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

Томілін Костянтин Михайлович
(прізвище, ім`я, по батькові здобувача)

на тему
Модернізація конструкції приводу повороту конвертора конверторного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»
(повна назва теми)

за матеріалами
Конверторного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»
(повна назва бази дослідження)

науковий керівник к.т.н., доцент _____ Пополов Д. В.
(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ініціали)

**Робота допущена до захисту в ЕК**
Протокол засідання кафедри
від 14 червня 2025 р. № 14

Завідувач кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор В. Й. Засельський
(наук. ступень, вчене звання) (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

# З А В Д А Н Н Я

## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

*Томілін Костянтин Михайлович*
(прізвище, ім`я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра
*Модернізація конструкції приводу повороту конвертора конверторного цеху 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 конверторного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика приводу повороту конвертора, 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 складальне креслення конвертору.*

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)** _____ *Томілін К. М.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

**Керівник кваліфікаційної роботи** _____ *Пополов Д. В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

| № рядка | Формат | Позначення | Найменування | Кількість | № екз | Примітки |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | Документація загальна | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | Знов розроблена | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | А1 | КРБ.133.25.16.00.000 СК | Складальне креслення | 1 | | |
| 7 | А4 | КРБ.133.25.16.ПЗ | Пояснювальна записка | 55 | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |

| Змн. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Розробив | | Томілін | | 04.06.25 |
| Перевірив | | Пополов | | 04.06.25 |
| Н.контр. | | Пополов | | 13.06.25 |
| Затвердив | | Засельський | | 14.06.25 |

133.25.16.КРБ

Конвертор
Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра

| Літ. | Аркуш | Аркушів |
|---|---|---|
| Б | | 1 |

НТІ ДУЕТ
кафедра ІГМ
гр. ЗМО-22ск

Копіював

Формат А4

# РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра 55 стор., 12 рис., 2 додатка, 14 джерел.

Об'єкт розробки – привод повороту конвертора.

Ціль розробки – підвищення надійності роботи машини, поліпшення експлуатаційних характеристик, зменшення витрат на ремонт за рахунок встановлення гідравлічного приводу та ланцюгової передачі.

Метод дослідження – аналітичний – визначення динамічних навантажень у механізмах робочого органу та гідравлічного приводу, перевірка міцності основних деталей.

Запропоновані шляхи перерозподілу динамічних навантажень, розроблена схема й проект встановлення гідромоторів та ланцюгової передачі. Певна необхідна потужність гідромоторів, і режими роботи.

Запропонована модернізація машини дозволить поліпшити експлуатаційні характеристики машини, усунути причини виникнення компенсованих напруг у металоконструкціях приводу повороту.

Результати роботи можуть бути використані при реконструкції приводу конвертора.

КОНВЕРТОР, ГІДРОПРИВОД, ПІДШИПНИКИ КОВЗАННЯ, ФУТЕРОВКА

# ЗМІСТ

**ВСТУП** 7

**1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА** 8

1.1 Призначення та область застосування обраної для вдосконалення машини 8

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу 9

1.3 Опис конструкції машини-прототипу 11

1.4 Аналіз недоліків 22

1.5 Передбачувані причини недоліків 23

1.6 Постановка мети та задач 24

**2 ОСНОВНА ЧАСТИНА** 25

2.1 Літературно-патентний огляд 25

2.2 Пропозиції по модернізації 34

2.3 Переваги пропонованої конструкції 36

2.4 Розрахунки по модернізації 37

2.4.1 Визначення продуктивності 37

2.4.2 Розрахунок потужності приводу ходової частини 47

**3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА** 49

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників 50

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників 52

**ВИСНОВКИ** 53

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ** 54

**ДОДАТКИ** 55

# ВСТУП

На сьогодні акціонерне товариство «Арселор Міттал Кривий Ріг» у киснево-конвертерному цеху здійснює плавку металу та виробництво спеціальних легуючих сплавів з використанням конвертерів. Однак, згідно з аналізом сучасного стану, конструкція приводу цих конвертерів виявилася застарілою та більше не відповідає сучасним вимогам технологічного процесу. Важливо зазначити, що конструкція приводу залишалася незмінною з моменту монтажу обладнання в цеху.

Серед найбільших недоліків конструкції приводу конвертера, особливо у стосунку до стопорної системи (наявність гальм у приводі), відзначаються наступні проблеми: необхідність постійного обслуговування, проведення регулярних ревізій та ремонтів гальмівних колодок. Ці чинники ускладнюють експлуатацію обладнання, не забезпечують надійної фіксації конвертера під час його ремонту чи обслуговування поворотної чаші. В результаті виникають затримки у процесі плавлення металу, а також ризик непередбачених зупинок, що негативно впливає на економічну ефективність виробництва.

Вирішення зазначеної проблеми можливе шляхом модернізації існуючого приводу конвертера. Зокрема, пропонується впровадження окремої гідравлічної системи та ланцюгової передачі з використанням зубчастих шестерень і гідромоторів.

Така технічна модернізація сприятиме суттєвому підвищенню ефективності роботи обладнання та всього виробничого процесу. Окрім цього, зазначені зміни дозволять зменшити ризик травматизму під час обслуговування та ремонту.

Головною метою цієї інженерної ініціативи є оптимізація умов праці ремонтного персоналу, економія фінансових ресурсів підприємства та скорочення часу, необхідного для ремонтів і технічного обслуговування приводу й конвертера в цілому. Водночас, реалізація запропонованих заходів дозволить збільшити міжремонтний період, що в цілому позитивно позначиться на економічній ефективності підприємства.

# РОЗДІЛ 1
# АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

Процес виробництва сталі зазнав значних змін завдяки впровадженню киснево-конвертерного методу, також відомого як процес Лінца-Донавіца. Ця технологія почала активно використовуватися у 1953 році на сталеплавильних заводах в австрійських металургійних центрах Лінц та Донавіца [1].

Основою цього процесу є використання кисневого конвертера з основною футерівкою. Робота починається із завантаження розплавленого чавуну з плавильної печі та металобрухту у конвертер, який знаходиться у похилому положенні. Після цього конвертер повертають у вертикальне положення для подальшої обробки [4].

Конструкція конвертерів для переробки мідних, поліметалевих, нікелевих та мідно-нікелевих штейнів майже не має різниць між собою. Їхня місткість зазвичай визначається кількістю металу, який може перебувати у робочому просторі агрегату, та варіюється від 20 до 100 тонн.

У кольоровій металургії ці конвертери використовуються для обробки рідких мідних, мідно-нікелевих або поліметалевих штейнів. У процесі вдмухування у розплав стисненого повітря під тиском 0,8–1,2 кгс/м² відбуваються реакції окиснення компонентів штейну, таких як залізо та сірка, за температури 1200–1300 °С. Результатом цього є отримання чорнового металу – міді, свинцю чи нікелю. Оксиди, що утворюються у ході реакції, виводяться з конвертера у формі шлаків, пилу або возгонів за допомогою матеріалів для флюсування. Залежно від напрямку робочого простору конвертери поділяють на вертикальні та горизонтальні [1].

Вертикальні конвертери встановлені на комбінаті «Арселор Міттал Кривий Ріг», тоді як підприємства кольорової металургії у більшості

використовують горизонтальні моделі. Структурна схема конвертерного відділення комбінату «Арселор Міттал Кривий Ріг» представлена на рисунку 1.1 [2].

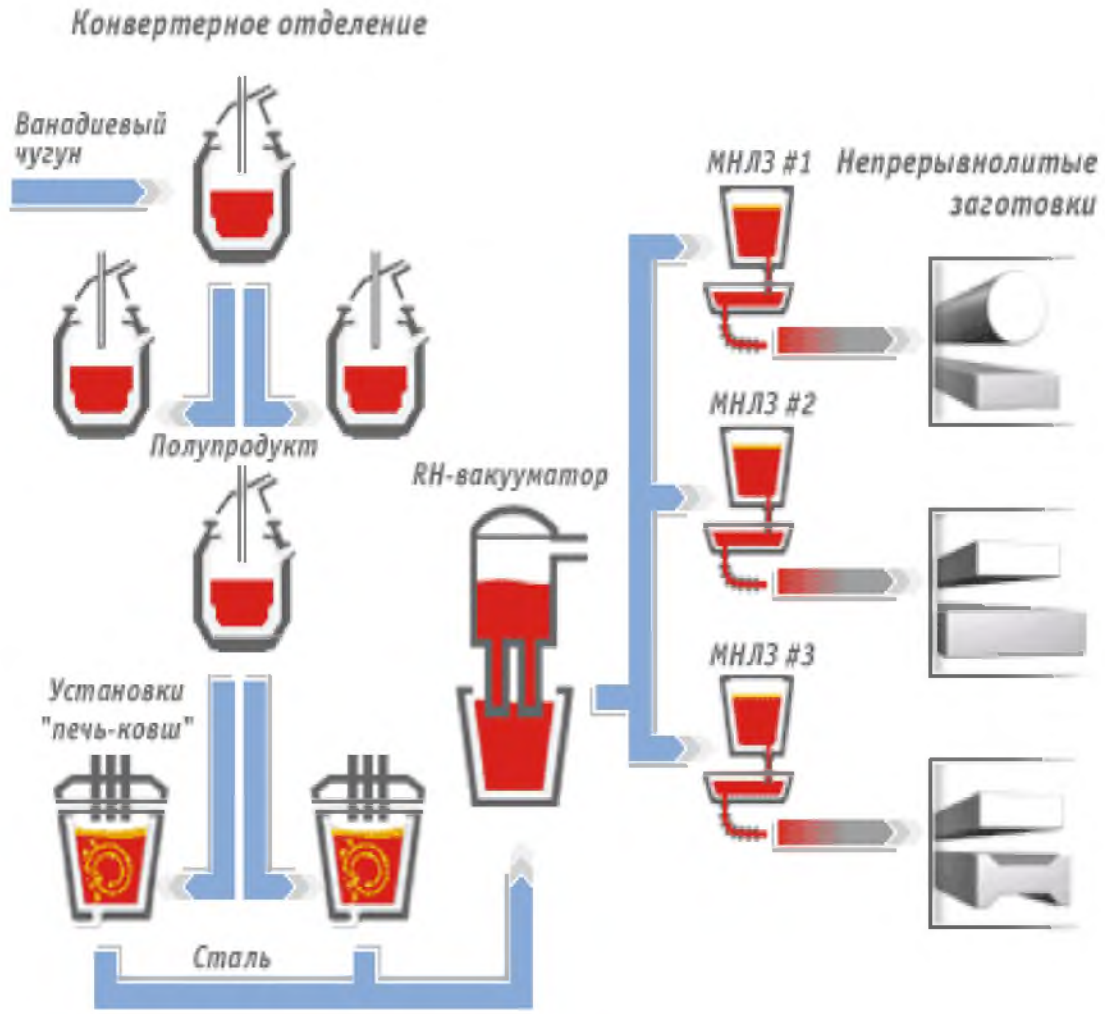



**Рис. 1.1. Структурна схема конверторного переділу**

Джерело: розроблено із використанням [2]

## 1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

Конвертер функціонує за допомогою подачі кисню під високим тиском. Кисень спрямовується у верхню частину котла через вертикально розташовану фурму спеціальної конструкції. Фурма з'єднана з нерухомими комунікаційними системами за допомогою гнучких рукавів, які використовуються для транспортування кисню та подачі охолоджувальної

води. Позиціонування фурми у ванні з розплавом, здійснення її підйому чи повороту забезпечуються за рахунок механізмів підйому та обертання [1].

Безпосередньо над конвертером встановлено нахилений водоохолоджувальний напильник (водоохолоджувальний кесон) з отвором, який дозволяє легко пропускати фурму [4].

До складових елементів конвертера входять: власне конвертер, спеціалізована фурма, водоохолоджувальний напильник, домкратний рейковий візок для технічного обслуговування днища котла та телескопічний підйомник для виконання футерувальних робіт [3].

Основні технічні характеристики конвертера наведено нижче:

- Емність (садка) 160т
- Обсяг робочого простору 165 $м^3$
- Найбільша глибина рідкої ванни 900мм
- Висота внутрішнього простору бочки 6165мм
- Діаметр бочки по футеровці (у просвіті) 3150мм
- Внутрішній діаметр бочки без футеровки 4500мм
- Внутрішній діаметр горловини 2000 мм
- Внутрішній діаметр горловини по футеровці 1500мм
- Питома швидкість повороту корпуса 1,0 об/хв
- Мінімальна швидкість повороту корпуса 0,13 об/хв
- Потужність двигунів привода повороту 130 кВт
- Тиск кисневого дуття 12,0 $кгс/см^2$
- Тиск кисневого дуття у сопла фурми 8,0 $кгс/см^2$
- Загальна маса футерованого конвертора (без фурми та напильника) 490т.
- Маса нефутерованого корпуса у сборі з опірним кільцем, та днищем:
- Без приводу повороту 160т
- Загальна маса футеровки бочки 100т
- Напильника з водою 30т
- Привода повороту з електроустаткуванням 83,3т

### 1.3 Опис конструкції машини-прототипу

Корпус конвертера 1, зображений на рисунку 1.2, має циліндрично-конічну форму і виконується методом зварювання, характеризуючись симетричністю відносно вертикальної осі. Стінки виготовлені зі сталі марки ВСТ3, причому товщина сталевих листів становить 40 мм у циліндричній частині та 30 мм у конічних сегментах і днищі. Верхній край горловини укріплений привареним кільцем, яке додатково захищене жаростійким шоломом 2, що складається з чотирьох знімних секторів, для запобігання впливу високотемпературних газів та шлакових викидів. Циліндрична частина корпусу, по обидва боки осі цапф, де розміщені та приварені дві масивні шпонки перетином 180×600 мм і довжиною 1700 мм. Їх основна функція полягає у передачі навантажень, що виникають під час нахилу конвертера. Опорне кільце корпусу має коробчастий перетин розміром 625×1600 мм з зовнішнім діаметром 6,5 метра і виготовлене зі зварних товстостінних сталевих листів. У кільце впресовані дві цапфи, найбільший діаметр яких сягає 1000 мм; на приводній цапфі закріплюється механізм повороту за допомогою напресування. Посадка шпонок виконана за п'ятим класом точності (ходова посадка), а осьові зазори допускають величину до 40 мм, що сприяє компенсації теплового розширення корпусу, а також спрощує його збірку і демонтаж. Для захисту опорного кільця від впливу шлакових утворень і високих температур передбачено спеціальний кожух зверху і екран знизу. Ця конструкція забезпечує ефективність і довговічність корпусу конвертера в умовах його експлуатації [3].

