.н\dot{e}.}$, кН, за формулою:

$$P_{\dot{a}.н\dot{e}.} = P_{\dot{a}} \cdot F_i, \quad (2.183)$$

де F_n – навітренна площа навантажувальної машини, $F_n = 180 \text{ м}^2$.

$$P_{\dot{a}.н\dot{e}.} = 404,25 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 72,8. \quad (2.184)$$

Визначимо динамічну складову вітрового навантаження $P_{\epsilon.\partial.}$, кН, за формулою:

$$P_{\dot{a}.\dot{a}.} = 3m_{\Pi} \cdot \xi \cdot P_{\dot{a}.н\dot{e}.} \quad (2.185)$$

де m_{Π} – коефіцієнт пульсації вітру, $m_{\Pi} = 0,11$;

ξ – коефіцієнт динамічності $\xi = 2,2$.

$$P_{\dot{a}.\dot{a}.} = 3 \cdot 0,11 \cdot 2,2 \cdot 72,8 = 52,9. \quad (2.186)$$

Визначимо вітрове навантаження P_{ϵ} , кН, діючу на кран в неробочому стані за формулою:

$$P_{\epsilon} = P_{\epsilon.ст.} + P_{\epsilon.\partial.} \quad (2.187)$$

$$P_{\dot{a}} = 72,8 + 52,9 = 125,7. \quad (2.188)$$

2.4.2 Визначення опору пересуванню судозавантажувальної машини

Визначимо масу вантажу m_{ϵ} , т, що знаходиться на конвеєрі навантажувальної машини під час перевантаження по формулі:

$$m_{\epsilon} = q_{\epsilon} \cdot L_{\kappa} \cdot 10^{-3}, \quad (2.189)$$

де q_{ϵ} – розподілена маса вантажу, що припадає на метр довжини конвеєрної стрічки, $q_{\epsilon} = 52,1 \text{ кг/м}$;

L_{κ} – довжина конвеєра, $L_{\kappa} = 47 \text{ м}$. (2.24)

$$m_{\dot{a}} = 52,1 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 2,5. \quad (2.190)$$

Визначимо максимальний тиск, що припадає на колесо $F_{x.k.max}$, кН за формулою:

$$F_{\delta.e.max} = \frac{(m_{\delta} + m_i) \cdot g}{n_{\delta.e}}, \quad (2.191)$$

де $n_{x.k.}$ – кількість ходових коліс, $n_{x.k.} = 24$;

m_i – маса завантажувальної машини машини, $m_i = 260 \text{ т}$.

$$F_{x.k.max} = \frac{(2,5 + 260) \cdot 9,81}{24} = 107,3. \quad (2.192)$$

Залежно від максимального тиску на колесо визначаємо його діаметр і тип рейки: вибираємо двухребордное колесо діаметром $D_k = 400 \text{ мм}$, тип рельса Р-43.

Визначимо діаметр цапфи d_y , мм, за формулою:

$$d_y = 0,25 D_k. \quad (2.193)$$

$$d_{\delta} = 0,25 \cdot 400 = 100. \quad (2.194)$$

Визначимо статичний опір пересуванню W_c , кН, за формулою:

$$W_c = W_{\delta\delta} + W_{\delta\delta} + W_{\delta} + W_{li}, \quad (2.195)$$

де W_{mp} – опір від тертя в ходових частинах, кН;

$W_{\delta\delta}$ – опір руху від ухилу шляху, кН;

W_e – опір від вітрового навантаження, кН;

W_{li} – опір сил інерції, кН.

Визначимо опір від тертя в ходової частини W_{mp} , кН, за формулою:

$$W_{mp} = (m_k + m_e) g \frac{\mu_y \cdot d_y + 2 \cdot f}{D_k} \cdot K_p, \quad (2.196)$$

де f – коефіцієнт тертя кочення колеса по рейці, ($f = 0,0005$);

μ_y – коефіцієнт тертя підшипників, приведений до цапфи колеса,

$$\mu_y = 0,015;$$

κ_p – коефіцієнт, що враховує тертя реборд маточин коліс, $\kappa_p = 1,1$.

$$W_{\delta\delta} = (260 + 2,5) \cdot 9,81 \frac{0,015 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,0005}{0,4} \cdot 1,1 = 17,7. \quad (2.197)$$

Визначимо опір руху від ухилу шляху $W_{\delta\delta}$, кН, за формулою:

$$W_{ук} = (m_k + m_z) \cdot g \cdot \alpha, \quad (2.198)$$

де α – ухил підкранових колій, $\alpha = 0,001$, [42, с. 41]. (2.199)

$$W_{\delta\delta} = (260 + 2,5) \cdot 9,81 \cdot 0,001 = 2,6. \quad (2.200)$$

Опір руху від вітрового навантаження $W_e = P_e = 125,7 \text{ кН}$.

Визначимо опір сил інерції W_{zi} , кН, за формулою:

$$W_{zi} = \delta (m_e + m_a) \cdot [a], \quad (2.201)$$

де δ – коефіцієнт, що враховує інерцію обертових частин механізму, $\delta = 1,25$;

$[a]$ – допускається прискорення, $[a] = 0,2 \text{ м/с}^2$, [42, с. 41, таблиця 2.16].

$$W_{zi} = 1,25 (260 + 2,5) \cdot 0,2 = 65,6. \quad (2.202)$$

$$W_c = 17,7 + 2,6 + 125,7 + 65,6 = 211,6. \quad (2.203)$$

Визначимо запас зчеплення ходових коліс з рейками при розгоні на підйом проти вітру і при гальмуванні під ухил за вітром k_{ζ^+} , за формулою:

$$k_{\zeta^+} = \frac{Q_p'' \cdot (\mu_0 + \omega_{\min})}{W_c} \geq [k_{\zeta^+}], \quad (2.204)$$

де μ_0 – коефіцієнт зчеплення приводних коліс з рейкою, $\mu_0 = 0,12$, (42, с. 90);

$\omega_{\min}$ – мінімальне значення коефіцієнта опору пересуванню, $\omega_{\min} = 0,0005$

;

Q_p'' – розрахункове навантаження, кН;

$[k_{\zeta^+}]$ – допустимий коефіцієнт запасу зчеплення, $[k_{\zeta^+}] = 1,2$, [42, с. 89].

Визначимо розрахункове навантаження Q_p'' , кН, діючу на механізм за формулою:

$$Q_{\partial}'' = (m_{\partial} + m_{\hat{a}}) \cdot g \cdot \hat{e}_{\hat{I}} \quad (2.205)$$

де $\hat{e}_{\hat{I}}$ – коефіцієнт поштовхів, що залежить від швидкості пересування при $v_{\hat{I} \hat{a} \partial} < 60 \hat{I} / \partial \hat{a}$, $\hat{e}_{\hat{I}} = 1$.

$$Q_{\partial}'' = (260 + 2,5) \cdot 9,81 \cdot 1 = 2575,125. \quad (2.206)$$

$$k_{\zeta^{+}} = \frac{2575,125 \cdot (0,12 + 0,0005)}{211,6} = 1,46 \geq 1,1. \quad (2.207)$$

Запас зчеплення забезпечений.

Таким чином визначили статичне опір пересуванню навантажувальної машини $W_c = 211,6 \text{ кН}$, визначили діаметр ходових коліс $D_k = 400 \text{ мм}$ і тиск одного колеса на рейку $F_{x.k. \max} = 107,3 \text{ кН}$.

