МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Балюк Андрій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація механізму переміщення головного візка розливного крану 180/50/20т
(повна назва теми)

за матеріалами

Конверторного цеху департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»
(повна назва бази дослідження)

науковий керівник асистент (наук. ступінь, вчене звання) (підпис) Засельська Т. О. (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. ступень, 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

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Балюк Андрій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра
Механічне обладнання Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація механізму переміщення головного візка розливного крану 180/50/20т

керівник кваліфікаційної роботи магістра *Засельська Т. О., асистент.*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри *15.01.2026*

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра
Умови виробництва конверторного цеху департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика розливочного крана 180/50/20 т, 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)
4 аркуші формату А1 складальних креслеників: кран розливочний 180/50/20 т, візок вертикального переміщення, привод вертикального переміщення, мотор-барабан; 1 аркуш А1 деталей: колесо зубчате, кришка сквозна, шайба стопорна, вал тихохідний, кільце дистанційне.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	*Засельська Т. О., ас.*	*20.10.25*	*20.10.25*
Основна частина	*Засельська Т. О., ас.*	*20.10.25*	*20.10.25*
Організація безпечного виробництва	*Засельська Т. О., ас.*	*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*	*вик.*

Здобувач (ка) _____ *Балюк А.І.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *Засельська Т. О.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Приме-чание
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Знову розроблена			
5						
6	A1	КРМ.133.26.03.00.00.000СК	Складальне креслення	1	–	
7	A4	КРМ.133.26.01ПЗ	Пояснювальна записка	66	–	
8						
9						
10			Документація по			
11			складальним одиницям			
12						
13			Знову розроблена			
14						
15	A1	КРМ.133.26.03.02.00.000СК	Візок вертикального переміщення			
16			Складальне креслення	1	–	
17	A1	КРМ.133.26.03.02.03.000	Привод вертикального переміщення			
18			Складальне креслення	1	–	
19	A1	КРМ.133.26.03.02.03.200	Мотор-барабан			
20			Складальне креслення	1	–	
21						
22						
23						
24						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Балюк		15.01.26
Пров.		Засельська		19.01.26
Н.контр.		Засельська		21.01.26
Утв.		Засельський		23.01.26

133.26.03.КРМ

Кран розливочний вантажопідйомністю 180/50/20 т. Відомість кваліфікаційної роботи магістра

Лит.	Лист	Листов
М	4	2

ТНІ ДУЕТ
кафедра ІГМ
гр. ГМ-24м

Копировал

Формат А4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної роботи магістра: 66 стор., 10 рис., 17 таблиць, 4 додатки, 32 джерел.

Об’єкт розробки – розливочний кран конвертерного цеху.

Ціль розробки – підвищення надійності роботи механізму вертикального переміщення головного візка, скорочення ремонтного циклу, спрощення кінематики та конструкції приводу, зменшення часу виконання монтажно-демонтажних операцій.

Метод досліджень – аналітичний – визначення основних недоліків в роботі механізму.

Запропоновані шляхи підвищення надійності в роботі механізмів, розроблена схема навантажень валів привода. Визначена необхідна потужність електродвигунів і режими роботи.

Запропонована модернізація машини дозволить підвищити надійність в роботі, поліпшити експлуатаційні характеристики крана, спростити кінематику та конструкцію приводу вертикального переміщення головного візка.

Результати роботи можуть бути використані при реконструкції розливочних кранів. Очікуваний економічний ефект від використання гідромеханічного приводу вертикального переміщення головного візка розливочного крану за рахунок зменшення потужності приводу складе 463230 грн. в цінах 2018 р.

Ключеві слова: розливочний кран, механізм вертикального переміщення, вантажний візок, привод, мотор-барабан, гідравліка, гідро-мотор.

ЗМІСТ

ВСТУП …..... 7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА 8
1.1 Характеристика конверторного цеху №1 ПАТ „АМКР” …..... 8
1.2 Призначення і область застосування розливочного крану ……..... 9
1.3 Технічна характеристика розливочного крану ……..…..... 10
1.4 Опис конструкції машини-прототипу 12
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини 15
1.6 Формування мети та задач 16
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА 17
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень 17
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети ..…..... 23
2.3 Аналітичні розрахунки ……..... 25
2.4 Монтаж, ремонт, змащення …….. 37
2.4.1 Прив’язка машини до технологічного тракту ……..… 37
2.4.2 Технологічна карта монтажу …….…… 37
2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення ……. 39
2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів ……. 41
2.4.5 Змащення …… 42
2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень …… 49
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ……... 55
3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей конверторного цеху …... 55
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей конверторного цеху ……. 57
3.2.1 Засоби індивідуального захисту ……. 58
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої …….. 58
3.3 Пожежна профілактика …….. 60
ВИСНОВКИ ……. 63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ …… 64
ДОДАТКИ …… 67

ВСТУП

Вантажо-підйомні механізми відіграють важливу роль у механізації транспортних операцій у різних сферах виробництва. За їх допомогою виконуються роботи з монтажу та складання великогабаритного устаткування й машин, а також здійснюються технологічні операції в металургійному виробництві.

Кран - це вантажо-підйомна машина, що залучена для виконання такелажних робіт. Ливарні крани дають безперервність технологічного процесу в конвертерному та електроплавильному цеху. Вони здійснюють транспортування та вивантаження рідкого металу в конвертори, міксери, розливають метал у виливниці, та виконують додаткові процеси - кантування ковшів, ремонт обладнання, очищення робочої зони цеху.

Головними комплектуючими крана є міст, кабіна керування, вузол пересування, візки головний та допоміжний. Привід вертикального переміщення включає двигуни, редуктори та барабани. Його недоліками є значна маса, високі енергетичні затрати та вартість обслуговування, що знижує загальну економічну ефективність роботи обладнання. [1]

Оскільки ціль дослідження є зменшення енергоспоживання та удосконалення приводу, тема роботи обрана вірно. Її значення спрямовано на розробку конструкції приводу вертикального переміщення, що відзначається технологічністю, економічністю й зниженням затрат на експлуатацію та ремонт.

У даній роботі наведено конструкцію приводу, яка має підвищену технологічну ефективність, споживає менше енергії та потребує менших витрат на обслуговування.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика конверторного цеху

Конверторний цех було створено та запущено в 1966 році. Після модернізації до його складу входять такі цеха: міксерний, киснево-конвертерний, розливочний, шихтовий та шлаковий.

Конверторний цех виробляє на рік приблизно 3585000 т. сталі. Загалом розливаються наступні типи сталі: кип'яча, зварювальна, спокійна та легована. [2]

Міксерна ділянка має функцію приймати і усереднювати рідкий чугун за хім. складом та температурними режимами. Міксерне відділення складається з двох блоків, у яких розташовано по 2 міксера місткістю 1250 тонн. Чавун із доменних цехів №1 та №2 попадає у міксерний відділ й виливається в міксери за допомогою вантажопідйомних кранів (на першій ділянці – 3 крани, на другій - 2). Для викачування шлаку з чавуновозних ковшів використовують скребкові агрегати (по 2 на кожну ділянку).

Шихтова ділянка забезпечує прийом, загрузку та передачу на конверторну ділянку скрабу та шлакових складових. Шихтова ділянка складається з двох шихтових дворів. У першому працюють 2 грейферні та 2 електромагнітні крани, у другому - 2 магнітно-грейферні й 1 електромагнітний. При прийомці шлакоотворюваних складових шихтовий двір №1 обладнано чотирнадцятьма приймальними бункерами.

Конвертерна ділянка має основну функцію - виплавку сталі. До складу конверторної ділянки входить 2 відділення, в яких в свою чергу встановленно по 3 конвертери місткістю 160 т. Необхідні матеріали (чугун, скраб, феросплави тощо) з міксерної ділянки подаються сюди залізницею. Для заливки чагуну в кожному відділенні змонтовано 2 заливні крани, а для завантаження скрабу – встановлено завалочний кран в кількості 1 шт.

Шлакові складові транспортуються за допомогою конвейерів. Вміст скрабу у шихті становить 25 - 28%, а продувка киснем під час плавки - 410–460 м³/хв. Щоб збільшити стійкость футеровки конвертерів примінюють пристрої факельного, влажного або напів-сухого торкретування.

Розливочна ділянка забезпечує розливу сталі по виливницям. Розливна ділянка вміщує в себе 8 розливочних балконів, 9 розливочних кранів, 2 віддлення з ремонту шиберів та 9 місць для просушування ковшів. Парк ковшів для розливання сталі має 45 - 50 одиниць. Застосовується як верхнє, так і сифонне розливання. Вага злитка може досягати 12 т. Серед способів вне пічної обробки застосовують продування аргоном знизу через полум'я-стійкі блоки і шиберні затвори. [3]

До склада розливної ділянки також входить відділення полум'я-стійких робіт, де виконують футерування та набивання сталерозливочних і чавуновозних ковшів. Вона оснащена 2 кранами вантажопідйомністю 100 т, агрегатом для набивки ковшів та ремонтними ямами.

Шлакова ділянка забезпечує відгрузку шлаку, що є побічною складовою під час виплавки сталі. Воно складається з 2 шлакових дворів, у яких працюють по 2 грейферні та 1 вантажному крану вантажопійомністю 100 т. Відгрузка шлаку зі шлакових ям виконується екскаватором. Після обробки протипригарною рідиною на спеціальних агрегатах шлакові чаші переміщують назад у міксерну, конвертерну та розливочну ділянки.

1.2 Призначення і область застосування розливочного крану

Розливочний мостовий кран використовується для виконання технологічних операцій в киснево-конверторному виробництві, виконуючи різні підйомно-транспортні підйоми та переміщення.

Для переміщення та розливання рідкого металу у виливниці слугує головний підйом. Для виконання допоміжних робіт (кантування, очистка

ковшів, виконання ремонтів, переміщення агрегатів до ремонтних ділянок, прибирання території цеху) використовують два додаткові підйоми.

Кран виконує всі ці функції в межах своєї номінальної вантажопідйомності та робочої області.

Головним вузлом що є захватом розливочного крана є траверса з 2 однорогими гачками пластинчастої конструкції, якими здійснюється захоплення ковша з рідким металом.

1.3 Технічна характеристика розливочного крану

Технічні параметри розливного крану наведні в таблиці 1.1 [4]

Таблиця 1.1

Технічні параметри розливного крану

Параметр	Значення
Вантажопідйомність, т	180/50/20
Швидкість підйому:	
- Головний	5,5 м/хв
- Перший допоміжний	8,1 м/хв
- Другий допоміжний	14 м/хв
Швидкість переміщення:	
- Головний	35 м/хв
- Перший допоміжний	36 м/хв
- Другий допоміжний	67,7 м/хв
Висота підйому:	
- Головний	18 м
- Перший допоміжний	20 м
- Другий допоміжний	18 м
Проліт крану	16 м
Ходові колеса:	
- Головний візок	8
- Допоміжний візок	4
- Кран	16
Діаметр коліс:	
- Головний візок	560 мм
- Допоміжний візок	560 мм
- Кран	710 мм

Тип рейки:	
- Головний візок	КР-100
- Допоміжний візок	КР-100
- Кран	КР-120
Тип передачі підйому	
- Головний	редуктор ГК-1300, відкрита пара
- Перший допоміжний	редуктор 1615-14-11
- Другий допоміжний	редуктор Ц2-750-40
Передаточне число підйому:	
- Головний	89,75
- Перший допоміжний	140
- Другий допоміжний	41,34
Тип передачі переміщення:	
- Головний	ВКУ-765М
- Допоміжний	ВКУ-765М
- Кран	ВКУ-765М
Передаточне число переміщення:	
- Головний	36,3
- Допоміжний	45,3
- Кран	31,6
Двигун підйому:	
- Головний	МТН-713-10
- Перший допоміжний	МТН-713-10
- Другий допоміжний	4МТН280-8.10
Кількість двигунів підйому:	
- Головний	2
- Перший допоміжний	1
- Другий допоміжний	1
Потужність/оберти підйому:	
- Головний	160 кВт / 582 об/хв
- Перший допоміжний	100 кВт / 580 об/хв
- Другий допоміжний	45 кВт / 565 об/хв
Двигун переміщення:	
- Головний	4МТН-200L6
- Допоміжний	4МТН-160L6
- Кран	4МТН-200L6
Кількість двигунів переміщення:	
- Головний	2
- Допоміжний	1
- Кран	4

Потужність/оберти переміщення:	
- Головний	22 кВт / 710 об/хв
- Допоміжний	11 кВт / 960 об/хв
- Кран	22 кВт / 960 об/хв

Розроблено з використанням [4]

1.4 Опис конструкції машини-прототипу

Міст має конструкцію з металу (рис. 1.1) [5] яка включає 2 головні 1 та 2 додаткові 22 зварні поздовжні перекриття, з'єднані між собою 2 поперечними перекриттями 23. На основних та другорядних перекриттях встановлено рейки 3 та 21. Уздовж зовнішнього боку основних перекриттів на кронштейнах змонтовані ділянки 2, призначені для ремонту крану, а також для монтажу приводів механізмів пересування 27. Кожен привід працює автономно.

Головний візок 28 рухається по двум основним перекриттям, а другорядний візок 5 - по двом внутрішніх, що встановлені нижче. Завдяки цьому другорядний візок має змогу проходити під основним, що забезпечує можливість кантування ковшів з обох боків.

Управління краном здійснюється з кабіни, що теплоізольована, та підвішена до мосту.

Вузол пересування крана обладнаний індивідуальним приводом. Мост крана шарнірно спирається на 16 безребордних коліс 31 з боковим колесом діаметром 710 мм, з яких 4 є приводними. Крутний момент від двигуна кожного приводу проходить на редуктор 27 та зубчасті муфти безпосередньо на ходове колесо. Кожний з приводів оснащений гальмом. Для зменшення ударних навантажень у разі наїзду на кінцеві упори встановлені пружинні буфери.

