

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКЛАВРА

Богуненко Вадим Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Розробка пари «гвинт-гайка» для механізму кантування шлаковозу ШТД-16,5 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 д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Засельський В. Й.

(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)

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)

Богуненко Вадим Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Розробка пари «гвинт-гайка» для механізму кантування шлаковозу ШТД-16,5 Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Засельський В. Й., д.т.н., професор

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 242-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 кресленик 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	Засельський В. Й., професор	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Засельський В. Й., професор	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Засельський В. Й., професор	 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)

Богуненко В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Засельський В. Й.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. арк.	№ екз.	Примітка
1						
2			<u>Документація загальна</u>			
3						
4			<u>Заново розроблена</u>			
5						
6	A1	КРБ.133.25.05.00.00.000.В0	Кресленик загального виду	1	-	
7	A4	КРБ.133.25.05.ПЗ	Пояснювальна записка	42	-	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

					133.25.05.КРБ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підп.	Дата	Шлаковоз ШТД-16,5 Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богуненко		07.06.25		Б		1
Перевірив		Засельський		12.06.25				
Н.контр.		Засельський		13.06.25				
Затвердив		Засельський		14.06.25				

Копіював

Формат А4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 42 стор., 11 рис., 4 табл., 1 додаток, 12 джерел.

Об'єкт розробки — механізм кантування чаші шлаковозу.

Мета розробки — підвищення надійності, скорочення витрат на обслуговування і ремонт за рахунок заміни спеціального черв'ячне-циліндричного редуктора на стандартний трьохступеневий циліндричний з окремо встановленою передачею гвинт-гайка для усунення самовільного кантування чаші 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 чаші шлаковозу, розроблена конструкція механізму із застосуванням окремо стандартного циліндричного редуктора та самогальмівної передачі гвинт-гайка.

Запропонована конструкція дозволить зменшити витрати на обслуговування та ремонт шлаковозів за рахунок застосування простішого механізму кантування з окремим стандартним циліндричним редуктором і самогальмівною передачею типу гвинт-гайка.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації шлаковозу.

Ключові слова: чаша, шлаковоз, передача гвинт-гайка, механізм кантування.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
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	14
1.5 Передбачувані причини недоліків	14
1.6 Постановка задачі	15
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	16
2.1 Літературно-патентний огляд.....	16
2.2 Пропозиції по модернізації.....	23
2.3 Переваги пропонованої конструкції	25
2.4 Розрахунки по модернізації.....	25
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	34
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників.....	34
3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників	37
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41
ДОДАТКИ	42

ВСТУП

Металургійна промисловість традиційно посідає важливе місце в структурі національної економіки, забезпечуючи сировиною інші ключові галузі: машинобудування, транспорт, будівництво, енергетику. Водночас сучасні умови функціонування підприємств чорної металургії характеризуються підвищеними вимогами до економічної ефективності, ресурсозбереження та екологічної безпеки. Поглиблення глобальної конкуренції, обмеженість якісної сировинної бази, високі витрати на енергоресурси та підвищення екологічних стандартів зумовлюють необхідність оптимізації усіх стадій виробничого процесу — від підготовки сировини до транспортування та переробки побічних продуктів.

Однією з ключових проблем, яка безпосередньо впливає на собівартість кінцевої продукції в металургійному виробництві, є значні витрати на утримання та експлуатацію допоміжного технологічного обладнання. Особливо гостро ця проблема постає на підприємствах доменного циклу, де технічні засоби працюють у складних умовах високих температур, інтенсивного теплового та абразивного впливу, що призводить до швидкого зносу обладнання, необхідності частих ремонтів та простоїв. Це, у свою чергу, не лише збільшує експлуатаційні витрати, але й знижує загальну продуктивність агрегатів та впливає на ритмічність роботи цехів.

Досвід експлуатації металургійного обладнання свідчить, що одними з найбільш ресурсомістких та витратних одиниць у доменному цеху є шлаковози — спеціалізовані агрегати, призначені для приймання, транспортування, тимчасового зберігання та часткової обробки доменного шлаку. Умови їхньої роботи надзвичайно складні: шлак має високу температуру, агресивний хімічний склад і значну масу, що створює додаткові навантаження на конструктивні елементи машин. Унаслідок цього шлаковози характеризуються високою частотою виходу з ладу, підвищеною потребою в обслуговуванні та частотою заміною деталей і вузлів.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

Шлаковоз типу ШТД-16,5 використовується для приймання рідкого доменного шлаку, що надходить безпосередньо з печі, з подальшим його транспортуванням до місць накопичення, охолодження чи переробки. Переміщення даної технічної одиниці здійснюється залізничними коліями за допомогою локомотивної тяги, що забезпечує ефективне включення шлаковозів у загальну логістику доменного виробництва. Основною сферою використання даного обладнання є металургійні комбінати, зокрема доменні цехи, де необхідне постійне й безпечне вивезення високотемпературного шлаку після завершення процесу випуску з печі. [1]

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

Технічна характеристика шлаковоза ШТД-16,5 наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Технічна характеристика шлаковозу ШТД-16,5

Найменування показників, одиниці вимірювання	Чисельні значення
Місткість чаші, м ³	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 подано загальний вигляд сучасної конструкції шлаковоза моделі ШТД-16,5, який використовується в доменному виробництві для транспортування розплавленого шлаку від печі до місць його охолодження або подальшої утилізації. Основними елементами цієї машини є металева чаша 1, опорне кільце 2, механізм повороту чаші 3, несуча рама 4, кінцеві автозчепи 5 та два двовісні візки 6, які забезпечують переміщення агрегату по залізничних коліях. Для забезпечення стійкості шлаковоза під час зливу шлаку на ді-

лянках з нерівномірним навантаженням чи під кутом, конструкція обладнана кліщовими захватами 7, що фіксують його положення шляхом жорсткого з'єднання з рейками.

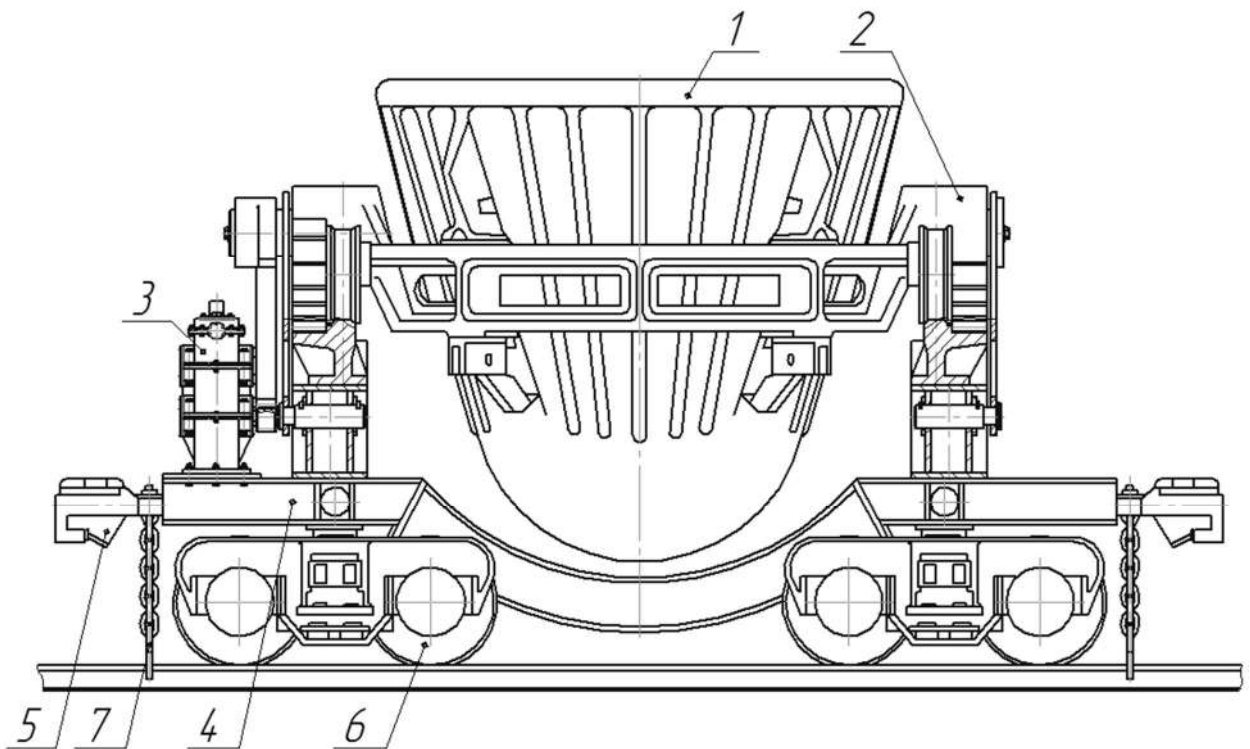


Рис. 1.1. Загальний вид існуючої конструкції шлаковоза ШТД-16,5

Джерело: розроблено із використанням [3]

Робоча чаша шлаковоза має форму усіченого конуса із сферичним дном, виготовляється методом лиття зі сталі підвищеної жаростійкості — як вуглецевої, так і легованої. На її зовнішній опорній поверхні передбачено по чотири заглиблення, що забезпечують точне позиціонування чаші на опорному кільці під час експлуатації. У нижній частині чаші розміщені упорні площадки, за допомогою яких вона додатково фіксується при кантуванні.

Опорне кільце, зображене на рис. 1.2, служить конструктивною основою для встановлення чаші на раму агрегату. На його бокових цапфах розміщено ролики (катки), які виготовлені одночасно з литими шестернями. Через ці елементи навантаження від чаші передається на несучу раму шлаковоза. Шестерні, у свою чергу, зчіплюються із зубчастими сегментами, жорстко за-

кріпленими на вертикальних стойках конструкції, що дозволяє реалізувати механізм повороту чаші.