2.4.3 Розрахунок потужності електродвигуна

Визначимо статичну потужність одного двигуна у період сталого руху при пересуванні навантажувальної машини, кВт, за формулою

$$P_{\partial \partial} = \frac{k \cdot W_c \cdot v_{\text{пер}}}{\eta_{\text{мех}} \cdot n_{n.k.}}, \quad (2.208)$$

де k – коефіцієнт запасу потужності, $k = 1,1$;

$v_{\text{пер}}$ – швидкість пересування, $v = 0,33 \text{ м/с}$;

$\eta_{\text{мех}}$ – ккд механізму пересування, $\eta_{\text{мех}} = 0,85$;

$n_{n.k.}$ – кількість привідних коліс, ($n_{n.k.} = 12$).

$$P_{\partial \partial} = \frac{1,1 \cdot 211,6 \cdot 0,33}{0,85 \cdot 12} = 7,5. \quad (2.209)$$

Вибираємо асинхронний електродвигун з фазним ротором серії АИР160S8, потужністю $P_{\partial \partial} = 7,5 \text{ кВт}$ з частотою обертання $n = 970 \text{ об/хв}$.

Кратність максимального моменту $\psi_{\max} = 2,6$, Кратність мінімального моменту $\psi_{\min} = 1,7$.

Визначимо частоту обертання вала приводного колеса $n_{n.в.}$, об/хв, за формулою:

$$n_{n.в.} = \frac{v_{пер}}{\pi \cdot D_{\kappa}}, \quad (2.210)$$

$$n_{n.в.} = \frac{20}{3,14 \cdot 0,4} = 15,9. \quad (2.211)$$

Визначимо необхідне передаточне число приводу u , за формулою:

$$u = \frac{n}{n_{n.в.}}; \quad (2.212)$$

$$u = \frac{970}{15,9} = 61. \quad (2.213)$$

Вибираємо вертикальний двоступінчастий редуктор кранового типу-250, з передаточним числом $u_p = 63$ і ККД $\eta_p = 0,96$. Маса редуктора 280кг. Крутний момент $M_K = 6800 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Визначимо фактичну швидкість пересування навантажувальної машини v_{ϕ} , м/хв, за формулою:

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\kappa} \cdot n}{u_p}. \quad (2.214)$$

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,4 \cdot 970}{63} = 19,33. \quad (2.215)$$

Для вибору сполучної муфти між двигуном і механізмом визначимо номінальний крутний момент двигуна $T_{ном}$, Н·м, за формулою:

$$T_{ном} = \frac{9550 \cdot P_{\phi}}{n}, \quad (2.216)$$

$$T_{ном} = \frac{9550 \cdot 7,5}{970} = 74. \quad (2.217)$$

З урахуванням коефіцієнта кратності максимального моменту двигуна визначаємо розрахунковий момент муфти T_M^P , Н·м, за формулою:

$$T_M^P = \psi_{\max} T_{\text{ном}}; \quad (2.218)$$

$$T_M^P = 2,6 \cdot 74 = 192,4. \quad (2.219)$$

Вибираємо пружну втулково-пальцеву муфту 250-40-1 УЗ [9], з найбільшим, що передаються, крутним моментом $T_M = 250 \text{ Н·м}$.

2.4.4 Выбор тормоза

Визначимо розрахунковий гальмівний момент $T_{\tilde{a}.0}$, Н·м , за формулою:

$$T_{\tilde{a}.0} = k_{\tilde{a}} (T_{\tilde{a}\tilde{a}.0} + T_{\tilde{a}.0} + T_{\tilde{z}.0} - T_{\tilde{o}.0}), \quad (2.220)$$

де $k_{\tilde{a}}$ – коефіцієнт запасу гальмування, $k_{\tilde{a}} = 1,2$;

$T_{\tilde{a}\tilde{a}.0}$ – момент, створюваний ухилом, Н·м ;

$T_{\tilde{o}.0}$ – момент вітрового навантаження неробочого стану, Н·м ;

$T_{\tilde{m}.0}$ – момент, створюваний силами тертя, Н·м .

$T_{\tilde{z}.0}$ – момент, створюваний силами інерції, Н·м .

Визначимо момент, створюваний ухилом $T_{\tilde{a}\tilde{a}.0}$, Н·м , за формулою:

$$T_{\tilde{a}\tilde{a}.0} = \frac{W_{\tilde{a}\tilde{a}} \cdot R_{\tilde{e}} \cdot \eta_{\tilde{a}\tilde{a}}}{u_p}. \quad (2.221)$$

де R_{κ} – радіус колеса, $R_{\kappa} = 0,2 \text{ м}$.

$$T_{\tilde{a}\tilde{a}.0} = \frac{2,6 \cdot 0,2 \cdot 0,85}{63} = 0,007. \quad (2.222)$$

Визначимо момент вітрового навантаження неробочого стану $T_{\tilde{o}.0}$, Н·м , за формулою:

$$T_{\tilde{o}.0} = \frac{W_{\tilde{o}} \cdot R_{\kappa} \cdot \eta}{U_M}. \quad (2.223)$$

$$T_{a.0} = \frac{125,7 \cdot 0,2 \cdot 0,85}{63} = 0,339. \quad (2.224)$$

Визначимо момент, створюваний силами інерції $T_{i.0}$, $\text{êÍ} \times \text{ì}$, за формулою:

$$T_{ин.0} = \frac{W_{mp} \cdot R_{\kappa}}{U_{\text{м}} \cdot \eta}, \quad (2.24)$$

$$T_{ei.0} = \frac{65,6 \cdot 0,2}{63 \cdot 0,85} = 0,245. \quad (2.225)$$

Визначимо момент, створюваний силами тертя $T_{mp.0}$, $\text{êÍ} \times \text{ì}$, за формулою:

$$T_{mp.0} = \frac{W_{mp} \cdot R_{\kappa}}{U_{\text{м}} \cdot \eta}. \quad (2.226)$$

$$T_{\partial\partial.0} = \frac{17,7 \cdot 0,2}{63 \cdot 0,85} = 0,066. \quad (2.227)$$

$$T_{\partial.\partial.} = 1,2(0,007 + 0,339 + 0,245 - 0,066) = 0,63 \quad (2.228)$$

Приймаємо колодковий гальмо з електрогідравлічним штовхачем ТКГ–300 з розрахунковим гальмівним моментом $700 \text{ êÍ} \times \text{ì}$ и тормозним шківом 300мм.

Таким чином, виробили розрахунок механізму пересування навантажувальної машини, в ході чого були визначені основні показники роботи механізму такі як тиск одного колеса на рейку, виходячи з чого вибрали діаметр ходових коліс, опір пересуванню навантажувальної машини, потужність двигуна, визначили розрахункове передаточне число редуктора, вибрали муфту і гальмо.

Висновок до розділу 2

У другому розділі виконано конструкторський розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год, призначеного для роботи у складі судозавантажувальної машини. Розглянуто загальну конструктивну схему машини, особливості подавання сипкого вантажу від магістрального конвеєра до розвантажувальної частини та обґрунтовано доцільність

застосування телескопічного виконання конвеєра для рівномірного завантаження трюму судна.

У процесі розрахунку визначено основні параметри конвеєра, необхідні для забезпечення заданої продуктивності. Встановлено раціональні значення швидкості руху стрічки, її ширини, геометричних параметрів траси та умов розміщення вантажу на стрічці. Проведені розрахунки підтвердили, що прийняті параметри забезпечують транспортування сипкого матеріалу з продуктивністю 300 т/год без перевантаження робочих органів і з достатнім запасом працездатності.

