

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	Заочна

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКЛАВРА**

Ганін Анатолій Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Розробка механізму кантування шлаковозу ШТД-16,5 5 з внутрішнім зубчастим зачепленням сектора Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

за матеріалами

Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник к.т.н., доцент

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Пополов Д. В.

(прізвище, ініціали)

**Робота допущена до захисту в ЕК**

Протокол засідання кафедри

від 14 червня 2025 р № 14

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

Кривий Ріг – 2025


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

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІГМ

  
(підпис) проф., д.т.н., Засельський В. Й.  
(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 14 » квітня 2025 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)**

Ганін Анатолій Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

*Розробка механізму кантування шлаковозу ШТД-16,5 5 з внутрішнім зубчастим зачепленням сектора Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»*

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Пополов Д. В., к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 243-ст

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри 07.06.2025

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра

*Умови виробництва Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика шлаковозу ШТД-16,5, 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)

*1 аркуш формату А1 кресленник загального виду: Шлаковоз ШТД-16,5*

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Аналітична частина	28.04.2025	вик.
	Основна частина	16.05.2025	вик.
	Організація безпечного виробництва	21.05.2025	вик.
	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025	вик.
	Виконання графічної частини	04.06.2025	вик.
	Подання роботи до кафедри	07.06.2025	вик.
	Захист роботи в ЕК	17-18.06.2025	вик.

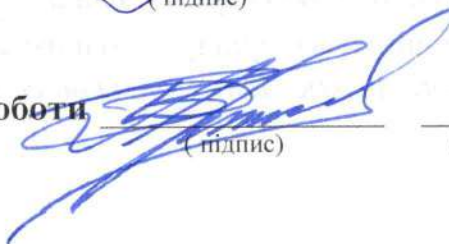
Здобувач (ка)

  
(підпис)

Ганін А. Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

  
(підпис)

Пополов Д. В.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк арк	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Заново розроблена			
5						
6	A1	KPБ.133.25.02.00.00.000.В0	Кресленик загального виду	1	-	
7	A4	KPБ.133.25.02.ПЗ	Пояснювальна записка	43	-	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

					<b>133.25.02.KPБ</b>		
Зм.	Арк.	№ документа	Прейз.	Дата	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив	Ганін		<i>[Signature]</i>	07.06.25			
Перевірив	Пополов		<i>[Signature]</i>	12.06.25	ННТІ ДУЕТ кафедра ІГМ гр. ЗМО-21ск Формат А4		
Н.контр.	Пополов		<i>[Signature]</i>	13.06.25			
Затвердив	Засельський		<i>[Signature]</i>	14.06.25			

Шлаковоз ШТД-16,5  
Відомість кваліфікаційної  
роботи бакалавра

Копіював

Формат А4

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 43 стор., 15 рис., 4 табл., 1 додаток, 11 джерел.

Об'єкт розробки — механізм кантування чаші шлаковозу.

Мета розробки — підвищення надійності, скорочення витрат на обслуговування і ремонт за рахунок застосування відкритого внутрішнього зубчатого зачеплення привода кантування чаші з більшим передаточним числом та усунення можливості її самовільного кантування при транспортуванні.

Метод досліджень — аналітичний – аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції механізму кантування шлаковозних чаш.

Запропоновано шляхи підвищення надійності механізму кантування шлаковозних чаш, розроблена конструкція механізму із застосуванням зубчатої передачі внутрішнього зачеплення.

Запропонована конструкція дозволить зменшити витрати на обслуговування та ремонт шлаковозів за рахунок застосування механізму кантування з внутрішнім зубчатим зачепленням, із збільшеним передаточним відношенням.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації шлаковозу.

*Ключові слова:* чаша, шлаковоз, механізм кантування, внутрішнє зубчатє зачеплення.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>8</b>
1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини .....	8
1.2 Технічна характеристика машини-прототипу .....	8
1.3 Опис конструкції машини-прототипу.....	9
1.4 Аналіз недоліків .....	13
1.5 Передбачувані причини недоліків .....	14
1.6 Постановка задачі .....	14
<b>РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>16</b>
2.1 Літературно-патентний огляд.....	16
2.2 Пропозиції по модернізації.....	22
2.3 Переваги пропонованої конструкції .....	24
2.4 Розрахунки по модернізації.....	25
<b>РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА</b> .....	<b>34</b>
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників.....	34
3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників .....	37
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>40</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>42</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>43</b>

## ВСТУП

Металургія традиційно відіграє одну з провідних ролей у структурі національної економіки, забезпечуючи сировинну підтримку таких базових секторів, як машинобудування, будівництво, транспорт і енергетика. Проте в сучасних умовах діяльність підприємств чорної металургії стикається з новими викликами, що вимагають підвищення економічної ефективності, раціонального використання ресурсів та дотримання суворих екологічних норм. Зростаюча конкуренція на світових ринках, обмеженість якісної сировини, високі витрати на енергетичні ресурси та посилення екологічних вимог актуалізують необхідність модернізації та удосконалення всіх етапів виробничого циклу — від підготовки сировини до обробки й транспортування побічних продуктів.

Одним із чинників, що істотно впливає на формування собівартості металургійної продукції, є значні витрати на утримання і експлуатацію допоміжного технологічного обладнання. Це питання є особливо актуальним для підприємств доменного виробництва, де техніка експлуатується в умовах високих температур, інтенсивного теплового навантаження і дії абразивного середовища. Такий режим спричиняє прискорений знос елементів обладнання, часті ремонти й простої, що негативно позначається як на продуктивності, так і на стабільності виробничих процесів.

Практика експлуатації металургійних агрегатів свідчить про те, що одними з найскладніших в обслуговуванні і найзатратніших у доменному цеху є шлаковози — технічні засоби, призначені для транспортування, тимчасового зберігання та часткової обробки гарячого шлаку. Експлуатаційні умови для цього виду техніки є вкрай жорсткими: висока температура шлаку, його агресивний хімічний склад і велика маса створюють значні навантаження на конструктивні елементи. Як наслідок, шлаковози мають високий рівень зношування, часту потребу в технічному обслуговуванні, а також у заміні ключових вузлів і деталей.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

Шлаковоз моделі ШТД-16,5 призначений для приймання рідкого доменного шлаку безпосередньо після його випуску з доменної печі, з подальшим транспортуванням до місць охолодження, зберігання або переробки. Переміщення цієї машини здійснюється по залізничних коліях за допомогою локомотива, що дозволяє ефективно інтегрувати її у транспортну систему доменного виробництва. Основна галузь застосування — металургійні підприємства, насамперед доменні цехи, де важливо забезпечити безперебійне, надійне та безпечне вивезення шлаку, температура якого залишається високою одразу після випуску з печі. [1]

#### 1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

У табл. 1.1 представлено технічні параметри шлаковоза моделі ШТД-16,5.

Таблиця 1.1

#### Технічна характеристика шлаковозу ШТД-16,5

Найменування показників, одиниці вимірювання	Чисельні значення
Місткість чаші, м <sup>3</sup>	16,5
Ширина залізничної колії, мм	1524
Відстань між осями автозчепів, мм	7850
База шлаковоза, мм	4250
База ходового візка, мм	1300
Максимальна швидкість руху завантаженого шлаковоза, км/год	15
Межній нахил залізничного шляху	0,015
Мінімальний радіус закруглення залізничного шляху, м	75
Максимальне зусилля на вісь візка, кН	250

Продовження табл. 1.1

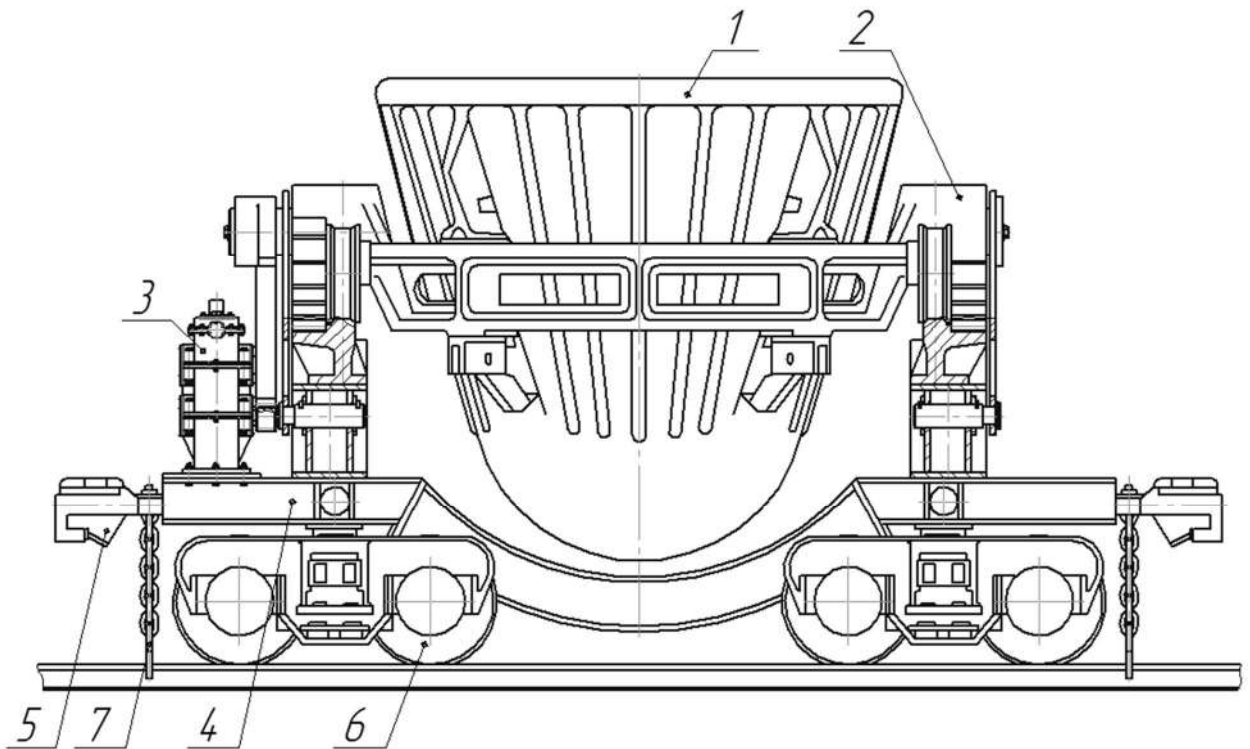
Найменування показників, одиниці вимірювання	Чисельні значення
Габаритні розміри чаші, мм: - довжина - ширина - висота	4270 3350 3860
Маса чаші, т	19,75
Габаритні розміри шлаковоза, мм: - довжина (по вісі автозчепів) - ширина - висота	7850 3350 4235
Маса порожнього шлаковозу, т	65
Механізм кантування чаші: - загальне передавальне число - найбільший кут перекидання, град - час перекидання чаші на максимальній кут, с - ККД механізма	4740,4 118 90 0,855
Електродвигун: - тип - частота обертання ротора, об/хв - потужність, кВт	МТК-312-8 1000 11
Редуктор: - максимальний крутний момент на вихідному валу, кНм - передавальне число	72,7 641,1
Кількість завантажених шлаковозів, що одночасно переміщуються у складі, шт.	5