Візок основний являє собою рамну зварну конструкцію, що стоїть на чотирьох опорних візках 29 з вісьмома колесами 30. На ньому розміщено механізм пересування, який включає двигун 11, трансмісію 12 та редуктор

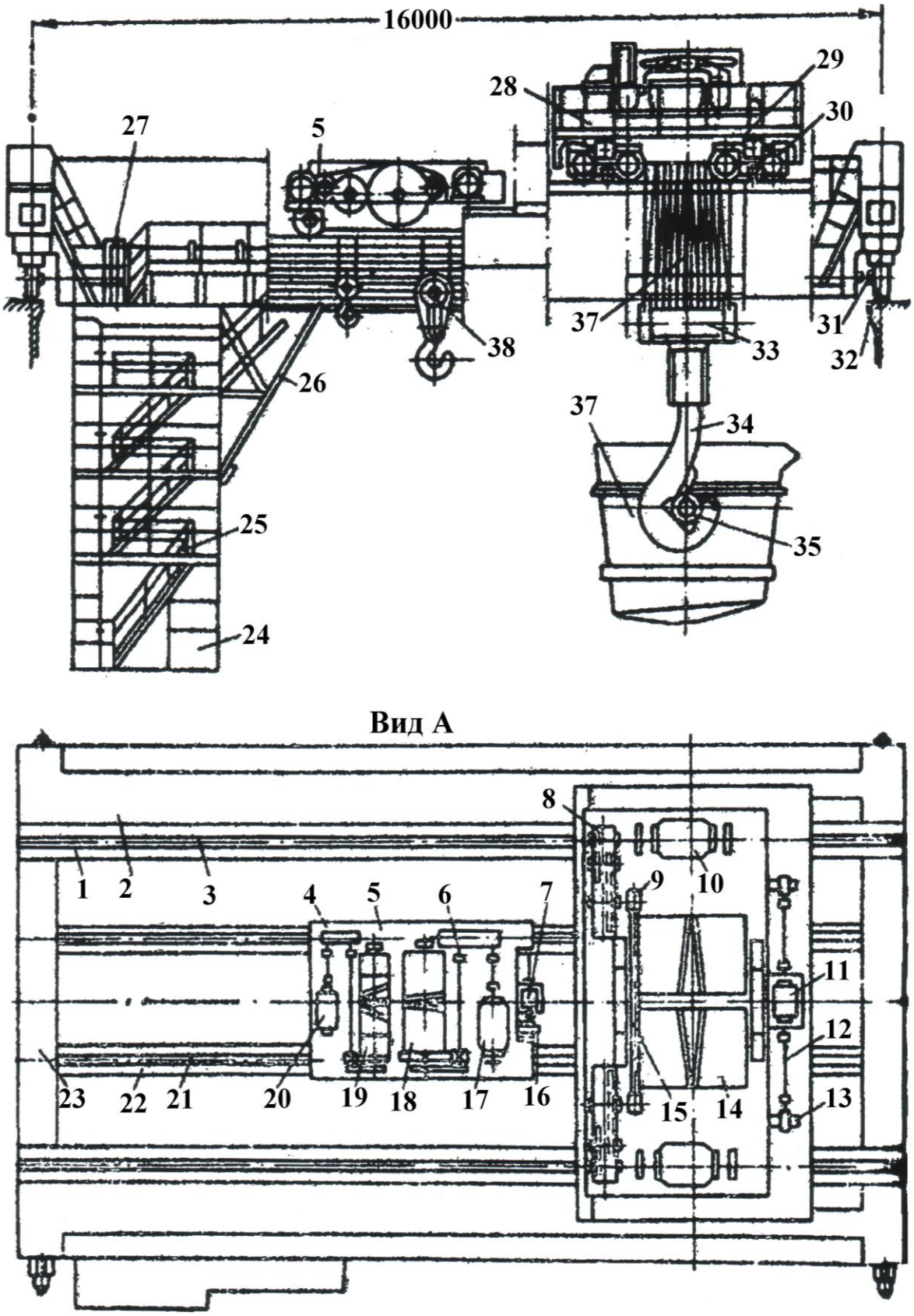

Рис. 1.1. Розливочний кран вантажопідйомністю 180/50/20 т.

Розроблено з використанням [5]

13, з’єднаний з привідними колесами. На рамі також встановлено 2 барабани підйому 14, двигуни 10, редуктор 8 та шестерня 9, що сполучені зачепленням з зубчастим вінцем 15, та закріпленого на барабанах. На кожний барабан підвішені два поліспасти 37, які утримують траверсу 33 з 2 пластинчастими гачками 34. На ці гачки за цапфа 35 підвішується сталерозливний ковш 36.

Вузол вертикального переміщення основного візка оснащений двома приводами. Зубчасті вінці барабану розташовані у взаємному зачепленні, це дає змогу синхронізувати одну швидкість обертів та одночасний, узгоджений підйом траверси. До складу вузла піднімання входять барабани, траверса та поліспасти. Кожен із барабанів встановлений на вісі і спирається на підшипникові опори. На їх поверхні виконано праву й ліву нарізку для укладання тросів, а між собою барабани з’єднані зубчастими вінцями.

Привод вузла піднімання складається з двигуна та редуктора. Вали двигуна і редуктора сполучені зубчастими муфтами. Тихохідний вал редуктора виконаний у вигляді вал-шестерні, що спирається на 1 опору в корпусі редуктора, а другу - на спеціальній зовнішній лапі. Кожен привід обладнаний двома гальмами.

Кінематика вузла вертикального переміщення [6] наведена на мал. 1.2. Крутний момент від двигуна 2 через зубчасту муфту 3, редуктор 4 і зубчасту передачу 5 передається на барабан 1. Важливим конструктивним моментом є те, що кожен привід оснащений храповим механізмом. Завдяки цьому, у разі виходу з ладу 1 привода, підйом можна завершити, використовуючи лише другий електродвигун.

Вузол пересування основного візка. Основний візок рухається по рейках, змонтованих на головних перекриттях моста, і спирається на 8 ходових коліс. Привід чотирьох приводних коліс здійснюється через зубчасті муфти, що з’єднують їхні вали з вихідними валами редукторів циліндричних вертикальних типу ВКУ. Переміщення забезпечується двома електродвигунами, вали яких також через зубчасті муфти з’єднані з валами редукторів.

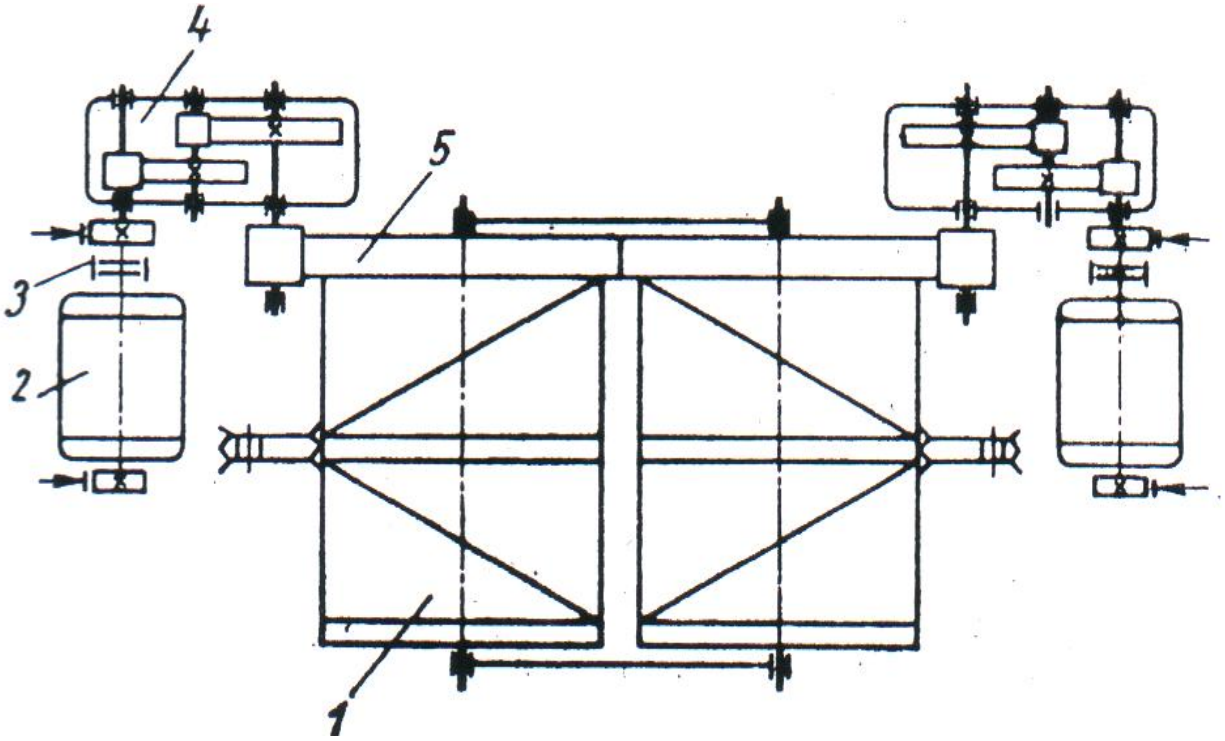

Рис. 1.2. Кінематична схема механізму вертикального переміщення

Розроблено з використанням [6]

Менший візок являє собою конструкцію з рами, на яку розміщають два вузли піднімання, оснащені електродвигунами, редукторами та барабанами. К барабанам через поліспасти підвішують балочні підвіси з гачками. Вузол переміщення меншого візка включає двигун, редуктор і трансмісію, що віддає крутний момент на привідні колеса. Переміщується менший візок по рейках, встановлених нижче рівня рейок, по яких рухається основний візок.

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини

Попри очевидні позитивні якості вузла вертикального переміщення - високу надійність та функцію продовжувати роботу крана навіть при виході з ладу одного з електродвигунів — існуючий конструктив має низку суттєвих недоліків, пов’язаних експлуатацією механізму:

- значна маса приводу;
- значні габаритні розміри;
- складність кінематики приводу;

- підвищені енергетичні затрати;
- складне технічне обслуговування.

Аналіз складу крана, умови його експлуатації та дані журналу прийомки-здачі зміни дозволили визначити недоліки, які пов’язані з конструктивом та експлуатацією машини.

Конструктивні проблеми пов’язані насамперед із малою надійністю відкритої зубчастої передачі у механізмі основного вертикального переміщення. Попадання пилу та забруднень у відкриту пару пришвидшує зношування зубців, що знижує ресурс роботи.

До експлуатаційних проблем належать високі витрати електроенергії та значна маса приводу, яка створює додаткові навантаження на несучу металеву частину моста крана.

Недоліки які стосуються технологічної частини полягають у складності проведення ремонтів, оскільки привід має заплутану кінематичну схему та вимагає значних витрат часу і ресурсів.

Окремою проблемою є те, що під час монтажу приводу треба точно відцентрувати між собою велику кількість деталей, що ускладнює налагодження та збільшує трудомісткість монтажних робіт.

1.6 Формування мети та задач

Головним завданням роботи є удосконалення приводу механізму вертикального переміщення крана шляхом спрощення його конструкції, що має забезпечити покращення експлуатаційних і технологічних показників. Запропонована модернізація передбачає заміну традиційного електромеханічного приводу на гідромеханічний. Такий підхід дає змогу істотно зменшити складність кінематичної системи та скоротити загальну масу привідного устаткування.

РОЗДІЛ 2
ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

На рис. 2.1 наведено робочі схеми приводу механізму під час переміщення вантажів за а.с. 87555. [7]

Барабан 1, на який намотується канат, з'єднаний з поздовжньо рухомим валом 3 через косозубу передачу 2. Вал 3 утримується у вихідному положенні тарілчастими пружинами 4 і через прямозубу передачу 5 передає обертання на безступінчастий варіатор 5. Ведучий вал варіатора обладнаний гальмівним пристроєм 7 і з'єднується з валом електродвигуна 8. Конструктивно варіатор виконаний із конічними колесами, між якими можна змінювати відстань, регулюючи передаточне відношення. Ричаги 9 керування варіатором сполучені між собою диском 10 і через стрижень 11 механічно пов'язані з торцем вала 8.

Оскільки на вал 3 діє навантаження від підйому вантажу, косозуба передача створює осьову силу, що намагається змістити його вправо. Проте таке переміщення відбувається лише тоді, коли ця сила перевищує початковий натяг пружин. Завдяки цьому забезпечується стабільна швидкість підйому при масі вантажу від нуля до певного встановленого значення.

Якщо вантажний момент продовжує зростати, варіатор автоматично зменшує швидкість обертання, доки вона не досягне мінімальної, яка відповідає граничній масі вантажу.

На рис. 2.2 подано конструкцію лебідки за а. с. 175203 [8]: бічний вигляд, переріз та проєкція за стрілкою А.

У внутрішньому просторі барабана 1 розміщується гідродвигун, корпус 2 якого здатний обертатися, має лопатки 3 та встановлений на вал 4 з можливістю вільного обертання. Вал жорстко зв'язаний зі стійками 5, розташованими на торцевих частинах барабана.

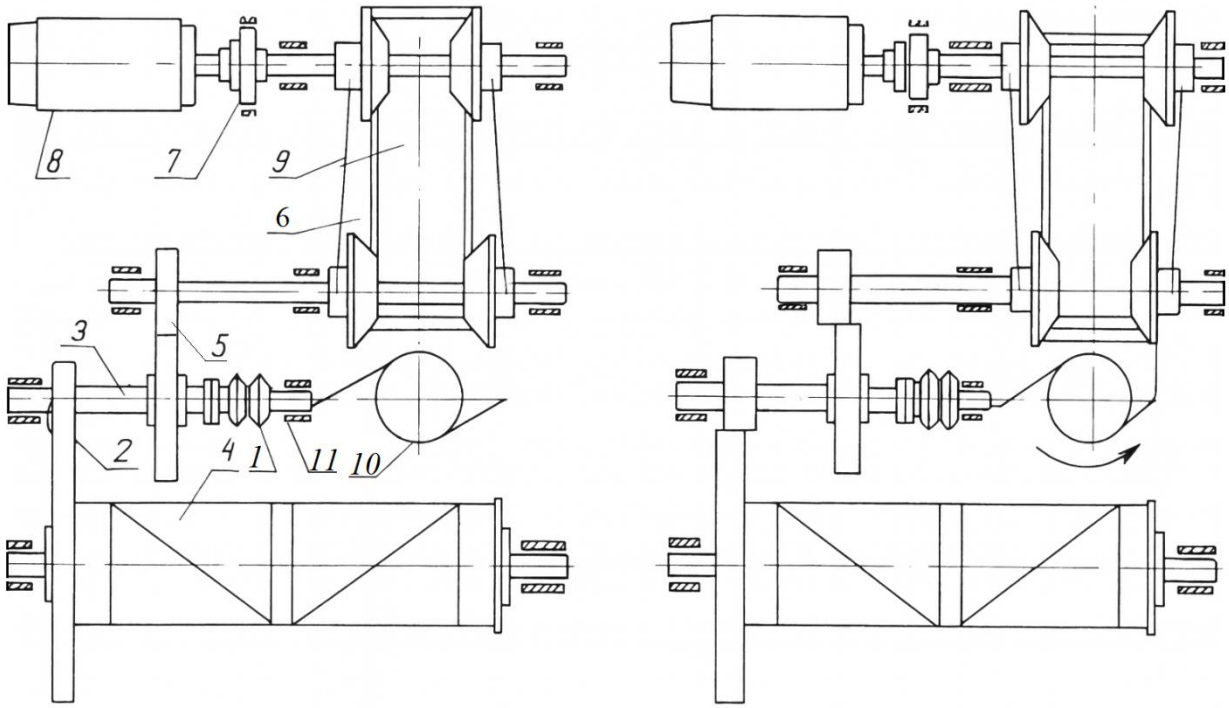

Рис. 2.1 Схема приводу механізму переміщення за а.с. 87555

Розроблено з використанням [7]

Усередині вала гідродвигуна виконані два канали - Б і В, по яких здійснюється підведення та відведення мастила. Вибір потрібного каналу визначає напрям обертання барабана.

Барабан обладнаний гальмом 6 з гідроциліндром 7 і канатоукладачем 8. Завдяки двом окремим каналам Б і В та відповідній подачі рідини гідродвигун лебідки може працювати в реверсивному режимі. Велика сумарна площа лопаток і розподіл рідини по численних робочих камерах під високим тиском забезпечують достатній обертовий момент без використання проміжних редукторів.

Робота лебідки відбувається так.