Виконано тяговий розрахунок стрічкового конвеєра, у якому враховано опори руху робочої та холостої гілок стрічки, навантаження від транспортованого матеріалу, роботу барабанів, роlikоопор і додаткових елементів конвеєрної системи. За результатами розрахунку визначено необхідне тягове зусилля, натяг стрічки в характерних точках та умови її надійного зчеплення з приводним барабаном.

Також виконано розрахунок потужності приводу конвеєра. На основі визначених тягових параметрів підібрано електродвигун і перевірено його відповідність умовам роботи судозавантажувальної машини. Розрахунки показали, що прийнята потужність приводу забезпечує нормальний пуск, сталу роботу та гальмування конвеєра в заданих експлуатаційних умовах.

Окрему увагу приділено розрахунку натяжного пристрою, оскільки від правильного натягу стрічки залежить стабільність її руху, відсутність пробуксовування на приводному барабані та зменшення зношування елементів конвеєра. Прийнята конструкція натяжного пристрою забезпечує необхідне попереднє натягування стрічки та компенсує її подовження під час експлуатації.

3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА

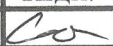
3.1 Призначення та аналіз роботи деталі у вузлі

Вал є відповідальною деталлю привідного вузла стрічкового телескопічного конвеєра судозавантажувальної машини. У складі приводу він забезпечує передачу крутного моменту від редуктора до барабана або з'єднувальної муфти, сприймає радіальні навантаження від натягу стрічки та додаткові динамічні навантаження, що виникають під час пуску, гальмування, зміни вильоту телескопічної стріли і нерівномірного подавання сипкого матеріалу.

Робота вала відбувається в умовах змінного навантаження, можливих вібрацій, запиленості, впливу вологи та корозійно-активного середовища портової зони. Тому технологічний процес його виготовлення повинен забезпечувати не тільки відповідність геометричним розмірам, але й достатню міцність, зносостійкість посадкових поверхонь, співвісність шийок, низьку шорсткість поверхонь під підшипники та надійність шпонкових з'єднань.

Найбільш відповідальними поверхнями вала є опорні шийки під підшипники, посадкові поверхні під муфту або барабан, шпонкові пази, різьбові ділянки та торцеві поверхні. Саме ці елементи визначають точність складання приводу і стабільність роботи конвеєра. До другорядних поверхонь висуваються нижчі вимоги, оскільки вони переважно виконують конструктивну функцію.

Матеріалом для виготовлення валу являється сталь 45-2-б, яка підлягає термічній обробці для отримання необхідної поверхні 170...190 НВ.

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА		
Розроб.	Стахурлов			22.06			
Перев.	Рогозін						
Керівник	Васильєв			22.06			
Н.	Васильєв			19.06			
Затв.	Описенко			22.06	Літ. Лист Листів		
					Н 55		
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

3.2 Технологічний процес виготовлення вала

За конструктивними ознаками вал належить до деталей типу тіл обертання ступінчастої форми. Наявність декількох діаметрів, буртів, торців, шпонкових пазів і різьбових ділянок зумовлює застосування послідовної токарної, фрезерної, різьбонарізної та шліфувальної обробки. Значна довжина деталі порівняно з діаметром потребує оброблення в центрах із використанням люнета, що зменшує прогин заготовки та підвищує точність взаємного розташування шийок.

Удосконалення технологічного процесу полягає в раціональному розподілі операцій на чорнові, напівчистові, чистові та фінішні переходи. Чорнова обробка виконується з видаленням основної частини припуску, після чого доцільно передбачити контроль биття, за необхідності – правлення або зняття залишкових напружень. Чистова обробка формує остаточні бази, а шліфування забезпечує необхідну точність і шорсткість опорних поверхонь.

Базування деталі доцільно здійснювати по центрових отворах, які створюються на початку технологічного маршруту. Такий підхід забезпечує сталість технологічних баз на більшості операцій та знижує похибку взаємного розташування поверхонь.

3.3 Вибір матеріалу та заготовки

Матеріалом для виготовлення вала приймаємо конструкційну вуглецеву сталь 45. Ця сталь широко застосовується для валів, осей, шестерень та інших деталей машин, які працюють під дією крутного моменту і згинальних навантажень. Для підвищення міцності та зносостійкості посадкових поверхонь передбачається нормалізація або поліпшення з подальшим контролем твердості.

Заготовку доцільно отримувати з гарячекатаного круглого прокату нормальної точності. Для одиничного або дрібносерійного виробництва такий

спосіб є економічно обґрунтованим, оскільки не потребує складного оснащення.

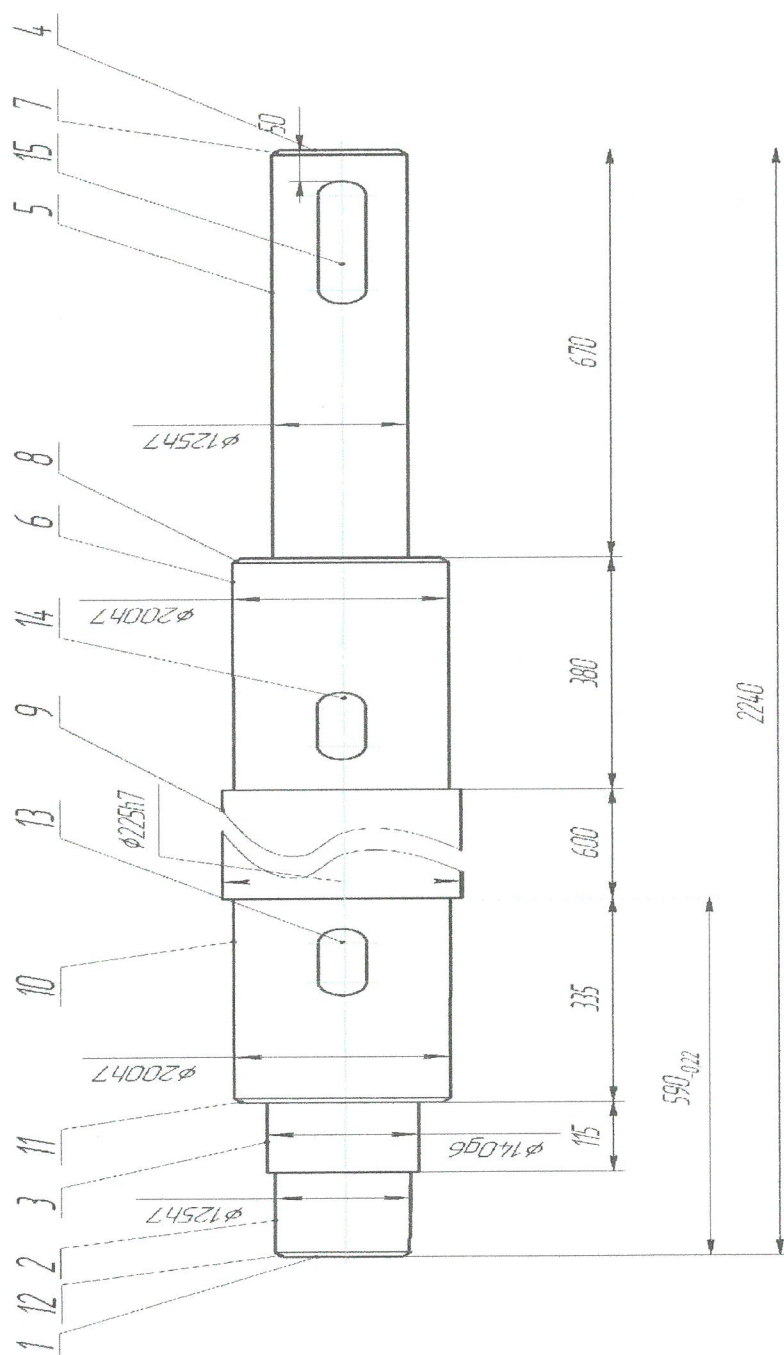


Рисунок 3.1 – Вал

Для серійного виробництва можливим є застосування поковки, що зменшує витрати металу і покращує структуру матеріалу, однак потребує додаткових витрат на заготовче оснащення.

