

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ІННІ/ФАКУЛЬТЕТ Навчально-науковий технологічний інститут
КАФЕДРА Інжинірингу з галузевого машинобудування
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 133 Галузеве машинобудування
ФОРМА НАВЧАННЯ Денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Лис Олександр Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання сталє-фасоно-ливарного цеху Криворізького підрозділу ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод». Модернізація приводу стягувача опок

(повна назва теми)

за матеріалами

Сталє-фасоно-ливарний цех Криворізького підрозділу ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Засельський В. Й.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 23 січня 2026 р № 9

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

Кривий Ріг – 2026

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти Другий (магістерський)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІГМ



(підпис)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.

(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 20 »

ЖОВТНЯ

2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Лис Олександр Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра

Механічне обладнання сталє-фасоно-ливарного цеху Криворізького підрозділу ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод». Модернізація приводу стягувача опок

керівник кваліфікаційної роботи магістра Засельський В. Й., д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» жовтня 2025 р. № 723-ст

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра

Умови виробництва сталє-фасоно-ливарного цеху Криворізького підрозділу ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод». Конструкція та технічна характеристика стягувача опок, інформація про недоліки конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;







4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

2 аркуші формату А1 кресленик загального виду: стягувач опок до модернізації, стягувач опок після модернізації; 2 аркуші формату А1 складальний кресленик: станина, редуктор РМ-650; 1 аркуш формату А3 складальний кресленик: корпус; 1 аркуш формату А1 кресленик деталей: вал-шестерня приводна, вал-шестерня проміжна, колесо зубчасте.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Засельський В. Й., професор	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Засельський В. Й., професор	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Засельський В. Й., професор	 20.10.25	 20.10.25

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	21.11.2025	вик.
2.	Основна частина	15.12.2025	вик.
3.	Організація безпечного виробництва	22.12.2025	вик.
4.	Оформлення пояснювальної записки	26.12.2025	вик.
5.	Виконання графічної частини	12.01.2026	вик.
6.	Подання роботи до кафедри	15.01.2026	вик.
7.	Захист роботи в ЕК	26-31.01.2026	

Здобувач

(підпис)

Лис О. Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Засельський В. Й.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк аркушів	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Наново розроблена			
5						
6	A1	KPM.133.26.13.01.00.00.000.В0	Кресленик загального виду	1	-	
7	A1	KPM.133.26.13.02.00.00.000.В0	Кресленик загального виду	1	-	
8	A4	KPM.133.26.13.ПЗ	Пояснювальна записка	86	-	
9						
10			Документація по			
11			складальним одиницям			
12						
13			Наново розроблена			
14						
15	A3	KPM.133.26.13.02.01.00.000.СБ	Корпус			
16			Складальний кресленик	1	-	
17	A1	KPM.133.26.13.02.02.00.000.СБ	Станина			
18			Складальний кресленик	1	-	
19	A1	KPM.133.26.13.02.04.00.000.СБ	Редуктор РМ-650			
20			Складальний кресленик	1	-	
21						
22						
23						
24						

133.26.13.KPM

Зм.	Арк.	№ документа	Подп.	Дата
Розробив	Лис			15.01.26
Перевірив	Засельський			19.01.26
Н.контр.	Засельський			21.01.26
Затвердив	Засельський			23.01.26

Стягувач опок
Відомість кваліфікаційної роботи

Літ.	Аркуш	Аркушів
М	1	2

ННТІ ДЧЕТ
кафедра ІГМ
гр. ГМ-24м

Копіював

Формат А4

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк аркушів	№ екз.	Примітка	
1							
2			<i>Документація по деталям</i>				
3							
4			<i>Наново розроблена</i>				
5							
6	A3	<i>KPM.133.26.13.02.04.00.013</i>	<i>Вал-шестерня приводна</i>	1	-		
7	A3	<i>KPM.133.26.13.02.04.00.015</i>	<i>Вал-шестерня проміжна</i>	1	-		
8	A3	<i>KPM.133.26.13.02.04.00.016</i>	<i>Колесо зубчасте</i>	1	-		
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
				133.26.13.KPM			Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			2

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти: 86 стор., 18 рис., 15 табл., 1 додаток, 19 джерел.

Об'єкт розробки — привод стягувача опок.

Мета розробки — створення вдосконаленого приводу стягувача опок із покращеними експлуатаційними характеристиками та зниженими витратами на технічне обслуговування.

Метод дослідження — аналітичний — визначення динамічних навантажень у приводі стягувача опок, перевірка нових вузлів та деталей на міцність.

Запропоновані шляхи спрощення конструкції приводу стягувача опок за рахунок встановлення замість конічно-циліндричного редуктора КЦ 2-750 циліндричного двоступінчастого горизонтального редуктора РМ-650 загального призначення. Виконані необхідні розрахунки.

Розроблені заходи щодо монтажу, ремонту та експлуатації модернізованого приводу. Запропоновані заходи щодо організації безпечних умов праці під час експлуатації, обслуговування та ремонту стягувача опок.

Запропонована модернізація приводу дозволити підвищити його ремонтно-придатність, зменшити витрати часу на обслуговування.

Результати роботи можуть бути використані при реконструкції сталеливарної ділянки сталє-фасонно-ливарного цеху Криворізького підрозділу ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод».

Очікуваний економічний ефект від скорочення тривалості ремонтних робіт а також від збільшення часу роботи обладнання складає 11453,43 тис. грн, строку окупності 2,5 року.

Ключові слова: передатний візок, циліндричний редуктор, опока, зубчаста передача.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Характеристика цеху.....	10
1.2 Призначення і область застосування обраної машини, в якості об'єкту дослідження.....	12
1.3 Технічна характеристика машини	13
1.4 Опис конструкції машини	14
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків.....	16
1.6 Формування мети та задач для її досягнення	17
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	19
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	19
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	25
2.3 Аналітичні розрахунки	27
2.3.1 Розрахунки і вибір елементів кінематичної схеми	28
2.3.2 Силевий і кінематичний аналіз механізму	30
2.3.3 Розрахунки потужності привода машини.....	31
2.3.4 Розрахунки на міцність.....	32
2.4 Монтаж, ремонт, змащення.....	50
2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту.....	50
2.4.2 Технологічна карта монтажу.....	50
2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення	56
2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів	60
2.4.5 Змащення.....	63

2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень	66
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	72
3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей	72
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей	73
3.2.1 Засоби індивідуального захисту	75
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої.....	76
3.3 Пожежна профілактика.....	78
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84
ДОДАТКИ.....	86

ВСТУП

В основних напрямках економічного та соціального розвитку країни перед машинобудуванням були поставлені найважливіші завдання підвищення продуктивності праці на основі широкого впровадження нової техніки і прогресивної технології – широкого впровадження роторних, роторно-конвеєрних ліній і інших автоматичних ліній, автоматизованих і роботизованих комплексів, гнучких виробничих систем.

З метою вирішення цього завдання необхідно удосконалювати ремонтне виробництво, забезпечуючи надійну роботу машин і обладнання в усіх галузях народного господарства. Вкрай важливо розвивати фірмовий ремонт і обслуговування силами виробників складної та особливо точного механічного обладнання, забезпечити потреби в запасних частинах до машин і обладнання.

Реконструкція промислових підприємств і їх технічне переозброєння дозволяють у стислі терміни збільшувати потужності і продуктивність обладнання, вирішуючи одночасно найважливіші соціально-економічні задачі з поліпшення умов роботи, скорочення ручної праці.

Одним з головних завдань, що ставляться перед ремонтними службами, є подальше підвищення якості і зниження собівартості ремонту шляхом більш широкого впровадження індустріальних методів і розвитку спеціалізованих потужностей. Максимальне використання діючого обладнання, що має найважливіше значення в вирішенні завдань прискореного розвитку народного господарства країни, вимагає правильної його експлуатації, постійного забезпечення робочого стану та своєчасного ремонту.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика цеху

У сталє-фасонно-ливарному цеху виготовляють заготовки для майбутніх деталей з наступною їх передачею за технологічною лінією виготовлення в механоскладальному виробництві.

Стале-фасонно-ливарний цех складається з наступних ділянок:

- сталеплавильна дільниця;
- шихтова дільниця;
- сумішопідготовча дільниця;
- стрижнева дільниця;
- формувальна дільниця;
- заливально-охолоджувальний конвеєр;
- вибивальні решітки;
- механічна майстерня.

План сталє-фасонно-ливарного цеху представлений на рис. 1.1

Перелік використовуваного обладнання сталє-фасонно-ливарного цеху:

- 1) Сталеплавильна дільниця:
 - електродугові печі;
 - електромостові крани;
 - сталевоз для перевезення сталі у ковші.
- 2) Шихтова дільниця:
 - ваги для зважування шихти;
 - електромостові крани.
- 3) Сумішопідготовча дільниця:
 - бігуни для змішування суміші;
 - стрічкові конвеєра для транспортування готової суміші;

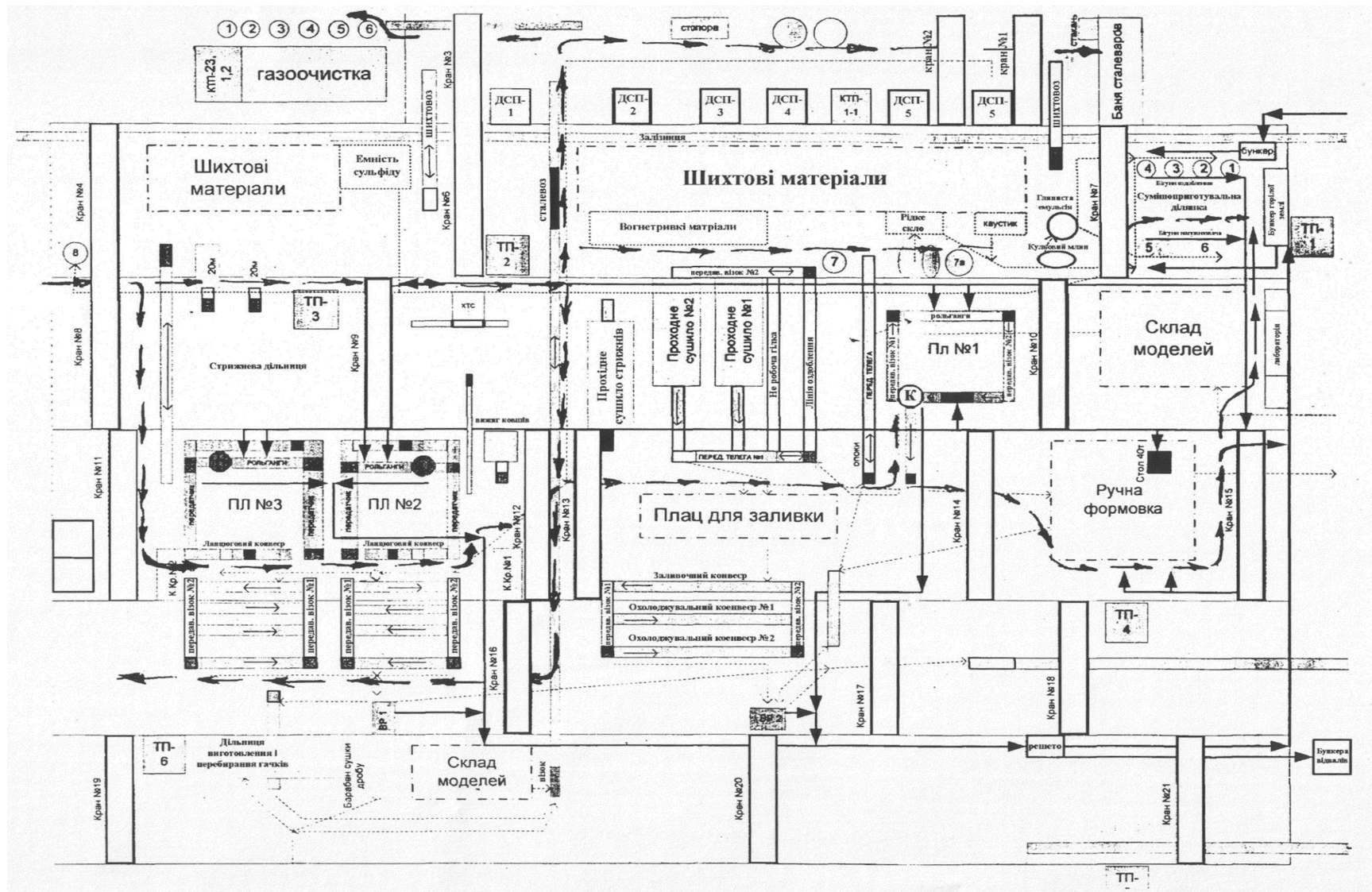


Рис. 1.1. План сталє-фасонно-ливарного цеху

Джерело: дані Криворізького підрозділу ТОВ «ЗЛМЗ»

- 4) Стрижнева дільниця:
 - машина для набивання стрижнів;
 - сушило для сушки готових стрижнів.
- 5) Формувальна дільниця:
 - формувальна машина;
 - секції рольгангів;
 - живильники для засипки суміші;
 - кантувачі;
 - передавальні візки;
 - підпресувальники;
 - ланцюгові конвеєри.
- 6) Заливально-охолоджувальний конвеєр:
 - стягувач;
 - передавальні візки;
 - візки конвеєра.
- 7) Вибивальні решітки:
 - вибивальна решітка;
 - укриття висувне;
 - вентиляція.
- 8) Механічна майстерня:
 - токарні верстати;
 - свердлильні верстати;
 - фрезерні верстати;
 - кран-балка.

1.2 Призначення і область застосування обраної машини, в якості об'єкту дослідження

Стягувач опок працює в сталє-фасонно-ливарному цеху, на ділянці зали-

вальне-охолоджувальних конвеєрів та призначений для пересування опок з передатним візком по колії від місця в цеху, де відбувається цикл подачі сталі в опоку і формування виливки, до охолоджувального конвеєра, який в свою чергу розташований на подвір'ї цеха. Вони поділяються на три типи, що відрізняються між собою вантажем, який пересувають, довжиною і розташуванням кулачка (захвату) щодо каретки.

Стягувач працює циклічно: в один бік постійно транспортує опоки, в інший – постійно рухається порожняком. [1]

1.3 Технічна характеристика машини

Технічна характеристика стягувача опок наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Технічна характеристика стягувача опок

Найменування, одиниці вимірювання	Значення
Вага, що пересувається стягувачем, т	81
Кількість опок, що пересуваються одночасно, шт	9
Вага однієї опоки, т	9
Швидкість пересування вантажу, м/хв	9
Електродвигун асинхронний загального застосування з короткозамкненим ротором	А 61-6
Потужність електродвигуна, кВт	28
Частота обертання привідного валу двигуна, об/хв	975
$M_{\text{поч}}/M_{\text{ном}}$	1,1
Довжина ходу стягувача, м	3
Довжина рейкового шляху, м	9
Тип редуктора	конічно-циліндричний, триступінчастий
Модель редуктора	КЦ2-750
Міжосьова відстань, мм	750
Кутова швидкість, с^{-1}	102
Виконання по передатному числу	III
Загальне передавальне число	73
Потужність на швидкохідному валу редуктора, кВт	10,8

Продовження табл. 1.1

Найменування, одиниці вимірювання	Значення
Короткочасно допустимі діючі моменти на тихохідному валу редуктора, Н·м	30999,6
Допустимі консольні навантаження на кінцях валів, Н:	
– швидкохідного	1962
– тихохідного	15000

Джерело: розроблено із використанням [2]

1.4 Опис конструкції машини

Стягувач опок (рис. 1.2) працює наступним чином, вмикається електродвигун 1, від якого крутний момент передається через зубчасту муфту 2 на триступінчастий конічно-циліндричний редуктор 3. За допомогою конічної та двох циліндричних зубчастих передач обертовий момент на виході з редуктора підвищується, а число обертів – знижується. Від редуктора рух передається через ще одну зубчасту муфту 2 на вісь 4 і кремальєрну шестірню 5, які встановлені у підшипниках кочення 6 в корпусах підшипників 7 привода стягувана. Завдяки передачі кремальєрна шестірня - кремальєрна рейка обертальний рух від привода перетворюється в поступальний рух рейки 8. Кремальєрна рейка 8 є складовою частиною корпусу, стягувана, що складається, окрім неї з полички 9, двох швелерів 10, що утворюють в головній його частині дві щоківини 11. Кремальєрна рейка 8 приварена до поличці 9 знизу, а швелери 10 – згори. В щоківинах 11 виконані по два отвори для циліндричних бонок, що слугують підшипниками ковзання для пари опорних роликів 12 і вісі 13 захвату 14. Завдяки опорним роликам 12 корпус стягувана спирається на рейковий шлях 15 і може пересуватися по цьому шляху. Оскільки обпирання корпусу на опорні ролики можливе тільки в його головній частині, для запобігання перекиду корпусу стягувача в його найбільш віддаленій від приводу стягування позиції і надійного зчеплення зубців рейки з зубцями шестірні приводу стягувача обладнаний парою направляючих роликів 16, які закріплені в підшипниках кочення 17 в верхніх частинах корпусів