Бочка зафіксована на опорному кільці 4 за допомогою восьми тяг діаметром 115 мм, які розташовані попарно у кронштейнах корпуса 1. Шайби сферичної форми і пластинчасті пружини дають змогу зайняти тягам незначно похиле положення та змінити довжину під час нахилів бочки. Кронштейни, що закріплені на опорному кільці опираються на спеціальні вкладиші,. Завдяки цим вкладишам регулюється контактна поверхня між

опорним кільцем і бочкою. Контактні поверхні шайб сферичної форми та вкладишів обробляються змазкою на основі дисульфіду молібдену.

В опорних вузлах (підшипникових) конвертору встановлюються дворядні сферичні роликові підшипники. В опорному вузлі приводної цапфи всі елементи залишаються нерухомими – внутрішне та зовнішне кільце підшипника зафіксовано від осьового зміщення. В опорному вузлі неприводної цапфи застосовується конструкція з плаваючим кріпленням – зовнішнє кільце розміщено у сталевому вкладиші з використанням посадки ковзного типу [3].

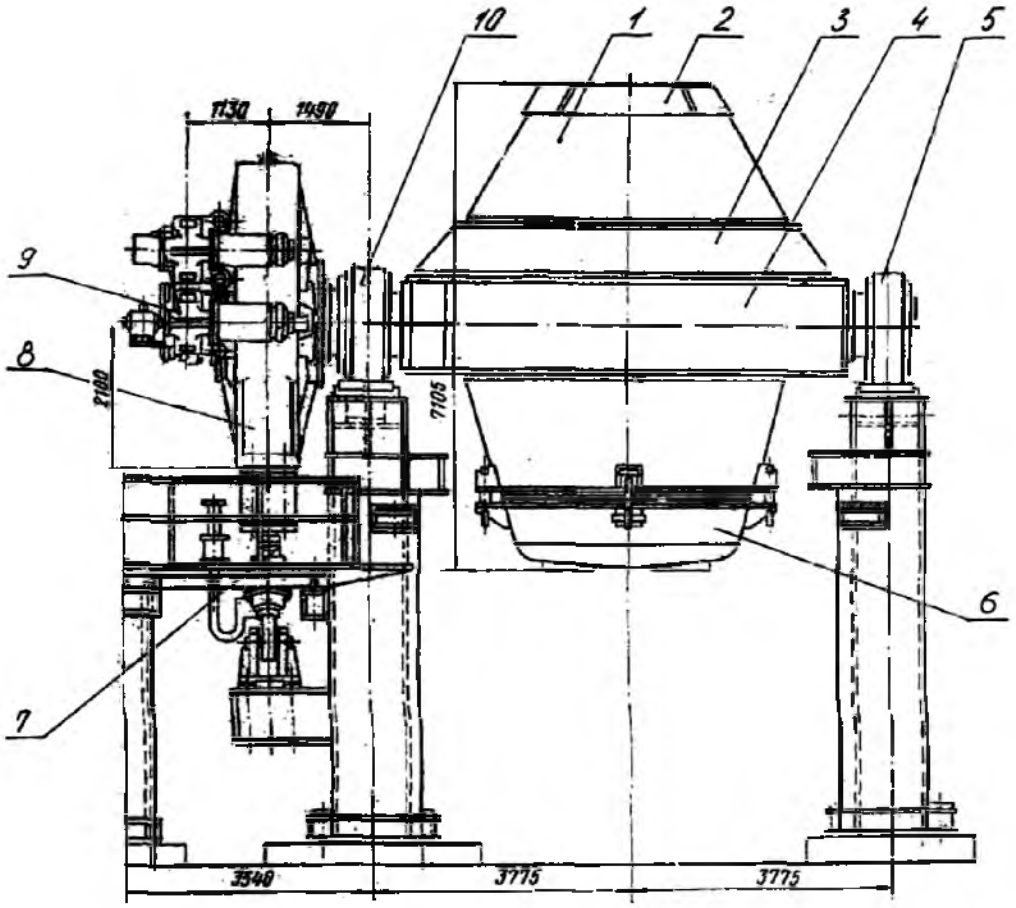



**Рис. 1.2. Конвертор ємністю 130 т**

1 – корпус; 2 – шолом; 3 – кожух захисний; 4 – опорне кільце;

5 – опора із плаваючим підшипником; 6 – днище окреме;

7 – буферний пристрій; 8 – редуктор спеціальний;

9 – редуктори начіпні з електродвигунами;

10 – опора з нерухомим підшипником

Джерело: розроблено із використанням [3]

Корпуси конвертора коробчастого перерізу виготовлені зі зварених елементів, виконаних з товстостінного листового металу й сталевих балок. На кожній станині, з боку барабана конвертора, закріплено кронштейни, спеціально призначені для розташування домкратів під час монтажу або ремонту конвертора. Дані кронштейни розраховані на підйом опорного кільця разом із барабанною частиною конвертора без врахування футеровки. На станині з боку приводу розміщені кронштейни буферного пристрою, а також станція циркуляційного мастила. Поверхні станин, що прилягають до барабана, покриті футерівкою по всій їх висоті [3].

Поворотний привід складається з ряду ключових елементів: спеціального редуктора, чотирьох накладних приводів, восьми пружинних буферів, однієї великої та двох малих гідравлічних шайб, командоапаратів, пристроїв типу сельсин та двох тахогенераторів.

Спеціальний редуктор монтується на конічному кінці цапфи й закріплюється на ньому за допомогою великої гідравлічної шайби. Центральне колесо з діаметром 4080 мм і модулем зубчастого зачеплення 16 приводиться в дію через чотири косозубі вал-шестерні, розташовані по колу на корпусі редуктора. Конструкція корпусу редуктора спирається на маточину центрального колеса через два конічні підшипники. Значення передаточного числа редуктора становить 14,118.

Навісний привід розміщений на кінці приводного вала – шестерні спеціалізованого редуктора. Один із кінців швидкохідного вала редуктора через зубчасту муфту з'єднаний із валом електродвигуна, тоді як інший кінець через пальцеву муфту з'єднується з валом фланцевого тахогенератора. Утримання навісних редукторів від обертання забезпечується використанням пружинних буферів двосторонньої дії, які закріплені на корпусах як спеціалізованого, так і навісного редукторів за допомогою сферичних опор.

Для монтажу та демонтажу приводу на цапфу застосовується велика гідрошайба, тоді як для установки та демонтажу навісного приводу на кінець вала-шестерні спеціального редуктора використовується мала гідрошайба.

Гідравлічний тиск у великій шайбі під час напресування сягає 650 кгс/см², тоді як при розпресуванні – 1500 кгс/см². У малій гідрошайбі ці параметри складають 75 кгс/см² та 200 кгс/см² відповідно [3].

Велика гідрошайба конструктивно включає корпус із шістьма розточеннями, шість поршнів та спеціальну гайку, що монтується на різьбовий кінець цапфи конвертора. Подавання мастила під поршні здійснюється через шість насосів за допомогою отворів, створених свердлінням у кожній ступені корпусу циліндра.

Щоб підняти та забезпечити встановлення гідрошайби на різьбову маточину центрального зубчастого колеса використовуються два роликових ланцюги, що охоплюють корпус гідрошайби в зоні канавок. Ланцюги перекидаються через обидві зірочки, розташовані на загальній осі, і фіксуються за допомогою кранового гака. Малі шайби працюють за тим самим принципом.

Буферний пристрій виконує кілька важливих функцій: він запобігає можливому розвороту приводу навколо цапфи, зменшує динамічні удари під час увімкнення чи гальмування, а також ефективно гасить коливання. Цей пристрій представлений сталевою тягою, оснащеною вбудованим пружинним (тарільчастим) амортизатором, який діє в обох напрямках. У конструкції штока буфера передбачений поршень, розташований у гідроциліндрі. Простори над і під поршнем утворюють гідравлічний демпфер [3].

Детальні характеристики приводу поворота та редуктору наведено нижче.

- Загальне передатне число привода, повороту $i_{\Sigma}$ =726,6
- Потужність двигуна підвішеного приводу $N_{дв}$=130,0кВт
- Передатне число спеціального редуктора $i_{ср}$=14,118
- Передатне число підвішеного редуктора 51,1

Система централізованої подачі рідкого мастила призначена для змащення зубчастих зачеплень і підшипників спеціального редуктора, а також нерухомого та рухомого підшипників цапф. Для цього використовується автотракторне мастило, оброблене за сірчанокислотним методом очищення. Змащення начіпних редукторів виконується методом наливу, із застосуванням трансмісійного автотракторного мастила [3].

Циркуляційна станція змащення ЦС 70М має такі характеристики:

- Площина охолодження маслоохолоджувача 4,0 м
- Продуктивність, одного насоса 70 л/хв.
- Робочий тиск мастила 3,0 кгс/см$^2$
- Тиск пару та води 3,0 кгс/см$^2$

Приводні двигуни для повороту живляться від системи генератор-двигун із використанням електромашинного підсилювача постійного струму. У склад перетворювального агрегату входять приводний двигун потужністю 200 кВт і генератор потужністю 45 кВт. Запуск здійснюється за допомогою кнопки з центрального пункту керування [3].

Регулювання швидкості повороту конвертора проводиться в заданих межах шляхом зміни напруги генератора, який контролює привід повороту конвертора. Керування може виконуватись вручну дистанційним способом за допомогою командоконтролерів з центрального пульта керування або з місцевого поста управління. У схемі також передбачені резервний генератор і електромашинний підсилювач, а також блокування, які запобігають неправильному ввімкненню приводу повороту конвертора. Передбачено захист від перевантаження та обриву ланцюгів, а також сигналізацію про обрив ланцюгів гальмівних котушок, відсутність тиску в системі мастила та про вертикальне положення барабана.

При звичайній експлуатації гальмування системи здійснюється за допомогою електромагнітних гальм типу ТДП, вмонтованих у фланцеві двигуни. У випадках аварійних зупинок, таких як вимкнення струму,

відбувається динамічне гальмування з одночасним активуванням механічних гальм.

Окреме днище з'єднується з бочкою за допомогою шістнадцяти швидкороз'ємних клинових затворів [3].

Нижче наведено вагу днища та інших вузлів і деталей конвертора, т.

- Днище від'ємне без футеровки 8,8т
- Бочка без футеровки та опорного кільця 33,8т
- Опорне кільце з цапфами 80,5т
- Шолом (чотири сектори) 4,5т
- Редуктор спеціальний 61,8т
- Підвішений привід у сборі 3,0 т
- Гідрошайба, велика 3,3т
- Опорні (підшипникові) вузли 212,3т

Для монтажу та встановлення днища використовується спеціальний домкратний візок, до складу якого входять: гідродомкрат, гідроциліндр для обертання столу, дві насосні установки, стіл та робоча платформа. Всі ці елементи розміщуються на залізничній чотиривісній платформі з шириною колії 1920 мм і базою 3600 мм [3].

Основні характеристики візка:

- Вантажопідйомність, корисна 240т
- Швидкість підйому стола 0,2 м/хв
- Максимальний хід плунжера гідродомкрата 955 мм
- Кут повороту стоку ±5 град
- Вага візка с електроустаткуванням 54,2 т
- Вага мастила для заповнення гідросистеми 0,8 т
- Працюючий тиск у гідросистемі 50 кгс/см$^2$

Футеровка конвертора виконується з використанням хромомагнезитової або іншої вогнетривкої цегли, з товщиною шару приблизно 675 мм. Середній показник стійкості основної футеровки складає близько 200 плавок, а для кислої футеровки — 350 плавок. Тривалість служби футеровки днища відповідає показникам стійкості футеровки корпуса. Для заміни футеровки корпуса застосовують спеціальний телескопічний гідропідйомник, встановлений на двовісному візку (ширина колії — 1920 мм, база — 3600 мм) [3].

Основні характеристики підйомника:

- Вантажопідйомність робочої площадки 4,0 т
- Вантажопідйомність підйомника матеріалів 1,0 т
- Хід телескопічного гідропідйомника 5,6м
- Середня швидкість підйому площадки 0,98 м/хв.
- Середня швидкість опускання площадки 0,90 м/хв.
- Робочий тиск у гідросистемі 55 кгс/см$^3$
- Загальна вага підйомника 22,1 т

Фурма є циліндричною трубою, продовженої форми, довжина вертикальної частини якої складає 8,87 м, а діаметр становить 76 мм. На її кінці встановлено мідний наконечник (сопло), зображений на рис. 1.3. Труба кріпиться у двотрубчастому кожусі. Сопло обладнане трьома конусними отворами, розташованими під кутом 6° до вертикалі. Через гнучкі рукави у фурму подається кисень і вода для охолодження. Нагріта вода виходить через кільцевий простір, що знаходиться між середньою (розділовою) та зовнішньою трубами. Діаметри труб складають 114 і 159 мм відповідно, а виготовляються вони зі сталі марки 30. Матеріал сопла – мідь марок М0 або М1. Воно має масу 5,5 кг і зовнішній діаметр 146 мм [3].

