

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

Твердохліб Дмитро Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Модернізація приводу повороту конвертора Конвертерного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

за матеріалами

Конвертерного цеху 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)

Учитель О. Д.
(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)

Твердохліб Дмитро Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Модернізація приводу повороту конвертора Конвертерного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Учитель О. Д., 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 Конвертерного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика конвертора, інформація про недоліки конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;

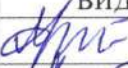
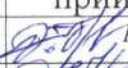
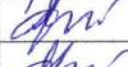



4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 аркуш формату А1 кресленик загального виду: конвертор

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Учитель О. Д., професор	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Учитель О. Д., професор	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Учитель О. Д., 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)

Твердохліб Д. І.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Учитель О. Д.
(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк арк.	№ екз.	Примітка
1						
2			<i>Документація загальна</i>			
3						
4			<i>Заново розроблена</i>			
5						
6	A1	<i>КРБ.133.25.09.00.00.000.В0</i>	<i>Кресленик загального виду</i>	2	-	
7	A4	<i>КРБ.133.25.09.ПЗ</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	43	-	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

133.25.09.КРБ

Зм.	Арк.	№ документа	Подп.	Дата	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Твердохлід	<i>[Підпис]</i>	07.06.25	Б		1
Перевірив		Учитель	<i>[Підпис]</i>	12.06.25			
Н.контр.		Учитель	<i>[Підпис]</i>	13.06.25	ННТІ ДЧЕТ кафедра ІГМ гр. М0-22ск Формат А4		
Затвердив		Засельський	<i>[Підпис]</i>	14.06.25			

Привід повороту конвертора
Відомість кваліфікаційної роботи
бакалавра

Копіював

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 43 стор., 10 рис., 4 табл., 1 додаток, 12 джерел.

Об'єкт розробки — привод повороту конвертора.

Мета розробки — підвищення надійності привода, зменшення витрат коштів і часу на обслуговування та ремонт за рахунок зменшення габаритів, через використання тихохідного редуктора зі сферичною втулкою в якості фіксованої опори конвертора, а також усунення негативного впливу динамічних навантажень на привод під час пуску і гальмування, за рахунок з'єднання опорного кільця із зубчатим колесом редуктора через торсіонні вали з кривошипам.

Метод досліджень — аналітичний – аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції привода повороту конвертора..

Розроблена менш габаритна і більш податлива конструкція привода, яка дозволить демпфувати динамічні навантаження, що діють на деталі привода, а також компенсувати перекис опорного кільця.

Запропонована конструкція дозволить підвищити надійність привода повороту зокрема і конвертора в цілому.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації привода конвертора.

Ключові слова: привод повороту конвертора, опорне кільце, торсіонний вал, кривошип.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини.....	9
1.2 Технічна характеристика машини-прототипу	9
1.3 Опис конструкції машини-прототипу.....	10
1.4 Аналіз недоліків	15
1.5 Передбачувані причини недоліків	16
1.6 Постановка задачі	16
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	18
2.1 Літературно-патентний огляд.....	18
2.2 Пропозиції по модернізації.....	24
2.3 Переваги пропонованої конструкції	26
2.4 Розрахунки по модернізації.....	27
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	35
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників.....	35
3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників	38
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42
ДОДАТКИ	43

ВСТУП

Сучасне металургійне виробництво зіштовхується з комплексом викликів, серед яких домінуючим є висока собівартість кінцевої продукції. Цей фактор обумовлений сукупністю чинників, включаючи значні енергетичні витрати, що постійно зростають на тлі нестабільності світових ринків енергоносіїв, а також високу вартість сировини та палива. Окрім цього, значний внесок у формування собівартості роблять експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням, ремонтом та заміною коштовного технологічного обладнання. В умовах посилення глобальної конкуренції та зростаючих вимог до екологічності виробництва, оптимізація цих витрат стає не просто бажаною, а критично важливою умовою для забезпечення конкурентоспроможності та сталого розвитку металургійних підприємств.

Конверторний спосіб виплавки сталі залишається основою сучасної металургії, забезпечуючи виробництво значних обсягів сталі у світі. Центральним елементом цього технологічного процесу, що безпосередньо впливає на його ефективність та безперебійність, є привод обертання конвертора. Від надійності та функціональності цього механізму залежить не лише точність позиціонування конвертора під час заливки чавуну та випуску сталі, а й загальна ритмічність роботи цеху.

Досвід експлуатації металургійних підприємств свідчить, що привод обертання конвертора є одним із найбільш проблемних та витратних у обслуговуванні механізмів конверторних цехів. Часті несправності, що виникають через значні динамічні навантаження, перекося та знос елементів, призводять до вимушених простоїв виробництва. Кожен такий простій означає недовиробництво сталі, втрату прибутку та зростання питомих витрат на тонну виплавленої продукції. Крім того, ремонтні роботи вимагають значних фінансових вкладень, використання коштовних запасних частин та висококваліфікованого персоналу, що ще більше збільшує експлуатаційні витрати. Таким чином, підвищення довговічності та зниження експлуатаційних витрат при-

воду обертання конвертора є не тільки актуальним технічним завданням, спрямованим на покращення надійності обладнання, а й стратегічним економічним завданням, що безпосередньо впливає на загальну рентабельність металургійного виробництва.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

Область застосування — металургійне виробництво, а саме в технологічних лініях конверторних цехів.

Привод повороту конвертора призначений для повороту конвертора навколо горизонтальної вісі з метою виконання технологічних операцій, пов'язаних з випларкою сталі або проведенням ремонтів. [1]

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

Технічна характеристика приводу повороту конвертора наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Технічна характеристика приводу повороту конвертора

Найменування параметру	Од. вим.	Значення
Моменти на вихідному валу: – номінальний $M_{\text{ном}}$ – максимальний $M_{\text{мах}}$	кН · м	3700 5000
Частота обертання: – мінімальна $n_{\text{мін}}$ – номінальна $n_{\text{ном}}$	об/хв	0,04 1
Передавальне число: – швидкохідного редуктора $i_{\text{ш.р.}}$ – тихохідного редуктора $i_{\text{т.р.}}$ – загальне $i_{\text{заг}}$	–	59,7 7,75 462,67
ККД приводеу $\eta_{\text{т.р.}}$	–	0,74

Джерело: розроблено із використанням [2]

1.3 Опис конструкції машини-прототипу

Історія розвитку металургії свідчить про постійне вдосконалення технологій виплавки металів. Серед різноманіття методів, киснево-конверторний процес займає провідне місце у виробництві сталі. Цей метод, що є нащадком Бессемерівського процесу, базується на продувці розплавленого чавуну технічно чистим киснем, що інтенсифікує окислення домішок та забезпечує високу ефективність виробництва.

Кисневий конвертер з масою садки 160 тон, представлений на рис 1.1, складається з таких основних елементів: корпусу 1, опорного кільця 2, опор 3, нерухомого 4, плаваючого 5 підшипників, механізму повороту 6, платформи 7 та маслостанції 8 для змащення механізму обертання.