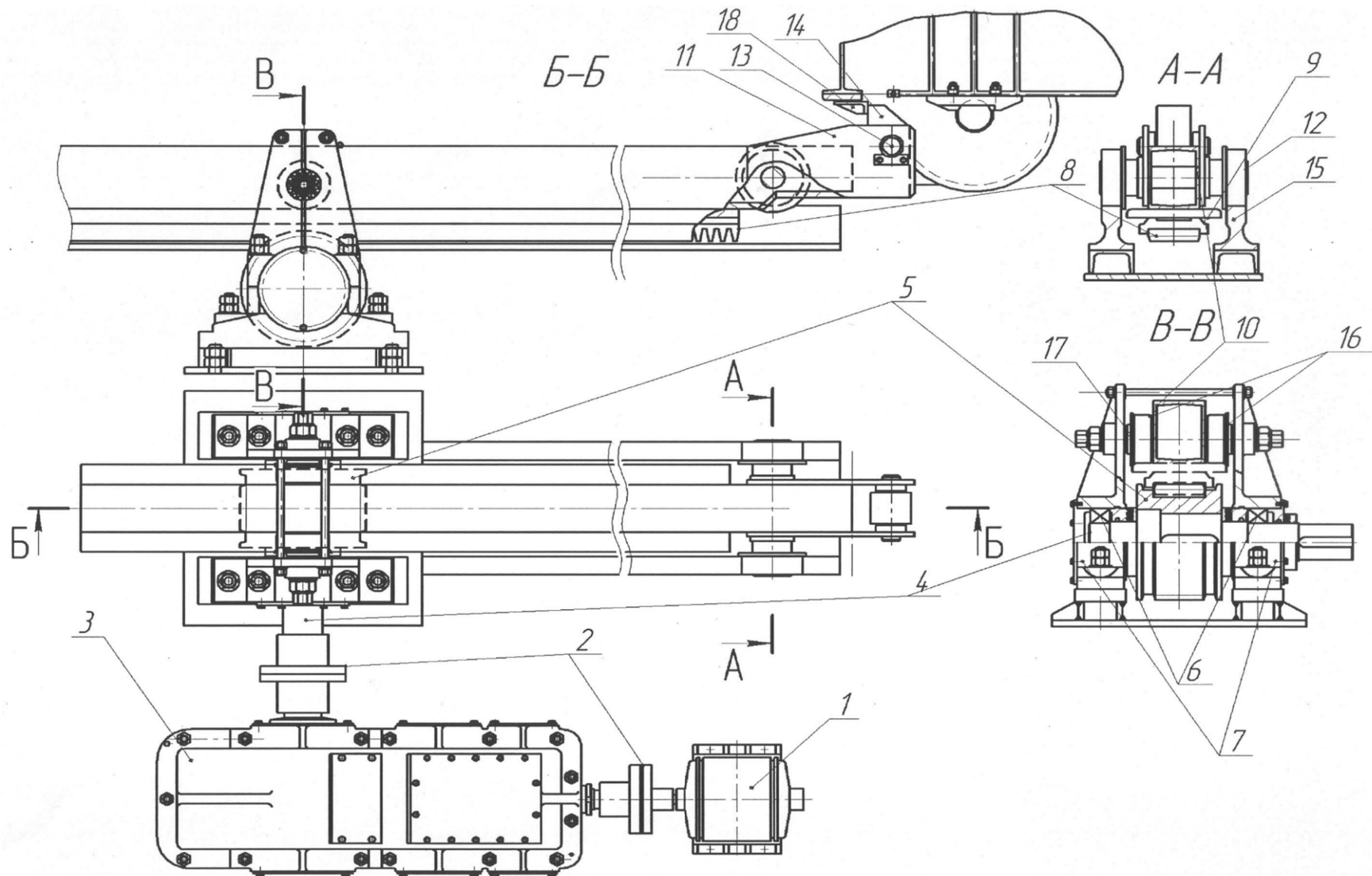


Рис. 1.2. Конструкція стягувача опок
 Джерело: Розроблено із використанням [3]

підшипників 7 привода стягування. Поличка 9 упирається в направляючі ролики 16 знизу, що унеможливорює перекид хвостового кінця корпусу стягувача вгору. Крім того направляючі ролики 16 мають реборди, які запобігають зсуву полички 9 в поперечному напрямку.

Захват опоки стягувачем відбувається таким чином. При русі стягувача порожняком до місця завантаження передатним візком із опокою захват 14 має транспортувальне положення. До днища передатного візка приварений упор 18, зтикаючись з яким захват 14 повертається навколо своєї вісі 13 і падає у протилежний бік, опинившись, таким чином у холостому положенні. Після того, як захват 14 стягувача проїхав упор 18, під дією ваги більш важкого нижнього кінця, знову повертається навколо вісі 13 в транспортувальне положення. Механізм готовий до транспортування нового передатного візка – вмикається реверс двигуна і стягувач починає рух в протилежному напрямку. Захват 14 зачіпає упор 18 і таким чином захоплює і транспортує черговий передатний візок з опокою на протилежний кінець рейкового шляху. Наприкінці цього шляху двигун вимикається, стягувач зупиняється. Після цього вмикається реверс електродвигуна і стягувач від'їжджає у протилежний бік. Упор 18 при цьому залишається з протилежного боку і не заважає захвату 14 у піднятому транспортувальному положення разом зі стягувачем рухається до місця завантаження черговим передатним візком з опокою. Зубчаста рейка 8 жорстко з'єднана з відкидним хомутом, за допомогою якого відбувається процес стягування опоки з передатного візка на охолоджувальний конвеєр наприкінці робочого шляху.

Дві зубасті муфти 2, якими оснащений привод стягувача, запобігають його перевантаженню в тому випадку, якщо вага вантажу, що пересувається, перевищує на 15% нормовану. В разі перенавантаження відбувається зріз болтів на зубчастій муфті і рух стягувача зупиняється.

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків

Недоліків в конструкції самого стягувача не виявлено. Завдяки простоті

конструкції та з огляду на велику довжину шляху пересування передатного візку з опокою зубчаста пара «кремальєрна шестірня-кремальєрна рейка» є ідеальним механізмом для перетворення обертального руху вихідного валу двигуна в поступальний рух корпусу стягувана. Але робота конічне-циліндричного редуктора в умовах важкого навантаження викликає нарікання. Відсутність надійної опори консольне закріпленої конічної вал-шестірні, що є першою ступеню редуктора, призводить до її перекосу в опорах. Як наслідок – зміна бічного зазору в зубчастому зчепленні та знос зубчастих поверхонь конічної пари при великих навантаженнях.

Ще одним не менш важливим недоліком є те що при великих навантаженнях відбувається зсув конічної вал-шестірні і, як наслідок, часте руйнування радіальних підшипників кочення, що не можуть протистояти осьовим навантаженням.

Крім того конічні передачі дорожчі в виготовленні та складніше у монтажі, мають нижчий ККД, рівний для трьохступеневого конічно-циліндричного редуктора 0,91.

Отже, до можливих недоліків можна віднести наступні:

- перевищення навантаження на двигун в порівнянні з розрахунковим;
- відсутність надійної опори консольне закріпленої конічної вал-шестерні;
- зміна бічного зазору в зубчастому зчепленні;
- знос зубчастих поверхонь конічної передачі;
- руйнування радіальних підшипників кочення;
- велика вартість і тривалість ремонту;
- низьке ККД, що дорівнює 0,91.

1.6 Формування мети та задач для її досягнення

Метою кваліфікаційної роботи є створення вдосконаленого приводу стягувача опок із покращеними експлуатаційними характеристиками та зниженими

витратами на технічне обслуговування.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести огляд сучасних інноваційних конструкцій і технічних рішень, зосередивши увагу на їхньому реальному застосуванні;
- спроектувати оновлену модель привода стягувача, визначивши її ключові параметри та переваги;
- виконати всебічні інженерні розрахунки для підтвердження міцності, надійності та працездатності запропонованої конструкції;
- підготувати розгорнуті рекомендації щодо встановлення в проєктне положення, технічного обслуговування й ремонту для підвищення експлуатаційної ефективності;
- розробити систему заходів із посилення безпеки під час роботи та сервісного обслуговування обладнання, а також методи мінімізації впливу небезпечних і шкідливих чинників.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

Відоме авторське свідоцтво [4], яке відноситься до штовхаючих конвеєрів, мета котрого — підвищення надійності роботи конвеєра.

Штовхаючий конвеєр (рис. 2.1) містить, робочий орган, встановлений з можливістю зворотно-поступального переміщення між нерухомими напрямними, з розміщеними на ній штовханами, вантажонесучий орган з веденим елементом, розташованим з можливістю взаємодії зі штовханами, опорні елементи для робочого органу і привід останнього, що відрізняється тим, що, з метою підвищення надійності конвеєра в роботі, опорні елементи для робочого органу виконані у вигляді ряду роликів, розташованих між нерухомими направляючими, а робочий орган виконаний у вигляді гнучкої балки з ланок, шарнірно сполучених між собою за допомогою вертикальних осей, причому кожен штовхач виконаний у вигляді вертикального ролика з конусоподібною робочою поверхнею, а ведений елемент виконаний у вигляді упору односторонньої дії з похилою опорною поверхнею для штовхана, при цьому кути нахилу до вертикалі опорної поверхні упору і твірної конусоподібною робочою поверхні штовхана рівні між собою.

Вантажний візок 9 (див. рис. 2.1) виконаний з відкидною планкою (П) 10 і переміщається при взаємодії з нею штовханів у вигляді роликів (Р) 8 з конусоподібною робочою поверхнею. Встановлені Р 8 на гнучкій балці (ГБ) 3 що переміщається по рольгангу 2, розташованому в порожнині коробчатої рами 1. Приводом ГБ 3 є тяговий канат 11. Кути нахилу до вертикалі опорної поверхні П 10 і твірній конусоподібній робочій поверхні Р 8 рівні між собою. При русі ГБ 3 в одному напрямі Р 8 взаємодіють з П 10 і переміщують візок 9. При русі ГБ 3 у зворотному напрямі Р 8 відхиляють відкидну П 10 і вона повертається в початкове положення. При зсуві ГБ 3 при бічних перешкодах Р 8 перекочуються по П 10, а розташування опорної поверхні П 10 під кутом забезпечує підтискання ГБ

З до Р 8 рольганга 2.

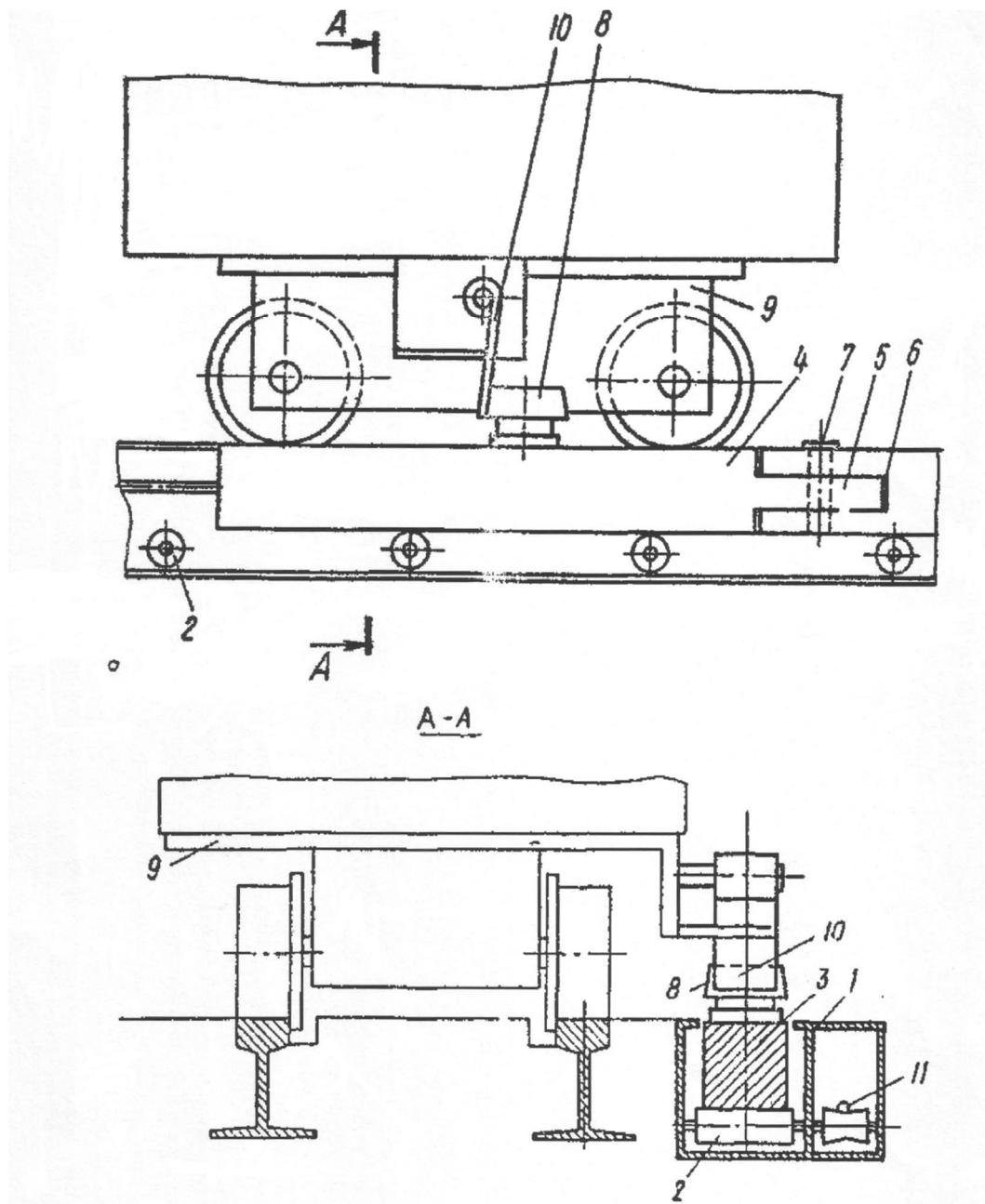


Рис. 2.1. Штовхаючий конвеєр

Джерело: Розроблено із використанням [4]

Також відомий пристрій для переміщення [5], що містить встановлений з можливістю зворотно-поступального переміщення по нерухомій рамі штовхач, пов'язане з силовим циліндром зубчате колесо і дві рейки, одна з яких закріплена на штовхачі і розташована в зачепленні із зубчатим колесом, що відрізняється

тим, що, з метою підвищення надійності роботи і продуктивності пристрою, воно забезпечене встановленою з можливістю зворотно-поступального переміщення по нерухомій рамі кареткою, приводом переміщення каретки у вигляді розташованого на нерухомій рамі силового циліндра і, щонайменше, однією шестернею, пов'язаною із зубчастим колесом, при цьому інша рейка закріплена на каретці і розташована в зачепленні з шестернею, а силовий циліндр для переміщення зубчастого колеса встановлений, на каретці.

Пристрій містить встановлений з можливістю возвратно-поступательного переміщення по нерухомій рамі штовхач (Шт) 2 (див. рис. 2.2-2.4), пов'язане з силовим циліндром зубчасте колесо (ЗК) 7 і дві рейки (Р) 12, 18. Р 18 закріплена на Шт 2 і розташована в зачепленні із ЗК 7. При цьому пристрій забезпечений встановленою з можливістю зворотно-поступального переміщення по нерухомій рамі кареткою (К) 3, приводом переміщення К 3 у вигляді розташованого на нерухомій рамі силового циліндра (СЦ) 4 і щонайменше однією шестернею (Ш) 8, пов'язаною із ЗК 7. При цьому Р 12 закріплена на К 3 і розташована в зачепленні з Ш 8, а СЦ 9 для переміщення ЗК 7 встановлений на К 3. Штоки СЦ 4 і 9 втягнуті. Після подачі робочого тіла в поршневу порожнину СЦ 4 шток 5 переміщає К 3. При переміщенні К 3 переміщуються Шт 2 і через упор 15 – вантаж. При розгоні вантажу висувається шток СЦ 9, і Ш 8 переміщаються відносно Р 18. При цьому ЗК 7 має велику швидкість обертання, і ліквідується розрив, що утворюється при розгоні між упором 15 і вантажем 16, за рахунок чого забезпечується плавність переміщення вантажу

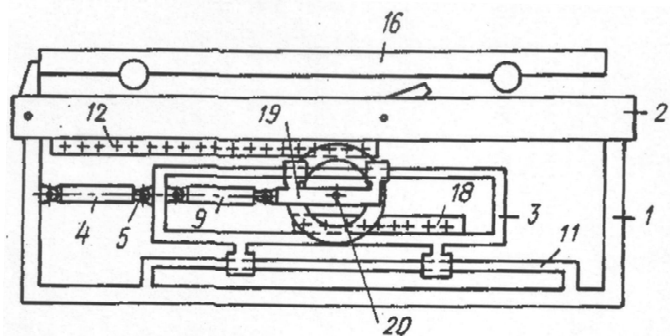


Рис. 2.2. Вхідне положення пристрою для переміщення вантажу

Джерело: Розроблено із використанням [5]

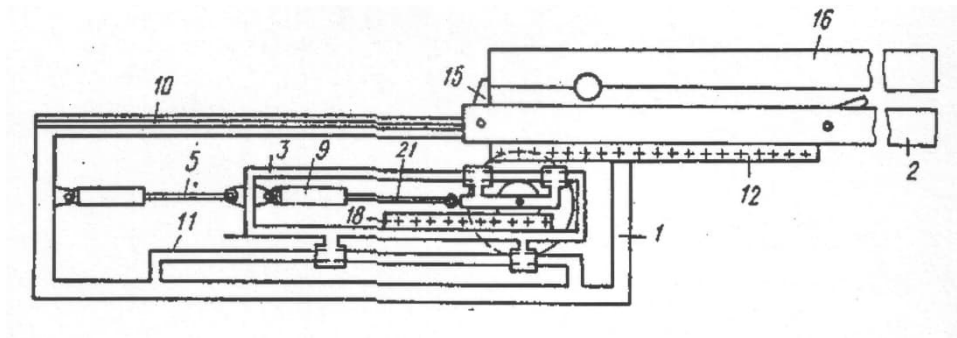


Рис. 2.4. Пристрій для переміщення вантажу у крайньому правому положенні

Джерело: Розроблено із використанням [5]

Відома корисна модель [6], яка належить до підйомно-транспортного обладнання, зокрема для вантажопідйомних гідравлічних пристроїв і може бути використана як маніпулятор-навантажувач або як навісний робочий орган.

Основною метою запропонованої корисної моделі є створення універсального, адаптивного, безпечного та відносно недорогого пристрою для переміщення вантажів, позбавленого властивих аналогам недоліків. Конструкція повинна забезпечувати можливість транспортування й підймання вантажів практично будь-якої маси, а також дозволяти працювати в заглибленнях — траншеях або ямах — з можливістю агрегування та швидкого адаптування до тракторів чи інших транспортних засобів, оснащених стандартною зчіпкою.

Ключовою особливістю запропонованої конструкції є її простота та здатність до адаптації під різні експлуатаційні умови. Передбачена можливість встановлення додаткових гідроциліндрів у разі потреби. Низька металоємність конструкції забезпечує невисоку собівартість і помірну масу.

Поставлене завдання реалізовано шляхом створення пристрою для переміщення вантажів (рис. 2.5), що включає навісну раму 1, несучу раму 2, кронштейни 3, щонайменше один вертикальний гідроциліндр 4 та кронштейн для встановлення гака 5. Згідно з конструктивним рішенням, несуча рама обладнана принаймні одним кронштейном для кріплення гака, а сам кронштейн містить гак. При цьому несуча рама виконує функцію стріли.