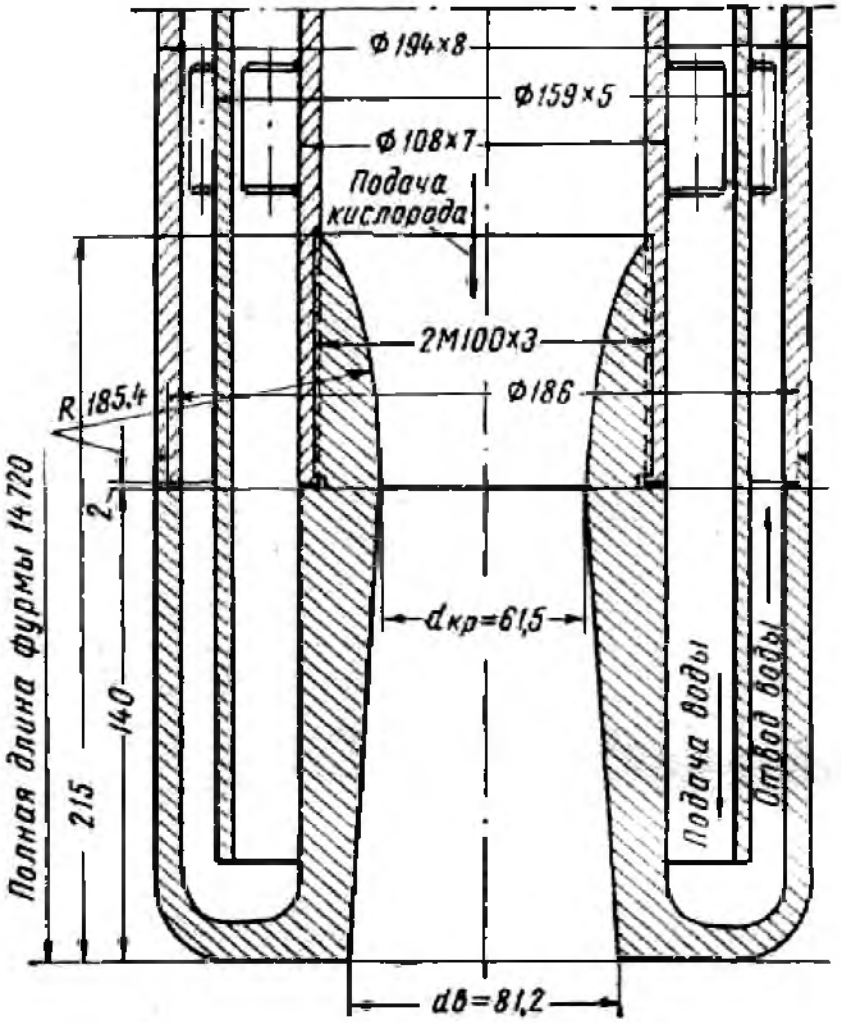



**Рис. 1.3. Наконечник фурми для подачі кисню**

Джерело: розроблено із використанням [3]

Підіймання і опускання фурми виконується за допомогою піднімального механізму з вантажопідйомністю 1,7 тонни та потужністю 22 кВт. Обертання забезпечується механізмом повороту потужністю 1,4 кВт. Обидва механізми встановлені на колоні заввишки 7 метрів, а піднімальна барабанна лебідка розташована на окремому фундаменті. Довжина стріли вильоту для механізму повороту становить 4,9 метра, а діапазон ходу фурми під час повороту сягає 9 метрів [3].

Для підвищення надійності і щільності приєднання мідного сопла до фурми було застосовано зварне виконання. Сопло в конверторах з основною

футеровкою служить у середньому для 150–200 плавок, а з кислою футеровкою витримує 500–600 плавок.

Водоохолоджуваний кесон (напильник) має циліндричну форму. Діаметр внутрішньої вогневої поверхні становить 2600 мм, зовнішньої стінки – 2800 мм; товщина вогневої стінки сягає 12 мм, зовнішньої – 10 мм. Основний матеріал виготовлення – сталь марки 20ХМ (Держстандарт 5520-69). Загальна довжина кесона приблизно 9 метрів, ширина кільцевого простору для охолоджувальної води становить 68 мм. Маса кесона разом із водою становить близько 30 тонн, без води – приблизно 25 тонн [3].

Напильник встановлюється над горловиною конвертера під кутом близько 60° до горизонту. У нижній частині кесона облаштовано отвір для монтажу фурми. Подача води в кесон здійснюється під тиском 3,5 кгс/см$^2$ із витратою води 800 м$^3$/год [3].

Експлуатацію конвертера необхідно проводити відповідно до чинних правил безпеки в конверторному переділі. Під час виконання перефутеровки корпус конвертера має бути у вертикальному положенні. Перед початком робіт відключається живлення приводу повороту, блокується електромагнітне гальмо. Якщо виникає потреба у ремонті або регулюванні гальма, бочку конвертера кріплять до конструкцій цеху, щоб запобігти її перекиданню. Стан футеровки бочки контролюється систематично. При цьому стінки не повинні перегріватися понад 250-300°С. Різниця температур, виміряних на поверхні корпусу в точках, розташованих на відстані 1 метра одна від одної, не повинна перевищувати 10°С, щоб уникнути деформацій. З цієї ж причини необхідно уникати перегріву опорного кільця [3].

Розігрів конвертера слід здійснювати у відповідності з визначеним графіком, поступово підвищуючи температуру футеровки і корпусу. Зварювальні шви повинні регулярно контролюватися для своєчасного виявлення можливих дефектів.

Слід враховувати, що при температурі близько 400°С мастило опорних кронштейнів корпусу, виготовлене на основі дисульфіду молібдену, починає окислюватися та втрачає свої змазуючі властивості [3].

Робота гальм потребує регулярного спостереження. Не менш ніж двічі на місяць необхідно проводити їх регулювання відповідно до інструкцій заводу-виробника, а також перевіряти та налаштовувати гальмові моменти всіх механізмів. Допустиме зниження гальмового моменту не повинно перевищувати 5% від номінального значення, зазначеного в паспортах обладнання. Використання неробочих або нерегульованих гальм суворо заборонено. Гальмовий момент кожної системи у холодному стані має становити не менше ніж 80 кгс/м.

У разі виходу з ладу одного двигуна або приводу допускається тимчасова експлуатація обладнання на трьох приводах. Рекомендується кілька разів на добу здійснювати повний поворот корпусу конвертора на 360 градусів [3].

Щонайменше чотири рази на місяць необхідно перевіряти натяг гайок, що кріплять корпус до опорного кільця. Перевірку слід виконувати, коли футерований конвертор повернутий горловиною вниз. Якщо між сполученими поверхнями виявляється зазор понад 1 мм, гайки необхідно підтягнути до повного усунення цього зазору. Пружини підлягають заміні у разі зменшення їх пакету до висоти 100 мм. На корпусі, горловині та опорному кільці не можна допускати накопичення сторонніх нашарувань. Категорично заборонено використовувати привід повороту конвертора для їхнього очищення.

Під час заміни сферичних шайб і вкладишів опорного кільця слід виконувати припасування опорної поверхні таким чином, щоб забезпечити площу прилягання не менше 50% з рівномірним розподілом у щонайменше чотирьох точках на кожен квадратний дециметр. По завершенні цього процесу сполучені поверхні обов’язково обробляють суспензією на основі дисульфіду молібдену, що забезпечує належне змащування [3].

Гідравлічний циліндр підпору, а також систему трубопроводів і клапанів буферного пристрою заповнюють мастильним матеріалом марки "Індустріальне 50". У разі несталих режимів руху, таких як гальмування, реверс або пуск, коли момент, що діє на цапфу, перевищує величину максимального статичного моменту, вентиль механізму залишають відкритим для коректного функціонування системи [3].

Система централізованого змащення нового зразка, а також відновлена після капітального ремонту існуюча система моделі ЦС-70м проходять гідравлічні випробування під тиском, що становить 7 кгс/см². Ця перевірка покликана забезпечити належну працездатність та герметичність обладнання. Подачу мастила до зачеплень і підшипників спеціального редуктора налаштовують за допомогою крана, а витрату мастила через підшипниковий вузол контролюють за допомогою індикаторів подачі, які встановлені в кожному підшипниковому корпусі. Струмінь мастила на виході повинен бути тонким і рівномірним. Також регулюється подача мастила у вузли опори конвертора.

Температура підшипників приводів та опор перебуває під постійним контролем. Вона не повинна перевищувати діапазон 80-96 °С для корінних підшипників, а граничний температурний рівень для малих редукторних підшипників має бути вищим за температуру навколишнього середовища не більше ніж на 50 °С [3].

Конвертор дозволяється запускати в роботу лише після налаштування подачі мастила до всіх точок змащення. Заміну масла та промивання ванн редукторів, а також усієї централізованої системи необхідно виконати в перші 2-3 тижні після початку роботи нового або капітально відремонтованого конвертора. У подальшому ці заходи проводяться згідно з графіком один раз на 4-6 місяців. Під час кожної заміни масла необхідно очистити картери та мастилопроводи, використовуючи суміш масла низької в'язкості та дизельного палива у співвідношенні 1:1 [3].

Для часткового розбирання спеціального редуктора необхідно демонтувати один із чотирьох валів-шестірень. У разі повного розбирання редуктор знімається (розпресовується) з цапфи за допомогою гідрошайби під максимально допустимим тиском у циліндрах у 1500 кгс/см². Щоб полегшити розпресовування, потрібно подати масло під високим тиском у два різьбові отвори на маточині колеса, які ведуть до кільцевих проточок на конусній посадковій поверхні. Перед демонтажем корінні шпильки слід розкрутити, попередньо нагрівши їх [3].

Під час експлуатації особливу увагу потрібно приділяти регулярному спостереженню за напильником. Усі сервісні процедури, включаючи промивання, очищення та забезпечення подачі води, мають виконуватися в суворій відповідності до заводських інструкцій. Також необхідно ретельно контролювати роботу гальма вертикального переміщення стовбура фурми. У випадку падіння стовбура може вийти з ладу вертикальний вал механізму оборотного руху [3].

### 1.4 Аналіз недоліків

До ключових недоліків конструкції, приводу та допоміжних механізмів конвертера, які були виявлені станом на кінець року, можна віднести наступне:

1) Значні габаритні розміри механізму приводу повороту, які ускладнюють експлуатацію й обслуговування обладнання.

2) Недостатня синхронізація роботи двигунів, що знижує ефективність функціонування пристрою.

3) Часте зношування гальмівних колодок, що призводить до збільшення витрат на ремонт і обслуговування.

4) Передчасна поява радіального биття в шківах редукторів, що негативно впливає на стабільність роботи системи.

5) Регулярні порушення в роботі гідравлічної системи, що перешкоджає її надійній експлуатації.

6) Поломка зубів, як основних шестерень, так і їх допоміжних елементів, що спричиняє додаткові технічні проблеми.

7) Вихід з ладу головних підшипників через перекіс вкладишів внаслідок тривалого процесу плавки або перегріву металу.

8) Теплопередача чаші конвертера до навколишнього середовища, що підвищує втрати енергії та знижує енергоефективність.

9) Відсутність механізму для фіксації кутів нахилу чаші конвертера під час виконання ремонтних робіт чи футеровки.

10) Швидке зношування футеровочних матеріалів усередині чаші конвертера, що скорочує термін їхньої служби.

11) Значна тривалість ремонтного періоду, яка безпосередньо впливає на економічні показники підприємства через простої у виробничому процесі. Ці проблеми потребують детального аналізу та впровадження ефективних рішень для покращення функціональності й надійності обладнання.

## 1.5 Передбачувані причини недоліків

Зазначені недоліки є наслідком конструктивних обмежень конвертора, що включають недостатню герметичність приводу повороту та опорних елементів, а також централізовану систему змащення тертьових пар. Серед інших недоліків виділяється необхідність встановлення допоміжного (аварійного) приводу, а також забезпечення можливості змінювати швидкість повороту корпуса в широкому діапазоні (1:8). У конструкцію виключено виконання складної процедури очищення фурм, що, втім, компенсується передбаченою механізацією футерувальних робіт та наявністю водоохолоджувального напильника. Разом із тим, такі елементи, як конструкція приводу, опорні вузли, буферний механізм, кріплення корпуса із

цапфами та опірним кільцем, потребують надзвичайно ретельного та професійного технічного обслуговування, контролю і ремонту.

### 1.6 Постановка мети та задач

Метою даного проекту кваліфікаційної роботи бакалавра є наступне:

- Провести ретельний аналіз існуючої конструкції приводу повороту конвертера. На основі даних, зібраних під час експлуатації обладнання в ході переддипломної практики, визначити ключові недоліки конструкції, які негативно впливають на її довговічність, умови обслуговування та процеси ремонту.

- Виконати огляд літературних і патентних джерел, присвячених конструкціям приводів сталеплавильних конвертерів, з метою виявлення можливих технічних рішень для усунення виявлених недоліків у поточній конструкції.

- Розробити конкретні пропозиції щодо модернізації приводу конвертера.

- Провести необхідні інженерні розрахунки для визначення параметрів модернізованих компонентів і деталей. - Виготовити креслення оновлених елементів вузлів і деталей.

