

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет цифрових технологій та автоматизації виробництва
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Світлана ГУРКОВСЬКА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

**на тему «Удосконалення процесу змащування підшипникових
вузлів ходових та вантажних коліс рухомих візків у складі
випалювальної машини Lurgi-552A(B)»**

Керівник роботи

Олег БУНДЗА

Консультант
від бази практики

Олександр СТЕБЛЯНКО

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

Здобувач

Сергій СУХОПУКОВ

Підсумкова оцінка за атестацію			
-----------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Андрій ГОЛОЯДОВ

Запоріжжя 2024



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>автоматизації виробництва та цифрових технологій</u>
Кафедра	<u>автоматизації, електро- та робототехнічних систем</u>
Освітньо-кваліфікаційний рівень	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>133 Галузеве машинобудування</u>
ОПП	<u>Комп'ютерне конструювання мехатронних систем</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
«Комп'ютерне конструювання
мехатронних систем»

Світлана
ГУРКОВСЬКА

(прізвище та ініціали)

(підпис)

«12» липня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Сухорукова Сергія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи (проєкту) Удосконалення процесу змащування підшипникових вузлів ходових та вантажних коліс рухомих візків у складі випалювальної машини Lurgi-552A(B)

керівник роботи (проєкту) Бундза Олег Зіновійович, кандидат технічних наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

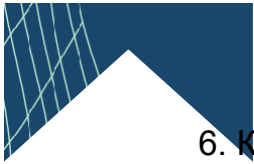
затверджені наказом Університету від 01.07.2024 р. №162/01.07.2024

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з галузевого машинобудування, автоматизації; методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи за тематикою досліджень; літературні джерела, технологічні інструкції, результати власних експериментів та досліджень тощо

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз предметної області. 2. Теоретичні дослідження. 3. Програма, методика та результати експериментальних досліджень (3.1 Мета та методи експериментальних досліджень; 3.2 Перелік використаної апаратури, обладнання; 3.3 Результати досліджень із аналізом отриманих результатів; висновки). 4. Розділ з економіки. Висновки. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу:



6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Консультант (прізвище, ініціали та посада)
1-4	Бундза О.З., доцент кафедри АБЕРС

7. Дата видачі завдання 05 липня 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи (проєкту)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	09.09.2024 – 03.11.2024	
2	Розділ 2. Теоретичні дослідження	04.11.2024 – 10.11.2024	
3	Розділ 3. Програма, методика та результати експериментальних досліджень	11.11.2024 – 17.11.2024	
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування запропонованих змін	18.11.2024 – 20.11.2024	
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	21.11.2024 – 24.11.2024	
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	25.11.2024 – 27.11.2024	
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	25.11.2024 – 27.11.2024	
8	Рецензування завершеної роботи.	28.11.2024 – 01.12.2024	
8	Захист	02.12.2024 – 07.12.2024	

Здобувач

(підпис)

Сухоруков Сергій Миколайович
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бундза Олег Зіновійович
(прізвище та ініціали)



АНОТАЦІЯ

Сухоруков Сергій Миколайович. Удосконалення процесу змащування підшипникових вузлів ходових та вантажних коліс рухомих візків у складі випалювальної машини Lurgi-552A(B). - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». ОПП «Комп'ютерне конструювання мехатронних систем» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2024.

Об'єктом дослідження є обслуговування коліс обпалювальних візків, стан яких впливає на роботу обпалювальної машини під час виробництва обкотишів.

Предметом дослідження є закономірності впливу обслуговування коліс візків на збільшення міжремонтного періоду та зменшення простоїв обпалювальної машини.

У першому розділі проаналізована предметна область – загальна конструкція обпалювальної машини Lurgi 552 ЦВО-2 одного з ГЗК України, конструкційні особливості обпалювального візка. Розглянуто недоліки існуючої практики змащування коліс обпалювального візка. Зроблено пошук існуючих рішень удосконалення процесу змащування. Проведено аналіз існуючих рішень, як теоретичних, так і практичних.

В другому розділі розроблено рішення удосконалення процесу мащення коліс обпалювального візка. Розглянута структура робототехнічного комплексу та основних елементів. Розроблені траєкторії руху елементів. Розраховано періодичність мащення та кількість мастила.

В третьому розділі зібрано принципову систему в лабораторних умовах з навчальних мікропроцесорних елементів та модулів, що принципово відповідають за призначенням промисловим у запропонованій пропозиції. Складено схему, проведено практичний експеримент.

В четвертому розділі виконано економічний розрахунок впровадження системи та обґрунтування економічної доцільності.

Кваліфікаційна робота має 50 сторінок, 33 рисунки, 5 таблиць, додатки, та 8 джерел у переліку посилань;

**ВИПАЛЮВАЛЬНА МАШИНА, ОБПАЛЮВАЛЬНИЙ ВІЗОК,
ЗАЛІЗОРУДНІ ОБКОТИШІ, КОЛЕСА ВІЗКА, СИСТЕМА
АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗМАЩУВАННЯ**



ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ НАЯВНИХ ІДЕЙ ТА РІШЕНЬ ЗМАЩЕННЯ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ ВІЗКІВ ОБПАЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ	6
1.1. Розгляд об'єкту та предмету дослідження.	6
1.2. Аналіз можливих рішень.	10
1.3. Існуючі рішення схожої проблематики.....	23
РОЗДІЛ 2	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗРОБКА РОБОТОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ.....	26
2.1. Підбір основних параметрів та комплектація робототехнічного комплексу	26
2.2. Основні елементи комплексу.	28
2.2.1. Робот маніпулятор Kawasaki Robotics CL110N	28
2.2.2. Датчик положення оптичний E3F-DS30P2 PNP NC	29
2.2.3. Датчик точного положення на основі лінійного потенціометру LTP-1000-10K... ..	30
2.2.4. Панель керування Siemens KTP400 Basic.....	32
2.2.5. Станція змащування автоматична TLMP 1008/230V, SKF	33
2.3. Структура РТК.....	35
2.4. Розробка траєкторії руху елементів РТК.....	36
2.5. Розрахунок інтервалу змащування підшипникових вузлів обпалювальних візків	38
2.6. Розрахунок кількості мастила для змащування	39
РОЗДІЛ 3	Ошибка! Закладка не определена.
ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	41
3.1. Склад обладнання для експериментального дослідження	41
3.1.1. Навчальна платформа Arduino UNO.	41
3.1.2. ІР оптичний датчик перешкод.....	42
3.1.3. Лінійний потенціометр 10КОм.....	42
3.1.4. Сервопривід SG90	43
3.1.5. Модуль приводу ШИМ-регулятора Arduino 15A 400 Вт.....	44
3.1.6. Двигун колекторний (щітковий) DC Pro KC-130SH 3,7 - 12V 1750 - 10000 об/хв	44
РОЗДІЛ 4	Ошибка! Закладка не определена.
ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ	45
4.1. Вихідні дані для розрахунку.....	45
4.2. Розрахунок чистого приведеного доходу за 5 років	45
ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47



ВСТУП

Розвиток металургійної промисловості підвищує попит на чавун та сталь. У сучасних умовах, поряд з багатими рудами, активніше стали використовувати руди, що вимагають надскладних процесів збагачення. Світові тенденції у сфері металургії вимагають від підприємств постійного вдосконалення та модернізації обладнання для забезпечення високоякісної продукції. Сучасні технології дозволяють виробляти метал різними способами, включаючи переробку вторинних матеріалів, а саме брухту металів. У цьому контексті конкурентоспроможність первинного виробництва залежить від досконалості технології, якості та собівартості сировини, що виробляється гірничо-збагачувальними підприємствами. Окрім цього, світові тенденції зниження собівартості та підвищення ефективності через впровадження новітніх технологій вимагають від підприємств постійного вдосконалення та модернізації обладнання для забезпечення високоякісної продукції. Одним із способів впливу на ці показники є зниження металоємності та втрат від неефективних процесів. Підвищення якості ремонтів, обслуговування можуть суттєво вплинути на зниження споживання запасних частин, підвищення стабільності та ефективності виробництва. Результати виробничої практики на ГЗК [1] свідчать про необхідність підвищення якості обслуговування підшипникових вузлів коліс візків опалювальної машини Lurgi 552, яка є обладнанням безперервної дії та кінцевого процесу виробництва обкотишів – сировини для металургійної галузі.

Апробація роботи

Результати роботи було апробовано на наступних конференціях:

1. Сухоруков С.М., Бундза О.З., Голотюк М.В. Зменшення простою опалювальних машин по виходу з ладу коліс опалювальних візків. *Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти*: тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції MININGMETALTECH 2024, м. Запоріжжя, 28–29 листопада 2024 року. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-147>

1 АНАЛІЗ НАЯВНИХ ІДЕЙ ТА РІШЕНЬ ЗМАЩЕННЯ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ ВІЗКІВ ОБПАЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ

1.1. Розгляд об'єкту та предмету дослідження.

Згідно з інструкції з експлуатації [2, с. 26], обпалювальна машина фірми Лургі є ланцюговим грохотом, який складається з нескінченного ланцюга 208 обпалювальних візків шириною 4 метри, що мають загальну реакційну поверхню 552 м². Візки направляються за допомогою під'ємного колеса на рейки верхньої гілки в завантажувальній частині, а на розвантажувальній стороні за допомогою відпускаючого колеса – на рейки нижньої гілки.

На ЦВО-2 розташовані дві обпалювальні машини Lurgi 552 А, та Lurgi 552 В.

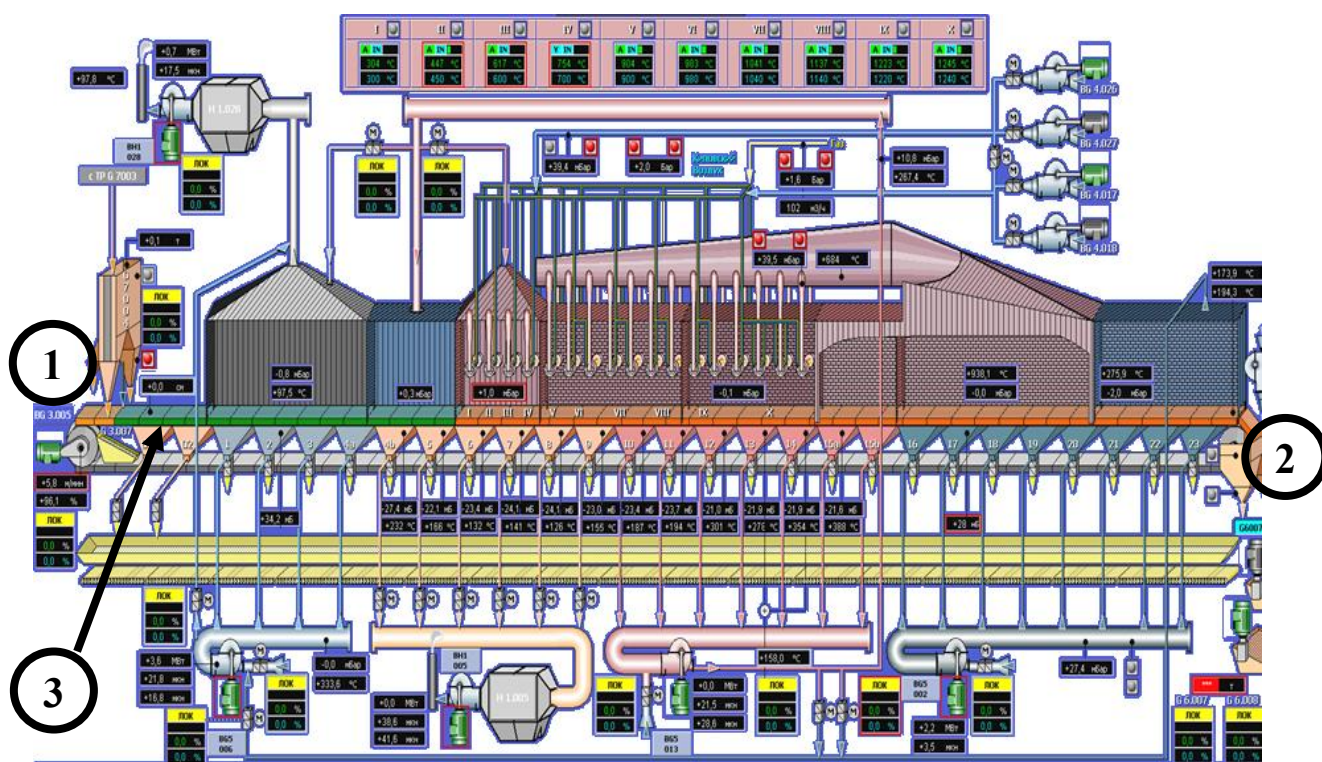


Рисунок 1.1 – Схема обпалювальної машини Lurgi 552. 1 – зона завантаження, 2 – зона розвантаження, 3 – навіска з 208 обпалювальних візків

Кожен візок складається з двох зовнішніх частин і однієї середньої частини, які з'єднані між собою болтами. Крайні частини обладнані ходовими та вантажними колесами (роliками), та мають бокові стінки,

а також змінні ущільнювальні планки, які разом зі змащеними рейками ковзання в верхній частині повітряних камер є відмінним ущільненням. Кожний візок оснащений 4 рядами колосників з високолегованої сталі. В кожному ряду є 95 нормальних колосників та 6 кінцевих колосників.

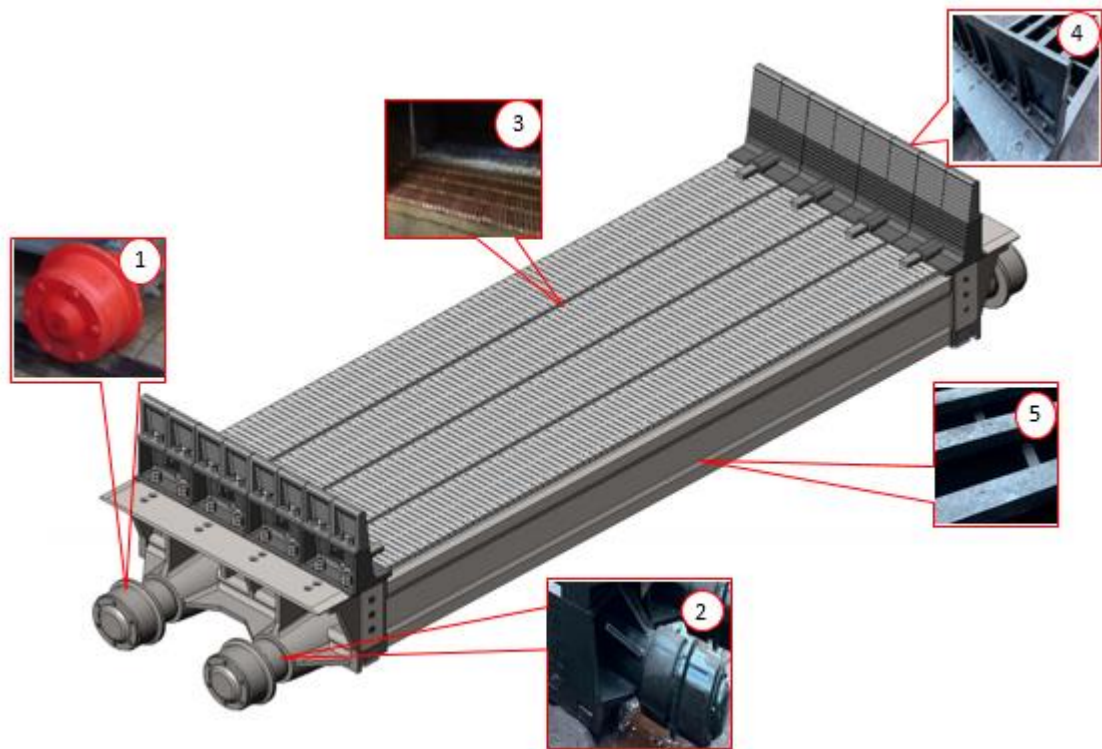


Рисунок 1.2 Схема обпалювального візка. 1-ходове колесо, 2-вантажне колесо, 3-колосникове поле, 4-бокові стінки, 5-центральна частина.