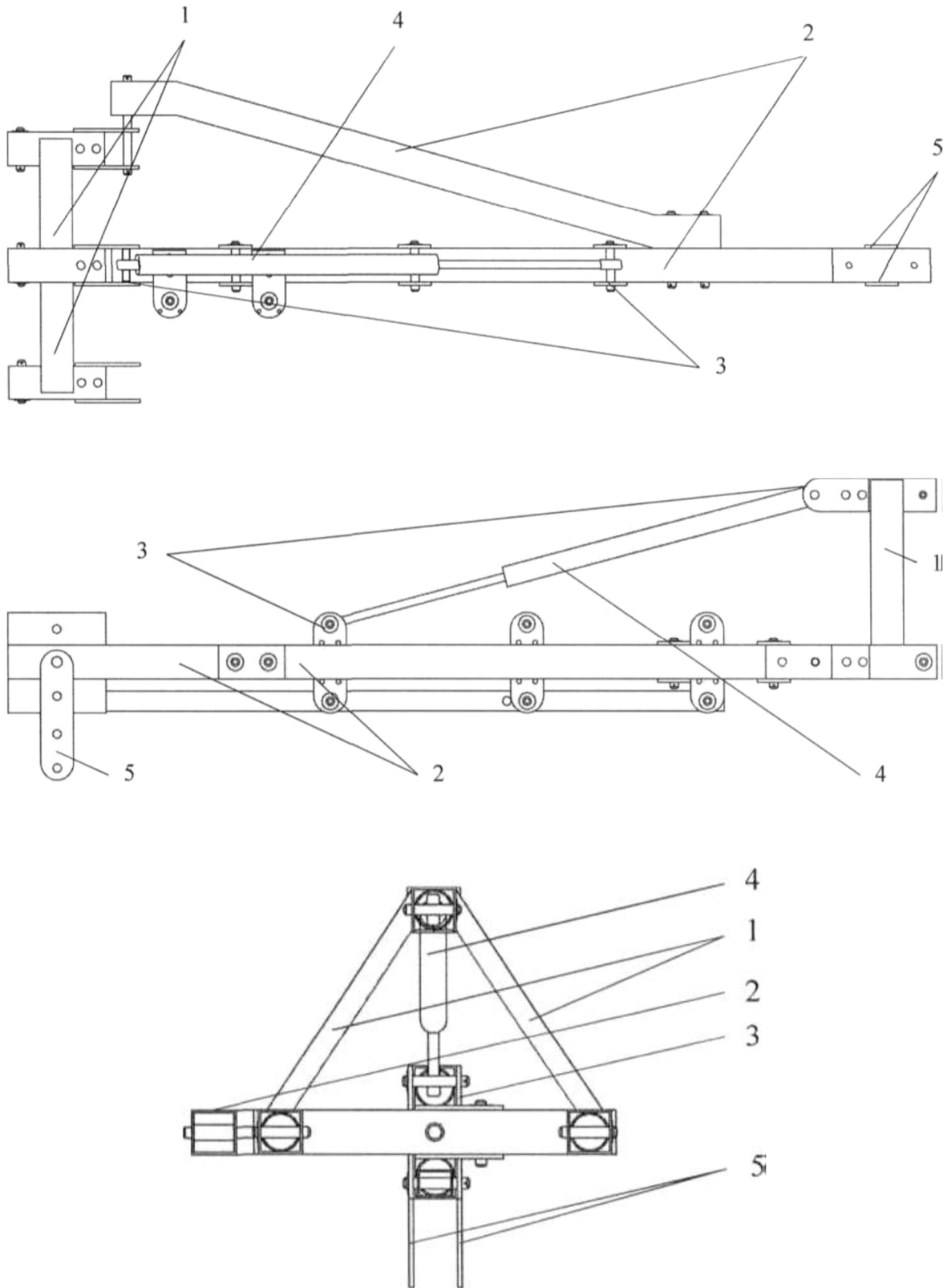


Рис. 2.5. Пристрій для переміщення вантажів

Джерело: Розроблено із використанням [6]

Сутність корисної моделі розкривають креслення, на яких подано схематичне зображення пристрою: навісна рама – 1; несуча рама – 2; кронштейн – 3; вертикальний гідроциліндр – 4; кронштейн для гака – 5.

Переміщення вантажів по поверхні здійснюється завдяки шарнірному з'єднанню між навісною та несучою рамами, яке приводиться в дію гідроциліндром. Це рішення є спрощеним і більш економічним порівняно з використанням телескопічної стріли. Крім того, конструкція може складатися у компактне положення, що дає змогу трактору або іншому транспортному засобу, агрегатованому з пристроєм, додатково буксирувати причеп із вантажем.

Функціональна концепція моделі полягає в тому, що пристрій забезпечує переміщення та піднімання вантажів широкого діапазону мас, а також дає змогу виконувати роботи в заглиблених ділянках місцевості. Він може бути приєднаний до будь-якої техніки, яка має відповідну зчіпку та можливість підключення гідросистеми.

Виготовлення пристрою можливе з різних матеріалів — металів, композитів, пластмас або їх комбінацій. Окрім перенесення вантажів, пристрій може застосовуватися для прибирання територій шляхом переміщення сипких матеріалів чи снігу, що робить його універсальним для промислового, комунального та сільськогосподарського секторів.

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

Для модернізації стягувана опок доцільно застосувати таке технічне рішення: замінити конічно-циліндричний редуктор моделі КЦ2-750 на циліндричний редуктор типу РМ-650 (див рис. 2.6).

Корпус редуктора виготовлено з чавуну методом лиття та виконано з горизонтальним роз'ємом, площа якого проходить через осі валів. Така конструкція є зручною під час монтажу та подальших ремонтних робіт. Підшипники валів закриті кришками з прокладками, що дозволяє регулювати ступінь їх затиснення та запобігає осьовому зміщенню валів. Це, у свою чергу, мінімізує ризик

передчасного виходу підшипників з ладу та збільшує загальний ресурс роботи редуктора.

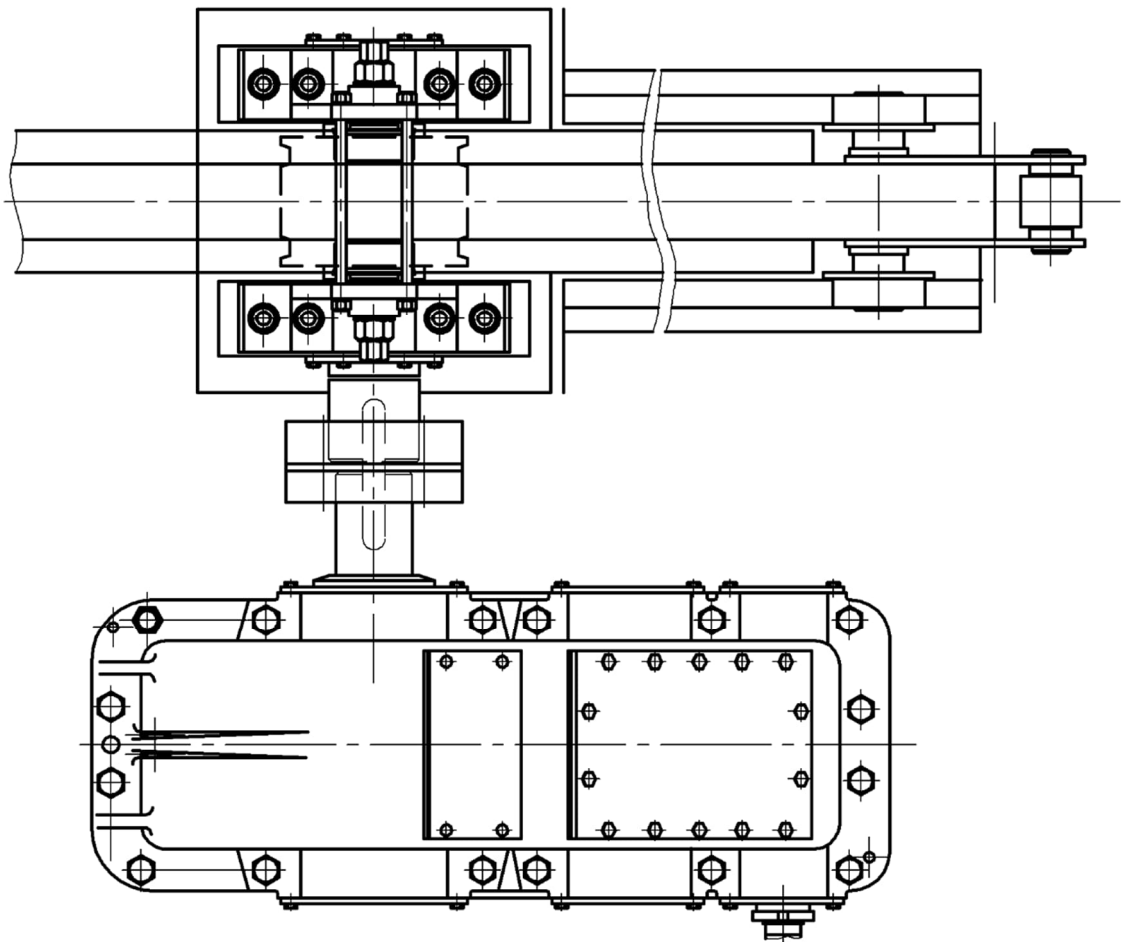


Рис. 2.6. Конструкція модернізованого приводу
(розроблено автором)

У кришках підшипників, через які виходять вали, передбачені ущільнення, що захищають передачі та підшипникові вузли від потрапляння пилу та інших забруднень. У верхній частині корпусу розміщено отвір під заливання мастила, закритий кришкою, а також віддушину. У нижній частині корпусу встановлено мастиловказівник і передбачено зливний отвір із пробкою для видалення відпрацьованого мастила.

Модернізація стягувана істотно вплине на підвищення його працездатності. У вдосконаленій конструкції редуктор міститиме значно меншу кількість деталей та складових елементів, що спростить ремонт і скоротить його тривалість,

а відповідно — і вартість технічного обслуговування. Редуктор РМ-650 має компактні габарити й невелику масу, що спрощує його демонтаж, транспортування та встановлення. На відміну від нього, редуктор КЦ2-750 є більш громіздкий, його демонтаж та ремонт займають приблизно дві доби за участю більшої кількості ремонтного персоналу. Для редуктора РМ-650 ці роботи тривають близько однієї доби та потребують менше фахівців.

Отже, модернізація з використанням редуктора РМ-650 сприятиме скороченню капітальних витрат на ремонт, підвищенню довговічності та поліпшенню експлуатаційних характеристик стягувана. Разом зі зміною редуктора необхідно також встановити електродвигун із меншою частотою обертання вихідного валу, оскільки новий редуктор має менше передатне число.

2.3 Аналітичні розрахунки

Технічна характеристика пропонованого редуктора наведена в табл. 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1

Технічна характеристика редуктора РМ-650

Найменування параметра, одиниці вимірювання	Значення
Тип редуктора	циліндричний, двоступінчастий
Модель редуктора	РМ-650
Міжосьова відстань, мм	650
Кутова швидкість, c^{-1}	102
Виконання по передатному числу	I
Загальне передавальне число	48,57
Потужність на швидкохідному валу редуктора, кВт	23,5
Короткочасно допустимі діючі моменти на тихохідному валу редуктора, Н·м	65200
Допустимі консольні навантаження на кінцях валів, Н	
- швидкохідного	1900
- тихохідного	114000

Примітка. Джерело: розроблено із використанням [7]

Характеристика ступенів редуктора

Найменування параметра, одиниці вимірювання	Значення за ступенями	
	I	II
Модуль нормальний, мм	5	8
Ширина коліс, мм	100	160
Кут нахилу зубів	8°6'34''	8°6'34''
Число зубів, шт		
- шестерень	11	14
- коліс	88	85

Примітка. Джерело: розроблено із використанням [7]

2.3.1 Розрахунки і вибір елементів кінематичної схеми

На рис. 2.7 зображено кінематичну схему стягувача опок до модернізації.

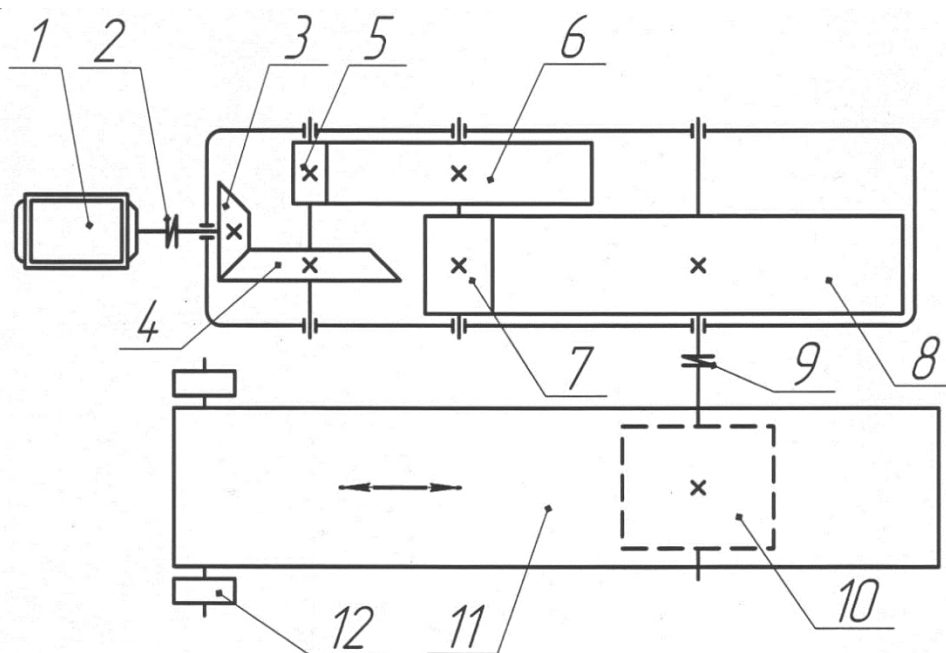


Рис. 2.7. Кінематична схема стягувача опок до модернізації

(розроблено автором)

Базовий привод містить:

1 - електродвигун;

2, 9 - муфта зубчаста;

3 - вал-шестерня конічна $m = 6,5; z = 16$; Сталь 40Х; НВ 240-280;

4 - колесо зубчасте конічне $m = 6,5; z = 55$; Сталь 45; НВ 200-230;

5 - вал-шестерня: $m = 6; z = 22$; Сталь 40Х; НВ 240-280;

6 - колесо зубчасте $m = 6,5; z = 77$; Сталь 45; НВ 200-230;

7 - вал-шестерня: $m = 9; z = 14$; Сталь 40Х; НВ 240-280;

8 - колесо зубчасте $m = 9; z = 85$; Сталь 45; НВ 200-230;

10 - шестерня кремальєрна: $m = 24; z = 14$; Сталь 35 ХНЛ; НВ 207-269;

11 - рейка кремальєрна: $m = 24; z = 72$; Сталь 35 ХНЛ; НВ 207-269;

12 - опорні ролики.

На рис. 2.8 зображено кінематичну схему стягувача опок після модернізації.

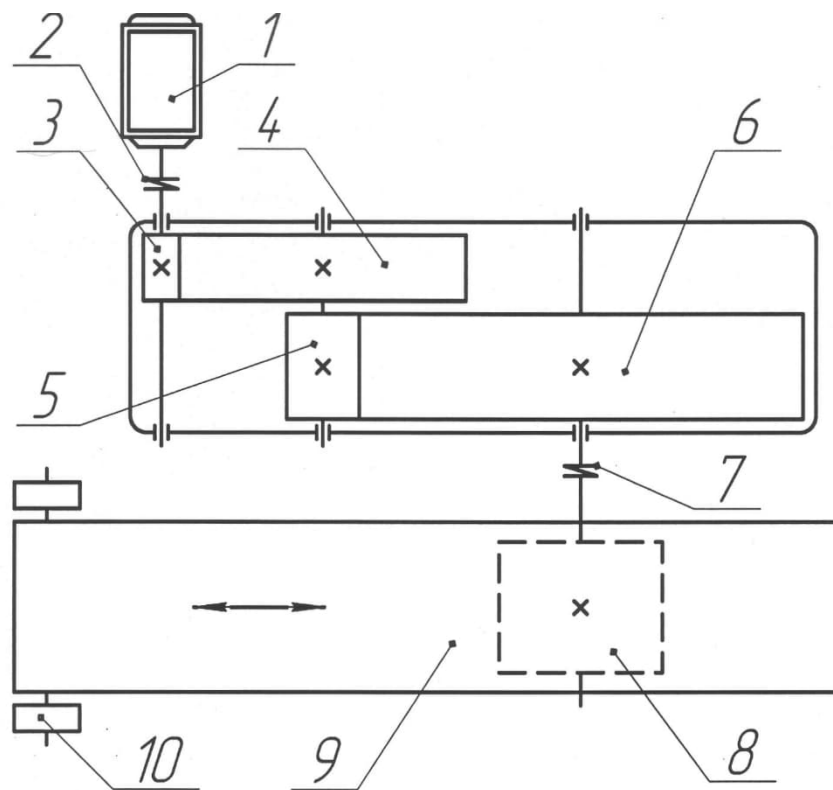


Рис. 2.8. Кінематична схема стягувача опок після модернізації

(розроблено автором)

Модернізований привод містить:

1 - електродвигун;

2, 7 - муфта зубчаста;

3 - вал-шестерня: $m_n = 5$; $z_1 = 11$; Сталь 40Х; гартування, HRC 50;

4 - колесо зубчасте $m_n = 5$; $z_1 = 88$; Сталь 40Х; гартування, HRC 48;

5 - вал-шестерня: $m_n = 8$; $z_1 = 14$; Сталь 40Х; гартування, HRC 50;

6 - колесо зубчасте $m_n = 8$; $z_1 = 85$; Сталь 40Х; гартування, HRC 48;

7 - шестерня кремальєрна: $m = 24$; $z = 14$; Сталь 35 ХНЛ; HB 207-269;

8 - рейка кремальєрна: $m = 24$; $z = 72$; Сталь 35 ХНЛ; HB 207-269;

10 - опорні ролики.

Перелік підшипників циліндричного редуктора РМ-650:

1. Підшипник шариковий радіальний однорядний ГОСТ 8338-75 № 412; важка серія; $d = 60$ мм; $D = 150$ мм; $B = 35$ мм; $C = 108$ кН; $C_0 = 70$ кН.