- Розробити рекомендації щодо монтажу, експлуатації та ремонту модернізованого приводу, а також виконати розрахунки економічної ефективності результатів модернізації приводу повороту конвертера.

- Скласти комплекс заходів із забезпечення організації безпечного виробництва в рамках експлуатації оновленого обладнання.

# РОЗДІЛ 2
# ОСНОВНА ЧАСТИНА

## 2.1 Літературно-патентний огляд

Розглядається відомий винахід (рис. 2.1), [5] який належить до механізмів повороту конверторів, як вертикального, так і горизонтального виконання, що використовуються у чорній та кольоровій металургії.

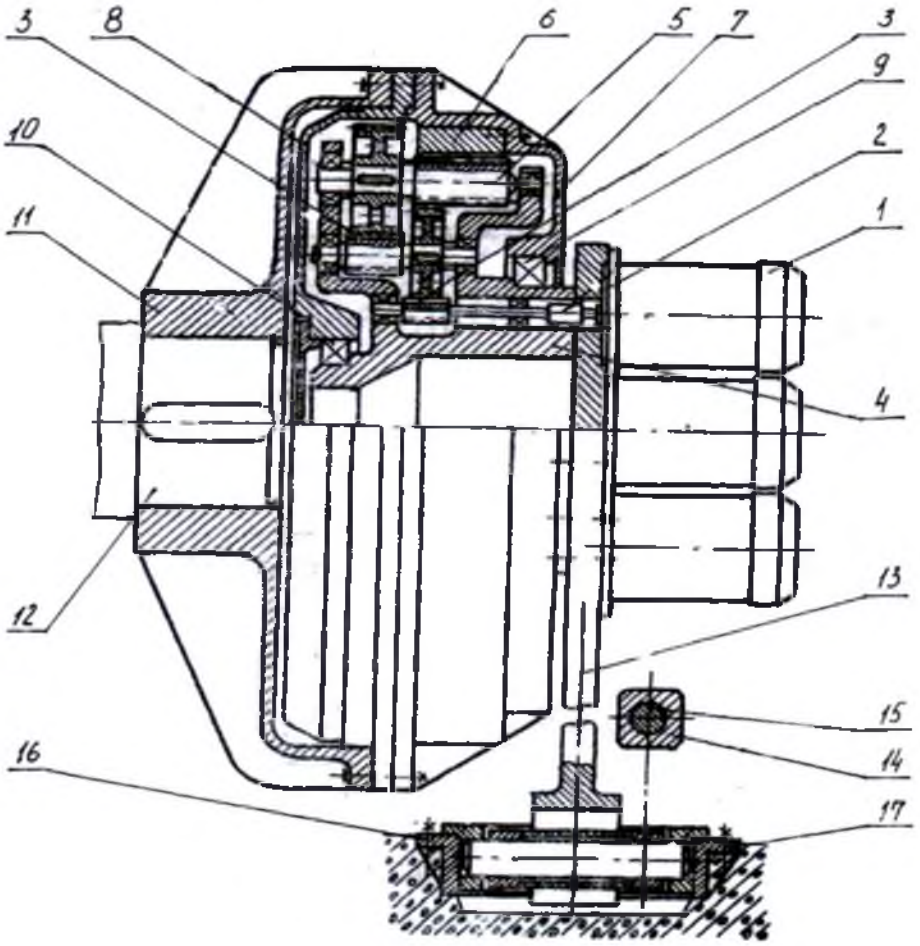



**Рис. 2.1. Механізм повороту конвертора**

1 – електродвигуни; 2 – муфти; 3 – зубчасті передачі; 4 – рама;
5 – вал-шестірня; 6 – зубчастий вінець; 7, 8 – кришки редуктора;
9, 10 – підшипники; 11 – хрестовина; 12 – цапфа конвертера; 13 – важіль;
14 – квадратний брус; 15 – вісь; 16, 17 – фундаментна плита
Джерело: розроблено із використанням [5]

Основна мета цього винаходу полягає у забезпеченні високої взаємозамінності компонентів, а також прискоренні процесів монтажу та демонтажу. Це досягається завдяки конструктивним особливостям: загальний вінець тихохідного щабля механізму повороту виконується із внутрішнім зубчатим профілем і міцно з'єднується з кришками, які охоплюють усю зубчасту передачу. Ці кришки здатні обертатися навколо рами, на якій закріплені всі передачі. Сама рама фіксується таким чином, щоб уникнути її обертання. Кришка механізму за допомогою болтів та фіксувальних елементів, таких як штифти або шпонки, кріпиться до хрестовини, що встановлюється на приводну цапфу конвертера зі щільною посадкою. Крім того, механізм може закріплюватися безпосередньо у спеціальному гнізді корпусу конвертера, наприклад, якщо конвертер підтримується бандажами на опорних роликах.

Приводними елементами служать електродвигуни (1), які через муфти (2) передають рух зубчастим передачам (3), змонтованим на рамі (4). Конструкція механізму допускає варіант із багаторуховою передачею. Вал-шестірня (5) останнього тихохідного щабля взаємодіє із загальним зубчастим вінцем (6) з внутрішнім профілем, який жорстко закріплений разом із кришками (7 і 8) редуктора. Ці кришки охоплюють усю передачу і обертаються на підшипниках (9 і 10) щодо рами (4). Основа механізму розташовується в спеціально розточених отворах хрестовини (11) і фіксується до неї за допомогою болтів і додаткових фіксувальних елементів, включаючи штифти або шпонки.

Хрестовина (11) надійно фіксується на приводній цапфі конвертера (12) і здійснює обертання разом із нею. До торцевої частини рами (4) жорстко приєднується важіль (13), який завершується вилкою, що охоплює

квадратний брус (14), установлений на циліндричній осі (15). Остання розташована в діаметральних отворах шайби (16), яка, своєю чергою, може обертатися у вертикальному отворі фундаментної плити (17), закріпленої на бетонній основі або нерухомій металоконструкції. Така конструкція забезпечує надійне стопоріння рами, запобігаючи її обертанню. При обертанні конвертера, спричиненому нахилом цапф, весь поворотний механізм разом із кінцем цапфи змінює положення та орієнтацію у просторі. Запропонована система стопоріння, яка включає важіль (15), допускає п'ять ступенів свободи відносно нерухомого фундаменту: три обертальні рухи у взаємно перпендикулярних площинах і два поступальні рухи також у взаємно перпендикулярних напрямах. Водночас система запобігає поступальному переміщенню в напрямку перпендикулярному до площини креслення. Окрім цього, така конструкція не створює технічних труднощів під час монтажу чи демонтажу поворотного механізму, оскільки корпус важеля (13) легко насаджується на брус (14). Коли активуються електродвигуни (1), установлені на важелі (13), у рух приводяться передачі завдяки фіксації рами (4) від обертання. Зубчастий вінець (6), жорстко з'єднаний із корпусами кришок (7 і 8), також починає обертатися разом із хрестовиною (11) і всім конвертером.

Описаний поворотний механізм може бути адаптований для використання в горизонтальних конвертерах кольорової металургії. У такому випадку кришка (8) редуктора встановлюється в отвір проміжного елемента і закріплюється за допомогою болтів і штифтів або шпонок.

Запропонований винахід, зображений на рис. 2.2 [6], належить до галузі металургії і може бути застосований у сфері важкого та металургійного машинобудування.

Основною метою цього винаходу є підвищення надійності та довговічності його конструкції.

Пристрій включає в себе вертикальні тяги (елемент V), які шарнірно з'єднані за допомогою вузлів 2 із корпусом приводу 3. Нижні частини вертикальних тяг через сферичні шарніри 4 пов'язані з двоплечими важелями 5, що жорстко приєднані до балки 6, виконаної у вигляді противаги. Ця балка закріплена на станині конвертера шарніром 7.

На станині конвертера передбачено встановлення П-подібної балки з віссю обертання, паралельною її середній частині. Завдяки цьому конструкція балки функціонує як двоплечий важіль, де середня частина виконує роль противаги для навісного приводу конвертера.

До вільних кінців крайніх ділянок балки прикріплені вертикальні тяги утримуючого пристрою за допомогою сферичних шарнірів. Особливістю конструкції є виконання балки у формі противаги. Це дозволяє через вертикальні тяги передати на корпус приводу вертикальні сили, спрямовані вгору, які компенсують вагу навісного приводу. При цьому масу противаги та відношення плечей крайніх частин балки можна підібрати так, щоб повністю врівноважити силу ваги приводу. Таким чином, забезпечується повне розвантаження підшипників та цапф пристрою. Подібний підхід дає змогу значно підвищити надійність і експлуатаційний ресурс як навісного приводу, так і самої системи конвертера. Крім того, конструктивні особливості дозволяють використовувати полегшені серії підшипників у навісному приводі, що не лише знижує їхню собівартість, але й забезпечує економічну ефективність розробки в цілому.

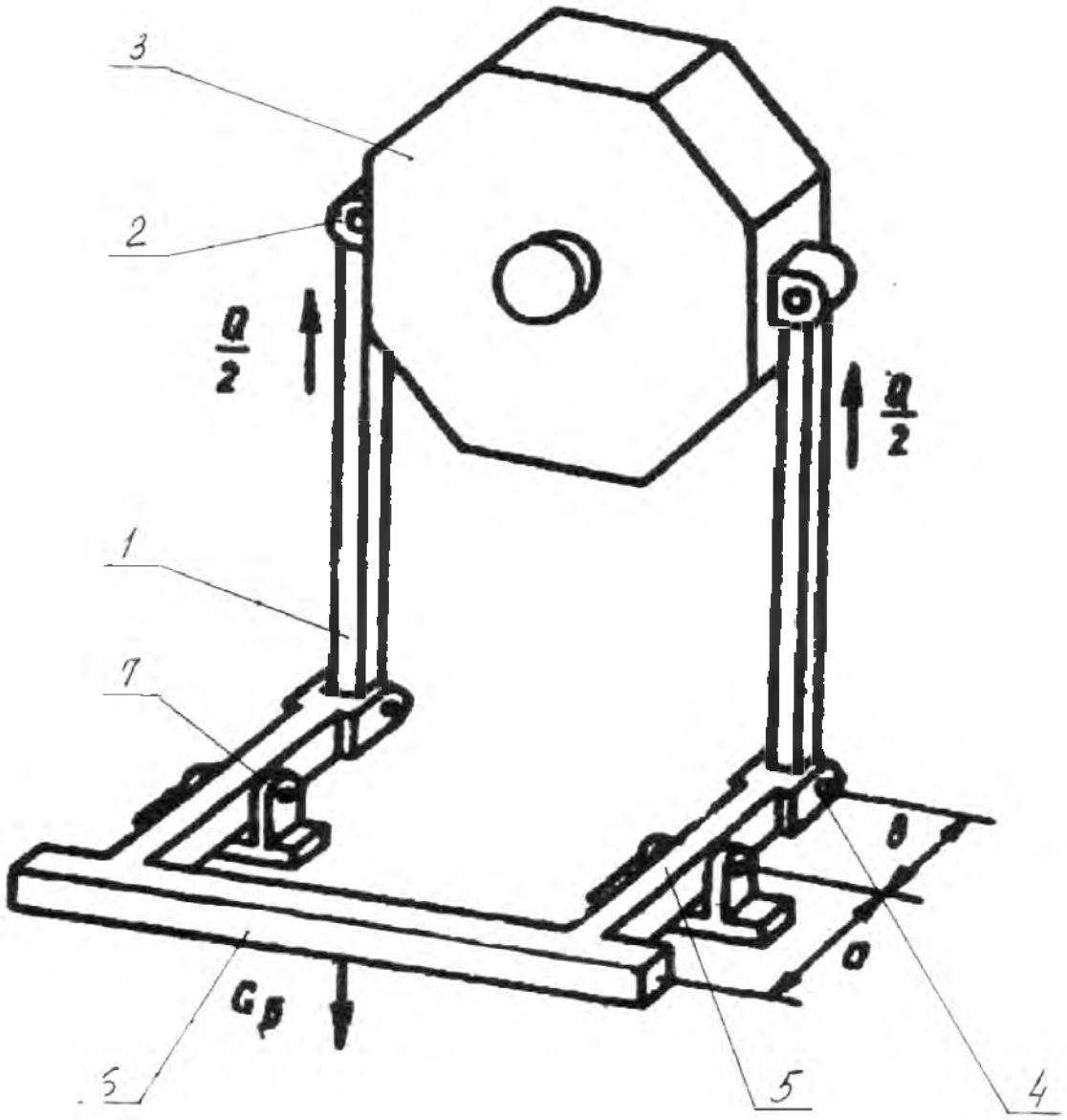



**Рис. 2.2. Утримуючий пристрій конвертора**

1 – тяга; 2 – шарнір; 3 – корпус; 4 – шарнір; 5 – балка; 6 – балка, 7 – вісь

Джерело: розроблено із використанням [6]

У будь-який момент часу, незалежно від стану приводу (увімкнений чи вимкнений), сила ваги центральної частини балки 6 створює у вертикальних тягах 1 спрямовані вгору сили. Ці сили визначаються співвідношенням плеч крайніх частин балки. Маса центральної частини балки 6, а також пропорції плеч важелів крайніх частин балки 5 (позначених як а та б), підбираються таким чином, щоб повністю компенсувати дію сили ваги навісного приводу й

вертикальних тяг. У результаті досягається розвантаження підшипників і цапфи.