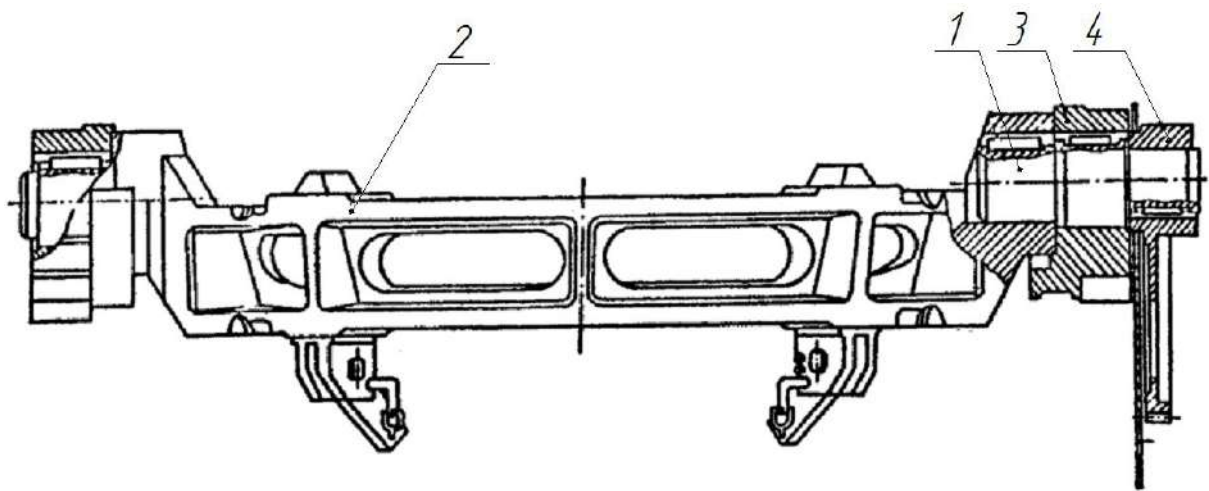


Рис. 1.2. Опорне кільце чаші шлаковоза

Джерело: розроблено із використанням [3]

Одна з цапф опорного кільця оснащена зубчастим сектором 4, що з'єднаний із валом-шестернею, яка входить до складу редуктора системи повороту чаші. На рис. 1.3 подано вигляд цього механізму, а на рис. 1.4 — його кінематичну схему. Передача крутного моменту починається з фланцевого електродвигуна 1, який обертає черв'ячне-циліндричний редуктор 2, після чого рух передається через консольну шестерню 3 до зубчастого сектора 4 діаметром 2180 мм, жорстко посадженого на цапфу опорного кільця 5. Останнє, у поєднанні з іншим зубчастим сегментом 7 і котком діаметром 1000 мм 8, рухається шляхом обкочування по нерухомих елементах — зубчастим 9, 10 та гладким 11 сегментам, які встановлені на опорних стойках лафета 12.

Такий принцип забезпечує одночасне переміщення всієї системи чаші з опорним кільцем у поперечному напрямку відносно осі колії — на 908 мм в кожен бік — і здійснення її повороту на кут до 118° . Стабільність міжосьової відстані (1200 мм) між віссю цапфи й віссю вихідного вала редуктора збері-

гається завдяки спеціальним водилам 13, які закріплені з одного боку на цапфах, а з іншого — на осях лафета 14.

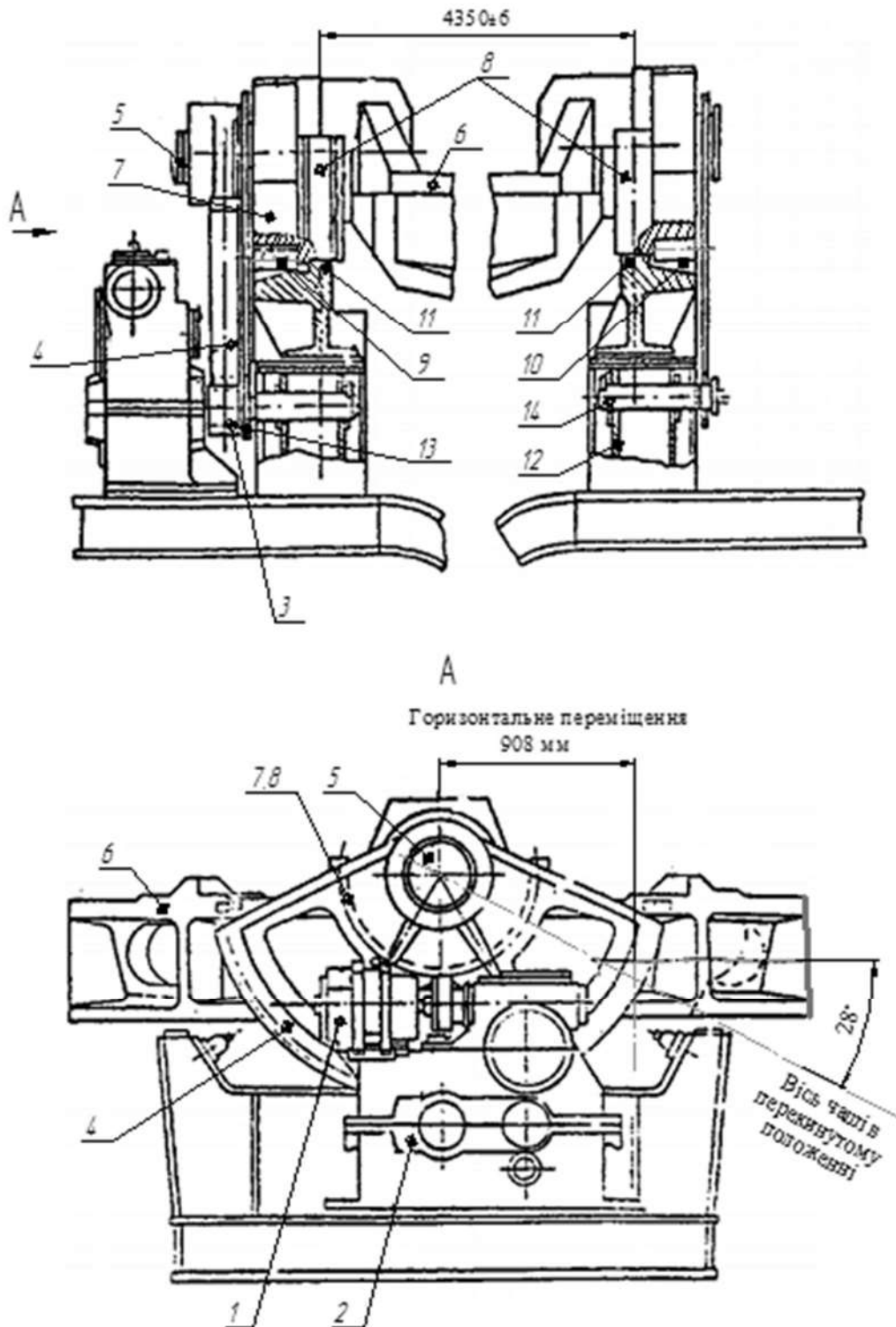


Рис. 1.3. Привод кантивання чаші шлаковоза

Джерело: розроблено із використанням [3]

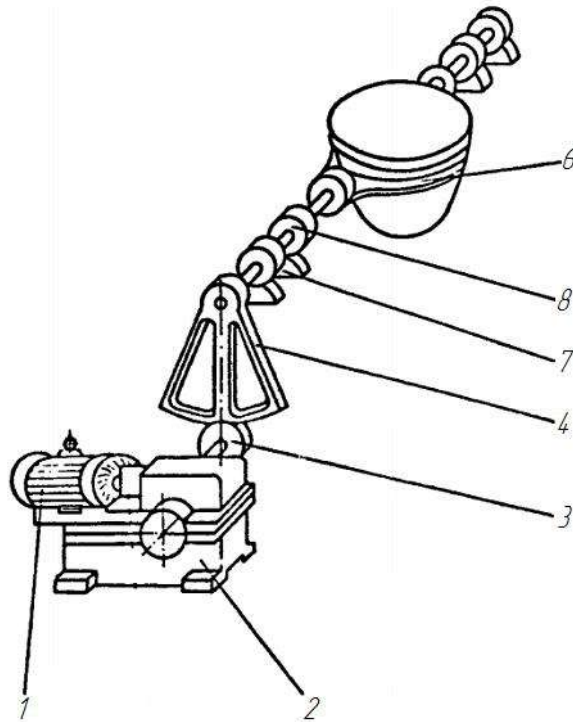


Рис. 1.4. Кінематична схема привода кантування шлаковоза

Джерело: розроблено із використанням [3]

Кінематичне, система працює таким чином: електродвигун 1 через редуктор 2 передає обертальний рух на шестерню 3, яка, зчіплюючись із зубчастим сектором 4, обертає його, внаслідок чого починає обертатися опорне кільце 6 з чашею. При цьому завдяки взаємодії катків 8 і зубчастих сегментів 7 утворюється складний обертальне-поступальний рух, що забезпечує плавне й контрольоване кантування. Такий механізм працює за принципом планетарної передачі, де обертання одного елемента зумовлює обертання й переміщення всього вузла.

Несуча рама шлаковоза виконується у вигляді звареної жорсткої металоконструкції, яка рівномірно розподіляє навантаження на ходові візки. По торцях рами встановлено автозчепи типу СА-3, які забезпечують можливість включення шлаковоза до складу залізничного потяга та його транспортування стандартними шляхами металургійного підприємства. [3]

1.4 Аналіз недоліків

В процесі експлуатації шлаковозів ШТД-16,5 виявляються характерні техніко-економічні недоліки, що негативно впливають як на загальну ефективність транспортного процесу, так і на стабільність технологічного ланцюга в цілому. Найбільш помітною проблемою є надмірна вартість технічного обслуговування та ремонтів, що пов'язано з необхідністю регулярної заміни окремих елементів конструкції, особливо механізмів повороту чаші. Також слід відзначити високі енергетичні витрати, які супроводжують як транспортування шлаку, так і виконання операцій з його зливу. Окрім того, значною вадою є тривалі строки виконання ремонтних операцій, які часто вимагають зупинки обладнання на тривалий період. Це, у свою чергу, знижує загальну продуктивність доменного цеху.