2. Підшипник роликовий конічний однорядний ГОСТ 333-79 № 7318; середня серія; $d = 90$ мм; $D = 190$ мм; $T = 46,5$ мм; $C = 250$ кН; $C_0 = 201$ кН.

3 Підшипник роликовий конічний однорядний ГОСТ 333-79 № 7526; легка серія; $d = 130$ мм; $D = 230$ мм; $T = 67,75$ мм; $C = 400$ кН; $C_0 = 429$ кН.

Редуктор виконано по розгорнутій схемі (див. рис. 2.8), що відрізняється простотою та зручністю обслуговування і монтажу. Ця схема має несиметричне розташуванням зубчастих коліс відносно опор, що може викликати підвищену концентрацію навантажень по довжині зуба, яка компенсується жорсткими конструкціями валів. Ще однією перевагою розгорнутої схеми є менші габарити в напрямку осей валів, але більшою довжиною редуктора в порівнянні з співвісною схемою.

2.3.2 Силовий і кінематичний аналіз механізму

Крутний момент від двигуна 1 та зубчасту муфту 2 передається власне циліндричному редукторові. Він складається з двох циліндричних зубчастих

зчеплень, утворених косозубими зубчастими колесами і вал-шестернями (див. рис. 2.8), 1-ша ступінь - 3 і 4; 2-га ступінь - 5 і 6. Далі через зубчасту муфту 7 крутний момент передається кремальєрній шестерні 8, і за допомогою зубчастого зчеплення з кремальєрною рейкою 9 - перетворюється в зворотно-поступальний рух останньої.

Стягувач не зазнав змін в процесі модернізації. Тому розрахуємо силові характеристики, що діятимуть на новий редуктор.

Сила, потрібна для того, щоб рухати вантаж і рухомі частини стягувача зі швидкістю $v = 9$ м/хв визначається за формулою [8]

$$F = k \cdot \frac{m \cdot g}{R_{\text{кол}}} = 0,05 \cdot \frac{82500 \cdot 9,81}{0,25} = 161865 \text{ Н}, \quad (2.1)$$

де k – коефіцієнт тертя кочення коліс передатного візка по залізничній колії, $k = 0,05$ для колеса зі сталевим бандажем по сталій рейці [9]; $m = 82,5$ т – вага вантажу та рухомих частин стягувача; $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння; $R_{\text{кол}} = 0,25$ м – радіус колеса передатного візка.

Швидкість пересування вантажу

$$v = \frac{9}{60} = 0,15 \text{ м/с}. \quad (2.2)$$

2.3.3 Розрахунки потужності привода машини

Номінальна потужність, необхідна для обертання кремальєрної шестерні визначається за [10]

$$N = F \cdot v = 161865 \cdot 0,15 = 24279,75 \text{ Вт} = 24,3 \text{ кВт}. \quad (2.3)$$

Загальний коефіцієнт корисної дії

$$\eta = \eta_M^2 \cdot \eta_{\text{Ц}}^2 \cdot \eta_P \cdot \eta_{\text{ПК}}^4 = 0,99^2 \cdot 0,98^2 \cdot 0,96 \cdot 0,99^4 = 0,868, \quad (2.4)$$

де $\eta_M = 0,99$ – ККД муфти [10]; в нашій кінематичній схемі 2 зубчасті муфти, тому даний ККД зводимо в 2 ступінь; $\eta_{\text{Ц}} = 0,98$ – ККД циліндричної закритої передачі, в нашій кінематичній схемі 2 пари циліндричних зубчастих зчеплень, тому даний ККД зводимо в 2 ступінь; $\eta_P = 0,96$ – ККД рейкової передачі, приймаємо, як ККД відкритої зубчастої передачі; $\eta_{\text{ПК}} = 0,99$ – ККД пари підшипників кочення, в нашій кінематичній схемі 3 пари підшипників кочення в редукторі і 1 пара в механізмі привода стягувача на валу з кремальєрною шестірнею, тому даний ККД зводимо в 4 ступінь.

Знаходимо необхідну потужність привода

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta} = \frac{24,3}{0,868} = 27,9954 \text{ кВт}. \quad (2.5)$$

Для привода механізмів, що працюють з великими маховими масами, частими пусками і реверсом рекомендовані асинхронні двигуни з підвищеним ковзанням в закритому виконання, що обдуваються, типу АОС. Приймаємо електродвигун АОС 83-8 з номінальною потужністю $P = 28$ кВт, $n_{\text{дв}} = 675$ об/хв, $M_{\text{поч}}/M_{\text{ном}} = 1,8$.

2.3.4 Розрахунки на міцність

Визначаємо передатне число

$$u = \frac{z_1 + 1}{z_i}. \quad (2.6)$$

Для першої циліндричної пари

$$u_{ц1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{88}{11} = 8.$$

Для другої циліндричної пари

$$u_{ц2} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{85}{14} = 6,07.$$

Визначаємо частоту обертання та кутову швидкість валів приводу

$$n_i = \frac{n_i - 1}{u_i}; \quad (2.7)$$

$$\omega_i = \frac{\pi \cdot n_i}{30}. \quad (2.8)$$

Для першого валу редуктора

$$n_1 = n_{дв} = 675 \text{ об/хв};$$

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{\pi \cdot 675}{30} = 70,69 \text{ рад/с.}$$

Для другого валу редуктора

$$n_1 = \frac{675}{8} = 84,375 \text{ об/хв};$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{\pi \cdot 84,375}{30} = 8,84 \text{ рад/с.}$$

Для третьего вала редуктора

$$n_3 = \frac{84,375}{6,07} = 13,9 \text{ об/хв};$$

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{\pi \cdot 13,9}{30} = 1,46 \text{ рад/с.}$$

Визначаємо потужність та крутні моменти на валах редуктора

$$N_i = N_{i-1} \cdot \eta_i \quad (2.9)$$

$$M_i = \frac{N_i}{\omega_i} \quad (2.10)$$

Для первого вала редуктора

$$N_1 = N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{ПК}} = 28000 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 27442,8 \text{ Вт};$$

$$M_1 = \frac{27442,8}{70,69} = 388,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Для второго вала редуктора

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{ПК}} \cdot \eta_{\text{ц}} = 27442,8 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 26625,0 \text{ Вт};$$

$$M_2 = \frac{26625,0}{8,84} = 3011,88 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Для третього валу редуктора

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{ПК}} \cdot \eta_{\text{Ц}} = 26625,0 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 25831,575 \text{ Вт};$$

$$M_3 = \frac{25831,575}{1,46} = 17696,86 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для валу кремальєрної шестірни

$$N_{\text{КШ}} = N_3 \cdot \eta_{\text{ПК}} \cdot \eta_{\text{М}} = 25831,575 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 25317,57 \text{ Вт};$$

$$M_{\text{КШ}} = \frac{25317,57}{1,46} = 17340,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахунок циліндричних коліс на контактну витривалість

Для косозубих передач максимальне нормальне напруження [11]

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{270}{a_w} \cdot \sqrt{\frac{M_{i+1} \cdot K_H \cdot (u + 1)^3}{b \cdot u^2}} \leq [\sigma_{\text{н}}], \quad (2.11)$$

де a_w – міжосьова відстань, яка дорівнює

$$a_w = \frac{d_i}{2} + \frac{d_{i+1}}{2}, \quad (2.12)$$

де d_1, d_2 – діаметри ділільних кол збчастих коліс зчеплення; M_{i+1} – крутні момент на валу, що отримує обертання зубчастого зчеплення, Н·м; u – передачне число зчеплення; b – ширина зубчастого вінця, мм;

$$K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\nu} \quad (2.13)$$

де $K_{H\alpha}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між зубами; $K_{H\beta}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині венця; $K_{H\nu}$ – динамічний коефіцієнт, що залежить від колової швидкості і ступені точності їх виготовлення.

Колова швидкість на ділільному діаметрі

$$v = \omega \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot r = \frac{\pi \cdot n \cdot d}{60} \quad (2.14)$$

Допустиме контактне навантаження [12]

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlimb} \cdot K_{HL}}{[S_H]} \quad (2.15)$$

де σ_{Hlimb} – межа контактної витривалості при базовому числі циклів; K_{HL} – коефіцієнт довговічності; $[S_H]$ – коефіцієнт безпеки.

Для пари косозубих коліс з різною твердістю поверхонь розрахункове допустиме контактне навантаження

$$[\sigma_H] = 0,45 \cdot ([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}]), \quad (2.16)$$

де $[\sigma_{H1}]$ і $[\sigma_{H2}]$ допустимі контактні напруги відповідно шестерні і колеса.

Після визначення цих величин перевіряємо виконання умови

$$[\sigma_H] \leq 1,23 \cdot [\sigma_{Hmin}], \quad (2.17)$$

де $[\sigma_{Hmin}]$ – менше з двох допустимих контактних навантажень.

Для швидкохідної циліндричної передачі редуктора:

- вал-шестерня: $m_{nш} = 5; z_1 = 11$; Сталь 40Х; гартування, HRC 50, що відповідає HB 495;
- колесо зубчасте $m_{nш} = 5; z_2 = 88$; Сталь 40Х; гартування, HRC 48, що відповідає HB 461.

Ділильні діаметри коліс

$$d_1 = \frac{m_{nш}}{\cos \beta} \cdot z_1 = \frac{5}{\cos 8^\circ 6' 34''} \cdot 11 = 55,56 \text{ мм};$$

$$d_2 = \frac{m_{nш}}{\cos \beta} \cdot z_2 = \frac{5}{\cos 8^\circ 6' 34''} \cdot 88 = 444,444 \text{ мм}.$$

Міжосьова відстань за виразом (2.12)

$$a_{nш} = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} = \frac{55,56 + 444,444}{60} = 250,002 \text{ мм}.$$

Крутний момент на 2-му (проміжному) валу $M_2 = 3011,88 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Передатне число першої циліндричної пари $u_{ц1} = 8$.

Ширина зубчастого вінця шестерні і колеса першої циліндричної пари $b_{ш} = 100 \text{ мм}$.

Колова швидкість в точці зіткнення ділильних діаметрі першої циліндричної пари за виразом (2.14)

$$v_{ш} = \frac{\pi \cdot n_1 \cdot d_1}{60} = \frac{\pi \cdot 675 \cdot 0,05556}{60} = 1,964 \text{ м/с};$$

$$v_{ш} = \frac{\pi \cdot n_2 \cdot d_2}{60} = \frac{\pi \cdot 84,375 \cdot 0,44444}{60} = 1,964 \text{ м/с}.$$

За такої колової швидкості приймаємо ступінь точності виготовлення коліс – 8-у і коефіцієнт $K_{H\alpha} = 1,1$ [11].

Для несиметричного розташування коліс відносно опор та твердості поверхонь зубів $HB > 350$ $K_{H\beta} = 1,15 \div 1,35$ [12].

Розрахуємо коефіцієнт

$$\psi_{ba_{ш}} = \frac{b_{ш}}{a_{wш}} = \frac{100}{250,002} = 0,4. \quad (2.18)$$

Тобто, приймаємо менше значення $K_{H\beta} = 1,15$.

Для косозубих зубчастих коліс з $v < 5$ м/с і 8-м ступенем точності $K_{H\nu} = 1,0 \dots 1,05$. Приймаємо $K_{H\nu} = 1,0$.

$$K_H = 1,1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,265.$$

Тоді максимальне нормальне напруження швидкохідної передачі за (2.11)

$$\sigma_{Hш} = \frac{270}{250,002} \cdot \sqrt{\frac{3011,88 \cdot 1,265 \cdot (8 + 1)^3}{0,1 \cdot 8^2}} = 711,473 \text{ МПа.}$$

Визначаємо допустиму контактну напругу для шестерні.

Для легованих сталей з твердістю поверхонь зубів $HB > 350$ і термічною обробкою об'ємне загартування

$$\sigma_{Hlimb} = 18 HRC + 150 = 18 \cdot 50 + 150 = 1050 \text{ МПа.}$$

При числі циклів більше базового, що має місце при довготривалій роботі редуктора, коефіцієнт довговічності $K_{HL} = 1$.

Для коліс з об'ємним загартуванням сталі коефіцієнт безпеки приймають

$$[S_H] = 1,1.$$

Тоді допустиме контактне навантаження для шестірні за (2.15)

$$[\sigma_{H_1}] = \frac{1050 \cdot 1}{1,1} = 954,55 \text{ МПа.}$$

Визначаємо допустиму контактну напругу для колеса

$$\sigma_{Hlimb} = 18 \text{ HRC} + 150 = 18 \cdot 48 + 150 = 1014 \text{ МПа.}$$

Тоді, допустиме контактне навантаження для колеса за (2.15)

$$[\sigma_{H_2}] = \frac{1014 \cdot 1}{1,1} = 921,82 \text{ МПа.}$$

Для пари косозубих коліс розрахункове допустиме контактне навантаження

$$[\sigma_{H_{ш}}] = 0,45 \cdot ([\sigma_{H_1}] + [\sigma_{H_2}]) = 0,45 \cdot (954,55 + 921,82) = 844,3665 \text{ МПа;}$$

$$[\sigma_{H_1}] > [\sigma_{H_2}]$$

Тобто

$$[\sigma_{H_2}] = [\sigma_{H_{min}}]$$

$$[\sigma_{H_{ш}}] = 844,3665 \leq 1,23 \cdot [\sigma_{H_{min}}] = 1,23 \cdot 921,82 = 1133,8386$$

Умову (2.17) дотримано.

Перевіримо виконання умови (2.11)

$$\sigma_{H_{ш}} \leq [\sigma_{H_{ш}}]$$

$$711,473 < 844,3665$$

Для швидкохідної пари зубчастих коліс умову виконано.

Для тихохідної циліндричної передачі редуктора:

- вал-шестерня: $m_{nT} = 8$; $z_3 = 14$; Сталь 40Х; гартування HRC 50, що відповідає HB 495;
- колесо зубчасте: $m_{nT} = 8$; $z_4 = 85$; Сталь 40Х; гартування HRC 48, що відповідає HB 61.

Ділильні діаметри коліс

$$d_3 = \frac{m_{nT}}{\cos \beta} \cdot z_3 = \frac{8}{\cos 8^\circ 6' 34''} \cdot 14 = 113,13 \text{ мм};$$

$$d_4 = \frac{m_{nT}}{\cos \beta} \cdot z_4 = \frac{8}{\cos 8^\circ 6' 34''} \cdot 85 = 686,87 \text{ мм}.$$

Міжосьова відстань за виразом (2.12)

$$a_{wT} = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} = \frac{113,13 + 686,87}{2} = 400 \text{ мм}.$$

Крутний момент на 3-му (вихідному) валу $M_3 = 17692,86 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Передатне число другої циліндричної пари $u_{ц2} = 6,08$.

Ширина зубчастого вінця шестерні і колеса другої циліндричної пари $b_T = 160 \text{ мм}$.

Колова швидкість в точці зіткнення ділильних діаметрі першої

циліндричної пари за виразом (2.14)

$$v_T = \frac{\pi \cdot n_2 \cdot d_3}{60} = \frac{\pi \cdot 84,375 \cdot 0,11313}{60} = 0,5 \text{ м/с};$$

$$v_T = \frac{\pi \cdot n_3 \cdot d_4}{60} = \frac{\pi \cdot 13,9 \cdot 0,68687}{60} = 0,5 \text{ м/с}.$$

За такої колової швидкості приймаємо ступінь точності виготовлення коліс – 8-у і коефіцієнт $K_{H\alpha} = 1,1$ [11]

Для несиметричного розташування коліс відносно опор та твердості поверхонь зубів $H_B > K_{H\beta} = 1,15 \dots 1,35$.

Розрахуємо за виразом (2.18) коефіцієнт

$$\psi_{ba_T} = \frac{b_T}{a_{wT}} = \frac{160}{400} = 0,4.$$

Для такого коефіцієнта ψ_{ba_T} приймаємо менше значення $K_{H\beta} = 1,15$.

Для косозубих зубчастих коліс з $v < 5$ м/с і 8-м ступенем точності $K_{H\nu} = 1,0 \dots 1,05$. Приймаємо $K_{H\nu} = 1,0$.

$$K_H = 1,1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,265.$$

Тоді максимальне нормальне напруження тихохідної передачі за (2.11)

$$\sigma_{H_{III}} = \frac{270}{400} \cdot \sqrt{\frac{17692,86 \cdot 1,265 \cdot (6,07 + 1)^3}{0,16 \cdot 6,07^2}} = 781,859 \text{ МПа}.$$

Визначаємо допустиму контактну напругу для шестерні.

Для легованих сталей з твердістю поверхонь зубів $HB > 350$ і термічною обробкою об'ємне загартування

$$\sigma_{Hlimb} = 18 \cdot HRC + 150 = 18 \cdot 50 + 150 = 1050 \text{ МПа.}$$

При числі циклів більше базового, що має місце при довготривалій роботі редуктора, коефіцієнт довговічності $K_{HL} = 1$.

Для коліс з об'ємним загартуванням сталі коефіцієнт безпеки приймають $[S_H] = 1,1$.

Тоді допустиме контактне навантаження для шестірні за (2.15)

$$[\sigma_{H_3}] = \frac{1050 \cdot 1}{1,1} = 954,55 \text{ МПа.}$$

Визначаємо допустиму контактну напругу для колеса:

$$\sigma_{Hlimb} = 18 \cdot HRC + 150 = 18 \cdot 48 + 150 = 1014 \text{ МПа.}$$

Тоді допустиме контактне навантаження для колеса за (2.15)

$$[\sigma_{H_4}] = \frac{1014 \cdot 1}{1,1} = 921,82 \text{ МПа.}$$

Для пари косозубих коліс розрахункове допустиме контактне навантаження:

$$[\sigma_{H_{ш}}] = 0,45 \cdot ([\sigma_{H_3}] + [\sigma_{H_4}]) = 0,45 \cdot (954,55 + 921,82) = 844,3665 \text{ МПа;}$$

$$[\sigma_{H_3}] > [\sigma_{H_4}]$$

Тобто

$$[\sigma_{H_2}] = [\sigma_{H_{min}}]$$

$$[\sigma_{H_{ш}}] = 844,3665 \leq 1,23 \cdot [\sigma_{H_{min}}] = 1,23 \cdot 921,82 = 1133,8386.$$

Умову (2.17) дотримано.