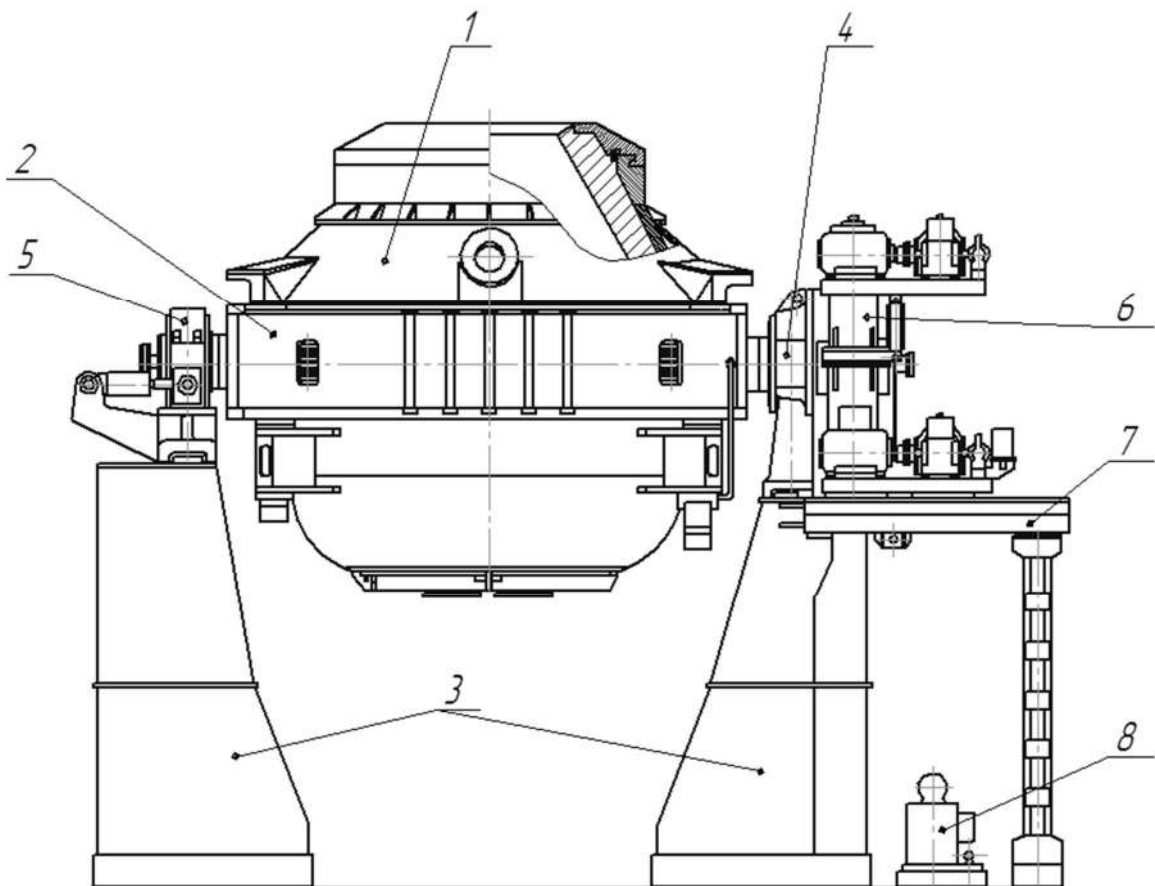


Рис. 1.1. Кисневий конвертер садкою 160 тон

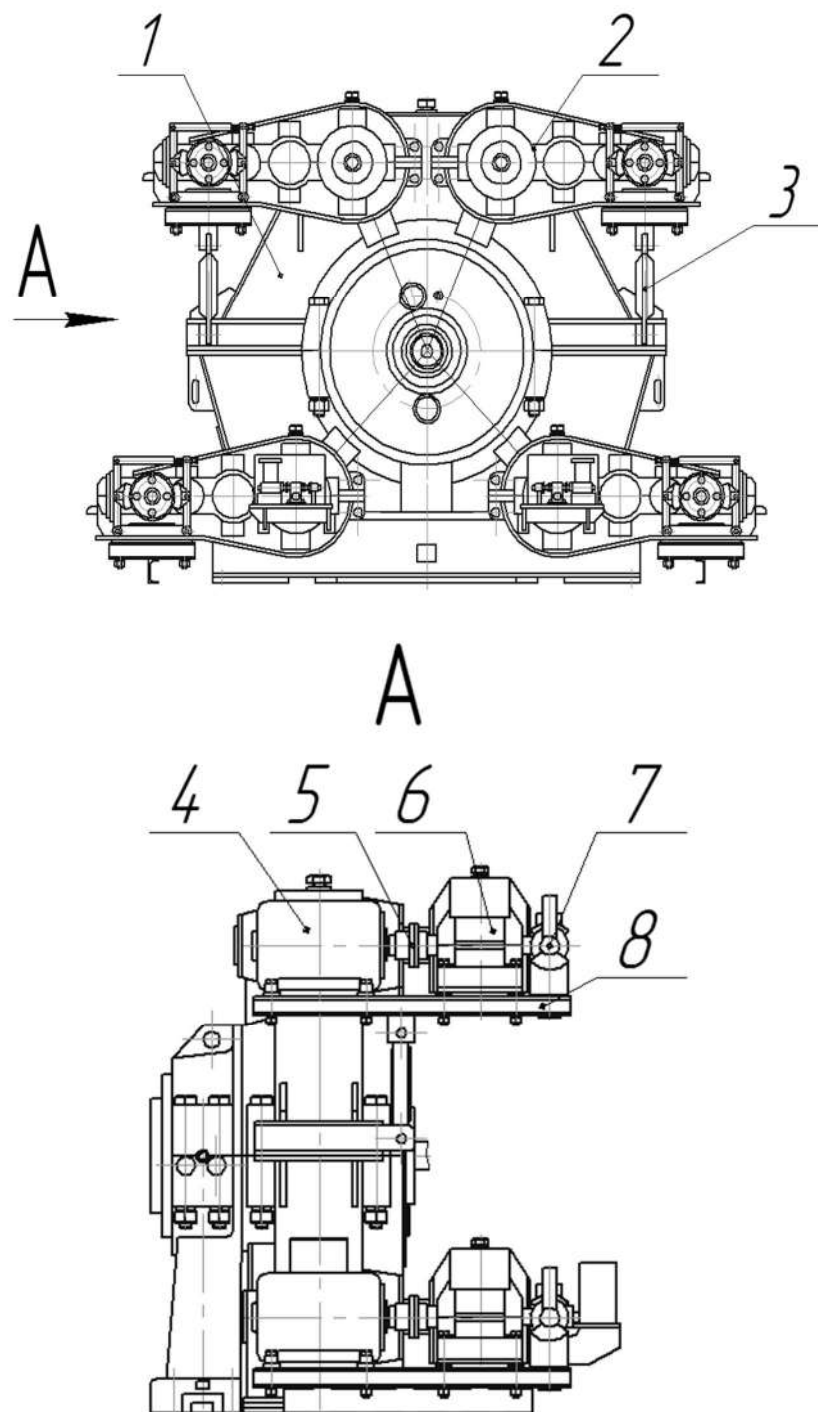
Джерело: розроблено із використанням [3]

Принцип дії кисневого конвертера полягає в продуванні розплавленого чавуну киснем, унаслідок чого відбувається окиснення домішок, що містяться в металі. Сам конвертер — це грушоподібна металева посудина, внутрішня поверхня якої викладена вогнетривкою футерівкою. Кисень подається під тиском у межах 0,8...1,2 МПа за допомогою водоохолоджуваної фурми.

Перед початком продувки в конвертер завантажують сталевий брухт, сипучі шихтові компоненти, після чого заливають рідкий чавун. Далі в робочий простір опускають фурму і розпочинають подачу кисню. Після потрапляння кисню у ванну, в першу чергу відбувається окиснення заліза з утворенням закису FeO . Ця сполука частково розчиняється в металі, а частково переходить у шлакову фазу, сприяючи подальшому окисненню небажаних домішок: частина з них переходить у шлак, інші — видаляються у вигляді газоподібних продуктів.

Механізм повороту являє собою багатодвигунну систему (рис. 1.2), що включає тихохідний одноступеневий редуктор 1, чотири швидкохідні приводи 2, змонтовані на рамах 8, а також тяги 3, які утримують верхні швидкохідні приводи у фіксованому положенні. Кожен із швидкохідних приводів складається з електродвигуна 4, муфти 5, триступеневого редуктора 6 та гальмівного пристрою 7. Вихідний вал триступеневого редуктора, що має пустотілу конструкцію, жорстко з'єднаний з приводним валом-шестернею тихохідного редуктора.

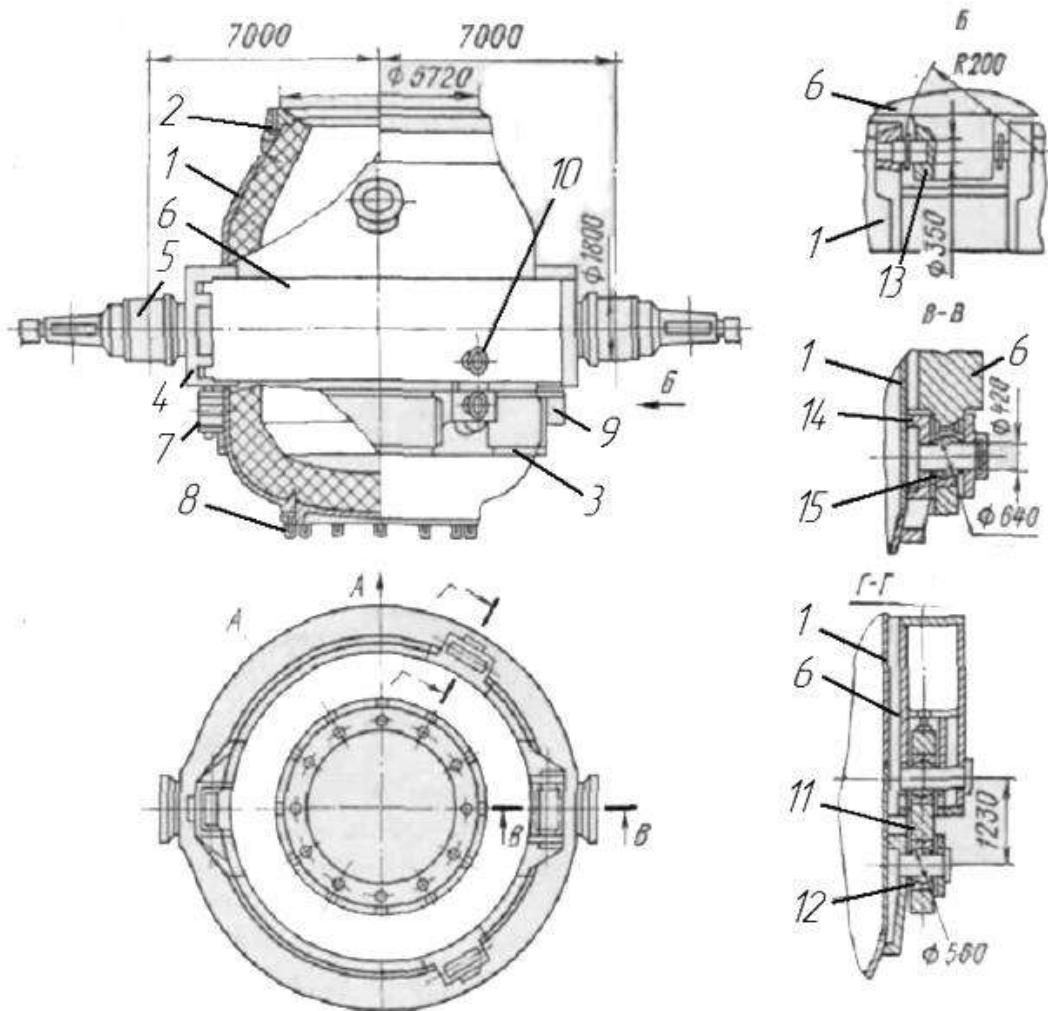
Корпус кисневого конвертера (рис. 1.3) 1 виготовлений шляхом зварювання з окремих обичайок, сформованих методом штампування та гнуття з листової сталі. Верхня частина має конічну форму, середня — циліндричну, а нижня — сферичну. Для підвищення міцності, в зоні горловини встановлена литна конічна обичайка, до якої за допомогою болтів кріпиться масивний литий шолом 2. Завдяки відсутності виступаючих елементів на шоломі та обичайці спрощується очищення поверхні від налиплих матеріалів.