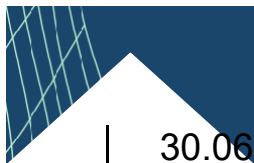
Робота обпалювальної машини Lurgi-552 є кінцевим етапом безперервного виробництва продукції підприємства. Мінімізація простоїв є важливим фактором зниження втрат на виробництві. Одним з факторів, що впливають на простої, є зупинки на заміну обпалювальних візків (біля 15 хвилин на одну заміну), що приводить до перевитрат природного газу, електроенергії, втрат об'ємів виробництва, порушення технології виробництва. Звичайні причини заміни візка, це несправність підшипникових вузлів коліс (раз в пів року або частіше), часткова заміна верхніх бортиків та колосникового поля (раз на рік). При кількості обпалювальних візків 208 од на одній машині, це 1-2 простою на добу. Збільшення ходимості підшипникових вузлів як мінімум в двічі дозволить підвищити періодичність заміни візка до року та вдвічі зменшити простої з цих причин. Також це дозволить зменшити витрати на ремонті підшипникових вузлів.

Статистика заміни візків наведена у таблиці 1.1:



Таблиця 1.1 – Статистика заміни візків.

Обпалювальна машина	Візків всього	По напрацюванню			Кількість заміненних візків за місяць
		Більше 6 міс	Від 5 до 6 міс	Менше 5 міс	
ЦВО-2					
Lurgi-552A					
01.10.2020р.	208	0	0	208	
09.10.2020р.	208	0	4	204	
20.10.2020р.	208	0	3	205	
30.10.2020р.	208	0	5	203	
10.11.2020р.	208	0	5	203	
20.11.2020р.	208	0	5	203	
01.12.2020р.	208	0	5	203	
10.12.2020р.	208	0	5	203	
01.01.2021р.	208				
10.01.2021р.	208				
20.01.2021р.	208				
01.02.2021р.	208	0	6	202	39
12.02.2021р.	208	0	4	204	
01.03.2021р.	208	0	6	202	51
15.03.2021р.	208	0	5	203	
31.03.2121р.	208	0	7	201	56
30.04.2021р.	208	0	4	204	54
31.05.2021р.	208	0	4	204	21
30.06.2021р.	208	0	6	202	51
31.07.2021р.	208	0	8	200	61
31.08.2021р.	208	0	6	202	54
30.09.2021р.	208	0	8	200	41
31.10.2021р.	208	0	8	200	0
30.11.2021р.	208	0	6	202	41
31.12.2021р.	208	0	5	203	47
31.01.2022р.	208	0	7	201	26
28.02.2022р.	208	0	5	203	24
31.07.2022р.	208	0	7	201	28
21.11.2022р.	208	0	6	202	11
28.02.2023р.	208	0	9	199	55
31.03.2023р.	208	0	7	201	60
30.04.2023р.	208	0	5	203	61
31.05.2023р.	208	0	4	204	45



30.06.2023р.	208	0	4	204	0
31.07.2023р.	208	0	4	204	0
31.08.2023р.	208	0	4	204	0

Продовження таблиці 1.1

31.10.2023р.	208	0	5	203	0
30.11.2023р.	208	0	3	206	29
31.12.2023р.	208	0	2	206	70
31.01.2024р	208	0	4	204	62
29.02.2024р					
Lurgi-552B					
31.05.2023р.	208	0	4	204	0
31.03.2023р.	208	0	4	204	0
30.04.2023р.	208	0	4	204	0
31.05.2023р.	208	0	3	205	1
30.06.2023р.	208	0	6	202	56
31.07.2023р.	208	0	5	203	56
31.08.2023р.	208	0	7	201	45
31.10.2023р.	208	0	6	202	43
30.11.2023р.	208	0	6	202	0
31.12.2023р.	208	0	6	202	0
31.01.2024р	208	0	6	202	6
29.02.2024р					
Всього ЦВО-2:					
28.02.2023р.	416	0	9	407	55
31.03.2023р.	416	0	11	405	60
30.04.2023р.	416	0	9	407	61
31.05.2023р.	416	0	7	209	46
30.06.2023р.	416	0	10	406	56
31.07.2023р.	416	0	9	407	56
31.08.2023р.	416	0	11	405	45
31.10.2023р.	416	0	11	405	43
30.11.2023р.	416	0	9	407	29
31.12.2023р.	416	0	8	408	70
31.01.2024р	416	0	10	406	68

Існуючий метод змащування обпалювального візка полягає в ручному заповненні підшипникового вузла мастилом, коли візок знятий з обпалювальної машини на ремонт коліс чи обслуговування – замін бортів та колосникового поля. Рішенням проблеми виходу з ладу підшипникових вузлів є регулярне виконання змащення з меншими інтервалами. Змащення під час експлуатації вручну неможливо, оскільки це порушує правила охорони праці з обмеження доступу людини до рухомих частин обладнання. Змащення під час зупинки на



обслуговування та ремонт обпалювальної машини має певні обмеження. У зв'язку з розташуванням візків в навісці, доступ до більшої частини коліс обмежений. Для повного змащування необхідно прокручувати навіску та виконувати процедуру в декілька циклів з розбором електричної схеми. Це призведе до збільшення простою обпалювальної машини, неможливості виконання інших ремонтних робіт у цей час та збільшення витрат на ремперсонал в період простою [2, с.5].

1.2. Аналіз можливих рішень.

Обпалювальні візки проходять різні зони обпалювальної машини, піддаючись циклічному нагріванню та охолодженню. При роботі в навісці візки змінюють напрям руху та перевертаються. Встановлення окремих систем змащування на кожен візок потребує технічних рішень та фінансових витрат. Крім того, необхідність контролю роботи всіх 208 систем змащування та обслуговування робить їх застосування недоцільним. Таким чином слід розглядати єдину стаціонарну систему змащування, яка буде обслуговувати всю навіску обпалювальних візків.

З наявної загальнодоступної інформації існує розглянутий метод за допомогою системи очищення та змащення коліс для агломераційних візків у патенті CN 111981298 A [3]. З огляду на рисунки 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 система містить:

- систему вимірювання швидкості корпусу візка 1;
- візуальний датчик 2;
- систему очищення коліс 3;
- систему змащування коліс 4;
- систему управління 5.

Водночас одна система очищення коліс 3 і одна система змащування коліс 4 відповідно розташовані з обох боків шляху руху агломераційного візка; і система очищення та змащення коліс агломераційного візка розташована по обидва боки шляху між обладнанням процесу розвантаження та обладнанням процесу попереднього нагріву або по обидва боки шляху між обладнанням процесу охолодження та доменною піччю, а агломераційний візок рухається вперед по шляху з постійною швидкістю. Уздовж положень, що послідовно досягаються візком для спікання, система вимірювання швидкості корпусу візка 1 розташована перед візуальним датчиком 2 і системою очищення коліс 3, а візуальний датчик 2 встановлений на верхньому кінці системи очищення коліс 3 через регульований кронштейн 23; система змащення коліс 4 розташована після системи очищення коліс 3.

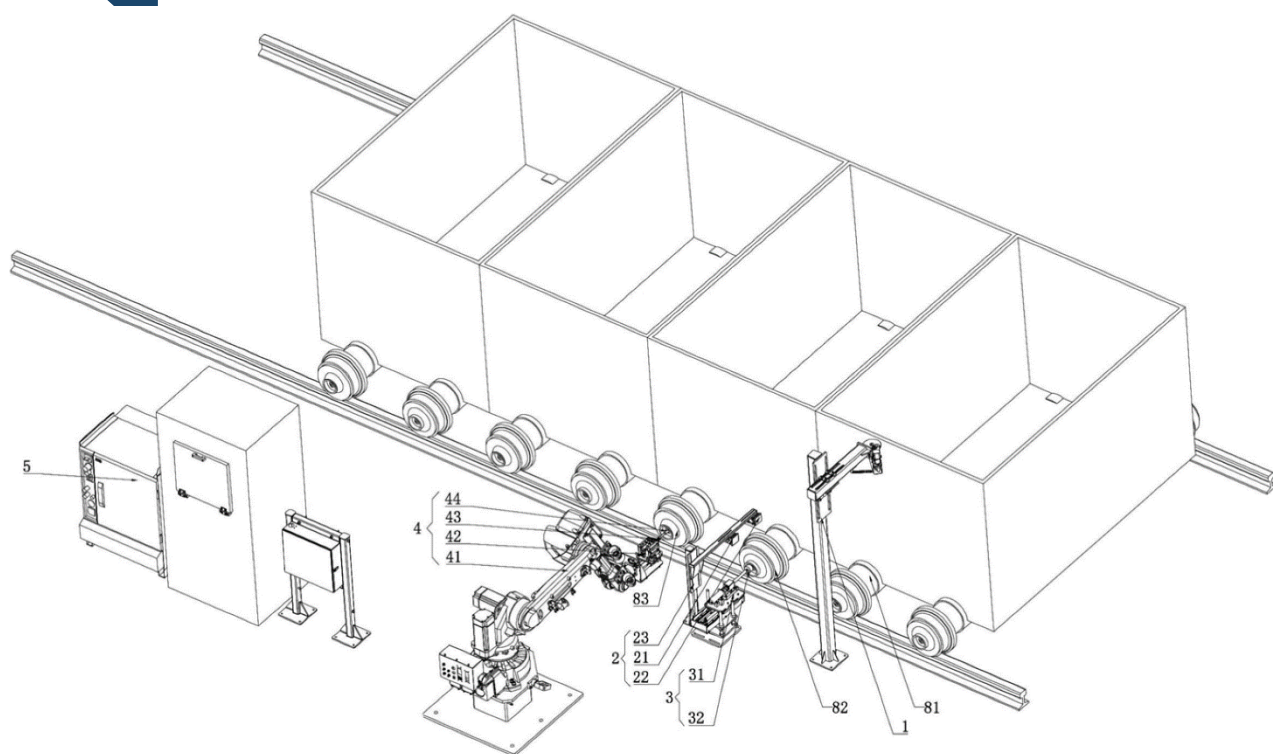


Рисунок 1.3 – Система очищення та змащення коліс для агрегаційних візків

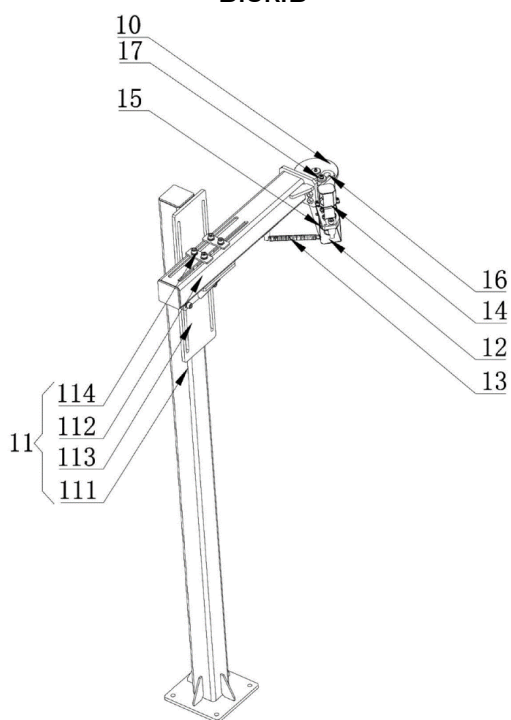
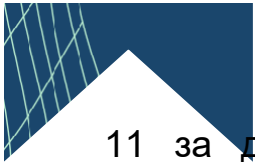


Рисунок 1.4 Система вимірювання швидкості корпусу візка

Система вимірювання швидкості корпусу візка 1 містить у собі регулювальний пристрій, диск 10, що обертається, передавальний пристрій і датчик вимірювання швидкості 14 (Рис.3, 4). Регулювальний пристрій складається з механізму регулювання положення, нерухомого кронштейна 11, поворотного кронштейна 12 і пружинного елемента 13. Поворотний кронштейн 12 шарнірно з'єднаний з нерухомим кронштейном



11 за допомогою шарнірної конструкції. Диск 10, що обертається, аксіально з'єднаний з поворотним кінцем поворотного кронштейна 12, а механізм регулювання положення регулює положення контакту між диском 10, що обертається, і візком для спікання. Пружинний елемент 13 з'єднує нерухомий кронштейн 11 і поворотний кронштейн 12. Під дією пружної сили пружинного елемента 13 поворотний кронштейн 12 повертає поворотний кінець поворотного кронштейна 12 у бік візка для спікання, так що диск, який обертається, 10 безперервно притискається до стінки візка для спікання. Датчик вимірювання швидкості 14 розташований збоку від агломераційного візка.

Механізм регулювання положення забезпечує ефект, щоб система вимірювання швидкості корпусу візка 1 може адаптуватися до використання агломераційних візків різних стандартних розмірів. Наприклад, у цьому варіанті виконання механізм регулювання положення складається з механізму грубого регулювання положення та механізму точного регулювання положення, а контактне положення між обертовим диском 10 і агломераційним візком може бути грубо відрегульованим і точно відрегульованим.

Нерухома опора 11 складається з вертикальної нерухомої опори 111 і поздовжньої нерухомої опори 112, забезпечений фіксувальним елементом поздовжнього регулювання 113 і фіксувальним елементом вертикального регулювання 114. Механізм грубого регулювання положення, що складається з фіксувального елемента поздовжнього регулювання 113 і фіксувального елемента вертикального регулювання 114, може зробити поздовжній нерухомий підкомпонент опори 112 відносно значною мірою відрегульованим за поздовжньою відстанню та вертикальною відстанню відносно вертикального нерухомого підкомпонента опори 111, тож положення контакту між обертовим диском 10 і спікальним візком може регулюватися значною мірою.

Шарнірна конструкція складається з ковзного паза 16, розташованого на нерухомому кронштейні 11, і регульованого поворотного болта 17, розташованого на поворотному кронштейні 12. Регульований поворотний болт 17 вставляється в ковзний паз 16 регульованим чином. Поворотний кронштейн 12 хитається щодо нерухомого кронштейна 11 уздовж регульованого поворотного болта 17. Механізм точного налаштування положення, утворений шарнірною конструкцією, може злегка регулювати відстань поворотного кронштейна 12 за допомогою регульованого поворотного болта 17, тож положення контакту диска 10, що обертається, та спікального візка може бути відрегульоване відносно точно.

Датчик швидкості 14 розташований збоку від агломераційного візка для захисту датчика швидкості 14, щоб уникнути впливу теплового випромінювання агломераційного візка, завантаженого змішаним матеріалом для агломерації, на роботу датчика швидкості 14 і точність



вимірювання швидкості. Для більш точного передавання швидкості обертання обертового диска 10 на датчик швидкості 14 через вхідний вал датчика швидкості 14 передавальний пристрій цього варіанта виконання складається з приводного ремня 15, що з'єднує обертовий диск 10 і вхідний вал датчика швидкості 14. За можливості досягнення вищезазначеного точного ефекту вимірювання він має просту конструкцію та високу довговічність.

Регулюючи положення обертового диска 10 за допомогою механізму регулювання положення, диск 10, що обертається, може бути притиснутий до стінки спікального візка, а змішаний матеріал, що спікається, прикріплений до спікального візка, або нерівні частини корпусу, або невелика різниця в ширині між бічними стінками корпусу між спікальними візками, може змусити кінець кронштейна 12, що хитається, хитатися в напрямку спікального візка під дією пружної сили пружинного елемента 13, так що кінець кронштейна 12, що хитається, прикладає зусилля до обертового диска 10, так що диск 10, що обертається, можна відрегулювати відповідно до підйомів та опускань бокової стінки корпусу спікального візка під час руху спікального візка, й диск 10, що обертається, продовжує тиснути на стінку корпусу спікального візка.