З урахуванням найбільшого діаметра деталі, припусків на механічну обробку та торцювання приймаємо заготовку у вигляді круглого прокату діаметром 250 мм і довжиною 2240 мм. Для зменшення відходів металу перед розкромом заготовки необхідно виконувати контроль довжини прутка та раціональне компонування заготовок у партії.

Орієнтуючись на конструктивні розміри вала (рисунок 3.1), вибираємо таку заготовку (рисунок 3.2).

3.4 Призначення припусків на обробку

Основними технологічними базами під час оброблення вала приймаються центрові отвори на торцях деталі. Вони забезпечують можливість багаторазового встановлення вала між центрами без зміни баз, що особливо важливо для довгомірних деталей. На операціях чорнового точіння заготовку додатково підтримують нерухомим або рухомим люнетом.

Під час фрезерування шпонкових пазів вал установлюють у призми або спеціальне пристосування з базуванням по оброблених циліндричних поверхнях. Для запобігання провертанню використовують упор або притиск. На шліфувальних операціях деталь знову встановлюють у центрах, що забезпечує мінімальне радіальне биття опорних шийок.

Прийнята схема базування дозволяє забезпечити технологічну спадкоємність баз, зменшити похибки закріплення та підвищити якість обробки відповідальних поверхонь.

Припуски на обробку призначаються з урахуванням способу отримання заготовки, точності прокату, довжини деталі, наявності термічної обробки та вимог до кінцевої точності поверхонь. Для відповідальних посадкових поверхонь припуск розподіляється між чорновим, напівчистовим, чистовим точінням і шліфуванням.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

Лист
58

Застосування поетапного зняття припуску є доцільним, оскільки зменшує вплив залишкових напружень, покращує стабільність геометричної форми і дозволяє отримати потрібну шорсткість поверхні. Орієнтовний розподіл припусків наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1–Припуски на обробку

№ п/п	Найменування	Припуск, мм
1.	Чорнова обробка	22
2.	Чистова обробка	2,5
3.	Шліфування	0,6

Таблиця 3.2 – Проміжних та загального припуску і допусків

Маршрут обробки та розміри, що визначаються	Розмір, мм	Допуск, мм	Припуск, мм
Розмір вала за кресленням	225	- 0,071	-
Припуск на шліфування	-	-	0,6
Розмір після чистового обточування	225,5	- 0,14	-
Припуск на чистове обточування	-	-	3
Розмір після чорнового обточування	228	- 0,52	-
Припуск на чорнове обточування	-	-	9
Загальний припуск	-	-	12,6
Розмір заготовки	290	-	-

Приймаємо заготовку Ø250x2240 (рисунок 3.2).

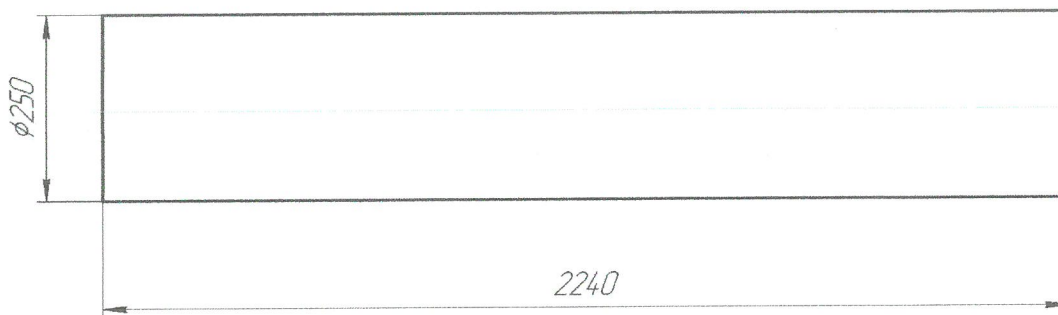


Рисунок 3.2 – Заготовка вала

3.5 Підбір верстатів та обладнання

Для виготовлення вала доцільно застосувати універсальне та спеціалізоване металообробне обладнання. Удосконалений маршрут передбачає використання токарно-гвинторізного верстата або токарного верстата з числовим програмним керуванням для формування ступінчастих поверхонь, фрезерного верстата для шпонкових пазів, круглошліфувального верстата для фінішної обробки посадкових шийок і контрольного оснащення для перевірки розмірів.

При одиничному виробництві достатнім є застосування токарного верстата типу 16K20 або його сучасного аналога. Для підвищення продуктивності та повторюваності параметрів у дрібносерійному виробництві доцільно застосовувати токарний верстат з ЧПК. Ріжучий інструмент: прохідні та підрізні різці з твердосплавними пластинами, центрові свердла, шпонкові фрези, різьбонарізний інструмент, шліфувальні круги відповідної зернистості.

Для виконання даних операцій приймемо верстат 16K20. Для якого випишемо паспортні дані:

- число обертів шпинделя, об/хв. – до 1800;
- потужність електродвигуна, кВт – 11;
- ріжучий інструмент: різці прохідні T5K10, державка 25x25 кут у плані $\psi = 45^\circ$;
- пристосування – центра; патрон.

Визначення режимів різання виконуємо у відповідності з "Общими машиностроительными нормативами режимов резания для технического формирования работ на металлорежущих станках».

Визначення глибини різання

По величині загального припуску на обробку приймаємо глибину різання до 5мм.

Визначення величини подачі

Згідно нормативів по карті №1 "Подача для чорнового точіння" визначаємо подачу для обробки сталі різцем Т5К10 при обточці деталей до 600мм (по діаметру), глибиною різання до 5мм рекомендована подача $S = 1.0-1.2$ мм/об.

Визначення швидкості різання

По карті "швидкість різання" для обробки сталі з межею міцності $\sigma = 600$ МПа та глибиною різання до 5мм – швидкість різання $v = 51$ м/хв.

Визначення сили подачі

По таблиці нормативів "сила подачі", знаходимо, що при $v = 51$ м/хв, та глибиною до 5мм з різцем Е5К10 $\phi = 45^\circ$ сила подачі $P_x = 2.65$ кН.

По встановленій швидкості різання визначаємо число обертів шпинделя стакана, об/хв.

$$n = v \cdot 1000 / \pi \cdot D ; \quad (3.1)$$

де v – швидкість різання, м/хв., $v = 51$;

D – діаметр вала, що точиться, мм, $D = 70$.

Тоді

$$n = 51 \cdot 1000 / 3,14 \cdot 70 = 232. \quad (3.2)$$

Згідно з паспортними даними станка призначаємо число обертів шпинделя : $n = 240$ об/хв.

Перевірка вибраного режиму різання по потужності

Перевіряємо підібраний режим різання по карті "мощность нужна на резание" визначаємо, що потужність, яка використовується $N = 5,8$ кВт , тобто

менша за максимальну для станка, тобто вибраний режим різання по потужності прийнятний.