Джерело: розроблено із використанням [2]

### 1.3 Опис конструкції машини-прототипу

На рис. 1.1 представлено зовнішній вигляд сучасного шлаковоза типу ШТД-16,5, що застосовується в доменному виробництві для транспортування рідкого шлаку від доменної печі до пунктів його охолодження або утилізації. Основу конструкції становлять металева чаша 1, встановлена на опорне кільце 2, механізм обертання чаші 3, несуча рама 4, автозчепи з обох кінців 5, а також два двовісні візки 6, які забезпечують переміщення агрегату по залізничним коліям. Для стабілізації положення шлаковоза під час зливу шлаку,

особливо в умовах нерівномірного навантаження чи нахилу, передбачено кліщові фіксатори 7, що надійно з'єднують конструкцію з рейками.

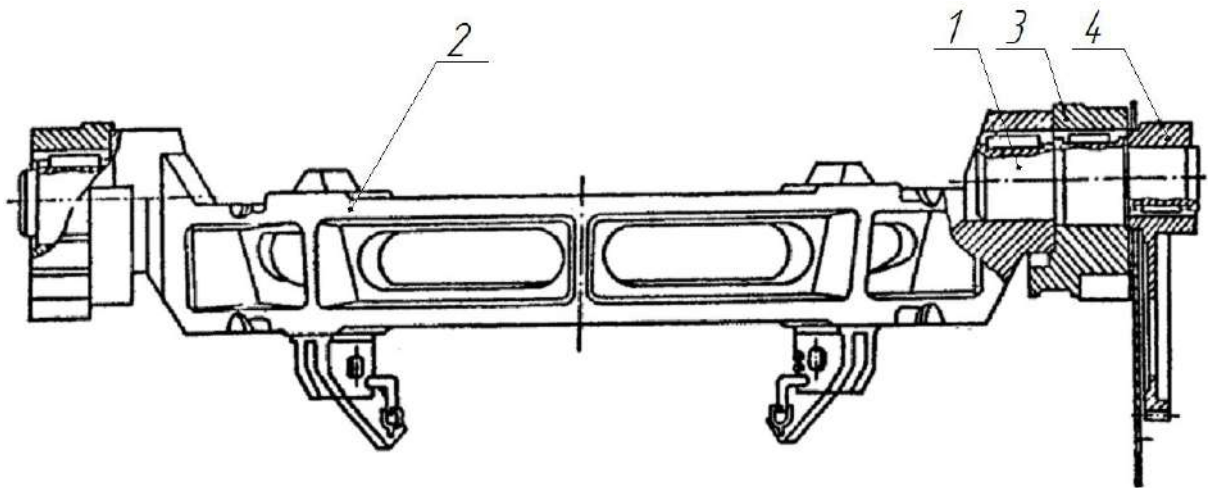


**Рис. 1.1. Загальний вид існуючої конструкції шлаковоза ШТД-16,5**

Джерело: розроблено із використанням [3]

Робоча чаша виготовляється зі сталі, яка має підвищену термостійкість — як вуглецевої, так і легованої, з використанням литтєвої технології. Вона має форму усіченого конуса зі сферичним дном. Для точного позиціонування на опорному кільці зовнішня поверхня чаші містить чотири заглиблення, а в нижній частині розміщені фіксуючі площадки, які забезпечують додаткову стабілізацію під час обертання.

Конструкція опорного кільця (рис. 1.2) передбачає бокові цапфи з роликами, які виконано заодно з литими зубчастими колесами. Саме через ці ролики навантаження від чаші передається на несучу раму. Зубчасті колеса взаємодіють із сегментами, жорстко закріпленими на вертикальних елементах рами, що дає змогу реалізувати механізм обертання чаші.



**Рис. 1.2. Опорне кільце чаші шлаковоза**

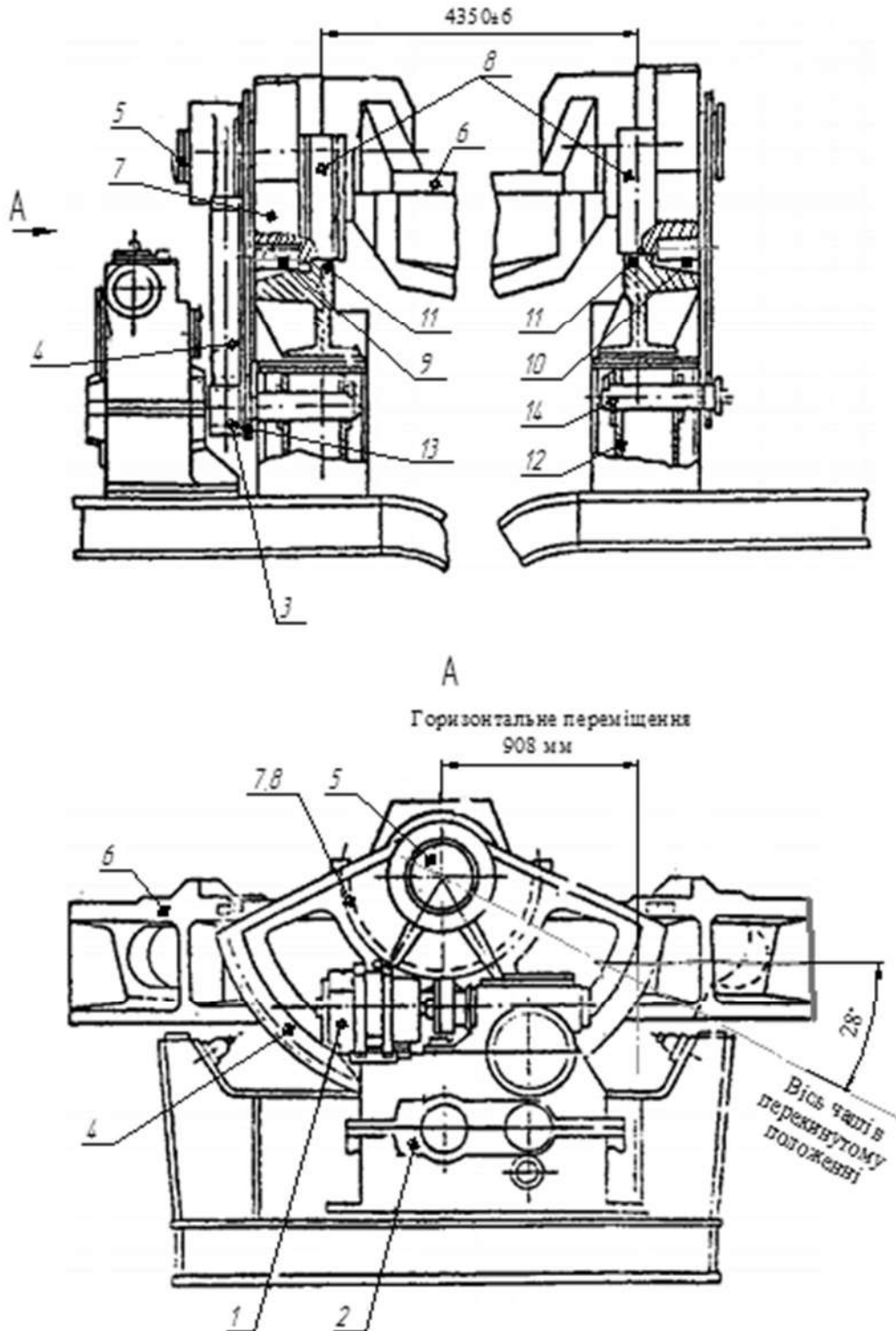
Джерело: розроблено із використанням [3]

Одна з цапф має зубчастий сектор 4, який з'єднується з шестернею, установленою на вихідному валу редуктора. Конструкцію приводу обертання представлено на рис. 1.3, а його кінематичну схему — на рис. 1.4. Рух у системі починається від фланцевого електродвигуна 1, що обертає черв'ячно-циліндричний редуктор 2. Далі обертання передається на шестерню 3, яка взаємодіє із зубчастим сектором 4 діаметром 2180 мм, жорстко закріпленим на цапфі 5. Опорне кільце, з'єднане із зубчастими сегментами 7 та роликами діаметром 1000 мм 8, переміщується по нерухомим напрямним — зубчастим 9, 10 і гладким 11 сегментам, закріпленим на лафеті 12.

Така компоновка забезпечує можливість поперечного зміщення чаші разом із опорним кільцем на 908 мм в кожен бік відносно осі колії, а також її обертання до  $118^\circ$ . Фіксована відстань між осями цапф і вихідним валом редуктора (1200 мм) підтримується за допомогою спеціальних тяг 13, які з одного боку закріплені на цапфах, а з іншого — на опорах лафета 14.