Коли привід увімкнений, на корпусі 3 виникає реактивний момент М, що формує пару сил Р через шарніри 2. Відстань між цими шарнірами позначена як В. Сили Р, спрямовані з одного боку вертикально вгору, а з іншого боку – вниз, алгебраїчно складаються з іншими силами у вертикальних тягах. Через шарніри 4 крайніх частин балки 5 ці сили передаються на центральну частину балки 6, створюючи замкнутий силовий потік у ній. Завдяки цьому на цапфу передається лише крутний момент М, тоді як радіальні сили від сили ваги приводу й утримувального механізму повністю нівелюються. Такий підхід до конструкції забезпечує зменшення навантаження на цапфу та підшипники, що сприяє підвищенню надійності й довговічності привода та конвертера.

Захист привода конвертера (рис. 2.3) [7] від передчасного зношування зазвичай здійснюється шляхом встановлення співвідношення між кутовими відстанями приводних шестерень тихохідного редуктора та технологічними кутами повороту конвертера так, щоб вони не були кратними цілому числу. У традиційній конструкції приводу зменшення зношування зубів досягається шляхом збільшення їх кількості, проте проблема рівномірного розподілу максимального зношування між усіма зубами, які зазнають найбільших згинальних моментів, залишається невирішеною.

Мета запропонованого рішення полягає у підвищенні довговічності привода. Для реалізації цієї ідеї передбачається періодично виводити зубчасте колесо тихохідного редуктора із зачеплення з цапфою конвертера, провертати його на кут, що не є кратним технологічним кутам нахилу конвертера, а потім знову вводити в зачеплення. На ілюстративному кресленні представлено загальний вигляд конвертера. Після певного періоду

експлуатації корпус 1 разом із опорним кільцем 2 закріплюється у вихідному положенні. Далі проводиться демонтаж болтових кріплень сферичної обойми 3 у редукторі 4 привода конвертера. Редуктор 4 зсувають по підставі 5 для того, щоб вивести зуби сферичної втулки 6 із зачеплення із зубами порожнистого вала 7 колесо 8 тихохідного редуктора.

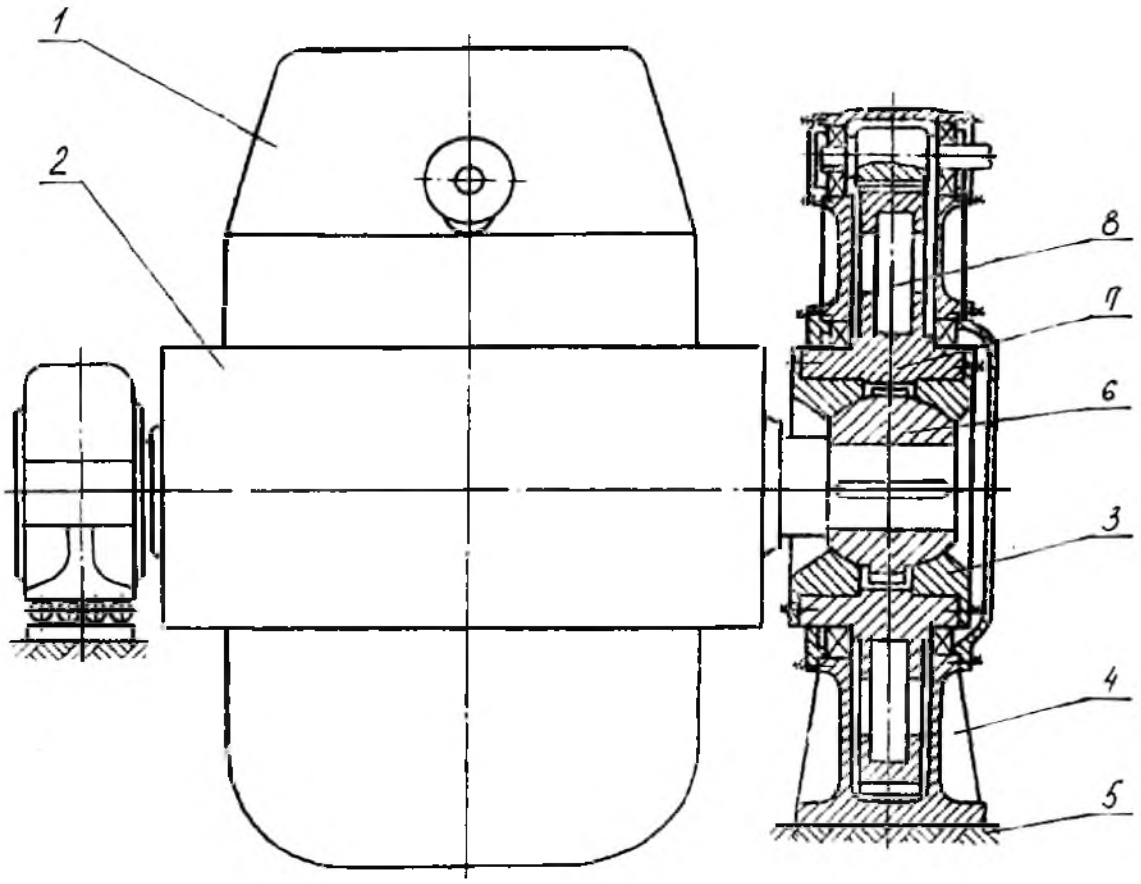



**Рис. 2.3. Механізм захисту приводу конвертора**

1 – корпус; 2 – опорне кільце; 3 – сферична обойма; 4 – редуктор; 5 – підстава; 6 – втулка; 7 – порожній вал; 8 – колесо

Джерело: розроблено із використанням [7]

Спочатку здійснюється поворот зубчастого колеса в корпусі редуктора, обираючи кут повороту, який не відповідає технологічним нахилам конвертера. У процесі цього зуби порожнього вала колеса орієнтують стосовно зубів сферичної втулки, після чого зуби приводять у зачеплення, зміщуючи редуктор у тихохідне положення. Потім сферичну обійму

встановлюють у порожній вал колеса тихохідного редуктора до упору і фіксують її за допомогою болтів. Завдяки виконаним операціям група зубів, яка до цього була під найбільшим навантаженням, переводиться в зону мінімального навантаження, що суттєво знижує темпи її зношування.

Многократне повторення процедури введення в роботу нових зубів із мінімальним ступенем зносу дозволяє досягти рівномірного розподілу зношування серед усіх зубів зубчастого колеса тихохідного редуктора. У результаті цього забезпечується підвищення надійності й довговічності роботи приводу та конвертера загалом.

Метод запобігання передчасному зношуванню привода конвертера полягає у періодичному виведенні зубчастого колеса тихохідного редуктора із зачеплення з цапфою конвертера. Після цього його повертають на кут, який не відповідає технологічним кутам нахилу конвертера, і знову вводять у зачеплення. Такий підхід спрямований на ефективне зменшення ступеня зношування приводу шляхом збільшення кількості максимально навантажених зубів.

Розглянутий винахід, описаний на рис. 2.4 [8], належить до галузі чорної металургії і стосується конструкції механізмів повороту конвертера. Існуючі утримуючі пристрої навісних приводів конвертерів, що включають вертикальні тяги, з'єднані з приводом, мають низку недоліків: вони складні у виготовленні, обслуговуванні та ремонті, а також недостатньо надійні.

Метою цього винаходу стало спрощення конструкції утримуючого пристрою.

Для досягнення цього пристрій було виконано у вигляді блоків, які охоплені замкненим гнучким елементом (наприклад, канатом чи ланцюгом), з'єднаним з вертикальними тягами. Замкнений гнучкий елемент оснащений

демпферами і формує два трикутники, вершини вертикальних кутів яких розташовані на геометричній осі привода.

Конструкція утримуючого пристрою багаторухового навісного привода конвертера включає чотири блоки, які встановлені симетрично відносно вертикальної осі привода та закріплені на станині. Ці блоки охоплюються замкненим гнучким елементом і утворюють два трикутники зі сходженням вершин у точці, яка знаходиться на вертикальній осі привода. Сторони цих трикутників, протилежні вершинам, з'єднані між собою жорстко або шарнірно за допомогою двох вертикальних тяг.

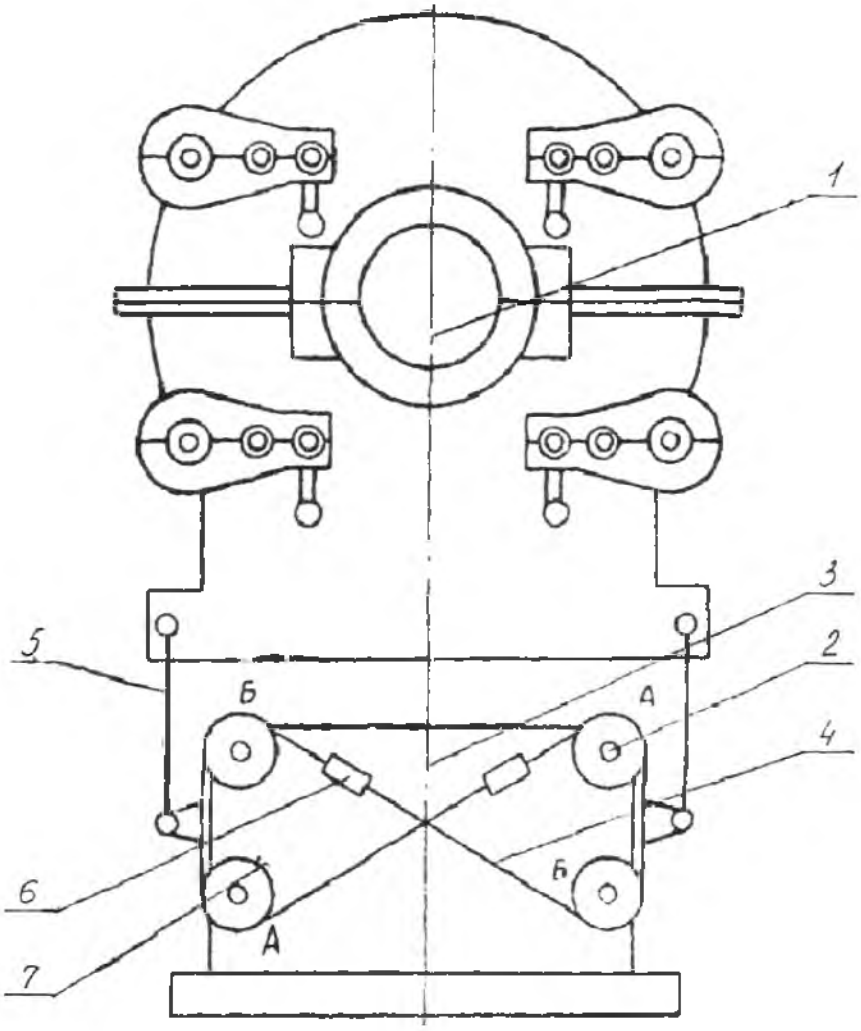



**Рис. 2.4. Утримуючий пристрій**

1 – привід; 2 – чотири блоки; 3 – станина; 4 – гнучкий елемент;

5 – вертикальні тяги; 6 – компенсатор; 7 – планка.

Джерело: розроблено із використанням [8]

Під час експлуатації утримуючий пристрій сприймає реактивний момент привода 1. Залежно від напрямку обертання, навантаження передається на розтягання нескінченно замкнутого гнучкого елемента 4. Щоб уникнути проковзування гнучкого елемента 4 відносно блоків 2, його намотують на один або більше витків одного з блоків. У випадку намотування одного витка, додатково використовується планка 7, встановлена під кутом 45° до осей блоку 2, для додаткового захоплення елемента.

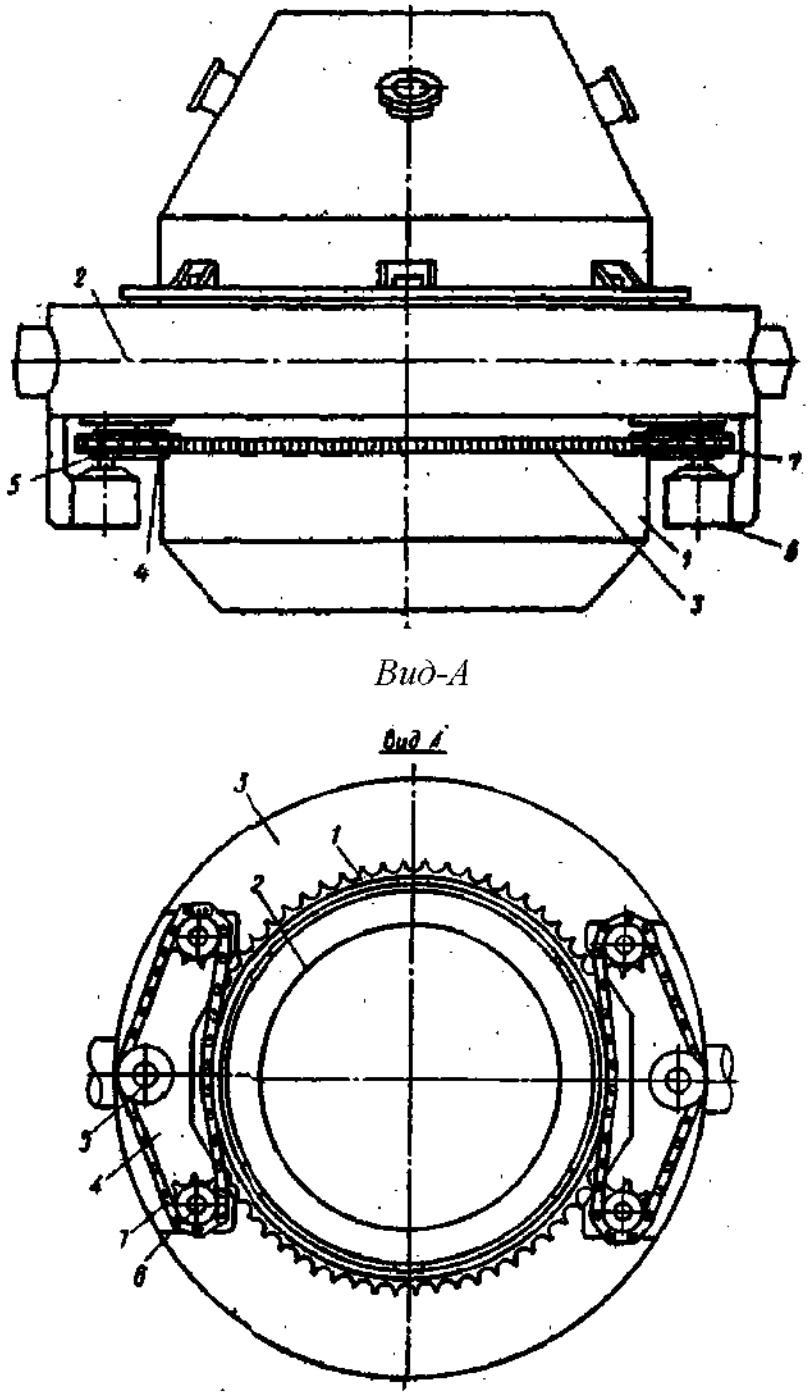
Динамічні навантаження привода врівноважуються демпферами 6, які є частиною утримуючого пристрою. Конструкція утримуючого пристрою також дозволяє нейтралізувати можливі переміщення привода 1, спричинені несоосністю геометричної осі обертання конвертера та осі цапфи. У разі вертикального зміщення привода 1 догори або вниз відбувається відповідне переміщення перетину вправо чи вліво у верхній і нижній частинах, що компенсується направленням руху в протилежних сторонах. Нахил вертикальних тяг 5 нівелюється за допомогою шарнірного кріплення, а також завдяки гнучкості самого елемента 4.