Визначення основного часу

Величину основного часу на чорнові операції, хв. визначаємо за формулою

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (3.3)$$

де $L=L_1+L_2$ – шлях проходу різця (L_1 повна довжина проходу, L_2 – врізання та перебіг, для різця з $\varphi=45^\circ$ $L_2= 8$ мм.);

i – кількість проходів різця.

$$t_0 = \frac{290 \cdot 8}{1 \cdot 240} = 10, \quad (3.4)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{B.C.}=5$ хвилин.

$$t_o = t_0 + t_{B.C.} = 10 + 5 = 15. \quad (3.5)$$

3.6 Визначення величини основного часу для окремих операцій

Норма часу на відрізування дисковою пилкою хв.:

$$t_0 = \frac{L}{S_{XB}} + \frac{L}{S_{XB.ЗВ.X}}, \quad (3.6)$$

де S_{XB} – хвилинна подача, мм/хв., $S_{XB}=91,7$;

$S_{XB.ЗВ.X}$ – хвилинна подача зворотного ходу, мм/хв., $S_{XB.ЗВ.X}= 5000$;

L – довжина проходу; мм, $L=70$.

$$t_0 = \frac{70}{91,7} + \frac{70}{5000} = 0,78, \quad (3.7)$$

$$t_o = t_0 + t_{B.C.} = 0,78 + 5 = 5,78. \quad (3.8)$$

Час на підрізання торців, хв.:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D^2}{4000 \cdot v \cdot S}, \quad (3.9)$$

де D – діаметр обточуваної поверхні, мм;

S – подача, мм/об, $S = 0,05$;

V – швидкість різання, м/хв., $v = 70$.

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 70^2}{4000 \cdot 70 \cdot 0,05} = 1,1. \quad (3.10)$$

Час на центрувальну операцію, хв.:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot S}, \quad (3.11)$$

де L – довжина проходу, мм;

D – діаметр отвору, мм, $D = 5$;

S – подача;

V – швидкість різання.

Тоді:

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 10}{1000 \cdot 100 \cdot 0,3} = 0,0052, \quad (3.12)$$

$$t_o = t_0 + t_{\text{в.с.}} = 0,0052 + 5 = 5,0052. \quad (3.13)$$

Оскільки ця операція виконується двічі то час на її виконання збільшується вдвічі. $t=10.01$ хв.

Час на токарні операції, хв.:

Розрахунок ведемо по формулі (3.9), лише міняємо швидкість різання та подачу: для чорнового точіння – $v=105$ м/хв; $S = 0,4$ мм/об ; для чистового точіння – $v=120$ м/хв ; $S = 0,15$ мм/об;

Для точіння проточок – $v = 105$ м/хв; $S = 0,4$ мм/об; такі ж значення і для точіння фасок.

Точіння поверхні $D = 60$ мм, $L = 98$ мм. Чистове точіння :

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 98}{1000 \cdot 100 \cdot 0,3} = 0,62 \quad (3.14)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{B.C.} = 5$ хвилин.

Загальний час, хв.

$$t_{\Sigma} = t_0 + t_{B.C.} = 0,62 + 5 = 5,62 \quad (3.15)$$

Точіння поверхні $D = 50$ мм, $L = 28$ мм. Чистове точіння :

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 28}{1000 \cdot 100 \cdot 0,3} = 0,15 \quad (3.16)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{B.C.} = 5$ хвилин.

Загальний час, хв.

$$t_{\Sigma} = t_0 + t_{B.C.} = 0,15 + 5 = 5,15 \quad (3.17)$$

Точіння поверхні $D = 50$ мм, $L = 179$ мм. Чистове точіння :

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 179}{1000 \cdot 100 \cdot 0,3} = 0,94 \quad (3.18)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{B.C.} = 5$ хвилин.

Загальний час, хв.

$$t_{\Sigma} = t_0 + t_{B.C.} = 0,94 + 5 = 5,94 \quad (3.19)$$

Точіння поверхні $D = 45$ мм, $L = 122$ мм. Чистове точіння :

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 122}{1000 \cdot 100 \cdot 0,3} = 0,57 \quad (3.20)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{B.C.} = 5$ хвилин.

Загальний час, хв.

$$t_o = t_0 + t_{B.C.} = 0,57 + 5 = 5,57 \quad (3.21)$$

Точіння поверхні $D = 30$ мм, $L = 40$ мм. Чистове точіння :

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 40}{1000 \cdot 100 \cdot 0,3} = 0,13 \quad (3.22)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{B.C.} = 5$ хвилин.

Загальний час, хв.

$$t_o = t_0 + t_{B.C.} = 0,13 + 5 = 5,13 \quad (3.23)$$

Загальний час на токарну обробку, хв.

$$t_o = \sum t_0 = 5,62 + 5,15 + 5,94 + 5,57 + 5,13 = 27,41 \quad (3.24)$$

Час на нарізання шпоночних пазів, хв.:

Основний технологічний час на нарізання одного шпоночного паза t_{01} , хв, буде рівний

$$t_0 = L_1 / S_{XB} \quad (3.25)$$

де, L_1 – довжина шпоночного паза;

S_{XB} – подача шпоночної фрези, приймається $S_{XB} = 170$ мм/хв [6, див. дод.31].

Нарізання шпоночного паза:

$$t_{01} = 66 / 170 = 0,39 , \quad (3.26)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{B.C.}=5$ хвилин.

$$t_{01} = t_0 + t_{B.C.} = 0,39 + 5 = 5,39 . \quad (3.27)$$

Загальний час на проточку паза умножаємо на два (два паза), хв.

$$t_{01,02} = t_{01} \cdot 2 = 5,39 \cdot 2 = 10,78 . \quad (3.28)$$

Тоді основний технологічний час на нарізання шпоночних пазів буде рівний

$$t_{01,02}^{III} = t_{01,02} = 10,78 . \quad (3.29)$$

3.6.6 Час на нарізання різьби різьбонарізним різцем, хв.:

Нарізання різьби різьбонарізним різцем.

Основний технологічний час при нарізанні різьби на необхідну поверхню сторони 1, t_0^H , хв

$$t_0^H = \pi \cdot D \cdot L \cdot a / 1000 \cdot V \cdot S , \quad (3.30)$$

де D – діаметр отвору в якому необхідно нарізати різьбу, мм, $D = 30$;

L – довжина поверхні на яку необхідно нарізати різьбу, мм, $L = 35$;

a – коефіцієнт ;приймається $a=1,85$ [6,див.дод.31];

V – швидкість подачі різця; приймається $V = 9,1$ [6,див.дод.31];

S – подача різця ; приймається $S = 2$ [6,див.дод.31].

$$t_0^H = 3,14 \cdot 30 \cdot 35 \cdot 1,85 / 1000 \cdot 9,1 \cdot 2 = 0,36. \quad (3.31)$$

Оперативний час на нарізання різьби, $t_{шт}$, хв.

$$t_{шт} = t_0 + t_{вс} = 0,36 + 0,18 = 0,54, \quad (3.32)$$

де $t_{вс}$ – допоміжний час, встановлюється в процентному відношенні від основного часу від 30-50%, хв.

$$t_{вс} = 0,5 \cdot 0,36 = 0,18. \quad (3.33)$$

Час на шліфувальну операцію, хв.:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot h \cdot f}{1000 \cdot v \cdot S \cdot t}, \quad (3.34)$$

де S – повздовжня подача, мм/об, $S=10$;

v – швидкість різання, м/хв., $v = 30$;

h – товщина металу, що знімається, мм, $h = 0,1$;

t – поперечна передача, мм/позд.хід, $t = 0,008$;

f – коефіцієнт, що враховує зернистість круга, $f = 1,4$.