Перевіримо виконання умови (2.11)

$$\sigma_{H_T} \leq [\sigma_{H_T}]$$

$$781,859 < 844,3665.$$

Для тихохідної пари зубчастих коліс умову виконано.

Розрахунок зубів циліндричних коліс на витривалість при вигині

Формула для перевірконого розрахунку зубів на витривалість по напругах вигину має вигляд [11]

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_F \cdot Y_F \cdot Y_\beta \cdot K_{F\alpha}}{b \cdot m_n} \leq [\sigma_F], \quad (2.19)$$

де F_t — окружна сила в зчепленні

$$F_t = \frac{2 \cdot M_i}{d_i}, \quad (2.20)$$

де K_F — коефіцієнт навантаження

$$K_F = K_{F\beta} \cdot K_{F\nu'} \quad (2.21)$$

де $K_{F\beta}$ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по

довжині зуба (коефіцієнт концентрації навантаження); K_{F_v} – коефіцієнт, що враховує динамічну дію навантаження (коефіцієнт динамічності); Y_F – коефіцієнт, що враховує форму зуба і залежить від еквівалентного числа зубів z_v

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta} \quad (2.22)$$

де β – кут нахилу ділильної лінії зуба; для редуктора РМ-650 $\beta = 8^\circ 6' 34''$; Y_β – коефіцієнт, введений для компенсації похибок, що виникають в зв'язку з застосування тієї ж розрахункової схеми зуба, що й в разі прямих зубів

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140} = 1 - \frac{8^\circ 6' 34''}{140} = 0,9421, \quad (2.23)$$

K_{F_α} – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між зубами; для вузьких зубчастих коліс, в яких коефіцієнт осьового перекриття

$$\varepsilon_\beta = \frac{b \cdot \operatorname{tg} \beta}{\pi \cdot m_t} < 1 \quad (2.24)$$

$$K_{F_\alpha} = 1;$$

Для $\varepsilon_\beta > 1$ цей коефіцієнт визначають за формулою

$$K_{F_\alpha} = \frac{4 + (\varepsilon_\alpha - 1) \cdot (j - 5)}{4 \cdot \varepsilon_\alpha} \quad (2.25)$$

де $\varepsilon_\alpha = 1,5$ – коефіцієнт торцевого перекриття; j – ступінь точності зубчастих коліс.

Допустима напруга вираховується за формулою

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flimb}^0}{[S_F]}, \quad (2.26)$$

де σ_{Flimb}^0 – витривалості (при від нульовому циклі), відповідна базовій кількості циклів; $[S_F]$ – коефіцієнт безпеки

$$[S_F] = [S_F]' \cdot [S_F]'', \quad (2.27)$$

де $[S_F]'$ – коефіцієнт, що враховує нестабільність властивостей матеріалу зубчастих коліс; $[S_F]''$ – коефіцієнт, що враховує спосіб отримання заготовки.

Розрахунок слід вести для зубів того колеса, для якого відношення $[\sigma_F]/Y_F$ менше.

Для швидкохідної циліндричної передачі редуктора.

Окружна сила в зчепленні

$$F_t = \frac{2 \cdot M_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 3011,88}{0,444444} = 13553,47 \text{ Н}. \quad (2.28)$$

Для $\psi_{ba_{ш}} = 0,4$, несиметричного розташування шестірні відносно опор і твердості робочих поверхонь $HV > 350$ коефіцієнт $K_{F\beta} = 1,1$.

Для 8-го ступеню точності виготовлення косозубої шестерні, колової швидкості $v_{ш} = 1,94386$ м/с і твердості робочих поверхонь зубів $HV > 350$ коефіцієнт $K_{Fv} = 1,1$.

Тоді

$$K_F = 1,1 \cdot 1,1 = 1,21.$$

Знаходимо еквівалентну кількість зубів

– для шестірні

$$z_{v_1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{11}{\cos^3 8^\circ 6' 34''} \approx 12; \quad (2.29)$$

– для колеса

$$z_{v_2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{88}{\cos^3 8^\circ 6' 34''} \approx 91. \quad (2.30)$$

Для сталі 40Х, загартованої, твердості поверхні $HRC\ 45 \dots 55$ $\sigma_{Flimb}^0 = 500 \dots 550$. Тобто призначаємо з цього інтервалу для шестерні більше значення, для колеса - менше, бо воно має меншу твердість поверхні. При цьому $[S_F]' = 1,8$ для обох зубчастих поверхонь; $[S_F]'' = 1,15$ для коліс, виготовлених з прокату.

За виразом (2.27)

$$[S_F] = 1,8 \cdot 1,15 = 2,07.$$

Допустима напруга для вала-шестерні швидкохідної пари за (2.26)

$$[\sigma_{F_1}] = \frac{\sigma_{F_1limb}^0}{[S_F]} = \frac{550}{2,07} = 265,7 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга для колеса швидкохідної пари за (2.26)

$$[\sigma_{F_2}] = \frac{\sigma_{F_2limb}^0}{[S_F]} = \frac{500}{2,07} = 241,55 \text{ МПа.}$$

Знаходимо відношення

$$\frac{[\sigma_{F_1}]}{Y_{F_1}} = \frac{265,7}{4,5966667} = 57,8 \text{ МПа};$$

$$\frac{[\sigma_{F_2}]}{Y_{F_2}} = \frac{241,55}{3,6045} = 67 \text{ МПа}.$$

Подальші розрахунки слід вести для зубів вала-шестерні, так як для нього знайдене співвідношення менше.

Знаходимо коефіцієнт осьового перекриття за (2.24)

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_{\text{ш}} \cdot \operatorname{tg} \beta}{\pi \cdot m_{t\text{ш}}} = \frac{b_{\text{ш}} \cdot \operatorname{tg} \beta}{\pi \cdot m_{n\text{ш}} \cdot \cos \beta} = \frac{100 \cdot \operatorname{tg} 8^\circ 6' 34''}{\pi \cdot 5 \cdot \cos 8^\circ 6' 34''} = 0,9163 < 1.$$

Тоді $K_{F_\alpha} = 1$. Вигинальна напруга за (2.19)

$$\sigma_F = \frac{13553,4 \cdot 1,21 \cdot 4,5966667 \cdot 0,9421 \cdot 1}{100 \cdot 5} = 142 \leq 265,7 = [\sigma_{F_1}].$$

Для швидкохідної пари зубчастих коліс умову виконано.

Для тихохідної циліндричної передачі редуктора.

Окружна сила в зчепленні

$$F_t = \frac{2 \cdot M_3}{d_4} = \frac{2 \cdot 17692,86}{0,68687} = 51517,3468 \text{ Н}. \quad (2.31)$$

Для $\psi_{ba_{\text{ш}}} = 0,4$, несиметричного розташування шестірни відносно опор і твердості робочих поверхонь $HV > 350$ коефіцієнт $K_{F_\beta} = 1,1$.

Для 8-го ступеню точності виготовлення косозубої шестерні, коллової швидкості $v_{\text{ш}} = 1,964$ м/с і твердості робочих поверхонь зубів $HV > 350$ коефіцієнт

$K_{F_v} = 1,1$. Тоді

$$K_F = 1,1 \cdot 1,1 = 1,21.$$

Знаходимо еквівалентну кількість зубів

– для шестірні

$$z_{v_3} = \frac{z_3}{\cos^3 \beta} = \frac{14}{\cos^3 8^\circ 6' 34''} \approx 15; \quad (2.32)$$

– для колеса

$$z_{v_4} = \frac{z_4}{\cos^3 \beta} = \frac{85}{\cos^3 8^\circ 6' 34''} \approx 88; \quad (2.33)$$

$$Y_{F_3} = 4,4066667; Y_{F_3} = 3,606.$$

Для сталі 40Х, загартованої, твердості поверхні HRC 45 ... 55 $\sigma_{Flimb}^0 = 500 \dots 550$. Тобто призначаємо з цього інтервалу для шестерні більше значення, для колеса - менше, бо воно має меншу твердість поверхні. $[S_F]' = 1,8$; $[S_F]'' = 1,15$ для коліс, виготовлених з прокату.

За виразом (2.27)

$$[S_F] = 1,8 \cdot 1,15 = 2,07.$$

Допустима напруга для вала-шестерні швидкохідної пари за (2.26)

$$[\sigma_{F_3}] = \frac{\sigma_{F_1limb}^0}{[S_F]} = \frac{550}{2,07} = 265,7 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга для колеса швидкохідної пари за (2.26)

$$[\sigma_{F_4}] = \frac{\sigma_{F_2limb}^0}{[S_F]} = \frac{500}{2,07} = 241,55 \text{ МПа.}$$

Знаходимо відношення

$$\frac{[\sigma_{F_3}]}{Y_{F_3}} = \frac{265,7}{4,4066667} = 60,3;$$

$$\frac{[\sigma_{F_4}]}{Y_{F_4}} = \frac{241,55}{3,606} = 66,99.$$

Подальші розрахунки слід вести для зубів вала-шестерні.

Знаходимо коефіцієнт осьового перекриття за (2.24)

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_{ш} \cdot tg\beta}{\pi \cdot m_{тш}} = \frac{b_{ш} \cdot tg\beta}{\pi \cdot m_{нш} \cdot \cos\beta} = \frac{160 \cdot tg8^\circ 6' 34''}{\pi \cdot 8 \cdot \cos8^\circ 6' 34''} = 0,9163 < 1.$$

Тоді $K_{F_\alpha} = 1$.

Вигинальна напруга за (2.19)

$$\sigma_F = \frac{51517,3468 \cdot 1,21 \cdot 4,4066667 \cdot 0,9421 \cdot 1}{160 \cdot 8} = 202,17 \leq 241,55 = [\sigma_F].$$

Для тихохідної пари зубчастих коліс умову виконано. Редуктор витримує навантаження технологічного обладнання. Модернізація має місце.

2.4 Монтаж, ремонт, змащення

2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту

На базі геодезичної розбивочної основи будівельного майданчика проектують і виконують геодезичне обґрунтування монтажу — сукупність планових осей і висотних відміток для установки і вивірення обладнання. Всі планові вісі і висотні відмітки розділяють на контрольні (головні для даного цеху) і робочі. Робочі вісі та репери також розділяють на основні та допоміжні. В якості основних осей зазвичай приймають найбільш важливі для технологічного процесу напрями руху агрегатів, шихти, напівфабрикатів, металу.

За планом положення робочих монтажних осей фіксують теодолітом на закладених в бетонний масив плашках.

За допомогою плашок встановлюють стягувач в проектне положення і контролюють можливі горизонтальні і вертикальні зсуви фундаментів. На рис. 2.9 зображено схему геодезичного обґрунтування установки стягувача.

Одним із найважливіших видів підготовки фундаментів до монтажу обладнання є установка анкерних болтів в проектне положення. Висока точність їх установки забезпечується спеціальними кондукторами, виготовленими з профільної сталі. Анкерні болти вставляють в отвори і підвішують на гайках. Вертикальність болтів забезпечується за допомогою приварених металевих розпорок. До бетонування фундаменту складають виконавчу схему, на якій показуються планові і висотні відхилення від проектного положення. [13]

2.4.2 Технологічна карта монтажу

Монтаж рами стягувача і приводу з редуктором здійснюється послідовно. Контроль розташування рам по висоті і в горизонтальній площині здійснюють нівеліром. Площина окремих поверхонь контролюється рівнем. Після вивірки секцій рама кріпиться до фундаменту анкерними болтами.

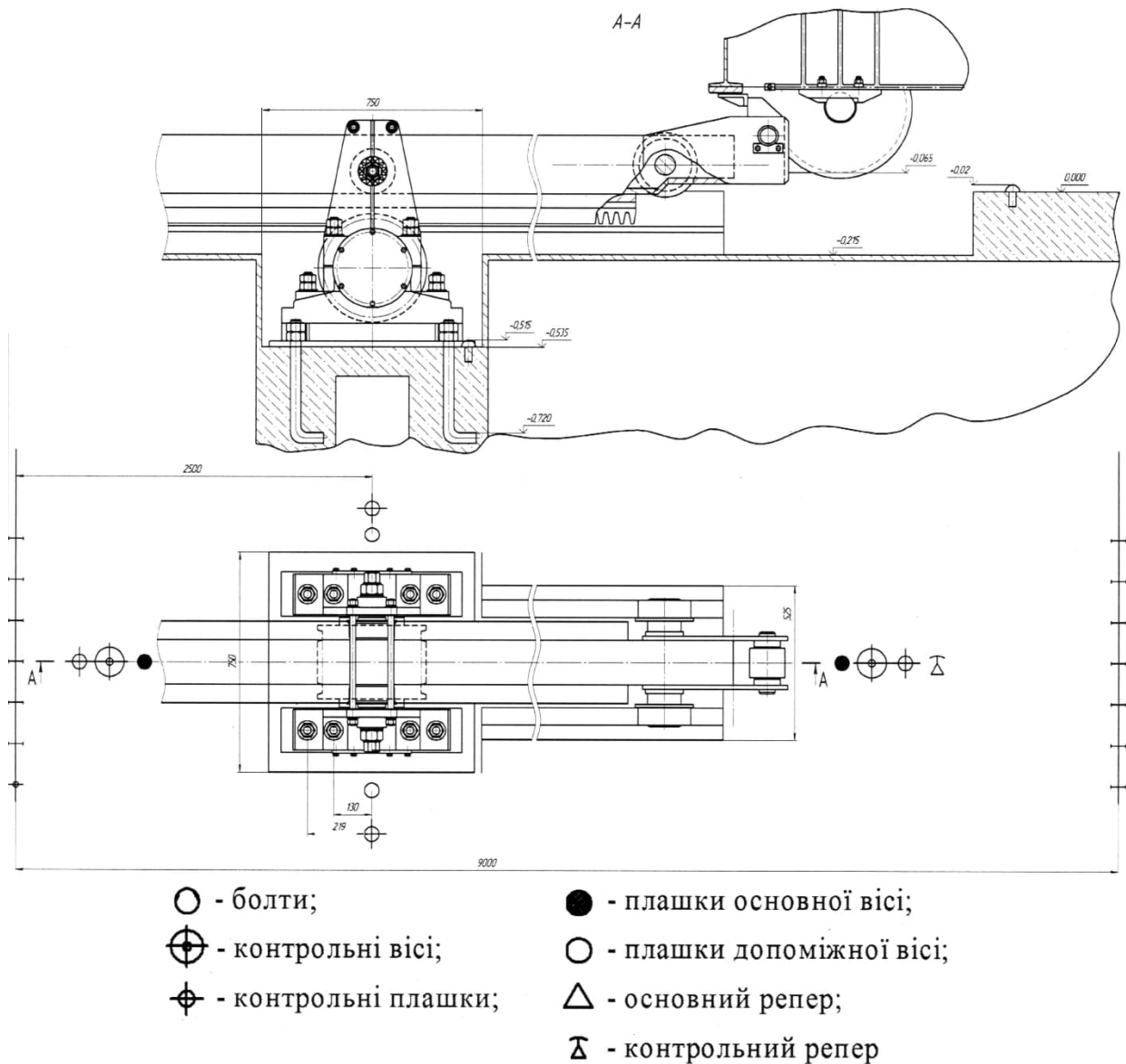


Рис. 2.9. Схема геодезичного обґрунтування установки стягувача
 (розроблено автором)

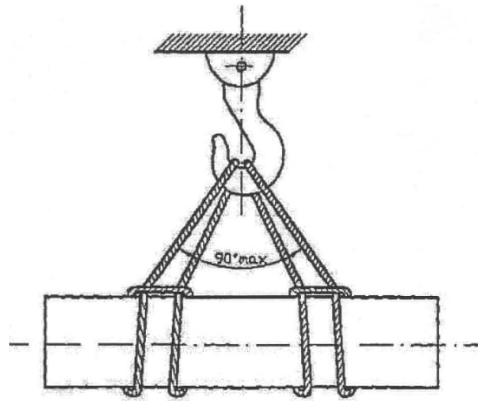
Положення роликів стягувача по горизонталі контролюють за допомогою рівня, який укладається на бочку ролика, а також нівеліром, приймаючи за базу низ зовнішнього діаметру ролика. Контроль установки підшипників здійснюється за допомогою щупа, яким визначають величину необхідного зазору і наявність перекосів.

Положення редуктора в плані перевіряють за допомогою струни, рівня і

схилу. При вивірці щодо поперечної осі за базу приймають осі стійок, використовуючи нівелір.

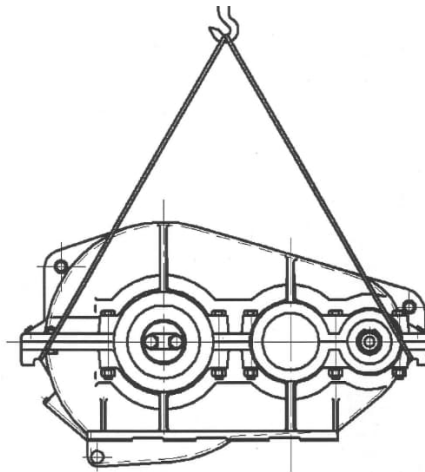
З'єднання тихохідного валу редуктора з хвостовиком вісі кремальєрної шестірні здійснюється за допомогою зубчастої муфти, що компенсує перекося.

Схема стропування основних вузлів і механізмів стягувача наведено на рис. 2.10...2.12.



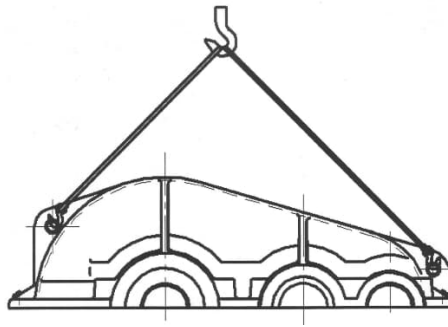
$m = 990$ кг, строп СКП 1, $\phi = 20$ мм, $l = 3$ м

Рис. 2.10. Схема стропування корпусу стягувача
(розроблено автором)



$m = 740$ кг, строп СКП 1, $\phi = 20$ мм, $l = 3$ м

Рис. 2.11. Схема строповки редуктора у зборі
(розроблено автором)



$m = 120$ кг, строп СКП 1, $\phi = 20$ мм, $l = 3$ м

Рис. 2.12. Схема строповки кришки редуктора

(розроблено автором)

Відомість необхідних для монтажу матеріалів і інструментів зведена в табл. 2.2 та 2.3.

