

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

Коновалова Олена Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Модернізація приводу нахилу стаціонарного міксера ємкістю 1300т в умовах конвертерного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

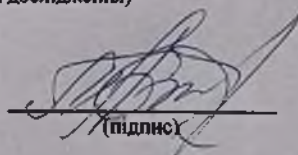
за матеріалами

Конвертерного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник асистент

(наук. ступінь, вчене звання)


(підпис)

Засельська Т.О.

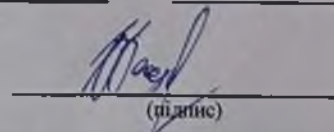
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 14 червня 2025 р № 14

Завідувач кафедри


(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

Кривий Ріг – 2025

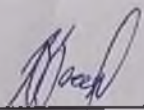
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІГМ


(підпис)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.

(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 14 »

квітня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

Коновалова Олена Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Модернізація приводу нахилу стаціонарного міксера ємкістю 1300т в умовах конвертерного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Засельська Т.О., асистент
(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 конвертерного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» .
Конструкції та технічна характеристика стаціонарного міксера 1300т*

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

4.1 Аналітична частина;

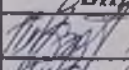
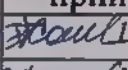
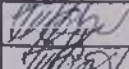
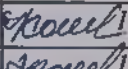
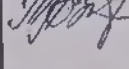

4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

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

1 аркуш формату А1 складальний кресленик: механізм нахилу міксера

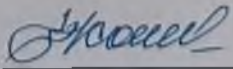
6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Засельська, Т.О., асист.	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Засельська Т.О., асист.	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Засельська Т.О., асист.	 14.04.25	 14.04.25

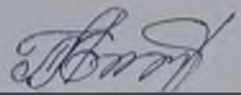
7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025 р.

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)

Коновалова О.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи 
(підпис)

Засельська Т.О.
(прізвище та ініціали)

Формат	Знайд	Поз	Означення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Знову розроблена</u>		
A4			КРБ.133.25.11	Пояснювальна записка	49	
				<u>Документація по складальним кресленням</u>		
A1			КРБ.133.25.11.00.000.СК	Механізм нахилу міксера		

КРБ.133.25.11

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб		Коновалова		4.06
Перев.		Засельська		4.06
Н.конт		Засельська		13.06
Затв.		Засельська		14.06

Привод нахилу міксера
Відомість кваліфікаційної роботи
бакалавра

Літ.	Аркуш	Аркушів
		1

ННТІ
Кафедра ІГМ
Гр. ЗМО-22ск

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра містить: 49 стор., 10 рис., 2 табл., 21 джерело.

Об'єкт роботи – приводу нахилу стаціонарного міксера ємкістю 1300т в умовах конвертерного цеху ПАТ «АМКР».

Ціль розробки – підвищення надійності роботи приводу, поліпшення експлуатаційних характеристик, зменшення витрат на ремонт та обслуговування за рахунок підвищення надійності роботи привода, зменшення часу простоїв на ремонт, а також збільшення міжремонтних строків служби привода.

Метод дослідження - аналітичний визначення динамічних навантажень у механізмах пресування дрібного та приводу, перевірка міцності основних деталей.

Запропонована оновлена схема приводу з усіма елементами кінематичної схеми, спроектована роликів опора та розраховані її елементи. Визначена необхідна потужність електродвигунів. Враховані підвищені вимоги до надійності роботи приводу нахилу міксера.

Запропоновані заходи щодо організації безпечного виробництва при експлуатації, обслуговуванні і ремонті приводу нахилу міксера.

Запропонована модернізація приводу дозволить поліпшити його експлуатаційні характеристики, збільшити міжремонтні строки роботи обладнання, зменшити час на обслуговування приводу.

Економічний ефект очікується від скорочення тривалості простоїв на ремонт та зменшення часу на обслуговування приводу.

Результати роботи можуть бути використані при реконструкції стаціонарних міксерів.

Ключові слова: СТАЦІОНАРНИЙ МІКСЕР, МЕХАНІЗМ НАХИЛУ МІКСЕРА, ПРИВОД, МАШИНА, ШЕСТЕРНЯ, РОЛИКИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Призначення та область застосування міксера	8
1.2 Технічна характеристика міксера	11
1.3 Опис конструкції машини - прототипу	12
1.4 Аналіз недоліків у праці машини - прототипу	16
1.5 Постановка завдання та мети роботи	17
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	18
2.1 Літературно - патентний огляд	18
2.2 Пропозиції по модернізації. Опис конструкції модернізованої машини	24
2.3 Переваги пропонованої конструкції.	26
2.4 Розрахунки по модернізації	26
2.4.1 Розрахунок потужності приводу	26
2.4.2 Силовий і кінематичний аналіз механізму	27
2.4.3 Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми	29
2.4.4 Визначення ймовірності не руйнування підшипника кочення	38
2.4.5 Розрахунок економічного ефекту по пропонованій конструкції	39
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	41
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників.	41
3.2 Організація безпечного переміщення та монтажу елементів приводу з використанням вантажопідійомних механізмів	43
3.3 Організаційні заходи з пожежної безпеки	44
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48

ВСТУП

Ефективна робота металургійного виробництва, зокрема конвертерного цеху, напряму залежить від надійності технологічного обладнання, подовженого міжремонтного періоду, а також зручності та безпеки обслуговування машин і механізмів.