Таким чином, агломераційний візок, що рухається, приводить в обертання обертовий диск 10, а обертовий диск 10 подається назад на датчик вимірювання швидкості 14 через передавальний пристрій для отримання швидкості руху агломераційного візка, а швидкість руху агломераційного візка подається назад до системи управління 5.

Будь ласка, зверніться до ФІГ. 1 і 3. У цьому варіанті реалізації візуальний датчик 2 складається з двох візуальних сенсорних блоків (21, 22), де перший візуальний сенсорний блок 21 послідовно виявляє інформацію про попередньо позиційоване колесо 81, яке входить у зону виявлення, а другий візуальний сенсорний блок 22 послідовно виявляє інформацію про попередньо позиційоване колесо 81, яке залишає зону виявлення. Попередньо позиціоноване колесо 81, виявлене двома візуальними сенсорними блоками (21, 22), є наступним колесом, що має бути підготовлене для входу в зону очищення системи очищення коліс 3. Візуальний датчик 2, що складається з двох візуальних сенсорних блоків (21, 22), встановлених на регульованому кронштейні 23, може послідовно виявляти інформацію про попередньо позиційоване колесо 81, яке входить і виходить із зони виявлення, та повертати її до системи управління 5.

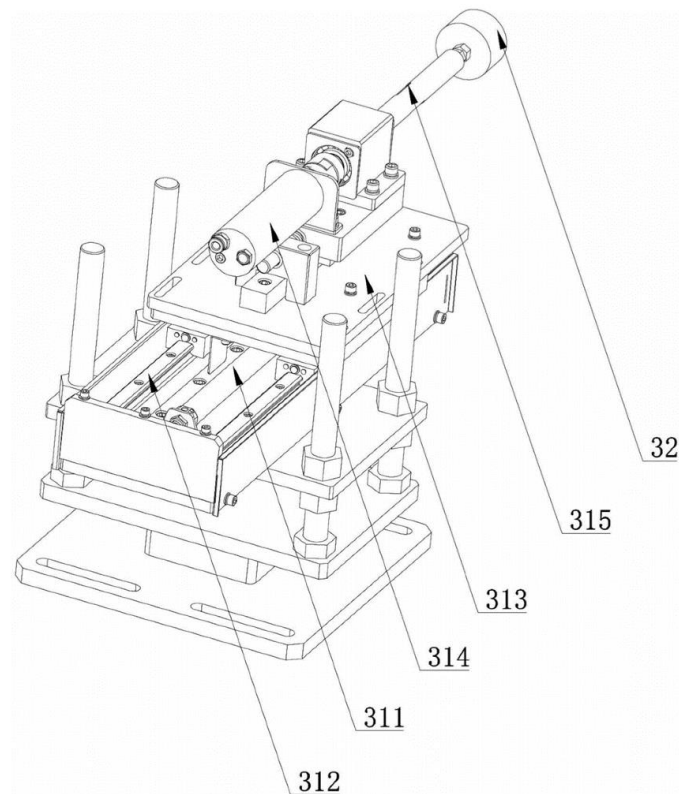


Рисунок 1.5. Система очищення колеса візка

Оскільки порт заправки олією встановлений у центрі колеса, система керування 5 перетворює динамічне координатне положення порту заправки олією, що має бути очищеним, і динамічне координатне положення порту заправки олією, що має бути заповненим олією, відповідно до швидкості руху агломераційного візка та інформації про попередньо позиційоване колесо 81, яке входить і виходить із зони виявлення. Крім того, оскільки диск 10, що обертається, подається назад на датчик вимірювання швидкості 14 через передавальний пристрій для отримання швидкості руху агломераційного візка, швидкість руху агломераційного візка, що повертається назад до системи управління 5, є більш точною; у поєднанні з візуальним датчиком для виявлення інформації про попередньо встановлене колесо 81, який двічі входить і виходить із зони виявлення, він може надати точніші дані для подальшого перетворення динамічного координатного положення мастилозаправного отвору, що підлягає очищенню, і динамічного координатного положення мастилозаправного отвору, який підлягає заповненню олією, а також забезпечити точне регулювання та керування для подальшого процесу очищення системи очищення колеса 3 і процесу змащування системи змащування колеса 4;

Система очищення колеса 3 включає приводний пристрій 31 і гнучку очищувальну щітку 32. У цьому варіанті виконання приводний пристрій 31 складається з поздовжнього штовхаючого циліндра 311, поздовжнього штовхаючого механізму, утвореного поздовжньою напрямною 312, і обертового двигуна 314. Обертовий двигун 314 розташований на



штовхаючому сідлі 313 поздовжнього штовхаючого циліндра 311, а обертовий вал 315 обертового двигуна 314 направлений до порту заправлення масла колеса. Гнучка чистяча щітка 32 розташована на обертовому валу 315 обертового двигуна 314. Гнучка чистяча щітка 32 може бути виготовлена з гнучкого матеріалу, що має певну міцність та еластичність, такого як гнучка дротова щітка; вона може бути придатна для очищення пилу, такого як залізний порошок і залізна тирса; або може бути використаний пористий, зносостійкий, пухкий і гнучкий матеріал, такий як промислова губка для миття металу, що може бути придатною для очищення сухих предметів, утворених мастилом, змішаним із пилом; звідси, комбіновану гнучку щітку для чищення 32, утворену комбінацією двох типів гнучких матеріалів, можна розумно використати для ефективного очищення вищезгаданого бруду.

Коли динамічне координатне положення мастилозаливного отвору, що очищується, потрапляє в зону операції очищення, система керування 5 управляє поздовжнім штовхаючим циліндром 311 для штовхання штовхаючого сідла 313 уздовж поздовжньої напрямної рейки 312 для переміщення до колісно-мастилозаливного отвору та керує валом 315 обертового двигуна 314, який обертається, щоб привести в обертання гнучку очищувальну щітку 32. Обертовий двигун 314 може очищати пил, такий як залізний порошок і залізну тирсу, поблизу мастилозаливного отвору і суху речовину, утворену мастилом, змішаним із пилом, протягом декількох секунд при відносно високій швидкості обертання і взаємодії з дією поздовжнього штовхаючого циліндра 311 управляти штовхаючим сидінням 313 для звільнення і переміщення з колеса, завершуючи таким чином очищення масляного отвору колеса 82, підлягає очищенню; це може зробити систему очищення 3 колеса очистити колесо 82, яке буде очищено під час очищення, не перевищуючи часу входу та виходу попередньо встановленого колеса 81 з зони виявлення, таким чином, запобігаючи перешкоджанню заповнення отвору колеса для чищення 82 для системи очищення колеса 3, коли колесо для чищення 82 залишає зону очищення, тим самим завдаючи шкоди системі очищення колеса 3

Коли кожне колесо в свою чергу входить в зону очищення, система управління 5 буде працювати система очищення колеса 3, щоб повторити вищевказані кроки в свою чергу відповідно до динамічного координатного положення масляного отвору, який повинен бути очищений на кожному колесі. Система управління 5 може працювати привід пристрою 31 для переміщення гнучкої щітки очищення 32 для очищення отвору для заповнення масла колесом в повороті і в певному напрямку. Коли агломашина циркулює на шляху до зони очищення системи очищення колеса 3, кожне колесо може бути автоматично очищене, тим самим ефективно запобігаючи і зменшуючи знос колісної системи агломашини пилом, таким як залізний порошок і залізна стружка, і суха речовина, що утворюється шляхом змащення масла, змішаного з пилом.

Після того, як масляно-насосний отвір очищеного колеса 82 завершує процес очищення, він продовжує рухатися в область роботи масляної системи наповнення колеса масла 4 для подальшого процесу наповнення масла.

З огляду на рисунки 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 до системи змащення коліс 4 входить механічний важіль 41 з рухомою частиною, точне регулювання положення приладу 42, зміна напрямку, розташоване на торці механічного важеля 41, і масляна труба 44. Точний регулювальний пристрій для зміни напрямку 42 складається з підшипникової розетки 420, механізму регулювання бічної точності, механізму регулювання поздовжньої точності та механізму амортизації 43. Поздовжній механізм регулювання точності - це поздовжня повітряна пружина 421, встановлена на підшипниковій розетці 420 за допомогою штовхача; механізм регулювання бічної точності складається з 422 опорної пластини, встановленої на гнізді поздовжньої повітряної пружини 421, бічної направляючої 423, встановленої на опорній пластині 422 та пар протилежних бічних циліндрів 424, що рухаються бічною направляючою 425, щоб ковзати уздовж бічної напрямної 423; Амортизатор 43 - сидіння для кріплення масляної труби 431, встановлена на бічному стропі 425, масляна труба 44 з'єднана з мастильним матеріалом і амортизатором 433, Встановлюється на масляну трубу 44 і розташовується між секцією кріплення масляної труби 432 і сидінням кріплення масляної труби 431.

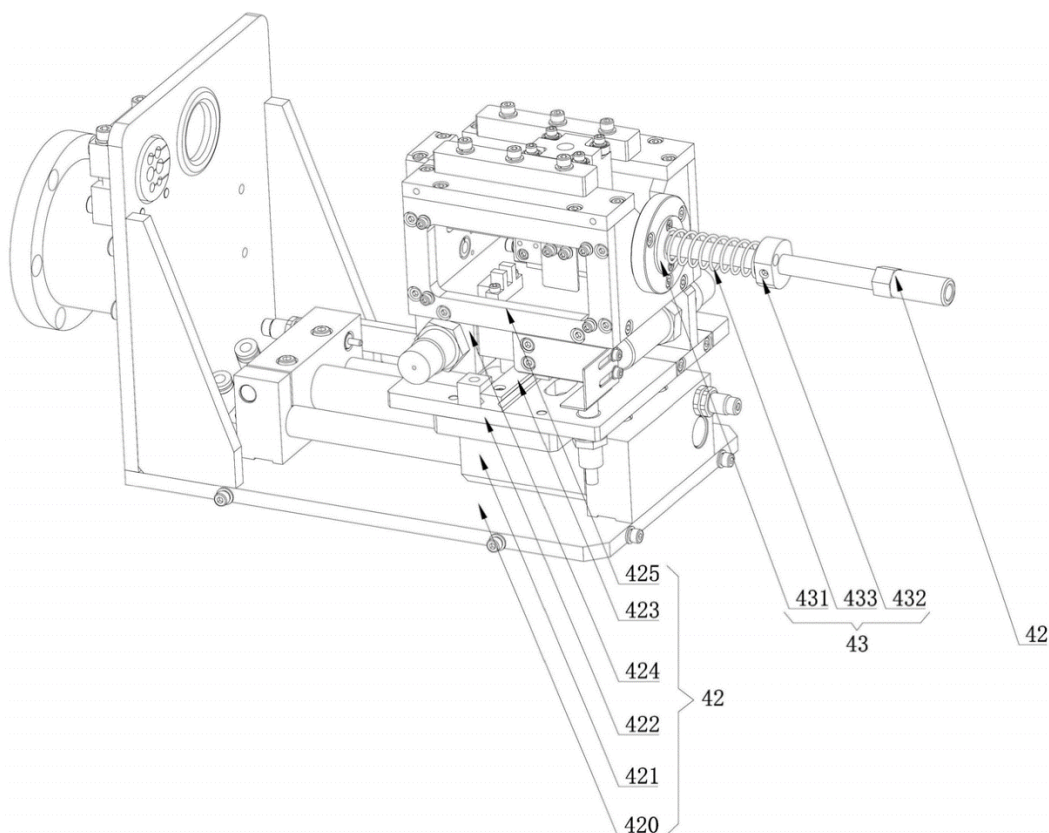


Рисунок 1.6 – Система змащення колеса візка



Відповідно до динамічного положення координат мастило-насосного отвору, який повинен бути заповнений мастилом, пристрій управління управляє роботом 41 для роботи точного регулювального пристрою для напрямку 42 і мастило-насосної труби 44 для переміщення мастило-насосного колеса 83 в положення, яке повинно бути заповнене мастилом; а тому, що агломераційний візок рухається по рейках, а заповнення мастилом займає певний час, робот-маніпулятор 41 може виконувати більш точне позиціонування у вертикальному напрямку, і в напрямку руху агломераційного візка, тобто у бічному напрямку руху в цьому варіанті мастило-насосна трубка 44 повинна бути з'єднана з мастило-насосним отвором колеса 83, який повинен бути заповнений мастилом, залежно від швидкості візка, система вимірювання швидкості корпусу візка 1, а потім відстежувати і заповнювати мастило.

Таким чином, точне регулювання поздовжнього простору виконується за допомогою поздовжнього пневматичного пружинного механізму 421 для поздовжнього тонкого регулювання, щоб дати достатню силу затиску; пружна ударна сила 433 ударного механізму 43 використовується для створення тиску і амортизації ударного механізму 43, коли мастило-насосна трубка 44 з'єднана з масляно-насосним колесом 83 отвір для заповнення мастилом, і забезпечує зусилля затискання на розрив для утримання масляно-насосної труби 44, міцно з'єднаної з масляно-насосним отвором колеса 83 для заповнення мастилом.

Поки візок рухається по колії, кінець рукоятки робота 41 рухається у відповідності зі швидкістю ріжучого візка і ковзає по поперечці 425 і поперечці 423 через пару протилежно розташованих поперечних циліндрів 424 для виконання поперечних тонких налаштувань, щоб труба для масляного наповнювача 44 могла бути стабільно спрямована на отвір для масляного наповнювача колеса 83, який потрібно змащувати, і повністю впорскувати мастило для завершення змащення колісної системи спікання вантажівки, не витісняючи трубу наповнювача масла 44 та отвори для масляного наповнювача, що може призвести до витoku мастила.

Вищезгадана система змащення коліс 4 працює стабільно. Після того, як масляна труба 44 направлена на відстеження та змащування масляного порту колеса 83, що підлягає змащуванню, система управління 5 буде контролювати механічний важіль 41, щоб привести масляну трубу 44 в положення, так час змащення колеса 83, система змащення змащеного колеса 4, не перевищує часу входу та виходу попередньо встановленого колеса 81 з зони виявлення, тим самим запобігаючи втручанням масляного порту змащеного колеса 83 в систему змащення колеса 4, коли колесо 83 змащується, залишає зону роботи змащення, тим самим завдаючи шкоди системі змащення колеса 4.

Коли кожне колесо в свою чергу входить в зону змащення, система



управління 5 буде працювати система змащення колеса 4 в свою чергу відповідно до динамічного положення координат отворів змащення кожного колеса, які повинні бути змащені і повторити вищевказані кроки. Пристрій управління може керувати механічним важелем 41 та точним регулювальним пристроєм напрямку 42 для приведення в дію змащувальної трубки 44 для контролю та змащення змащувального отвору в повороті та напрямку. Коли агломашина циркулює по трасі до зони змащення колісної системи змащення 4, автоматичне змащення кожного колеса може бути автоматично завершено, тим самим значно зменшуючи витік мастильного масла, прикріпленого до коліс і змащувальних отворів для високотемпературного сушіння, і адгезія залізного порошку і залізних тирси утворюють пил, який важко чистити. Запобігання потрапляння сухої речовини в колесо, вісь і втулку разом з мастилом дозволяє уникнути зношування колісної системи спікання візка.

Розглянутий винахід має наступні недоліки, такі як:

- значне силове навантаження приєднувального заправного отвору системи до заправного штуцера колеса візка для забезпечення герметичності.
- швидкість візків отримується шляхом фрикційного контакту колеса датчика з поверхнею візка, що призводить до значних неточностей вимірювання.

З наявної загальнодоступної інформації існує метод, за допомогою якого виконується надійне з'єднання системи з колесом візка без значних бокових навантажень у патенті CN 109734039 B [4].