У гідроциліндр 7 подається мастило для зняття гальмування. Через канал Б або В рідина надходить через один із гідророзподільників 10, потім через канали Г або Д у бічних кришках 11 - у робочі камери 9 гідродвигуна. Тиск рідини діє на лопатки 3, які змушують обертатися корпус гідродвигуна

разом із барабаном навколо нерухомого вала. Після припинення подачі рідини і відведення її з гідроциліндра обертання барабана зупиняється.

Привід гвинта канатоукладача 8 здійснюється від гідродвигуна через зубчасту передачу 12.

Гідромотор-барабан за а. с. 1463711 [9] (див. рис. 2.3) складається з оболонки 1, всередині якої змонтовано гідродвигун. До його складу входить нерухомий ротор 2 з епіциклоїдальними зубцями 3 позацентрового зачеплення, встановлений на шліцьовому валу А, що жорстко з'єднаний зі стойками 5, закріпленими на основі лебідки з боку торця барабана. Статор-золотник 6 має два ряди зубців і розміщений ексцентрично відносно ротора, у ньому виконано внутрішні осьові канали 7 та зовнішні радіальні пояски 8 з внутрішніми зубцями 9, які утворюють замкнений контур. Цей контур є огинаючою кривою, що описує переміщення ротора під час його планетарного руху. Зовнішні евольвентні зубці 10 статора входять у зачеплення з внутрішніми евольвентними зубцями 11 фланця 12.

Фланець з'єднаний шпильками 13 з корпусом 14 та кришкою 15 гідродвигуна. У корпус і кришку вмонтовані підшипники кочення 16, які встановлені на валу 4 та закриті кришками 17 із манжетними ущільненнями 18. Корпусні елементи гідродвигуна жорстко прикріплені до оболонки 1 барабана лебідки за допомогою гвинтів 19.

Система подачі та відведення робочої рідини включає: осьовий канал 20 вала напірної гідролінії; кільцевий 21 і осьовий 22 канали в корпусі, осьовий 23 і кільцевий 24 канали в кришці гідродвигуна; осьовий канал 25 вала зливної гідролінії; пази 26 та аксіальні канали 27 на торцях кришки та корпусу, що забезпечують роботу гідророзподільного механізму; робочі камери 28 гідродвигуна. Кількість зубців статора перевищує кількість зубців ротора на один.

Гідромотор-барабан функціонує таким чином.

Робоча рідина надходить від насосної станції через гнучкі рукави (на схемі не показані) і далі по каналах 20–22 потрапляє в робочу камеру 28 гідродвигуна, створюючи обертальний рух статора 6.

Внутрішні зубці 9 статора входять у зачеплення з зовнішніми епіциклоїдальними зубцями 3 нерухомого ротора 2, завдяки чому статор 6 перекочується навколо ротора, здійснюючи плоскопаралельний рух. У процесі такого руху він через евольвентне зачеплення приводить в обертання фланець 12, жорстко з’єднаний з корпусом 14, кришкою 15, а також з обичайкою 1 барабана, на яку намотується тяговий канат.

Під час переміщення статора 6 робочі камери 28 змінюють свій об’єм - при стисканні рідина витісняється через канали 23–25 у зливну лінію. Розмежування камер високого та низького тиску забезпечується самим статором 6, він, за рахунок радіальних поясів 8 та осьових каналів 7, відкриває або перекриває пази 26 і аксіальні канали 27, розташовані на торцях корпусу та кришки гідродвигуна.

Висновки по існуючим інноваційним рішення.

Запропоновані в свідоцтвах технічні рішення направленні на модернізацію традиційної системи приводу вузла вертикального переміщення візка. У межах цієї роботи передбачається заміна електромеханічного вузла обертання на гідромеханічний. Конструкція приводу включатиме барабан, усередині якого розміщено гідромотор та диференційний редуктор. Такий підхід дає змогу повністю відмовитися від зовнішніх зубчастих передач, що раніше негативно впливали на надійність і роботу механізму.

Гідромотор отримуватиме обертання від насосної установки, забезпечуючи необхідну тягову дію. Реалізація такого приводу підвищує ефективність функціонування крана, робить кінематичну схему значно простішою, зменшує масу та габарити вузла, а також дозволяє істотно скоротити енергоспоживання.

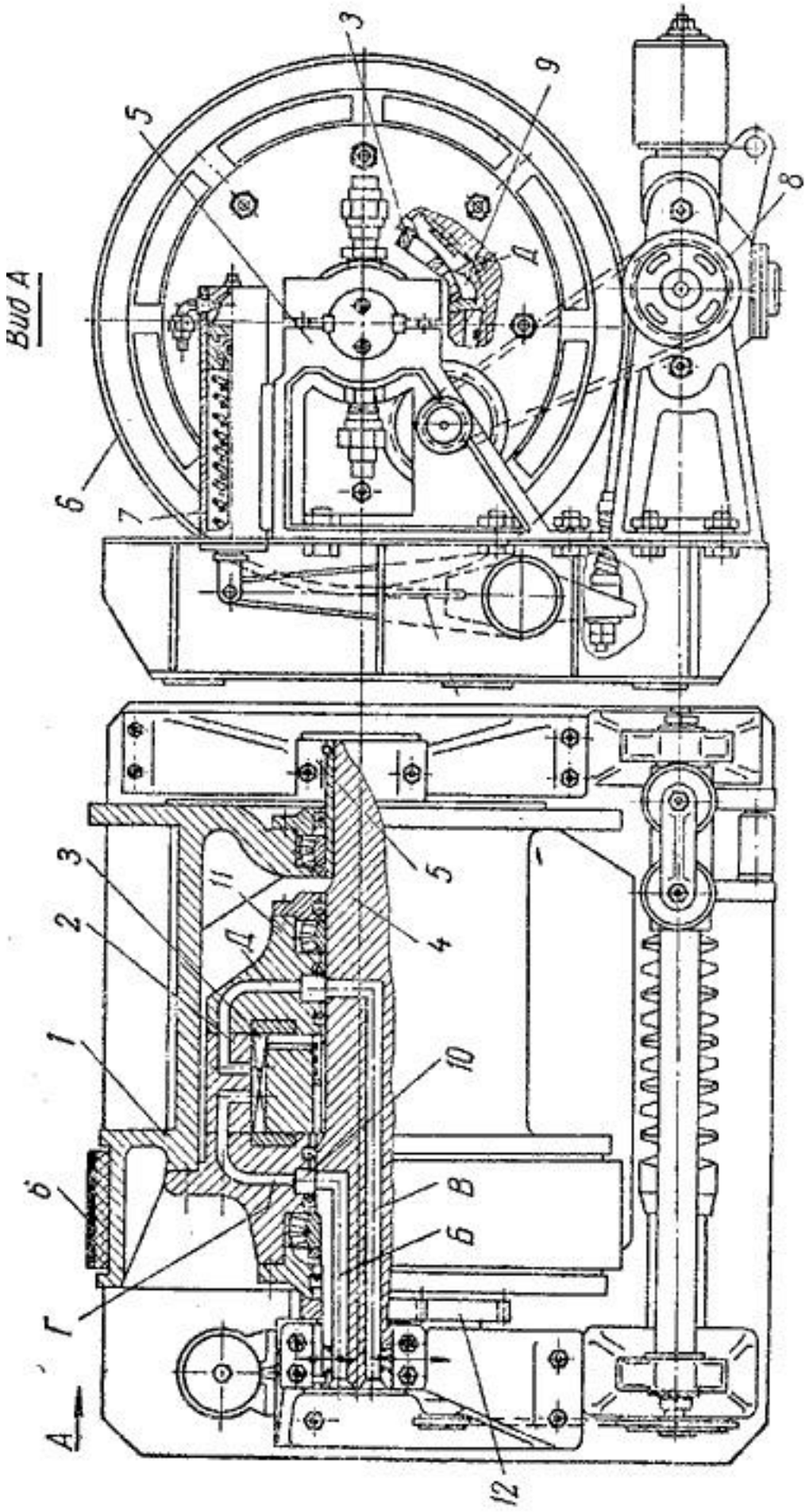

Рис. 2.2 Конструкція барабан лебідки за а. с. 175203

Розроблено з використанням [8]

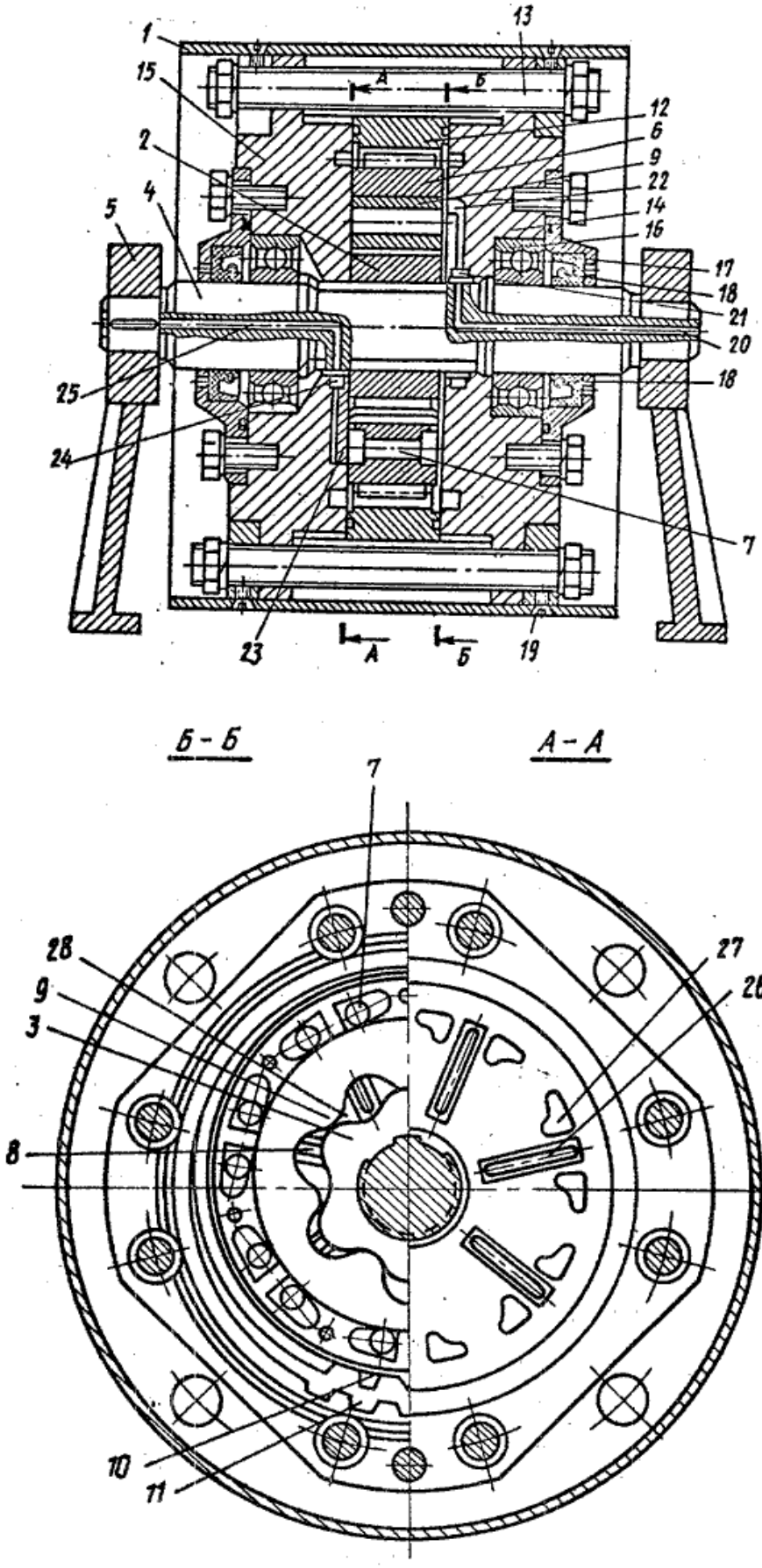

Рис. 2.3 Гідромотор-барабан за а.с. 1463711

Розроблено з використанням [9]

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

Конструкцію мотор-барабану за патентом 11969 [10] наведено на рис. 2.4.

Корпус барабана 1 служить оболонкою, всередині якої розміщено приводний блок. До його складу входить гідромотор 2 та передавальний механізм, що включає одноступеневий редуктор 3 і відкриту передачу з внутрішнім зачепленням. Цю передачу формують шестірня 4, встановлена на вихідному валу 5 редуктора, та зубчасте колесо 6, яке закріплене на кришці барабана 7. Вихідний вал 8 редуктора безпосередньо з'єднаний з валом гідродвигуна 2, розташованим у порожнині напіввісі 9 та зафіксованим на торці фланця 10. Через цей фланець напіввісь 9 приєднана до корпусу редуктора 3. Друга напіввісь 11 також зв'язана з корпусом редуктора і разом з напіввіссю 9 утворює спільну осьову опору мотор-барабана.

Кришки 7 і 12 виконані так, щоб не мати виступаючих деталей, які могли б бути пошкоджені при можливих осипаннях породи. У середині напіввісей 9 і 11 розміщені осьові канали 13 і 14, що з'єднані трубопроводами 15 і 16 з робочими порожнинами гідродвигуна. Для запобігання попаданню пилу передбачено відповідні ущільнювальні елементи.

Принцип дії мотор-барабана полягає в наступному.

Під тиском робоча рідина подається через осьовий канал 13 напіввісі 9 та по трубопроводу 15 надходить у робочу камеру гідродвигуна 2. Потік рідини взаємодіє з рухомими елементами двигуна, що викликає обертання його вихідного вала, розташованого у фланці 10. Далі крутний момент передається на ведучий вал 8 редуктора 3, а після нього - через шестірню 4 та зубчасте колесо 6 - на кришки 7 і 12 барабана 1, які приводять у рух стрічку. Робоча рідина після зниження тиску відводиться через трубопровід 16 і осьовий канал 14 у напіввісі 11 на злив.