- 1 – тихохідний редуктор; 2 – швидкохідний привод; 3 – фіксуюча тяга
 4 – електродвигун; 5 – муфта; 6 – трьохступеневий редуктор;
 7 – гальма; 8 – рама

Рис 1.2. Багатодвигунний привод повороту конвертора

Джерело: розроблено із використанням [3]



- 1 – корпус; 2 – шолом; 3 – несучий пояс; 4 – цапфова плита; 5 – цапфа;
 6 – опорне кільце; 7 – фіксована опора; 8 – вставне днище; 9 – упор;
 10 – шарнірна підвіска; 11 – тяга підвіски; 12 – сферичний шарнір підвіски;
 13 – сферичні підп'ятники упору; 14 – кронштейн фіксованої опори;
 15 – сферичний шарнір опори

Рис. 1.3. Корпус конвертора з опорним кільцем і вузлами кріплення

Джерело: розроблено із використанням [3]

Циліндрична ділянка корпусу посилена звареним несучим поясом 3, що включає підвіски, об'єднані двома рядами дугоподібних ребер жорсткості — верхніми та нижніми. У нижню сферичну частину вварюється лите опорне кільце, яке забезпечує кріплення знімного днища за допомогою клинів. Це днище знімають під час ремонту для полегшення демонтажу зношеної футерівки та забезпечення ефективного охолодження корпусу за допомогою вентиляційного повітря.

Опорне кільце 6 складається з двох литих плит із запресованими цапфами 4 та 5, а також двох секторів коробчастого профілю з внутрішніми вертикальними ребрами, які зварюються між собою під час складання. Така конструкція формує статично невизначену систему, у якій через нерівномірний розподіл навантаження і теплових деформацій виникають значні напруження. Температурні і механічні напруги в елементах кільця при цьому різко знижуються.

Цапфа зазвичай монтується у цапфову плиту шляхом запресування. Для полегшення цього процесу використовують різницю температур: плиту нагрівають, або ж саму цапфу попередньо охолоджують, наприклад, у рідкому азоті. Використання болтових з'єднань нині не практикується через їх схильність до ослаблення під час експлуатаційного нагріву. Оскільки при високих температурах несуча здатність цапф знижується, вони виконуються з водяним охолодженням. Натомість охолодження самих опорних кілець водою не застосовується через небезпеку взаємодії води з розплавленим металом. З метою тепловідведення в опорних кільцях передбачають наскрізні вентиляційні канали для подачі повітряного потоку.

Через значні навантаження, що припадають на опори, у деяких випадках застосовуються підшипники кочення великого діаметру, внутрішній отвір яких перевищує посадковий діаметр цапфи, виходячи з умов міцності. Щоб уникнути збільшення самого діаметра цапфи та запобігти виникненню концентраторів напружень у місцях переходу, використовуються перехідні напресовувані втулки.

Надійність і довговічність таких важливих вузлів, як корпус, опорне кільце, опори та механізм повороту, значною мірою залежать від способу їх з'єднання. Оскільки температурне розширення корпусу та опорного кільця має різну інтенсивність, конструкція кріплення повинна забезпечувати свободу їх теплового переміщення, запобігаючи надмірним напруженням і деформаціям.

1.4 Аналіз недоліків

Аналіз досвіду експлуатації кисневих конверторів свідчить про наявність низки суттєвих недоліків у конструкції привода повороту, які негативно впливають на його надійність, технічне обслуговування та загальну ефективність функціонування. Одним із головних недоліків є висока чутливість привода до дії динамічних навантажень, що виникають під час пуску, зупинки та реверсу. Такі навантаження викликають ударні перевантаження в елементах привода, що призводить до прискореного зносу редукторів, муфт, підшипників та інших деталей, значно скорочуючи їх ресурс і збільшуючи частоту ремонтів.

Крім того, конструкція привода вимагає дуже високої точності монтажу, особливо у частині вирівнювання осі цапф опорного кільця. Навіть незначний перекис призводить до зміщення осей, перекручування валів, нерівномірного розподілу навантажень і виникнення додаткових напружень у з'єднаннях. У результаті це суттєво ускладнює експлуатацію привода та підвищує ймовірність його передчасного виходу з ладу. Ще одним важливим недоліком є відсутність у стандартній конструкції засобів компенсації температурних деформацій корпусу та опорного кільця, що особливо критично за умов циклічного теплового навантаження. Різниця у температурному розши-

ренні елементів конструкції без відповідної компенсації спричиняє появу додаткових напружень і негативно впливає на довговічність привода.

1.5 Передбачувані причини недоліків

Аналіз конструктивних особливостей привода повороту конвертора та умов його експлуатації дозволяє зробити висновок, що наявні недоліки є прямим наслідком інтенсивного зношування і руйнування його елементів, а також ускладненої можливості їх оперативної заміни. Вивчення характеру типових відмов та поломок деталей привода свідчить, що ключовим чинником їх виникнення є вплив значних динамічних навантажень, які виникають у процесі запуску й зупинки механізму. Відсутність у конструкції привода ефективних демпфуючих елементів, здатних поглинати імпульсні навантаження, призводить до нерівномірного розподілу зусиль по кінематичному ланцюгу, що, у свою чергу, викликає прискорене зношування окремих вузлів, їх передчасне руйнування та необхідність частих заміні.

Додатковим негативним чинником є відсутність у конструкції привода систем компенсації перекосів осі цапф опорного кільця. Це призводить до виникнення додаткових навантажень на деталі привода в умовах навіть незначних монтажних або температурних деформацій, що також пришвидшує їх зношування.

Таким чином, конструктивні недоліки привода, зокрема відсутність елементів демпфування та компенсації перекосів, є критичними чинниками, що обумовлюють низьку надійність вузла та значні експлуатаційні витрати, пов'язані з його обслуговуванням.

1.6 Постановка задачі

Метою роботи є підвищення надійності привода, зменшення витрат коштів і часу на обслуговування та ремонт.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- виконати аналіз зібраної інформації про експлуатацію привода конвертора з метою виявлення конструктивних недоліків, що скорочують строк служби обладнання та ускладнюють його технічне обслуговування;
- провести ґрунтовний огляд наукових джерел та патентної документації з метою пошуку можливих альтернативних технічних підходів для усунення виявлених недоліків у конструкції;
- розробити практичні інженерні рішення щодо вдосконалення механізму повороту конвертора з акцентом на підвищення його експлуатаційної надійності та функціональних можливостей;
- виконати необхідні інженерні розрахунки для визначення оптимальних технічних параметрів оновлених конструктивних елементів з метою забезпечення їх ефективної та довговічної роботи;
- підготувати технічну документацію, включно з кресленнями модернізованих вузлів;
- напрацювати рекомендації щодо безпечної експлуатації оновленого конвертора, з урахуванням вимог чинного законодавства у сфері охорони праці та промислової безпеки.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно-патентний огляд

Відомий конвертор [4], конструкція якого разом із конструкцією привода його повороту показані на рис. 2.1.

Конвертор складається із корпусу 1, встановленого в опорному кільці 2, котре холостою цапфою 3 спирається на плаваючу підшипникову опору 4, а приводна цапфа 5 – на привод 6 нахилу конвертора, що виконує роль фіксованої підшипникової опори і встановлений стаціонарно на станині 7.

Привод 6 повороту включає корпус 8 із великогабаритними підшипниками 9 із втулкою 10, всередині якої розміщена сферична втулка 11, що охоплюється сферичними обоймами 12 і 13 і напресована на приводну цапфу 5. За допомогою гнучкої (податливої) подвійної зубчастої (шліцьової) муфти 14 гнучке колесо 15 внутрішнім зубчастим (шліцьовим) вінцем з'єднане кінематичне із зовнішнім зубчастим (шліцьовим) вінцем, виконаним на приводній цапфі 5. Гнучке колесо 15 через хвильове зачеплення пов'язане із жорстким зубчастим колесом 16, нерухомо встановленим у корпусі 17. На останньому встановлений електродвигун 18, зв'язаний з'єднувальною муфтою 19 з валом 20, котрий за допомогою подвійної зубчастої муфти 21 з'єднується із генератором хвиль 22, встановленим всередині проставочного кільця 23 гнучкого колеса 15.

Крутна жорсткість гнучкої муфти 14 менше крутної жорсткості гнучкого колеса 15. Вказана умова забезпечує ступінчасте і послідовне гасіння динамічних навантажень.

Пристрій працює наступним чином. Електродвигун 18 привода 6 за допомогою муфти 19, валу 20 і подвійної зубчастої муфти 21 приводить в обертання генератор хвиль 22. Останній обкочуючись по проставочному кільцю 23, створює хвилі деформації на гнучкому колесі 15, що дозволяє зубцям