На підприємстві ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» після закриття мартенівського цеху виробництво сталі забезпечує конвертерне виробництво. Конверторний цех характеризується раціональним плануванням, високим рівнем механізації виробничих ділянок та безперервною модернізацією обладнання.

Ключовою ланкою у технології виплавки конвертерної сталі є міксер. В цеху використовують міксера ємністю 1300 тон. Основними функціями міксера є:

- Тимчасове зберігання гарячого чавуну, що дозволяє унезалежити процес роботи конверторів від ритму доменного виробництва.
- Вирівнювання хімічного складу та температури чавуну.
- Часткове видалення шкідливих домішок перед подачею до конвертора.

На підприємстві встановлено чотири міксери ємністю 1300 т (по 2 міксери в двох міксерних відділеннях киснево-конвертерного цеху).

Запропонована модернізація конструкції механізму нахилу міксера спрямована на:

- Підвищення надійності роботи агрегату;
- Збільшення строків безремонтної експлуатації;
- Зниження витрат на технічне обслуговування;
- Покращення безперебійної роботи технологічного циклу.

Надійна експлуатація міксера є критично важливою для стабільності виробничого процесу у киснево-конвертерному цеху. Модернізація механізму нахилу — це не лише шлях до зменшення простоїв, а й важливе рішення для підвищення загальної ефективності металургійного комплексу [1,2].

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення та область застосування міксеру

Сталеплавильне виробництво комбінату входить до складу департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АМКР». Це сім самостійних цехів, основна діяльність яких, спрямована на випуск стали, що відповідає світовим стандартам. До складу виробництва входять [1]:

- доменних цехи №1 та №2;
- киснево-конвертерний цех;
- цех підготовки потягів;
- копровий цех;
- вогнетривко-вапняний цех;
- цех ремонту металургійних печей.

Киснево-конвертерний цех

Оснащений шістьма конвертерами ємністю 160 тонн кожний, які розподілені в 2 блоки по 3 конвертори.

Продувка металу в конвертері киснем здійснюється зверху. Для підвищення стійкості конвертерів широко застосовуються гарячі ремонти футеровки: торкретування й азотування. Монолітна футеровка сталерозливочних ковшів виконується машинами "Орбіта".

Міксерне відділення

Міксерне відділення призначене для тимчасового (7—9 год.) зберігання тимчасового рідкого чавуну, усереднювання його хімічного складу та температури.

З доменного цеху в ковшах ємністю 140т чавун подається в міксерне відділення. Ківш захоплюється за цапфу пластинчастими крюками головного підйому крана $Q = 180/50/16$ тон і піднімається до заливного вікна стаціонарного

міксер. За допомогою спеціального крюка ківш кантується для заливу чавуну в міксер.

Комплектація міксерного відділення з двома міксерами [2,4] (див. рисунок 1.1):

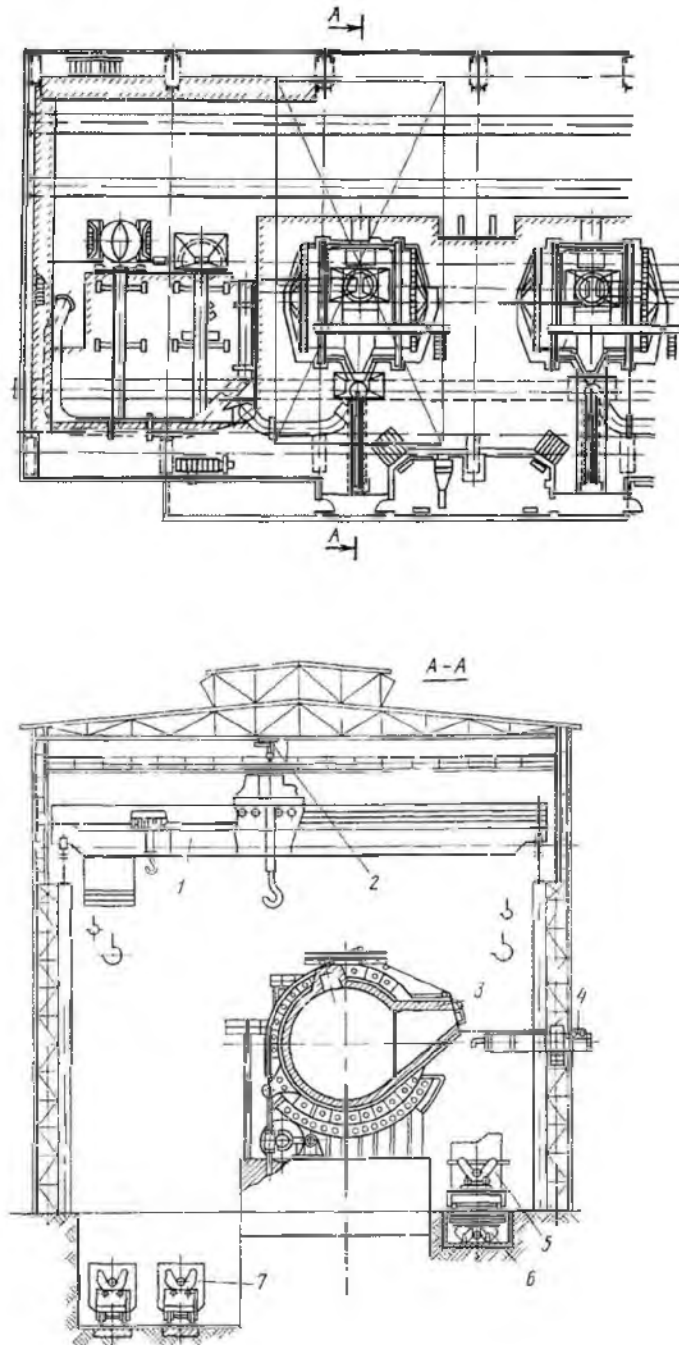


Рис. 1.1. Міксерне відділення

1 – міксерний кран; 2 – монорельсовий візок; 3 – міксер; 4 – установки для уловлювання графіту; 5 – чавуновіз; 6 – ваги; 7 – чавуновіз.