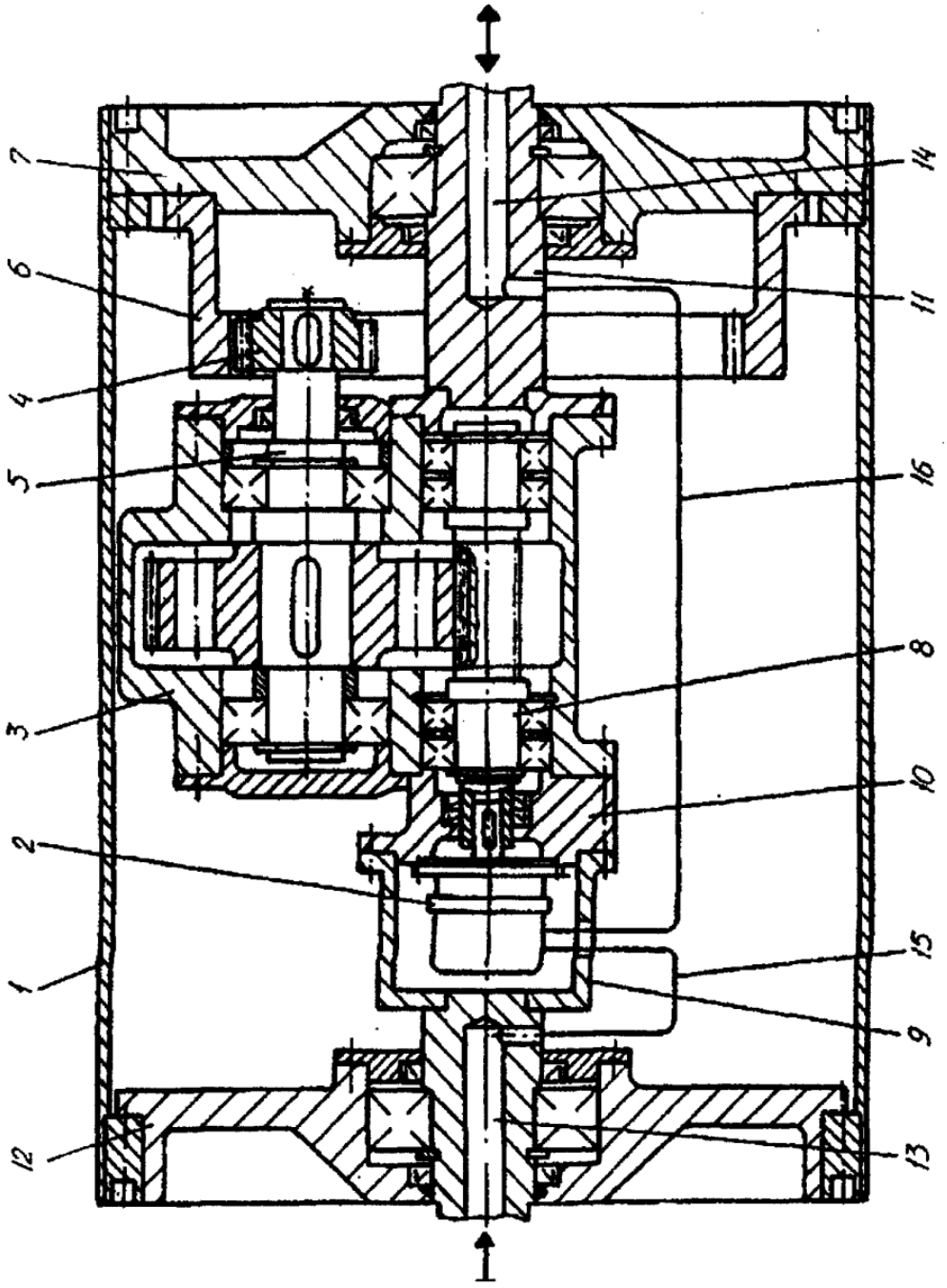

Рис. 2.4 Конструкція барабан лебідки за а. с. 175203

Розроблено з використанням [10]

2.3 Аналітичні розрахунки

Необхідні данні для початку розрахунків наведено в таблиці 2.1.

Схема розрахункова наведна на рисунку 2.5.

Таблиця 2.1

Необхідні данні для початку розрахунків

Найменування	Позначення	Од. виміру	Значення
Вантажопідйомність	$Q_м$	т	180
Передаточне відношення приводу	$i_{заг}$	-	170
Кількість приводів	$z_{пр}$	шт.	2
Число несучих віток	Z	шт.	20
Загальна кількість блоків	$n_{бл}$	шт.	19
Число віток канату, що навіваються на барабан	$Z_в$	шт.	2
Швидкість обертання барабану	$n_б$	об/хв.	3,4
Діаметр барабана	$D_б$	м	1,62
Діаметр каната	$d_к$	м	0,03

Розроблено з використанням [4]

Розрахунок сили ваги повного ковша, який буде піднято

$$P = Q_м \cdot g = 180000 \cdot 9{,}81 = 1765800 \text{ Н}. \quad (2.1)$$

Знаходимо навантаження на канат максимальне [11]

$$S_{max}^{расч} = \frac{1{,}05 \cdot P}{Z \cdot \eta_{бл}^{n_{бл}-1}} = \frac{1{,}05 \cdot 1765800}{20 \cdot 0{,}98^{19-1}} = 133400 \text{ Н} \quad (2.2)$$

де 1,05 – коефіцієнт, який зважає вагу пристрою що захватує вантаж;

$\eta_{бл}$ - к.к.д. вузла. Для підшипників кочення вибираємо $\eta_{бл} = 0{,}98$.

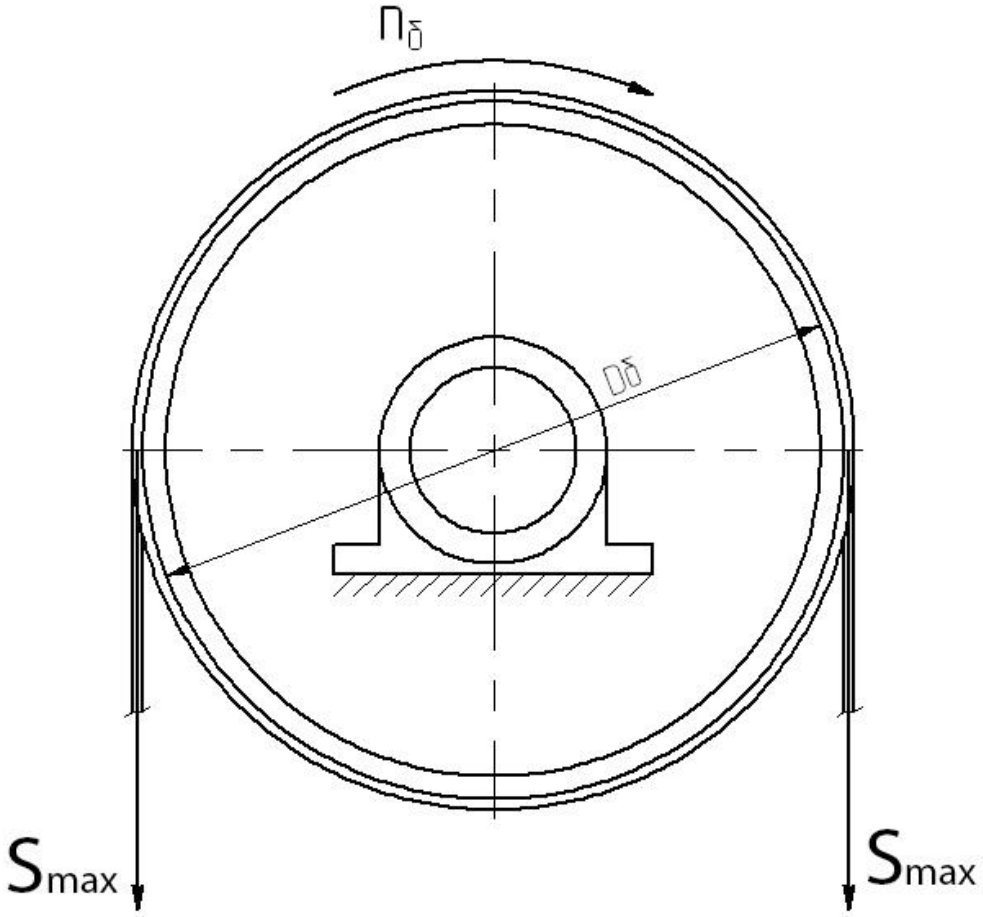

Рис. 2.5. Схема розрахункова

Розроблено з використанням [11]

Розраховуємо крутний момент, який впливає барабан та стінки

$$M_{\text{кр}} = 2 \cdot S_{\max}^{\text{расч}} \cdot \frac{D_{\text{б}}}{2} = 2 \cdot 133400 \cdot \frac{1{,}62}{2} = 216108 \ \text{Н·м}. \quad (2.3)$$

Розрахунок крутного моменту, що передаватиме гідромотор на редуктор [12]

$$M_{\text{г.м}} = \frac{M_{\text{кр}}}{i_{\text{заг}} \cdot \eta_{\text{м}}} = \frac{216108}{170 \cdot 0{,}92} = 1382 \ \text{Н·м} \quad (2.4)$$

де $\eta_{\text{м}}$ - к.к.д. вузла.

$$\eta_{м} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0{,}96 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}99 = 0{,}92 \quad (2.5)$$

де η_1 - к.к.д. гідравлічного мотору, $\eta_1 = 0{,}96$;

η_2 - к.к.д. вузла редуктора, $\eta_2 = 0{,}97$;

η_3 - к.к.д. підшипників на які спирається барабан, $\eta_3 = 0{,}99$.

Розрахунок частоти обертів гідравлічного мотору

$$n_{м} = n_{в} \cdot i_{заг} = 3{,}4 \cdot 170 = 578 \text{ об/хв.} \quad (2.6)$$

По даним з розрахунків вибираємо гідравлічний мотор радіально-поршневого типу NE0350YY/N який має робочий тиск $p_{м} = 25$ МПа, кількість обертів $n_{max} = 600$ об/хв., обертовий момент $M_{кр} = 1392$ Нм, об'ємом камери $V_0 = 350$ см^3.

Розрахунок продуктивності гідравлічного мотора

$$Q_{г.м} = V_0 \cdot n_{ш} = 350 \cdot 578 = 202300 \text{ см}^3\text{/хв.} \quad (2.7)$$

Знаходимо витрати робочого тиску по трубах

$$\Delta p_{тр} = 0{,}05 \cdot p_{м} = 0{,}05 \cdot 25 = 1{,}25 \text{ МПа.} \quad (2.8)$$

Знаходимо розхід тиску в гідравлічних комплектуючих

$$\sum \Delta p_{ап} = \Delta p_{з.р} + \Delta p_{м} + \Delta p_{гз} + \Delta p_{р.к} + \Delta p_{ф} = \\ = 0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}07 = 0{,}57 \text{ МПа} \quad (2.9)$$

де $\Delta p_{з.р}$ - втрачання тиску на золотниковому розподілювачі, $\Delta p_{з.р} = 0{,}1$ МПа;

$\Delta p_{\text{м}}$ - втрачання тиску на гідромоторі, $\Delta p_{\text{м}} = 0{,}2$ МПа;

$\Delta p_{\text{гз}}$ - втрачання тиску на гідро замку, $\Delta p_{\text{гз}} = 0{,}1$ МПа;

$\Delta p_{\text{р.к}}$ - втрачання тиску на редукційному клапані, $\Delta p_{\text{р.к}} = 0{,}1$ МПа;

$\Delta p_{\text{ф}}$ - втрачання тиску на фільтрі, $\Delta p_{\text{ф}} = 0{,}07$ МПа.

Розрахунок сумарної витрати тиску

$$\sum \Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \sum \Delta p_{\text{ап}} = 1{,}25 + 0{,}57 = 1{,}84 \text{ МПа}. \quad (2.10)$$

Розрахунок граничного тиску, для налагодження клапану запобіжного

$$p_{\text{к}} = p_{\text{м}} + \sum \Delta p = 25 + 1{,}84 = 26{,}84 \text{ МПа}. \quad (2.11)$$

Відносно проведених розрахунків беремо насос шестерінчастого типу 1626T26B4OZL160SM22 що має об'єм $V_0 = 160$ см^3, тиск напирання $p_{\text{н}} = 28$ МПа, можливу кількість обертів $n_{\max} = 1800$ об/хв.

Розраховуємо потужність двигуна приводу [12]

$$N = \frac{p_{\text{н}} \cdot Q_{\text{н}}}{60 \cdot \eta} = \frac{28 \cdot 10^6 \cdot 0{,}24}{60 \cdot 0{,}98} = 110 \text{ кВт}. \quad (2.12)$$

де η - к.к.д. механізму, $\eta = 0{,}98$.

Вибираєм двигун AIP280S4 потужністю $N = 110$ кВт, кількістю обертів $n = 1500$ об/хв., вагою $m = 810$ кг. [13]

Розрахунок необхідної кількості мастила для роботи гідравлічного приводу, з урахуванням п’яти хвилин продуктивності

$$V_{\text{масла}} = 5 \cdot Q_{\text{н}} = 5 \cdot 0{,}24 = 1{,}2 \text{ м}^3 \quad (2.13)$$

Визначаєм вміст баку для нормальної роботи гідравлічного приводу

$$V_{\text{бака}} = 1{,}2 \cdot V_{\text{масла}} = 1{,}2 \cdot 1{,}2 = 1{,}44 \text{ м}^3. \quad (2.14)$$

Гідравлічна схема приводу головного візка крана наведена на рис. 2.6.

Привод складається з двох однакових за конструкцією та потужністю гідроприводів.

До складу кожного приводу входять насос 1, трьохпозиційний розподільник 2 з електромагнітним керуванням, гідрозамок 3, редукційний клапан 4, гідравлічний мотор 5, муфта 6, мотор-барабан з планетарним колесом 9, сателітами 10 і внутрішнім зубчастим вінцем 11, фільтр 12, запобіжний клапан 13, манометр 14 та бак для мастила 15. Обертання мотор-барабана підтримується підшипниками 8.

Робочий процес відбувається таким чином: після ввімкнення насоса 1 мастило з бака 15 подається крізь розподільник 2 та гідрозамок 3 у гідромотор 5.

Гідромотор надає обертального руху валу з сонячною шестірнею 9, що взаємодіє з сателітами 10 та вінцем 11. Це спричиняє обертання барабана й підйом вантажу. Для реверсу напряму оберту барабана розподільник 2 перемикається у протилежне положення.

Гідравлічний привод працює у трьох режимах.

У режимі очищення мастила працює насос Н1, а розподільник Р1 встановлений у нейтральне положення 0. Насос Н1 забирає мастило з бака Б, пропускає його через Р1 та фільтр Ф1 і повертає назад у бак, забезпечуючи циркуляцію та очищення робочої рідини.