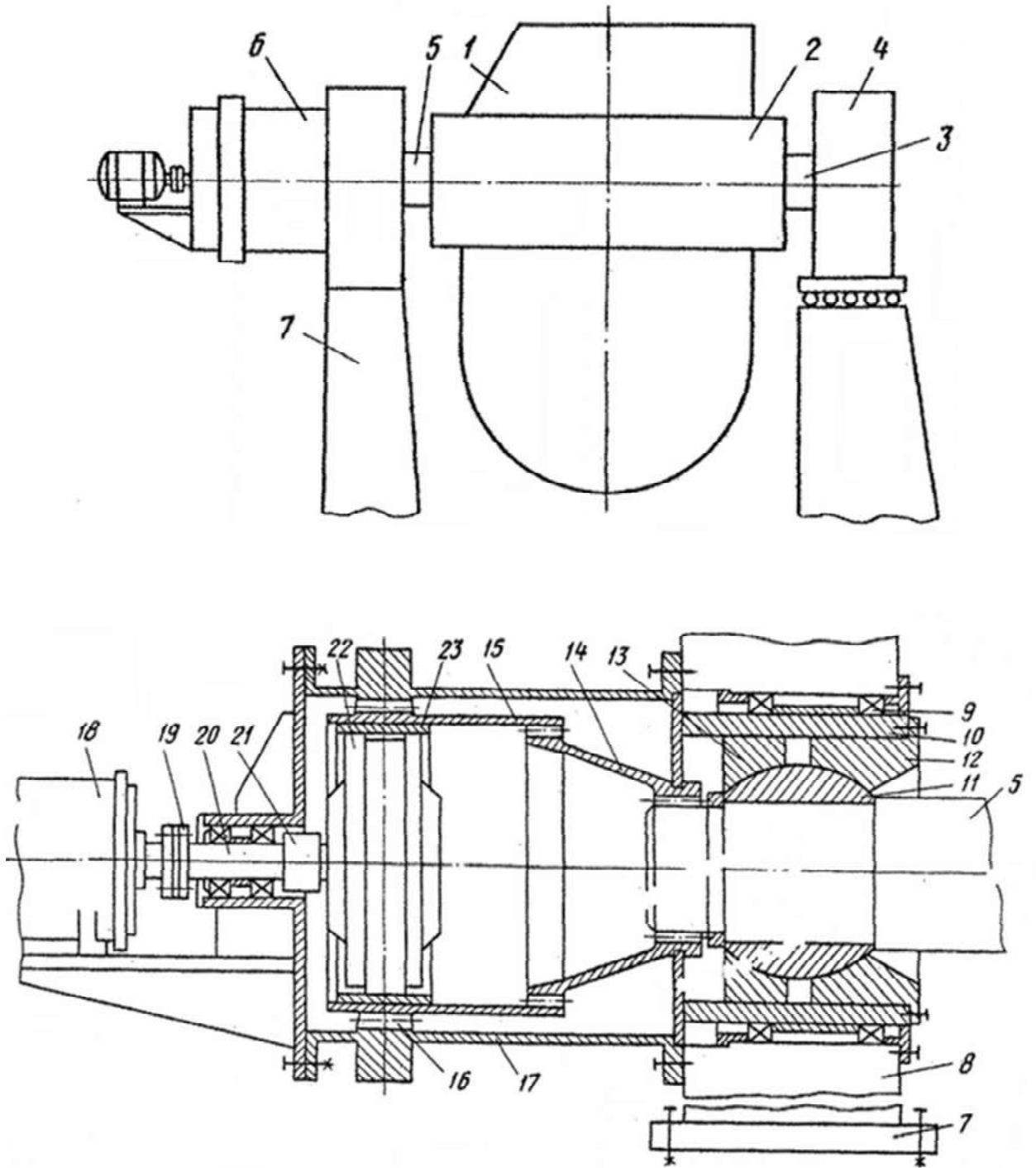


Рис. 2.1. Конструкція конвертора

Джерело: розроблено із використанням [4]

гнучкого колеса 15 переміщуватись відносно зубців жорсткого колеса 16 і приводить в обертання гнучке колесо 15 і гнучку муфту 14, з'єднану одним кінцем із гнучким колесом 15, а другим – з приводною цапфою 5, котра передає момент корпусу 1 через опорне кільце 2.

Під час пуску та гальмування конвертора виникають динамічні навантаження у вигляді ривків, поштовхів, які компенсуються послідовним додатковим закручуванням гнучкої муфти 14 і гнучкого колеса 15.

В процесі експлуатації конвертора, виникаючі температурні деформації компенсуються плаваючою підшипниковою опорою 4. Перекошування холостої цапфи 3 опорного кільця 2 компенсується сферичною втулкою 11, котра повертається в обоймах 12 і 13.

Вищеописана конструкція привода повороту конвертора дозволить зменшити величину динамічних навантажень на деталі кінематичного ланцюга за рахунок збільшення сумарної крутної податливості (гнучкого колеса і муфти), чим дозволить збільшити його довговічність. Проте виготовлення хвильової передачі таких габаритів є дуже складним і затратним, а отже призведе до збільшення витрат на обслуговування і ремонт конвертора в цілому.

Відомий також конвертор [5], конструкція якого показана на рис. 2.2.

Конвертор містить корпус 1, встановлений в опорному кільці 2, яке спирається на підшипникову опору 3 і багатодвигунний привод, що слугує одночасно підшипниковою опорою. Привод нахилу конвертора має швидкохідні редуктори з електродвигунами і гальмами (на рис. 2.2 не показані), закріплені на тихохідному редукторі 4, встановленому стаціонарно на станині 5 конвертора.

Опорне кільце 2 за допомогою цапфи 6, оснащеної сферичною втулкою 7 з обоймою 8, опирається на втулку 9 приводного колеса 10 редуктора 4.

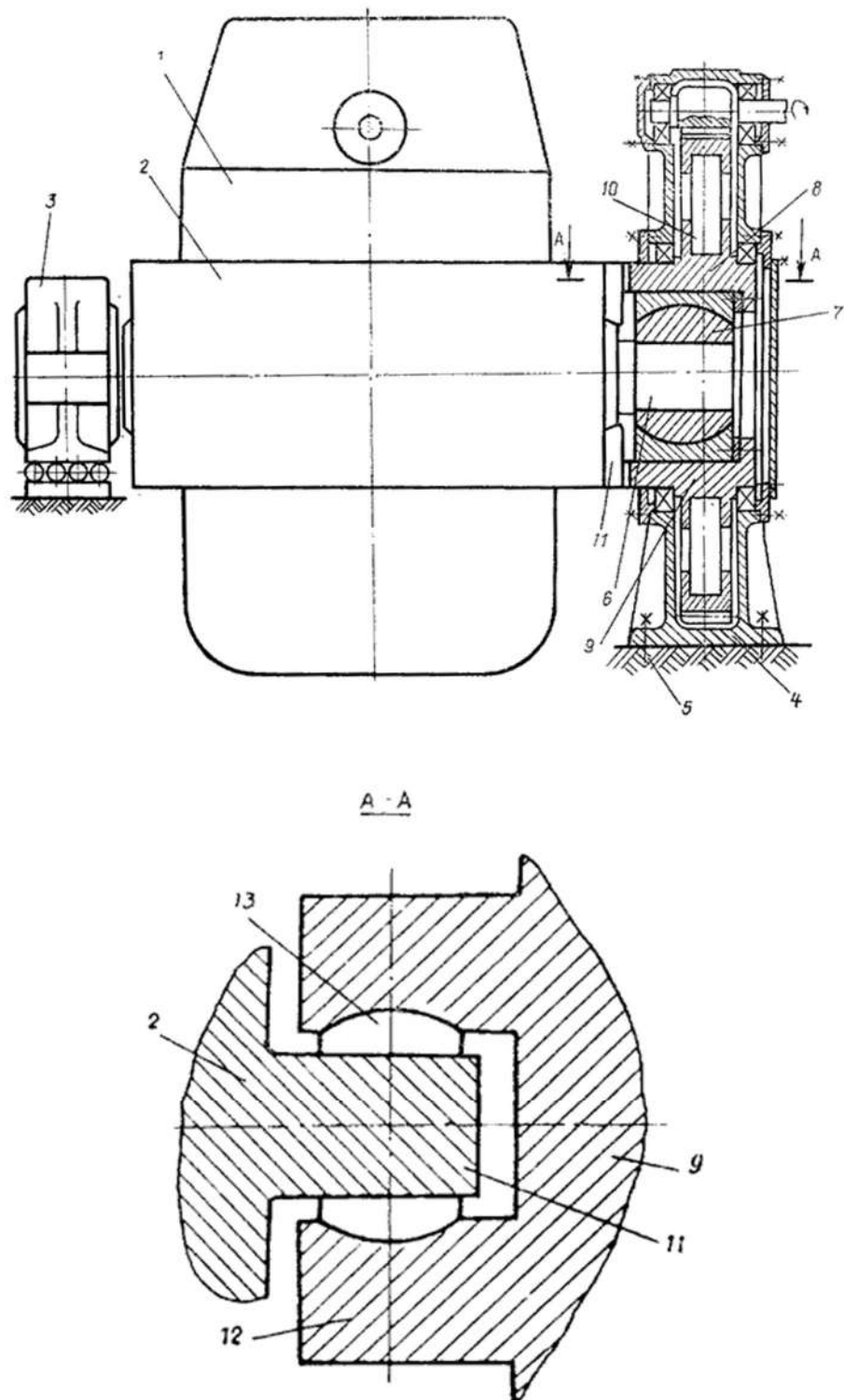


Рис. 2.2. Конструкція конвертора

Джерело: розроблено із використанням [5]

На торці цапфової плити опорного кільця 2 у вертикальному напрямку, переважно вздовж вертикальної осі, виконані виступи 11, з'єднані шарнірно з відповідними виступами – пазами 12 втулки 9 колеса 10 тихохідного редуктора 4.

В процесі експлуатації поворот конвертора здійснюється багатодвигунним приводом, який виконує роль підшипникової опори, рухомої — у випадку вільної установки обойми 8, фіксованої — у випадку жорсткого кріплення обойми 8 у втулці 9 колеса 10 тихохідного редуктора 4. Передача крутного моменту від привода до опорного кільця 2 конвертора здійснюється за допомогою виступів 11, 12, оснащених проміжними елементами у вигляді вкладишів 13. Розташування виступів опорного кільця 2 вертикально дозволяє йому вільно деформуватись (прогинатись) вздовж осі цапф. Прогин опорного кільця 2 на протязі часу не погіршує працездатності привода і компенсується за рахунок зміщення виступів 12 і поворотом цапфи 6 з втулкою 7 в обоймі 8.

Така конструкція конвертора є більш надійною і простішою, проте при монтажі конвертора, вісь втулки зубчатого колеса повинна бути встановлена співвісно з цапфою опорного кільця, а виступи-пази повинні бути виконані з високою точністю, щоби при нахилі конвертор не зависав на виступах-пазах, навантажуючи привод значними згинальними моментами, а також щоби виключити ударні навантаження.

Відомий конвертор [6], конструкція якого показана на рис. 2.3.

Конвертора має корпус 1, опорне кільце 2 з цапфами 3 і 4 і виступами 5, а також привод повороту 6 з тихохідним редуктором 7 і зубчатим колесом 8. В маточині 9 зубчатого колеса 8 навколо осі 10 цапф 3 і 4 виконані отвори 11, в яких розташовані торсіонні вали 12, один кінець 13 яких жорстко закріплений в маточині 9 зубчатого колеса 8, а інший кінець 14 оснащений кривошипом 15, який контактує з виступами 5 опорного кільця 2.