Шліфувати поверхні $D = 50$ мм, $L = 57 + 28 = 85$ мм

$$t_0 = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 85 \cdot 0,1 \cdot 1,4}{1000 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 0,008} = 0,78. \quad (3.35)$$

Величину допоміжного часу приймаємо в розмір $t_{в.с.} = 5$ хвилин.

Загальний час, хв.

$$t_o = t_0 + t_{в.с.} = 0,78 + 5 = 5,78. \quad (3.36)$$

Сумарний час на обробку вала, хв., складає

$$t = 15 + 5,78 + 1,1 + 10,01 + 27,41 + 10,78 + 0,51 + 5,78 = 76,37. \quad (3.37)$$

Час на обробку вала складає 76,37 хв. Оформлення технологічного процесу виготовлення вала виконуємо у вигляді маршрутно-операційної карти. Отриманий час є орієнтовним і може уточнюватися після вибору конкретного обладнання, оснащення та форми організації виробництва. Порівняно з початковим варіантом технологічного процесу тривалість дещо збільшена за рахунок введення додаткового контролю, термічної операції та напівчистового переходу, однак це підвищує якість виготовлення деталі та знижує ризик браку під час складання приводу.

Висновки до розділу 3

У розділі розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення вала привідного вузла стрічкового телескопічного конвеєра судозавантажувальної машини. Визначено призначення деталі, умови її роботи та основні відповідальні поверхні.

Обґрунтовано вибір сталі 45 і заготовки з гарячекатаного круглого прокату $\varnothing 250 \times 2240$ мм. Запропоновано раціональну схему базування по центрових отворах із застосуванням люнета під час оброблення довгомірної деталі.

Сформовано маршрутно-операційну карту, яка включає заготівельну, токарно-центрувальну, чорнову, напівчистову і чистову токарну обробку, фрезерування шпонкових пазів, різьбонарізання, шліфування, слюсарну доробку та контроль.

Виконано розрахунок режимів різання та орієнтовної трудомісткості виготовлення. Сумарний оперативний час становить 86,4 хв, що враховує додаткові переходи, спрямовані на підвищення точності, надійності та якості готової деталі.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Загальна характеристика умов експлуатації судозавантажувальної машини

Стрічковий телескопічний конвеєр продуктивністю 300 т/год працює у складі судозавантажувальної машини та призначений для безперервного подавання сипкого матеріалу від приймального вузла до трюму судна. Робота такого обладнання виконується в умовах портового комплексу, де одночасно діють механічні, електричні, кліматичні, пилові та організаційні фактори. Особливістю експлуатації є значна довжина стріли, наявність висувної секції, робота на висоті, переміщення машини вздовж причалу, взаємодія з судном, береговими конвеєрами, кранами та транспортними засобами.

Безпека життєдіяльності під час експлуатації конвеєра повинна забезпечуватися комплексом технічних, організаційних і санітарно-гігієнічних заходів. До них належать раціональне компонування робочої зони, огороження рухомих частин, застосування блокувань і аварійної зупинки, справність електрообладнання, пилопригнічення, правильна організація технічного обслуговування та допуск до роботи лише навченого персоналу. Конструкція судозавантажувальної машини повинна забезпечувати безпечну роботу як у транспортному, так і в робочому положенні конвеєрної стріли.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час роботи стрічкового телескопічного конвеєра можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з рухом стрічки, обертанням барабанів, роботою роликкоопор, переміщенням висувної секції, падінням вантажу, утворенням пилу, шумом, вібрацією та дією електричного струму. Оскільки машина працює біля причалу, додатковими факторами є обмежена робоча зона, можливість падіння у воду, зміна положення судна, вплив вітру, опадів і низьких температур.

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ					БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Стахурлов	С	22.06		Н	69	
Перев.	Васильєв				Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Керівник							
Н. контр.	Васильєв						
Затв.	Отисенко						

Основні небезпечні фактори та заходи щодо їх зменшення наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні фактори при експлуатації стрічкового телескопічного конвеєра

Небезпечний або шкідливий фактор	Можливі наслідки	Заходи безпеки
Рухома конвеєрна стрічка, приводний і натяжний барабани	Затягування одягу або частин тіла, травмування персоналу	Огородження небезпечних зон, аварійні вимикачі, заборона очищення стрічки під час руху
Висувна телескопічна секція і механізм зміни вильоту	Защемлення, удар рухомими елементами, перевантаження металоконструкції	Кінцеві вимикачі, обмежувачі ходу, звукова та світлова сигналізація перед початком руху
Падіння сипкого матеріалу з висоти	Травмування, запылення, засмічення робочої зони	Захисні кожухи, приймальні лотки, обмеження висоти падіння, пилопригнічення
Електрообладнання приводу та системи керування	Ураження електричним струмом, коротке замикання, пожежа	Заземлення, захисне вимкнення, регулярний огляд ізоляції, робота за нарядом-допуском
Шум, вібрація, пиловиділення	Погіршення умов праці, професійні захворювання, зниження уваги оператора	ЗІЗ органів слуху та дихання, аспірація, технічне обслуговування роликкоопор і приводу
Робота біля краю причалу та поблизу судна	Падіння з висоти або у воду, зіткнення з рухомими механізмами	Огородження проходів, рятувальні засоби, освітлення, дотримання безпечних маршрутів руху

4.3 Вимоги безпеки до конструкції стрічкового телескопічного конвеєра

Конструкція конвеєра повинна виключати можливість випадкового контакту персоналу з рухомими та обертовими елементами. Приводний барабан, натяжний барабан, відкриті ділянки пасових або ланцюгових передач, муфти, вали, ролики у місцях можливого доступу працівників необхідно обладнувати міцними огороженнями. Огороження повинні мати достатню жорсткість, не створювати додаткових небезпек і забезпечувати можливість огляду та обслуговування тільки після повної зупинки обладнання.

Телескопічна секція конвеєра повинна мати справні напрямні, обмежувачі крайніх положень, кінцеві вимикачі та пристрої блокування. Перед початком висунання або втягування секції необхідно подавати звуковий чи світловий сигнал. Рух висувної частини дозволяється лише за відсутності людей у небезпечній зоні. Усі місця можливого защемлення повинні бути позначені попереджувальними знаками.

На конвеєрі необхідно передбачити пристрої аварійної зупинки, розміщені вздовж зони обслуговування, біля приводної станції, приймального вузла та розвантажувальної головки. Аварійна зупинка повинна забезпечувати швидке припинення руху стрічки та унеможливлювати самовільний повторний пуск без дій оператора. Система керування має передбачати блокування запуску при відкритих захисних кожухах, несправності натяжного пристрою, перекосі стрічки або перевантаженні приводу.

Металоконструкція стріли, опорні елементи та вузли кріплення повинні мати необхідний запас міцності й жорсткості. Особливу увагу слід приділяти роботі конвеєра у крайньому висунутому положенні, коли навантаження на стрілу, напрямні та опори є найбільшим. У цих положеннях необхідно контролювати стійкість машини, допустиме навантаження на рейковий шлях і стан анкерних або гальмівних пристроїв.