Як видно з рисунків 1.7, 1.8, 1.9, автоматичний пристрій для захоплення та змащування коліс візка для спікання містить змащувальний пістолет 4 та щелепну опорну втулку 12. Змащувальний пістолет 4 встановлений на внутрішній стороні щелепної опорної втулки 12. Безліч однотипних губок 5 рівномірно розподілені з одного боку щелепної опорної втулки 12. Штифтовий вал 9 розміщений між кожною губкою 5 та щелепною опорною втулкою 12, а кожна щелепа 5 рухомо з'єднана з опорною втулкою 12 через штифтовий вал 9. Один кінець кожної щелепи 5 відносно нерухомий, при цьому під дією штифтового валу 9 може утворюватися прогин, коли щелепний шатун 6 просувається вперед. Кожна щелепа 5 обертається навколо штифтового валу 9 для створення затискного ефекту, в іншому випадку, коли щелепний шатун 6 зміщується назад. Кожна щелепа 5 створює ефект відкривання, штовхачі 7 встановлених на торцевих поверхнях опорної втулки 12 з інтервалами, а середня частина кожної щелепи 5 з'єднана зі щелепним шатуном 6. Один кінець щелепного шатуна 6 з'єднаний з щелепою 5 через штифтовий вал 9. Інший кінець щелепного шатуна 6 з'єднаний з приводною втулкою 11. Привідна втулка 11 встановлена зовні опорної втулки 12, а привідна

втулка 11 ковзає відносно поверхні опорної втулки 12. Перша втулка валу 13 встановлена в зазорі між внутрішньою стінкою привідної втулки 11 і зовнішньою стінкою опорної втулки 12, а друга втулка валу 14 і кільце привідної втулки 10 встановлені зовні привідної втулки 11, відповідно, зовні щелепи 11.

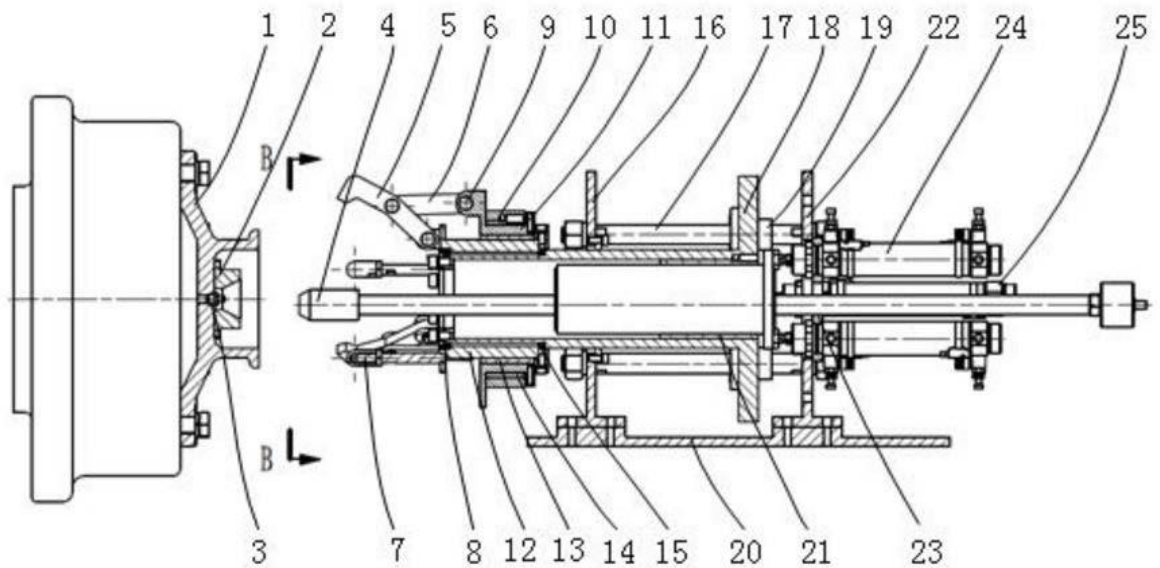


Рисунок 1.7 – Пристрій для приєднання до колеса, загальна блок-схема

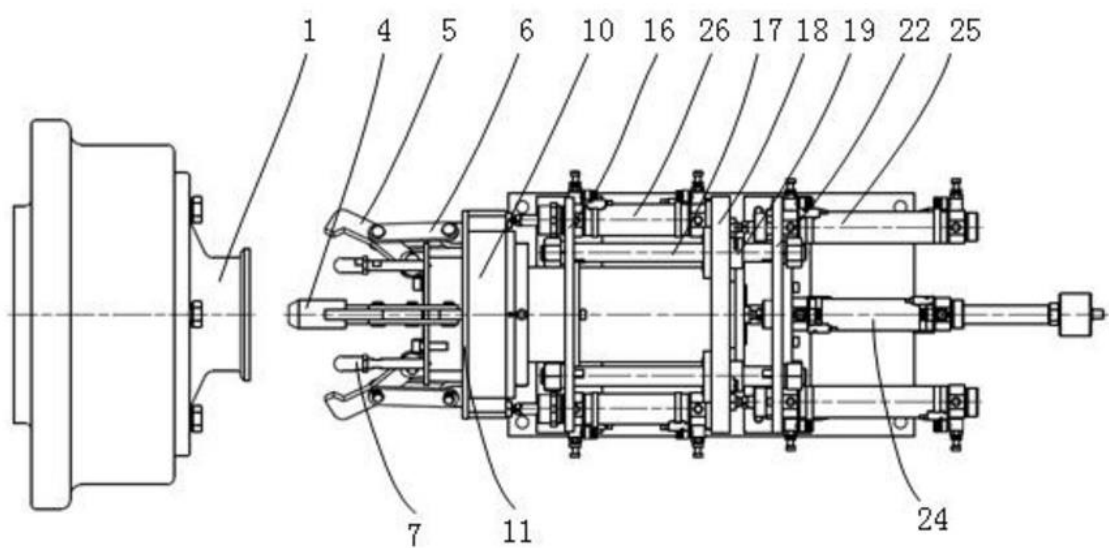


Рисунок 1.8 – Пристрій для приєднання до колеса, вид зверху

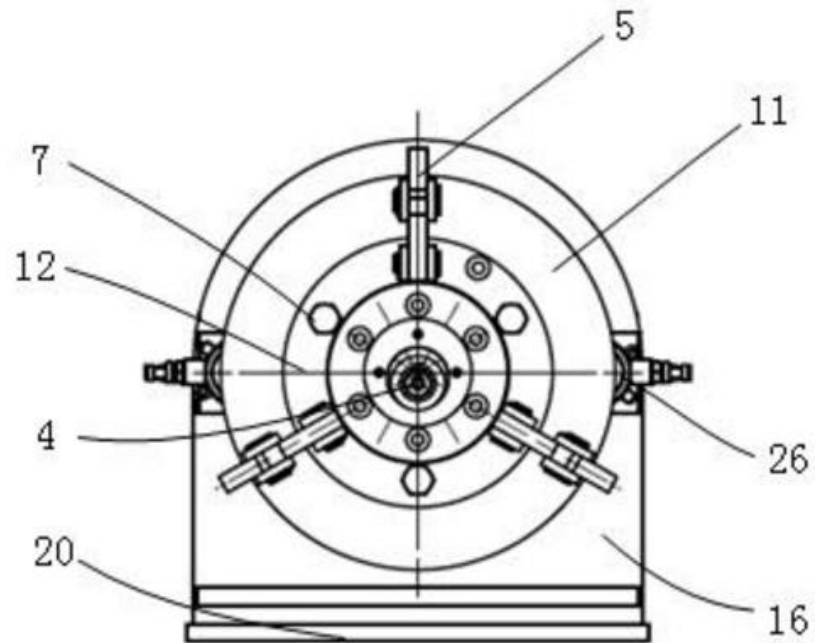


Рисунок 1.9 – Пристрій для приєднання до колеса, поперечний переріз В-В

Правий кінець щелепної опорної втулки 12 з'єднаний з телескопічною втулкою 18. Між щелепною опорною втулкою 12 та телескопічною втулкою 18 послідовно розташовані перший підшипник 8 та другий підшипник 15. На правому торці телескопічної втулки 18 розташовані лінійні підшипники 19 з рівними інтервалами по колу. Вісь кожного лінійного підшипника 19 паралельна осі телескопічної втулки 18. В кожному лінійному підшипнику 19 розташований напрямний стрижень 17. Безліч груп паралельних відносно напрямних стрижнів 17 одночасно направляються, щоб уникнути нахилу і зміщення в процесі виведення пристрою. Передня опора 16 і задня опора 22 відповідно розташовані на двох кінцях кожного напрямного стрижня 17. В поверхні передньої опори 16 виконано наскрізний отвір, один кінець телескопічної втулки 18 проходить через наскрізний отвір і з'єднаний з опорною втулкою щелепи 12. В нижній частині передньої опори 16 і задньої опори 22 спільно розташована основа 20. Передня опора 16 і задня опора 22 спільно фіксують телескопічну втулку 18, одна сторона телескопічної втулки 18 забезпечена фіксатором домкрата і приводить в дію виконавчий циліндр 26. Фіксатор домкрата приводить в дію вихід виконавчого циліндра 26 і з'єднаний з ліхтарним кільцем приводу домкрата 10. Його вихід просуває ліхтарне кільце приводу домкрата 10, коли фіксатор домкрата приводить в дію виконавчий циліндр 26. Ліхтарне кільце приводу домкрата 10 тоді може просувати привідну втулку домкрата 11 вздовж ковзання поверхні опорної втулки 12 домкрата, а привідна втулка домкрата 11 просто може приводити в дію шатун 6 домкрата, що виштовхується вперед під час просування вперед, а потім керують домкратом 5 і обертають навколо



круглої штифтової осі 9 мертвої осі, виробляють і притискають з обох боків щільний ефект. Домкрат приводить в рух задню частину циліндра 26 і з'єднаний з телескопічною втулкою 18, таким чином, вона фіксується з одним кінцем, щоб домкрат приводив в рух циліндр 26.

Права сторона телескопічної трубки 18 приводить в дію виконавчий циліндр 25. Вихідна частина штока поршня, що приводить в дію виконавчий циліндр 25, з'єднана з телескопічною трубкою 18. Частина корпусу циліндра, що приводить в дію виконавчий циліндр 25, закріплена за допомогою штовхача 22, потім може просувати телескопічну трубку 18 і зміщуватися вздовж напрямної планки 17 вперед. Коли вихідна частина штока поршня, що приводиться в рух телескопічною трубкою 25, витягується вперед, щоб скоротити відстань між телескопічною трубкою 18 і колесом вантажного автомобіля платформи. Коли телескопічна трубка 18 проходить вперед, обладнання, таке як опорна втулка домкрата 12, фіксатор домкрата 5, все проходить вперед поетапно.

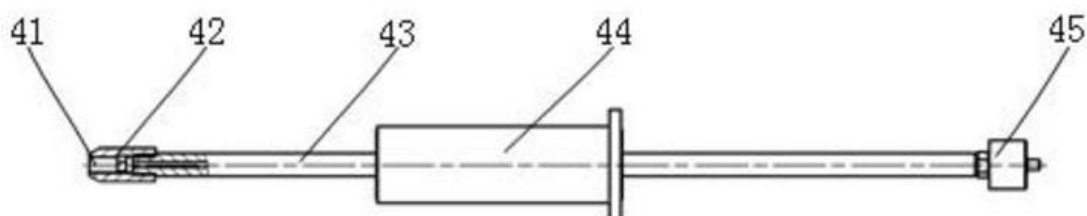


Рисунок 1.10 – Змащувальний пістолет

Як видно з рисунку 1.10, змащувальний пістолет 4 містить масляну форсунку 41, направляючу втулку 42 масляного пістолета, мастилопровідну трубку 43, втулку 44 масляного пістолета та поворотне з'єднання 45. Причому направляюча втулка 42 масляного пістолета встановлена на зовнішній стороні мастилопровідної трубки 43. Масляна форсунка 41 встановлена на внутрішній стороні направляючої втулки 42 масляного пістолета. Один кінець масляного сопла 41 сполучений з лівим кінцем мастилопровідної трубки 43. На зовнішнє кільце мастилопровідної трубки 43 надіта втулка 44 масляного пістолета. Правий кінець мастилопровідної трубки 43 з'єднаний з поворотним шарніром 45. Вхідний кінець мастильної направляючої трубки 43 з'єднаний з масляним баком через поворотне з'єднання 45 для подачі масла. Втулка масляного пістолета 44 встановлена всередині телескопічної втулки 18. Третя втулка вала 21 встановлена між зовнішньою стінкою втулки масляного пістолета 44 і внутрішньою стінкою телескопічної втулки 18. До зовнішньої сторони втулки 44 паливного пістолета з'єднаний привідний циліндр 24 паливного пістолета, поршнева частина штока привідного циліндра 24 закріплена на задньому кронштейні 22 за допомогою пластины 23 кріплення циліндра, і коли поршнева частина штока вихідного кінця привідного циліндра 24

змащувального пістолета викидається, втулка 44 змащувального пістолета штовхає весь змащувальний пістолет 4 уздовж його центральної осі до масляного стакана 3.

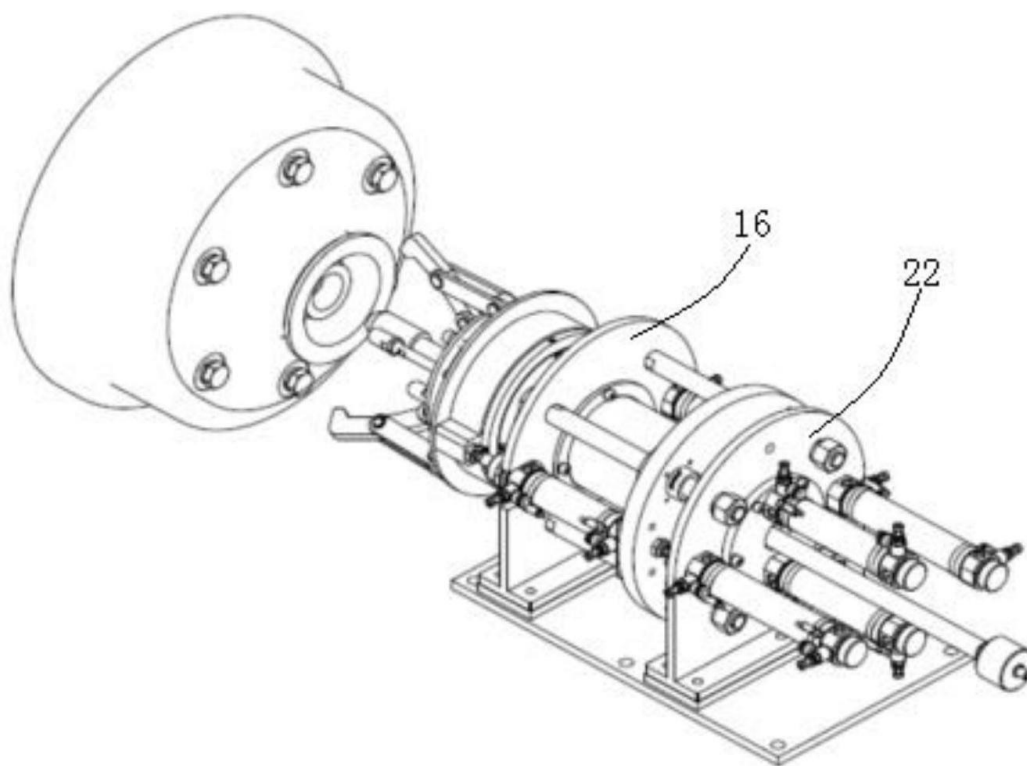


Рисунок 1.11 – Пристрій для приєднання до колеса у взаємодії з колесом.