Технологічна карта монтажу стягувача представлена в табл. 2.4. Монтажне креслення зі специфікацією наведено на рис. 2.13. [14]

Таблиця 2.2

Відомість необхідних для монтажу матеріалів, напівфабрикатів

Найменування	Од. вим.	Кіл-ть
Гас технічний	л	14,1
Набивка АС 25×25	кг	8
Матеріал для обтирання поверхонь	кг	2
Кисень	м ³	3
Кінці обтиральні	кг	6

Примітка. Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.3

Відомість монтажного устаткування, інвентарю і пристосувань

№ з/п	Найменування встаткування й пристосувань	Од. вим.	к-ть
1	Набір ключів гайкових ГОСТ 3970-80	к-т	2
2	Молоток Q=5 кг	шт	3
3	Кувалда Q=10 кг	шт	1
4	Керн Ø 8мм.	шт	2
5	Клин металевий	шт	4
6	Зубило слюсарне	шт	2
7	Знімач із зусиллям Q=500 Н	шт	1

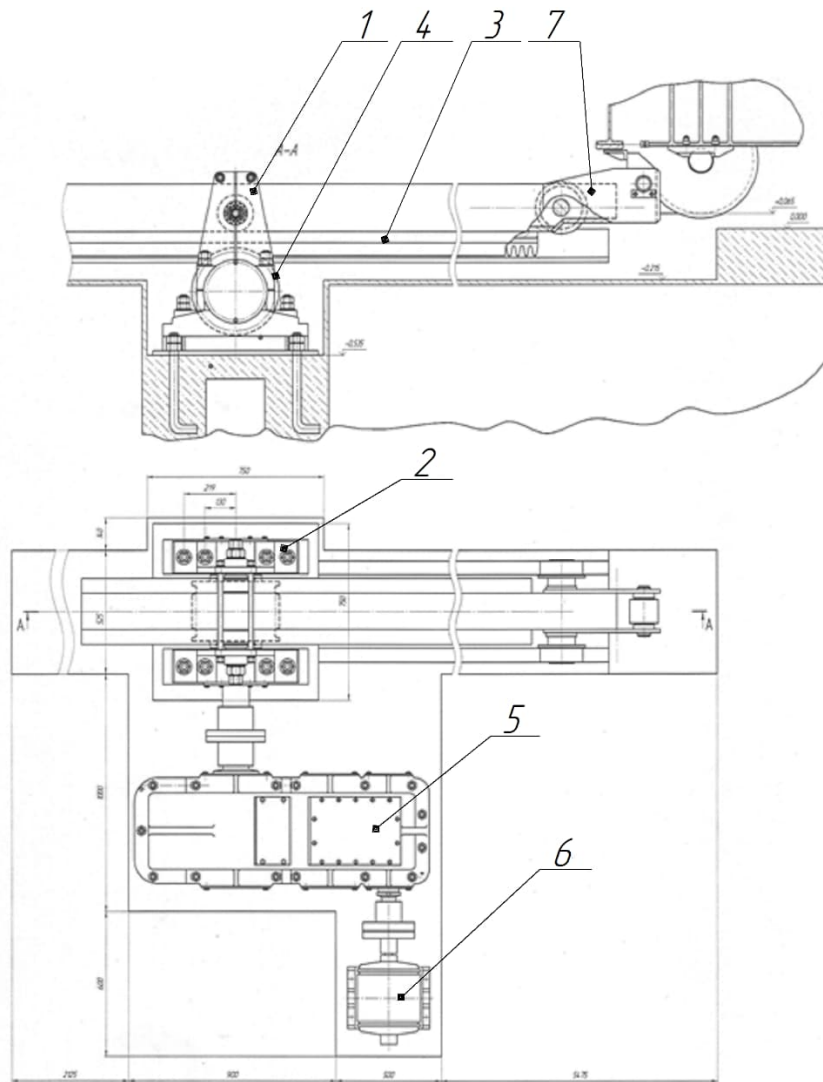
Примітка. Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.4

Графік робіт по монтажу

№ з/п	Опис робіт по зборці в технологічній послідовності	Калькуляція						Склад ланки	Тривалість операції година	Графік виконання робіт												
		Од. вим.	Обсяг робіт	На одиницю		На весь обсяг				годинни												
				Норма часу у годину	Розцінки	Норма часу у годину	Сума зарп.			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	Монтаж корпусу стягувача в зборі	шт	1	1,8	1136	1,8	1136	VI, V-2 IV-3	1,8	■	■											
2	Монтаж корпусу підшипника механізму привода	шт	1	2,2	1121	2,2	1121	VI, V-2 IV-3	2,2			■	■	■								
3	Монтаж рейки кремальєрної в зборі	шт	1	2	564	2	564	VI, V -2 IV-3	2,0					■	■							
4	Монтаж шестерні кремальєрної в зборі з віссю	шт	1	2	568	2	568	VI, V IV	2,0							■	■	■				
5	Монтаж редуктора циліндричного в зборі	шт	1	0,5	568	0,5	568	VI, V IV	0,5											■		
6	Монтаж електродвигуна в зборі з напівмуфтою	шт	1	1,5	680	1,5	680	VI, V IV	1,5											■	■	
7	Монтаж полки	шт	1	1,0	161	1,0	161	V, IV	1,0													■

Примітка. Джерело: розроблено автором



Специфікація до монтажного креслення

№ поз.	Найменування	Кількість	Маса, кг	
			одинична	загальна
1	Корпус стягувача	1	990	990
2	Корпус підшипника механізму привода	1	52	52
3	Рейка кремальєрна	1	392	392
4	Шестерня кремальєрна	1	230,7	230,7
5	Редуктор циліндричний	1	740	740
6	Електродвигун	1	350	350
7	Полка	1	350	350

Рис. 2.13. Монтажне креслення

(розроблено автором)

2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення

Порушення режимів роботи і відмови вузлів пов'язані в основному з розвитком механічних видів зносу, що викликають зростання первинних зазорів, спотворення геометричної форми і зменшення площі контакту, тобто зміна проектних посадок і допусків спряжених деталей.

В процесі роботи стягувана виходять з ладу окремі деталі, на які впливають як динамічні фактори, так і навколишнє середовище, в наслідок чого вони отримують характерний знос. В табл. 2.5 наведені найбільш відповідальні деталі та характер їх зносу, а також використовувана технологія відновлення.

Таблиця 2.5

Характер зносу та технологія відновлення відповідальних деталей

№ з/п	Найменування деталі, вузла	Характер зносу	Технологія відновлення
1	Робоча поверхня роликів	Вироблення робочої поверхні ролика внаслідок стирання, механічні пошкодження від дій зовнішніх навантажень	Наплавлення
2	Підшипникові опори роликів	Знос підшипників внаслідок порушення подачі мастила	Заміна
3	Зубчаста муфта	Знос зубів муфти внаслідок великих навантажень	Заміна
4	Зубчаста рейка	Знос зубів рейки внаслідок великих навантажень	Наплавлення
5	Зубчасте колесо	Знос зубів колеса внаслідок великих навантажень	Наплавлення

Примітка. Джерело: розроблено автором

При зсуві напівмуфт уздовж осі чи ослабленні посадки їх на валу, напівмуфти замінюють. Не допускаються установка прокладки між валом і отвором маточини напівмуфт, кернування валу з метою забезпечення щільності з'єднання.

Забороняється приварка напівмуфт до валу. Напівмуфти з тріщинками підлягають обов'язковій заміні.

Підшипники підлягають заміні при наявності тріщин на робочих поверхнях внутрішнього чи зовнішнього кільця. Зубчасті колеса і шестерні підлягають заміні при зносі зубів по товщині в межах менше 20 %. У редукторі, довжина контактної відбитка (плями торкання) на зубах повинна бути не менш 75% по довжині зуба і 35...40 % по його висоті. [15]

Існує два основних методи відновлення деталей металургійних машин: із зміною первинних параметрів (розмірів) деталей та без їх зміни. При виборі способу відновлення керуються в першу чергу величиною вибракуваного зносу або характером пошкодження деталі, а також її твердістю, конфігурацією, умовами роботи, розмірами.

Відновлення пошкоджень можна проводити наступними методами:

- наплавленням, металізацією, заміною частини деталі з подальшою механічною обробкою (дефекти стирання);
- піскоструминною обробкою (відновлення деталей, що піддаються дії корозії);
- зварюванням електродугою (тріщини);
- холодною і гарячою пластичними деформаціями (деформовані деталі рам).

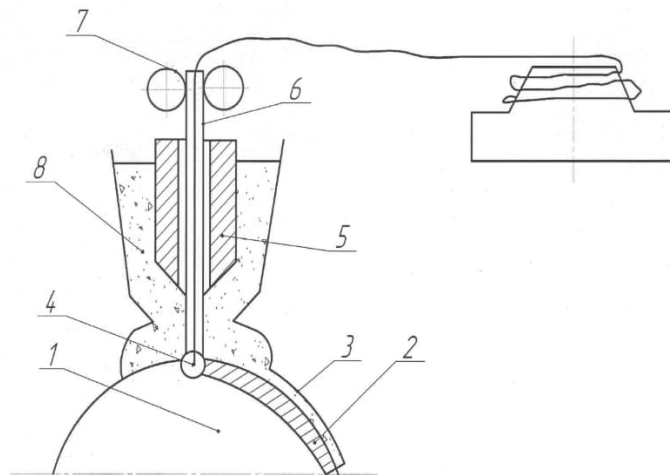
Найбільш великому зносу піддаються ролики стягувана, в яких під дією деформації може змінитися і геометрична форма, і чистота поверхні. Відновлення таких деталей можна проводити наплавленням під шаром флюсу. Наплавлення служить для відновлення розмірів деталей і одержання на їхніх робочих поверхнях зносостійких шарів шляхом розплавлення наплавочного матеріалу дуговим або газовим зварюванням, ручним, напівавтоматичним чи автоматичним способами.

Наплавлення роблять постійним струмом при зворотній полярності з перекриттям сусідніх валиків на 30...50 %. Діаметр електрода і сила струму нижча,

ніж при зварюванні. Великі деталі попередньо нагрівають до 300...400 °С.

Наплавлення деталей може проводитися твердими сплавами, литими і порошкоподібними. Товщина наплавленого шару з урахуванням припуску на механічну обробку від 1...6 мм.

На рис. 2.14 представлено схему автоматичного наплавлення під шаром флюсу, за допомогою чого відновлено деталі стягувача, що вийшли з ладу.



- 1- поверхня, яка наплавляється при обертанні з постійною швидкістю;
 2 - смуга, що наплавляє; 3 - корка від розплавленого флюсу;
 4 - розплавлена ділянка; 5 - направляюча електрода; 6 - електрод;
 7 - механізм, який подає; 8 - бункер з флюсом

Рис. 2.14. Наплавлення під флюсом

Джерело: Розроблено із використанням [15]

Наплавлення під шаром флюсу проводиться за допомогою дроту НП-50, головки типу А-580, на токарному верстаті.

При напавленні можуть виникнути такі дефекти:

- нерівномірність ширини по висоті наплавленого валика через спрацювання мундштука або роликів механізму, що подає, надмірного вильоту електрода;
- наплив металу в наслідок надмірної сили зварювального струму або недостатнього зсуву електрода із zenіту;
- пори в плавленому металі через підвищену вологість флюсу (його

необхідно просушити 1...1,5 години при температурі 250...300 °С);

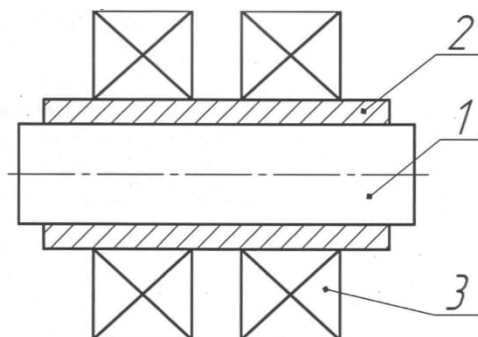
- не стійка дуга в наслідок ненадійного контакту.

Виходячи з марки електродного дроту, застосовується флюс АН-348А твердістю покриття НРС 40...45 коефіцієнтом відносної зносостійкості 1,18. Флюс АН-348А має стабілізуючі та шлак утворюючі елементи, але у склад цього флюсу не входять леговані домішки, що не призводить до підвищення міцності та зносостійкості наплавленого металу.

Переваги способу наплавлення під флюсом:

- непереривність процесу;
- застосування максимальних струмів;
- висока продуктивність;
- висока якість;
- можливість механізації і автоматизації.

Окрім наплавлення, відновлення робочих поверхонь валів, осей, проводиться механічною обробкою (метод ремонтних розмірів). Деталі, що зношуються, відновлюють введенням деталей-компенсаторів або виготовляють нові, забезпечуючи первинні (номінальні) посадки. Ремонт посадкових поверхонь здійснюється шляхом наплавлення зношених ділянок з подальшою механічною обробкою до проектного розміру або обточуванням посадкової поверхні валу до ремонтного розміру з одночасним виготовленням нових втулок під цей розмір. Схема відновлення валу методом ремонтних розмірів представлена на рис. 2.15.



1- вал; 2 - втулка; 3 - підшипники

Рис. 2.15. Відновлення валу методом ремонтних розмірів

Джерело: Розроблено із використанням [15]

Зубчаті колеса як правило, замінюють новими. Проте якщо в зачепленні є велике колесо і мала шестерня, яка зношується приблизно в передавальне число разів швидше за колесо, замінюють тільки шестерню в моменти часу, коли знос її зубів досягає гранично допустимих значень.

У невідповідальних передачах при поломці зубів, але не більше двох підряд, допускається ремонт зваркою. Технологія такого ремонту полягає в наступному. Поламани зуби вирубують вщент, потім встановлюють 2...3 шпильки і за допомогою електрозварювання наплавляють метал, надаючи йому форму зуба. Для зменшення механічної обробки застосовують шаблони з червоної міді, виготовлені за формою западин.

Зубчаті колеса з ободом, що лопнув, ремонтують електрозварюванням або механічним способом шляхом закріплення накладок з двох сторін обода. Тріснуті маточини відновлюють, насаджуючи, на проточену частину ковани або литі кільця по гарячій посадці. Зубчаті колеса відповідальних передач, що мають тріщини в ободі, спицях і маточинах, замінюють новими.

2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів

В процесі експлуатації стягувач повинен піддаватись планово-попереджувальному огляду не менше 1 разу на протязі 1 місяця. При цьому перевіряється.

1. Стан зубів передач, при зносі зубів не більше 35 % від початкової товщини або при пошкодженні робочих поверхонь (фітингом) більше 65 % по довжині і по висоті зуба, передачу слід замінити. Зміщення плями контакту для циліндричної передачі повинно бути ближче до меншого модуля. Бічні зазори в передачах і пляма контакту зубів, що визначається по фарбі, повинні відповідати величинам, вказаним в табл. 2.6.

2. Стан підшипників кочення, фактичний перекіс валів редуктора та двигуна. Величина осьових зазорів в регульованих підшипниках повинна відповідати даним табл. 2.7.

Таблиця 2.6

Величини допустимих зазорів в зубчастих передачах циліндричного редуктора

Ступені передач	Бічні зазори, мм		Пляма контакту по висоті, %	Пляма контакту по довжині, %
	нижня межа	верхня межа		
I	0,09	0,3	45	60
II	0,15	0,5	60	60

Примітка. Джерело: розроблено із використанням [16]

Таблиця 2.7

Величина осьових зазорів в регульованих підшипниках циліндричного редуктора

№ підшипника	Нижня межа	Верхня межа
412	0,12	0,20
7318	0,10	0,15
7526	0,05	0,10

Примітка. Джерело: розроблено із використанням [16]

Допустимі кути перекосу та паралельного зсуву валів, які з'єднуються за допомогою муфт наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Допустимі кути перекосу та паралельного зсуву валів, які з'єднуються за допомогою муфт

№ муфти	Допустимий кут перекосу	Допустимий паралельний зсув, мм
1	0°52'	0,1
2	0°52'	1,2

Примітка. Джерело: розроблено із використанням [16]

Підготовка до планово-попереджувальних ремонтів починається із складання дефектної відомості на ремонт. Відомість складається механіком цеху. Ремонтна відомість є підставою для останньої підготовки до проведення ремонту, підготовки видачі у виробництво замовлень на виготовлення необхідних деталей для ремонту. Річний графік планово-попереджувальних ремонтів наведений в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Річний графік планово-попереджувальних робіт

Стягувач опок	Найменування устаткування	Дата остаточного КР	Час виконання ремонту	I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал			Кількість ремонтів за рік		Простоїв в годинах		Виконавець ремонту	Примітка				
				січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂						
-	-	-	-	T ₁ 8			T ₁ 8			T ₁ 8			T ₁ 8			T ₁ 8			12	-	96	-	-	-	-

Примітка. Джерело: дані Криворізького підрозділу ТОВ «ЗЛМЗ»

2.4.5 Змащення

За допомогою системи змащування зменшується тертя між деталям, тим самим зменшується знос їх поверхонь. Всі деталі, в яких присутнє тертя визначають спосіб змащування: підшипники змащуються шляхом заповнення підшипникових камер пластичним змащувальним матеріалом; муфта зубчата змащується шляхом нанесення на неї пластичного змащувального матеріалу; зубчаті передачі змащуються зануренням в масляну ванну.

Змащування підшипників проводиться вручну мастилом ІІІ-1. Зубчасті муфти змащують прес-масельничкою солідолом-С вручну. Зубчаті передачі, які розташовані в закритому кожусі, заливаються картерним мастилом ТАП-15В.

Розрахунки основних параметрів системи змащування виконані за [17].

До складу стягувана входить редуктор РМ-650 місткістю ванни 15 л.

Долив мастила в редуктор за добу

$$q = k \cdot Q = 1,8 \cdot 15 = 27 \text{ г}, \quad (2.34)$$

де $k = 1,8 \text{ г/л}$ — для ванн місткістю 15 л; $Q = 15 \text{ л}$ — місткість ванни редуктора.

Витрата мастила для шарикопідшипника № 412

$$q_1 = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot d \cdot b \cdot n = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 60 \cdot 35 \cdot 2 = 3,15 \text{ г}, \quad (2.35)$$

де $d = 60 \text{ мм}$ — внутрішній діаметр підшипника; $b = 35 \text{ мм}$ — ширина обойми підшипника; $n = 2$ — кількість підшипників.