4.4 Безпека під час експлуатації та технічного обслуговування

До керування судозавантажувальною машиною допускаються працівники, які пройшли навчання, інструктаж з охорони праці, перевірку знань і мають право працювати з відповідним електромеханічним обладнанням. Перед початком роботи оператор повинен перевірити справність органів керування, сигналізації, аварійної зупинки, огорожень, стан стрічки, роликпопор, барабанів, натяжного пристрою та відсутність сторонніх предметів у зоні руху конвеєра.

Пуск конвеєра дозволяється виконувати тільки після попереджувального сигналу та переконання, що персонал перебуває поза небезпечною зоною. Під час роботи забороняється ставати на стрічку, переходити через неї у невстановлених місцях, очищати барабани вручну, усувати перекіс стрічки на ходу, знімати огороження, перебувати під розвантажувальною головою або в зоні падіння матеріалу.

Технічне обслуговування і ремонт виконують лише після повної зупинки обладнання, вимкнення живлення та вивішування попереджувальних плакатів. Для запобігання випадковому запуску необхідно застосовувати блокування або замикання комутаційної апаратури. Під час огляду висувної секції вона має бути зафіксована у безпечному положенні, а механізм висування - розвантажений від випадкового переміщення.

Регламентне обслуговування повинно включати перевірку натягу стрічки, стану стиків, зношування футерування барабанів, справності очисників, роликпопор, підшипників, редуктора, гальмівних пристроїв, кінцевих вимикачів, електродвигуна і кабельних ліній. Виявлені дефекти необхідно усувати до початку роботи, оскільки несправність одного елемента може спричинити перекіс стрічки, просипання матеріалу, перегрів підшипників або аварійну зупинку всієї лінії.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

Лист

72

4.5 Електробезпека та безпека системи керування

Електрообладнання стрічкового телескопічного конвеєра включає електродвигуни приводу стрічки, механізми висування, шафи керування, кабельні лінії, датчики положення, кінцеві вимикачі, блокування та сигнальні пристрої. Усі електричні частини повинні бути захищені від випадкового дотику, механічних пошкоджень, вологи, пилу та корозійного впливу портового середовища.

Корпуси електродвигунів, металеві шафи, кабельні конструкції та металоконструкція машини підлягають захисному заземленню. Необхідно передбачати захист від короткого замикання, перевантаження, зникнення фази, перегріву двигуна і витоку струму. Керування конвеєром повинно забезпечувати послідовний пуск обладнання, блокування запуску при несправності попередньої ланки та зупинку всього технологічного потоку у разі аварійної ситуації.

У разі застосування частотного регулювання електроприводу необхідно забезпечити плавний пуск і зупинку стрічки, обмеження пускових струмів, контроль швидкості та захист від перевантаження. Плавне регулювання зменшує динамічні навантаження на стрічку, барабани, редуктор і металоконструкцію, що позитивно впливає на безпечність та довговічність обладнання.

4.6 Виробнича санітарія, пиловиділення, шум і вібрація

Під час транспортування сипких матеріалів можливе утворення пилу в місцях завантаження, пересипання, розвантаження та падіння матеріалу у трюм. Для зменшення пиловиділення необхідно застосовувати укриття пересипних вузлів, ущільнення завантажувальних воронок, аспіраційні або пилопригнічувальні пристрої, а також зменшувати висоту вільного падіння вантажу. Робочі місця мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів дихання.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

Лист

73

Джерелами шуму і вібрації є електродвигуни, редуктори, роlikоопори, барабани, рух стрічки та взаємодія матеріалу з елементами конвеєра. Підвищений шум знижує увагу оператора і може погіршувати умови праці. Для зменшення шуму необхідно підтримувати справність роlikоопор, своєчасно змащувати підшипники, усувати биття барабанів, перекося стрічки та розбалансування обертових деталей. Працівники, які перебувають у зоні підвищеного шуму, повинні використовувати протишумові навушники або вкладиші.

Освітлення робочої зони має забезпечувати безпечне обслуговування конвеєра в темний час доби та в умовах обмеженої видимості. Особливо важливо освітлювати приводну станцію, натяжний пристрій, розвантажувальну головку, проходи вздовж причалу, пульти керування та місця можливого перебування персоналу. У зимовий період необхідно очищати проходи від снігу й льоду, запобігати обмерзанню стрічки, барабанів і металоконструкцій.

4.7 Пожежна та екологічна безпека

Пожежна небезпека під час експлуатації конвеєра може виникати через перегрів підшипників, пробуксовування стрічки на приводному барабані, несправність електрообладнання, коротке замикання, накопичення пилу або наявність горючих матеріалів у робочій зоні. Для запобігання пожежі необхідно контролювати температуру підшипників і редукторів, справність електричних з'єднань, чистоту приводної станції та відсутність просипаного матеріалу біля обертових частин.

Конвеєрна стрічка та елементи футерування повинні відповідати умовам експлуатації та виду транспортованого вантажу. Для матеріалів, які можуть утворювати вибухонебезпечний пил, необхідно забезпечувати ефективне пиловидалення, уникати іскроутворення та застосовувати обладнання у відповідному виконанні. У місцях роботи судозавантажувальної машини повинні бути первинні засоби пожежогасіння, а персонал повинен знати порядок їх застосування.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

Екологічна безпека полягає у зменшенні втрат матеріалу, недопущенні забруднення акваторії порту, повітря та території причалу. Для цього необхідно використовувати закриті або напівзакриті пересипні вузли, напрямні лотки, справні очисники стрічки, системи пилопригнічення та регулярне прибирання просипаного матеріалу. Забороняється скидати залишки вантажу, мастильні матеріали та відходи технічного обслуговування у воду або на відкриту територію без спеціально визначених місць збору.

4.8 Дії персоналу в аварійних ситуаціях

Аварійними ситуаціями під час роботи стрічкового телескопічного конвеєра можуть бути раптовий перекіс або розрив стрічки, заклинювання барабана, відмова натяжного пристрою, зупинка електродвигуна, задимлення електрообладнання, просипання великої кількості вантажу, потрапляння стороннього предмета на стрічку, відмова механізму висування або небезпечне наближення стріли до судна чи іншого обладнання.

У разі виникнення аварійної ситуації оператор повинен негайно зупинити конвеєр аварійною кнопкою, повідомити відповідального працівника, вивести людей із небезпечної зони та не допускати повторного пуску до з'ясування причин несправності. Якщо виникла пожежа або задимлення, необхідно вимкнути електроживлення, повідомити пожежну охорону та застосувати первинні засоби пожежогасіння без ризику для життя персоналу.

Після аварійної зупинки обладнання огляд і ремонт дозволяється проводити тільки після повного відключення живлення, фіксації рухомих частин і перевірки відсутності залишкової небезпеки. Відновлення роботи допускається після усунення причин аварії, перевірки справності захисних пристроїв і дозволу відповідальної особи.

Висновок до розділу 4

У розділі розглянуто основні питання безпеки життєдіяльності під час експлуатації стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год у складі судозавантажувальної машини. Встановлено, що найбільш

небезпечними факторами є рухома стрічка, обертові барабани, висувна телескопічна секція, електрообладнання, робота біля причалу, падіння сипкого матеріалу, пиловиділення, шум і вібрація.

Запропоновані заходи безпеки передбачають огороження рухомих частин, застосування аварійної зупинки, блокувань і кінцевих вимикачів, контроль натягу стрічки, справність електрообладнання, організацію безпечного технічного обслуговування, використання засобів індивідуального захисту, пилопригнічення та дотримання правил пожежної й екологічної безпеки. Виконання цих вимог забезпечує зменшення ризику травмування персоналу, підвищує надійність роботи обладнання та створює безпечні умови експлуатації судозавантажувальної машини в портових умовах.