1.5 Передбачувані причини недоліків

Основні причини, що призводять до згаданих недоліків у роботі шлаковозів ШТД-16,5, мають як конструктивний, так і експлуатаційний характер. Застосування важких механізмів обертання з редуктором спеціальної конструкції зумовлює підвищене енергоспоживання, особливо при кантуванні завантаженого шлаком агрегату. Складність конструкції, велика кількість зварних і зчленованих вузлів, а також недостатній рівень уніфікації окремих елементів спричиняють значні труднощі при демонтажі та заміні зношених частин. Це значно збільшує час простою обладнання, ускладнює планування технічного обслуговування та вимагає участі великої кількості технічного персоналу.

1.6 Постановка задачі

Метою роботи є підвищення надійності, скорочення витрат на обслуговування і ремонт за рахунок заміни спеціального черв'ячне-циліндричного редуктора на стандартний трьохступеневий циліндричний з окремо встановленою передачею гвинт-гайка для усунення самовільного кантування чаші при транспортуванні.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз науково-технічної літератури та патентних джерел з метою виявлення існуючих технічних рішень, що стосуються розв'язання аналогічної інженерної задачі;
- оцінити доцільність використання знайдених рішень для вдосконалення конструкції механізму перекидання шлаковозних чаш;
- спроектувати нову конструкцію механізму, позбавлену виявлених недоліків існуючих аналогів;
- виконати інженерні розрахунки для обґрунтування працездатності розробленої конструкції;
- розробити креслення запропонованого механізму;
- передбачити та обґрунтувати заходи щодо забезпечення безпечних умов виробництва при впровадженні розробки.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно-патентний огляд

Відомий шлаковоз [4], конструкція якого показана на рис. 2.1., на рис. 2.2. – конструкція механізму кантування чаші шлаковоза.

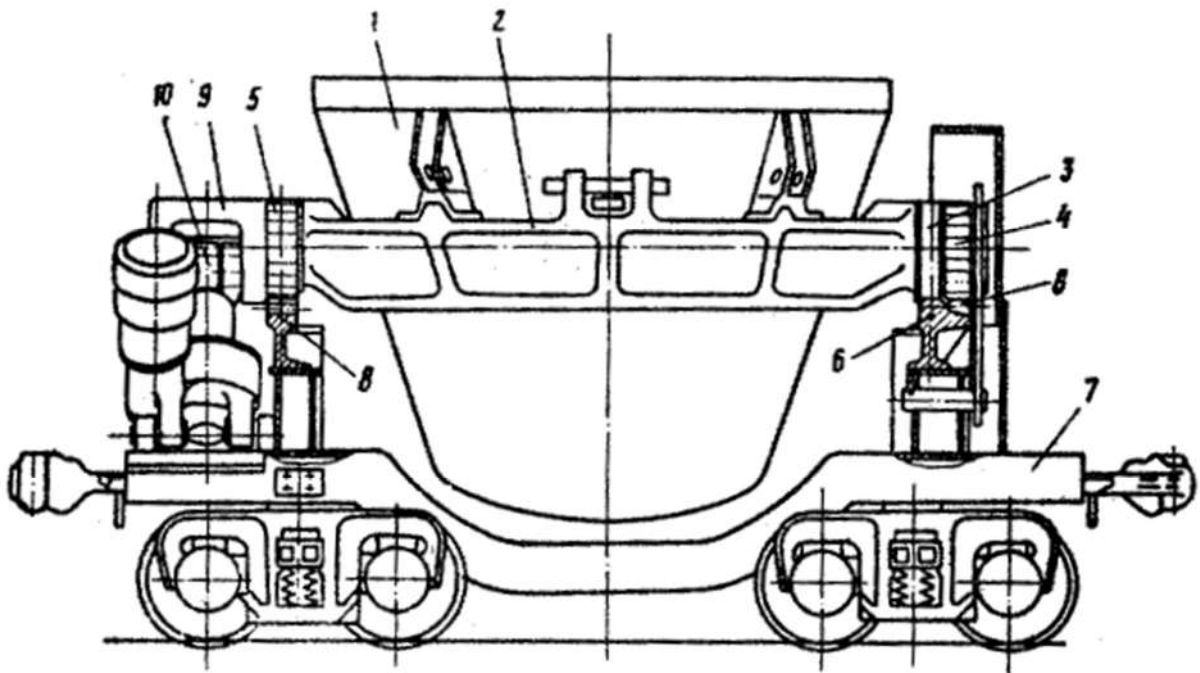


Рис. 2.1. Конструкція шлаковоза

Джерело: розроблено із використанням [4]

Чаша 1 встановлена в кільці 2, на якому з однієї сторони закріплений циліндричний коток 3 із зубчатим вінцем 4, а з іншої – шестерня 5 з такими ж параметрами зачеплення без котка. Коток 3 із зубчатим вінцем 4 взаємодіють з плоскою направляючою 6, встановленою на рамі 7 шлаковоза і оснащеною зубчатою рейкою 8.

Шестерня 5 взаємодіє із зубчатою рейкою 8, встановленою на протилежній стороні рами 7 шлаковоза. На кривошипі 9 шестерні 5, зміщеному від її осі в напрямку до днища чаші на величину, меншу величини радіуса

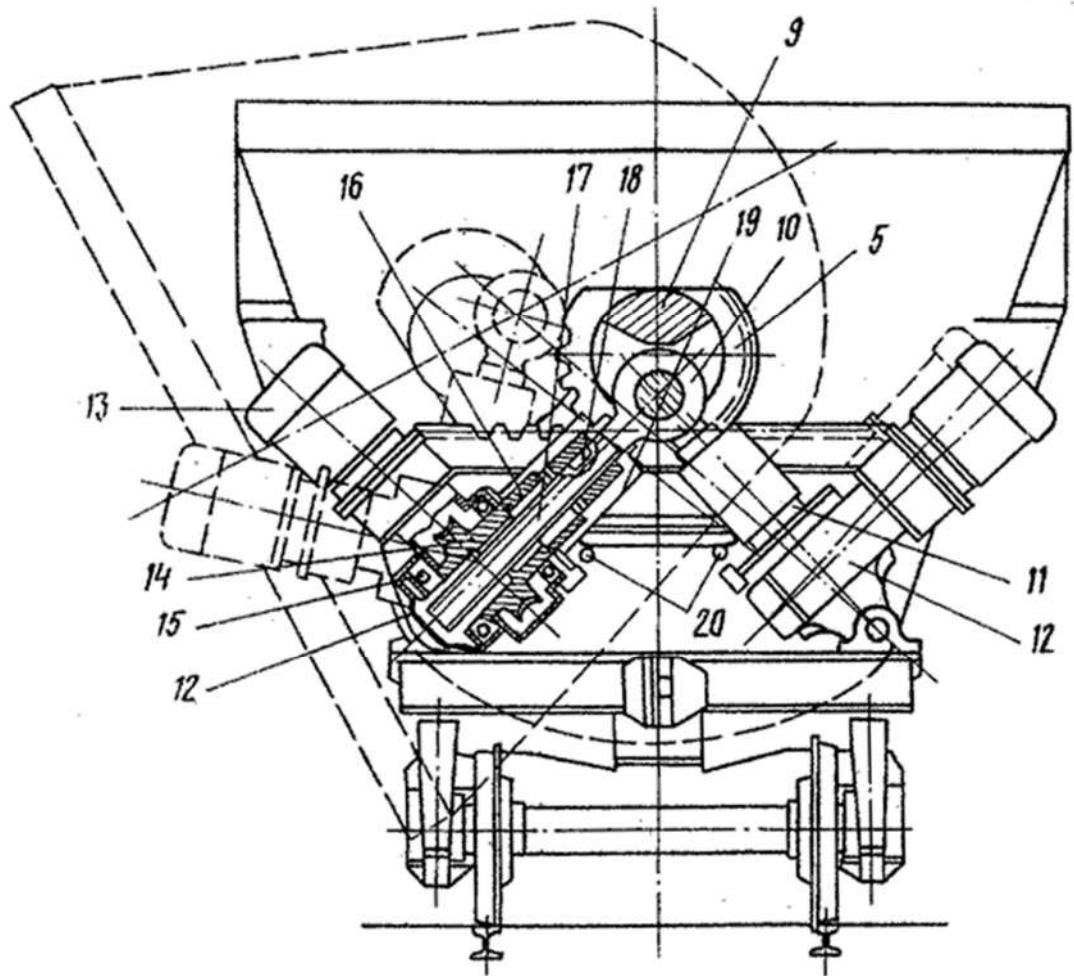


Рис. 2.2. Конструкція механізму кантування чаші шлаковоза

Джерело: розроблено із використанням [4]

шестерні 5, насаджені провусини 10 двох гвинтових приводів 11, корпуси 12 яких закріплені симетрично на взаємно протилежних сторонах рами 7 шлаковоза. Довжина гвинтового привода 11 між провусинами 10, ексцентриситет кривошипа 9 і координати кріплення гвинтових приводів 11 на рамі 7 вибираються таким чином, щоб зміщення шестерні 5 відносно зубчатої рейки 8 було мінімальним. Кожен гвинтовий привод 11 складається з електродвигуна 13, який передає обертання колесу 14, встановленому на підшипниках 15 в корпусі 12 і несе в собі дві гайки 16, одна з яких являється робочою, інша встановлена над корпусом 12 із зазором і є резервною. Гвинт 17, який має самогальмівну різьбу 18 і телескопічний захист 19, утримується від обертан-

ня провушиною 10, надітою на кривошип. На корпусі 12 привода 11 встановлені кінцеві вимикачі 20. Підведення електроенергії до кожного привода 11 здійснюється зі свого штепсельного роз'єму, встановленого на відповідній стороні рами. Електросхема обох приводів зблокована так, що вмикання даного привода 11 можливе тільки після вимкнення парного привода своїм кінцевим вимикачем.