Міксерні крани (поз. 1) – вантажопідйомністю 125/30 або 180/50 т, використовуються для заливки чавуну.

Монорейковий візок (поз. 2) – для обслуговування, огляду та ремонту.

Міксери (поз. 3) – обладнані механізмами повороту, відкривання кришок заливального отвору та випускної шкарпетки.

Шлакові машини (поз. 4) – призначені для викачування шлаку з міксерів.

Самохідні чавуновози (поз. 5) – використовуються для подальшого транспортування чавуну в конвертерний цех.

Ваги (поз. 6) – залізничного типу, встановлені під носком міксера для точного зважування чавуну.

Чавуновози (поз. 7) – подають рідкий чавун із доменного цеху.

Рідкий чавун з доменного цеху надходить у чавуновозах (7).

За допомогою міксерного крана він заливається в міксер, при цьому ківш фіксується крюками головного та допоміжного візків. У міксері відбувається вирівнювання хімічного складу та температури, а також часткове видалення шкідливих домішок залишившихся після доменої плавки. Після обробки чавун зливається у самохідні чавуновози (5) для транспортування в конвертерний цех. У разі потреби можна застосовувати машини для викачування шлаку як з міксера, так і з ковшів. Однак на теперішній час обидві машини демонтовано із-за низької ефективності їх роботи в наслідку конструктивних недоліків [2,4].

Також, у відділенні встановлені пульти управління міксерами, стенд для шлакових чаш, установка для уловлювання графіту.

Прокладені залізничні колії:

1. Для подачі чавуну до міксерів;
2. Для прибирання шлаку;
3. Для подачі чавуну до конвертерів.

Всі робочі зони міксера мають обслуговувальні майданчики на різних рівнях для безпечної роботи персоналу.

1.2 Технічна характеристика машини

Таблиця 1.1

Технічна характеристика міксера 1300т [5]

Параметр	Значення
Тип електродвигуна	МП-62
Кількість двигунів	2
Потужність одного двигуна	50 кВт
Частота обертання	510 об/хв
Режим роботи	Середній, ПВ-25%
Тип редуктора	ЦГ2-165, триступінчастий
Передаточне число редуктора	62,2
Передатне число зубчастої передачі	6,12
Модуль зубчастої передачі	30 мм
Число зубів шестірні	16
Число зубів зубчастого колеса	98
Міжосьова відстань зубчастої передачі	1710 мм
Кут зачеплення зубів	20°
Довжина рейкового зачеплення	500 мм
Число зубів колеса рейкового зачеплення	10
Міжосьова відстань рейкового зачеплення	412,75 мм
Число зубів рейки	33

1.3 Опис конструкції машини – прототипу

Типовий міксер об'ємом 1300 тон наведено на рис 1.2, , він складається з: циліндричної частини (4), двох сферичних бічних днищ. Для полегшення демонтажу при капітальному ремонті, днища виконані знімними та приєднуються до корпусу через фланцеві з'єднання з болтовим кріпленням [4-6]. Вогнетривкої футерівки з теплоізоляцією: Внутрішня частина міксера викладена вогнетривким матеріалом (футерівкою), який витримує високі температури розплавленого чавуну. Між сталевим кожухом і футерівкою прокладено теплоізоляційний шнур. Для візуального контролю товщини футерівки передбачені оглядові вікна у верхній частині днищ.

Самоповернення міксера при аварії: Центр тяжіння міксера розташований нижче осі обертання і трохи зміщений відносно неї, що забезпечує автоматичне повернення міксера у вихідне положення в разі аварії (наприклад, при зупинці механізму або відключенні електроживлення).

Опорно-ходовий вузол: Циліндрична частина міксера оперезана бандажами (10). Бандажі спираються на опорні ролики, закріплені в двох обоймах (9). Обойми розташовані на дугоподібних направляючих, встановлених на залізобетонному фундаменті.

Механізми управління: Кришка заливального отвору та носок для зливу чавуну відкриваються спеціальними канатними приводами, змонтованими безпосередньо на корпусі міксера. Механізм відкриття кришки заливного вікна складається з електродвигуна МТК – 112 – 6, редуктора РУП – 180, гальмівної зубчатої муфти. Механізм змонтований на рамі, а рама встановлена на фундаменті поряд з механізмом повороту міксера.

Як механізм повороту міксера найширше використовують рейковий механізм з електроприводом; гідравлічний привід в даний час не застосовують.

Привід повороту міксера – рейковий з електроприводом, який складається з: двох двигунів робочого і резервного, гальмівних муфт ЦТ-2, редуктора ЦТ2 - 165, проміжного валу $L = 3920$ мм; відкритої зубчатої передачі; рейкового механізму повороту.