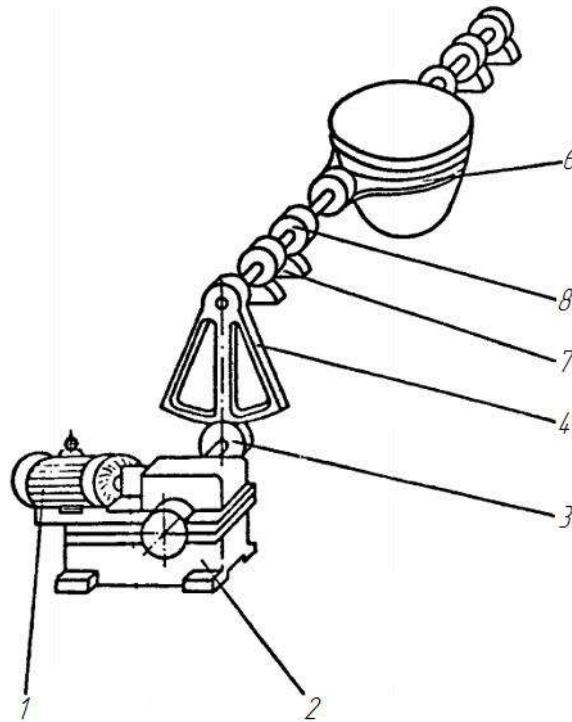
З кінематичної точки зору, передача обертального моменту відбувається наступним чином: електродвигун 1 приводить у дію редуктор 2, що обертає шестерню 3, яка, взаємодіючи з зубчастим сектором 4, забезпечує обертання опорного кільця 6 з чашею. Унаслідок взаємодії роликів 8 і зубчастих сегментів 7 створюється складний рух — обертальне-поступальний, який до-

зволяє точно та плавно змінювати положення чаші під час зливу шлаку. Цей механізм функціонує за аналогією до планетарної передачі, де обертання одного вузла зумовлює узгоджений рух усієї системи.



**Рис. 1.3. Привод кантивання чаші шлаковоза**

Джерело: розроблено із використанням [3]



**Рис. 1.4. Кінематична схема привода кантування шлаковоза**

Джерело: розроблено із використанням [3]

Несучу раму виготовлено у вигляді звареної сталевій конструкції, здатної рівномірно передавати навантаження на візки. На торцях розміщено автозчепи типу СА-3, що дозволяє включати шлаковоз до складу залізничного потяга для його переміщення по внутрішньозаводських коліях металургійного підприємства. [3]

#### **1.4 Аналіз недоліків**

Під час експлуатації шлаковозів типу ШТД-16,5 проявляються типові техніко-економічні недоліки, які негативно впливають як на ефективність транспортування шлаку, так і на безперервність роботи доменного виробництва. Однією з основних проблем є висока вартість технічного обслуговування та ремонтних робіт, зумовлена регулярною потребою в заміні окремих вузлів, зокрема елементів системи повороту чаші.

Додатково, істотним недоліком є значне споживання енергії як під час транспортування розплавленого шлаку, так і при його зливі. Ще одним критичним фактором є тривалі строки проведення ремонтів, що нерідко потребують зупинки агрегату на тривалий час. Це спричиняє простой та зменшення загальної продуктивності доменного цеху.

### **1.5 Передбачувані причини недоліків**

Причини виникнення зазначених недоліків у функціонуванні шлаковозів типу ШТД-16,5 пов'язані як із конструктивними особливостями, так і з умовами їх експлуатації. Зокрема, використання масивного приводу повороту чаші зі спеціалізованим редуктором призводить до підвищеного енергоспоживання, особливо в процесі кантування агрегату, завантаженого рідким шлаком.

Складна будова шлаковоза, наявність численних зварних і з'єднувальних елементів, а також недостатня уніфікація окремих деталей значно ускладнюють демонтаж та заміну зношених вузлів. У результаті це призводить до збільшення часу простою, ускладнює організацію технічного обслуговування та потребує залучення значних людських ресурсів для виконання ремонтних робіт.

### **1.6 Постановка задачі**

Метою роботи підвищення надійності, скорочення витрат на обслуговування і ремонт за рахунок застосування відкритого внутрішнього зубчатого зачеплення приводу кантування чаші з більшим передаточним числом та усунення можливості її самовільного кантування при транспортуванні.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- здійснити огляд науково-технічних публікацій і патентної інформації з метою виявлення існуючих інженерних рішень,

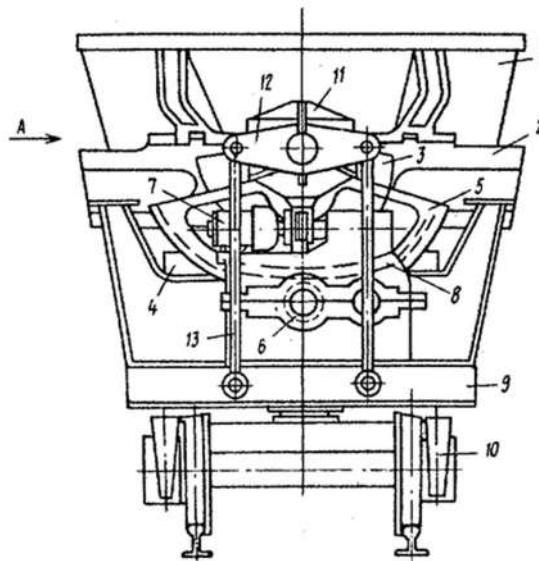
- спрямованих на вирішення подібних технічних задач;
- проаналізувати доцільність адаптації виявлених технічних рішень для модернізації механізму повороту чаші шлаковоза;
  - розробити вдосконалений варіант конструкції механізму, у якому усунуто недоліки, притаманні існуючим аналогам;
  - провести необхідні інженерні розрахунки для підтвердження працездатності та ефективності запропонованої конструкції;
  - підготувати комплект конструкторської документації на новий механізм;
  - визначити комплекс технічних і організаційних заходів, що гарантують безпечне впровадження розробки в умовах виробництва.

## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

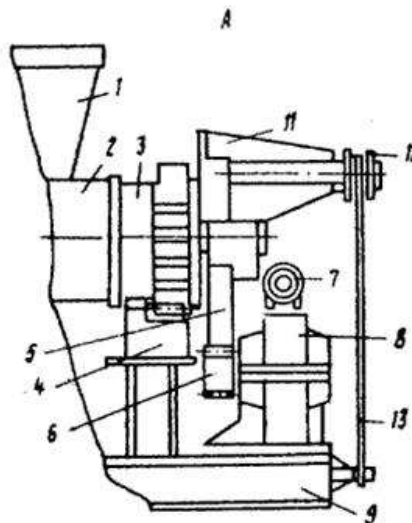
#### 2.1 Літературно-патентний огляд

Відомий шлаковоз [4], конструкція якого показана на рис. 2.1, на рис. 2.2 – вид А на рис. 2.1., на рис. 2.3 – схема роботи обмежувача міжосьової відстані.



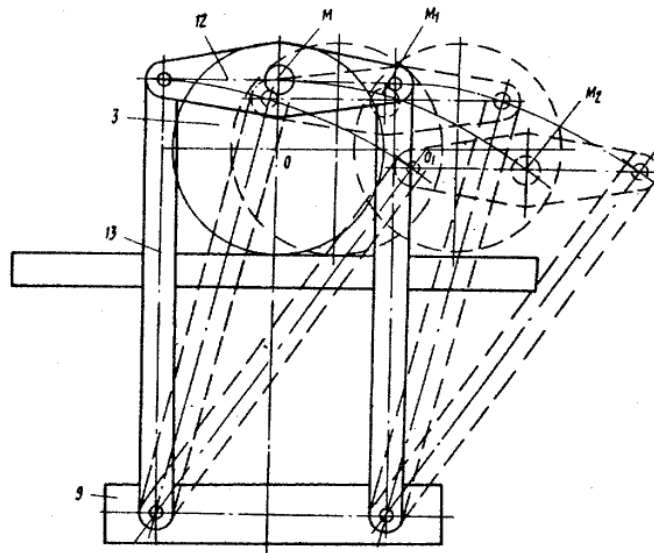
**Рис. 2.1. Конструкція шлаковоза**

Джерело: розроблено із використанням [4]



**Рис. 2.2. Вид А на рис. 2.1.**

Джерело: розроблено із використанням [4]



**Рис. 2.3. Схема роботи обмежувача міжосьової відстані**

Джерело: розроблено із використанням [4]

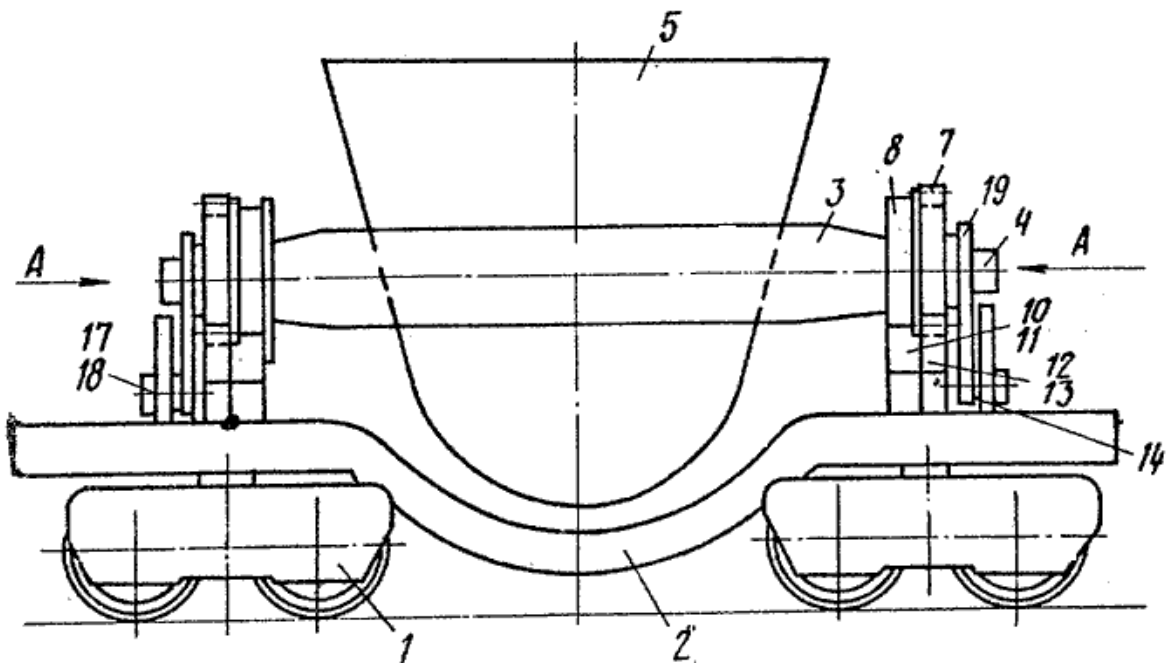
Шлаковоз містить чашу 1, закріплену на опорному кільці 2. Катками 3 опорне кільце 2 спирається на прямолінійні напрямні 4 із зубчастими рейками. На опорному кільці 2 жорстко кріпиться зубчастий сектор 5, виконаний по дузі зі змінним радіусом і входить в зачеплення із веденою шестернею 6 привода кантування чаші. Привод кантування чаші складається з електродвигуна 7, редуктора 8, закріплених на платформі 9 шлаковоза, котра опирається на два залізничних візка 10. Обмежувач міжосьової відстані складається з кронштейна 11, закріпленого жорстко на опорному катку 3, двоплечого важеля 12, шарнірно встановленого на кронштейні, і двох тяг 13, шарнірно з'єднаних з двоплечим важелем і платформою 9.