Шлаковоз працює наступним чином. При кантуванні шлакової чаші 1 вліво вмикається правий штепсельний роз'єм і натискається кнопка кантування. Якщо лівий привод 11 був зупинений своїм кінцевим вимикачем 20, то ланцюг правого привода 11 готова до роботи і двигун 13 буде ввімкнений при нерухомому лівому приводі 11. Якщо лівий привод 11 був зупинений від кнопки стоп, не дійшовши до крайнього положення, ланцюг правого привода 11 залишається розірваним і буде ввімкнений лівий двигун 13 на опускання, і тільки після спрацювання кінцевого вимикача лівого привода 11 ввімкнеться правий привод. Під час роботи правого привода 11 його робоча гайка 16, обертаючись приводить в поступальний рух гвинт. Резервна гайка 16 обертається разом з робочою, але не маючи упора, не впливає на гвинт 17. При висуненні гвинта 17 правого привода 11 кривошип 9 переміщується по дузі кола, що задається нерухомим приводом 11 як радіусом. Зачіплюючись із нерухомою зубчатою рейкою 8, шестерня 5 повертає опорне кільце 2 з чашею 1, одночасно переміщуючись до краю шлаковоза. Коток 3 із зубчатим вінцем 4 на протилежній, не приводній стороні опорного кільця 2, взаємодіючи з направляючою і її зубчатою рейкою 8, забезпечує відсутність перекосу в горизонтальній площині. Центр шестерні 5 переміщується по траєкторії, близькій до прямої, тому перекіс у вертикальній площині відносно поперечної осі буде незначним. Зупинка чаші 1 в будь-якому положенні при натисненні кнопки стоп забезпечується за рахунок самогальмування гвинта 17. У випадку руйнування гвинтом 17 робочої гайки 16 вибираються осьові зазори і вступає в роботу резервна гайка. Одночасно з цим вмикається сингал про відмову робочої гайки.

Така конструкція механізму кантування шлакової чаші є більш надійною, проте занадто складною, а отже її працездатність залежить від працездатності окремої деталі, що призведе до збільшення витрат на обслуговування і ремонт.

Відомий також шлаковоз [5], конструкція якого з перетинами показана на рис. 2.3.

Шлаковоз складається з рами 1, до якої приварені упори 2, опорного кільця 3 з чашею 4 і цапфою 5, що двома шарнірами 6 і 7 зв'язана відповідно з важелями 8 і 9, лежачими на направляючих 10 і 11 відповідно, а третім шарніром 12 зв'язана з вертикальними приводними гвинтами 14 і 15. Привод гвинтів 14 і 15 здійснюється від трьохступеневого редуктора 16 з фланцевим електродвигуном 17, шарнірно закріпленим на рамі 1 за допомогою шарніра 18. На рамі 1 встановлені електромеханічний штовхач 19 зі штоком 20, який фіксує кожен з важелів 8 і 9 в залежності від напрямку кантування.

Описаний шлаковоз працює наступним чином. Крутний момент від фланцевого електродвигуна 17 передається за допомогою трьохступеневого редуктора 16 на силові паралельні вертикальні гвинти 14 і 15, які, переміщуючись вгору, переміщують траверсу 13, шарнірну пов'язану з цапфою 5. При цьому спрацьовує електромеханічний штовхач 19 і штоком 20 фіксує один з важелів 8 або 9. Кантування здійснюється навколо шарніра 6 або 7 цапфи 5, важіль якого зафіксований в даний момент. При необхідності електромеханічний привод може бути замінений на гідравлічний або пневматичний.

Така конструкція дозволить забезпечити високу надійність і точність кантування чаші з рідким розплавленим шлаком, запобігти самовільне кантування чаші в транспортному положенні, збільшити термін служби шлаковозів в 1,5 разів. Проте ця конструкція є занадто складною і має низький ККД, що призведе до перевитрат електроенергії через необхідність застосування приводного електродвигуна більшої потужності.

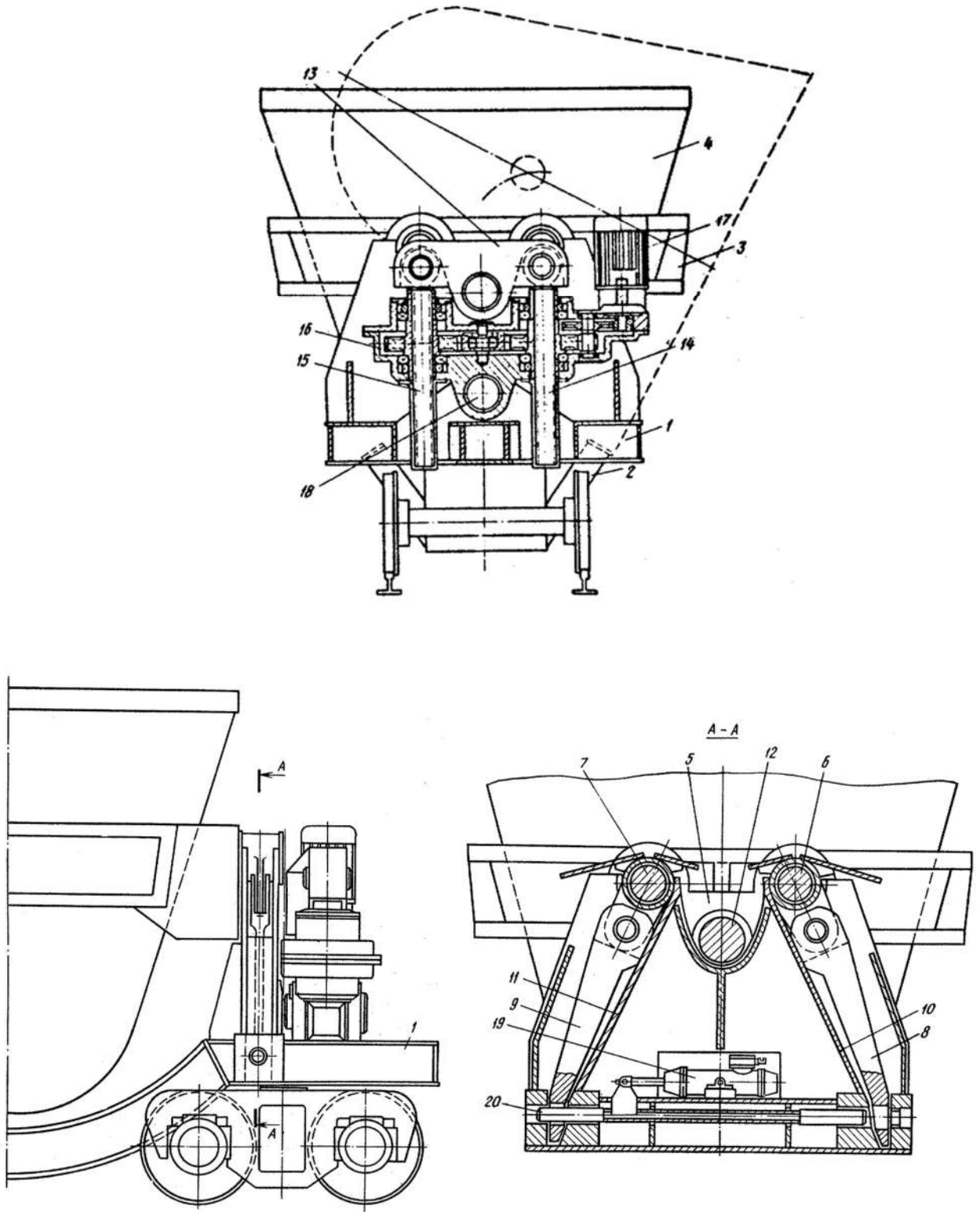


Рис. 2.3. Конструкція шлаковоза

Джерело: розроблено із використанням [5]

Відомий механізм кантування чаші шлаковоза [6], конструкція якого показана на рис. 2.4.