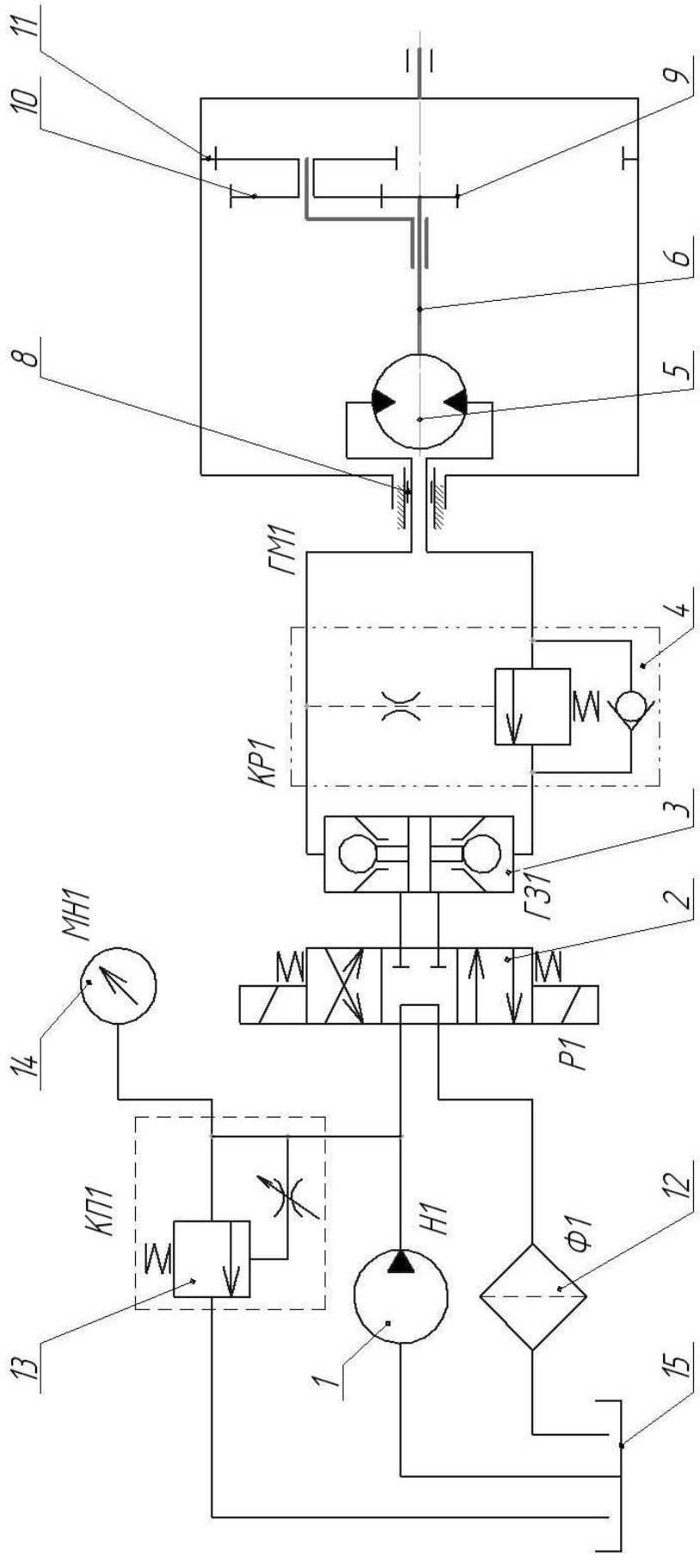

Рис. 2.6. Гідравлічна схема приводу вертикального переміщення візка крана 180/50/20 т

(розроблено автором)

У режимі обертання барабана за годинниковою стрілкою розподільник Р1 знаходиться у положенні а. Потік мастила від насоса Н1 через Р1 та гідрозамок ГЗ1 надходить до гідромотора ГМ1. Гідромотор обертає робочу шестерню 9 проти годинникової стрілки, а через диференційний редуктор це спричиняє обертання барабана за годинниковою стрілкою. Відпрацьоване мастило через ГЗ1, Р1 і Ф1 повертається до бака Б.

У режимі обертання барабана проти годинникової стрілки розподільник Р1 перемикається у положення б. Потік мастила через Р1 і ГЗ1 надходить до гідромотора ГМ1 так, що він обертає робочу шестерню 9 за годинниковою стрілкою. Через редуктор це змушує барабан обертатися у протилежний бік. Далі мастило повертається у бак тим самим шляхом - через ГЗ1, Р1 і Ф1.

По продуктивності та тиску вибираємо насос шестерінчастого конструкції 1626T26B4OZL160SM22, характеристики якого наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Характеристика шестерінчастого насоса 1626T26B4OZL160SM22

Найменування	Позначення	Од. виміру	Значення
Продуктивність максимальна	Q_{max}	л/хв.	288
Тиск номінальний	p	МПа	28
Частота обертів	$n_н$	об/хв	1500
Частота максимальна	n_{max}	об/хв	1800
Діаметр вала	$d_н$	мм	75
Довжина валу	$l_н$	мм	160
Потужність електродвигуна	$N_{дв}$	кВт	110
Частота обертів електродвигуна	$n_{дв}$	об/хв	1500
Діаметр валу електродвигуна	$d_д$	мм	80
Довжина валу електродвигуна	$l_д$	мм	170

Розроблено з використанням [12]

Спираючись на обертовий момент та число обертів що впливають на вал вибираємо муфту, відносно умови: [14]

$$[M] \geq M_{\text{розр}} \qquad [n] \geq n_{\text{дв}}$$

$$M_{\text{розр}} = \frac{k_{\text{р}} \cdot N_{\text{дв}} \cdot 30}{\pi \cdot n_{\text{дв}}} = \frac{1{,}3 \cdot 110000 \cdot 30}{3{,}14 \cdot 1500} = 911 \text{ Н·м} \qquad (2.15)$$

де $k_{\text{р}}$ - поправка, що враховує стан та умови праці муфти, $k_{\text{р}} = 1{,}3$.

Згідно умов роботи та діаметрів валів двигуна та гідравлічного насосу приймаємо муфту пружну втулочно-пальцеву МПВП 2000-80-1-75-2 У3.

Перевірка умов нормальної роботи муфти

$$[M] = 2000 \text{ Н·м} > M_{\text{розр}} = 911 \text{ Н·м};$$

$$[n] = 2300 \text{ об/хв} > n_{\text{дв}} = 1500 \text{ об/хв}.$$

Умови виконуються.

Спираючись на продуктивність та тиск в розрахунках вибираємо гідравлічний мотор реально-поршневого типу NE350LCC/D, що має робочі характеристики наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Характеристика гідравлічного мотору NE350LCC/D

Найменування	Позначення	Од. виміру	Значення
Продуктивність максимальна	$Q_{\max}$	л/хв	525
Тиск номінальний	p	МПа	25
Момент обертання	$M_{\text{кр}}$	Н·м	1392
Частота максимальна	$n_{\max}$	об/хв	600
Діаметр вала	$d_{\text{н}}$	мм	90
Довжина валу	$l_{\text{н}}$	мм	150

Розроблено з використанням [15]

Визначення гальмів, що необхідні щоб зупинити обертання барабну [14]

Знаходимо гальмівний момент

$$M_{\text{г}} = M_{\text{г.м}} \cdot k_{\text{t}} = 1382 \cdot 1{,}75 = 2419 \text{ Н·м} \quad (2.16)$$

де k_t - коефіцієнт гальмування с запасом, $k_t = 1{,}75$.

Вибираємо гальмо ТКГ-500, з моментом гальмування $M_{\text{г}} =$ 2500 Н·м, діаметром диска гальмівного 500 мм та потужністю 240 Вт. Зовнішні розміри - 1170×240×740 мм, вага 160 кг.

Згідно розрахунків: кількості обертів та обертового моменту на валу гідравлічного мотору, приймаємо муфту відносно умов

$$K_1 \cdot K_2 \le \frac{M_{\text{м}}}{M_{\text{кр}}} \quad (2.17)$$

де K_1 - коефіцієнт, що враховує відповідальність передачі, $K_1 = 1$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує режим праці вузла, $K_2 = 1{,}3$;

$M_{\text{м}}$ - максимальний момент, який сприймається муфтою;

$M_{\text{кр}}$ - робочий момент, що здійснюється валом редуктора на колесо, $M_{\text{кр}} = 1392$ Н·м.

Розраховуємо максимальний момент, який сприймається муфтою

$$M_{м} = K_1 \cdot K_2 \cdot M_{\text{кр}} = 1 \cdot 1{,}3 \cdot 1395 = 1814 \text{ Н·м.} \quad (2.18)$$

Для сполучення валу з ходовим колесом вибираємо зубчасту муфту 8000-90-1-100-1. Метал обойми та втулки – Сталь 40Х. Обертовий момент $M_{\text{м}} = 8$ кН·м.

Перевірка умов нормальної роботи муфти

$$[M] = 8000 \text{ Н·м} > M_{\text{розр}} = 1814 \text{ Н·м};$$

$$[n] = 2800 \text{ об/хв} > n_{\text{х.к}} = 600 \text{ об/хв}.$$

Умови виконуються.

Спираючись на продуктивність насосу та тиск вибираємо розподільник гідравлічний з електрогідравлічним управлінням МКРН.30615-14-01. Також відносно продуктивності насосу та тиску приймаємо фільтр DSN47NMN90.

Розрахунок та вибір шпоночного пазу двигуна та насосу [16]

Призматичні шпонки призначені для сполучення валів електричного двигуна та насоса, встановлюються відповідно до вимог ГОСТ 10474-79. Для їх виготовлення використовується сталь 45, а торці виконані із закругленням. Геометричні розміри валів та шпонок електричного двигуна та насоса наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Геометричні розміри валів та шпонок електричного двигуна та насоса

№	Найменування	d,мм	b×h×l, мм	Виконання	C
1	Полумуфта МПВП на валу двигуна	80	22×14×150	1	0,8
2	Полумуфта МПВП на валу насоса	75	22×14×140	2	0,8

Розроблено з використанням [16]

Силу що діє на шпонку Р розраховують як колове навантаження, що можна віднести до кола вала, за формулою

$$P = \frac{M_{кр}}{0{,}5 \cdot d} = \frac{911}{0{,}5 \cdot 0{,}075} = 24294 \text{ Н.} \quad (2.19)$$

Розрахунок напруги на змин, що виникає між шпонкою та пазом маточини

$$\sigma_{см} = \frac{P}{(l-b)\cdot(h-C)} = \frac{24294}{(140-22)\cdot(14-0{,}8)} = 15{,}6 \text{ МПа.} \quad (2.20)$$

Оскільки $\sigma_{см} = 15{,}6$ МПа $< [\sigma] = 100$ МПа умова виконана.

Для вала насосу з мінімальним діаметром 75 мм і вала двигуна діаметром 80 мм умова міцності дотримується, тому що розрахункове напруження не перевищує допустиме значення ($\sigma_{см} = 15{,}6 < [\sigma] = 100$ МПа).

Розрахунок шпоночного пазу може свідчити, що напруги які впливають на шпонку в зоні допустимих значень.

Розрахунок та вибір шпоночного пазу гідравлічного мотору та редуктора

Призматичні шпонки призначені для сполучення валів гідравлічного мотору та редуктора, встановлюються відповідно до вимог ГОСТ 10474-79. Для їх виготовлення використовується сталь 45, а торці виконані із закругленням. Геометричні розміри валів та шпонок гідравлічного мотору та редуктора наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Геометричні розміри валів та шпонок гідравлічного мотора та редуктора

№	Найменування	d,мм	b×h×l, мм	Виконання	C
1	Напівмуфта МЗ на валу гідромотора	90	25×14×130	1	0,8
2	Напівмуфта МЗ на швидкохідному валу редуктора	90	25×14×130	1	0,8

Розроблено з використанням [16]

Силу що діє на шпонку Р розраховують як колове навантаження, що можна віднести до кола вала, за формулою [17]

$$P = \frac{M_{кр}}{0{,}5 \cdot d} = \frac{1395}{0{,}5 \cdot 0{,}09} = 31000 \text{ Н.} \quad (2.21)$$

Розрахунок напруги на змин, що виникає між шпонкою та пазом маточини

$$\sigma_{см} = \frac{P}{(l-b)\cdot(h-C)} = \frac{31000}{(130-25)\cdot(14-0{,}8)} = 22{,}37 \text{ МПа.} \quad (2.22)$$

Оскільки $\sigma_{см} = 22{,}37$ МПа $< [\sigma] = 100$ МПа умова виконана.

Для вала гідравлічного мотору з мінімальним діаметром 90 мм розміром вихідного вала редуктору 90 мм умова міцності дотримується, тому що розрахункове напруження не перевищує допустиме значення ($\sigma_{см} = 22{,}37$ МПа $< [\sigma] = 100$ МПа).

Розрахунок шпоночного пазу може свідчити, що напруги які впливають на шпонку в зоні допустимих значень.

2.4 Монтаж, ремонт, змащення

2.4.1 Прив’язка машини до технологічного тракту

Розливний кран відіграє ключову роль у технологічному процесі конвертерного виробництва, адже саме він забезпечує переміщення рідкої сталі з конвертера до проміжного ковша. Звідти метал розливається у виливниці. Таким чином, кран відповідає за транспортування, точне позиціонування та безперервність усієї технологічної ланки.

Кран використовується для нахилу конвертера та переливання розплаву в сталерозливний ківш. Потім кран піднімає ківш, наповнений рідкою сталлю, і транспортує його до наступної операції - на установку безперервного лиття заготовок або в зону розливання у форми. Після доставки в потрібну точку кран точно позиціонує ківш над обладнанням, забезпечуючи рівномірне та контрольоване виливання металу. Коли ківш звільнено, кран повертається у вихідне положення, де конструкція проходить очищення та підготовку для наступного циклу роботи. [18]

Опорною поверхнею для встановлення рами приводу механізму вертикального переміщення розливного крана слугує верхня площадка візка, висотну позначку якої приймають за нуль. На цю площину монтується рама привода. Під час встановлення обладнання його кріпильні отвори орієнтують відносно головних осей візка. Місце розміщення приводу вертикального переміщення розливочного крана наведено на рисунку 2.7.

2.4.2 Технологічна карта монтажу

Процес монтажу приводу механізму вертикального переміщення крана виконується поступово, у визначеній послідовності. [19]

Технологічна карта приводу механізму вертикального переміщення крану приведена в таблиці 2.6.

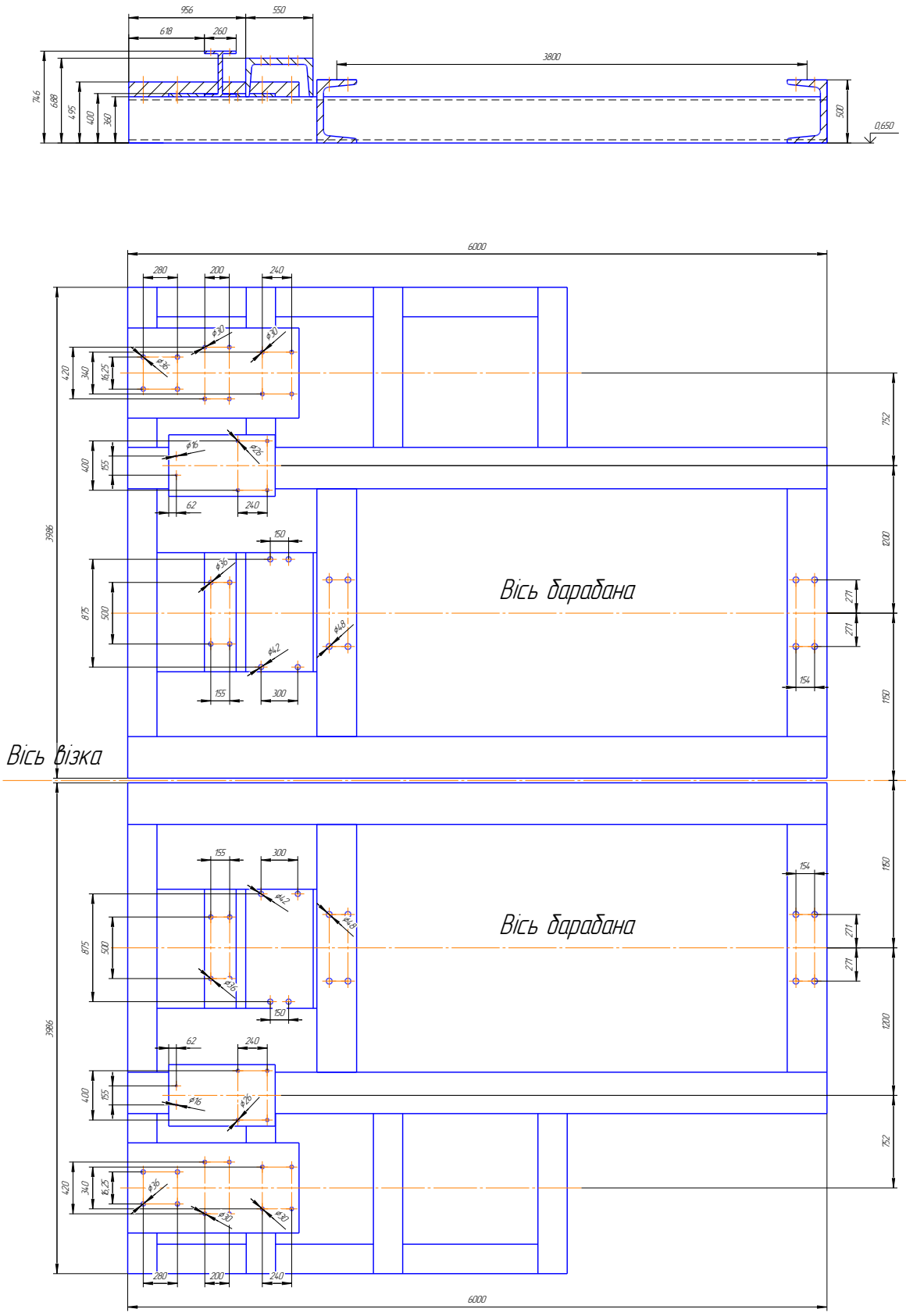

Рис. 2.7. Місце розміщення приводу механізму вертикального переміщення крана

(розроблено автором)

2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення

Серед важливих елементів механізму вертикального переміщення належать: зачеплення в редукторі, муфти зубчасті та гальма.