Кантування чаші відбувається наступним чином. Каток 3 котиться по прямолінійній напрямній 4 без ковзання. Двоплечий важіль 12 встановлений на катку 3 в точці М (див. рис. 2.3.) зі зміщенням відносно осі обертання катка 3. Точка М і довжина тяг 13, шарнірно закріплених на двоплечому важелі та платформі 9, вибрані таким чином, що циклоїда точки М, що відноситься до катка 3, дуже близька до кривої, що описується осями кріплення тяг 13 до двоплечого важеля 12. При цьому каток 3 на всій робочій ділянці прижима-

ється до прямолінійної напрямної 4, а зубчастий сектор 5 не має можливості вийти із зачеплення з вихідною шестернею 6 редуктора 8.

Така конструкція обмежувача міжосьової відстані є більш надійна, ніж існуюча, але конструктивно дуже складно виконати важелі так, щоб їх рух співпадав з рухом чаші, що потребує значних витрат на його проектування і виготовлення, що є економічно недоцільним.

У технічній літературі також описано іншу конструкцію шлаковоза [5], яка подана на рис. 2.4. На рис. 2.5 представлено вид А без елемента, що обмежує відрив опорного катка, тоді як рис. 2.6 ілюструє цей самий вид із наявним обмежувачем.



**Рис. 2.4. Конструкція шлаковоза**

Джерело: розроблено із використанням [5]

Згадана модель складається з ходових візків 1, на які спирається несуча платформа 2. На ній змонтоване опорне кільце 3 з боковими цапфами 4, яке слугує базою для встановлення чаші 5. Цапфи 4 обладнані опорними катками 6, кожен з яких складається з двох з'єднаних між собою кілець 7 і 8. Зубчастий вінець розміщено на кільці 7, при цьому діаметр початкового кола вінця відповідає розміру опорної поверхні кільця 8.

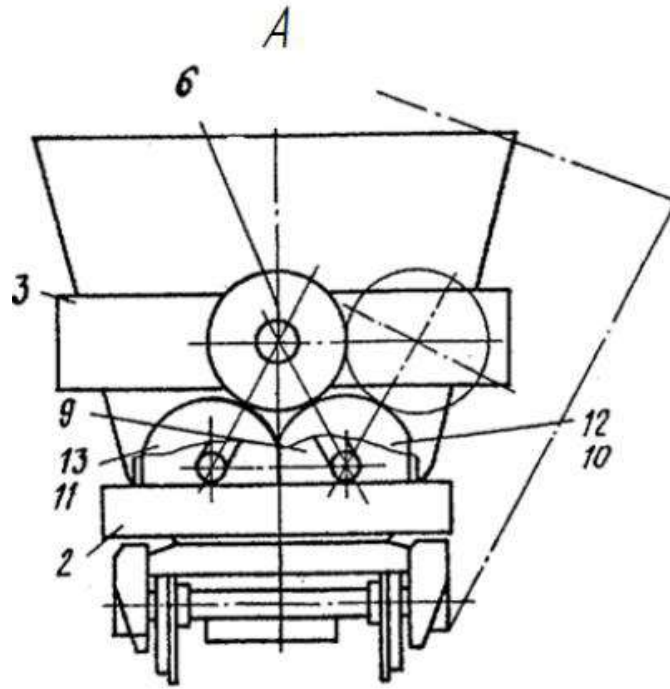


Рис. 2.5. Вид А на рис. 2.2 без обмежувача відриву катка

Джерело: розроблено із використанням [5]

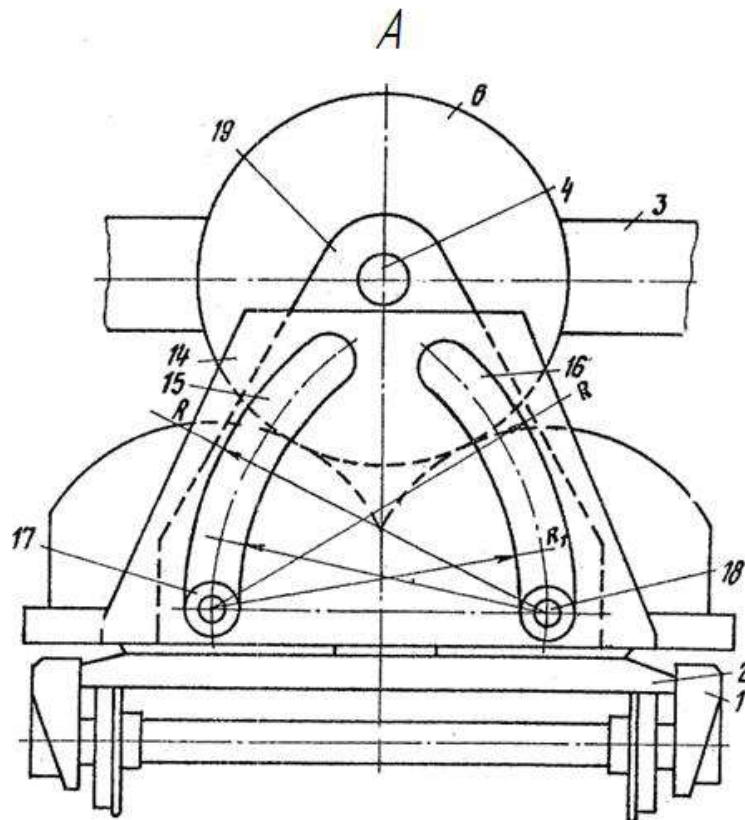


Рис. 2.6. Вид А на рис. 2.2. з обмежувачем відриву катка

Джерело: розроблено із використанням [5]

Опорні катки 6 перекочуються по напрямних 9, закріплених на платформі 2. Кожна напрямна утворена двома з'єднаними між собою циліндричними сегментами 10 і 11, розташованими симетрично відносно поздовжньої осі агрегату. На цих сегментах жорстко закріплені зубчасті вінці 12 і 13, чий початкові кола також узгоджені з кривизною опорної поверхні відповідного сегмента.

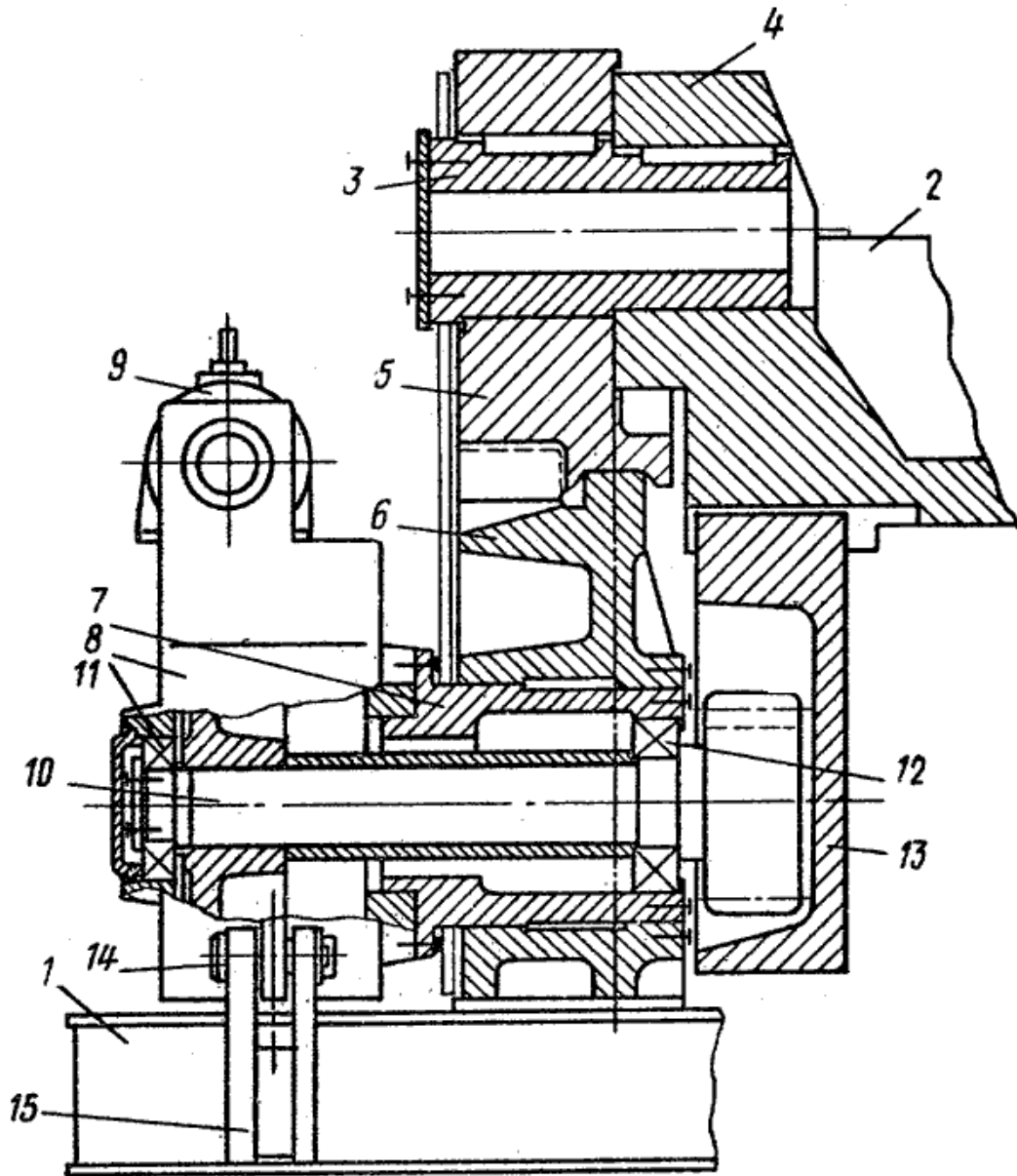
Для запобігання відриву катків передбачено обмежувальний механізм 19, зафіксований за допомогою кронштейнів 14, які мають два направляючі пази 15 і 16. У ці пази входять ролики 17 і 18, осі яких збігаються з центрами відповідних циліндричних сегментів. Поверхні пазів утворені дугами з радіусами  $R$  і  $R_1$ , що побудовані відносно центрів протилежних сегментів.