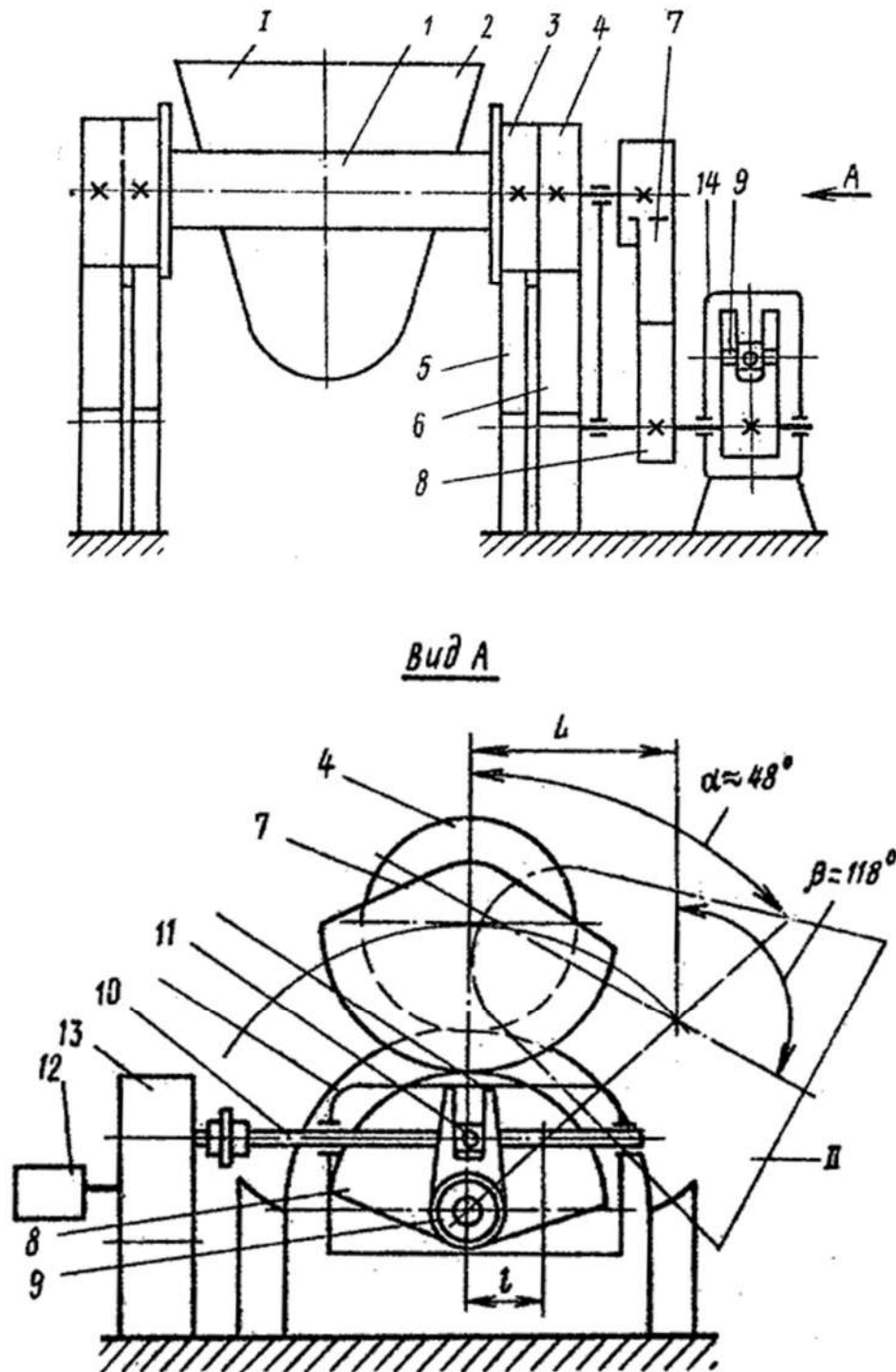


Рис. 2.4. Конструкція механізму кантування чаші шлаковоза

Джерело: розроблено із використанням [6]

Механізм кантування складається з опорного кільця 1, на яке встановлюється чаша 2, котка 3 і зубчатого сектора 4, жорстко зв'язаних з опорним кільцем, циліндричної направляючої 5 і зубчастого сектора 6, нерухомо закріплених на рамі шлаковоза, веденого зубчатого сектора 7, жорстко закріпленого на опорному кільці, відомого зубчатого сектора 8, жорстко закріпленого на валу кривошипа 9, самогальмівного гвинтового шпинделя 10, шпindelної гайки 11 з цапфами і повзунами або роликами, електродвигуна 12, стандартного редуктора 13 і кожуха 14.

Механізм працює наступним чином. При ввімкненні електродвигуна 12 через редуктор 13 гвинтовий шпиндель 10 починає обертатись і приводить в рух шпindelну гайку 11, на бокових цапфах якої за допомогою повзунів або роликів повертається кривошип 9 з пазом. Кривошип 9 повертаючись, починає повертати жорстко закріплений на валу ведучий зубчатий сектор 8, котрий в свою чергу повертає ведений зубчатий сектор 7 (з передаточним числом наприклад 1,4), який, повертаючись, починає обертати опорне кільце 1 і чашу 2 разом з котком 3 і зубчатим сектором 4. Оскільки зубчатий сектор 4 знаходиться в зачепленні з нерухомим зубчатим сектором 6, система, що включає чашу і опорне кільце з котками і зубчатими секторами, розташованими по діаметрально протилежним його сторонам, починає обкочуватись по дузі навколо сектора 6. При цьому коток 3 котиться по направляючій 5. Після переміщення гайки по гвинтовому шпинделю на величину l кривошип з сектором повернеться на кут $\alpha = 8^\circ$, при цьому чаша переміститься на величину $L = 930$ мм і повернеться на кут $\beta = 118^\circ$, з положення I в положення II. Після повороту системи на заданий кут β кінцевий вимикач вимикає електродвигун. Реверсуванням електродвигуна вона повертається у вихідне положення.

Застосування такого механізму кантування дозволить виключити можливість самовільного кантування чаші та збільшити надійність і довговічність шлаковоза в цілому. Проте застосування гвинтового шпинделя є недоцільним і призводить до зниження надійності всього механізму кантування.

2.2 Пропозиції по модернізації

Пропонована конструкція шлаковоза ШТД-16,5 показана на рис. 2.5 і 2.6.

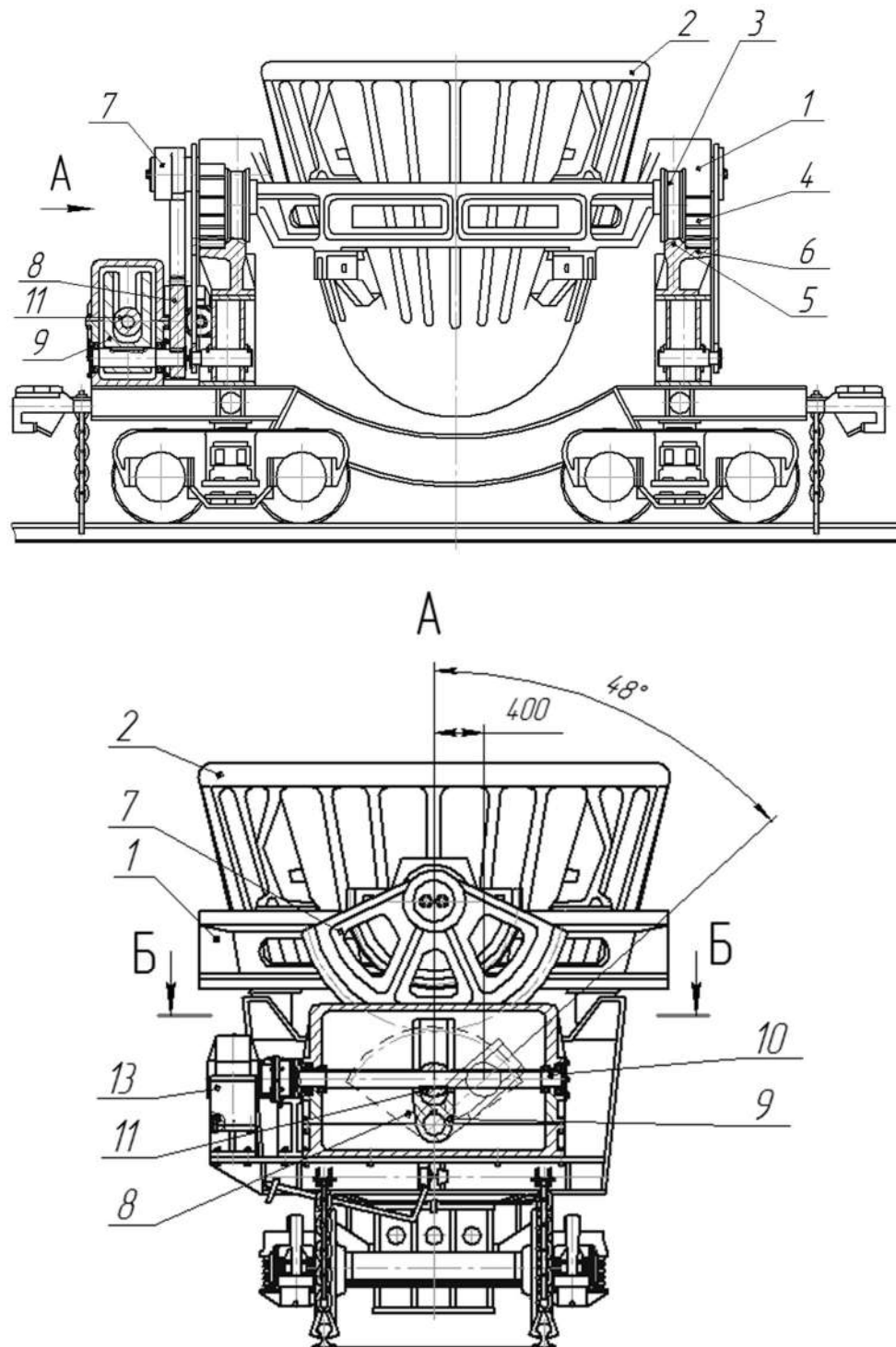


Рис. 2.5. Пропонована конструкція шлаковоза ШТД-16,5
(розроблено автором)