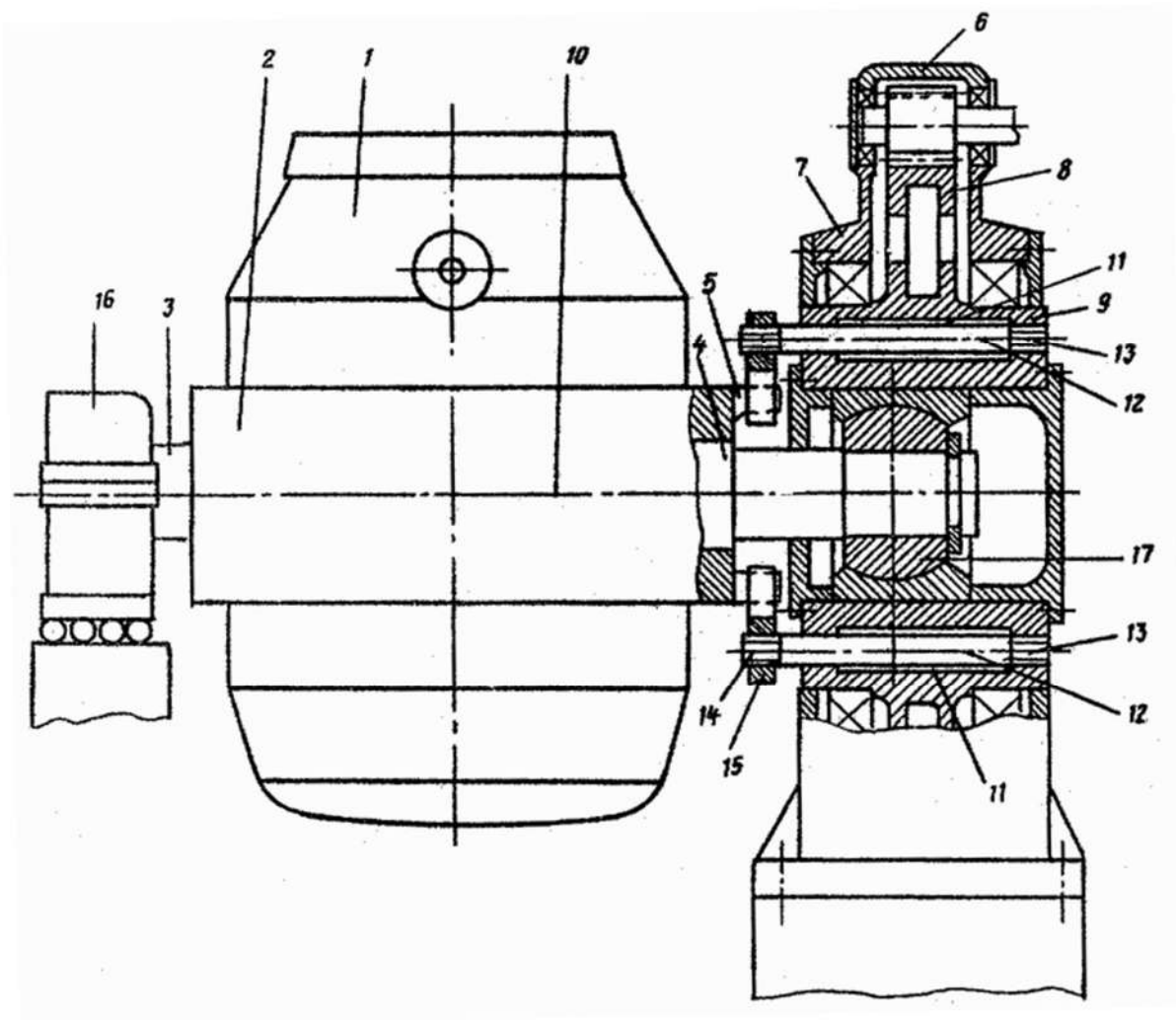


Рис. 2.3. Конструкція конвертора

Джерело: розроблено із використанням [5]

В процесі експлуатації конвертора поворот корпусу 1 здійснюється приводом, тихохідний редуктор 7 якого служить одночасно фіксованою підшипниковою опорою. Компенсація термічних розширень конвертора здійснюється плаваючою підшипниковою опорою 16. Крутний момент привода передається на опорне кільце 2 за допомогою кривошипів 15, торсіонних валів 12 і виступів 5. Динамічні навантаження на привод компенсуються закручуванням торсіонних валів 12, причому можливість закручування торсіонних валів 12 не потребує високої точності установки привода при монтажі, так як перекис осі зубчатого колеса 8 відносно осі цапф 3 і 4 компенсується сферичною втулкою 17, зміщенням пазів виступів 5 відносно кривошипів 15, а та-

кож закручуванням торсіонних валів 12. Завдяки можливості закручування торсіонних валів 12 конвертор при нахилі не може зависнути на кривошипях 15 і тому тихохідний редуктор 7 не навантажується додатковим згинальним моментом.

Таким чином, така конструкція привода і вузла його з'єднання з конвертором не потребує високої точності складання при монтажі, виключає можливість навантаження тихохідного редуктора згинальним моментом, забезпечує умову гасіння приводом динамічних навантажень, і тим самим, збільшує надійність і довговічність роботи як привода, так і конвертора в цілому.

2.2 Пропозиції по модернізації

Пропонована конструкція конвертора показана на рис. 2.4, перетини тихохідного редуктора привода повороту конвертора показані на рис. 2.5.

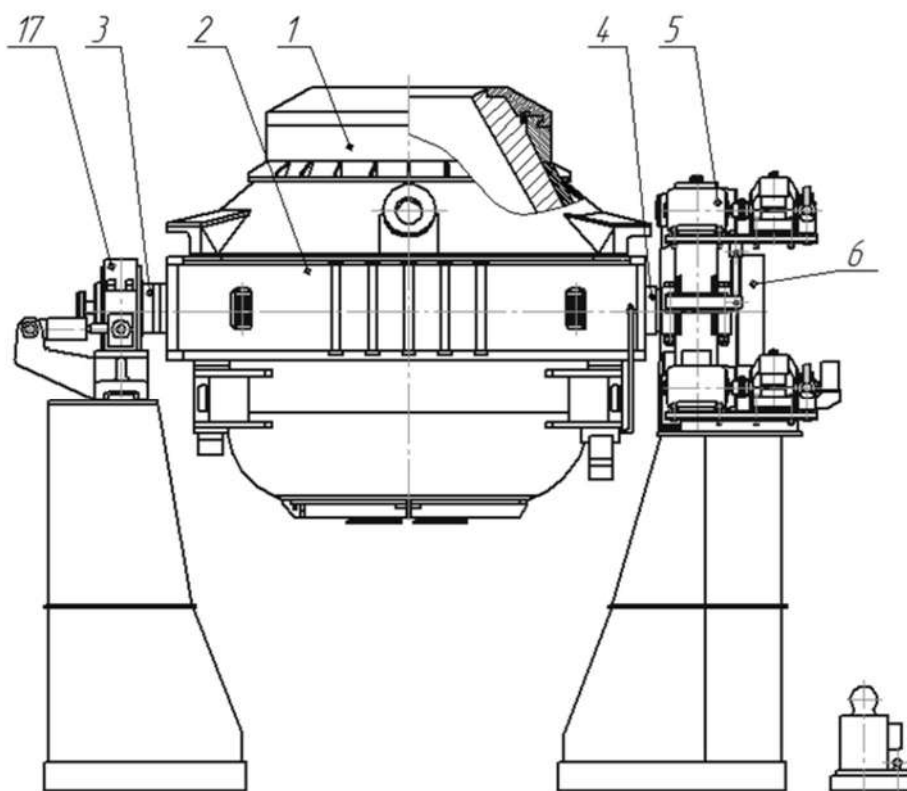


Рис. 2.4. Пропонована конструкція конвертора

(розроблено автором)