Механізм повороту міксеру має відповідати таким ключовим вимогам [6]:

- Високий рівень експлуатаційної надійності.
- Простота та зручність обслуговування.
- Безпечна експлуатація.
- Самоповернення у початкове положення при аварійному зупиненні.

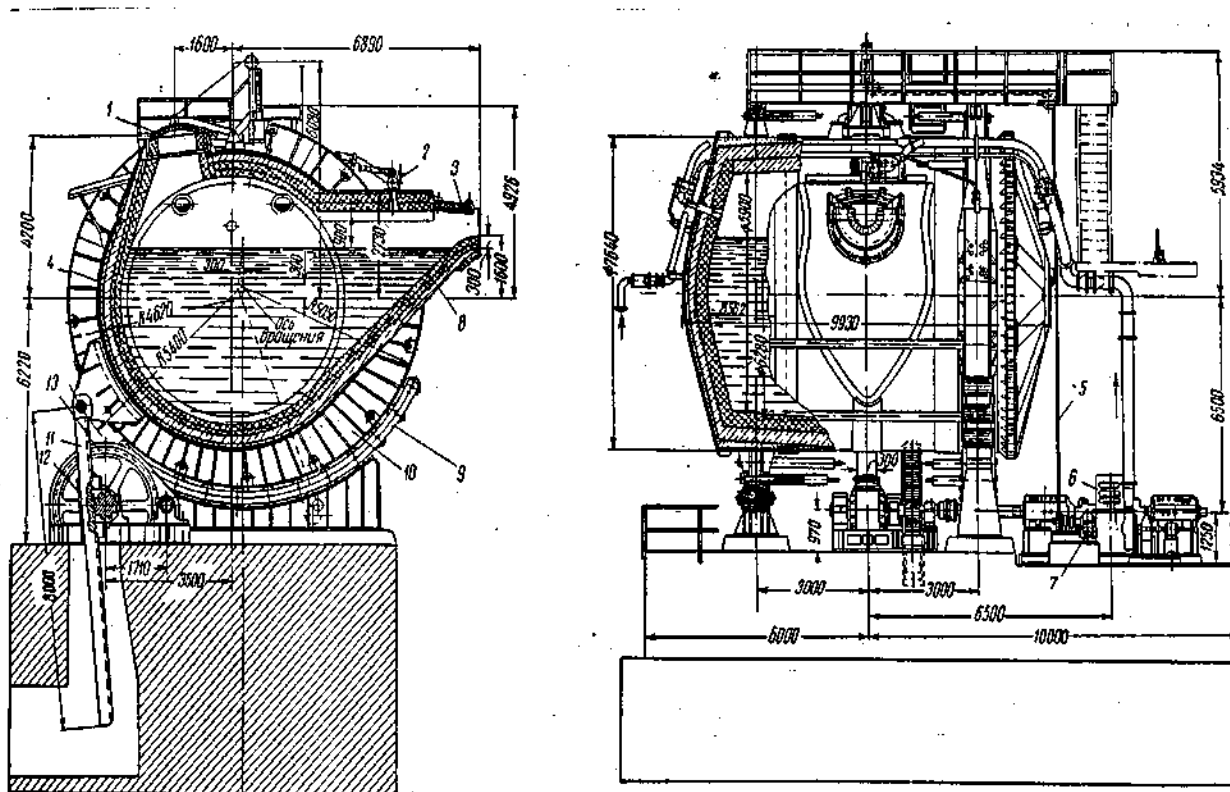


Рис.1.2. Стационарний міксер ємкістю 1300 тонн

1-Кришка заливного отвору, 2-Пальники, 3-Кришка носка, 4-Циліндрова частка, 5-Канат, 6-Механізм повороту міксеру, 7-Лебідка, 8-Носок, 9-Обойма з роликами, 10-Опорні бандажі, 11-Рейкова передача, 12-Обойма, що коливається, 13-Відкрита зубчаста передача.

Кінематична схема рейкового механізму повороту міксера наведена на рис. 1.3.