## 2.2 Пропозиції по модернізації

Наведені вище винаходи не задовольняють технічним вимогам цеху, де розробляється обладнання, і не є економічно доцільними. Тому пропоную внести часткові зміни в кінематичний ланцюг приводу обертання конвертера.

Метою модифікації є збільшення надійності та спрощення ремонтопридатності пристрою.

Пристрій, зображений на рис. 2.5, включає зубчастий вінець 1, що закріплений на корпусі 2 конвертера, який встановлений в опорному кільці 3.




*Вид-А*

**Рис. 2.5. Привод повороту конвертора**

1 – зубчастий венець; 2 – корпус; 3 – поворотне кільце; 4 – знімні приводи; 5 – приводні зірки; 6 – ведені зірки; 7 – ланцюг; 8 – опорне кільце

(розроблено автором)

По окружності зубчастого вінця 1 рівномірно розташовані знімні приводи 4. Кожен привід складається з гідромотора із приводною зіркою 5,

двох ведених зірок 6 і ланцюга 7, який контактує із зубчастим вінцем 1. Підвищення надійності та ремонтопридатності досягається завдяки використанню знімних приводів із зовнішнім зачепленням, розташованих симетрично по окружності корпусу конвертера. Це рішення суттєво спрощує монтажні роботи.

Для здійснення повороту корпусу 2 конвертера в опорному кільці 3 запускаються двигуни. Вони передають обертання через приводні 5 та ведені 6 зірки на ланцюг, який взаємодіє із зубчастим вінцем 1, жорстко закріпленим на корпусі 2. У результаті корпус обертається на необхідний кут в опорному кільці 8.

У разі необхідності ремонту будь-який привід може бути повністю демонтований і замінений новим. Ремонтопридатність пристрою забезпечується завдяки конструкції знімних приводів із зовнішнім зачепленням, що значно полегшує монтажні операції.

## 2.3 Переваги пропонованої конструкції

Надійність роботи пристрою забезпечується завдяки симетричному розташуванню приводів по окружності корпусу конвертера. Таке конструктивне рішення дозволяє збалансувати прикладені зусилля, що суттєво знижує навантаження на опори корпусу.

Основні переваги конвертера включають високий рівень герметизації приводу повороту та опорних вузлів, а також централізовану систему змащення тертьових елементів. Використання постійного струму усуває необхідність у додатковому (аварійному) приводі, надаючи можливість змінювати швидкість повороту корпусу в широкому діапазоні співвідношень (1:8). Завдяки цьому виключається трудомістка операція очищення фурм,

забезпечується можливість механізації футеровочних робіт, а також передбачено встановлення водоохолоджуваного напильника. Водночас конструкція приводу, опорних вузлів, буферного пристрою, елементів кріплення корпусу із цапфами та опорним кільцем потребує посиленого та кваліфікованого обслуговування, уважного нагляду й своєчасного ремонту.

## 2.4 Розрахунки по модернізації

### 2.4.1 Визначення продуктивності

Сумарний момент, який необхідний для повороту конвертера з розплавленим металом і шлаками, представлений на рисунку 2.6, включає три основні складові. Першою є момент $М_р$, обумовлений вагою рідкого розплаву сталі та шлаків. Другою складовою виступає момент $М_к$, що використовується для повороту порожнього конвертера. Третя складова — це момент $М_{тр}$, необхідний для подолання сил тертя в підшипниках опорних цапф конвертера [9].

$$M_{сум} = M_р + M_к + M_{тр} = 9,8 + 3,8 + 4,7 = 18,5 кНм \quad (2.1)$$

де $M_р$ – момент схилу рідкого розплаву (сталі й шлаків);

$M_к$ – момент для повороту порожнього конвертора;

$M_{тр}$ – момент для подолання сил тертя в підшипниках опорних цапф.

Момент, що виникає від ваги рідкого металу та шлаків, визначається відповідно до методики, розробленої для застосування в EQM. Щоб створити алгоритм розв'язання цього завдання, слід згадати технологічний процес зливу сталі та шлаків з точки зору механіки. У нижній частині розплаву

знаходиться важча сталь, тоді як у верхній – шлаки. Межа між ними утворює горизонтальну площину [9].

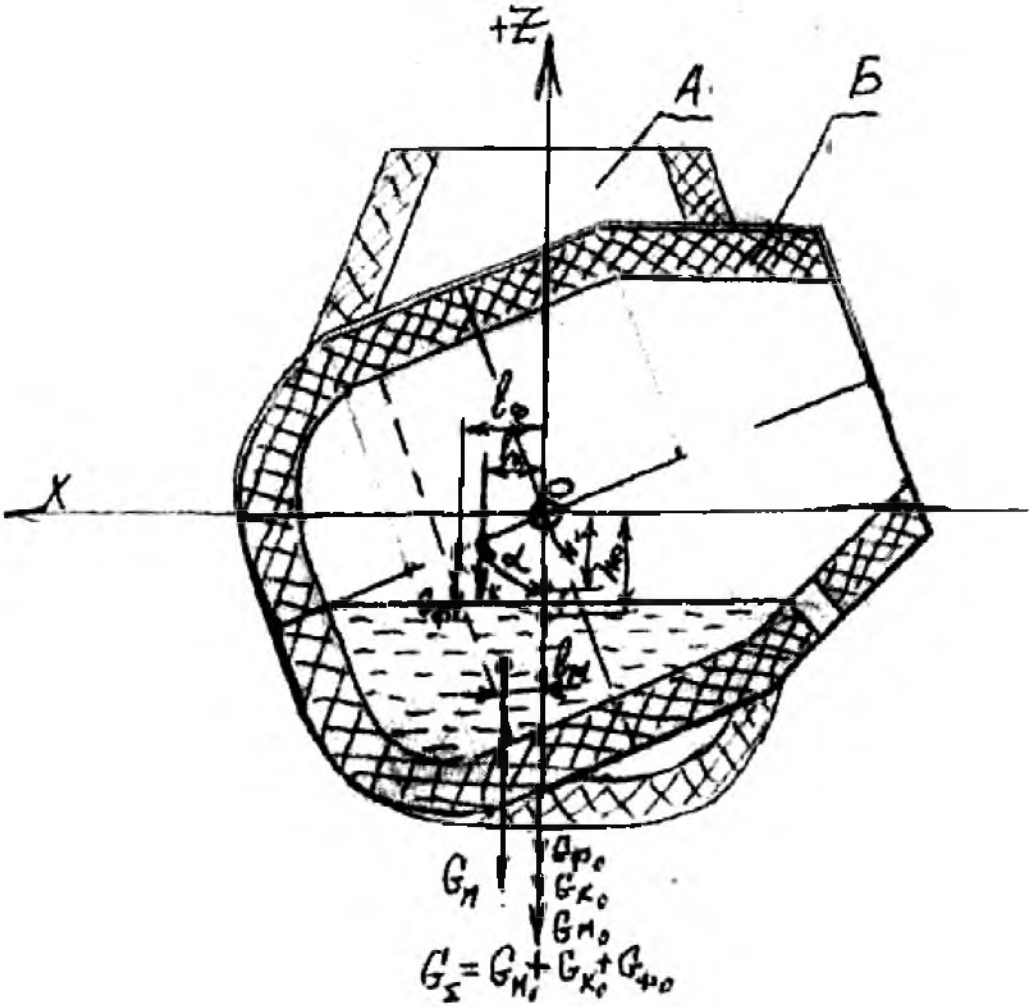



**Рис. 2.6. Розрахункова схема**

*А* – конвертор у вертикальный площіні; *Б* – під кутом нахилу

(розроблено автором)

Сталь переливають через льотку (рис. 2.7, а-г), нахиляючи конвертер у сторону проти годинникової стрілки від його початкового положення. Шлаки видаляються через крайку горловини, повертаючи конвертер у напрямку за годинниковою стрілкою (див. рис. 2.7, д-з).

Під час підходу верхньої частини розплаву (шлаків) до льотки швидкість повороту конвертера настільки висока, що шлаки проходять повз льотку без суттєвого потрапляння в неї та зливання. У розрахунках передбачається, що злив сталі починається лише тоді, коли вільна поверхня шлаків доходить до крайки горловини. У процесі зливу сталі через льотку, аж до її повного випуску, конвертер плавно нахиляють, постійно регулюючи рівень шлаків так, щоб він підходив до крайки, але при цьому шлаки не переливалися за її межі (див. рис. 2.7, г) [10].

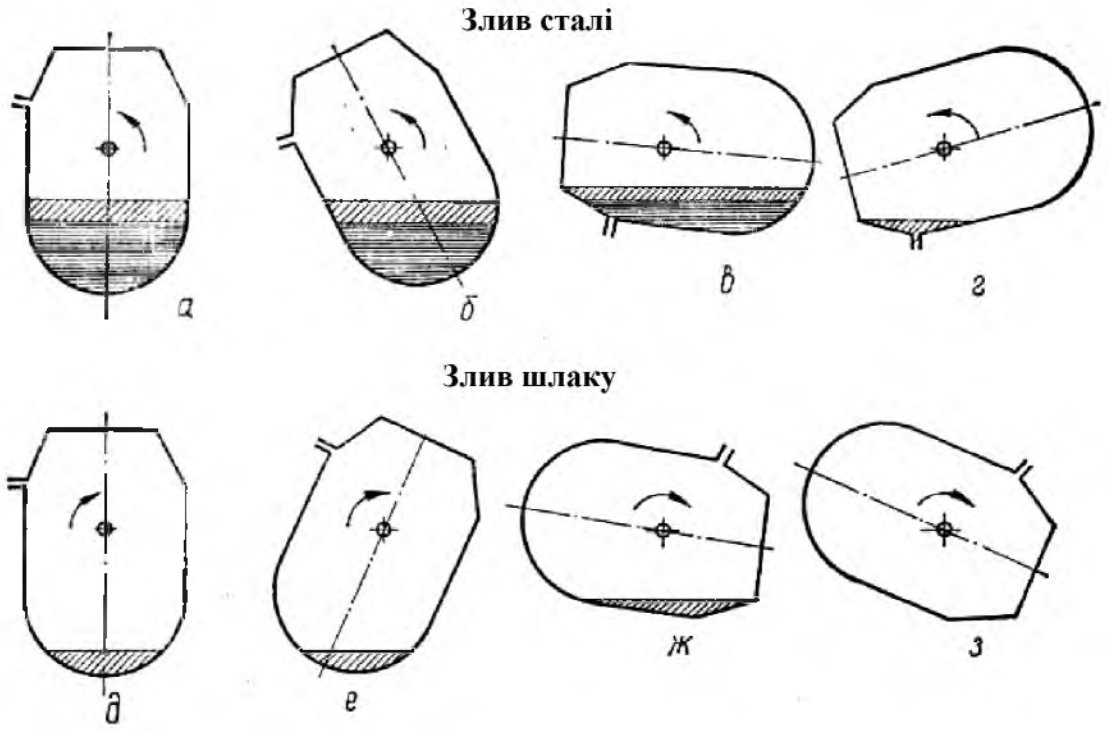



**Рис. 2.7. Схема окремих положень конвертера при зливі сталі й шлаків**

*а* – вихідне положення конвертора зі сталлю й шлаками;

*б* – проміжне положення конвертора зі сталлю й шлаками;

*в* – "підхід" шлаків до зливальної крайки й злив сталі через льотку;

*г* – шлаки в зливальної крайки й повне закінчення зливу сталі;

*д* – вихідне положення конвертора зі шлаками;

*е* – проміжне положення конвертора зі шлаками;

*ж* – шлаки до зливу зі зливальної крайки; *з* – закінчення зливу шлаків

(розроблено автором)

Позначимо щільність сталі й шлаків через $\rho_c$ і $\rho_ш$, вихідні обсяги сталі й шлаків у конверторі перед початком зливу - $V_c$ и $V_ш$, сумарний вихідний обсяг розплаву [10]

$$V_и = V_c + V_ш 160 \ + \ 5 \ = 165 \ м^3 \tag{2.2}$$

де $V_c$ = 160 м$^3$ (обсяг сталі в конверторі);

$V_ш$= 5 м$^3$ (обсяг шлаків у конверторі).