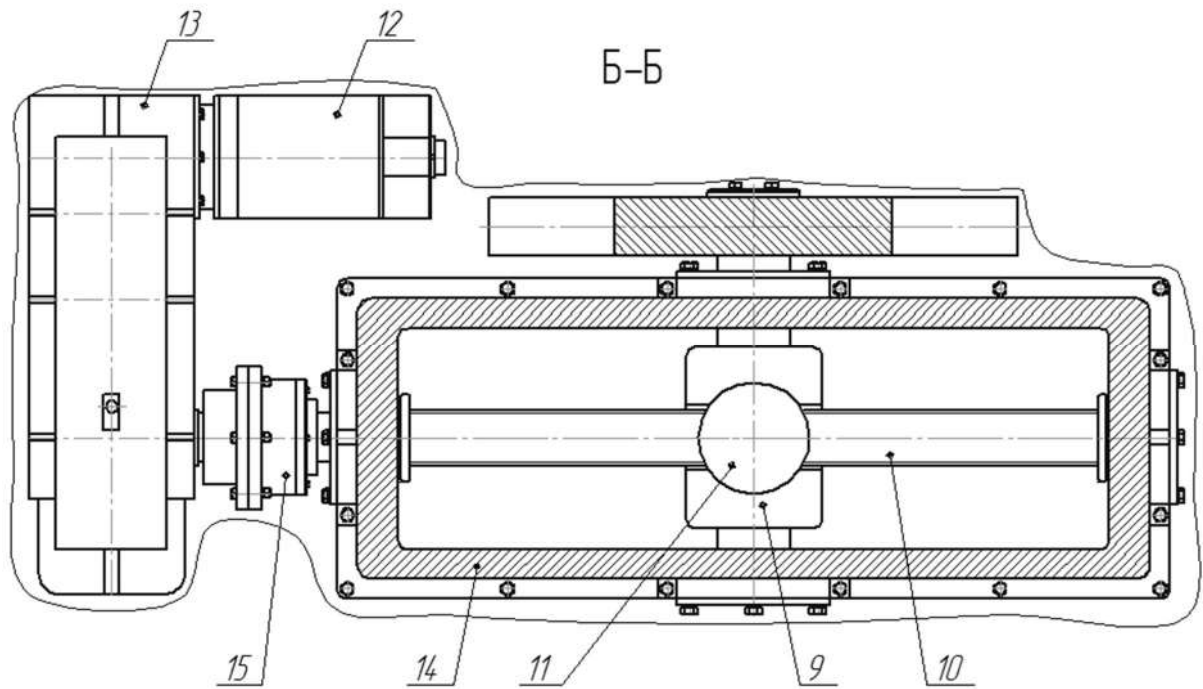


Рис. 2.5, аркуш 2

Шлаковоз складається з опорного кільця 1, на яке встановлюється чаша 2, котка 3 і зубчатого сектора 4, жорстко зв'язаних з опорним кільцем, циліндричної направляючої 5 і зубчастого сектора 6, нерухомо закріпленого на рамі шлаковоза, веденого зубчатого сектора 7, ведучого зубчатого сектора 8, жорстко закріпленого на валу кривошипа 9, самогальмівного гвинтового вала 10, сферичної гайки 11 з бронзи, електродвигуна 12, стандартного трьохступеневого циліндричного редуктора 13 і кожуха 14 гвинтової передачі, а також зубчатої муфти 15.

Механізм кантування пропонованого шлаковоза працює наступним чином. При ввімкненні електродвигуна 12 через редуктор 13 гвинтовий вал 10 починає обертатись і приводить в рух бронзову сферичну гайку 11, яка в свою чергу повертає кривошип 9. Кривошип 9 повертаючись, починає повертати жорстко закріплений на тому ж валу ведучий зубчатий сектор 8, котрий в свою чергу повертає ведений зубчатий сектор 7 (з передаточним числом 1,4), який, повертаючись, починає обертати опорне кільце 1 і чашу 2 разом з котком 3 і зубчатим сектором 4. Оскільки зубчатий сектор 4 знаходиться в

зачепленні з нерухомим зубчатим сектором 6, система, що включає чашу і опорне кільце з котками і зубчатими секторами, розташованими по діаметрально протилежним його сторонам, починає обкочуватись по дузі навколо сектора 6. При цьому коток 3 котиться по направляючій 5. Після переміщення гайки по гвинтовому валу 10 на величину 400 мм кривошип з сектором повернеться на кут 48° , при цьому чаша переміститься на величину 930 мм і повернеться на кут 118° . Після повороту системи на заданий кут кінцевий вимикач вимикає електродвигун. Реверсуванням електродвигуна чаша повертається у вихідне положення.

2.3 Переваги пропонованої конструкції

Розроблений шлаковоз із застосуванням механізму кантування, який складається з трьохступеневого циліндричного стандартного редуктора і окремо закритої в корпусі передачі гвинт-гайка з кривошипом, дасть можливість підвищити надійність механізму кантування зокрема, і шлаковоза в цілому, а також дозволить уникнути можливість самовільного перекидання чаші шлаковоза при транспортуванні.

2.4 Розрахунки по модернізації

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

- загальне передавальне число існуючого привода $i_{пр}$, од. 4740,4;
- частота обертання чаші при кантуванні $n_ч$, об/хв 0,22;
- крутний момент кантування чаші $M_ч$, кН·м 537,6;
- максимальний кут кантування чаші β , $^\circ$ 118;
- час кантування чаші на максимальний кут $t_ч$, с 90.

Визначимо кутову швидкість обертання чаші при кантуванні

$$\omega_{\text{ч}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{ч}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 0,22}{30} = 0,023 \text{ с}^{-1}. \quad (2.1)$$

Кінематичний і силовий аналіз

Розрахункова схема привода кантування шлаковозної чаші показана на рис. 2.6. Розрахунок механізму ведемо за [7, 8].

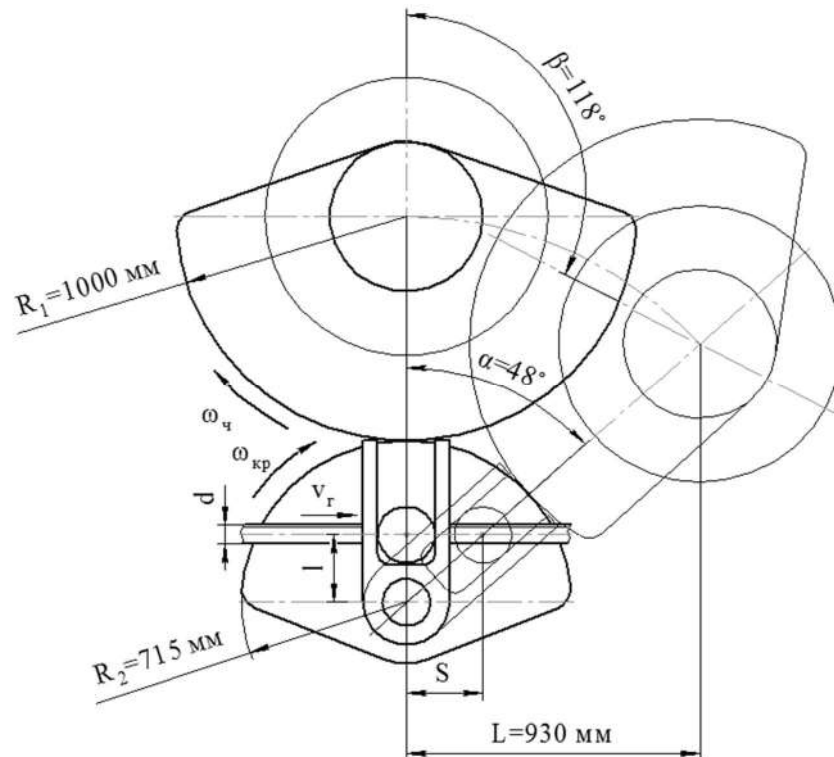


Рис. 2.6. Розрахункова схема привода кантування шлаковозної чаші
(розроблено автором)

Визначимо передаточне відношення відкритої зубчатої передачі

$$i_{\text{в.п.}} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1000}{715} = 1,4. \quad (2.2)$$

Визначимо максимальну величину переміщення гайки привода при повороті чаші на максимальний кут

$$S = l \cdot \operatorname{tg} \alpha = 360 \cdot \operatorname{tg} 48^\circ = 400 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

де l – відстань від осі кривошипа до осі приводного гвинта, конструктивно з креслення приймаємо $l = 360$ мм.

Визначимо швидкість переміщення гайки

$$v_{\Gamma} = \frac{S}{t_{\text{ч}}} = \frac{0,4}{90} = 0,0044 \text{ м/с}. \quad (2.4)$$

Визначимо крутний момент на валу кривошипа

$$M_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{ч}}}{i_{\text{в.п.}}} = \frac{537,6}{1,4} = 384 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.5)$$

Визначимо осьове зусилля на гайку передачі гвинт-гайка

$$F = \frac{M}{l} = \frac{384}{0,36} = 1066 \text{ кН}. \quad (2.6)$$

Оскільки при переміщенні гайки збільшується плече прикладення осьового зусилля, то власне зусилля зменшується, тобто визначене зусилля є максимальним і приймається для подальших розрахунків.

Схема до визначення радіального зусилля на підшипники гвинта показана на рис. 2.7.

Визначимо реакцію в точці А

$$R_A = \frac{M_{\text{кр}}}{b} = \frac{384}{0,54} = 711 \text{ кН}. \quad (2.7)$$

Визначимо вертикальну складову реакції в точці A

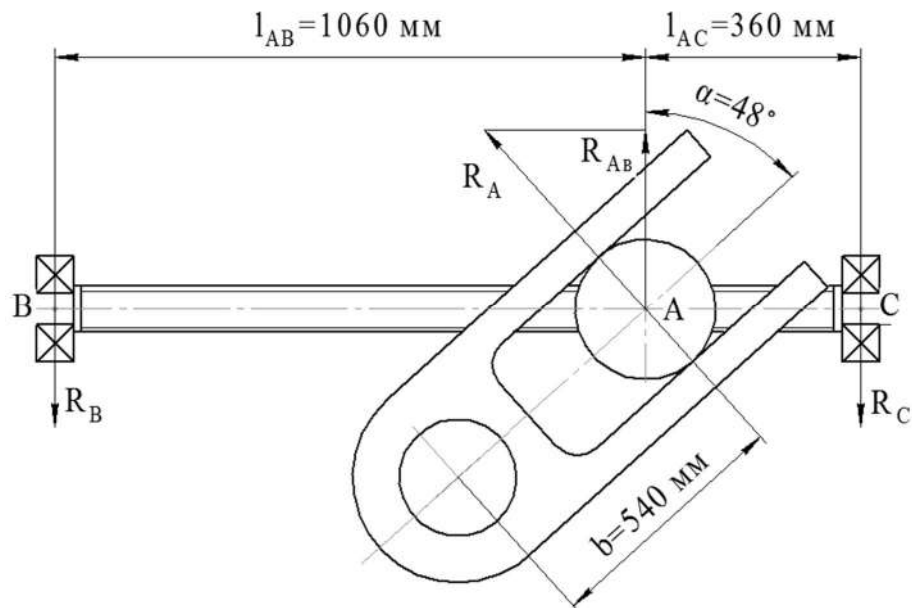


Рис. 2.7. Схема до визначення радіального зусилля на підшипники гвинта
(розроблено автором)

$$R_{AB} = R_A \cdot \sin \alpha = 711 \cdot \sin 48^\circ = 528,4 \text{ кН.} \quad (2.8)$$

З умов рівноваги

$$\sum M_B = R_{AB} \cdot l_{AB} - R_C \cdot (l_{AB} + l_{AC}) = 0; \quad (2.9)$$

$$\sum M_C = -R_{AB} \cdot l_{AC} + R_B \cdot (l_{AB} + l_{AC}) = 0. \quad (2.10)$$

Визначимо радіальні реакції в підшипниках в точці C і B відповідно

$$R_C = \frac{R_{AB} \cdot l_{AB}}{l_{AB} + l_{AC}} = \frac{528,4 \cdot 1,06}{1,06 + 0,36} = 394,44 \text{ кН;} \quad (2.11)$$

$$R_B = \frac{R_{AB} \cdot l_{AC}}{l_{AB} + l_{AC}} = \frac{528,4 \cdot 0,36}{1,06 + 0,36} = 134 \text{ кН.} \quad (2.12)$$

Оскільки кантування чаші шлаковоза може здійснюватись в обох напрямках для розрахунку підшипників приймаємо більшу реакцію.