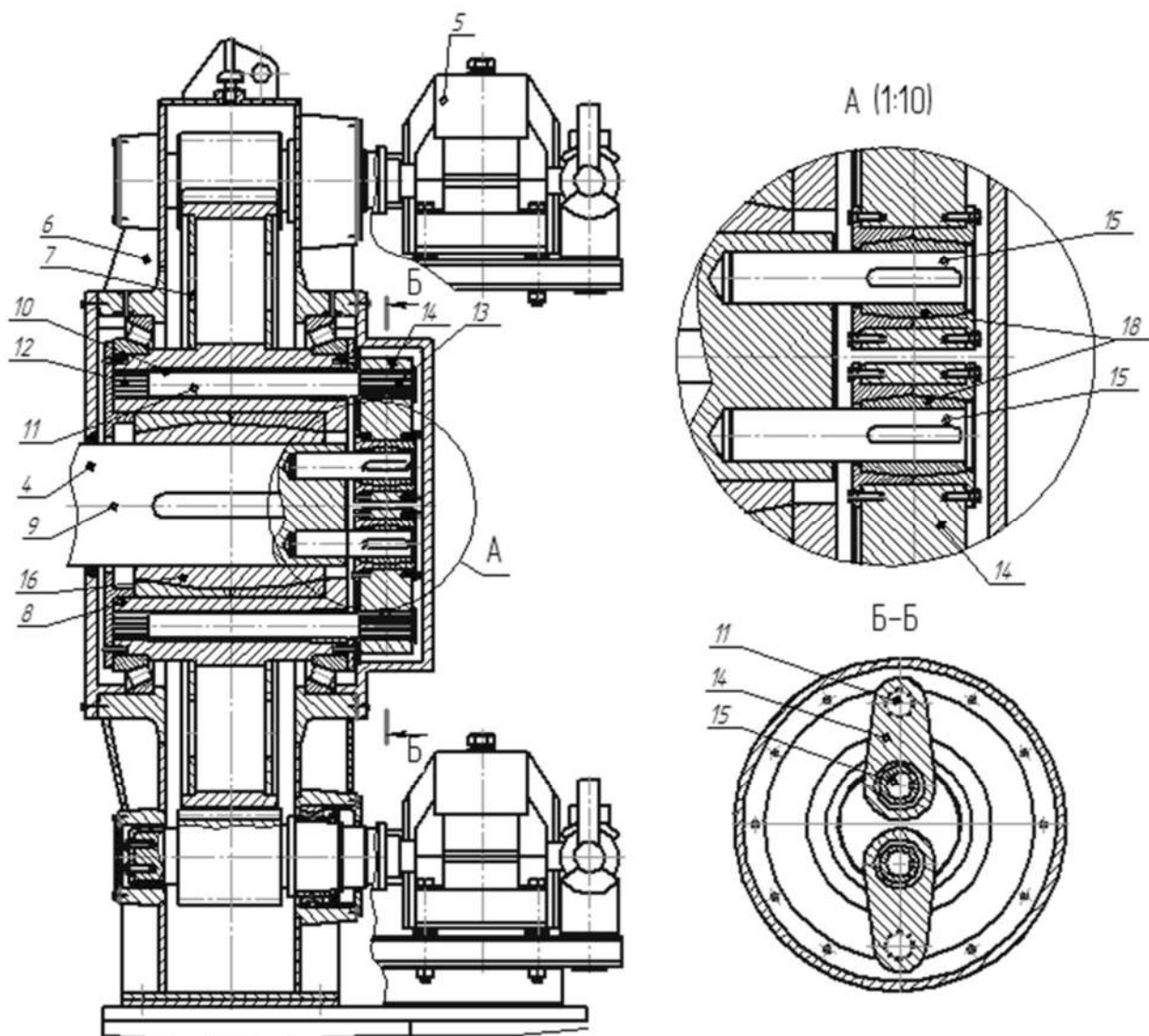


Рис. 2.5. Перетини тихохідного редуктора привода повороту конвертора
(розроблено автором)

Конвертор має корпус 1, опорне кільце 2 з цапфами 3 і 4, а також привод повороту 5 з тихохідним редуктором 6 і зубчатим колесом 7. В маточині 8 зубчатого колеса 7 навколо осі 9 цапф 3 і 4 виконані отвори 10, в яких розташовані торсіонні вали 11, один кінець 12 яких жорстко за допомогою шліцьового з'єднання закріплені в маточині 8 зубчатого колеса 7, а інший кінець 13 оснащений кривошипом 14, який контактує з осями 15, запресованими в приводну цапфу 4.

В процесі експлуатації конвертора поворот корпусу 1 здійснюється приводом 5, тихохідний редуктор 6 якого служить одночасно фіксованою пі-

дшипниковою опорою у вигляді сферичного підшипника 16 ковзання напрусованого на цапфу 4. Компенсація термічних розширень конвертора здійснюється плаваючою підшипниковою опорою 17. Крутний момент привода передається на опорне кільце 2 за допомогою кривошипів 14, торсіонних валів 11 і осей 15. Динамічні навантаження на привод компенсуються закручуванням торсіонних валів 11, причому можливість закручування вказаних торсіонних валів не потребує високої точності установки привода при монтажі, оскільки перекис осі зубчатого колеса 8 відносно осі цапф 3 і 4 компенсується сферичною втулкою 16, і сферичними підшипниками 18, а також закручуванням торсіонних валів 11. Завдяки можливості закручування торсіонних валів 11 конвертор під час нахилу не може зависнути на кривошипах 14 і тому тихохідний редуктор 6 не навантажений додатковим згинаючим моментом.

2.3 Переваги пропонованої конструкції

Запропонована конструкція привода повороту та вузла його з'єднання з цапфою опорного кільця конвертора має низку важливих переваг порівняно з традиційними рішеннями. Насамперед, вона не вимагає високої точності під час монтажу, що істотно спрощує процес встановлення та знижує трудомісткість монтажних робіт. Конструктивна схема з'єднання передбачає наявність компенсувальних елементів, які здатні сприймати незначні перекося та нерівномірності при складанні без створення додаткових напружень у приводі.

Крім того, нова конструкція забезпечує ефективне гасіння динамічних навантажень, що виникають під час пуску, реверсування або екстреного гальмування механізму. Це досягається за рахунок інтеграції демпфуючих пристроїв, що дозволяє рівномірніше розподіляти зусилля та знижувати пікові навантаження на елементи редуктора, валів і з'єднань.

У результаті застосування такого технічного рішення досягається суттєве підвищення експлуатаційної надійності, зменшується ймовірність аварійних зупинок, подовжується термін служби основних вузлів привода пово-

роту, що в комплексі покращує загальну ефективність та довговічність роботи конверторної установки. Це також створює передумови для зниження витрат на технічне обслуговування та ремонт обладнання.

2.4 Розрахунки по модернізації

Визначення вихідних даних для розрахунку

З метою збереження існуючої пропускної здатності ланки пропонований привод повороту конвертора повинен відповідати наступним вимогам:

- максимальний крутний момент на вихідному валу

$$M_{\max} = 5000 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- Максимальна частота обертання приводної цапфи

$$n_{\max} = 1 \text{ об/хв};$$

- Вага конвертора

$$G = 6000 \text{ кН}.$$

Кінематичний і силовий аналіз

З умови міцності на кручення

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\tau_{\text{кр}}] \quad (2.1)$$

де W – момент опору перетину, мм^3 ; $[\tau_{\text{кр}}]$ – допустима напруга на кручення, для матеріалу опорного кільця – сталі 30Л $[\tau_{\text{кр}}] = 70 \text{ МПа}$ [7].

Момент опору перетину цапфи опорного кільця визначається за формулою

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = 0,2 \cdot d^3, \quad (2.2)$$

де d – діаметр цапфи опорного кільця, мм.

Підставивши зазначену формулу в формулу (2.1) отримаємо

$$\tau_{кр} = \frac{M_{\max}}{0,2 \cdot d^3} \leq [\tau_{кр}].$$

Звідки

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\max} \cdot 10^6}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{5000 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 70}} = 709 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

де 10^6 – коефіцієнт переводу кН·м в Н·мм.

Враховуючи дію динамічних навантажень на цапфу під час пуску і гальмування привода, приймаємо $d = 920$ мм.

На рис. 2.7. наведена схема до визначення навантажень на підшипники цапф опорного кільця.

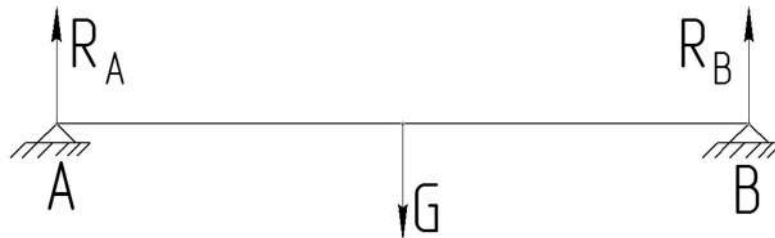


Рис. 2.6. Схема до визначення реакцій в підшипникових опорах
(розроблено автором)

Визначимо реакції в підшипниках опор

$$R = R_A = R_B = \frac{G}{2} = \frac{6000}{2} = 3000 \text{ кН}. \quad (2.4)$$

Схема до розрахунку торсіонних валів показана на рис. 2.8. Розрахунок торсіонів ведемо за [8].

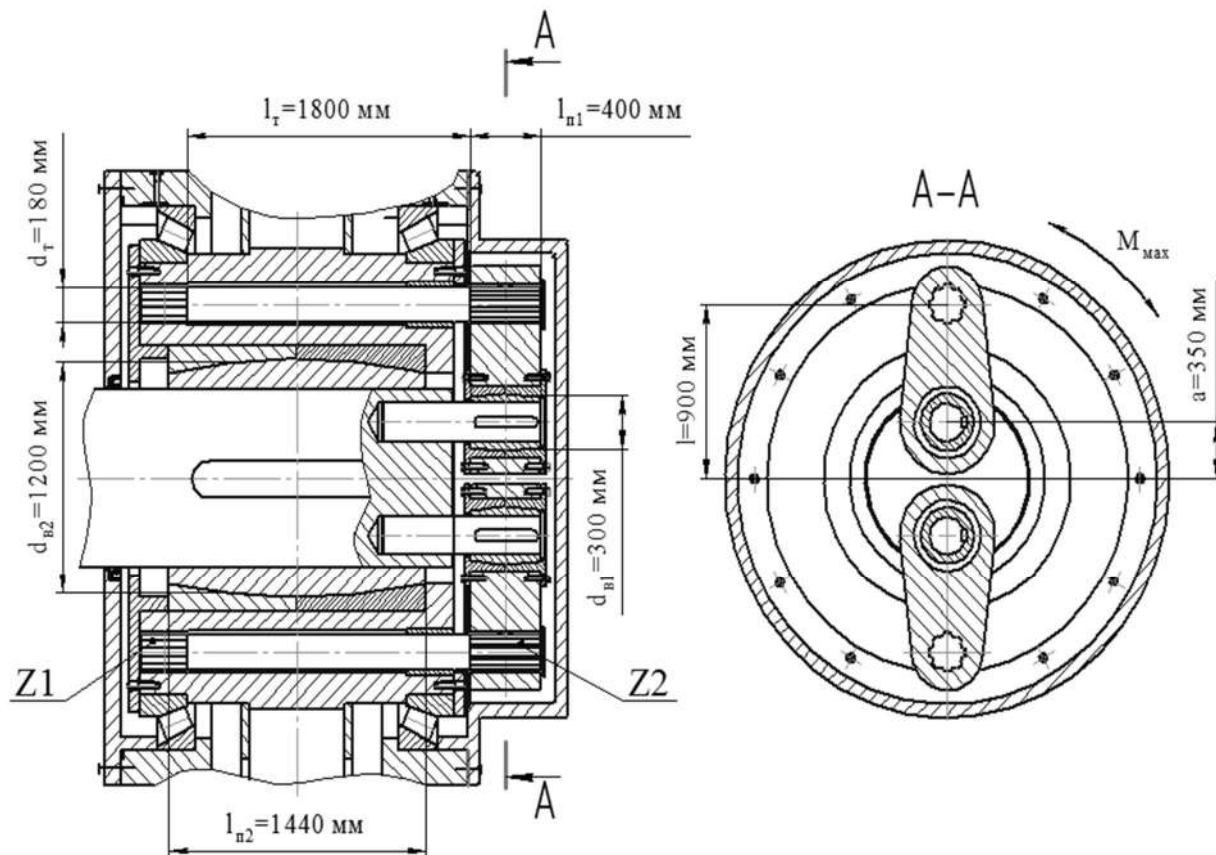


Рис. 2.7. Схема до розрахунку торсіонних валів
(розроблено автором)