В момент роботи крану виникають часті зупинки та запуски механізму вертикального переміщення що призводить до частого використання та тертя гальмівних колодок. Відбувається абразивне стирання робочої частини гальмівного шківа. Допустиме граничне зменшення товщини обода не повинно перевищувати 5% від його початкового розміру. [20]

Під час полурідкого тертя ковзання в зубчастому з'єднанні муфти виникають абразивний знос, викришування та пластична деформація контактних поверхонь зубів. Максимально можливий знос не повинен перевищувати 30% профілю зуба.

При роботі головного візка відбуваються часті піднімання-опускання вантажу, що призводить до виникнення ударів в зачепленні редуктора. Це призводить до погіршення робочого стану зубців, а саме до їх поломки, викришування та зносу.

Шестерні та колеса замінюють на нові, якщо товщина зубів (по ділильному діаметру), зменшилася більш ніж: 30 % - для передач з колесами з чавуна, та відкриті передачі виготовлені з сталі; 20 % - для коліс, шестерень відповідальних та закритих передач при окружній швидкості 5 м/с і більше; 15 % - для реверсивних передач чи зачеплень з прямим профілем зуба при окружних швидкостях понад 5 м/с. [21]

Колеса з зубами що були цементовані потрібно заміняти при повному стиранні цементації. Швидкохідні передачі редуктора (понад 8 м/с) замінюються парно не зважаючи на стан сполученого елемента.

Також, обов'язковій заміні або ремонту підлягають колеса, на яких зона викришування охоплює понад 30% робочої поверхні зуба, глибина раковин більше 10% зуба, чи якщо один з зубів має тріщину в зоні ніжки.

Таблиця 2.6

Технологічна карта приводу механізму вертикального переміщення крану

№ п/п	Почерговість робіт	Калькуляція				Склад виконавців	Тривалість операцій	Графік виконання робіт, год																
		Одиниці вимірювання	Об'єм робіт	Норма часу на одиницю	Норма часу на весь об'єм			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9																
1	Застропувати та виконати монтаж візка	шт.	1	8	8	6/5/4/3	2	—	—															
2	Застропувати та виконати монтаж барабана з підшипниковими опорами	шт.	2	2,8	5,6	6/5/4/3	1,4			—	—													
3	Застропувати на виконати монтаж приводу	шт.	2	4,8	9,6	6/5/4/3	2,4					—	—											
4	Застропувати та виконати монтаж гальм	шт.	4	1	4	6/5/4/3	1							—										
5	Намотати трос на барабан та блоки	шт.	2	16	32	5/4/3/3	8								—	—	—	—	—	—	—	—		
6	Намотати троси на траверсу	шт.	2	2	4	5/4/3/3	1																—	
7	Перевірка правильності монтажу	шт.	2	2,8	5,6	4/3/3/3	1,4																	—

Розроблено автором

2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів

Планово-попереджувальні ремонти (ППР) виконуються 2 рази на місяць, за умови що капремонт відбувався менше року тому, та 3 рази на місяць — якщо минуло більше року. Тривалість ППР становить одну зміну (8 годин). При дворазових ремонтах роботи проводять 1-го та 16-го числа, при триразових - 1-го, 10-го та 20-го числа.

Під час ППР перевіряють і ремонтують редуктори вертикального переміщення та візка, зовнішні передачі, муфти, гальма, головні та проміжні вали, барабани, канати, підшипники, поліспасти, траверсу, металеві конструкції тощо. Паралельно проводиться огляд обладнання електричного до складу якого входять: електродвигуни, контактори, тролеї та струмознімачі. Капремонт відбувається 1 раз на 4 роки і триває до 5-ти діб. [22]

Періодичні огляди виконують для перевірки вузлів, які неможливо оглянути під час щоденного обслуговування. До робіт входять часткове розбирання, очищення деталей, заміна ущільнень і кріплень, перевірка регулювань та уточнення загальних робіт для планування наступних ремонтів. Уточнення та висновки по оглядах заносяться до журналів.

Ревізії проводять з широким спектром перевірки устаткування, вимірюванням зносу, визначенням способу ремонту та виконують дефектоскопію. Згідно з нормами, ревізія візка розливочного крану виконується раз на шість місяців. [23]

Поточні ремонти здійснюються по місцю встановлення обладнання і до їх обсягу входить розбирання окремих вузлів, чистка, оцінку зносу, заміну деталей що швидко зношуються, регулювання механізмів, заміну мастила та інші роботи, що виконуються під час оглядів.

Виділяють три види поточних ремонтів із трудомісткістю 8, 16 і 24 год. Вони виконуються у дні планових зупинок або у неробочі зміни згідно з

річним графіком. Після виконання ремонту обладнання приймається комісією цеху.

Капітальні ремонти по обсягу виконують повне розбирання машини, чистку та вибраковку деталей, заміну або відновлення зношених вузлів, ремонт опор, рам бетону на яких встановлено обладнання, складання, регулювання, випробування та відновлення захисних покриттів. Планування ремонту ґрунтується на даних оглядів, ревізій і дефектних відомостей. За два місяці перед ремонтними роботами формується оперативний графік. Виконання ремонту проводять ремонтно-механічні та ремонтно-монтажні служби, за потреби - спеціалізовані організації.

Обладнання приймається заводською комісією після зовнішнього огляду та пробного запуску тривалістю 24 години, з оформленням акта і зазначенням гарантійного строку роботи.

Графік ППР приводу вертикального переміщення розливного крана вантажопідйомністю 180/50/20 т наведений у таблиці 2.6.

2.4.5 Змащення

Надійність і тривалий строк служби устаткування найчастіше залежать від правильного вибору мастильних матеріалів. Основне їх призначення полягає у зниженні впливу тертя між рухомими деталями, запобіганні заїданню, зниженні зносу та втрат потужності. Шар мастила розділяє поверхні що труться, переводячи сухе тертя в рідинне чи граничне, що істотно знижує інтенсивність руйнування деталей.

Додатково мастило виконує функцію очищення, змиваючи з поверхонь продукти зносу та абразивні частички, ущільнює щілини, захищає механізми від попадання пилу та відводить тепло із зон тертя, запобігаючи перегріву. Воно також зменшує шум і вібрацію, пом’якшує ударні навантаження та ефективно захищає деталі від корозії як у процесі роботи, так і під час зберігання обладнання. [24]

Таблиця 2.7

Графік ППР приводу вертикального переміщення розливочного крану вантажопідйомністю 180/50/20

Найменування устаткування	Дата і тривалість виконання К.Р.	Час виконання ремонту, доба	I квартал									II квартал									III квартал									IV квартал									Кіл-ть ремонтів за рік			Тривалість ремонтів за рік, год		
			Січень			Лютий			Березень			Квітень			Травень			Липень			Червень			Серпень			Вересень			Жовтень			Листопад			Грудень								
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Розливочний кран вантажопідйомністю 180/50/20 т	10.12.25	5	$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_1}{8}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_1}{8}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_3}{24}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_1}{8}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_1}{8}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_3}{24}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_1}{8}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_1}{8}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_3}{24}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_1}{8}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_1}{8}$		$\frac{T_1}{8}$	$\frac{T_3}{24}$	$\frac{T_1}{8}$	21	0	4	168	0	120

Розроблено автором

Максимальний ефект від змащування відбувається за умови правильно підібраного типу мастильної рідини, режиму його подачі та методів відповідно до умов експлуатації машини.

Через різну варіативність устаткування і режимів їх роботи застосовують різні марки та види мастил. Основним документом вибору конкретного мастила є карта змащення, що містить схему машини з зазначенням точок змащування та специфікацію з переліком вузлів, типів мастил і режимів їх застосування. Такі карти надаються заводом-виробником і можуть уточнюватися на підприємстві з урахуванням досвіду експлуатації.

За відсутності карти змащення, вибір мастильних матеріалів здійснюють з урахуванням навантажень, швидкості руху, температури та зазорів у сполученнях. При великих навантаженнях застосовують більш в’язкі мастила, а зі зростанням швидкості - менш в’язкі, щоб уникнути перегріву. У циркуляційних системах змащення використовують рідкі масла, а для вузлів, де необхідно утримувати мастило на поверхні, консистентні.

Підшипники змащують як мінеральними маслами, так і густими мастилами. Рідкі масла використовують переважно в редукторах з розбризкуванням, а консистентні - в умовах підвищеної запиленості та вологості або при невеликих швидкостях обертання. [25]

Об’єм мастила в підшипнику не повинен перевищувати третини його внутрішнього простору, оскільки надлишок спричиняє нагрів і погіршення умов роботи.

Розливний кран складається з наступного устаткування: 2 редуктора вузла переміщення крана, 1 редуктор вузла переміщення основного візка, 1 редуктор вузла переміщення додаткового візка, 2 редуктора вузла вертикального переміщення основного візка, 2 редуктори вузла підйому додаткового візка, 8 двигунів.

Вище перераховані редуктори мають вміст картерів понад двадцять літрів. Тому враховуючи це розраховуємо додавання мастила в редуктор на добу

$$g_{\text{доб}} = k_{\text{р}} \cdot Q_{\text{в}} = 2{,}2 \cdot 30 = 66 \text{ г} \quad (2.23)$$

де $k_{\text{р}}$ - коефіцієнт заповнення картера, $k_{\text{р}} = 2{,}2$;

$Q_{\text{в}}$ - середній вміст картера, $Q_{\text{в}} = 30$ л.

Розраховуємо додавання мастила в усі редуктори на добу

$$g_{\text{доб.заг}} = П \cdot g_{\text{доб}} = 8 \cdot 66 = 528 \text{ г} \quad (2.24)$$

де $П$ - сумарно усі редуктори в складі розливного крану, $П = 8$ шт.

Розрахунок розходу змащення підшипників барабанів основного візка за 1 годину праці

$$g_{\text{ч.б.1}} = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot d_{\text{вн}} \cdot \nu \cdot n = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 245 \cdot 50 \cdot 4 = 37 \text{ г/год} \quad (2.25)$$

де $d_{\text{вн}}$ - діаметр підшипника внутрішній, $d_{\text{вн}} = 245$ мм;

ν - в’язкість масла, $\nu = 50$ сСт;

n - кількість встановлених підшипників, $n = 4$ шт.

Розрахунок розходу змащення підшипників барабанів додаткового підйому за 1 годину праці

$$g_{\text{ч.б.2}} = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot d_{\text{вн}} \cdot \nu \cdot n = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 80 \cdot 50 \cdot 4 = 12 \text{ г/год} \quad (2.26)$$

Розрахунок розходу змащення підшипників коліс ходових основного візка

$$g_{\text{ч.т.1}} = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot d_{\text{вн}} \cdot \nu \cdot n = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 160 \cdot 40 \cdot 4 = 20 \text{ г/год} \quad (2.27)$$

Розрахунок розходу змащення підшипників коліс ходових додаткового візка

$$g_{\text{ч.т.2}} = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot d_{\text{вн}} \cdot \nu \cdot n = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \cdot 40 \cdot 4 = 12 \text{ г/год} \quad (2.28)$$

Розрахунок розходу змащення підшипників коліс ходових крану

$$g_{\text{ч.к}} = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot d_{\text{вн}} \cdot \nu \cdot n = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 220 \cdot 46 \cdot 4 = 31 \text{ г/год} \quad (2.29)$$

Розрахунок розходу змащення підшипників двигунів крану

$$g_{\text{ч.дв}} = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot d_{\text{вн}} \cdot \nu \cdot n = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 80 \cdot 30 \cdot 16 = 29 \text{ г/год} \quad (2.30)$$

Розрахунок кількості годин роботи розливного крана на рік

$$\Phi_0 = \left[t \cdot (365 - B - C)\right] \cdot П_3 \cdot K_{\text{т.о}} = \\ = \left[8 \cdot (365 - 0 - 0)\right] \cdot 3 \cdot 0{,}5 = 4380 \text{ год} \quad (2.31)$$

де t - протяжність однієї зміни, $t = 8$ год;

B - вихідні дні за календарний рік, $B = 0$ днів;

C - кількість свят за календарний рік, $C = 0$ днів;

$П_3$ - число робочих змін за добу, $П_3 = 3$;

$K_{\text{т.о}}$ - коефіцієнт що враховує роботу крана за календарний рік, $K_{\text{т.о}} = 0{,}5$.

Розрахунок розходу змащення для всіх редукторів за рік

$$Q_{ч} = g_{доб.заг} \cdot П_{доб} \cdot K_{т.о} = 528 \cdot 365 \cdot 0{,}5 = 90360 \text{ г} = 90{,}36 \text{ кг} \quad (2.32)$$

Розрахунок розходу змащення для всіх підшипників за рік

$$Q_{ч} = \left(g_{ч.б.1} + g_{ч.б.2} + g_{ч.т.1} + g_{ч.т.2} + g_{ч.к} + g_{ч.дв}\right) \cdot Ф_0 =$$
$$= (37 + 12 + 20 + 12 + 31 + 29) \cdot 4380 = 617580 \text{ г} = 617{,}58 \text{ кг} \quad (2.33)$$

Карта змащення основного візка розливного крану наведена в таблиці 2.8. Схема змащення основного візка розливного крану зображена на рисунку 2.8.