Розрахунок потужності привода

Потужність привода визначаємо за [9].

Визначимо необхідну частоту обертання ротора електродвигуна

$$n_{дв} = n_{ч} \cdot i_{пр} = 0,22 \cdot 4740,4 = 989,9 \text{ об/хв.} \quad (2.13)$$

Визначимо необхідну потужність приводного електродвигуна механізму кантування шлаковозної чаші

$$N_{дв} = M_{ч} \cdot \omega_{ч} \cdot \eta = 537,6 \cdot 0,023 \cdot 0,855 = 10,57 \text{ кВт,} \quad (2.14)$$

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

Обираємо електродвигун постійного струму типу 4ПНМ180LY3 з потужністю 11 кВт і номінальною частотою обертання ротора 1000 об/хв [9].

Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми

Розрахунок і визначення параметрів передачі гвинт-гайка ведемо за [10]. В якості вихідних даних приймаємо матеріал гвинта – Сталь 40Х з об'ємним загартуванням, гайки – БрФ9ЖЗЛ.

Визначимо середній діаметр різьби передачі

$$d \geq \sqrt{\frac{2 \cdot F}{\pi \cdot \gamma \cdot [p]}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1066 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 2,5 \cdot 13}} = 144,5 \text{ мм,} \quad (2.15)$$

де 10^3 – коефіцієнт переводу кН в Н; γ – коефіцієнт висоти головки гайки, для цільних гайок $\gamma = 1,2 \dots 2,5$; $[p]$ – допустимий тиск в різьбі, для гвинтової пари загартована сталь – бронза $[p] = 13$ МПа.

За ГОСТ 24737-81 з метою забезпечення самогальмування обираємо різьбу трапецеїдальну одно заходову Tr150x10 з номінальним діаметром $d = 150$ мм і кроком $P = 10$ мм.

Визначимо частоту обертання гвинта при заданій швидкості переміщення гайки

$$n_{\text{ГВ}} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{P \cdot n_p} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0,0044}{10 \cdot 1} = 26,4, \quad (2.16)$$

де $60 \cdot 10^3$ – коефіцієнт переводу мм/с в м/хв; n_p – кількість заходів різьби.

Визначимо кут підйому гвинтової лінії по середньому діаметру різьби

$$\psi = \arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d}\right) = \arctg\left(\frac{10}{3,14 \cdot 150}\right) = 1,216^\circ. \quad (2.17)$$

Визначимо крутний момент гвинта передачі

$$M_{\text{ГВ}} = F \cdot \frac{d}{2} \cdot \text{tg}(\psi + \rho) = 1066 \cdot \frac{0,2}{2} \cdot \text{tg}(1,216^\circ + 6,85^\circ) = 15,1 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.18)$$

де ρ – кут тертя у гвинтовій парі, у парі загартована сталь – бронза без олова $\rho = 6,85^\circ$.

Передаточне число гвинтової пари складає

$$i_{\text{ГВ.п.}} = \frac{\pi \cdot d}{P \cdot n_p} = \frac{3,14 \cdot 150}{10 \cdot 1} = 47,1. \quad (2.19)$$

Для з'єднання гвинта з вихідним валом приводного редуктора застосуємо муфту зубчасту 18000-180-Н, для якої максимальний крутний момент $M_M = 18000 \text{ Н} \cdot \text{м}$, посадочний діаметр $d_M = 180 \text{ мм}$ [7].

Визначимо необхідне передаточне число приводного редуктора

$$i_{\text{ред}} = \frac{n_{\text{ДВ}}}{n_{\text{ГВ}}} = \frac{1000}{26,4} = 37,88. \quad (2.20)$$

Для передачі крутного моменту від електродвигуна до гвинта передачі гвинт-гайка встановлюємо редуктор типу ЦЗУ-400Н, для якого максимальний крутний момент на вихідному валу $M_{\text{ред.вих}} = 16000 \text{ Н} \cdot \text{м}$, загальна міжосьова відстань $a_{\text{ред}} = 810 \text{ мм}$ [7].

Вибір підшипників вала гвинта здійснюємо за [11]. Приймаємо, що опори вала гвинта складаються з упорних і радіальних підшипників. Упорні підшипники сприймають виключно осьове навантаження, радіальні – радіальне.

В якості опор вала гвинта від осьового навантаження передбачаємо застосувати шарикопідшипник упорний однорядний серії – 8432, для якого статична вантажопідйомність $C_0=1000 \text{ кН}$, динамічна вантажопідйомність $C = 500 \text{ кН}$. Приймаємо задану довговічність підшипників $L_3=400 \text{ годин}$.

Визначимо кутову швидкість обертання вала гвинта

$$\omega_{\text{ГВ}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{ГВ}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 26,4}{30} = 2,76 \text{ с}^{-1}. \quad (2.21)$$

Так як підшипник не сприймає радіальне навантаження, визначимо довговічність обраних упорних підшипників

$$L_{\text{уп}} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{573 \cdot \omega_{\text{ГВ}}} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^3, \quad (2.22)$$

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

$$L_{\text{уп}} = 1 \cdot 0,8 \cdot \frac{10^6}{573 \cdot 2,76} \cdot \left(\frac{1000}{1066}\right)^3 = 417,6 \text{ годин,}$$

$$L_{\text{уп}} = 417,6 \text{ годин} > L_3 = 400 \text{ годин.}$$

Обрані підшипники придатні до роботи.

В якості радіальних опор вала гвинта приймаємо підшипники шарикові радіальні однорядні серії 332, для яких статична вантажопідйомність $C_0=476$ кН, динамічна вантажопідйомність $C = 485$ кН

Так як зазначені підшипники не сприймають осьового навантаження, то $X = 1$; $Y = 0$.

Визначимо еквівалентне навантаження на підшипник

$$P_C = V \cdot X \cdot R_C \cdot K_\delta \cdot K_T = R_C \cdot K_\delta \cdot K_T; \quad (2.23)$$

$$P_A = 395 \cdot 1,3 \cdot 1 = 513,5 \text{ кН,}$$

де V – коефіцієнт обертання кільця, при обертанні внутрішнього кільця $V = 1$; K_δ – коефіцієнт безпеки, що враховує динамічне навантаження, приймаємо $K_\delta = 1,3$; K_T – температурний коефіцієнт, при робочій температурі менше, ніж 100°C , $K_T = 1$.

Визначимо довговічність обраних підшипників

$$L_{\text{рад}} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{573 \cdot \omega_{\text{ГВ}}} \cdot \left(\frac{C}{P_A}\right)^3; \quad (2.24)$$

$$L_{\text{рад}} = 1 \cdot 0,8 \cdot \frac{10^6}{573 \cdot 2,76} \cdot \left(\frac{476}{513,5} \right)^3 = 403 \text{ години.}$$

$$L_{\text{рад}} = 403 \text{ годин} > L_3 = 400 \text{ годин.}$$

Обрані підшипники придатні до роботи.

Визначимо зовнішній діаметр гайки гвинтової передачі [7]

$$D_{\Gamma} = \sqrt{\frac{5,2 \cdot F}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2} = \sqrt{\frac{5,2 \cdot 1066 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 50} + 150^2} = 240 \text{ мм.} \quad (2.25)$$

З розрахунків видно, що запропонована конструкція придатна до роботи.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

На ливарному дворі доменної печі одночасно перебуває до 30 працівників. До їх складу входять оператори, які керують машинами для відкриття та закриття чавунних льоток, а також обслуговуючий персонал — слюсарі, ремонтники, горнові. Час від часу присутні й інженерно-технічні працівники. Габарити приміщення складають: ширина - 65 м, довжина - 115 м, висота – 30 м, що забезпечує робочу площу 7475 м² та об'єм 224250 м³. Згідно з нормативними вимогами, площа на одного працівника має бути не менше 15 м², а об'єм - 45 м³. Фактичні параметри суттєво перевищують ці значення, що свідчить про відповідність умов просторового забезпечення.

Згідно зі СНіП 2.09.04-87, за санітарно-гігієнічною характеристикою, діяльність працівників ливарного двору відноситься до категорій 1Б та 2Б, і проводиться впродовж усього року. Мікроклімат приміщення характеризується показниками, наведеними у 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»

Варіації параметрів обумовлені сезонними змінами та характером виконуваних робіт. Основними несприятливими факторами є висока температу-

ра повітря та збільшена швидкість його руху, які в комплексі можуть мати негативний вплив на самопочуття працівників.