Механізм повороту чаші (на рис. 2.4.-2.6 не зображено) кріпиться на одній з цапф 4.

У процесі роботи шлаковоз функціонує наступним чином. У неробочому (транспортному) положенні опорні катки 6 спираються на обидва напрямні сегменти 10 і 11, що забезпечує стійку рівновагу чаші. При ввімкненні привода відбувається перекочування катка 6 без ковзання по одному з напрямних сегментів – залежно від напрямку повороту. У разі обкочування по сегменту 13 зубчастий вінець виходить із зачеплення з відповідним зубчастим сегментом 12, а обмежувач 19 обертається навколо осі ролика 17, при цьому ролик 18 ковзає по направляючому пазу 16. У такій ситуації цапфа 4 має лише одну ступінь свободи – обертання навколо центра сегмента 11. У протилежному напрямку аналогічно відбувається перекочування по сегменту 10 з відповідним поворотом обмежувача навколо ролика 18.

Зазначена конструкція сприяє підвищенню стійкості чаші під час кантування, мінімізуючи ризик її перекидання та забезпечуючи безпечне транспортування розплавленого шлаку. Водночас варто відзначити, що така система характеризується високим рівнем складності й недостатньою надійністю в умовах тривалої експлуатації.

У технічних джерелах також описано відомий механізм кантування чаші шлаковоза [6], конструктивне виконання якого представлено на рис. 2.7.



**Рис. 2.7. Конструкція механізму кантування чаші шлаковоза**

Джерело: розроблено із використанням [6]

Цей механізм включає раму 1, на якій встановлене опорне кільце 2. До осі 3 цапфи 4 жорстко приєднано опорний коток 5, що взаємодіє із зубчастою напрямною опорою 6. У напрямній розміщено втулку 7, до фланця якої прикріплено редуктор 8 з електродвигуном 9. Тихохідний вал-шестерня 10, який є частиною редуктора 8, з одного боку спирається на підшипник кочення 11,

розташований у корпусі редуктора, а з іншого боку – на підшипник кочення 12, змонтований у втулці 7 напрямної 6.

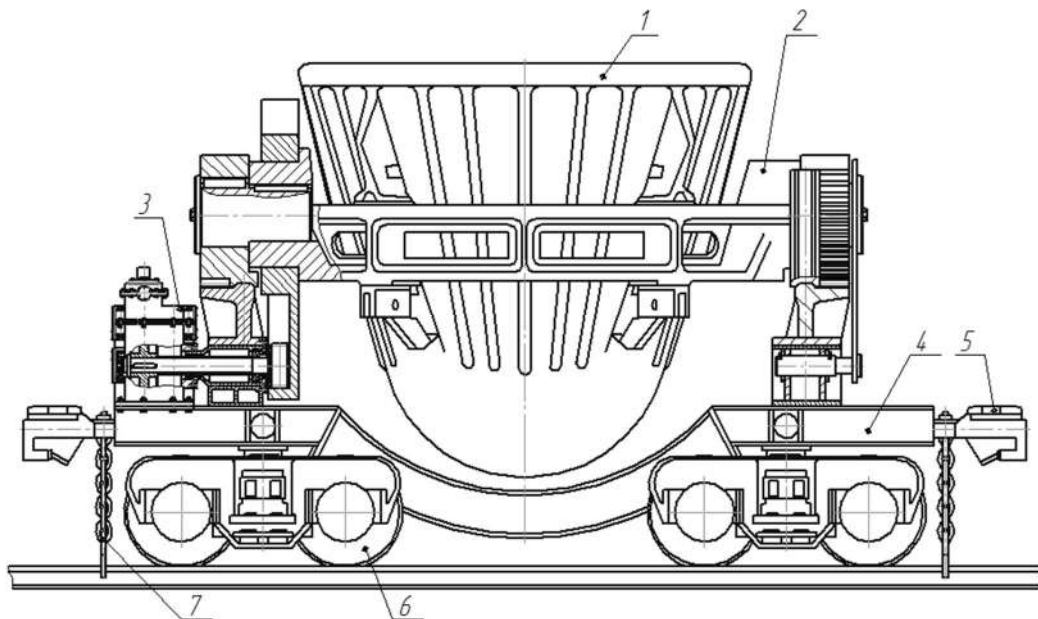
Вал-шестерня 10 зчеплений із зубчастим сектором 13, жорстко встановленим на цапфі 4 опорного кільця 2. Сам редуктор 8 з'єднаний із рамою 1 за допомогою шарніра 14 і кронштейна 15.

Запропонована конструкція дозволяє знизити навантаження на елементи приводу механізму кантування приблизно на 40 %, що досягається за рахунок збільшеного радіуса зубчастого сектора. Додатковою перевагою є виключення ймовірності відриву опорного котка від зубчастої напрямної без потреби у застосуванні додаткових фіксуючих пристроїв.

Водночас недоліком цієї конструкції залишається складність та громіздкість електромеханічного приводу, що зумовлює підвищені витрати на технічне обслуговування та ремонт у процесі експлуатації шлаковоза.

## 2.2 Пропозиції по модернізації

Пропонована конструкція шлаковоза ШТД-16,5 показана на рис. 2.8.

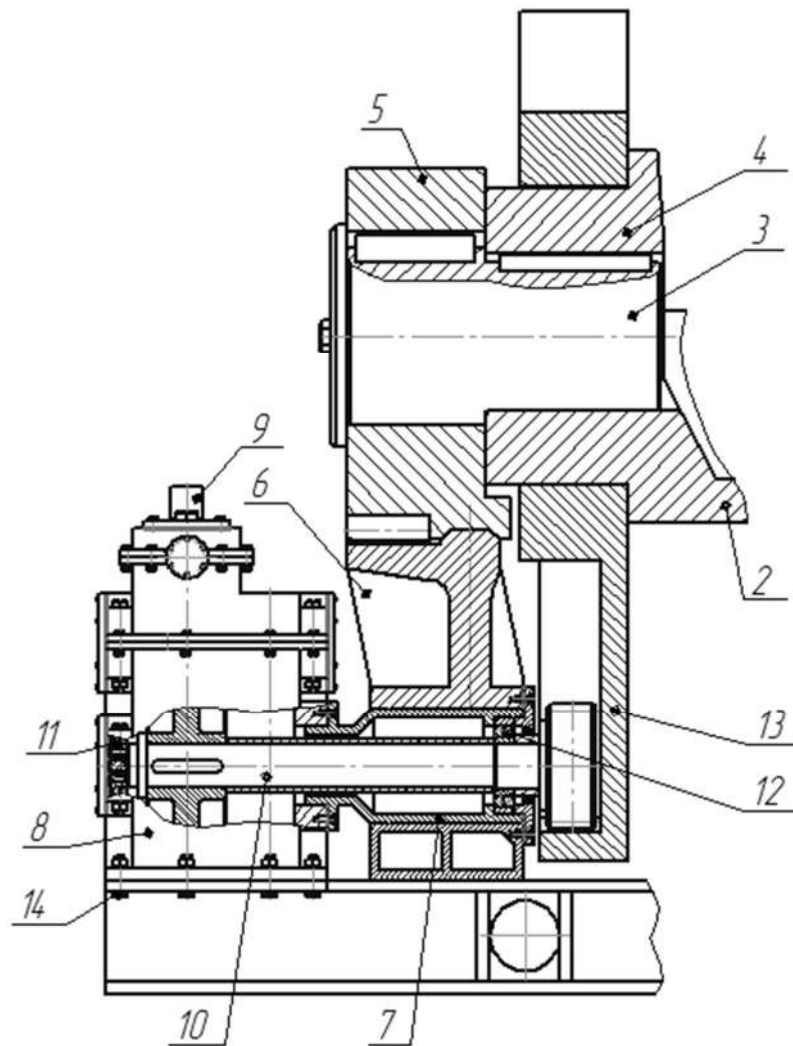


**Рис. 2.8. Пропонована конструкція шлаковоза ШТД-16,5**

(розроблено автором)

Шлаковоз складається з чаші 1, опорного кільця 2, механізму кантування 3 чаші 1, рами шлаковоза 4 з автозчепами 5 і двох ходових двохосних візків 6. Для оберігання від перекидання під час зливання шлаку, шлаковоз оснащений кліщовими захватами 7, які закріплюють до рейок залізничного шляху.

Пропонований механізм кантування чаші шлаковоза показаний на рис. 2.9.



**Рис. 2.9. Пропонований механізм кантування чаші шлаковоза**  
(розроблено автором)

На вісь 3 цапфи 4 опорного кільця 2 жорстко посаджений опорний коток 5, який входить в зачеплення із зубчатою опорною направляючою 6, в котрій розташована втулка-корпус 7, до фланця якої прикріплений редуктор

8 з приводним електродвигуном 9. Тихохідна вал-шестерня 10 редуктора 8 одним кінцем сперта на підшипник кочення 11 корпусу редуктора 8, а іншим – на підшипник кочення 12 втулки-корпусу 7 направляючої 6. При цьому вал-шестерня 10 входить у внутрішнє зачеплення із зубчастим сектором 13, який за допомогою шліцьового з'єднання жорстко посаджений на цапфу 4 опорного кільця 2 чаші шлаковоза. Редуктор 8 за допомогою болтових з'єднань прикріплений до рами шлаковоза. Опорні котки 5 розташовані разом із зубчастими опорними направляючими 6 симетрично по обидві сторони опорного кільця 2.

Пропонований механізм працює наступним чином. Крутний момент від електродвигуна 9 через редуктор 8 і його тихохідну вал-шестерню 10 передається на зубчастий сектор 13, жорстко зв'язаний з цапфою 4 опорного кільця 2. При цьому опорний коток 5 починає обкочуватись по опорній направляючій 6, кантуючи опорне кільце 2 з чашею. Повернення у вихідне положення опорного кільця 2 з чашею здійснюється при перемиканні двигуна 9 у протифазу.