Визначимо окружні зусилля, що діють на торсіонні вали і вісі приводної цапфи

$$P_T = \frac{M_{\max}}{l} = \frac{5000}{2 \cdot 0,9} = 2777,75 \text{ кН}; \quad (2.5)$$

$$P_B = \frac{M_{\max}}{a} = \frac{5000}{2 \cdot 0,35} = 7143 \text{ кН}. \quad (2.6)$$

Визначимо момент скручування торсіонного валу за умови, що в момент пуску торсіонні вали, закріплені в маточині зубчатого колеса тихохідного редуктора рухаються по колу, а цапфа нерухома

$$M_T = \frac{M_{\max}}{2 \cdot (l - a)} = \frac{5000}{2 \cdot (0,9 - 0,35)} = 4545 \text{ кН}. \quad (2.7)$$

Визначимо кут скручування торсіонів під час пуску

$$\varphi = \frac{32 \cdot M_T \cdot l_T}{\pi \cdot G \cdot d_T^4} = \frac{32 \cdot 4545 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8}{3,14 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 0,18^4} = 0,055 \text{ рад} = 3,15^\circ, \quad (2.8)$$

де G – модуль пружності матеріалу торсіонів, для сталі $G = 8 \cdot 10^4$ МПа.

Визначимо максимально допустимий кут скручування торсіонів

$$\varphi_{\max} = \frac{2 \cdot l_T \cdot [\tau]}{d_T \cdot G} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 230}{0,18 \cdot 8 \cdot 10^4} = 0,075 \text{ рад} = 4,3^\circ > \varphi = 3,15^\circ, \quad (2.9)$$

де $[\tau]$ – межа міцності торсіонів при крученні, для матеріалу торсіонів – сталі 60С2А при симетричному навантаженні, що діє від нуля до максимуму $[\tau] = 230$ МПа.

З розрахунку видно, що фактичний максимальний кут скручування торсіонів менший ніж максимально допустимий, а отже робимо висновок, що торсіони є придатними до роботи в пропонованій конструкції.

Розрахунок потужності привода

Розрахунок потужності привода проводимо згідно з [9].

Визначимо ККД одного швидкохідного трьохступеневого редуктора

$$\eta_{\text{ш.р.}} = \eta_{\text{з.п.}}^3 \cdot \eta_{\text{п.п.}}^4 = 0,98^3 \cdot 0,99^4 = 0,904, \quad (2.10)$$

де $\eta_{з.п.}$ – ККД однієї косозубої зубчатої передачі, $\eta_{з.п.} = 0,98$; 3 – кількість зубчатих передач в редукторі; $\eta_{п.п.}$ – ККД пари підшипників, для підшипників кочення $\eta_{п.п.} = 0,99$; 4 – кількість пар підшипників в редукторі.

Визначимо ККД тихохідного редуктора

$$\eta_{т.р.} = \eta_{з.п.}^4 \cdot \eta_{п.п.}^5 = 0,98^4 \cdot 0,99^5 = 0,877, \quad (2.11)$$

де 4 – кількість зубчатих зачеплень; 5 – кількість пар підшипників кочення в тихохідному редукторі.

Визначимо загальний ККД привода повороту конвертора

$$\eta_{заг} = \eta_{т.р.} \cdot \eta_{ш.р.} \cdot \eta_{м} = 0,877 \cdot 0,904 \cdot 0,99 = 0,785, \quad (2.12)$$

де $\eta_{м}$ – ККД муфти, що з'єднує вал електродвигуна і вхідний вал швидкохідного редуктора, для зубчатої муфти $\eta_{м} = 0,99$.

Визначимо максимальну кутову швидкість обертання конвертора

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\max}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1}{30} = 0,105 \text{ с}^{-1}. \quad (2.13)$$

Визначимо потужність одного електродвигуна привода повороту конвертора

$$N_{дв} = \frac{M_{\max} \cdot \omega}{4 \cdot \eta_{заг}} = \frac{4500 \cdot 0,105}{4 \cdot 0,785} = 150,4 \text{ кВт}. \quad (2.14)$$

З виконаного розрахунку видно, що встановлені в існуючій конструкції привода повороту конвертора електродвигуни типу Д-818 з потужністю $N = 160$ кВт і частотою обертання ротора $n = 470$ об/хв придатний до роботи і в пропонованій конструкції.

Вибір підшипника плаваючої опори

Розрахунок і вибір підшипника плаваючої опори проводимо за [5].

В якості плаваючої опори опорного кільця конвертора передбачаємо застосувати роликопідшипник двохрядний сферичний серії – 40031/850, для якого статична вантажопідйомність $C_0=15200$ кН, а динамічна - $C = 9050$ кН. Приймаємо задану довговічність підшипника $L_3 = 8000$ годин.

Так як підшипник не сприймає осьового навантаження, то $X = 1; Y = 0$.

Визначимо еквівалентне навантаження на підшипник

$$P = V \cdot X \cdot R \cdot K_G \cdot K_T, \quad (2.15)$$

де V – коефіцієнт обертання відносно вектора навантаження, при обертанні внутрішнього кільця $V = 1$ K_G – коефіцієнт режиму роботи, $K_G = 1,8$; K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1,8$, так як робоча температура підшипника $t = 260$ °С.

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 3000 \cdot 1,8 \cdot 1,8 = 9720 \text{ кН.}$$

Визначимо довговічність обраного підшипника

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{573 \cdot \omega} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p, \quad (2.16)$$

де a_1 – корегуючий коефіцієнт надійності, $a_1 = 1$; a_{23} – корегуючий коефіцієнт матеріалу і змащення, $a_{23} = 0,75$; p – ступеневий показник, для роликопідшипників $p = 10/3$.

$$L = 1 \cdot 0,75 \cdot \frac{10^6}{573 \cdot 0,105} \cdot \left(\frac{9050}{9720}\right)^{\frac{10}{3}} = 9824 \text{ годин.}$$

$$L = 9824 \text{ годин} > L_3 = 8000 \text{ годин}$$

де L_3 – час роботи привода в рік, $L_3 = 8000$ год.

Виконаний розрахунок показує, що обраний підшипник придатний до роботи.

Вибір муфт

Визначимо кутову швидкість обертання вале електродвигуна

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 470}{30} = 49,22 \text{ с}^{-1} \quad (2.17)$$

Визначимо крутний момент на валу електродвигунів

$$M_{\text{дв}} = \frac{N}{\omega_{\text{дв}}} = \frac{160}{49,22} = 3,25 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (2.18)$$

Умова вибору муфти [4]

$$M_p = M_1 \cdot K \leq M \quad (2.19)$$

де M_p – розрахунковий момент, що передається муфтою, Н·м; K – коефіцієнт режиму навантаження, $K = 1,5$; M – номінальний момент встановлений стандартом для даного типу муфти, Н·м.

Визначаємо розрахунковий крутний момент, що передається муфтою

$$M_p = M_1 \cdot K = 3250 \cdot 1,5 = 4875 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.20)$$

Враховуючи отримане значення розрахункового крутного моменту, умову вибору муфти і діаметр вала електродвигуна обираємо муфту зубчасту

МЗ 5600-75-Н ГОСТ 5006-94 для циліндричного кінця вала, з допустимим передаваним крутним моментом $M = 5600$ Нм, посадочним діаметром $d_m = 75$ мм. Дана муфта дозволяє компенсувати радіальні, осьові та кутові перекося валів, компактна, надійна в роботі, здатна передавати великі навантаження і працювати при швидкостях до 3350 хв⁻¹.

Розрахунки на міцність

Розрахунки на міцність сферичних підшипників проводимо за [11].

За вихідні дані до розрахунку приймаємо матеріал підшипників – БрА9ЖЗЛ, для якого допустимий тиск $[p] = 25$ МПа, допустима швидкість ковзання $v = 10$ м/с, параметр $p \cdot v = 250$ МПа · с/м.

Схема до перевірки міцності підшипників показана на рис. 2.7.

Визначимо допустимий тиск на контактній поверхні підшипника цапфи і підшипників кріплення кривошипів відповідно

$$p_{п2} = \frac{R}{d_{п2} \cdot l_{п2}} = \frac{3000 \cdot 10^3}{1200 \cdot 1444} = 1,73 \text{ МПа}; \quad (2.21)$$

$$p_{п1} = \frac{P_B}{d_{п1} \cdot l_{п1}} = \frac{7143 \cdot 10^3}{400 \cdot 500} = 24,5 \text{ МПа}. \quad (2.22)$$

Колова швидкість обертання підшипників кріплення кривошипів близька до нуля, а значить обрані підшипники придатні до роботи.

Визначимо колову швидкість обертання сферичного підшипника приводної цапфи опорного кільця конвертора

$$v_{п2} = \frac{\pi \cdot n_{\max}}{30} \cdot \frac{d_{п2}}{2} = \frac{3,14 \cdot 1}{30} \cdot \frac{1,2}{2} = 0,0628 \text{ м/с}. \quad (2.23)$$

З розрахунку видно, що обрані в пропонованій конструкції підшипники придатні до роботи.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

У приміщенні конверторного відділення одночасно можуть перебувати до 40 працівників, включаючи операторів пультів керування плавильним процесом, кранівників, інженерно-технічний персонал та слюсарів-ремонтників. Загальні габарити приміщення становлять: ширина – 40 метрів, довжина – 110 метрів, висота – 30 метрів. Таким чином, площа робочої зони складає 4400 м², а загальний об'єм приміщення – 132000 м³.