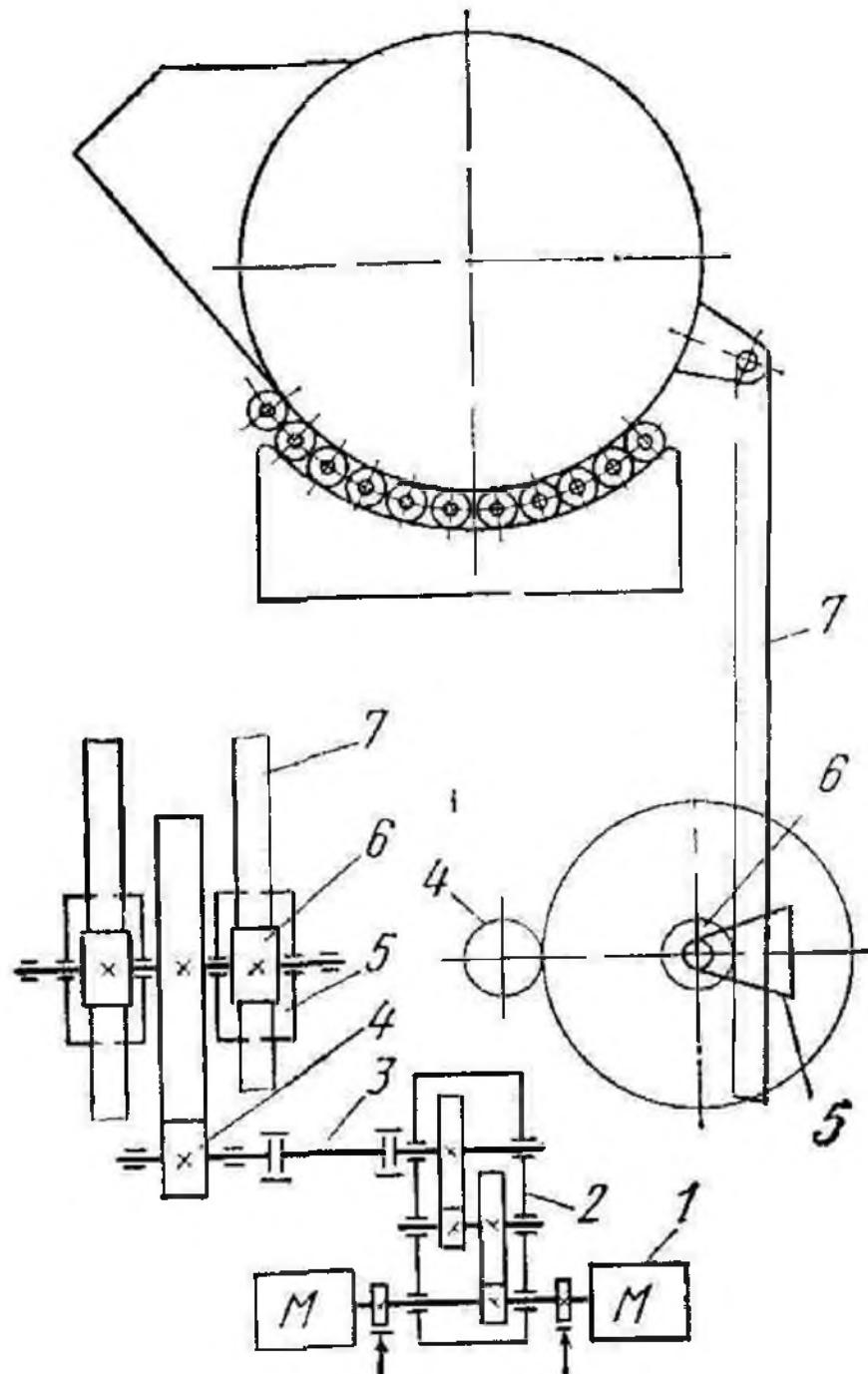


Рис. 1.3. Кінематична схема рейкового механізму повороту міксера

- 1- електродвигун; 2 - двоступінчатий редуктор; 3 - проміжний вал;
 4 - одноступінчатий редуктор; 5 - коливаюча опора; 6 - привідна шестерня;
 7 - рейка зубчата.

Механізм повороту міксера ємністю 1300 тонн включає два основні вузли: приводний та рейковий, які з'єднані між собою проміжним валом (3) із зубчастими муфтами, що забезпечують передачу крутного моменту [4-6].

Приводний вузол складається з двох реверсивних електродвигунів постійного струму, які можуть працювати як одночасно, так і резервно.

Двоступеневого редуктора (2) для зменшення швидкості обертання та збільшення крутного моменту. Двох гальм, які фіксують положення міксера. Використання двох електродвигунів підвищує надійність, при виході з ладу одного, інший забезпечує безперервність роботи.

Рейковий вузол включає одноступінчастий циліндровий редуктор (4) спеціальної конструкції, дві приводні шестерні (6), які встановлені в обоймах, що коливаються (5), рейки (7), верхні частини яких шарнірно з'єднані з корпусом міксера через проушини. Механізм монтується на масивній рамі, розташованій під міксером.

При обертанні приводних шестерень рейки переміщуються вгору або вниз, змінюючи положення міксера на роликівих опорах. Така конструкція дозволяє плавно повертати міксер в обидві сторони в процесі заливки або зливу чавуну.

Розміщення електродвигунів і редуктора винесене вбік, що гарантує безпечні умови експлуатації, зручність доступу для ремонту та техобслуговування. Централізована система змащування обслуговує як механізм повороту, так і опорно-ходову частину міксера. Привід обладнано командоапаратами, які керують напрямком і швидкістю повороту та обмежують граничні кути нахилу міксера для запобігання аваріям.

1.4 Аналіз недоліків у роботі машини – прототипу

Аналіз найбільш істотних недоліків складений на підставі записів узятих з агрегатних журналів та на основі спілкування з обслуговуючим персоналом цеху [6]:

- знос зубів шестерні відкритої передачі рейкового механізму складає більше 10% із-за осідання пилу на поверхню зубів шестерні;
- знос зубів зубчастої рейки на 15% із-за осідання пилу на поверхню зубів рейки;
- обрив швидкохідної вал – шестерні одноступінчатого редуктора перед шийкою під підшипник в наслідок критичного числа циклів навантаження;
- зріз шпонки трансмісійного валу в наслідок зносу посадочного місця на валу під зубчасту напівмуфту;
- заклинювання зубчастої передачі одноступінчатого редуктора із-за поломки зуба приводної шестерні циліндрової зубчастої передачі.