Витрата мастила для роликпідшипника № 7318.

$$q_2 = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot d \cdot b \cdot n = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 90 \cdot 43 \cdot 2 = 5,805 \text{ г}, \quad (2.36)$$

де $d = 90 \text{ мм}$ — внутрішній діаметр підшипника; $b = 43 \text{ мм}$ — ширина обойми

підшипника; $n = 2$ – кількість підшипників.

Витрата мастила для роликopідшипника № 7526.

$$q_3 = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot d \cdot b \cdot n = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 130 \cdot 65 \cdot 2 = 5,805 \text{ г}, \quad (2.37)$$

де $d = 130$ мм – внутрішній діаметр підшипника; $b = 65$ мм – ширина обойми підшипника; $n = 2$ – кількість підшипників.

Річний фонд робочого часу стягувача.

$$\begin{aligned} \Phi &= [t \cdot (365 - B - C)] \cdot j \cdot r = \\ &= [8 \cdot (365 - 105 - 8)] \cdot 3 \cdot 0,75 = 4536 \text{ год}, \end{aligned} \quad (2.38)$$

де $t = 8$ годин – тривалість робочої зміни; $B = 105$ – число вихідних днів за рік; $C = 8$ – число свят; $j = 3$ – число змін за добу; $r = 0,75$ – коефіцієнт використання механізму за часом. Загальнорічні витрати змащувальних матеріалів:

- для редуктора

$$Q_p = \frac{q \cdot (365 - B - C) \cdot r}{1000} = \frac{27 \cdot (365 - 105 - 8) \cdot 0,75}{1000} = 5,1 \text{ кг}; \quad (2.39)$$

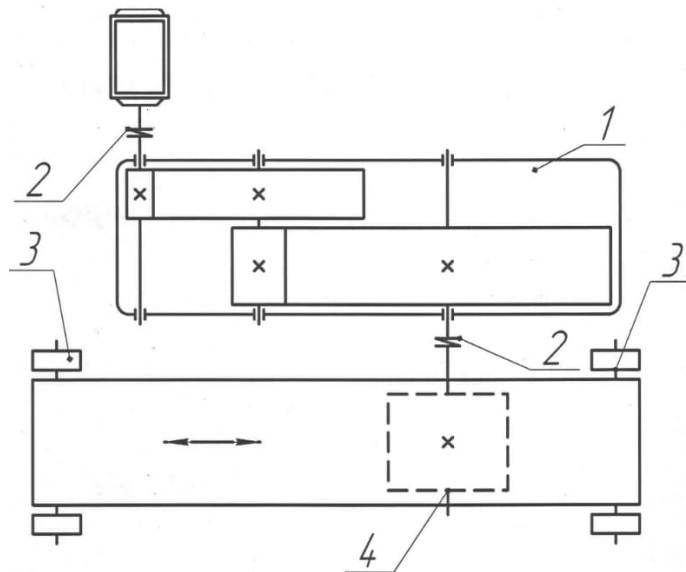
- для підшипників

$$\begin{aligned} Q_n &= \frac{(q_1 + q_2 + q_3) \cdot (365 - B - C) \cdot r}{1000} = \\ &= \frac{(3,15 + 5,805 + 12,675) \cdot (365 - 105 - 8) \cdot 0,75}{1000} \approx 4,1 \text{ кг}. \end{aligned} \quad (2.40)$$

Загальні витрати змащувальних матеріалів

$$Q = Q_p + Q_n = 5,1 + 4,1 = 9,2 \text{ кг.} \quad (2.41)$$

Схема змащення стягувача опок зображена на рис. 2.16, карта змащення наведена в табл. 2.10.



- 1 - редуктор; 2 - муфта зубчаста; 3 - ролик переміщення;
4 - опора шестерні кремальєрної

Рис. 2.16. Схема змащення стягувача опок

(розроблено автором)

Таблиця 2.10

Карта змащування стягувача опок

Найменування	Марка мастила	Система змащування	Період зміни
Муфта зубчаста	Прес-солідол С ГОСТ 4366-76	Вручну	1 раз у 3 місяці
Підшипники	ІІ-1 ТУ 38.101820-80	Вручну	1 раз у 3 місяці
Зубчасті передачі	Трансмійне ТАП-1В ГОСТ 23652-79	Залив	1 раз у 3 місяці

Примітка. Джерело: розроблено автором

2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень

Для впровадження даної модернізації необхідно буде проводити комплекс робіт, виконання яких буде супроводжуватися відповідними витратами. З огляду на це визначаємо дані заходи:

– демонтування (з подальшою здачею в металобрухт) існуючого редуктора КЦ2-750, залишкова вартість цього редуктора за даними підприємства становить 45 тис. грн. Загальна маса елементів, що демонтуються, 1,270 т, ціна металобрухту - 2 400 грн/т. Тоді вартість демонтованого обладнання визначаємо

$$\begin{aligned} V_{\text{д.о.}} &= M_e \cdot C_M = 1270 \cdot 2400 = 3048 \text{ грн} \\ &= 3,048 \text{ тис. грн.} \end{aligned} \quad (2.42)$$

де M_e – загальна маса демонтованого обладнання; C_M – ціна металобрухту за тонну.

– придбати редуктор циліндричний РМ-650 загальною вагою 0,74 т. Ціну визначаємо на підставі статистичних даних – вона дорівнює $V_M = 29$ тис. грн.

Визначимо витрати на впровадження модернізації (без урахування зарплати), для циліндричного редуктора

$$V_{\text{ит}} = C_{\text{вир}} - V_{\text{д.о.}} = 29 - 3,048 = 258952 \text{ тис. грн.} \quad (2.43)$$

де $C_{\text{вир}}$ – ціна циліндричного редуктора; $V_{\text{д.о.}}$ – вартість демонтованого обладнання.

Первинна вартість встановлюваного обладнання

$$V_{\text{пер}} = C_{\text{вир}} \cdot (1 + L_M) = 29 \cdot (1 + 0,07) = 31,03 \text{ тис. грн.} \quad (2.44)$$

де L_M – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж устаткування (для

редуктора $L_m = 0,07$ встановлений на основі даних від підприємства).

Для повернення вартості зношеної частини основних фондів кожне підприємство робить амортизаційні відрахування, це сума коштів обов'язково включається в собівартість виробництва і повертається підприємству після реалізації продукції. Для визначення авансованої раніше вартості виконуємо розрахунок амортизаційних відрахувань. [10].

Встановлюване обладнання відноситься до III групи основних фондів. Норма амортизації H_A річна - 15%, квартальна - 3,75%. Первинна вартість встановлюваного обладнання $V_{пер} = 31030$ тис. грн.

Річні амортизаційні відрахування визначаємо за формулою

$$A_{річ} = A_I + A_{II} + A_{III} + A_{IV}, \quad (2.45)$$

де $A_{річ}$ – сума річних амортизаційних відрахувань, грн; $A_I \dots A_{IV}$ – амортизаційні відрахування за відповідний квартал.

Амортизаційні відрахування:

за I квартал

$$A_I = V_{пер} \cdot H_{AB} = 31030 \cdot 0,0375 = 1163,63 \text{ грн.} \quad (2.46)$$

Визначаємо залишкову вартість

$$V_{залII} = V_{пер} - A_I = 31030 - 1163,63 = 29866,38 \text{ грн.} \quad (2.47)$$

за II квартал

$$A_{II} = V_{пер} \cdot H_{AB} = 29866,38 \cdot 0,0375 = 1119,99 \text{ грн.} \quad (2.48)$$

Визначаємо залишкову вартість

$$B_{\text{залIII}} = B_{\text{залII}} - A_{\text{II}} = 29866,38 - 1119,99 = 28746,39 \text{ грн.} \quad (2.49)$$

за III квартал

$$A_{\text{III}} = B_{\text{залIII}} \cdot H_{AB} = 28746,39 \cdot 0,0375 = 1077,99 \text{ грн.} \quad (2.50)$$

Визначаємо залишкову вартість

$$B_{\text{залIV}} = B_{\text{залIII}} - A_{\text{III}} = 28746,39 - 1077,99 = 27668,40 \text{ грн.} \quad (2.51)$$

за IV квартал

$$A_{\text{IV}} = B_{\text{залIV}} \cdot H_{AB} = 27668,40 \cdot 0,0375 = 1037,56 \text{ грн.} \quad (2.52)$$

Визначаємо залишкову вартість

$$B_{\text{зал}} = B_{\text{залIV}} - A_{\text{IV}} = 27668,40 - 1037,56 = 26630,83 \text{ грн.} \quad (2.53)$$

Звідси

$$A_{\text{річ}} = 1163,63 + 1119,99 + 1077,99 + 1037,56 = 4399,17 \text{ грн.}$$

Зводимо всі отримані дані в табл. 2.11.

Таким чином, після впровадження даного заходу амортизаційні відрахування по третій групі основних фондів зменшаться на 2427,13 грн.

Оцінка технічних заходів щодо рівня собівартості продукції, що досягається в результаті їх здійснення, є основою для освоєння економічного ефекту.

Таблиця 2.11

Нарахування амортизаційних відрахувань

Назва обладнання	Норма амортизаційних відрахувань групи ОФ, %	Вартість на початок року, грн	Амортизаційні відрахування, грн.		Залишкова вартість, грн
			До модернізації	Після модернізації	
Стягувач опок	15	31030	6826,30	4399,17	6826,30

Примітка. Джерело: розроблено автором

Застосування запропонованої в проекті модернізації стягувача опок дозволить скоротити трудомісткість капітального ремонту, зменшиться кількість обслуговуючого персоналу.

Обґрунтування показників ефективності капітальних вкладень та модернізації

Визначаємо рентабельність надання ремонтних послуг

$$R_{\text{рем.}} = \frac{\Delta\Pi}{S_p}, \quad (2.54)$$

де $\Delta\Pi$ – приріст прибутку отриманий за рахунок зниження собівартості ремонтних послуг; S_p – загальні витрати на надання ремонтних послуг.

$$\Delta\Pi = B_p^{\text{до}} - B_p^{\text{п.м.}} = 35556,42 - 24120,98 = 11435,43 \text{ грн.} \quad (2.55)$$

$$R_{\text{рем}}^{\text{до}} = \frac{11435,43}{35556,42} \cdot 100\% = 32,16\%;$$

$$R_{\text{рем}}^{\text{п.м.}} = \frac{11435,43}{24120,98} \cdot 100\% = 47,41\%.$$

Визначаємо розмір капітальних вкладень на впровадження модернізації.

При виконанні модернізації стягувача опок вартість редуктора складе 29 тис. грн. Таким чином

$$KB = B_M = 29000 \text{ грн.} \quad (2.56)$$

Визначаємо економічний ефект капіталовкладень

$$E_{KB} = \frac{\Delta\Pi}{KB} \cdot 100\% = \frac{11435,43}{29000} \cdot 100\% = 39,43 \%, \quad (2.57)$$

де $\Delta\Pi = 11435,43$ – приріст прибутку, отриманий за рахунок зниження собівартості ремонтних послуг; KB – капіталовкладення.

Визначаємо термін окупності капіталовкладень

$$T_{ок} = \frac{1}{E_{KB}} = \frac{1}{0,3943} = 2,54 \text{ роки.} \quad (2.58)$$

Отримані дані розрахунків заносимо до табл. 2.12.

Таблиця 2.12

**Зміна техніко-економічних показників роботи
стале-фасонно-ливарного цеху, пов'язаних з модернізацією стягувача опок**

Показники	До модернізації	Після модернізації	Різниця, Δ	
			абсолютна, грн	відносна, %
1	2	3	4	5
Швидкість, м/хв	9	9	–	–
Простої на ремонт, год/рік				
-поточні	92	92	–	–
-капітальні	96	72	24	-25
Чисельність ремонтного персоналу, чол.	4	3	-1	-25
Капіталовкладення, грн	–	290000	–	–
ЗП ремонтної бригади, грн/рік	10700,73	6010,96	-4689,77	-43,87

Продовження табл. 2.12

1	2	3	4	5
Амортизаційні відрахування, грн	68262,96	43991,69	-24271,27	-35,56
Накладні витрати, грн	2668,91	1740,08	-928,83	-34,8
Витрати на технічне обслуговування, грн	13500,00	1450,00	-11050	-89,26
Собівартість надання ремонтних послуг за рік	35556,42	24120,98	-11 435,43	-32,16
Міжремонтний період - капітальних ремонтів, рік - поточних ремонтів, місяці	2 1	2 1	- -	- -
Термін окупності, роки	-	2,54	-	-
Економічна ефективність, %	-	39,43	-	-
Рентабельність, %	4,179	7,181	3,001	7,181

Примітка. Джерело: розроблено автором

В результаті виконання модернізації стягувача опок та зменшення ремонтного циклу можливо досягнення економічного ефекту на $\Delta\Pi = 11453,43$ грн. Термін протягом якого модернізація окупиться становить 2,54 роки. В результаті модернізації рентабельність надання ремонтних послуг стягувача опок збільшилася на 3 %. Економічна ефективність становить 39,43 %. [18]

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей

Стале-фасонно-ливарний цех належить до виробництв із підвищеним рівнем безпеки та шкідливості. умови праці формуються під дією комплексу шкідливих і небезпечних факторів, які виникають під час плавлення металу, приготування шихти, розливання у форми, вибивання виливків, очищення та обрубання. Однією з найвагомійших небезпек є висока температура навколишнього середовища та інтенсивне теплове випромінювання від розплавленого металу, нагрітих ковшів та печей. Постійний контакт із тепловим навантаженням викликає перегрівання організму, тепловий стрес, порушення водно-сольового балансу, виснаження, а у важких випадках — теплові удари. Тривалий вплив інфрачервоного випромінювання також може призводити до уражень шкіри, катаракти та погіршення зору.

Значну небезпеку становлять пил і аерозолі металів та формувальних сумішей, які утворюються під час приготування піску, вибивання виливків і механічної очистки. Кварцовий пил, пил металів і окалини, що потрапляють у дихальні шляхи, здатні викликати хронічні захворювання легень, серед яких силікоз, бронхіти, пневмоконіози та загальне зниження функцій дихальної системи. Подразнення слизових оболонок спричиняє кашель, утруднене дихання, підвищену чутливість до респіраторних інфекцій.

Важливим фактором є також шкідливі гази, які виділяються під час розливання сталі та взаємодії розплаву з формувальними компонентами. До таких газів належать чадний газ, оксиди азоту, сірчистий газ та різні продукти термічного розкладання смоляних зв'язуючих. Потрапляння цих речовин в організм може спричинити головний біль, запаморочення, гіпоксію, подразнення очей і дихальних шляхів, а за тривалого впливу — токсичні ураження нервової та серцево-судинної систем. Особливо небезпечним є чадний газ, що блокує транспор-

тування кисню кров'ю та здатний викликати гострі отруєння.

До типових чинників ливарного виробництва належить і підвищений рівень шуму, який виникає через роботу вибивних установок, дробеметів, компресорів та іншого енергомісткого обладнання. Довготривалий вплив шуму високої інтенсивності призводить до зниження слуху, розвитку шумової глухоти, постійного нервово-емоційного напруження, розладів сну та підвищеної стомлюваності.

У процесі транспортування розплавленого металу, форм, виливків та великогабаритних деталей існує ризик механічних травм під час роботи з підйомно-транспортним обладнанням. Такі небезпеки можуть спричинити удари, переломи, защемлення, травмування кінцівок, а також термічні опіки при випадковому контакті з гарячими поверхнями та розплавом. Травмонебезпечними є і пересування по нерівних чи засмічених поверхнях, що збільшує ймовірність падінь або пошкоджень опорно-рухового апарату.

До додаткових шкідливостей належать вібрація та електромагнітні поля, що виникають при роботі окремих механізмів. Вібрація здатна викликати порушення периферичного кровообігу, захворювання суглобів і хребта, а тривалий вплив електромагнітних полів може негативно впливати на нервову систему, викликаючи підвищену дратівливість, втому та головний біль.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей

Зниження рівня шкідливостей і небезпечностей у сталє-фасонно-ливарному цеху потребує комплексного підходу, який охоплює технічні, організаційні, санітарно-гігієнічні та індивідуальні засоби захисту. У першу чергу необхідним є удосконалення вентиляційних систем, адже ефективно видалення пилу, чадного газу та продуктів термічного розкладання значно зменшує токсичне навантаження на працівників. Застосування місцевих відсмоктувачів у зонах розливання металу, вибивання виливків і очищення деталей забезпечує своєчасне вловлювання шкідливих викидів без їх розповсюдження у робочу зону.

Доповненням до цього є впровадження аспіраційних систем, які дозволяють підтримувати концентрацію пилу на рівні, безпечному для дихальних органів.

Особливе значення має зниження теплового навантаження на працівників. Для цього доцільно оптимізувати теплові процеси, впроваджувати теплові бар'єри, екрани та відбивні щити, а також організовувати раціональні режими роботи з перервами у прохолодних зонах. Важливо забезпечувати примусове охолодження повітря у місцях тривалого перебування персоналу, застосовувати локальні кондиціонери або установки подачі охолодженого повітря. Усі гарячі поверхні, доступні для дотику, повинні бути надійно ізольовані або огорожені, що мінімізує ризик термічних опіків.

З метою зниження шумового впливу доцільним є використання шумозахисних кожухів, віброізоляційних прокладок, амортизаційних кріплень та модернізація обладнання, яке генерує підвищений рівень звукового тиску. У приміщеннях слід облаштовувати звукопоглинальні панелі та матеріали, що запобігають відбиттю звукових хвиль. Планування режиму роботи вибивних і дробеметних установок у часи з мінімальною кількістю персоналу також сприяє зменшенню загального шумового навантаження.

Дуже важливо підвищити безпечність підйомно-транспортних операцій. Ефективне вирішення цього завдання передбачає регулярне технічне обслуговування кранів, тельферів і візків, впровадження систем блокування, що запобігають аварійним рухам, та застосування сигналізації під час переміщення вантажів. Організація чітких маршрутів руху, належне освітлення, виділення небезпечних зон та застосування огорожень значно знижують імовірність травмування персоналу. Важливо також забезпечити рівність і чистоту робочих поверхонь, що зменшує ризик падінь та пошкоджень опорно-рухового апарату.