Як видно з рисунку 1.11, передній кінець масляного ніпеля 41 встановлений як колесо візка. Торцева поверхня колеса візка забезпечена торцевою кришкою 1. Одна сторона торцевої кришки 1 забезпечена направляючою конічною втулкою 2. Направляючу конічну втулку 2 зручно направляти, так як центральна лінія направляючої конічної втулки 2 збігається з центральною лінією торцевої кришки колеса 1. Внутрішня сторона направляючої конічної втулки 2 має форму конічного наскрізного отвору. Внутрішня сторона конічного наскрізного отвору забезпечена масляним стаканом 3. Коли мастило подається, мастильний ніпель 41 знаходиться в стику з масляним стаканом 3, а центральна лінія конічного наскрізного отвору і центральна лінія масляного стакана 3 суміщені.

Даний винахід вирішує проблему осьового навантаження при приєднанні до колеса, але має складну механічну конструкцію та потребує значної модернізації колеса візка, що підвищує вартість проекту.

1.3. Існуючі рішення схожої проблематики.

Схожу проблему розв'язував Dalian BaoSteel Metallurgy Group Co., Ltd [5], застосувавши маніпулятор на змащенні коліс спікальних візків. Це дозволило їм уникнути проблем з потраплянням пилу, такий як залізний пил як продукт зносу, що утворюється під час процесу передачі візка для спікання, а також суха речовина, що утворюється при змішуванні пилу з мастилом в умовах високих температур, можуть спричинити течію мастила в процесі впорскування мастила. Процес впорскування мастила показано на рисунку 12.



Рисунок 1.12 – Впорскування мастила у підшипникові вузли спікальних візків.

Схема оснащення робочого місця системою очищення і змащення принципово показана на рисунку 1.13.

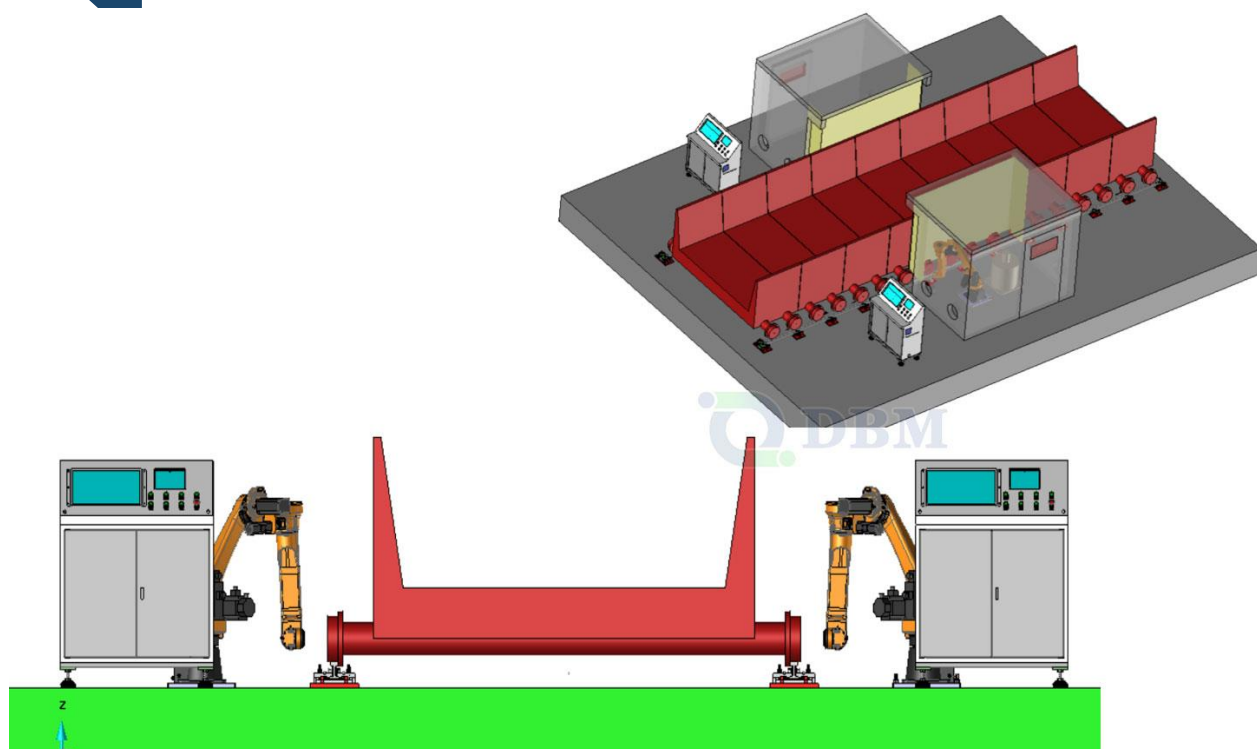


Рисунок 1.13 – Схема оснащення робочого місця системою очищення и змащування коліс візків.

Фото робочого місця системи очищення и змащування коліс візків зображено на рисунку 1.14.



Рис. 14. Фото оснащення робочого місця системи очищення и змащування коліс візків. Система точного вимірювання швидкості та положення – 1, система очищення – 2, система діагностування, контролю положення та зчитування облікового номеру – 3, система змащування коліс – 4

Робота системи, що застосував Dalian BaoSteel Metallurgy Group Co., Ltd [5] має схожі принципи з вище розглянутим патентом CN 111981298 A [3] та патентом CN 109734039 B [4]. Але є наступні відмінності:

- грубе механічне вимірювання швидкості корпусу та контроль положення візків замінено на безконтактний оптичний контроль положення візків, що підвищує надійність та зменшує вартість обслуговування системи;
- застосовано зчитування облікового номеру візка, вимірювання та запис діагностичних даних, збереження статистичних даних, що дає змогу відслідковувати зміну технічного стану та проводити аналіз;
- реалізовано вивід на екран оператора відео процесу змащування для візуального контролю, процесу діагностування, отриманих поточних даних у режимі реального часу, що підвищує рівень контролю стабільної роботи системи.

Зразок застосунку оператора системи наведено на рисунку 1.15.

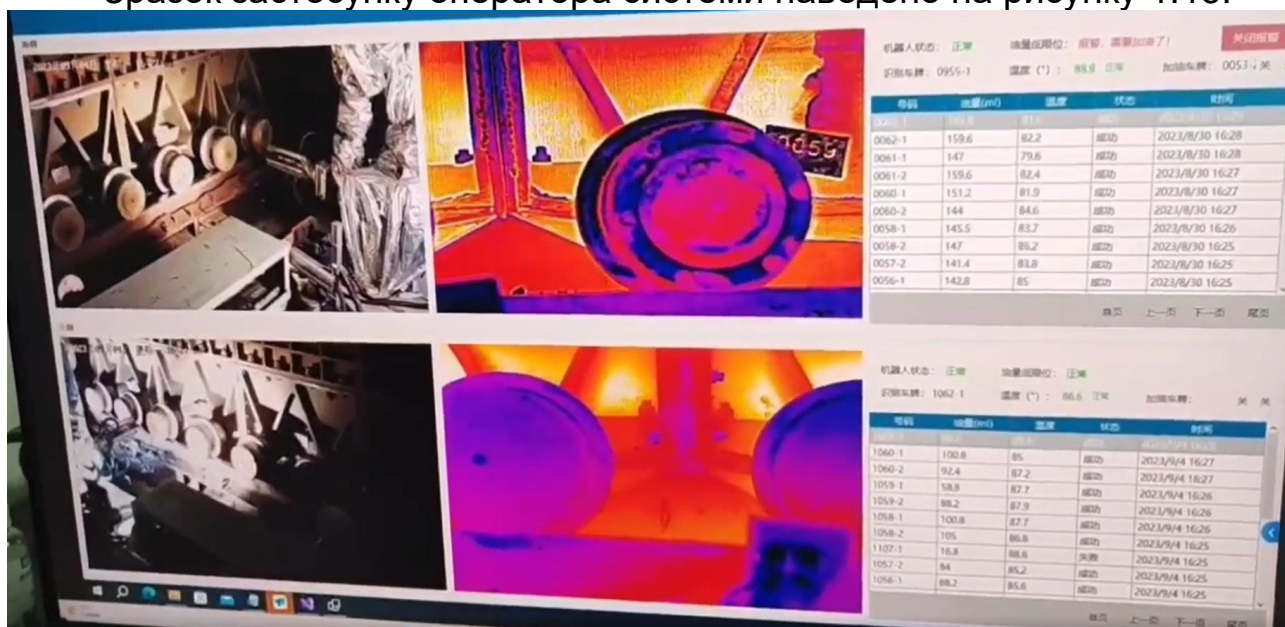


Рисунок 1.15 – Виведені зображення на моніторі оператора – візуальний контроль процесу, процес діагностики, статистичні дані.



2 РОЗРОБКА РОБОТОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ

Для вирішення проблематики в нашому випадку пропонується також використати робота-маніпулятора для обслуговування підшипникових вузлів обпалювальних візків. Для виконання якісного змащення потрібно обладнати маніпулятор системою змащення з точним дозуванням та сталим тиском подачі мастила. Програма керування повинна мати налаштування тривалості подачі мастила та періодичність. Наприклад візки можна не змащувати за кожним разом, а робити це раз на добу або на 5й чи 20й круг повного оберту навіски з обпалювальних візків.

Робот-маніпулятор є універсальним роботом. Кінцевий ефектор є робочим органом, який виконує функціональну дію на об'єкті або у середовищі. В умовах автоматичного обслуговування візків, що знаходяться в русі, не достатньо використання лише датчиків положення візків та координатії положення кінцевого ефектора загальними рухами маніпулятора. Потрібно використовувати модифікований кінцевий ефектор, який буде здатний калібрувати положення заправної точки подачі мастила з маніпулятора відносно заправного отвору колеса візка. Також ефектор повинен мати конструктивну піддатливість та здатен нівелювати похибку розташування при приєднанні.

Процес змащення підшипників візків є сталим з однотипними рухами. Це дозволяє обрати менш універсального робота-маніпулятора виходячи з відповідності тільки необхідним критеріям та мінімальної вартості. Це може бути невеликий розмір маніпулятора та/або змінення його типу, наприклад замінити ангулярний тип на декартовий. Також необхідно передбачити очищення поверхні штуцера візка перед приєднанням до нього та змащенням.

2.1. Підбір основних параметрів та комплектація робототехнічного комплексу

Враховуючи досвід Dalian BaoSteel Metallurgy Group Co., Ltd [5], умови та можливості організації процесу на ЦВО-2 ГЗК, обрано зону з найменш важкими умовами, рисунок 2.1. Це ділянка робочої гілки на відмітці 6780 між балками A4 та L1 в зоні сушки обкотишів (Додаток 1, креслення). Це зона з найменшою температурою. Холоста гілка в даному випадку не розглядається, оскільки можливий просип обкотишу заважатиме роботі системи змащування.

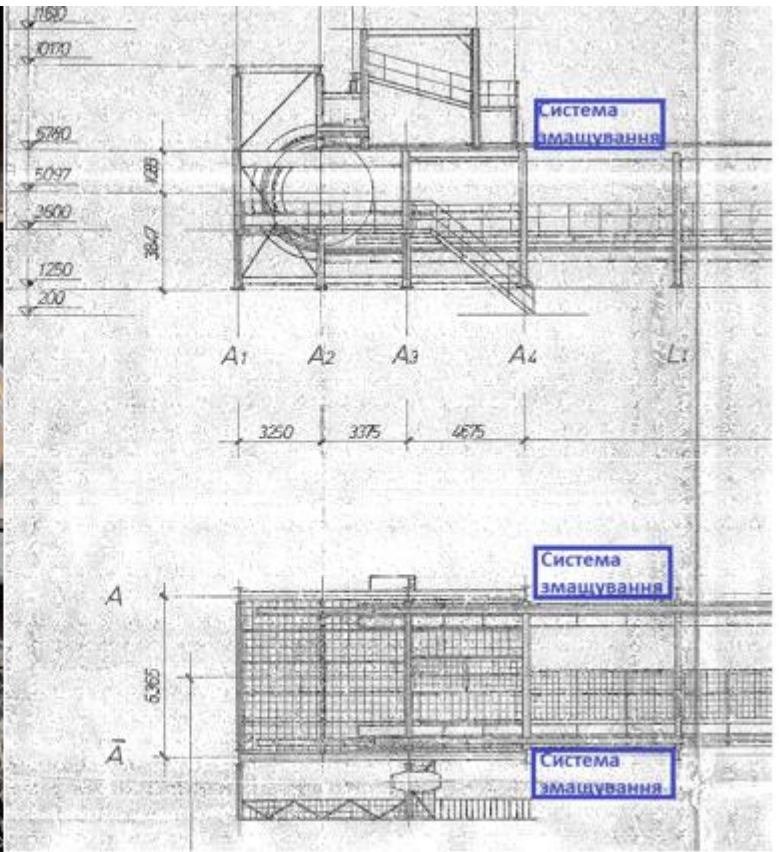


Рисунок 2.1. Місце для розташування системи змащування.

З відкритого доступу підбрано необхідні елементи для роботи робототехнологічного комплексу (РТК) системи смащування у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Елементи робототехнічного комплексу.

№ з/п	Елементи системи	Марка, модель	Одиниця виміру	Кількість	Приблизна вартість (грн)
1	Робот маніпулятор	Kawasaki Robotics CL110N	шт	2	2 000 000
2	Кінцевий ефектор		шт	2	60 000
3	Датчик положення оптичний	E3F-DS30P2 PNP NC Оптичний	шт	4	1 176
4	Датчик точного положення на основі лінійного потенціометру LTP-1000-10K	LTP-1000-10K	шт	2	80 000
5	Панель керування	Siemens KTP400 Basic	шт	1	7 690

Продовження таблиці 2.1

6	ПК для контролю диспетчером		Робоче місце	1	30 000
7	Станція змащування автоматична	TLMP 1008/230V, SKF	шт	1	51 000
8	Розподільювач мастила		шт	1	5000
9	Змащувальна магістраль		м	20	20 000
10	Рукава високого тиску	1.8м	шт	2	10 000
11	Магістралі підключення до живлення та комунікація		послуга	1	50 000
12	Послуга монтажу		послуга	1	70 000
	Загалом				2 384 866

2.2. Основні елементи комплексу.

2.2.1. Робот маніпулятор Kawasaki Robotics CL110N

Робот-маніпулятор відображено на рисунку 2.2



Рисунок 2.2 – Робот маніпулятор Kawasaki Robotics CL110N

Характеристики робота маніпулятора Kawasaki Robotics CL110N (ПР) наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Характеристики Kawasaki Robotics CL110N

Параметр	CL110N
Навантаження	10 kg
Reach	1000 mm
Кількість свобод	6 rotary joints
Вага	42 kg
Монтування	Будь яка орієнтація
ІР класифікація захисту	IP66
Діапазон робочої температури	0 °C – 50 °C
Комплектація даними та кабелями	Включено
Діаметр монтування	Ø 200 mm
Тип під'єднання	M12 12-pole
Параметри світла	RGB LED on TCP
Точність відтворення	± 0.02 mm

2.2.2. Датчик положення оптичний E3F-DS30P2 PNP NC

Датчик положення оптичний E3F-DS30P2 PNP NC відображено на рисунку 2.3, схема підключення на рисунку 2.4



Рисунок 2.3 – Датчик положення оптичний E3F-DS30P2 PNP NC

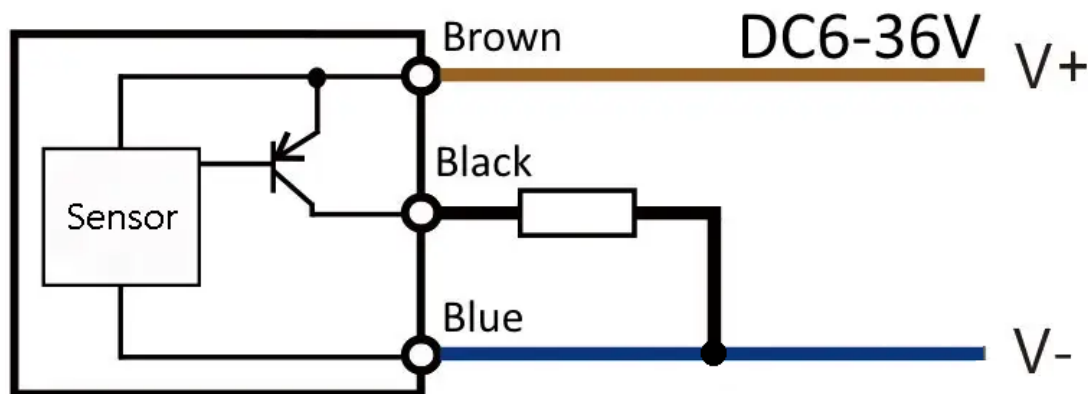


Рисунок 2.4 Схема підключення датчика E3F-DS30P2 PNP NC.