### **2.3 Переваги пропонованої конструкції**

Використання механізму кантування чаші шлаковоза із внутрішнім зубчастим зачепленням відкритого типу дозволяє суттєво підвищити передаточне відношення всього приводу, що, своєю чергою, сприяє зменшенню навантаження на елементи редуктора. Додатковою перевагою такого рішення є усунення ризику самовільного відриву опорних котків опорного кільця чаші від напрямних: зубчастий сектор, інтегрований у конструкцію кільця, одночасно виконує функцію обмеження міжосьової відстані. Зазначені технічні переваги сприятимуть зниженню витрат на обслуговування та ремонт шлаковозів, що у підсумку дозволить зменшити загальну собівартість виробництва чавуну та супутнього шлаку.

## 2.4 Розрахунки по модернізації

Для збереження існуючої пропускної здатності виробничої ланки привод кантування шлаковозної чаші повинен відповідати наступним вимогам:

- максимальний крутний момент на вихідному валу редуктора механізму кантування чаші  $M_{\text{вих}}$ , кНм 72,7;
- передавальне число редуктора  $i_{\text{ред}}$  641,1;
- загальне передавальне число існуючого привода  $i_{\text{пр}}$  4740,4;
- частота обертання чаші при кантуванні  $n_{\text{ч}}$ , об/хв 0,22.

Визначимо крутний момент, необхідний для кантування чаші

$$M = M_{\text{вих}} \cdot \frac{i_{\text{пр}}}{i_{\text{ред}}} = 72,7 \cdot \frac{4740,4}{641,1} = 537,6 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.1)$$

Визначимо кутову швидкість обертання чаші при кантуванні

$$\omega_{\text{ч}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{ч}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 0,22}{30} = 0,023 \text{ с}^{-1}. \quad (2.2)$$

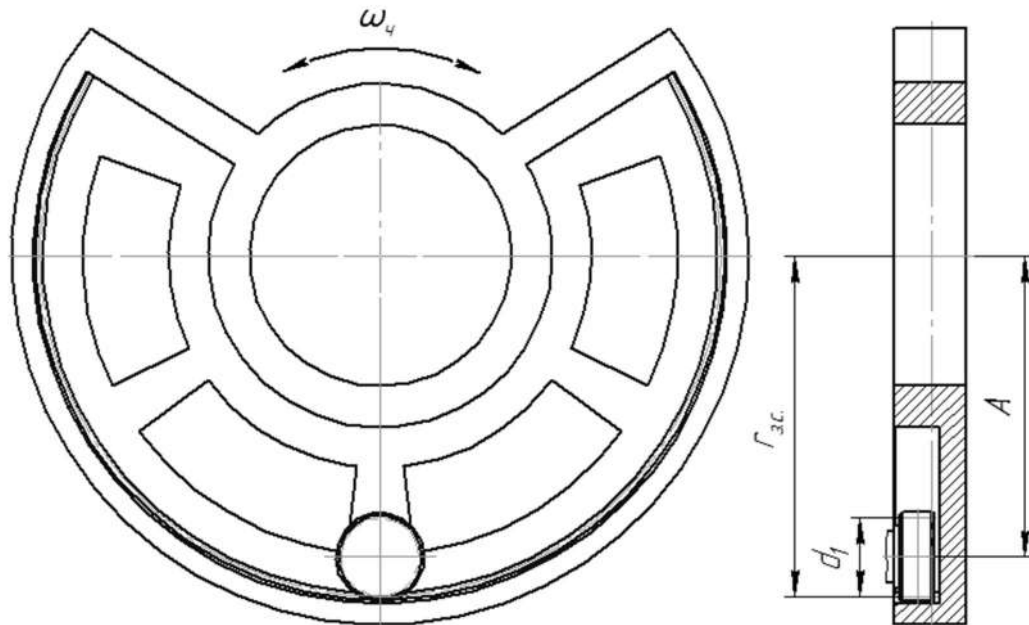
Кінематичний і силовий аналіз

Розрахункова схема привода кантування шлаковозної чаші показана на рис. 2.10.

Визначимо ділительний радіус зубчатого сектора механізму кантування чаші шлаковоза

$$r_{\text{з.с.}} = A + \frac{d_1}{2} = 1200 + \frac{300}{2} = 1350 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

де  $A$  – міжосьова відстань зубчатого зачеплення існуючого привода кантування чаші шлаковоза,  $A=1200$  мм [7];  $d_1$  – діаметр дільного кола шестерні вихідного вала редуктора механізму кантування,  $d_1 = 300$  мм [7].



**Рис. 2.10. Розрахункова схема привода кантування шлаковозної чаші**  
(розроблено автором)

Визначимо передаточне відношення внутрішнього зубчатого зачеплення механізму кантування чаші

$$i_{з.з.} = \frac{2 \cdot r_{з.с.}}{d_1} = \frac{2 \cdot 1350}{300} = 9. \quad (2.4)$$

Визначимо загальне передаточне число модернізованого механізму

$$i_{заг} = i_{з.з.} \cdot i_{ред} = 9 \cdot 641,1 = 5770. \quad (2.5)$$

Враховуючи те, що передаточне відношення відкритого зубчатого зачеплення більше, ніж в існуючій конструкції механізму, а зусилля, необхідне

для кантування чаші має залишитись незмінним, визначимо крутний момент на вихідному валу редуктора

$$M_{\text{вих2}} = \frac{M}{i_{3.3.}} = \frac{537,6}{9} = 59,73 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.6)$$

Визначимо зменшення навантаження на деталі приводного редуктора механізму кантування чаші шлаковоза

$$\frac{M_{\text{вих}}}{M_{\text{вих2}}} = \frac{72,7}{59,73} = 1,217.$$

За рахунок збільшення передаточного відношення зубчатого зачеплення між редуктором і зубчатим сектором опорного кільця чаші шлаковоза, навантаження на деталі редуктора знизилась в 1,217 разів.

Визначимо крутний момент на валу приводного електродвигуна

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{вих2}}}{i_{\text{ред}}} = \frac{59,73}{641,1} = 0,09317 \text{ кН} \cdot \text{м} = 93,17 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.7)$$

Визначимо необхідну кутову швидкість обертання ротора електродвигуна за умови застосування такого самого редуктора, як і в існуючій конструкції

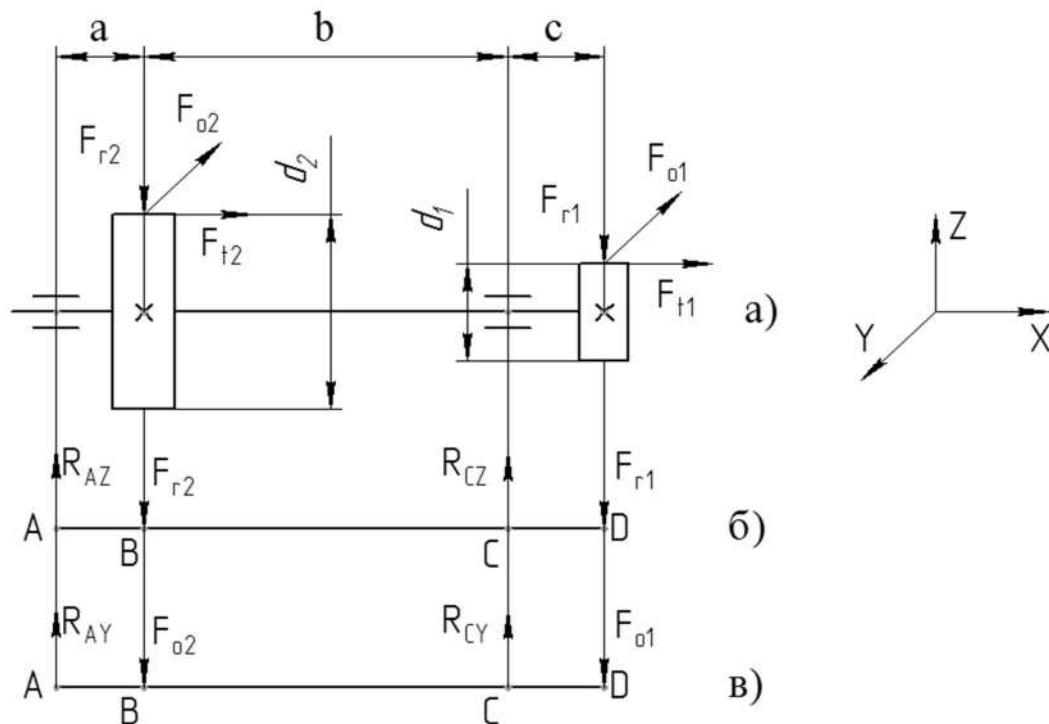
$$\omega_{\text{дв}} = \omega_{\text{ч}} \cdot i_{\text{заг}} = 0,023 \cdot 5770 = 132,71 \text{ с}^{-1}. \quad (2.8)$$

Визначимо необхідну частоту обертання двигуна

$$n_{\text{дв}} = \frac{30 \cdot \omega_{\text{дв}}}{\pi} = \frac{30 \cdot 132,7}{3,14} = 1268 \text{ об/хв}. \quad (2.9)$$

Розрахунок навантажень на вал виконуємо за [8-9].

Розрахункова схема вихідного вале редуктора показана на рис. 2.11.



а) – загальна; б) – радіальні зусилля; в) – осьові зусилля

**Рис. 2.11. Розрахункова схема вихідного вале редуктора**  
(розроблено автором)

Визначимо окружні сили, що діють в зубчатих зачепленнях

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot M_{\text{вих2}}}{d_1} = \frac{2 \cdot 59,73}{0,3} = 398,2 \text{ кН}; \quad (2.10)$$

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot M_{\text{вих2}}}{d_2} = \frac{2 \cdot 59,73}{0,9} = 331,83 \text{ кН}, \quad (2.11)$$

де  $d_2$  – дільний діаметр кола зубчатого колеса в точці  $B$  (див. рис. 2.11. а).

Визначимо радіальні зусилля, що діють в зубчатих зачепленнях

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 398,2 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 144,93 \text{ кН}; \quad (2.12)$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 331,83 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 120,77 \text{ кН}, \quad (2.13)$$

де  $\alpha$  – кут зачеплення,  $\alpha = 20^\circ$  [8].