Згідно з нормативами щодо організації робочих місць, на одного працівника має припадати не менше 15 м² площі та 45 м³ простору. У наведеному випадку фактичні значення значно перевищують встановлені вимоги, що створює сприятливі умови з точки зору просторових параметрів.

Види виробничої діяльності, які здійснюються в межах конверторного відділення, відповідно до санітарно-гігієнічних вимог СНіП 2.09.04-87, належать до категорій 1Б та 2Б і виконуються протягом усього року. Мікроклімат цього виробничого середовища характеризується визначеними температурними та вологісними показниками, які наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Показники мікроклімату конверторного відділення

Найменування показника	Нормативне значення	Фактичне значення
Температура повітря, °С	+17...+24	+20...+45
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»

Значні коливання параметрів мікроклімату в конверторному відділенні зумовлені як сезонною мінливістю, так і різною інтенсивністю виконуваних

технологічних операцій. Основним несприятливим чинником виробничого середовища є підвищена температура повітря, яка має негативний вплив на самопочуття та працездатність персоналу. Водночас, рівень вологості та швидкість повітряних потоків, згідно з результатами спостережень, залишаються в межах допустимих нормативів.

Основними джерелами забруднення повітря в приміщенні є технологічні процеси, пов'язані з плавкою металу (чавуну, сталі), а також термічним і механічним впливом на футеровку агрегатів — таких як конвертори, сталевозні ківші та шлаковозні чаші. У процесі виплавки, ремонту футерування, а також при заливанні або переливанні рідкого чавуну і шлаку у виробничу атмосферу надходить значна кількість пилових часток. Рівні концентрації пилу, що утворюється в цих умовах, наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

**Показники концентрації шкідливого пилу в робочому приміщенні
конверторного відділення**

Найменування речовини	Гранично – допустима концентрація, г/м ³	Фактична концентрація, г/м ³	Клас небезпечності
Fe ₂ O ₃ , FeO	0,006	12...22	4
SiO ₂	0,004	0,9...1,5	3
Al ₂ O ₃	0,002	0,3...0,5	4

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Результати спостережень свідчать про суттєве перевищення фактичної концентрації шкідливих речовин у повітрі конверторного відділення порівняно з гранично допустимими значеннями. Це створює небезпечні умови для персоналу, що здійснює контроль і супровід складних технологічних операцій, які вимагають підвищеної точності та уваги.

Освітленість робочих місць у цеху становить лише 90 лк, що істотно нижче встановленої норми в 150 лк [12], і може негативно впливати на якість виконання робіт та зорове навантаження працівників. Крім того, виробничий

процес супроводжується значним рівнем шуму та вібраційним впливом. Основними джерелами шумового забруднення є обладнання конверторів, заливні крани, а також пересування чавуновозів і шлаковозів. Детальні параметри шуму і вібраційного навантаження наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Аналіз рівня шуму і вібрації у відділенні бункерів

Найменування показника	Нормативне значення	Фактичне значення
Рівень шуму, дБА	87	100...120
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 також зазнають значного теплового навантаження через інтенсивну інфрачервону радіацію. Виміряні показники теплового випромінювання коливаються в межах 350–2500 Вт/м², що значно перевищує допустиму межу, встановлену на рівні 1400 Вт/м².

Окрему небезпеку становить імовірність ураження електричним струмом. У конверторному цеху використовується велика кількість електроустановок з напругою до 1000 В, що вимагає ретельного технічного обслуговування. Через накопичення струмопровідного пилу на електропроводці виникають ризики витоків струму, коротких замикань на землю, а також міжфазних пробоїв, що додатково підвищує ймовірність аварійних ситуацій.

На основі наведених даних конверторне відділення ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» відноситься до електротехнічних приміщень з підвищеною небезпекою [12].

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників

З метою зменшення шкідливого впливу високих температур у робочій зоні конверторного відділення доцільно впровадити тепловідбивні екрани з інтегрованою системою охолодження для основного технологічного обладнання. Кабіни керування мостовими кранами необхідно виконувати у вигляді герметичних конструкцій з ефективною вентиляцією та системами кондиціонування повітря.

Для покращення умов праці персоналу, зокрема горнових, слюсарів і технічного інженерного складу, які знаходяться в безпосередній близькості до джерел тепла, рекомендується встановлення стаціонарних вентиляційних установок із подачею водяного аерозолю, що сприяє охолодженню повітря та зменшенню вмісту пилу. Забезпечення робітників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), зокрема респіраторами, щитками, масками та спецодягом, є обов'язковою вимогою для захисту органів дихання від шкідливого пилу.

Зменшення шумового впливу досягається за рахунок шумоізоляції кабін операторів та розміщення шумогенеруючого обладнання в окремих захищених зонах. Для зниження вібраційного навантаження на обладнання рекомендується використовувати вібропоглинальні опори, здійснювати балансування обертових вузлів, застосовувати косозубу зубчасту передачу замість прямозубої, впроваджувати підшипники ковзання та використовувати мастила з підвищеною в'язкістю.

Захист від інфрачервоного випромінювання передбачається за допомогою спеціальних екранів, ефективного охолодження конверторів та організації витяжної вентиляції. У випадках, коли уникнути безпосереднього контакту з розплавленими металами неможливо, персонал має бути забезпечений спеціалізованим термозахисним одягом, взуттям, рукавицями, окулярами та шоломами.

Щоб запобігти ураженню електричним струмом, необхідно встановлювати фізичні огороження навколо струмопровідного обладнання, розміщувати попереджувальні написи та знаки безпеки. Під час ремонтних робіт обов'язковим є зняття напруги, встановлення заземлення, перевірка відсутності струму на контактах та використання ізолювальних пристроїв. Кожухи електродвигунів повинні бути обладнані блокуванням, що розриває електричне коло при їх відкритті.

Регулярний моніторинг стану ізоляції проводів здійснюється щотижня з використанням мегаомметра, а контроль опору заземлення – кожні два тижні. Для уникнення статичного заряду на обладнанні слід передбачити заземлення у двох точках. Аналогічно, щоб уникнути накопичення зарядів на працівниках, поверхні робочих майданчиків повинні бути асфальтовані, а пішохідні доріжки – покриті струмопровідним покриттям. [12]

ВИСНОВКИ

Привод повороту конвертора призначений для повороту конвертора навколо горизонтальної вісі з метою виконання технологічних операцій, пов'язаних з виплавною сталі або проведенням ремонтів.

Практика експлуатації привода свідчить, що однією з головних його проблем є значні витрати часу та фінансових ресурсів на його технічне обслуговування і ремонт. Це зумовлено швидким зношуванням і виходом з ладу окремих елементів привода під впливом інтенсивних динамічних навантажень, що виникають у процесі пуску та зупинки механізму. Додатковим фактором, який негативно впливає на надійність роботи системи, є перекоси осі цапф опорного кільця, що потребують підвищеної точності під час монтажу привода.

Детальний аналіз конструктивних рішень і умов функціонування привода дозволяє зробити висновок, що основною причиною зазначених недоліків є підвищене навантаження на компоненти привода, зумовлене відсутністю у кінематичному ланцюзі елементів, здатних компенсувати перекоси та демпфувати коливання. Через це спостерігається нерівномірне зношування, прискорене руйнування деталей і, як наслідок, часта потреба в їх заміні. Усе це веде до збільшення простоїв обладнання і зростання витрат на його ремонт.

У результаті проведеного патентного та літературного дослідження було запропоновано вдосконалену конструкцію привода повороту, яка базується на використанні торсіонних валів. Вали жорстко закріплюються по колу в маточині зубчастого колеса тихохідного редуктора, а їх вільні кінці за допомогою кривошипів з'єднуються з осями, що встановлені у приводній цапфі.

Запропоноване технічне рішення не вимагає точної юстування під час монтажу, забезпечує ефективне поглинання динамічних навантажень у процесі роботи, що істотно підвищує загальну надійність і довговічність не лише привода повороту, а й усього конверторного агрегату.

Очікується, що впровадження цієї конструкції дозволить суттєво знизити експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням та ремонтом, завдяки зменшенню частоти поломок та підвищенню ресурсу ключових вузлів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гребеник В. М., Иванченко Ф.К. Механическое оборудование металлургических заводов. Механическое оборудование конвертерных и мартеновских цехов: Учеб. пособие – К.: Вища школа, 1990. - 288 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. Конвертер: а. с. 1235921 Україна: 4С21С5/50. № 3673955/22-02; заявл. 16.12.1983; опубл. 07.06.1986, Бюл. № 21. 3 с.
5. Конвертер: а. с. 531852 Україна: С21С5/42. № 1978526/22-02; заявл. 18.12.1973; опубл. 15.10.1976, Бюл. № 38. 3 с.
6. Конвертер: а. с. 598937 Україна: С21С 5/42. № 2422786/22-02; заявл. 23.11.1976; опубл. 25.03.1978, Бюл. № 11. 2 с.
7. Коновалюк Д. М. Ковальчук Р. М. Деталі машин: підручник. Київ: Кондор, 2004. 584 с.
8. Решетов Д. Н. Детали машин: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 495 с.
9. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: навч. посіб. Львів: Новий Світ-2000, 2020. 230 с.
10. Расчеты деталей машин: Справочное пособие / А. В. Кузьмин, И.М. Чернин, Б. С. Козинцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Высш. шк., 1986. – 400 с.
11. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: підруч. 2-ге вид. перероб. Львів: Афіша, 2003. 560 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, *Твердохліб Дмитро Ігорович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «*Модернізація приводу повороту конвертора Конвертерного цеху 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



(ініціали, прізвище, власноруч)