Основними джерелами шкідливих речовин у повітрі є продукти плавлення (чавун, шлак), матеріали футерування жолобів та льоткова маса. Під час операцій з відкриття чавунних льоток, ремонту жолобів і контакту розплавленого металу з водою відбувається інтенсивне виділення пилу в повітря. Дані щодо концентрації пилу наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

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

Спеціальність	Пил, мг/м ³		Клас <u>небезпечності</u>	Газ, мг/м ³		Найменування речовини
	Норм. знач.	Факт. знач.		Норм. 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 ₂
Оператор пульта керування машинами	6	10,2	4	20	1,2	СО

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Встановлено, що основною шкідливою речовиною є пил з оксидом заліза, тоді як концентрація чадного газу не перевищує допустимих норм.

За характером виконуваних завдань працівники здійснюють періодичний візуальний контроль за технологічним процесом, що потребує достатнього рівня освітлення. При цьому фактична освітленість становить лише 90 лк, що нижче нормативного значення — 150 лк. Освітлення забезпечується лампами прямої дії при напрузі 20 В. Недостатня яскравість ускладнює тривалу

роботу, викликає швидке зорове стомлення, може сприяти розвитку короткозорості та загальному зниженню працездатності.

Під час випуску чавуну та шлаку, а також їх розливу у відповідні ковші виникають високі рівні шуму й вібрації. Джерелами цих факторів є робочі механізми — машини для обслуговування лютток, поворотні жолоби, крани, а також залізничні платформи для транспортування розплаву. Дані щодо шуму та вібраційної активності наведено у табл. 3.3. В ряді зон ці показники перевищують допустимі значення, що залежить від місця перебування конкретного працівника.

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»

Працівники, які знаходяться поблизу доменних печей та жолобів, піддаються впливу інтенсивного інфрачервоного випромінювання. Його рівень варіюється від 350 до 2500 Вт/м², що перевищує встановлений норматив у 1400 Вт/м².

Додаткову небезпеку становлять можливі ураження електричним струмом — як від струмоведучих частин електроприводів, так і від струмонебезпечних конструктивних елементів у випадку порушення ізоляції. В умовах ливарного двору використовуються електроустановки з напругою до 1000 В, які вимагають постійного технічного обслуговування.

В літній період температура повітря в цеху перевищує допустимі норми, хоча вологість та швидкість повітряного потоку загалом залишаються в межах нормативів. Пил, що утворюється в процесі, має струмопровідні властивості, здатен проникати у внутрішні частини електрообладнання, осідати на проводах і спричиняти витоки струму, короткі замикання між фазами та на землю. Враховуючи всі вказані фактори, ливарний майданчик доменного цеху класифікується як електротехнічне приміщення з підвищеною небезпекою [12].

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників

Для зниження температури повітря у робочій зоні ливарного двору доцільно впровадити систему охолодження шляхом встановлення захисних екранів над чавунними та шлаковими жолобами, які будуть обладнані охолоджувальними елементами. Кабіни керування машинами для відкриття та герметизації чавунних льоток, а також кабіни кільцевих кранів слід виконати у вигляді ізольованих приміщень, оснащених автономною вентиляцією та кондиціонуванням повітря. Для покращення умов праці горнових, слюсарів та інженерного персоналу, які працюють поблизу льоток доменних печей, рекомендовано встановити поруч системи механічної вентиляції з функцією розпилення води у вигляді дрібнодисперсної суспензії. Для зменшення вмісту пилу та газів, що вивільняються при плавці, доцільно змонтувати витяжну вентиляцію над льотками та жолобами з подальшим очищенням повітря через аспіраційні установки.

З урахуванням того, що площа ливарного двору становить 7475 м², при проєктуванні освітлення варто застосовувати метод використання коефіцієнта світлового потоку за умови рівномірного розміщення джерел світла та горизонтальної робочої поверхні.

Щоб мінімізувати шкідливий вплив надмірного шуму на працівників, необхідно звукоізолювати кабіни операторів машин і кранів. Для боротьби з вібрацією, що виникає під час роботи обладнання, рекомендовано: використовувати віброізолюючі опори на робочих місцях; оптимізувати конструкції обладнання для зниження вібраційних навантажень (зокрема, застосування динамічно збалансованих обертових частин, шевронних та косозубих зубчастих передач, заміна підшипників кочення на підшипники ковзання з текстоліту, за можливості, а також використання густих мастильних матеріалів); посилити конструкції, наприклад, шляхом додаткового армування балок мостів кранів.

У випадках, коли наведені заходи не дають результатів, варто застосувати засоби індивідуального захисту, зокрема антивібраційні рукавиці та спеціальне взуття. Крім того, необхідно обмежити тривалість контакту з віброючим обладнанням, робити перерви на 20 хвилин після 1...2 годин роботи та додаткову перерву після обіду. Під час відпочинку рекомендується виконувати гімнастичні вправи та самомасаж для покращення кровообігу. Для підвищення загального тонуусу і працездатності також доцільно застосовувати комплекси виробничої гімнастики, вітамінні курси (двічі на рік: вітаміни С, В, нікотинова кислота) та спеціалізоване харчування.

Щодо захисту від інфрачервоного випромінювання, то доцільним є використання екранів і охолоджувальних систем для жолобів, а також ефективної вентиляції. У випадках, коли уникнути безпосереднього контакту з розплавленим чавуном або шлаком неможливо, працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: вогнестійкий спецодяг із бавовни, спеціальне взуття, рукавиці, захисні маски та окуляри з синіми світлофільтрами.

Для запобігання ураженням електричним струмом необхідно забезпечити огороження усіх струмоведучих елементів та відповідне маркування, зокрема плакатами «Обережно! Електрична напруга!». Під час ремонту слід знеструмлювати обладнання, встановлювати забороняючі знаки «Не вмикати

– працюють люди!» і перевіряти відсутність напруги за допомогою індикаторів або переносного вольтметра. За потреби слід заземлювати установки.

Додатково рекомендується обладнати всі електродвигуни кожухами, які при відкритті автоматично розмикають електричне коло живлення.

Ізоляційні властивості електропроводки слід контролювати мегаомметром щотижня. Опір ізоляції повинен бути не нижче 0,5 МОм. Контроль ефективності заземлення здійснюється щонайменше раз на два тижні за допомогою методу амперметра-вольтметра з електростатичним вольтметром та вимірювачем опору М4-16.

Щоб уникнути накопичення статичної електрики на обладнанні, необхідно заземлити всі установки та комунікації в щонайменше двох точках. Робочі поверхні мають бути асфальтовані, а пішохідні доріжки повністю вкриті асфальтом. Контроль параметрів електростатичного заряду виконується за допомогою струнного електромметра, а щільність заряду — з використанням гальванометра постійного струму. [12]

ВИСНОВКИ

На сьогодні для приймання рідкого шлаку, що виводиться з доменної печі, та його подальшого транспортування до місць утилізації або переробки у будівельні матеріали, широко застосовують шлаковози типу ШТД-16,5.

Практичний досвід експлуатації цього типу шлаковозів дозволяє виокремити низку суттєвих недоліків, серед яких основними є: високі витрати на технічне обслуговування і ремонтні роботи; значна тривалість виконання ремонтних операцій.

Аналіз конструктивного виконання та експлуатаційних умов шлаковоза ШТД-16,5 дає підстави стверджувати, що вказані проблеми значною мірою зумовлені складністю механізму перекидання чаші, що реалізований із застосуванням спеціального черв'ячно-циліндричного редуктора. У разі виходу з ладу черв'ячної передачі неможливо виконати часткову заміну – необхідно демонтувати та змінювати весь редуктор у зборі. Окрім цього, дана система не гарантує достатньо надійної фіксації чаші з опорним кільцем під час транспортування, що підвищує ризики самовільного перекидання.

Усі ці фактори негативно впливають на загальну надійність роботи техніки, знижують її ефективність та зумовлюють зростання витрат часу і ресурсів на експлуатацію та відновлення працездатності.

У результаті літературного-патентно аналізу було запропоновано вдосконалений варіант конструкції механізму повороту чаші. У новому рішенні передбачено використання стандартного триступеневого циліндричного редуктора в поєднанні з передачею гвинт-гайка, розміщеною у герметичному корпусі. Така схема суттєво спрощує конструкцію, покращує ремонтпридатність і дозволяє обійтися без складного спеціалізованого редуктора.

Очікуваний економічний ефект від впровадження цієї модернізації полягає у зниженні витрат на обслуговування та скороченні часу, необхідного для ремонтів, що в сукупності підвищує загальну ефективність експлуатації шлаковозів.

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. 870431 Україна: С21В 3/10. № 2873528/22-02; заявл. 23.01.1980; опубл. 07.10.1981, Бюл. № 37. 4 с.
5. Шлаковоз: а. с. 1171527 Україна: С21В 3/10. № 3708275/22-02; заявл. 11.03.1984; опубл. 07.08.1985, Бюл. № 29. 5 с.
6. Механизм кантования чаши шлаковоза: а. с. 825642 Україна: С 21В 3/10. № 2611248/22-02; заявл. 03.05.1978; опубл. 30.04.1981, Бюл. № 16. 3 с.
7. Левин М.З., Седуш В.Я. Механическое оборудование доменных цехов: Учебное пособие для вузов. – М.: Вища школа. 1970. – 220 с.
8. Гребник В.М. Расчет металлургических машин и механизмов / В.М. Гребник, Ф.К. Иванченко, В.И. Ширяев – К.: Вища школа, 1988. – 448 с.
9. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов: учебник для вузов / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник и др. – в 3 т. Т.1. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1987. – 440 с.
10. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: підруч. 2-ге вид. перероб. Львів: Афіша, 2003. 560 с.
11. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: навч. посіб. Львів: Новий Світ-2000, 2020. 230 с.
12. 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, *Богуненко Вадим Віталійович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота *«Розробка пари «гвинт-гайка» для механізму кантування шлаковозу ШТД-16,5 Доменного цеху № 1 Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал 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



Богуненко В.В

(ініціали, прізвище, власноруч)