Визначимо осьові зусилля, що діють в зубчатих зачепленнях

$$F_{o1} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} \beta = 398,2 \cdot \operatorname{tg} 8^\circ = 55,96 \text{ кН}; \quad (2.14)$$

$$F_{o2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \beta = 331,83 \cdot \operatorname{tg} 8^\circ = 46,64 \text{ кН}. \quad (2.15)$$

Визначимо реактивні зусилля в підшипниках від радіальних сил з умов (див. рис. 2.11. б)

$$\sum M_A = F_{r2} \cdot a - R_{CZ} \cdot (a + b) + F_{r1} \cdot (a + b + c) = 0; \quad (2.16)$$

$$R_{CZ} = \frac{F_{r2} \cdot a + F_{r1} \cdot (a + b + c)}{a + b} =$$

$$= \frac{120,77 \cdot 0,18 + 144,93 \cdot (0,18 + 0,835 + 0,18)}{0,18 + 0,835} = 192,05 \text{ кН}, \quad (2.17)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – відстані між точками прикладання зусиль (див. рис. 2.10.), конструктивно з креслення приймаємо  $a = 0,18$  м,  $b = 0,835$  м,  $c = 0,18$  м.

$$\sum M = R_{AZ} \cdot (a + b) - F_{r2} \cdot b + F_{r1} \cdot c = 0; \quad (2.18)$$

$$R_{AZ} = \frac{F_{r2} \cdot b - F_{r1} \cdot c}{a + b} = \frac{120,77 \cdot 0,835 - 144,93 \cdot 0,18}{0,18 + 0,835} = 73,65 \text{ кН.} \quad (2.19)$$

Визначимо реактивні зусилля в підшипниках від дії осьових зусиль

$$\sum M_A = F_{o2} \cdot a - R_{CY} \cdot (a + b) + F_{o1} \cdot (a + b + c) = 0; \quad (2.20)$$

$$R_{CY} = \frac{F_{o2} \cdot a + F_{o1} \cdot (a + b + c)}{a + b} =$$

$$= \frac{46,64 \cdot 0,18 + 55,96 \cdot (0,18 + 0,835 + 0,18)}{0,18 + 0,835} = 74,15 \text{ кН.} \quad (2.21)$$

$$\sum M_C = R_{AY} \cdot (a + b) - F_{o2} \cdot b + F_{o1} \cdot c = 0; \quad (2.22)$$

$$R_{AY} = \frac{F_{o2} \cdot b - F_{o1} \cdot c}{a + b} = \frac{46,64 \cdot 0,835 - 55,96 \cdot 0,18}{0,18 + 0,835} = 28,44 \text{ кН.} \quad (2.23)$$

Розрахунок потужності привода

Потужність привода визначаємо за [10].

Визначимо необхідну потужність приводного електродвигуна механізму кантування шлаковозної чаші

$$N_{дв} = M_{дв} \cdot \omega_{дв} \cdot \eta = 93,17 \cdot 132,71 \cdot 0,855 \cdot 1000 = 10,57 \text{ кВт.} \quad (2.24)$$

де  $\eta$  – загальний ККД механізму кантування,  $\eta = 0,855$  (див. табл. 1.1.).

Обираємо електродвигун типу МТК-312-10 з потужністю 11 кВт і номінальною частотою обертання ротора 1300 об/хв [10].

Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми

В точці А на схемі (рис. 2.11.) передбачаємо застосувати шарикопідшипник радіальний дворядний серії – 1614, для якого статична вантажопідйомність  $C_0=50$  кН, динамічна вантажопідйомність  $C = 110$  кН. Приймаємо задану довговічність підшипників  $L_3=1000$  годин.

Визначимо співвідношення

$$R_{AY}/C_0 = 28,44/50 = 0,5688. \quad (2.25)$$

Визначаємо коефіцієнт осьового навантаження  $e = 0,44$ .

Знаходимо відношення

$$R_{AY}/V \cdot R_{AZ} = 28,84/1 \cdot 73,65 = 0,3916, \quad (2.26)$$

де  $V$  – коефіцієнт обертання, при обертанні внутрішнього кільця підшипника  $V = 1$ .

Оскільки  $0,3916 < e = 0,44$ , то  $X = 1; Y = 0$ .

Визначимо еквівалентне навантаження на підшипник

$$P_A = (V \cdot X \cdot R_{AZ} + Y \cdot R_{AY}) \cdot K_6 \cdot K_T = R_{AZ} \cdot K_6 \cdot K_T = \quad (2.27)$$

$$= 73,65 \cdot 1,3 \cdot 1 = 95,745 \text{ кН.}$$

де  $K_6$  – коефіцієнт безпеки, що враховує динамічне навантаження, приймаємо  $K_6 = 1,3$ ;  $K_T$  – температурний коефіцієнт, при робочій температурі менше, ніж  $100$  °С,  $K_T = 1$ .

Визначимо кутову швидкість обертання вихідного валу редуктора

$$\omega_{\text{вих}} = \omega_{\text{ч}} \cdot i_{3.3} = 0,023 \cdot 9 = 0,207 \text{ с}^{-1}. \quad (2.28)$$

Визначимо довговічність обраного підшипника

$$L_A = a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{573 \cdot \omega_{\text{вих}}} \cdot \left(\frac{C}{P_A}\right)^3 \quad (2.29)$$

де  $a_1$  – коефіцієнт надійності, приймаємо  $a_1 = 1$ ;  $a_{23}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу підшипника та умови експлуатації, при звичайних умовах  $a_{23} = 0,8$ .

$$L_A = 1 \cdot 0,8 \cdot \frac{10^6}{573 \cdot 0,207} \cdot \left(\frac{110}{95,745}\right)^3 = 10228 \text{ годин};$$

$$L_A = 10228 \text{ годин} > L_3 = 1000 \text{ годин}.$$

Обраний підшипник придатний до роботи.

В точці С на схемі (рис. 2.11.) передбачаємо застосувати шарикопідшипник радіальний дворядний серії – 1616, для якого статична вантажопідйомність  $C_0 = 90$  кН, динамічна вантажопідйомність  $C = 137$  кН. Приймаємо задану довговічність підшипників  $L_3 = 1000$  годин.

Визначимо співвідношення

$$R_{\text{CY}}/C_0 = 74,15/90 = 0,823. \quad (2.30)$$

Визначаємо коефіцієнт осьового навантаження  $e = 0,44$ .

Знаходимо відношення

$$R_{CY}/V \cdot R_{CZ} = 74,15/1 \cdot 192,05 = 0,386. \quad (2.31)$$

Порівнюємо знайдене значення з «е». Так як  $0,386 < e = 0,44$ , то  $X = 1; Y = 0$ .

Визначимо еквівалентне навантаження на підшипник

$$\begin{aligned} P_C &= (V \cdot X \cdot R_{CZ} + Y \cdot R_{CY}) \cdot K_6 \cdot K_T = R_{CZ} \cdot K_6 \cdot K_T = \\ &= 192,05 \cdot 1,3 \cdot 1 = 249,665 \text{ кН}. \end{aligned} \quad (2.32)$$

Визначимо довговічність обраного підшипника

$$\begin{aligned} L_A &= a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{573 \cdot \omega_{\text{вих}}} \cdot \left(\frac{C}{P_C}\right)^3 = \\ &= 1 \cdot 0,8 \cdot \frac{10^6}{573 \cdot 0,207} \cdot \left(\frac{137}{249,665}\right)^3 = 1114 \text{ годин}; \end{aligned} \quad (2.33)$$

$$L_A = 1114 \text{ годин} > L_3 = 1000 \text{ годин}.$$

Обраний підшипник також придатний до роботи.

## РОЗДІЛ 3

### ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

#### 3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

У зоні ливарного двору доменної печі може одночасно перебувати до 30 осіб. Серед них — оператори, що здійснюють керування механізмами відкриття й закривання льоток для випуску чавуну, а також технічний персонал: слюсарі, ремонтники та горнові. Періодично тут також присутні інженери та технічні фахівці. Приміщення має розміри 65 метрів у ширину, 115 метрів у довжину та 30 метрів у висоту. Це забезпечує робочу площу 7475 м<sup>2</sup> та загальний об'єм 224250 м<sup>3</sup>.

Згідно з чинними нормативами, мінімальні значення площі та об'єму на одну особу мають становити не менше ніж 15 м<sup>2</sup> і 45 м<sup>3</sup> відповідно. Аналіз фактичних характеристик свідчить про значний резерв площі та об'єму, що повністю відповідає вимогам до безпечних умов праці за параметром просторового забезпечення.

Відповідно до положень СНіП 2.09.04-87, трудова діяльність у ливарному дворі за санітарно-гігієнічними критеріями класифікується як категорії 1Б і 2Б. Роботи здійснюються безперервно протягом усього календарного року. Основні параметри мікроклімату цього виробничого середовища наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

#### Показники мікроклімату ливарного двору доменного цеху

Найменування показника	Нормативне значення	Фактичне значення
Температура повітря, °С	+17...+24	+15...+40
Відносна вологість, %	40...60	45...55
Швидкість руху повітря, м/с	0,1...0,2	0,1...0,5

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Зміни параметрів мікроклімату зумовлені як сезонними коливаннями, так і специфікою виконуваних технологічних операцій. До основних несприятливих чинників належать підвищена температура повітря та значна швидкість його руху. У поєднанні ці фактори можуть негативно позначатися на фізіологічному стані працівників.

Серед основних джерел забруднення повітряного середовища — продукти плавлення, зокрема чавун і шлак, а також матеріали футерування жолобів і льоткові суміші. Під час відкривання чавунних льоток, виконання ремонтних робіт у зоні жолобів і при взаємодії розплавленого металу з водою спостерігається значне утворення пилу, який потрапляє у повітря. Інформація щодо концентрацій пилових часток представлена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

**Показники концентрації шкідливого пилу в робочому приміщенні  
ливарного двору доменного цеху**

Спеціальність	Пил, мг/м <sup>3</sup>		Клас <u>небезпеч-</u> <u>ності</u>	Газ, мг/м <sup>3</sup>		Найменування речовини
	Норм. знач.	Факт. знач.		Нор м. знач.	Факт. знач.	
Слюсар по РМО	6	26,5	4	20	2,5	СО
Електромонтер по обслуговуванню ЕО	6	26,5	4	20	2,5	СО
1-й горновий	6	50,3	4	20	6,25	СО
						СО <sub>2</sub>
Оператор пульта керування машинами	6	10,2	4	20	1,2	СО

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Дослідження показали, що основним забруднювачем повітряного середовища є пил, до складу якого входить оксид заліза. Водночас вміст чадного

газу залишається в межах допустимих норм, встановлених чинними санітарними вимогами.