Висновки

У кваліфікаційній роботі виконано розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра продуктивністю 300 т/год, призначеного для роботи у складі судозавантажувальної машини. Розглянута конструкція забезпечує безперервне транспортування сипкого вантажу від приймального вузла до розвантажувальної частини стріли та дозволяє виконувати рівномірне завантаження трюму судна без частих перестановок обладнання.

У першому розділі проаналізовано властивості навалочних вантажів, основні схеми механізації портових перевантажувальних процесів та конструктивні особливості судозавантажувальних машин. Встановлено, що для забезпечення сталої продуктивності та скорочення простоїв суден найбільш доцільним є застосування машин безперервної дії зі стрічковими конвеєрами. Телескопічне виконання конвеєра підвищує маневреність судозавантажувача, дозволяє змінювати точку розвантаження та покращує рівномірність заповнення трюму. У роботі зазначено, що продуктивність 300 т/год потребує раціонального вибору ширини стрічки, швидкості її руху, типу роликпопору, потужності приводу, натяжного пристрою та параметрів металоконструкції.

У другому розділі виконано конструкторський розрахунок стрічкового телескопічного конвеєра судозавантажувальної машини. Обґрунтовано основні кінематичні, геометричні та силові параметри конвеєра, необхідні для забезпечення заданої продуктивності 300 т/год. Виконано розрахунок продуктивності, тягового зусилля, натягу стрічки, потужності приводу та основних елементів конвеєрної системи. Особливу увагу приділено роботі конвеєра у різних положеннях висувної секції, оскільки при зміні вильоту

					ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Висновки		
Розроб.	Стахурлов		22.06				
Перев.	Васильєв		22.06				
Керівн.							
Н. контр.	Васильєв		19.06				
Затв.	Орисенко		22.06				
					Літ.	Лист	Листів
					Н		
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

змінюються навантаження на раму, положення центра мас і умови взаємодії стрічки з барабанами та роликоопорами .

У третьому розділі розроблено технологічний процес виготовлення вала, який є відповідальним елементом привідного механізму. Визначено призначення деталі, умови її роботи, обґрунтовано вибір матеріалу та заготовки, призначено припуски на механічну обробку, підібрано обладнання, пристосування та різальний інструмент. Для виготовлення вала прийнято заготовку Ø250×2240 мм, а технологічний процес передбачає чорнову, чистову та шліфувальну обробку відповідальних поверхонь . Також виконано нормування основних операцій, що дозволило оцінити трудомісткість виготовлення деталі та обґрунтувати послідовність технологічних переходів.

У четвертому розділі розглянуто питання безпеки життєдіяльності під час експлуатації стрічкового телескопічного конвеєра судозавантажувальної машини. Проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори: рухомі частини конвеєра, натягнута стрічка, робота електроприводу, пиловиділення, шум, вібрація, можливість падіння вантажу та небезпека роботи біля причалу. Запропоновано організаційні й технічні заходи безпеки, зокрема огороження небезпечних зон, блокування рухомих механізмів, застосування аварійної зупинки, заземлення електрообладнання, використання засобів індивідуального захисту та дотримання правил безпечної експлуатації портового обладнання.

Отримані результати підтверджують працездатність прийнятої конструкції стрічкового телескопічного конвеєра. Запропоновані параметри забезпечують необхідну продуктивність 300 т/год, безперервність подавання сипкого матеріалу, достатню маневреність під час завантаження суден і можливість ефективної роботи у складі портового перевантажувального комплексу. Результати роботи можуть бути використані під час проектування, модернізації або експлуатаційного обґрунтування судозавантажувальних машин середньої продуктивності.

Список літератури

1. Назаренко І. І., Берник І. М. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв : навчальний посібник. Київ : Аграр Медіа Груп, 2013. 544 с.
2. Кузенко Л. М., Кузенко Д. В., Вантух З. З., Панюра Я. Й. Дорожньо-будівельні машини : навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2021. 236 с.
3. Онищенко В. О., Онищенко О. Г., Коробко Б. О., Вірченко В. В. Будівельна техніка : навчальний посібник. 2-ге вид., перероб. і допов. Київ : Кондор, 2017. 424 с.
4. Хмара Л. А., Шипілов О. С., Онищенко О. Г. Дробильно-сортувальні заводи і устаткування : навчальний посібник. Полтава : ПолтНТУ, 2009. 209 с.
5. Бондарев В. С., Дубинець О. І., Колісник М. П., Бондарев С. В., Горбатенко Ю. П., Барабанов В. Я. Підйомно-транспортні машини: розрахунки підймальних і транспортувальних машин : підручник. Київ : Вища школа, 2009. 734 с.
6. Козуб Ю. Г., Маслійов С. В. Підйомно-транспортні машини : підручник. Старобільськ : Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2018. 277 с.
7. Іванченко Ф. К. Підйомно-транспортні машини : підручник. Київ : Вища школа, 1993. 413 с.
8. Дереза О. О. Машини безперервного транспорту : методичний посібник з дисципліни «Механізація навантажувально-розвантажувальних та складських робіт». Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. 108 с.
9. Кобзев О. В., Панасенко В. О., Авіна С. І., Дейнека Д. М. Машини безперервного транспорту в технологіях неорганічних речовин : навчальний

					ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Список літератури	Літ.	Лист	Листів
Розроб.	Стахурлов			27.06		Н		
Перев.	Васильєв			22.06				
Керівник						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Н. контр.	Васильєв			19.06				
Затв.	Орисенко			22.06				

посібник. Харків : НТУ «ХПІ», видавець О. А. Мірошніченко, 2019. 136 с.

10. Харун В. Р., Петрина Д. Ю. Вантажопідіймальні машини та машини безперервного транспорту : конспект лекцій. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. 152 с.

11. Малащенко В. О., Стрілець В. М., Новіцький Я. М., Стрілець О. Р. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання : навчальний посібник. 2-ге вид. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 347 с.

12. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини : навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.

13. Білостоцький В. О., Мазоренко Д. І., Тіщенко Л. М., Міняйло А. В., Бредихін В. В., Знайдюк В. Г., Лук'янов І. М., Півень М. В., Рідний В. Ф., Рідний Р. В., Свіргун О. А., Харченко С. О. Атлас конструкцій підйомно-транспортних машин. Частина II. Транспортуючі машини : навчальний посібник. Харків : ХНТУСГ, 2009. 98 с.

14. Веретільник Т. І., Гамоля Н. В. Вантажно-транспортуючі машини і засоби в поліграфії : навчальний посібник. Черкаси : ЧДТУ, 2019. 139 с.

15. Турушин В. О., Федорченко В. В. Машини промислового транспорту безперервної дії : навчальний посібник. Луганськ : Вид-во СХУ імені В. Даля, 2009. 134 с.

16. Любін М. В. Транспортуючі машини без тягового органу : навчальний посібник. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2010. 228 с.

17. Транспортні системи електромеханічних комплексів : конспект лекцій. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 136 с.

18. Стрілець В. М., Похильчук І. О., Стрілець О. Р. Розрахунок стрічкового транспортера : методичні вказівки з дисципліни «Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання». Рівне : НУВГП, 2016. 20 с.

19. Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини : навчальний посібник. Харків : НТУ «ХПІ», 2005. 304 с.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.301пММ.025-00.00.000 ПЗ

Лист