Передбачуваними причинами приведених вище недоліків в роботі приводу нахилу міксерів є:

- електричний двигун і двохступеневий редуктор встановлені на відстані від міксерів і дія на них високої температури не настільки істотна, а одноступінчатий редуктор, зубчаста рейка знаходяться в безпосередній близькості від міксерів і дія на них високої температури - вельми істотна. В результаті дії температури відбувається вигорання змащувального матеріалу, що негативно позначається на роботі цих вузлів.

- існуюча схема приводу повороту міксерів передбачає установку приводного вузла з одного боку на видаленні від міксерів і з'єднанням з рейковою передачею із застосуванням трансмісійного валу. Така схема приводу передбачає нерівномірність дії навантаження на складові частини приводу (наприклад – консольно розташоване зубчасте колесо одноступінчатого редуктора). Крім того все навантаження від одного електродвигуна розподіляється по деталях і вузлах

одного ланцюга передачі. Внаслідок цього виникають нерівномірний знос вузлів і деталей і їх передчасні поломки.

- існуюча схема кріплення приводного валу в опорах з використанням підшипників ковзання має ресурс використання 0,5 року у зв'язку із зношуванням вкладишів. Заміна підшипників ковзання є складним і трудомістким процесом, крім того вартість виготовлення нових втулок з кольорового металу в даний час дуже висока, а термін їх служби низький.

- вплив високої температури на зуби зубчастих передач (одноступінчатий редуктор, шестерня - рейка) приводить до їх передчасного руйнування. Це відбувається в результаті зміни структури металу, з якого вони виготовлені в результаті тривалої дії високих температур

1.5 Постановка завдання роботи

Метою роботи є модернізація приводу нахилу стаціонарного міксеру ємкістю 1300т в умовах конвертерного цеху ПАТ «АМКР», шляхом усунення вищенаведених недоліків для поліпшення роботи приводу міксеру, поліпшення експлуатаційних характеристик, зменшення витрат на ремонт та обслуговування за рахунок підвищення надійності роботи привода, зменшення часу простоїв на ремонт, а також збільшення міжремонтних строків служби привода. економії коштів і виробництва за рахунок скорочення часу, витраченого на технічне обслуговування елементів приводу.

Основним завданням роботи є розробити пропозиції, щодо модернізації на основі проведення літературно-патентного огляду для пошуку оптимальних технічних рішень, виконати необхідні розрахунки по визначенню параметрів приводу нахилу міксеру, розглянути необхідні заходи щодо організації безпечного виробництва, виконати робочі креслення модернізованої машини.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно – патентний огляд

З метою вироблення основних напрямлень модернізації приводу нахилу міксерів, був проведений літературно - патентний огляд за літературними джерелами технічної бібліотеки ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг », технічній документації ККЦ та патентного фонду. Предметом пошуку були приводи нахилу міксерів, конвертерів, електропечей.

В результаті літературного огляду були виявлені наступні технічні рішення, які можна застосувати для модернізації існуючої конструкції приводу нахилу міксерів [4,7].

Так відомо наступне вирішення приводу нахилу корпусу електропечі (див.рисунок 2.1), що складається з двох приводів, кожен з яких приводить в рух окрему рейку.

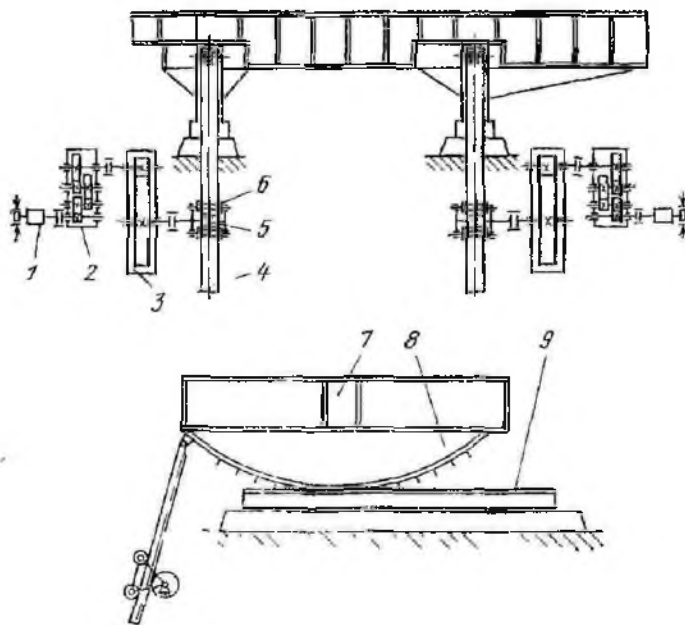


Рисунок 2.1 Схема механізму нахилу печі

1 – електродвигун; 2 – триступінчатий редуктор; 3 - одноступінчатий редуктор;
4 – рейка; 5 – рейкова передача; 6 – опора роликового типу, що коливається; 7 –
люлька; 8 – опорні сегменти; 9 - фундаментні балки.

Недоліком такого механізму є те, що необхідно постійно стежити за синхронною роботою обох приводів, щонайменший перекид може привести до виходу з роботи приводу і зупинку електропечі.

Також розглянуто конструкцію механізмів нахилу електропечей з роликowymi опорами (див. рис 2.2). Тут важливим є технічне вирішення роlikової опори кріплення рейки, що переміщається [7].