Серед заходів індивідуального захисту ключову роль відіграють теплозахисні костюми, термостійкі рукавиці, спеціальне взуття, захисні щитки для обличчя, а також фільтрувальні або ізолювальні респіратори, які підбираються залежно від концентрації пилу чи газів. Використання засобів захисту органів слуху — протишумових навушників або вкладишів — є обов'язковим у зонах

підвищеного шуму. Важливо, щоб усі засоби індивідуального захисту регулярно перевірялися та замінювалися у разі зношування.

Організаційні заходи включають систематичне навчання персоналу правилам безпечної роботи, ознайомлення з можливими ризиками, відпрацювання дій у надзвичайних ситуаціях та постійний контроль за дотриманням технологічних регламентів. Раціональний розподіл робочого часу, планування змінності та дотримання перерв сприяють зменшенню фізичного і психофізіологічного навантаження, особливо у гарячих ділянках.

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

Для запобігання потраплянню в органи дихання шкідливих домішок, таких як пилові частинки, токсичні гази або випари, на виробництві застосовують фільтрувальні респіратори. Їхні захисні властивості зберігаються обмежений час, і зазвичай такий засіб підлягає заміні приблизно раз на пів року. Щоб убезпечити шкіру та тіло працівника від впливу механічних, температурних та хімічних факторів, персонал забезпечують спеціальним комплектом одягу. До нього входять куртки, штани або комбінезони, які виготовляють переважно з щільної бавовняної тканини чи грубошерстного сукна, здатного витримувати умови ливарного виробництва.

Окремо приділяється увага захисту ніг: працівники використовують спеціальне взуття на міцній підошві, яке зменшує ризик травмування при можливому падінні предметів або контакті з нерівними поверхнями. Захист рук забезпечується за допомогою рукавиць із міцних бавовняних матеріалів, що необхідні під час переміщення вантажів або контакту з гарячими чи шорсткими поверхнями. Для запобігання травмам голови використовують захисні каски, обладнані амортизуючими вставками, які зменшують силу удару при падінні предметів чи випадкових механічних впливах.

Чіткі строки видачі спеціального одягу та індивідуальних засобів захисту визначені у табл. 3.1, де зазначено періодичність їх оновлення відповідно до

нормативних вимог та умов експлуатації.

Таблиця 3.1

Річна потреба та періодичність видачі ЗІЗ

Професія або посада	Кількість людей по професії	ЗІЗ	Термін використання	Загальна кількість на рік
Слюсар-ремонтник	18	Черевики шкіряні	12 місяців	18
		Костюм х/б	12 місяців	18
		Костюм зимовий	36 місяців	9
		Підшоломник теплий	12 місяців	18
		Каска захисна	До зносу	–
		Рукавиці комбіновані	1 місяць	216
		Респіратор ШБ –1	1 зміна	6570
		Окуляри	6 місяців	36
		Беруши	1 зміна	6570

Примітка. Джерело: дані Криворізького підрозділу ТОВ «ЗЛМЗ»

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Організація санітарно-побутових умов у сталевиробничому цеху має ключове значення для підтримання здоров'я працівників та забезпечення безпечного виробничого процесу. Оскільки робота в ливарному виробництві пов'язана з підвищеними тепловими навантаженнями, забрудненістю повітря пилом та газами, а також значним фізичним напруженням, побутові приміщення повинні відповідати вимогам гігієни та забезпечувати можливість відновлення після зміни.

У складі санітарно-побутового комплексу передбачаються гардеробні приміщення, обладнані шафами для окремого зберігання робочого та особистого одягу. Таке розділення запобігає перенесенню на побутовий одяг пилу, шкідливих речовин і запахів, які залишаються на спецодязі після роботи в гарячих і запилених зонах. Гардеробні оснащуються вентиляцією та сушильними пристроями, що дозволяють підтримувати нормальний мікроклімат та своєчасно висушувати спецодяг після роботи.

Для підтримання належної гігієни в цеху облаштовуються умивальні та душові кімнати. Їх наявність є необхідною, оскільки працівники часто контактують із формувальними сумішами, металевим пилом та продуктами горіння. Душові кабінки обладнуються подачею гарячої та холодної води, а кількість душових постів визначається з урахуванням максимальної кількості працівників у зміні. Умивальні встановлюються поблизу виходів із виробничих зон, що дозволяє оперативно усувати забруднення після виконання робіт.

Особливе місце серед санітарно-побутових приміщень займають кімнати для відпочинку та обігріву. У періоди холодної пори року вони забезпечують працівникам можливість короткочасного перебування в комфортній температурі, що особливо важливо для персоналу, який виконує роботи на відкритому повітрі або на великих виробничих площах. Такі приміщення обладнані місцями для сидіння, системами вентиляції та опалення, а також аптечками для надання першої допомоги.

Забезпечення питним режимом працівників також є важливою складовою санітарно-побутових умов. У цеху встановлюються охолоджувачі або фонтанчики з питною водою, оскільки робота в умовах високих температур швидко призводить до зневоднення організму. У спекотних зонах передбачається встановлення місцевих пунктів для поповнення водного балансу.

Туалетні приміщення розміщуються таким чином, щоб забезпечити зручний доступ для всіх працівників зміни, водночас ізоляція цих приміщень від виробничих зон дозволяє підтримувати необхідні санітарні умови. Вони оснащуються вентиляцією, системами подачі води та засобами гігієни.

Важливим заходом є також облаштування пунктів санітарної допомоги та медичних постів, де працівники можуть отримати первинну медичну допомогу, пройти вимірювання тиску, оцінити стан після роботи в гарячих умовах. Наявність таких пунктів є обов'язковою для цехів підвищеної небезпеки.

3.3 Пожежна профілактика

В більшості випадків пожежі виникають через перевантаження електропечей, електродвигунів приводів технологічного транспортування і транспортуючих машин. В результаті вони нагріваються вище за допустимі норми, іскрять, відбувається коротке замикання. До короткого замикання призводить також пошкоджена ізоляція дротів, їх механічні пошкодження, несправності штепселів, муфт, включення інструментів в мережу без вилок, попадання на драти води.

Недбале поводження з відкритим вогнем, робота з паяльними лампами, факелами поблизу паливно-мастильних матеріалів і будов, що згорають, кинуті не загашені недопалки, сірники, висипані не погашені шлак, зола, вугілля також нерідко викликають пожежу.

Попередження пожеж зводиться до постійного контролю за виконанням загальних вимог пожежної безпеки, а також вимог при монтажі і експлуатації електротехнічних установок, періодичній перевірці знань правил пожежної безпеки у обслуговуючого персоналу.

Для швидкого і правильного виклику пожежної команди має бути організована телефонний зв'язок з пожежними організаціями. Місце знаходження найближчого телефону має бути вказане в табличках на видних місцях. Біля телефонів слід вивісити чіткий напис з вказівкою способу виклику найближчої пожежної команди. При пожежі слід повідомити про те, де вона виникла, що горить і хто повідомляє про це. Закінчити розмову можна, лише отримавши підтвердження про правильність прийому і виїзд пожежної команди на місце пожежі.

Застосовується також електрична сигналізація, що дозволяє сповістити пожежну команду про пожежу без використання телефонної мережі. Для виклику пожежної команди слід розбити скло, що закриває кнопку сповіщувача, натиснути кнопку повністю і відпустити. Сигнал автоматично передається пожежній команді. Людина, що подала сигнал, зобов'язана дочекатися пожежну команду і вказати їй місце виникнення пожежі.

Сигнали пожежної тривоги можуть подаватися електросиренами, гудками

паросилових установок, частими ударами по підвішених шматках металевих рейок, балок.

При виникненні пожежі слід негайно, до прибуття пожежної команди приступити до її ліквідації первинними засобами, виконуючи наступні заходи: організувати розвідку осередків вогню; визначити маршрут евакуації людей; забезпечити збереження матеріальних цінностей; визначити шляхи розповсюдження вогню.

Гасити полум'я необхідно за допомогою засобів пожежогасінні з урахуванням властивостей матеріалів, що горять. Одяг, що горить, на людині гасять різними матеріалами, за допомогою яких можна збити полум'я і припинити доступ кисню до осередку вогню. При горінні електричної проводки, електроустановок треба спочатку їх знеструмити, відключивши живлення, а потім гасити вуглекислотними вогнегасниками, піском. Не можна гасити електропроводку, що горить, водою або пінними вогнегасниками, щоб не опинитися під напругою.

Для попередження виникнення пожеж необхідно, щоб виробничі приміщення, майданчики відповідали типовим правилам пожежної безпеки. Пально-змащувальні і обтиральні матеріали повинні зберігатися на робочих місцях в закритих металевих посудинах, у кількості добової потреби. Зберігати бензин, керосин та інші легкозаймісті речовини на робочому місці не дозволяється. Пожежні проїзди повинні утримуватися в стані, придатному для проїзду пожежних автомобілів. Виробничі приміщення, установки, склади мають бути забезпечені первинними засобами гасіння пожежі і пожежним інвентарем.

Відповідно до СНП 2.09.02 - 85, приміщення за вибухопожежною і пожежною небезпекою розділяють на п'ять категорій (А, Б, В, Г, Д). Стале-фасонно-ливарний цех належить до категорії Г, оскільки в даному цеху негорючі речовини і матеріали в розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я. Горючі гази, рідини, тверді речовини спалюються або утилізуються як паливо.

Для запобігання пожеж у сталевих фасонно-ливарному цеху передбачаються такі заходи:

- створення протипожежних перешкод у кабельних приміщеннях (використання незаймистих будівельних конструкцій з межею вогнестійкості 1,5 години), у схемах електроустановок застосування засобів максимального теплового захисту, примусове охолодження двигунів для запобігання їхнього займання;
- основним профілактичним заходом щодо запобігання пожеж у мастилогосподарстві є виключення випару мастила й застосування будь-якого джерела відкритого вогню;
- мастильні, горючі й обтиральні матеріали зберігаються в спеціальних місцях, що відповідають вимогам протипожежної безпеки.

Для гасіння пожеж у приміщенні сталє-фасонно-ливарного цеху передбачено 8 гідрантів, які розташовані на відстані 50 метрів друг від друга. Тиск води в магістралі 5...6 атм. Біля гідрантів розташовані протипожежні щити з комплектом протипожежного інвентарю: сокири, багри, лопати, цебра, ящики з піском місткістю 0,5 м³, вогнегасники в кількості 2-х одиниць на кожному пожежному щиті. Гідранти й щити розташовуються в пожеже небезпечних місцях відділення. Всі мастилопроводи відділення обладнані автоматичними системами пожежогасіння, біля електрощитових установлені пожежні щити, де перебувають по одному вогнегаснику ОП-6 і пересувний вуглекислотний вогнегасник УП-1м.

Для гасіння великих пожеж є гідросистема, що включає 10 кранів для приєднання пожежних рукавів, тиск води в системі становить 6...8 атмосфер.

Для гасіння вогнища палаючого мастила й електроустановок на дільниці є 5 вогнегасників типу ОУ-5. На кожні 400 м² площадки сталеплавильної дільниці передбачається один вогнегасник ОП-5. Кабіни електромостових кранів забезпечені вогнегасниками типу ОП-4 і ОП-5 по одному. Площадки кранів, а також всі пожеже небезпечні місця обладнані ящиками з піском ємністю 0,5 м³.

Для гасіння пожеж передбачаються водонапірні колонки-гідранти в кількості 8 штук, вогнегасники, мішки з піском, стаціонарні установки водяного гасіння (спринклери). На кожній дільниці установка виконана в доступних місцях. Заповнення водою засобів пожежогасінні здійснюється з двох незалежних

джерел.

Кількість ящиків з піском і вогнегасників приймається залежно від призначення робочого місця і приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Первинні засоби пожежогасіння

Найменування дільниці	Одиниці вимірювання	Ящики з піском	Пінні вогнегасники	Вуглекислі вогнегасники		
				У-2	У-8	УП-1
Сталеплавильна дільниця	На приміщення	3			6	
Шихтова дільниця	На приміщення	1	2			
Сумішопідготовча дільниця	На приміщення	1	2			1
Стрижнева ділянка	На приміщення	1	2			1
Формовочна дільниця	На приміщення		2			

Примітка. Джерело: дані Криворізького підрозділу ТОВ «ЗЛМЗ»

На заводі застосовуються теплові пожежні оповіщувачі автоматичного типу, які реагують на певне значення температури і швидкість її наростання. Також передбачена система зв'язку для оперативного сповіщення диспетчера комбінату про пожежу з метою забезпечення оперативного виклику пожежної служби.

На підприємстві розроблений і впроваджений план по евакуації працівників з робочих місць при пожежі. Згідно цього плану, всі робочі місця обладнуються основним і запасним виходами. При цьому, в будь-яких випадках, потрібно: вказані виходи не захаращувати, на видних місцях повинен бути вказаний план евакуації, а персонал повинен бути проінструктований по протипожежній безпеці. Додатково до цього, повинні бути розміщені вказівники, що показують напрям евакуації.

Функціональним призначенням системи пожежної сигналізації, впровадженої в загальну систему управління цехом, є виявлення вогнища пожежі на

початковій стадії її виникнення, щоб здійснити відповідні заходи: евакуацію людей, виклик пожежників [19].

ВИСНОВКИ

Стягувач опок працює в сталє-фасонно-ливарному цеху, на ділянці заливальне-охолоджувальних конвеєрів та призначений для пересування опок з передатним візком по колії від місця в цеху, де відбувається цикл подачі сталі в опоку і формування виливки, до охолоджувального конвеєра, який в свою чергу розташований на підвір'ї цеха.

Основними вузлами стягувача опок є привод, до складу якого входять електродвигун, зубчасті муфти та триступінчастий конічно-циліндричний редуктор. Редуктор з'єднаний із валом кремальєрної шестірні, що входить у зачеплення з кремальєрною рейкою, яка є елементом корпусу стягувача. У передній частині корпусу розташований захват. Сам корпус спирається на рейковий шлях через опорні ролики, що забезпечує його переміщення вздовж рейки та дає змогу транспортувати опоки на охолодження.

Недоліком наявної конструкції є застосування редуктора з конічною передачею. В умовах інтенсивного робочого навантаження консольне кріплення конічного вал-шестірні спричиняє його перекид в опорах. Це, у свою чергу, призводить до зміни бічного зазору в зубчастому зчепленні та прискореного зношування робочих поверхонь конічної пари. Додатково можливий осьовий зсув конічного вал-шестірні, що часто стає причиною передчасного руйнування радіальних підшипників кочення.

Для усунення зазначених недоліків, на підставі проведеного аналізу стану існуючих інноваційних рішень пропоную замінити конічно-циліндричний редуктор моделі на циліндричний редуктор.

Це дозволить скоротити витрати на ремонт, підвищити довговічності та поліпшити експлуатаційні характеристики стягувача.

Очікуваний економічний ефект від скорочення тривалості ремонтних робіт а також від збільшення часу роботи обладнання складає 11453,43 тис. грн, строку окупності 2,5 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Голофаєв А.М. Технологічна оснастка ливарного виробництва: навчальний посібник. / А.М. Голофаєв, Ю.І. Гутько, Н.О. Тараненко. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2006. – 304 с.
2. Стороженко С. А. Устаткування та проектування ливарних цехів. / С. А. Стороженко – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. – 48 с.
3. Скрипник О. В. Обладнання ливарного виробництва / О. В. Скрипник, С. В. Конончук – Полтава: КНТУ, 2019. – 53 с.
4. Штовхаючий конвєсер: а.с. 1696347: В65G 25/08 / А. М. Фрідберг. № 4744836/03; заявл. 11.10.1989; опубл. 07.12.1991, Бюл. № 45. 3 с.
5. Пристрій для переміщення вантажу: а.с. 1724535: В 65 G 25/08 / Н. П. Волинець та ін. № 4814671/03; заявл. 16.04.1990; опубл. 07.04.1992, Бюл. № 13. 5 с.
6. Пристрій для переміщення вантажів: пат. 123265 Україна: В25J 9/20, В66F 19/00, В66F 9/04. № u201706542; заявл. 26.06.2017; опубл. 26.02.2018, Бюл. № 4. 4 с.
7. Редукторы РМ-650 – характеристики, чертежи и цены одноступенчатых цилиндрических редукторов. ООО «СЛЭМЗ». URL: <https://slemz.com.ua/reductory/cylindricheskie/reductor-rm/reductor-rm-650>.
8. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання : навч. посіб. до лаборат. робіт / Р. Б. Гевко, Н. І. Хомик, О. С. Жаровський, Т. А. Довбуш. – Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2021. – 256 с.
9. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навч. посіб. / А. В. Гайдамака. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 275 с.
10. Деталі машин: підручник / А. В. Міняйло, Л. М. Тіщенко, Д. І. Мазоренко [та ін.]. – Київ: Агроосвіта, 2013. – 448 с.
11. Деталі машин. Курсове проектування: навч. посіб. / В. О. Малащенко, В. В. Янків. – Львів: Новий Світ-2000, 2021. – 228 с.
12. Курсове проектування деталей машин (коробки передач): навч. посіб. / Ю. Є. Мешков, О. А. Войтович, І. А. Селіверстов, В. О. Ткач. – Херсон: ФОП

Вишемирський В.С., 2019. – 229 с.

13. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Монтаж металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ : Кондор, 2017. – 328 с.
14. Коваленко І. В. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних виробництв: навч. посіб. / І. В. Коваленко. – Київ: Академкнига, 2011. – 580 с.
15. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Ремонт металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. – 236 с.
16. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Технічне обслуговування металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ: Кондор, 2024 – 286 с.
17. Максименко О. П., Перемітько В. В., Самохвал В. М. Теорія і практика змащування металургійних машин: навч. посіб. / О. П. Максименко, В. В. Перемітько, В. М. Самохвал. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2006. – 172 с.
18. Семенов Г. А., Семенов А. Г., Станчевський В. К. Техніко-економічні розрахунки на підприємств: навч. посіб. / Г. А. Семенов, А. Г. Семенов, В. К. Станчевський. – Київ: Центр навчальної літератури, 2005. – 184 с.
19. Шеремет В. О., Каракаш О. І., Марунчак В. Ф., та ін. Довідковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: Навчальний посібник. - Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2005. – 850 с.

ДОДАТКИ

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, *Лис Олександр Леонідович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна магістерська робота *«Механічне обладнання сталє-фасоно-ливарного цеху Криворізького підрозділу ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод»*. *Модернізація приводу стягувача опок* » виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

15.01.2026



(ініціали, прізвище, власноруч)