Опис датчика E3F-DS30P2 PNP NC:

Датчик призначений для контролю положення рухомих об'єктів. Застосовується в якості кінцевих та базових датчиків ЧПУ осей. Принцип дії ґрунтувань на відображенні оптичного сигналу від поверхні. Зона спрацьовування датчика до 30см. На задній торцевій частині датчика встановлено червоний світлодіод і підстроювальний резистор чутливості (відстані).

Основні характеристики:

- тип виходу: PNP/NC;
- спрацьовує на відстані 5-30см;
- довжина проводу: 1м;
- живлення Vcc: 6 -36В (коричневий);
- струм споживання: до 20мА;
- загальний (земля) (синій);
- вихід: до 300ma (чорний);
- час відгуку: 1.5ms;
- робоча температура: від -25°C до +55°C.

2.2.3. Датчик точного положення на основі лінійного потенціометру LTP-1000-10K

Датчик точного положення на основі лінійного потенціометру LTP-1000-10K відображено на рисунку 2.5



Рисунок 2.5 – Потенціометр LTP-1000-10K

Опис потенціометру LTP-1000-10K.

Датчики серії LTP montyються за допомогою двох шарнірних головок. Завдяки шарнірам максимальне кутове переміщення становить до $\pm 30^\circ$ при монтажі та експлуатації.

Вони призначені для прямого абсолютного виміру переміщення, тобто вони не втрачають свого положення при відключенні живлення. Можливі варіанти потенціометричного аналогового виходу, 4-20 мА (опціонально 0-20 мА) або 0-10 В. Завдяки резистивному провідному пластику і спеціальним контактам вони не схильні до зносу і мають тривалий термін служби до 100 мільйонів циклів. Вони стабільні та точно вимірюють лінійне переміщення.

Таблиця 2.3 Характеристики потенціометру LTP-1000-10K

Довжина електричного ходу (mm)	1000
Опір (KΩ)	5, 10 (інші опціонально)
Допуск опір. (±%)	20
Відхилення від лінійності(±%)	0.1
Повторюваність	0.01 mm
Швидкість переміщення	≤ 5 m/s
Резистивний елемент	Провідний пластик

Продовження таблиці 2.3

Вихідний сигнал	4-20 mA (опціонально 0...20 mA), 0-10V або Потенціометричний
Живлення	Моделі з вихідним сигналом за струмом та напругою: 12...30 VDC
Моделі із потенціометричним сигналом:	42V max.
Електричне підключення	3 x 0,14 mm ² кабель ПВХ або роз'єм DIN43650-C
Механічне кріплення	3 двостороннім з'єднанням
Робоча температура	-30°C...+100°C
Клас захисту	IP62
Термін служби	100 x 10 ⁶ циклів
Матеріал	Корпус: Алюміній
	Шток: Нержавіюча сталь

2.2.4. Панель керування Siemens KTP400 Basic

Панель керування Siemens KTP400 Basic відображена на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Панель керування Siemens KTP400 Basic

Параметри Siemens KTP400 Basic:

- базова панель;
- кнопкове/сенсорне управління;

- 4-дюймовий TFT-дисплей, 65536 кольорів;
- інтерфейс PROFINET, налаштовується з WinCC Basic V13/STEP 7 Basic V13;
- програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, яке надається безкоштовно (див. компакт-диск, що додається).

2.2.5. Станція змащування автоматична TLMP 1008/230V, SKF

Станція змащування автоматична TLMP 1008/230V, SKF відображена на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Станція змащування автоматична TLMP 1008/230V, SKF

Користувальницькі характеристики:

- вага: 6.7 кг;
- діапазон температур (°C): від –25 до 70 °C;
- максимальний робочий тиск (бар): 205;
- матеріал виробу: метал;
- напруга батареї (В): 210 — 250 В;
- обсяг пластичного мастила: 1000 мл;
- робоча температура (°C): від -25 до +70 °C;
- мастильний матеріал: NLGI 2,3;



- тип батареї: DIN 43650/A (EN 175301-803)

- ціновий сегмент виробника: преміум

Опис виробу –автоматичний багатоточковий лубрикатор TLMP 1008/230V, SKF (Швеція).

Багатоточкові автоматичні лубрикатори SKF є надійними та довговічними системами, які продаються в комплекті з лубрикатором, шлангами та фітингами. Ці лубрикатори розроблені для змащення від 1 до 8 точок і мають прості встановлювані штепсельні виходи. Інтуїтивне програмування здійснюється за допомогою клавіатури зі світлодіодним дисплеєм. Об'єм лубрикаторів майже 1 літр, а наявні леза для перемішування запобігають відділенню змащувального матеріалу та дозволяють використовувати різноманітні види жирів матеріалів.

Додаткові характеристики:

- приводний механізм: електромеханічне (кероване обладнання);
- виходи мастила: 1-8;
- діапазон швидкості дозування: 0,1 - 40 мл/день;
- мінімальне налаштування дозування: 0,1 мл/день;
- максимальне налаштування дозування: 40 мл/день;
- максимальна довжина лінії подачі: 5000 мл;
- джерело живлення: електричний (зовнішній);
- сила струму (макс.): 0,5 А;
- матеріал корпусу: метал.

Ці пристрої мають високий ступінь захисту IP 67, вони стійкі до вібрацій, легко промиваються шлангом та захищені від забруднень. Встановлення та програмування є швидкими та простими. Лубрикатори постачаються у повному комплекті, а також можуть забезпечити змащення до 8 точок одночасно.

Крім того, вони мають функцію сигналізації про низький рівень змащення та виявлення несправностей, і можуть надсилати дистанційні повідомлення. Ці лубрикатори також можуть керувати роботою машини.

2.3. Структура РТК

Структура РТК показана на рисунках 2.8, 2.9, 2.10, де 1-обпалювальний візок, 2 – ПР, 3 – датчик положення оптичний, 4 – датчик точного положення, 5 – швидкоз'єднувальна муфта, 6 – очищуючий механізм.

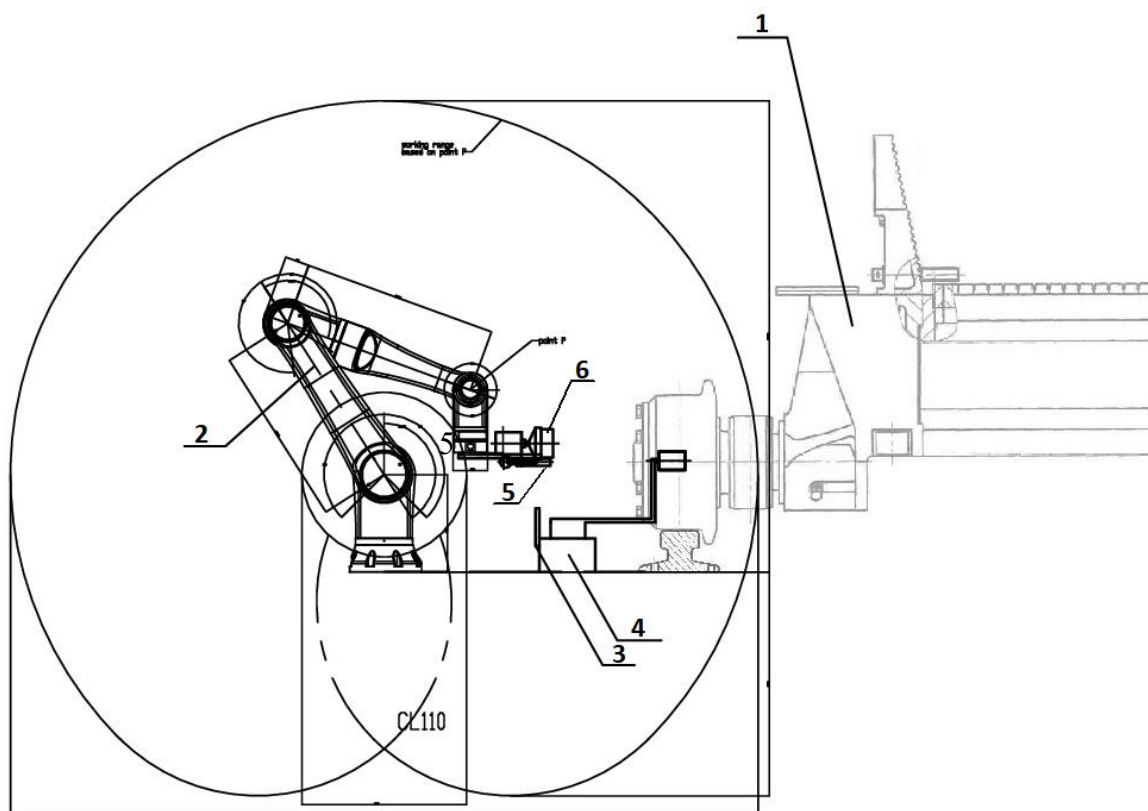


Рисунок 2.8 – Структура РТК (фронтальна проекція)

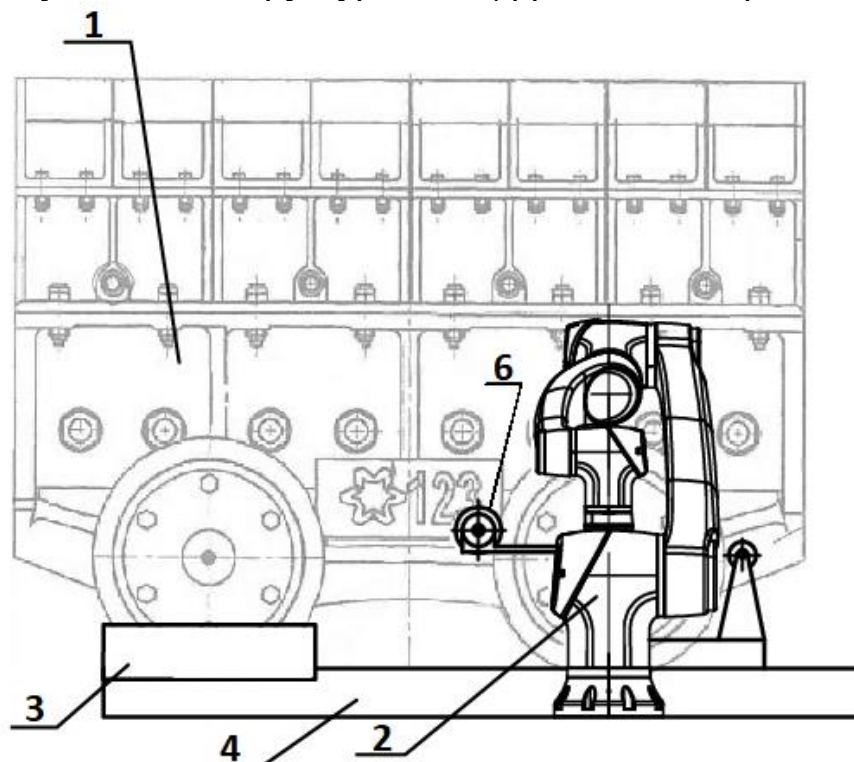


Рисунок 2.9 – Структура РТК (профільна проекція)

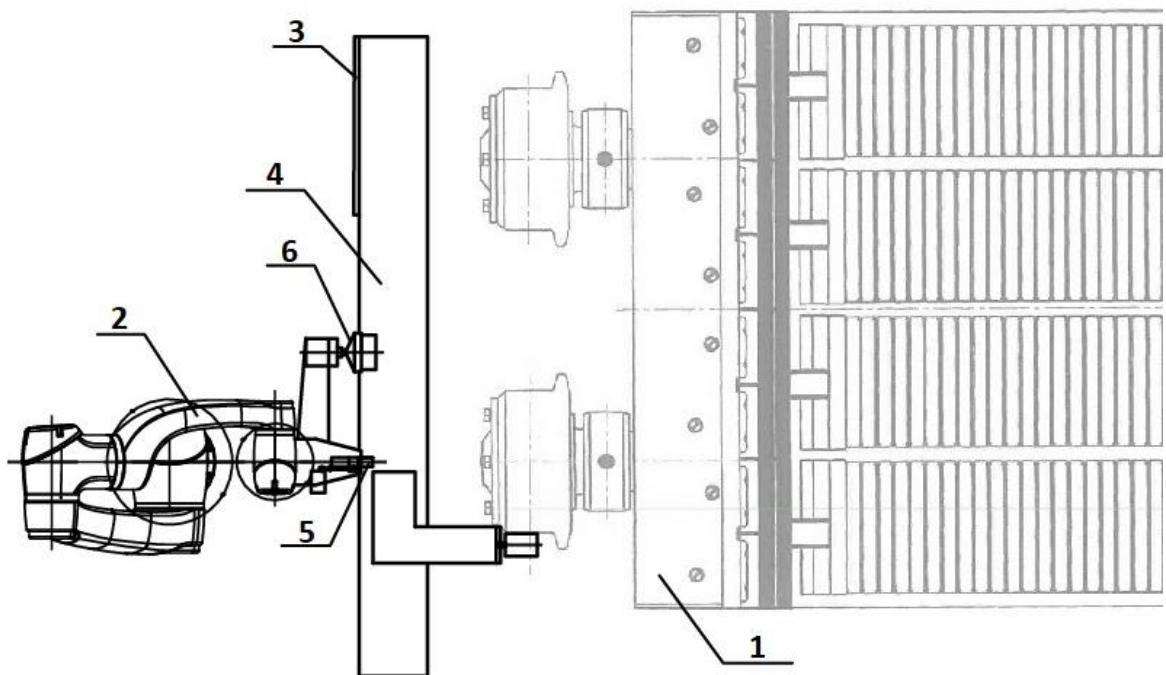


Рисунок 2.10 – Структура РТК (горизонтальна проекція)

РТК працює наступним чином. Нормальним стартовим положенням елементів є умови, при яких вони не мають спряження з обпалювальним візком, РТК не заважає руху візка. Позиція каретки точного датчика положення колеса знаходиться на в початковій позиції взаємодії з колесом візка. При спрацюванні контролера по оптичному датчику відповідної позиції колеса, каретка точного датчика вимірювання положення заводить ролик перед колесом. При контакті колеса з роликом датчик точного положення штовхається колесом, значення датчика передаються у контролер. ПР, отримавши команду на очищення, підводить очищувач до заправного штуцера, та контролер вмикає очищувач. Після нетривалого очищення контролер переводить ПР у координати під'єднання швидкоз'єднувальної муфти та вмикає механізм під'єднання. Після подачі необхідної кількості мастила контролер вимикає механізм під'єднання муфти, відводить ПР та точний датчик вимірювання положення колеса від обпалювального візка на стартову позицію для очікування наступного сигналу від оптичного датчика. Загальна тривалість циклу не повинна перевищувати 11 секунд.

2.4. Розробка траєкторії руху елементів РТК.

Побудову траєкторії руху виконаємо графічним зображенням шляху переміщення геометричного центру під'єднання кінцевого ефектора до ПР та центру ролика точного датчика положення колеса. Початок

траєкторії пов'язано з нульовою (вихідною точкою), що визначається відповідно до вихідного положення ПР, як позначено на рисунку 2.11.