Розчленуємо внутрішню порожнину конвертора (рис. 2.8) по висоті $H$ на n горизонтальних слоїв (кругових циліндрів) однакової товщини [10]

$$jVH = H / n = \frac{7275}{14} = 525,0 см \tag{2.3}$$

де $j$ ΔH – висота заповненої чаші конвертора;

$n$ –умовно прийнята кількість горизонтальних слоїв.

Нумерація шарів здійснюватиметься від осі OX у напрямку осі OY. Кожен шар позначається номером 1 та ординатою його середньої площини, яка обчислюється за формулою:

$$y_1 = \left(1 \ — \ 0,5\right) \Delta H \tag{2.4}$$

Шар, наприклад, під номером 1, може перебувати у трьох станах: повністю заповнений розплавом, тобто "повний" (див. рис. 2.8 а), частково заповнений розплавом, або "неповний" (рис. 2.8 б), та повністю порожній, тобто без розплаву, - "порожній" (рис. 2.8 в). У випадку неповного шару розплав набуває форми сегмента кола [10].

$$L_1 = (x_1 - x_s) cos\varphi - (y_1 - y_s) sin\varphi = \left(-3 \ + \ 1\right) cos45^0 - \left( \ 3 - 1\right) sin45^0 =$$

$$= -2 \cdot 0,707 - 2 \cdot 0,707 = -1,41 - 1,41 \cdot (-1) \quad (2.5)$$

$$L_1 = L_1 = 2^0$$

Момент від ваги

$$M_1 = \rho V_1 g L = 7,85 \cdot 58724 \cdot 9,8 \cdot 2 = 9032574,67\ H \cdot м \quad (2.6)$$

де $x_1$ - координата центра ваги;

$x_s$ - абсциса загального центра;

$cos\varphi$ - кут нахилу чаші конвертора;

$y_1$ - координата центра ваги;

$y_s$ - абсциса загального центра;

$\rho$ - щільність існуючої сталі;

$V_1$ - обсяг розплаву;

$g$ – величина постійна в системі СІ;

$L_1$ – плече сили від ваги щодо осі повороту.

Позначимо параметри 1-го шару розплаву [9]

$$F_1 = 0,5R^2{}_1(\pi + 2\lambda_1 + sin2\lambda_1) =$$

$$= 0,5 \cdot 3^2{}_1(3,14 + 2 \cdot 0,017 + 0,034 \cdot 0,017) = 15,2 м^2 \quad (2.7)$$

де $\lambda_1$=arcsin($E_1$/ $R_1$-1) = arcsin(0,3/$3_1$-1) = 0,017;

$R_1$ - радіус чаші;

$\pi$ - постійна величина;

$\lambda_1$ - коефіцієнт зсуву контуру;

$E_1$ - висота сегмента розплаву в слою.

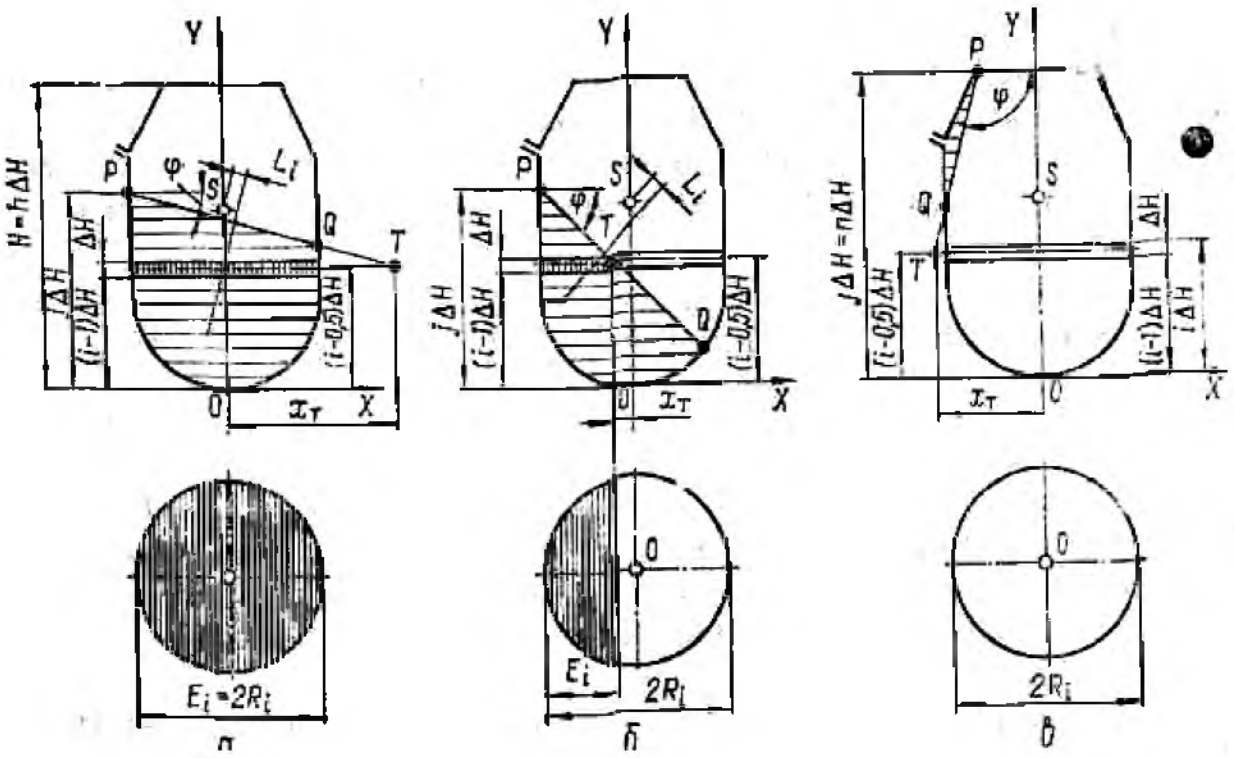



**Рис. 2.8. Схема до розрахунку моментів під час зливу рідкого металу й шлаків**

*а* – чаша цілком заповненена розплавом;

*б* – чаша зовсім вільна від розплаву; *в* – порожня чаша

(розроблено автором)

Розглянемо висоту сегмента $E_I$ для "неповного" шару. Передбачимо, що точка $\rho$, яка відповідає положенню дзеркала розплаву (прив'язана до кута $\varphi$ повороту конвертора), переміщується не безперервно по контуру конвертора, як це відбувається реально, а дискретно, з фіксованим кроком, який дорівнює товщині шару $\Delta H$. Такий підхід обумовлений спрощенням процедур розрахунку координат точки $\rho$ і рівняння площини дзеркала розплаву. Припустимо, що за певного кута повороту точка $\rho$ знаходиться на межі між двома шарами з номерами $j$ та $(j + 1)$. У такому випадку її координати визначаються таким чином [9]

$$x_p = -0,5\ (R_1 + R_{j+1}) = -1,5R + 0,5R_{j+1} \qquad (2.8)$$

$$y_p = jH = 1 \cdot 519,5 \; = \; 519,5 \tag{2.9}$$

$$x_p = -0,5(3+6) = -4,5$$

$$x_p = -1,5 \cdot 3 + 0,5 \cdot 3_{1+1} = 12$$

де $R_1$ - радіус першого слою;

$R_1$ - радіус першого й наступного слоїв.

Починаючи з першого шару ($i$ = 1), шари можуть бути «повними», «неповними» або «порожніми». Усі шари вище точки $45^0$ (при $i > j$) є «порожніми». Обсяг і момент, що виникають від ваги всього розплаву в конверторі, визначаються поступовим додаванням шарів. Перед початком обчислень для першого шару ($i$ = 1), обсяг і момент сили гравітації всіх попередніх шарів ($V_0$ і $M_0$) приймаються рівними нулю ($V_0 = 0$, $M_0 = 0$). Після додавання обсягу $V_1$ та моменту $M_1$ першого шару, загальні обсяг та момент для одного шару набувають таких значень [9]:

$$V = V_0 - V_1 = 0 + 160 = 160 м^3 \tag{2.10}$$

$$M = M_0 - M_1 = 0 + 9,64 = 9,64 кНм \tag{2.11}$$

Суттєвою особливістю розрахунку є те, що для кожного кута повороту конвертера перед початком підсумовування обсягів і моментів шарів виконується визначення положення точки $\rho$ і поверхні дзеркала розплаву. Таким чином, значення $j$ є лише можливим. Відомо лише, що воно більше, ніж при попередньому, меншому куті повороту конвертера [10].

Процес додачі шарів триває доти, доки значення не досягне або не

перевищить $j$. Після цього сумарний обсяг $j$ шарів порівнюється з величиною початкового обсягу розплаву $V_в$. Якщо сумарний обсяг виявляється меншим за початковий ($V < V_в$), це свідчить про неправильне положення дзеркала розплаву. У цьому випадку потрібне зміщення дзеркала в бік збільшення обсягу розплаву (тобто підвищення $j$ на 1 або пересування точки ρ вгору контура на один крок $H$), після чого процедура додачі шарів повторюється. Усі попередні розрахунки обсягів і моментів для цього кута повороту конвертера анулюються. Цей процес розрахунків та їх скасувань триває до того моменту, поки після результату із недоліком не буде отримано результат із надлишком. Таким чином, пошук правильного положення дзеркала (або, точніше, визначення наближених значень обсягу й гравітаційного моменту розплаву при заданому положенні дзеркала) здійснюється за методом "вилки". Отримавши два послідовні положення дзеркала розплаву — одне із недоліком ($V'$ і $M'$) та інше з надлишком ($V''$ і $M''$), — можливо шляхом лінійної інтерполяції обчислити точне значення моменту розплаву [10].

$$M_p = M' + (M'' - M') = 9,5 + = 165\ кНм \qquad (2.12)$$

Значення обсягу розплаву дорівнює вихідному

$$V_p = V_и \left(м^3\right) \qquad (2.13)$$

$$165 м^3 = 165 м^3$$

Коли точка $\rho$ з'єднується з точкою $C$ ($j = n$), [13] викликається процес зливу розплаву. У цей момент потреби в застосуванні методу "вилки" вже немає. Завершувати операцію нарощування шарів і підрахунку обсягів та моментів потрібно при $i = n$. Оскільки в конверторі одночасно присутні дві фази – сталь і шлаки – велика частина шарів заповнена одразу цими двома рідинами, що відрізняються за щільністю (частина сегмента містить сталь,

інша – шлаки). Це значно ускладнює процес розрахунків. Щоб спростити обчислення, зводимо розрахунок моментів до двох окремих етапів, під час яких у кожному розглядається лише однофазна рідина з постійною щільністю. Опісля результати для відповідних кутів повороту додаються. На першому етапі розрахунку передбачається, що розплав у конверторі має початковий обсяг:

$$V_и = V_с + V_ш = 160 + 1,3 = 161,3\ м^3 \qquad (2.14)$$

Щільність $\rho = \rho_ш$, а при другому розрахунку - вихідний обсяг $V_и = V_с$ і щільність $\rho = \rho_с - \rho_ш$. Маса розплаву й момент від сили гравітації в першому й другому розрахунках визначаються по формулах [13]

$$m_{р1} = \rho_ш(V_с + V_ш) = \rho_ш V_с + \rho_ш V_ш = 7,82(160 + 1,3) = 136,6\ т \qquad (2.15)$$

де $M_{р1} = 9,28$ т;

$$m_{р2} = (\rho_с - \rho_ш)V_с = (7,85 - 7,82)160 = 4,8т \qquad (2.16)$$

$M_{р2} = 0,35$ т ;

$m_с = 130$ т;

$m_ш = 5$ т;

$h_с$ і $h_ш$ - плечі сил від ваги обсягів $V_с$ і $V_ш$ щодо осі повороту;

$m$ - маса розплаву;

$M$ - момент розплаву;

$\rho_ш$ - щільність шлаку;

$\rho_с$ - щільність сталі.

Підсумовуючи маси $m_{р1}$ і $m_{Р2}$, а також моменти $M_{р1}$ і $M_{Р2}$, одержимо тотожні рівності

$$m_p = m_{p1} + m_{p2} = 136,6 + 4,8 = 141,4m \quad (2.17)$$

$$M_p = M_{p1} + M_{p2} = 9,8 + 0,35 = 10,15кНм \quad (2.18)$$

Запропонований метод вирішення є обґрунтованим.

Перехід від горизонтальних ділянок графіків до похилого (під кутом повороту $\varphi_{сл}$) свідчить про початок процесу зливу сталі. Відстань між графіками протягом усього їхнього інтервалу відповідає значенню $V_ш$.

Під час виконання першого розрахунку початковий обсяг розплаву залишається постійним при всіх кутах повороту $\varphi$ і дорівнює $V_в = V_с + V_ш$. Розрахунок триває до того моменту, поки [13]

$$Vp \geq V_ш \quad (2.19)$$

При виконанні другого розрахунку вихідний обсяг розплаву визначається по формулі

$$V_и = V_р - V_ш = 160 - 1,3 = 158,7\ м^3 \quad (2.20)$$

де $V_р$ — обсяг розплаву в конвертері, визначений за початковим розрахунком при відповідному куті $\varphi$. Зокрема, початковий обсяг відповідає об'єму сталі, який залишається постійним на горизонтальній ділянці, за умови $\varphi \leq \varphi_{сл}$. Якщо $\varphi > \varphi_{сл}$, обсяг починає поступово зменшуватися до нуля на нахиленій ділянці. Розрахунок триває до тих пір, поки $V_р > V_ш$ або $V_в \geq 0$.