Опорні бандажі складені з чотирьох секцій, сполучених один з одним і з корпусом міксера болтами. Циліндрова частка міксера опоясана по краях двома бандажами, які спираються на ролики, закріплені в двох обоймах. Роликові обойми спираються на дві дугоподібні направляючі опори, закріплені на залізобетонному фундаменті. Опора складається з опорних роликів 1, сполучених між собою шарнірними ланками 2, розташованими у вигляді гармоніки і встановленими на станину 3 за допомогою катків. Крайні ланки 4 гармоніки шарнірно сполучено із станиною 3, а за наявності декількох рядів опорних роликів 1 з плечима змонтованих на станині 3 коромисел 5. Коромисла 5 шарнірно сполучені між собою тягою 6.

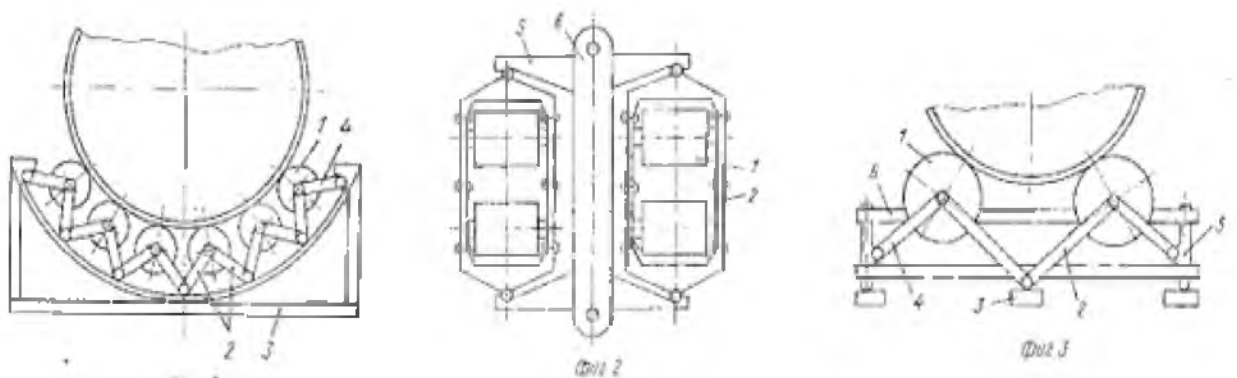


Рис. 2.2. Опора печі, що обертається

- 1 – опорні ролики; 2 – шарнірні ланки; 3 – станина; 4 – крайні ланки;
5 – коромисло; 6 – тяга.

Недоліком такої конструкції є складність забезпечення співвісної пар роликів при збірці.

Згідно патентного огляду для модернізації існуючого стаціонарного мікзера можуть бути актуальні технічні рішення наведені в патенті UA 92866 та UA 57603, авторами яких є співробітники ПАТ "НОВОКРАМАТОРСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД" [8].

Технічне рішення до патенту UA 57603 наведено на рисунку 2.3.

Досягнення технічного результату відбувається, завдяки усуненню дії на передачу рейкову поперечних сил та зниженню навантаження спрямованих уздовж подовжньої вісі рейки зубчастої, діючих на механізмі нахилу поворотного корпусу.

Стаціонарний міксер складається з поворотного корпусу (1), встановленого на напрямних опорах (3) через коткові обойми (2). Для зміни положення мікзера застосовується рейковий механізм нахилу (4), що забезпечує повертання корпусу в межах технологічно заданих кутів.

Основні компоненти механізму нахилу (4) це рушій (5), який складається з триступеневого циліндричного редуктора (8), двох реверсивних електродвигунів постійного струму (9), гальм (10) з вбудованими муфтами. Двигуни змонтовані співвісно на валах редуктора. Один двигун виконує функцію резерву. Трансмісійний вал (6) з'єднує рушій (5) з рейковою передачею (7) через зубчасто-фланцеві муфти (15). Рейкова передача (7) складається з одноступеневого редуктора (11), вал-шестерні (12), напрямної коробки (13) та зубчастої рейки (14). Рейка сполучена з кронштейном корпусу мікзера через сферичний шарнір (17).

Усі вузли механізму закріплені на жорсткому фундаменті (16). Центр ваги корпусу зміщений у бік рейкової передачі для самоповернення у вихідне положення. Датчик положення (23) контролює крайні та проміжні кути нахилу.