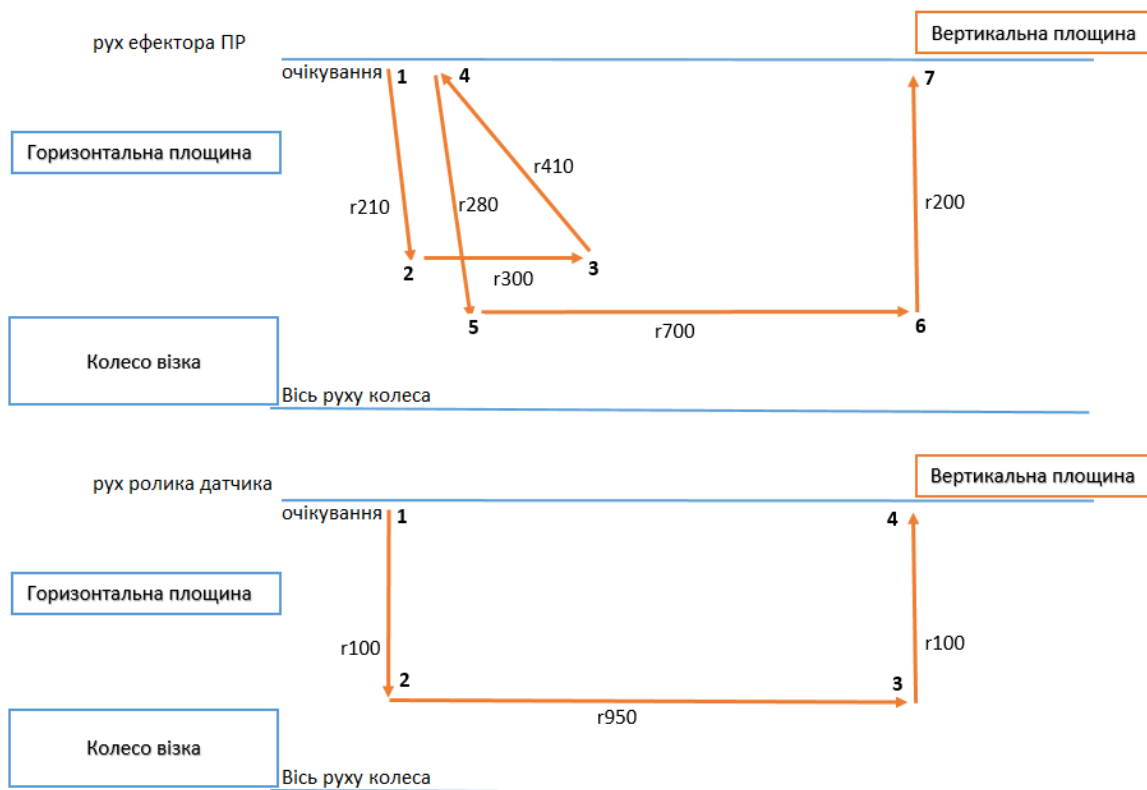


Рисунок 2.11 – Траєкторія руху елементів РТК

Розміри елементів траєкторії і відповідні коментарі наведено в таблицях 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.4 Елементи траєкторії ефектора

Елемент траєкторії ефектора	Коментар	Величина переміщення
1	2	3
r 0,1	Очікування сигналу оптичного датчика	-
r 1,2	Підведення очищаючого пристрою до колеса	210 мм
r 2,3	Переміщення очищаючого пристрою зі швидкістю колеса	300 мм
r 3,4	Відведення очищаючого пристрою від колеса та переведення у позицію підведення змащувального пристрою	410 мм
r 4,5	Підведення змащувального пристрою до колеса	280 мм
r 5,6	Переміщення змащувального пристрою зі швидкістю колеса	700 мм
r 6,7	Відведення змащувального пристрою від колеса	200 мм

Таблиця 2.5 Елементи траєкторії ролика датчика

Елемент траєкторії ролика датчика	Коментар	Величина переміщення
1	2	3
r 0,1	Очікування сигналу оптичного датчика	-
r 1,2	Підведення ролика до колеса	100 мм
r 2,3	Вимірювання положення колеса	950 мм
r 3,4	Відведення ролика від колеса	100 мм

2.5. Розрахунок інтервалу змащування підшипникових вузлів обпалювальних візків

Базові показники періодичності повторного змащування підшипників при нормальних умовах візьмемо з рекомендацій Коуо [6] за графіком на рисунку 2.12.

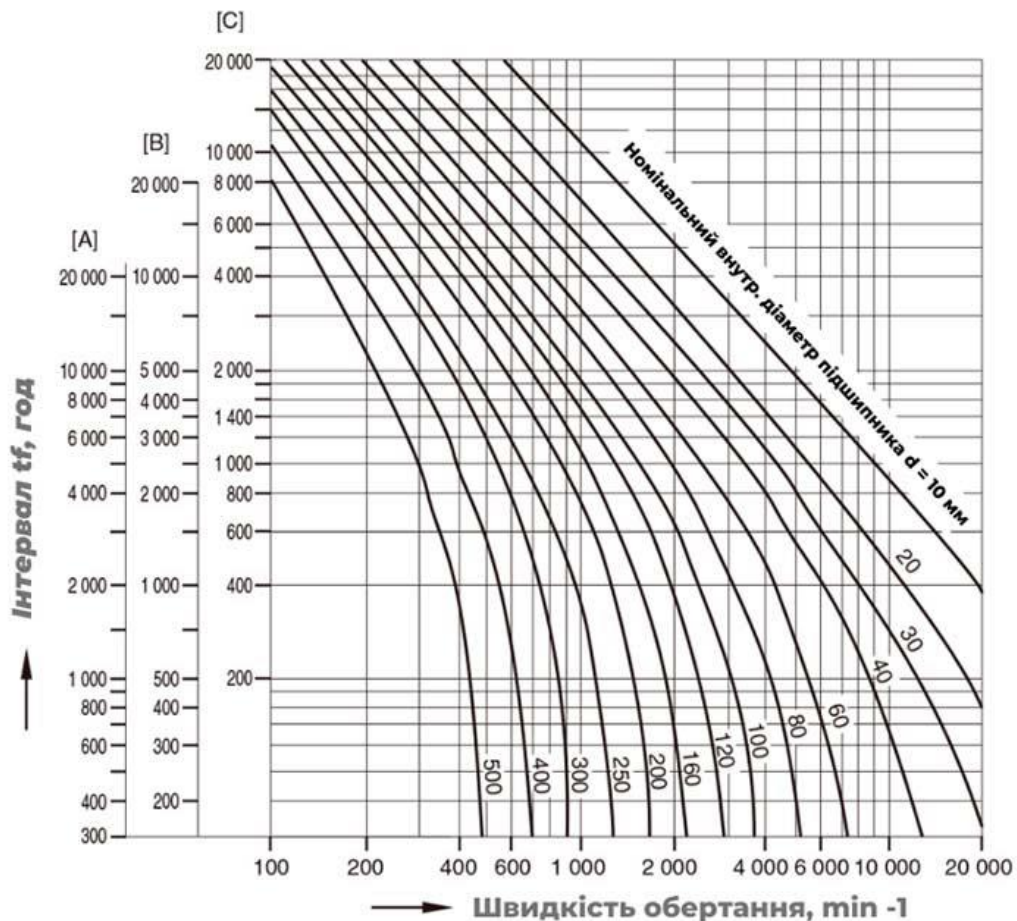


Рисунок 2.12 – Графік інтервалу змащування підшипника.

де по вертикальній шкалі інтервал в годинах А-кулькового підшипника, В-циліндричного або голчастого підшипника, С-роликовий конічний, роликовий сферичний, кульковий упорний.



Згідно специфікації креслення обпалювального візка (Додаток 2), встановлений підшипник 32220T140/DB11 роликовий конічний дворядний з внутрішнім діаметром $d=100\text{мм}$. З урахуванням швидкості руху обпалювального візка $5,2\text{м/хв}$, діаметру колеса 360мм , швидкість обертання становить $4,6\text{об/хв}$.

З таблиці виходить що за нормальних умов строк служби мастила становить близько 20000 годин.

Підрахуємо з урахуванням впливу факторів за формулою [стаття 7]:

$$tfq = tf * f1 * f2 * f3 * f4 * f5 * f6 \quad (2.1)$$

де

tfq - термін служби мастила в годинах на практиці;

tf - термін служби змащення з рисунка 15.

фактори впливу:

$f1$ - ступінь забруднення довкілля (від 0,1 до 0,9);

$f2$ - динаміка навантаження, удари (від 0,1 до 0,9);

$f3$ - температура підшипника (від 0,1 до 0,9);

$f4$ - навантаження на підшипник (від 0,1 до 1,0);

$f5$ - потік повітря (від 0,1 до 0,7);

$f6$ - тип кріплення, відцентрова енергія (від 0,5 до 0,7).

Підставив значення відповідно до наших умов, отримали періодичність мащення:

$$tfq = 20000 * 0,3 * 0,3 * 0,4 * 0,5 * 0,7 * 0,7 = 176 \text{ годин}$$

2.6. Розрахунок кількості мастила для змащування

Кількість мастила згідно рекомендацій [стаття 8] становитиме:

$$Gp = 0,002 * D * B \quad (2.2)$$

де:

Gp – кількість мастила в грамах;

D – зовнішній діаметр підшипника в міліметрах;

B – загальна ширина підшипника в міліметрах.

Підставляючи параметри підшипника 32220T140/DB11, отримуємо:

$$Gp = 0,002 * 180 * 140 = 50,4 \text{ гр}$$



Таким чином, загальна витрата на обпалювальну машину на рік становить:

$$G_{p\text{заг}} = \frac{G_p * n * k * 365 * 24}{t * f * q} \quad (2.3)$$

де:

$G_{p\text{заг}}$ – загальна витрата мастила на рік в грамах;

n – кількість коліс на візку;

k – кількість візків на обпалювальній машині;

$$G_{p\text{заг}} = \frac{50,4 * 4 * 208 * 365 * 24}{176} = 2,087 * 10^{-6} \text{ гр}$$

При вартості мастила ЛСЦ-15 або його аналогу 170 грн/кг, витрати на мастило на рік складуть:

$$2,087 * 10^{-3} * 170 = 354 \text{ тис грн}$$

3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для перевірки роботоспроможності системи було проведено експериментальне дослідження в лабораторних умовах з доступних компонентів. Для виконання експериментального дослідження було обрано доступну навчальну платформу Arduino UNO з комплексом модулів і датчиків.

3.1. Склад обладнання для експериментального дослідження

3.1.1. Навчальна платформа Arduino UNO.

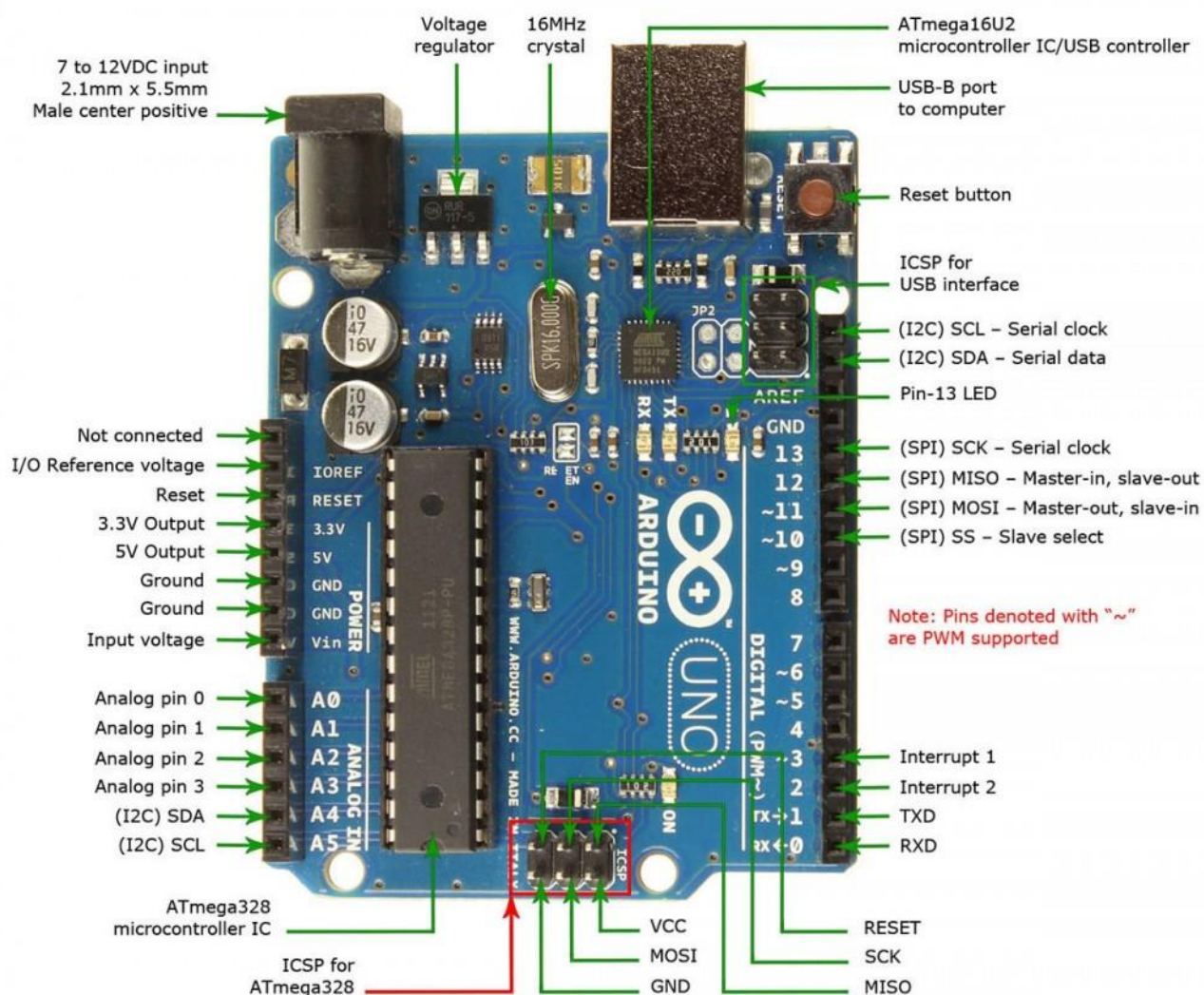


Рисунок 3.1 – Навчальна платформа Arduino UNO.

та набір додаткових компонентів, а саме:

3.1.2. IR оптичний датчик перешкод.



Рисунок 3.2 – IR оптичний датчик перешкод.

Опис:

Модуль має інфрачервоний світлодіод та приймач, що дозволяє йому освітити перешкоду та прийняти відбите від неї випромінення. Чутливість модуля налаштовується резистором в залежності від відстані до перешкоди та її здатності відбивати світло. В певних випадках сенсор може реагувати на денне світло.

Технічні характеристики:

- живлення: 3.3-5 В;
- дальність: 2 ~ 80 см;
- розмір плати: 31 x 14 x 7 мм.

3.1.3. Лінійний потенціометр 10КОм

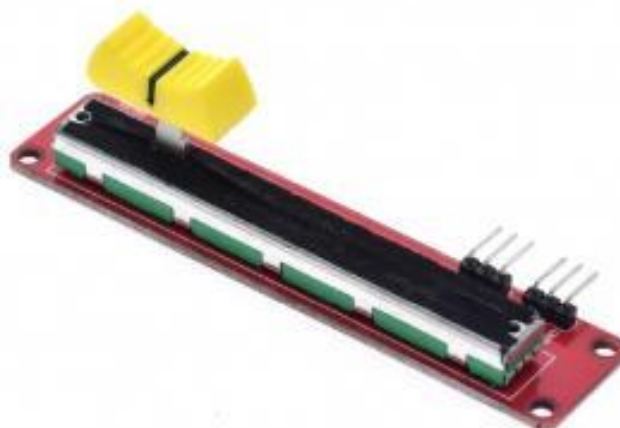


Рисунок 3.3 – Лінійний потенціометр 10КОм



Опис:

Потенціометр (движковий змінний резистор - аналоговий модуль двоканального движкового змінного резистора номіналом 10КОм. Резистор змонтований на платі із зручними отворами для монтажу. З резистором в комплекті йде пластикова ручка. Даний потенціометр призначений для платформи Arduino або інших мікропроцесорних пристроїв. За допомогою резистора зручно в ручну виставляти параметри для різних модулів, такі як: яскравість дисплея, чутливість датчиків, гучність звуку, кількість обертів двигуна і т.д.