Працівники здійснюють регулярний зоровий контроль за перебігом технологічних процесів, що висуває підвищені вимоги до умов освітлення. Однак фактичний рівень освітленості становить лише 90 люксів, тоді як нормативне значення має бути не менше 150 люксів. Освітлення організовано за допомогою ламп прямого світла з напругою 20 В. Такий рівень освітлення є недостатнім для безпечної та тривалої роботи, сприяє швидкому стомленню органів зору, знижує концентрацію уваги та може викликати погіршення зорової функції.

Під час технологічних операцій, пов'язаних з випуском та розливом розплавленого чавуну і шлаку, виникають високі рівні шумового й вібраційного впливу. Основними джерелами таких факторів є обладнання для обслуговування льоток, поворотні жолоби, підйомно-транспортні механізми, зокрема крани, а також залізничні вагони для перевезення розплаву. Рівні шуму та вібрацій у деяких ділянках виробничого простору перевищують допустимі норми, що залежить від характеру виконуваних робіт та місця розташування персоналу. Детальні значення цих параметрів подані в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

### Аналіз рівня шуму й вібрації у відділенні бункерів

Найменування показника	Нормативне значення	Фактичне значення
Рівень шуму, дБА	87	85...90
Вібрація, дБ	115	100...145
амплітуда переміщення при гармонійних коливаннях, мм	0,63...1,6	0,8...1,3
середня квадратична швидкість коливань, мм/с	2,8	1,7

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Персонал, який працює в безпосередній близькості до доменних печей та жолобів, зазнає значного теплового навантаження у вигляді інтенсивного інфрачервоного випромінювання. Виміряні значення цього випромінювання коливаються в межах від 350 до 2500 Вт/м<sup>2</sup>, що в окремих випадках суттєво перевищує встановлену нормативну межу в 1400 Вт/м<sup>2</sup>.

Ще одним небезпечним фактором є ризик ураження електричним струмом. Це може статися як при контакті зі струмоведучими частинами електроприводів, так і внаслідок несправностей, пов'язаних із порушенням ізоляції струмонебезпечних елементів. У процесі експлуатації в ливарному відділенні використовують електрообладнання з напругою до 1000 В, що вимагає своєчасного технічного обслуговування та перевірок.

У літній період температура всередині виробничого приміщення часто перевищує допустимі санітарні норми. Водночас інші метеофактори, такі як вологість і швидкість повітряного потоку, зазвичай не виходять за межі регламентованих значень. Пил, що виникає в процесі виробництва, має електропровідні властивості, здатен проникати в електричні системи, накопичуватись на контактних елементах і викликати витoki струму, короткі замикання або пробой ізоляції.

З урахуванням усіх зазначених характеристик, робоча зона ливарного майданчика доменного цеху класифікується як електротехнічне приміщення з підвищеним ступенем безпеки. [11]

### **3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників**

Для зниження температури повітря у робочій зоні ливарного майданчика доцільно впровадити систему охолодження, що включає монтаж захисних екранів над зонами проходження чавунних і шлакових жолобів. Ці екрани повинні бути обладнані охолоджувальними контурами. Кабіни керування машинами для відкриття та герметизації льоток, а також кабіни мостових кранів

рекомендується проектувати як ізольовані модулі з автономною вентиляцією і кондиціонуванням.

З метою поліпшення умов праці персоналу, що обслуговує льотки доменних печей (горнових, ремонтників, інженерів), слід встановити системи примусової вентиляції, які забезпечують подачу дрібнодисперсного водяного туману. Для зниження концентрації шкідливих речовин у повітрі слід облаштувати витяжну вентиляцію над льотками та жолобами з подальшим очищенням повітря за допомогою аспіраційного обладнання.

З огляду на площу ливарного двору (7475 м<sup>2</sup>), при проектуванні освітлення рекомендується застосування методу світлового потоку, з урахуванням рівномірного розташування джерел світла на горизонтальній робочій поверхні.

Для зниження впливу шуму на операторів передбачено звукоізоляцію кабін керування. Щодо вібрації, рекомендовано:

- застосування віброізолюючих елементів на робочих місцях;
- удосконалення конструкцій обладнання (використання динамічно збалансованих вузлів, шевронних і косозубих передач, заміна підшипників кочення на ковзні з текстоліту, застосування мастил високої в'язкості);
- підсилення несучих конструкцій, наприклад, армування балок мостів кранів.

Якщо реалізація технічних заходів виявляється недостатньою, необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту — антивібраційні рукавиці, спеціалізоване взуття. Також слід обмежити тривалість безперервного перебування працівників у зоні дії вібрацій: після 1–2 годин роботи рекомендується робити 20-хвилинні перерви, додаткову — після обідньої зміни. У періоди відпочинку доцільно виконувати вправи виробничої гімнастики та самомасаж. З метою профілактики — призначення курсів вітамінізації (двічі на рік: вітаміни груп В, С, нікотинова кислота) та впровадження збалансованого харчування.

Захист від інфрачервоного випромінювання передбачає використання екранів, охолоджувальних систем і ефективною витяжної вентиляції. У випадках, коли працівники змушені працювати безпосередньо біля розплавлених матеріалів, вони мають бути забезпечені індивідуальними засобами захисту: термостійким одягом з натуральної тканини, вогнетривким взуттям, рукавицями, масками та окулярами зі світлофільтрами синього кольору.

З метою недопущення уражень електричним струмом передбачається повне огороження струмоведучих частин, а також нанесення попереджувальних знаків типу «Увага! Небезпечно — електрична напруга!». Під час технічного обслуговування обладнання обов'язковим є його знеструмлення, встановлення табличок «Не вмикати — працюють люди!» та перевірка відсутності напруги індикаторами або вольтметрами. У разі потреби обладнання має бути заземлене.

Рекомендується оснащення електродвигунів кожухами, які при відкритті автоматично відключають подачу живлення. Ізоляційні параметри електропроводки повинні контролюватися мегомметром щотижнево. Нормативний опір ізоляції — не нижче 0,5 МОм. Перевірка ефективності заземлення має проводитись щонайменше раз на 14 днів із використанням методу амперметра-вольтметра, вольтметра з електростатичним принципом дії або приладу М4-16.

Для зменшення ризику накопичення статичного заряду необхідно забезпечити заземлення всіх електроустановок і комунікацій у щонайменше двох точках. Робочі зони повинні мати асфальтоване покриття, пішохідні доріжки також мають бути твердими. Контроль величини електростатичного заряду проводиться струнним електрометром, а вимірювання щільності — гальванометром постійного струму. [11]

## ВИСНОВКИ

На сучасному етапі для приймання рідкого шлаку з доменної печі та його транспортування до місць переробки на будівельні матеріали широко застосовуються шлаковози типу ШТД-16,5.

Практичний досвід експлуатації даних агрегатів дозволяє виділити низку характерних недоліків, серед яких основними є: високі експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням і ремонтом; значна тривалість ремонтних робіт.

Аналіз конструктивного виконання шлаковоза та умов його функціонування свідчить про те, що зазначені проблеми, передусім, пов'язані з особливостями механізму кантування чаші. Зокрема, використання зовнішнього зубчастого зачеплення, а також недостатньо надійна система фіксації чаші за допомогою водила від самовільного повороту в процесі транспортування зумовлюють підвищену зношеність механізмів.

До того ж, наявність відкритого зубчастого зачеплення з малим передаточним числом вимагає встановлення електропривода великої потужності навіть за відносно низької частоти обертання. Це створює додаткові динамічні навантаження на вузли редуктора, сприяє їх передчасному зносу та, відповідно, призводить до зниження загальної надійності машини, а також до збільшення витрат на технічне обслуговування.

З метою усунення виявлених недоліків, на основі проведеного літературного та патентного аналізу була розроблена вдосконалена конструкція механізму кантування чаші, що ґрунтується на застосуванні внутрішнього зубчастого зачеплення між редуктором і зубчастим сектором опорного кільця чаші.

Виконані інженерні розрахунки підтвердили функціональну придатність запропонованого технічного рішення, а також показали зниження навантаження на деталі редуктора у 1,22 рази.

Очікуваний економічний ефект полягає у зменшенні фінансових і часових витрат, пов'язаних з обслуговуванням і ремонтом шлаковозів, що, в свою чергу, забезпечує підвищення ефективності їх експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти./ Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. - Харків: НТМТ, 2020. 258 с.
2. Усачев В.П. Технологические линии и комплексы металлургических цехов: в 2 т. / В.П. Усачев — К.: Металлургия, Т.1. – 1994. – 246 с.
3. Лукашкин Н.Д. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов: [учебник для вузов] / Н.Д. Лукашкин, Л.С. Кохан, А.М. Якушев – М.: Академкнига, 2003. – 456 с.
4. Шлаковоз: а. с. 773075 Україна: С21В 3/10. № 2720517/22-02; заявл. 01.02.1979; опубл. 23.10.1980, Бюл. № 39. 3 с.
5. Шлаковоз: а. с. 973616 Україна: С21В 3/10. № 3295385/22-02; заявл. 28.05.1981; опубл. 15.11.1982, Бюл. № 42. 4 с.
6. Механизм кантования чаши шлаковоза: а. с. 1129237 Україна: С21В 3/10. № 3621449/22-02; заявл. 12.07.1983; опубл. 15.12.1984, Бюл. № 46. 3 с.
7. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: підруч. 2-ге вид. перероб. Львів: Афіша, 2003. 560 с.
8. Левин М.З., Седуш В.Я. Механическое оборудование доменных цехов: Учебное пособие для вузов. – М.: Вища школа. 1970. – 220 с.
9. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: навч. посіб. Львів: Новий Світ-2000, 2020. 230 с.
10. Гребник В.М. Расчет металлургических машин и механизмов / В.М. Гребник, Ф.К. Иванченко, В.И. Ширяев – К.: Вища школа, 1988. – 448 с.
11. Шеремет В.О. Охорона праці на гірничо-метелургійному комбінаті: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Пороги, 2003. – 387 с.

## ЗГОДА

### здобувача(чки) вищої освіти

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

Я, *Ганін Анатолій Дмитрович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «*Розробка механізму каткування шлаковозу ШТД-16,5 5 з внутрішнім зубчастим зачепленням сектора Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг»*» 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).

07.06.2025



---



---

(ініціали, прізвище, власноруч)