Таблиця 2.8

Карта змащення основного візка розливного крану

№	Найменування точки змащення	Кіл. точок	Норма змазки	Спосіб нанесення	Періодичність подачі
1	Підшипники електродвигуна (п.1)	6	15 л	Індивідуальне	1 раз в 24 години
2	Редуктор механізму (п.2)	2	20-60 л.	Картерне	1 раз в 6 місяців
3	Муфта МУВП (п.3)	2	0,6-3 л	Закладна	1 раз в 6 місяців
4	Муфта зубчата (п.4)	2	0,7-4,6 л	Закладна	1 раз в 6 місяців
5	Підшипники барабанів (п.5)	4	0,6 л	Закладна	1 раз в 6 – 8 год
6	Підшипники механізмів крана (п.6)	4	0,3 л	Закладна	1 раз в 6 – 8 год

Розроблено автором

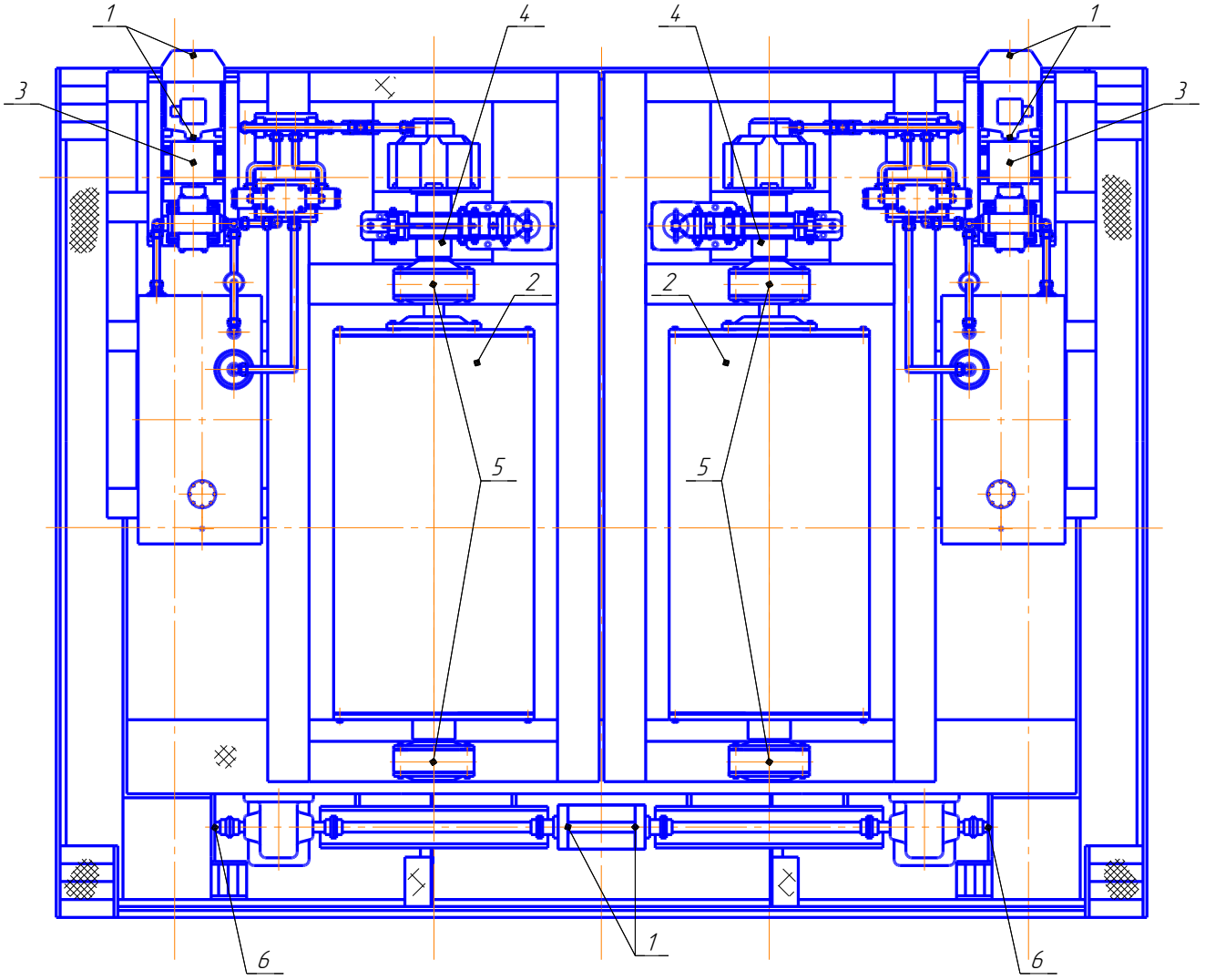

Рис.2.10. Схема змащення основного візка розливного крану

(розроблено автором)

2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень

Запропоновано модернізований вузол приводу основного візка розливного крана, що базується на зміні традиційного електромеханічного приводу гідромеханічним. Очікуваний економічний ефект досягається за рахунок зменшення споживання електроенергії та відповідних експлуатаційних витрат.

Таблиця 2.9

Фактори, що доводять покращення економічних показників від модернізації обладнання

Найменування показників, що змінюються внаслідок проектних рішень	До	після	абсолютні змінні	відсоткові змінні %
Маса візка крана, т	68	60	-8	-11,76
Маса обладнання що модернізується, т	37	29	-8	-21,62
Установлена потужність електроприводів, кВт	320	220	-100	-31,25

Розроблено автором

В табл. 2.10 складено основні дані що доводять ефективність від модернізації обладнання.

Таблиця 2.10

Основні дані, що доводять ефективність від модернізації обладнання

Показники	Одиниці вимірювання	Значення	Джерело інформації
Вартість нового обладнання гідравлічного приводу підйому головного візка	грн.	100000	Відділ устаткування цеху
Вартість 1 тони	грн.	1150	Економіст
Собівартість 1 тони	грн.	810	
Обсяг виробництва	т.	1008778	

Розроблено автором

По даним з таблиць проводимо розрахунки що обумовлюють ефективність модернізації

Визначаємо передбачені проектом вкладення

$$K_o = K_1 = 52000 \text{ грн.} \quad (2.34)$$

де K_1 - кошти гідравлічного обладнання візка крану, $K_1 = 52000$ грн.

Проектом передбачено, що під час модернізації обладнання демонтаж виконується в межах планових робіт з існуючим обладнанням, без виникнення додаткових витрат.

Затрати на монтаж модернізованого обладнання

$$З_{м1} = K_1 \cdot L_{м1} = 100000 \cdot 0{,}15 = 15000 \text{ грн.} \quad (2.35)$$

де $L_{м1}$ - коефіцієнт, що враховує монтаж модернізованого обладнання, $L_{м1} = 0{,}15$.

Ціна нового гідравлічного приводу

$$K_н = K_o + З_{м1} = 100000 + 15000 = 115000 \text{ грн.} \quad (2.36)$$

Річний обсяг амортизаційних витрат визначається відповідно до нормативів прямолінійного методу амортизації [26]

$$A_{річ} = K_н / T = 115000 / 5 = 23000 \text{ грн.} \quad (2.37)$$

де T – прогнозований строк корисної експлуатації обладнання, що визначається відповідно до вимог Податкового кодексу України та становить 5 років.

Затрати за пунктом «амортизаційні оплати»

$$\Delta A = A_{річ} / V_{річ} = 23000 / 1008778 = 0{,}0228 \text{ грн./т} \quad (2.38)$$

Затрати, пов'язані з обслуговуванням змонтованого обладнання

$$C_{ос} = K_н \cdot L_y = 115000 \cdot 0{,}07 = 8050 \text{ грн.} \quad (2.39)$$

де L_y - коефіцієнт прямолінійності, $L_y = 0{,}07$.

Затрати за пунктом «поточний ремонт»

$$\Delta C_{ос} = C_{ос} / V_{річ} = 8050 / 1008778 = 0{,}008 \text{ грн./т} \quad (2.40)$$

Споживання електрики під час роботи наявного приводу вузла вертикального переміщення основного візка.

У механічному приводі вертикального переміщення застосовано 2 двигуни номінальною потужністю по 160 кВт. Згідно з циклограмою основного режиму навантаження крана, тривалість роботи електродвигунів вузла вертикального переміщення становить

$$t_ц^{\Sigma МП} = t_{вр} = 110 \text{ с} \quad (2.41)$$

де $t_{вр}$ - усереднений час роботи вузла вертикального переміщення , $t_{вр} = 110$ с.

Відсоток роботи крана за 1 годину

$$t_ч = t_ц^{\Sigma МП} \cdot Z = 110 \cdot 5 = 550 \text{ с} = 0{,}139 \text{ год} \quad (2.42)$$

де Z – кількість раз запуску приводу максимальне, $Z = 5$.

Споживання електрики краном за календарний рік

$$N_p^{МП} = 24 \cdot 365 \cdot t_ч \cdot N_{еф}^{\Sigma МП} = \\ = 24 \cdot 365 \cdot 0{,}139 \cdot 320 = 389645 \text{ кВт} \quad (2.43)$$

де 24 - число годин у добі;

365 - кількість днів у році.

Споживання електрики при експлуатації модернізованого гідравлічного привода вузла вертикального переміщення основного візка

У гідравлічному приводі вертикального переміщення застосовано 2 двигуни номінальною потужністю по 160 кВт. Згідно з циклограмою основного режиму навантаження крана, тривалість роботи електродвигунів вузла вертикального переміщення становить

$$t_ц^{\Sigma МП} = t_{вр} = 110 \text{ с} \quad (2.44)$$

Відсоток роботи крана за 1 годину

$$t_ч = t_ц^{\Sigma ГП} \cdot Z = 110 \cdot 5 = 550 \text{ с} = 0{,}139 \text{ год.} \quad (2.45)$$

Споживання електрики краном за календарний рік

$$N_p^{ГП} = 24 \cdot 365 \cdot t_ч \cdot N_{еф}^{\Sigma ГП} = \\ = 24 \cdot 365 \cdot 0{,}139 \cdot 220 = 267881 \text{ кВт.} \quad (2.46)$$

Користь від встановленого гідравлічного приводу складе

$$E_e = N_p^{МП} - N_p^{ГП} = 389645 - 267881 = 121764 \text{ кВт} \quad (2.47)$$

Затрати за пунктом «електрична енергія»

$$\Delta C_E = E_e \cdot C_e / V_{річ} = 121764 \cdot 4{,}06 / 1008778 = 0{,}49 \text{ грн./т} \quad (2.48)$$

де C_e - ціна за одиницю електричної енергії, $C_e = 4{,}06$ грн/кВт

У табл. 2.11 наведено зміни витрат окремих пунктів собівартості продукції, що виникають у результаті впровадження запропонованих технологічних рішень. Табл. 2.12 містить основні технічні та економічні пункти діяльності конвертерного виробництва в базовому та проектному періодах.

По отриманим даним видно що витрати було зменшено на 463230 грн. Тому увесь економічний ефект становить

$$E_\Sigma = 463230 \text{ грн}$$

Тепер сума доходу буде дорівнювати

$$\Delta П = E_\Sigma \cdot 0{,}77 = 463230 \cdot 0{,}77 = 356687 \text{ грн.} \quad (2.49)$$

Срок окупності витрат становитиме

$$T = \frac{K_н}{A_{річ} + \Delta П} = \frac{115000}{23000 + 356687} = 0{,}3 \text{ роки} \quad (2.50)$$

Реалізація запропонованої модернізації з урахуванням усіх витрат забезпечує зниження ціни на виготовлення 1 т продукції на 0,459 грн. Термін окупності витрат за проектом становить 0,3 року. Очікуваний річний дохід від модернізації становитиме 463 230 грн.

Таблиця 2.11

Зміни витрат окремих пунктів на собівартість продукції

Статті	Зміна витрат на 1 т, грн	Зміна витрат на обсяг продукції, грн
Збільшення витрат на амортизацію	+0,0228	+23000
Збільшення витрат на утримання основних фондів	+0,008	+8070
Зменшення витрат по статті електроенергія	-0,49	-494301
Всього	-0,459	-463230

Розроблено автором

Таблиця 2.12

Основні технічні та економічні пункти діяльності конвертерного виробництва

Показники	Од. вим.	Варіант		Відхилення	
		базовий	проектний	абсолютне	відносне, %
Річний випуск продукції	т/рік	1008778	1008778	-	-
Чисельність робочих	чол.	122	122	-	-
Продуктивність праці	т/чол	8268,67	8268,67	-	-
Питома витрата електроенергії	кВт/т	10,6	10,11	-0,49	-4,6
Собівартість 1 т продукції	грн./т	810	809,54	-0,459	-0,056
Ціна 1 т продукції	грн./т	1150	1150	-	-
Прибуток на 1 т продукції	грн./т	340	340,46	+0,46	+0,1353
Рентабельність продукції	%	41,97	42,055	+0,085	
Річний економічний ефект	грн		463230		
Термін окупності вкладень	років		0,3		
Чистий прибуток від впровадження проектних заходів	грн		356687		

Розроблено автором

РОЗДІЛ 3
ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей конверторного цеху

Праця на виробництві конверторного цеху відбувається під впливом низки шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Сюди належать наступні, значна кількість пилу та газів в повітрі, інтенсивне теплове випромінення, підвищені рівні шуму та вібрацій, нерівномірне освітлення приміщень, ризик ураження струмом та інші.

Найбільш поширеним негативним чинником у конвертерному цеху є пил, утворення якого пов’язане з особливостями технологічного процесу та зберіганням сировини. Пил шкідливо впливає на організм працівника, погіршує видимість у робочій зоні, ускладнює орієнтування та прискорює зношування деталей машин. Окрім цього, пил буває вибухонебезпечним і сприяти накопиченню статичної електрики. Основні викиди пилу виникають під час завантаження конвертерів і процесу продування. Фактична концентрація пилу фіброгенної дії на дільниці становить 6,3 мг/м³ при допустимому значенні 6 мг/м³. [27]

Негативно на робітників впливає теплове випромінення, в основному вплив йде від працюючих конвертерів. Перебування персоналу в зоні дії теплових потоків не перевищує 32 % від робочої зміни за інтенсивності до 2,2 кВт/м². На працездатність також впливають параметри мікроклімату, зокрема температура, вологість і рух повітря на робочій ділянці.

Залежно від характеру виконуваних робіт, умови праці належать до категорій середньої важкості та важких. Тривалість безперервної роботи та режим праці й відпочинки регламентуються з урахуванням інтенсивності праці та температурних умов.

Праця в конверторному цеху супроводжується підвищеним рівнем шуму та вібрацій, головним чинником яких є механічне обладнання, транспортувальні вузли, приточно-витяжні агрегати, насоси та трубопроводи.

Вплив шуму і вібрацій у довгий період негативно позначається на стані нервової, серцево-судинної систем, органів слуху і може призводити до зниження працездатності. Узагальнені відомості щодо дії шкідливих і небезпечних факторів наведені в таблиці 3.1. [28]

Технологічні процеси, що виконуються в цеху, а також робота численного обладнання утворюють шум як низьких, так і високих частот, що є додатковим шкідливим виробничим фактором.

Через значну кількість різних машин і механізмів цех належить до об’єктів підвищеної небезпеки. Це зумовлено рухомими і обертовими частинами агрегатів, роботою вантажопідіймальних механізмів, переміщенням транспортних машин, обертанням валів та барабанів, а також виконанням робіт на висотах.

Окрему небезпеку становить ризик ураження струмом. Тому ділянка за умовами електробезпеки віднесена до особливо небезпечних, оскільки більшість агрегатів, зокрема транспортери та крани, працюють від електричної енергії.