Характеристики:

- розмір: 80*22 мм, висота без стрижня 9мм, максимальна висота з протяжною основою 29мм;
- напруга: 3.3 В, 5 В;
- сигнал: Аналоговий;
- опір: 10 кОм.

3.1.4. Сервопривід SG90



Рисунок 3.4 – Сервопривід SG90

Опис.

Сервопривід, призначений для моделей літаків, автомобілів та суден.

Основні технічні характеристики:

- матеріал редуктора: Нейлон;
- тип сервоприводу: Аналоговий;
- напруга живлення: 4.8 В. (5 В.);
- швидкість повороту: 0.1сек/60° (4.8В);
- зусилля на валу: 1,8/см (4.8В);
- розміри: 22.2мм x 11.8мм x 31мм;
- вага: 9г.



3.1.5. Модуль приводу ШИМ-регулятора Arduino 15A 400 Вт



Рисунок 3.5 – Модуль приводу ШИМ-регулятора Arduino 15A 400 Вт

Підключення силового модуля до мікроконтролера відбувається через порт ІО, пристрій має PLC інтерфейс і може керуватися PWM сигналом частотою 0-20 кГц.

Характеристики:

- напруга електроживлення: DC 5V-36V;
- потужність розсіювання: 15A 400W;
- робоча температура: -40-+85°C;
- розміри: 3,4*1,7*1,2 см.

3.1.6. Двигун колекторний (щітковий) DC Pro KC-130SH 3,7 - 12V 1750 - 10000 об/хв



Рисунок 3.6 – Двигун колекторний (щітковий) DC Pro KC-130SH 3,7 - 12V 1750 - 10000 об/хв

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ

Для розрахунку економічної доцільності впровадження системи вибрано витрати на впровадження, ефект від впровадження що очікується та поточні витрати.

Відповідно до таблиці 2.1 загальні витрати на проект складуть 2384 тис грн. Період експлуатації проекту 5 років.

Економічний ефект розраховуємо отримати за рахунок зниження простоїв обпалювальної машини з причин виходу з ладу підшипників візків. Аналіз даних за три роки показує ремонт 1138 коліс по заміні підшипників на обох машинах. Це становить близько 189 ремонтів на рік по одній машині. Середня тривалість заміни візка становить 15 хвилин, що у перерахунку на загальній час простоїв за 5 років складе 236,25 годин. Втрати від години простою обпалювальної машини складають 1,4 млн грн, що за 5 років становить 330,75 млн грн. При очікуваному зменшенні кількості простоїв на 50% економія коштів складе 165 млн грн.

4.1. Вихідні дані для розрахунку

Таблиця 4.1 Параметри проекту для розрахунку

сума інвестиційних коштів на проект (ІК)	2384 тис. грн
період експлуатації проекту, n	5 років
величина рівномірного грошового потоку за весь період (сукупний недисконтований грошовий потік)	164 646 тис грн

4.2. Розрахунок чистого приведенного доходу за 5 років

Таблиця 4.2 Розрахунок чистого приведенного доходу

Ставка на 2024 рік i, %	ІК, тис грн	ГП щорічний не дисконтований, тис грн	Дисконт	ГП дисконтований, тис грн	Сукупний дисконтований ГП, тис грн	ЧПД, тис грн
14	2384	32929.2	0,8772	28885	113052,5	110668,5
			0,7695	25339		
			0,675	22227		
			0,5921	19497		
			0,5194	17103		

Чистий приведений дохід складає 110,6 мільйонів гривень. Впровадження проекту можна вважати доцільним.



ВИСНОВКИ

Однією з ключових проблем, виявлених під час роботи, є нестабільність роботи обпалювальної машини через проблеми з випалювальними візками. Удосконалення процесу змащення підшипникових вузлів є необхідною для збільшення напрацювання візків до заміни. Це дозволить підвищити ефективність роботи машини, зменшити витрати на паливо та електроенергію, а також уникнути зупинок виробничого процесу.

В процесі виконання кваліфікаційної роботи проведено дослідження та аналіз проблеми, наявності існуючих пропозицій та рішень, їх недоліки.

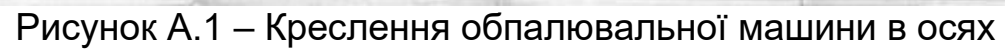
За результатами проведеної роботи впровадження автоматичної системи змащення дозволить значно знизити простої обпалювальної машини Lurgi 552.

Економічний аналіз показав, що впровадження системи є рентабельним та доцільним.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. С.М, Сухоруков, Звіт з преддипломної практики за освітньо-професійною програмою другого (магістерського) рівня «Комп'ютерне конструювання мехатронних систем» (спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»). Запоріжжя 2024р. 14 с.
2. Інструкція з експлуатації двох установок огрудкування Кривий Ріг 2. Франкфурт на Майні 1979р. 229 с.
3. Ло Цзюньшен, У Юньцен Чуанхуей, Патент CN 111981298 А «Система очищування та змащування коліс для агломераційних візків». Китай 2020р. 23 с.
4. Дун Дайвей, Е Сюенун, Ду Юлін'юнь, Патент CN 109734039 А «Автоматичний улавлюючий та заправний пристрій для коліс обпалювального візка». Китай 2019р. 8 с.
5. Sintering plant Intelligent oiling robot workstation: for sintering machine wheel URL: <https://dbmsteel.com/product/smart-oiling-robot-workstation-for-sintering-machine-trolley-wheels/> (дата звернення: 01.11.2024)
6. Purpose and method of lubrication URL: <https://koyo.jtekt.co.jp/en/support/bearing-knowledge/12-1000.html> (дата звернення: 22.11.2024)
7. Rolling Bearing Lubrication for Critical Running Conditions URL: <https://www.machinerylubrication.com/Read/844/lubrication-rolling-bearings> (дата звернення: 23.11.2024)
8. Змащування підшипників: чим, як, коли і скільки URL: <https://galp.com.ua/smazki-dlya-podshypnikov> (дата звернення: 24.11.2024)



ДОДАТОК Б КРЕСЛЕННЯ ОБПАЛЮВАЛЬНОГО ВІЗКА

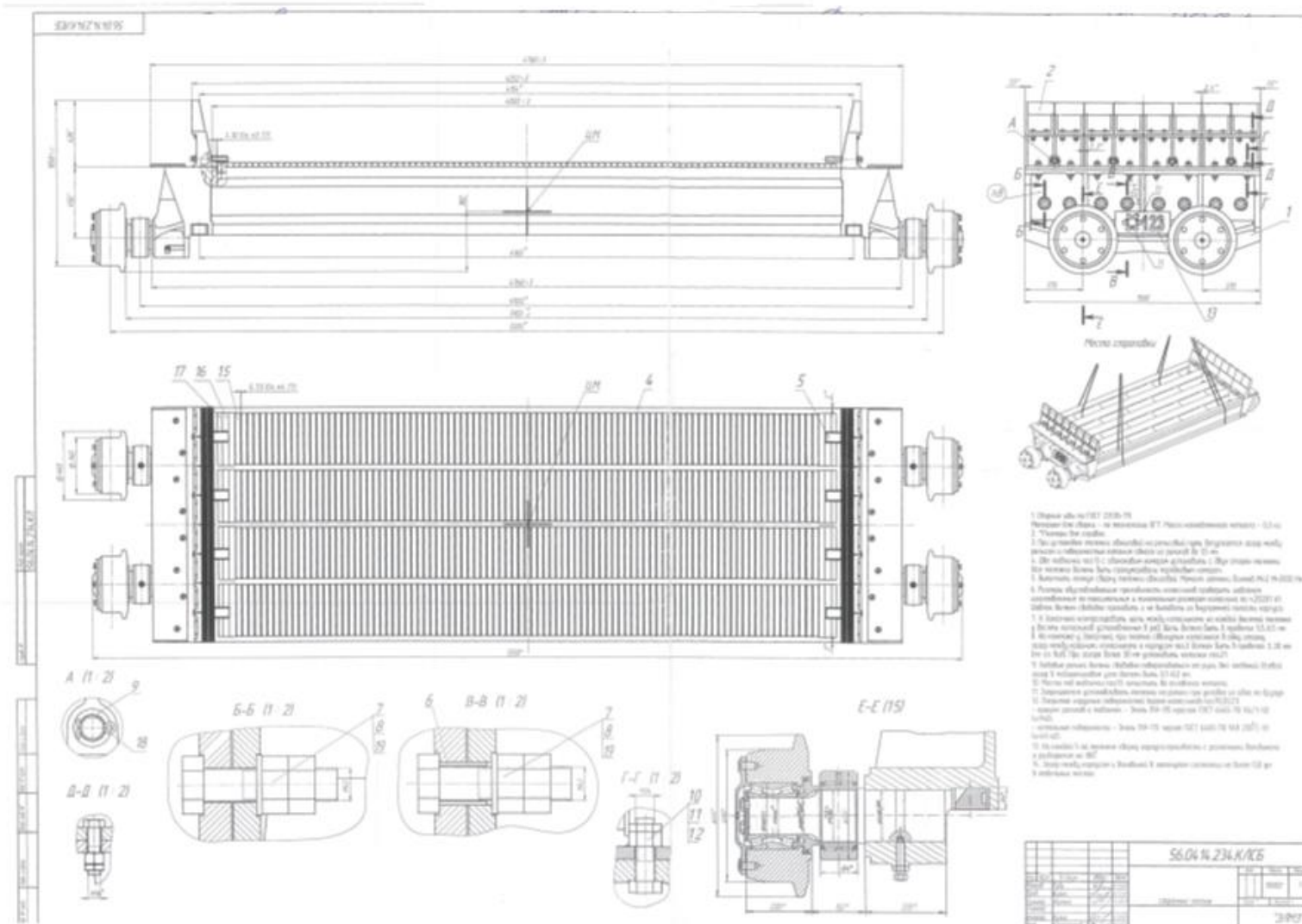


Рисунок Б.1 – Креслення обпалювального візка

ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ БОКОВИНИ ОБПАЛЮВАЛЬНОГО ВІЗКА

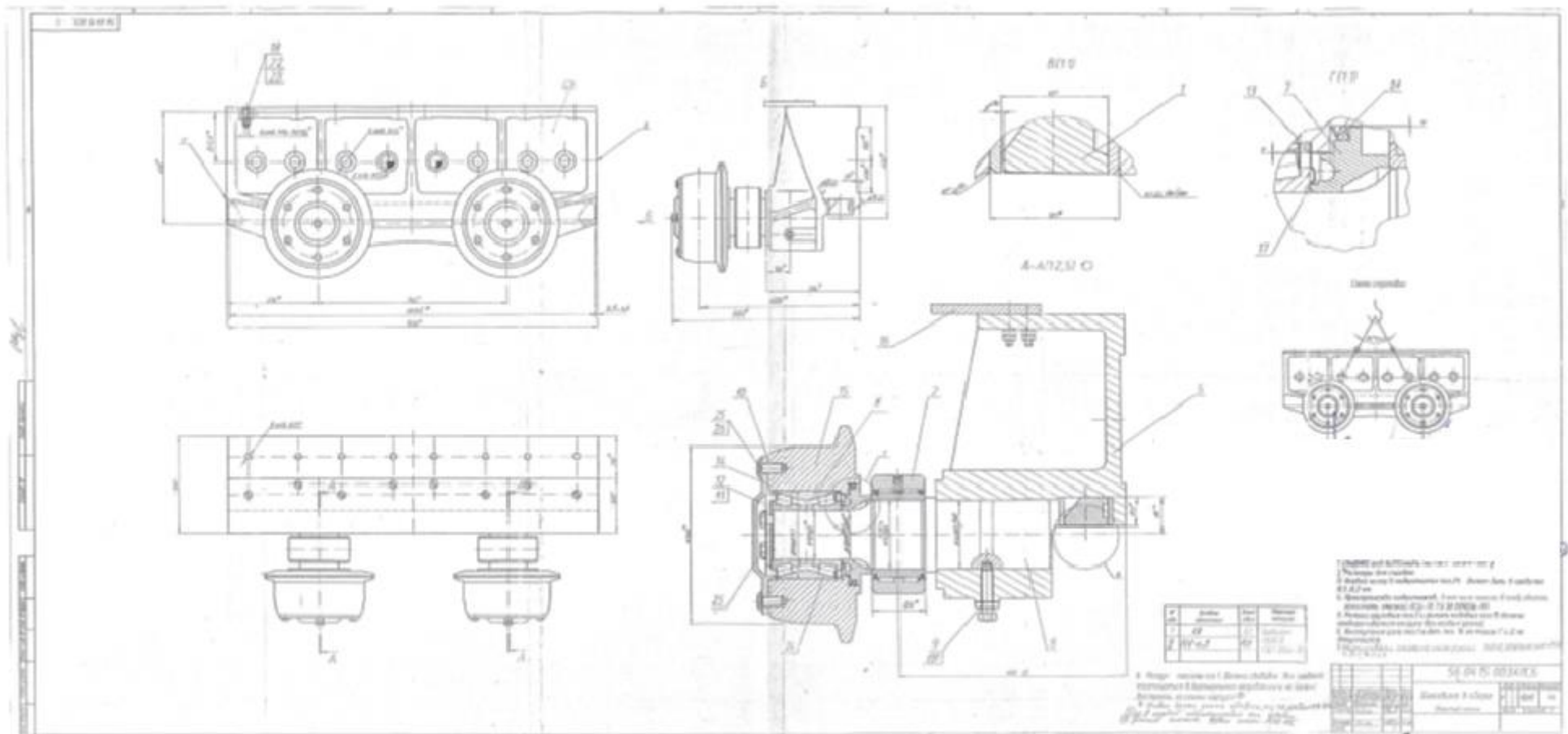


Рисунок В.1 – Креслення боковини обпалювального візка



ДОДАТОК Д ПАРАМЕТРИ ПІДШИПНИКА КОЛЕСА



SKF® 32220T140/DB11 Matched tapered roller bearings arranged back-to-back Matched tapered roller bearings arranged back-to-back

Matched tapered roller bearings arranged back-to-back (O-arrangement, load lines diverge towards the bearing axis) accommodate high radial loads, axial loads in both directions, and tilting moments. The precision manufactured intermediate rings between the inner and outer rings enable a defined internal clearance or preload to be achieved when mounted. Matched tapered roller bearings are typically used in gearboxes, hoisting equipment, rolling mills, and machines in the mining industry.

- High radial load carrying capacity
- Designed for axial loads in both directions
- Accommodate tilting moments
- Relatively high stiffness
- Surface finish on the contact surfaces of the rollers and raceways that enhances operational reliability

Overview

Dimensions

Bore diameter	100 mm
Outside diameter	180 mm
Width, total	140 mm
Width, inner ring	140 mm
Width, outer ring	120 mm
Contact angle	15.642 °

Performance

Basic dynamic load rating	668 kN
Basic static load rating	880 kN
Reference speed	2 400 r/min
Limiting speed	3 600 r/min
SKF performance class	SKF Explorer

Properties

Bearing part	Complete bearing
Number of rows	2
Locating feature, bearing outer ring	None
Bore type	Cylindrical
Cage	Sheet metal

Рисунок Д.1 – Параметри підшипника колеса