### 2.4.2 Розрахунок потужності привода

Момент від ваги конвертера для кожного із двох розрахунків [11]

$$M_{к1} = M_{к2} = 0,5 m_к g L_к = M_{к2} = 0,5 \cdot 950 \cdot 9,85 \cdot 1,41 = 6597 кНм \qquad (2.21)$$

Момент сил тертя в підшипниках опорних цапф конвертора визначаємо по формулах

$$M_{тр1} = [0,5 m_к + \rho_ш (V_c + V_ш)] g f r M_{тр1} =$$

$$= [0,5 \cdot 950 + 7,8 \cdot 135] 9,8 \cdot 3 = 44923,2 \ кНм; \qquad (2.22)$$

$$M_{тр2} = [0,5 m_к + (\rho_c + \rho_ш) V_c] g f r = [0,5 \cdot 950 + (7,85 - 7,8) 130] 9,8 \cdot 3 = 14156,1 \ кНм$$

На основі проведених розрахунків будується графік сумарних моментів залежно від кута повороту конвертора (рис. 2.9). Для забезпечення стійкості роботи конвертора та запобігання аварійним ситуаціям, крива сумарного моменту має залишатися вище осі абсцис.

Щодо потужності електродвигунів [12]

$$P = M_{сум} w_к / \eta = 640 \cdot 1,3 / 0,86 = 965 \ кВт \qquad (2.23)$$

де $w_к$ – кутова швидкість повороту конвертора;

$\eta$ – К.К.Д передач механізму повороту;

$M_{сум}$ – сумарна потужність двигунів.

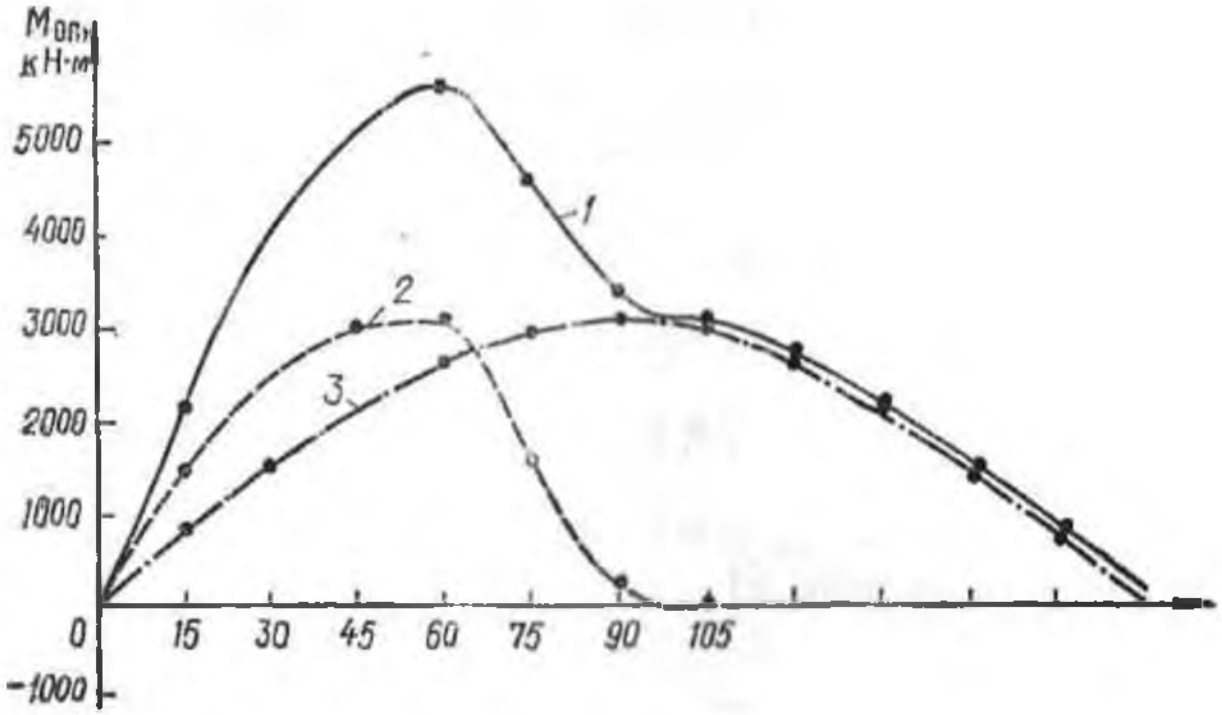



**Рис. 2.9. Графік перекидаючого моменту конвертора місткістю 160 т**

1 – сумарний; 2 – від ваги металу; 3–від ваги корпуса й тертя в опорах

(розроблено автором)

# РОЗДІЛ 3
# ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

У процесі вирішення завдань соціально-економічного розвитку країни ключове значення має охорона праці, зокрема законодавство про працю, а також норми та правила виробничої санітарії та техніки безпеки [14].

Основними заходами, спрямованими на підвищення безпеки праці, є:

– розробка та впровадження технологій, які гарантують безпечні умови роботи;

– механізація й автоматизація виробничих процесів, що виключають будь-який контакт працівників із небезпечним виробничим середовищем і шкідливими факторами;

– оснащення ключових металургійних агрегатів та обладнання сучасними засобами безпеки і промислової гігієни з метою запобігання поширенню небезпечних і шкідливих факторів за межі агрегатів чи механізмів.

Комплексні заходи з впровадження новітніх технологій, автоматизації, механізації процесів й оснащення обладнання засобами захисту можуть суттєво підвищити безпеку як виробничих процесів, так і самого обладнання. Це дозволяє ефективно захищати працівників від впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників [14].

Правова база охорони праці в Україні спирається на Конституцію України, Закони України «Про охорону праці», «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», а також Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Регулювання безпеки праці здійснюється через нормативні акти, СНіП та ключові керівні документи [14].

– ДСТУ 2293-9 – «Охорона праці. Терміни та визначення»;

– ДСТУ ССБТ 12.0.003-82 – «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація»;

– ГОСТ ССБТ 12.2.003-91 – «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки»;

– СНіП П-4-79 – Норми виробничого освітлення;

– СНіП 2.09.04-87 – Норми щодо санітарно-побутових приміщень.

## 3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

До факторів, що створюють небезпеку та погіршують санітарно-гігієнічні умови праці в шихтовому відділенні конверторного цеху, відносяться [14]:

– високий рівень шуму, спричинений переміщенням поїздів;

– підвищена висота робочого місця (для кранівників та слюсарів-ремонтників кранового обладнання);

– вплив струму високої напруги (до 380 В). У відділенні гранулювання шкідливі фактори, що впливають на санітарно-гігієнічні умови роботи, включають:

– наявність шкідливих хімічних речовин у повітрі робочої зони;

– запиленість повітря;

– шум.

Серед найбільш шкідливих факторів, які характерні для конверторного цеху з встановленим обладнанням, можна виділити [14]:

– пил, що негативно впливає на дихальні шляхи (має фіброгенну дію) і може стати причиною професійних захворювань органів дихання (таких як пиловий бронхіт); крім того, пил погіршує виробничу обстановку, знижуючи видимість і орієнтування в межах робочої зони. Основними джерелами

утворення пилу є близьке розташування до стрічкових конвеєрів, грохотів та вітротехніки [14];

– шум і вібрація, що виникають під час роботи грохотів. Тривала дія таких факторів може призводити до зниження гостроти зору і слуху, підвищення артеріального тиску, а також до порушень у роботі нервової та серцево-судинної систем. Наслідком функціональних змін у цих системах може стати часткова або повна втрата працездатності; – недостатня освітленість робочої зони, яка значно впливає на виконання робіт. Недостатнє освітлення та низький контраст ускладнюють виявлення небезпек, які можуть траплятися під час трудової діяльності (зокрема таких як висота або рух предметів). Для забезпечення оптимальної видимості необхідно дотримуватися норм освітленості згідно з вимогами [14].

Співвідношення між рівнем освітлення на робочому місці та характеристикою зорової роботи залежить від кількох параметрів. Важливими факторами є: розмір найменшого об'єкта, який можна розгледіти під час роботи, а також колір і яскравість поверхні, що безпосередньо прилягає до цього об'єкта. Ці характеристики класифікуються за трьома рівнями: світлий, середній і темний. Значення визначаються коефіцієнтом відбиття поверхні: понад 0,4 для світлого, 0,4–0,2 для середнього і менше ніж 0,2 для темного. Раціональне рівномірне освітлення сприяє зменшенню втоми очей завдяки адаптації, а також допомагає уникнути появи тіней і блиску, що можуть спричиняти осліплення [14].

Серед основних причин нещасних випадків у шихтовому відділенні виділяються наступні: травмування внаслідок контакту з рухомими частинами обладнання та вантажопідіймальних механізмів; пошкодження під час виконання ремонтних і монтажних робіт; ураження електричним струмом [14].

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

Для зниження шумового впливу передбачено ряд заходів, серед яких використання шумопоглинальних кожухів, спеціального одягу та засобів індивідуального захисту [14].

Щоб поліпшити умови робітників-кранівників у кабіні крана встановлено кондиціонер.

З метою запобігання ураженню електричним струмом устаткування проходить процес занулення та заземлення, а також забезпечується часткове або повне огородження.

Для зниження запиленості та загазованості повітря в розливочному відділенні цеху проектом передбачено ізоляцію джерел шкідливих виділень із використанням місцевої та загальної вентиляції. У відділенні, поруч із робочими зонами, облаштовано приміщення для відпочинку працівників.

Для забезпечення доступу до питної води встановлено питні фонтанчики та автомати з газованою водою. У літній період організовані пункти для видачі вітамінізованих напоїв. Відстань від робочих місць до пунктів з питною водою не перевищує 75 метрів [14].

Основні заходи щодо забезпечення безпеки працівників включають:

– встановлення надійних огороджень при проведенні робіт на висоті;

– своєчасне виявлення та усунення несправностей обладнання перед початком роботи;

– чергування праці з відпочинком та дотримання питного режиму;

– застосування засобів індивідуального захисту для зменшення впливу теплового та світлового випромінювання, таких як спецодяг, рукавиці, окуляри тощо.

# ВИСНОВКИ

У цій роботі було проведено аналіз і розробку рішень щодо модернізації механічного обладнання конверторного цеху, зокрема приводу повороту конвертора. У процесі функціонування механізму було виявлено ряд недоліків, серед яких:

1. значні габаритні розміри приводу повороту;
2. невідповідність у роботі двигунів через часові затримки;
3. швидке зношення гальмівних колодок;
4. передчасне виникнення радіального биття в шківах редукторів;
5. часті несправності у роботі гідросистеми;
6. поломки зубів основної шестерні та додаткових шестерень;
7. вихід з ладу головних підшипників (перекіс вкладишів) унаслідок тривалого плавлення металу та його перегрівання;
8. недостатня термоізоляція чаші конвертора, що сприяє передаванню тепла в навколишнє середовище;
9. відсутність можливості фіксації кутів нахилу чаші під час ремонту або футеровки конвертора;
10. прискорене зношування футеровочних матеріалів всередині чаші конвертора;
11. значна тривалість ремонтного періоду, яка негативно впливає на економічні показники підприємства.

Для виключення цих проблем доцільно провести модернізацію привода шляхом заміни вузлів і деталей у кінематичній схемі привода повороту конвертора.

Основною метою впровадження нових рішень є підвищення надійності механізму та його ремонтопридатності.

Впровадження оновленої конструкції привода дозволить збільшити періоди міжремонтного обслуговування, зменшити витрати на технічне обслуговування та ремонт і таким чином оптимізувати роботу всього механізму.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. О.Б. Парницький, О.П. Шабашов / Конвертори загального призначення., 1961 р. - 314с.
2. Каталог «Криворіжсталь» - 70 кроків у майбутнє; 2004рік – 15 стор.
3. Посібник по якості виробництва ККЦ-№. 2005р. – 72 стор.
4. Паспорт конвертора.
5. Авторське свідоцтво № АС 1224554 Механізм повороту конвертора.
6. Авторське свідоцтво № АС 1444522 Утримуючий пристрій.
7. Авторське свідоцтво № АС 1425213 Механізм захисту приводу.
8. Авторське свідоцтво № АС 1223444 Утримуючий пристрій.
9. Н.Ф. Руденко, М.П. Александров, А.Г. Лисяков. / Курсове проектування вантажопідйомних машин. - 1963. – 304 стор.
10. Івашков І.І. / Монтаж, експлуатація та ремонт сталерозливних машин. Підручник для машинобудівних вузів. - Машинобудування, 1981. – 335 стор.
11. М.П. Александров. / Вантажопідйомні пристосування - Машинобудування, 1981. – 215 стор.
12. П.З. Петухов / Специальні приводи конверторів. - Машинобудування, 1985. – 248 стор.
13. А.І. Цілин / Машини й агрегати металургійних цехів. - «Металургія»., 1978. - 327с.
14. В.О. Шеремет, О.І. Каракаш, В.Ф. Марунчак та інші. Охорона праці на гірничо - металургійному підприємстві. Навчальний посібник. - Ч. V: Ремонтно-механічний комплекс. - Дніпропетровськ: ПП «Ліра», 2004. - 332с.

**ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти**

Державного університету економіки і технологій

про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату

та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Томілін Костянтин Михайлович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. **Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота** *«Модернізація конструкції приводу повороту конвертора конверторного цеху 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 _____ К. М. Томілін

(ініціали, прізвище, власноруч)