Таблиця 3.1

Шкідливі та небезпечні показники, що впливають на працівників

Фактор, що діє на працівника	Фактичне значення	Гранично допустимий рівень (ГДР)
Шум, дБ	83	85
Теплове випромінювання, Вт/м^2	4200	140
Температура, °С	38	16 - 27
Відносна вологість, %	41	60
Швидкість повітря, м/с	0,4	0,2 - 0,5

Розроблено із використанням [28]

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей конверторного цеху

З ціллю зменшення дії шкідливих і небезпечних чинників на персонал у департаменті створено та впроваджено комплекс заходів з охорони праці.

Основну увагу приділено зниженню запиленості, покращенню мікроклімату, освітлення та підвищенню рівня безпеки робочих місць.

Боротьба з пилом на ділянках проводиться переважно вологим методом із застосуванням скруберів різних типів, що працюють за способом контакту води із забрудненим повітрям.

Пульти керування головного устаткування винесені за межі небезпечних зон, а робочі місця обладнані місцевими витяжними пристроями.

Для зменшення теплового впливу передбачено максимальне віддалення працівників від джерел теплового випромінювання, а також автоматика процесів із використанням дистанційного спостереження.

Освітлення в цеху виконано із застосуванням захищених плафонів, стійких до пилу та вологи. Освітлювальні плафони мають часто очищатися, а поверхні стін вибілюються для підвищення коефіцієнта відбиття світла.

Щоб знизити рівень вібрації в конструктив устаткування додають більше гумових проставок чи амортизаторів.

Усі небезпечні зони, отвори та рухомі частини механізмів огороджені, устаткування оснащене кожухами, а струмопровідні проводи надійно захищені металорукавами. [29]

Проходи та перехідні майданчики окрашені жовтим й оформлені відповідно до норм. Доступ до підйомних кранів відбувається через посадкові й аварійні майданчики зі сходами та проміжними зонами відпочинку.

Додатково проектом передбачено підвищення ефективності пилогасіння шляхом використання поверхнево-активних речовин, ширше

застосування кондиціонування повітря, поступову заміну пневматичного інструменту електричним, використання акумуляторного електроінструменту та обов’язкове заземлення обладнання. Для запобігання падінню з висоти рекомендується застосування страхувальник поясів з 2 карабінами.

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту призначені для охорони органів слуху, дихання, зору, а також кінцівок, тулуба та голови працівників. У конвертерному цеху робочі забезпечуються спеціальним одягом із бавовняного матеріалу.

Щоб захистити органи дихання від пилу використовують «Лепесток», а у випадках високої загазованості, рівень якої замірюється спеціальною структурою, використовують противогази «Урал-1» та «Урал-1М».

Для захисту органів слуху забезпечується протишумними навушниками або берушами, при цьому навушники повністю закривають вушні раковини.

Для запобігання травм голови від падіння промислових елементів використовують захисні каски з фібру.

Для нагляду за переміщенням рідкого металу очі захищають спеціальними захисними щитками. [30]

Засоби індивідуального захисту робітників на рік наведено в таблиці 3.2.

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Виробництво у конвертерному департаменті за санітарними та гігієнічними класифікаціями належить до рейтингу «Г».

Цьому рейтингу закладено відповідний комплекс вимог до санітарних чи побутових будівель, до якого входять переодягальні, банні комплекси,

Таблиця 3.2

Засоби індивідуального захисту робітників на рік

№ п/п	Професія і посада	Кількість чол., згідно посади	Спец одяг, взуття та інші ЗІЗ	Строки використання, міс.	Загальна кількість на рік, шт.
1	2	3	4	5	6
1	Робітники конверторного цеху	122	Костюм б/п	12	122
			Куртка ватна	36	41
			Рукавиці	0,5	2928
			Підшоломник	12	122
			Каска	36	41
			Окуляри	6	61
			Біруши	зміна	44530
			Респіратор „Лепесток 200”	зміна	44530
			Черевики	12	122
			Кирзові чоботи	12	122
			Валянки	36	41

Розроблено із використанням [30]

умивальні, приміщення для приймання їжі, туалети, пункти з питною водою та медичний кабінет.

Переодягальні виконують функцію складування особистого і спец. одягу та визначаються за спільною чисельністю персоналу з додаванням в розрахунок резерву у 5 %. Інші будівлі проектуються відповідно до чисельності працівників у найбільш чисельній зміні.

Душові обладнуються з розрахунку 1 сітка на трьох осіб, а умивальники - один кран на двадцять працівників.

Умивальні та банні комплекси, як правило, будують разом із переодягальнями.

Для харчування персоналу передбачені їдальні чи буфети, місткість яких визначається з розрахунку одне посадочне місце на чотирьох працівників.

З метою забезпечення водно-сольового балансу на ділянках встановлюються питні фонтанчики та пристрої з соленою мінеральною водою, а в теплу пору року працівникам надається також білково-вітамінні рідини. Пункти видачі питної води розміщують не більше чим за 70 м від місця роботи, виходячи з норми один пристрій на 45 осіб.

Вбиральні також розміщують на відстані не більше 70 метрів від місця роботи, при цьому кількість санітарних приборів приймається з розрахунку один прибор на п’ятнадцять працівників.

Медичне обслуговування персоналу здійснюється цілодобово через медичний кабінет, 1 з яких розрахований на обслуговування до 1200 осіб. [31]

В таблиці 3.3 наведено приблизні розрахунки санітарних та побутових будівель коверторного цеху.

Таблиця 3.3

Розрахунки санітарних та побутових будівель коверторного цеху

№ п/п	Найменування	Загальне число працюючих	Розрахункове значення
1	2	3	4
1	Гардеробна	122	129
2	Душова (сітки)	50	17
3	Умивальні	50	3
4	Їдальня (число місць)	50	13
5	Питне водопостачання	50	2
6	Туалети (санітарні прилади)	50	4
7	Здоровпункт	50	1

Розроблено із використанням [31]

3.3 Пожежна профілактика

Конверторне виробництво за пожежною, вибуховою небезпекою відповідають групі «Г», оскільки тут обробляються сталь у розплавленому виді.

Приміщення та цехи зведено з негорючих конструкційних виробів та відповідає ІІІ ступеню полум’яної стійкості.

Пожежонебезпечні ситуації в цехах можуть статись внаслідок запалення електричного обладнання при високих навантаженнях або струмових замиканнях (група пожежі «Е»), запалення горюче-масляних виробів від іскор, гарячих поверхонь чи відкритого полум’я (група «В»), а також самозаймання маслянистого ганчір’я (група «А»).

Для зниження пожежної небезпеки проектом передбачено комплекс технічних і організаційних заходів. Пульти керування електричним обладнанням оснащені автоматичним струмовим захистом і запобіжниками, число горюче-маслянистих елементів обмежена витратами на 1 добу, а їх запаси зберігаються на спеціальних складах. Електродвигуни мають окрему приточно-витяжну систему для чистки повітря, електричні трансформатори розставлені за границі робочих будівель. Мастильні підвали комплектовані витяжними системами та іскробезпечним обладнанням. Ветош в мастилі беруть в стальні контейнери та регулярно прибирають за межі робочих ділянок, а статичні заряди виключаються через систему заземлення.

Захист приміщень від блискавки забезпечується спеціальним пристроєм захисту II групи.

Для ліквідації вірогідних спалахів чи займання полум’я встановлюють спеціальний інвентар відповідно до чинних нормативів. Також встановлюють пожежна сигналізація з датчиками тепла та централізоване керування на головному пульті.

У загазованих зонах встановлені застережливі знаки, а на відкритих майданчиках - гідранти, вогнегасники та ємності з піском. Для виходу на покрівлю змонтовані стаціонарні пожежні драбини.

Загалом у цеху встановлено дев’ять щитів для розміщення основних засобів пожежогасіння. Склад щитів с засобами для гасіння пожеж розміщено в таблиці 3.4 [32]

Таблиця 3.4

Склад щитів с засобами для гасіння пожеж

№ п/п	Найменування інвентарю	Найменування дільниці
		Відділ розливання сталі
1	2	3
1	Ящики з піском	2
2	Азбестове покривало	1
3	Багри	2
4	Ломи	1
5	Лопати	1
6	Сокири	2
7	Відро	1
8	Вуглекислі вогнегасники	2

Розроблено із використанням [32]

ВИСНОВКИ

По отриманим в роботі результатам можна зробити висновок, що механізм вертикального переміщення розливного крана, який експлуатується в умовах конвертерного цеху, є одним із найбільш відповідальних елементів і потребує технічного вдосконалення. Дослідження існуючої конструкції засвідчило її складність, значну масу та недостатню ефективність, що негативно позначається на надійності й експлуатаційних показниках обладнання.

Щоб виключити наведені вище недоліки у проекті запропоновано заміну електричного приводу основного переміщення на гідравлічний. Така схема з розміщенням гідромотора та редуктора всередині барабана дозволяє спростити конструкцію, зменшити кількість елементів і підвищити загальну надійність механізму. Крім того, модернізація сприяє зниженню маси крана та скороченню часу монтажу приводу.

Застосування гідроприводу також позитивно впливає на енергетичні показники роботи крана, оскільки забезпечує менші витрати електроенергії.

У результаті впровадження модернізованої конструкції досягається зниження собівартості продукції на 0,459 грн. за одну тонну. Капітальні вкладення окупаються у короткий термін - близько 0,3 року, а річний економічний ефект від реалізації проекту становить 463 230 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сталеплавильне обладнання. Каталог-довідник, М., Машинобудування, 1966, 425 с., іл.

2. Іванченко Ф.К., Павленко Б.А. Механічне обладнання сталеплавильних цехів, підручник для металургійних ВНЗ, М., "Металургіздат", 1964, 440 с.

3. Целіков А.І., Полухін П.І. Машини та агрегати металургійних заводів у 3-х т. Т.3 Машини та агрегати для виробництва та обробки прокату - 2-ге вид., перераб. та дод. - М.: "Металургія", 1988. - 680 с.: Іл.

4. Гребінник В.М., Аріст А.М., Городецький О.М. механізація робіт у чорній металургії. К.: Вища школа 1984.с-272 с.

5. Гребеник В.М., Іванченко Б.О. та ін. «Механічне обладнання конверторних та мартенівських цехів» - К.: Вища школа, 1990. - 288 с.

6. А.М.Якушев Проектування сталеплавильних та доменних цехів. М.: 1984 – 214 с.

7. а.с. 87555/ Привід підйомного механізму, СРСР, МПК 35С 1/16. №411783; заявл. 07.02.1950; опубл. 23.05.1952, Бюл. №2, 2 с. https://patents.su/2-87555-privod-podemnogo-mekhanizma.html?ysclid=ml2o8lib15890941128

8. а.с. 175203/ Лебідка, СРСР, МПК B66D. №780887/27-11; заявл. 01.06.1962; опубл. 21.09.1965, Бюл. №19, 2 с. https://patents.su/2-175203-175203.html?ysclid=ml2o948ws859031822

9. а.с. 1463711/ Гідромотор-барабан лебідки, СРСР, МПК B66D 1/28. №4138200/29-11; заявл. 17.10.1986; опубл. 07.03.1989, Бюл. №9, 4 с. https://patents.su/4-1463711-gidromotor-baraban-lebedki.html?ysclid=ml2o9m9mb0210173497

10. пат. 11969/ Гідравлічний мотор-барабан, Україна, МПК B65G 23/00. № U200507036; Заявл. 15.07.2005; Опубл. 16.01.2006, Бюл. №1. 3 с.

11. Кіркач М.Ф., Баласанян Р.Л. Розрахунок та проектування деталей машин: Навчальний посібник для техн. вузів.- 3-тє вид., перераб. та доп.-Х.: Основа. 1991. - 276 с: іл.

12. Свєшніков В.К. Гідроустаткування: Міжнародний довідник. Книжка 1. Насоси та гідродвигуни: Номенклатура, параметри, розміри, взаємозамінність. Видавничий центр "Техінформ" МАІ – 2001 – 360 с.: іл.

13. Морозов А.Г. Розрахунок електричних машин постійного струму. Навчальний посібник для ВНЗ, 2-ге вид., перераб. та доп., М., “Вища школа”, 1977, 264 с., іл., 22 см.

14. Поляков В.С., Барабаш І.Д., Рахівський О.А. Довідник з муфт. Л., "Машинобудування" 1979р.

15. Свєшніков В.К. Верстатні гідроприводи: Довідник. - Вид. 3-тє, перераб. М: Машинобудування, 1995.-448 с.

16. Курсове проектування деталей машин. Навчальний посібник для технічних вузів/С.К. Дяченко, С.З. Стовповий - К.: Техніка, 1964. -312 с: іл.

17. Методичні вказівки до курсової роботи "Розрахунки механічного обладнання" з дисципліни "Розрахунки механічного обладнання металургійних заводів" для студентів спеціальності 090218/Упоряд. Вавілов А.Ф. - Кривий Ріг: НМетАУ КМФ, 2001.-5с.

18. Гуртків В.А. Ремонт та монтаж металургійного обладнання. -М.: Металургія, 1985-320 с.

19. Притікін Д.П. Надійність, ремонт та монтаж металургійного обладнання. - М: Металургія, 1985. - 368 с.

20. Тимчасове положення про технічне обслуговування та ремонти (ТОіР) механічного обладнання підприємств чорної металургії ВНДІОчермет 1983 – 386 с.

21. Методичні рекомендації щодо проведення переддипломної практики

22. Правила технічної експлуатації механічного обладнання доменних цехів. Дніпропетровськ 2000 р. 322с.

23. Агрегатний журнал.

24. Журнал прийому-здачі змін.

25. Організація підготовки та проведення поточних ремонтів обладнання СОУ 090-04-2004 Кривий Ріг 2004-32с.

26. Крайник О.П., Барвінська. Економіка підприємства: Навч. посібник/За ред.. Крайник О.П.- Львів: «Львівська політехніка», «Інтелект-Захід», 2005.- 296с.

27. Шеремет В.А. та ін. Охорона праці в чорній металургії 1 том Дніпропетровськ 2003 р. 322с.

28. Аханченок А.Г. Пожежна безпека підприємств чорної металургії, М., "Металургія", 1979, 240 с., Іл.

29. Виноградов Б.В. Безпека праці та виробнича санітарія у машинобудуванні. Збірник розрахунків.

30. Злобинський Б.М. Охорона праці металургії. Підручник для металургійних спеціальностей ВНЗ, М., "Металургія", 1968, 460 с. з іл.

31. Виробнича санітарія. Вентиляція Опалення. Кондиціювання повітря. Холодопостачання. Висвітлення. Прибирання пилу. Захист повітряного басейну. Очищення стічних вод. Побутові приміщення. Довідковий посібник за ред. Б.М. Злобинського, М., "Металургія", 1969, 668 с.

32. СНіП 2.01.01-85. Протипожежні норми. - М.: Будвидав, 1986, 26с.

ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій

про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату

та розміщення в Репозитарії Університету

Я, *Балюк Андрій Ігорович* , підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна робота магістра «*Механічне обладнання Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг». Модернізація механізму переміщення головного візка розливного крану 180/50/20т»* 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 _____ Балюк А. І

(ініціали, прізвище, власноруч)