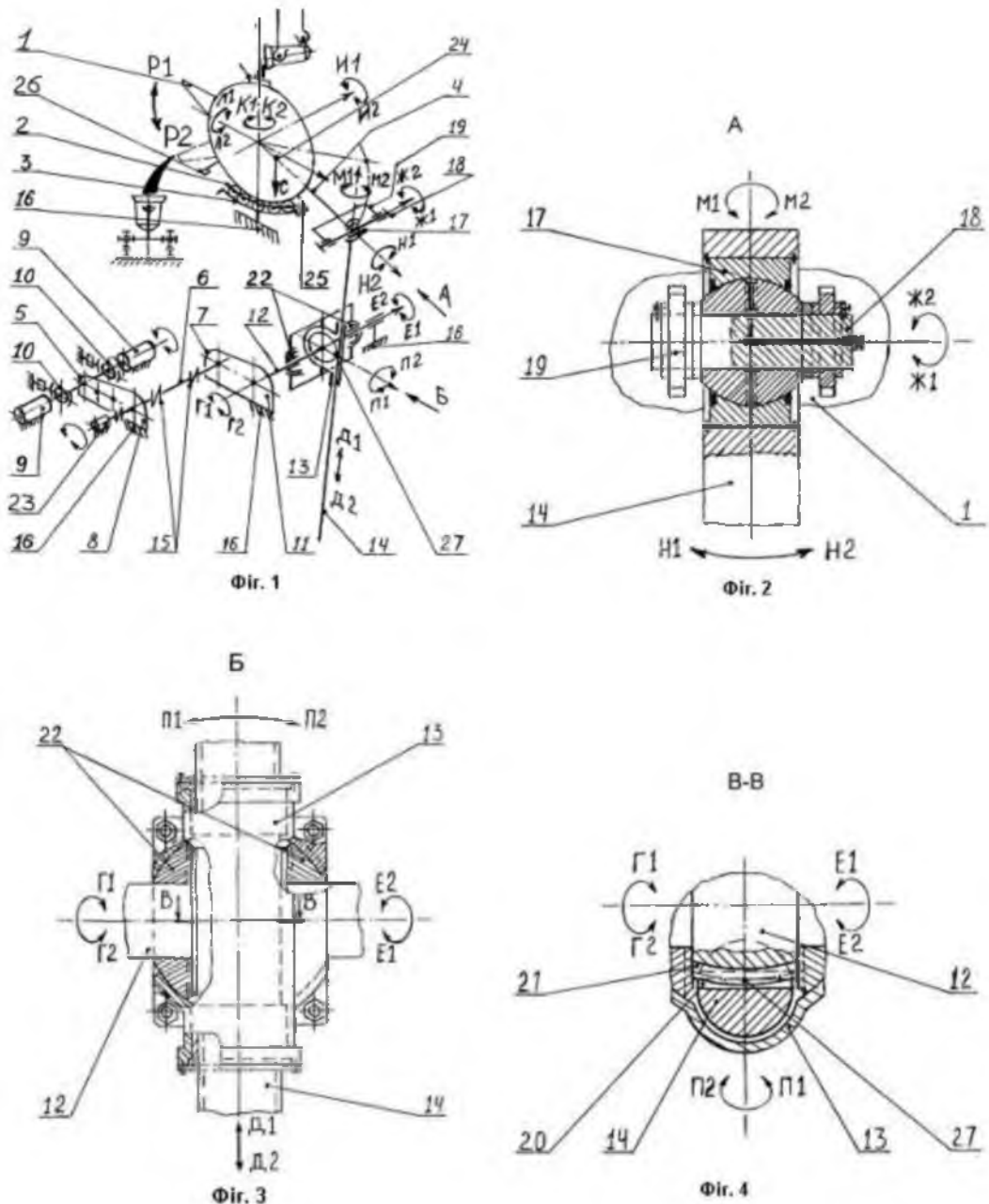


Рис.2.3. Технічне рішення згідно з патентом UA 57603

Фіг.1 схема кінематичну міксеру стаціонарного (стрілками вказано напрями обертання механізмів та положення корпусу.

Фіг.2 зображений вигляд А (на Фіг.1);

Фіг.3 зображений вигляд Б (на Фіг.1);

Фіг.4 зображений розріз В-В (на Фіг.3).

Граничні положення міксеру

Положення P1 (заливне) обмежується гідравлічним буфером (25). Положення P2 (зливне) — буфером (26), обидва буфери жорстко закріплені на корпусі міксеру та взаємодіють з опорами (3).

Інноваційні елементи моделі

- Сферичний шарнір (17) забезпечує гнучкість руху рейки.
- Сферичні втулки (22) в коробці напрямній покращують центрування.
- Бочкоподібні модифіковані зуби (21) на вал-шестерні (12) зменшують знос і шум.

Перекошування вісі 18, яку закріплено на кронштейні 19 поворотного корпусу 1 компенсують за рахунок виконання шарніра 17 сферичним. Бочкоподібно-модифіковані зуби зубчастого зачеплення 27 вал-шестерні 12 з рейкою зубчастою 14 дозволяють робоче перекошування останньої, наприклад, до відомої межі в $0^\circ 30$. А коробка напрямна 13 зі встановленою в неї рейкою зубчастою 14 залишається працездатною завдяки своїм втулкам 22, що мають спільну сферичну поверхню. Таке виконання забезпечує механізму нахилу 4 і міксеру стаціонарному в цілому надійну і довговічну роботу.

В основу корисної моделі UA 92866 покладено технічне рішення яке спрямоване на зменшення металоємності міксера при збереженні його міцності. Мета розробки є зниження загальної маси конструкції (металоємності), забезпечення надійної й довговічної роботи міксера та досягнення оптимального співвідношення геометричних параметрів елементів опорно-поворотного механізму [9].

Для підвищення економічної ефективності конструкції міксера без втрати міцності та надійності, у запропонованій моделі реалізовано оптимізацію опорно-поворотної частини, що дозволяє знизити металоємність конструкції при збереженні функціональних характеристик.

Стаціонарний міксер включає:

Поворотний циліндричний корпус із заливальним вікном та зливальним носком;

Опорні бандажі, встановлені на опорно-поворотний механізм;

Систему роликів обойм, напрямні нерухомих опор;

Механізм нахилу міксера.

Конструктивна схема наведена на рисунку 2.4.

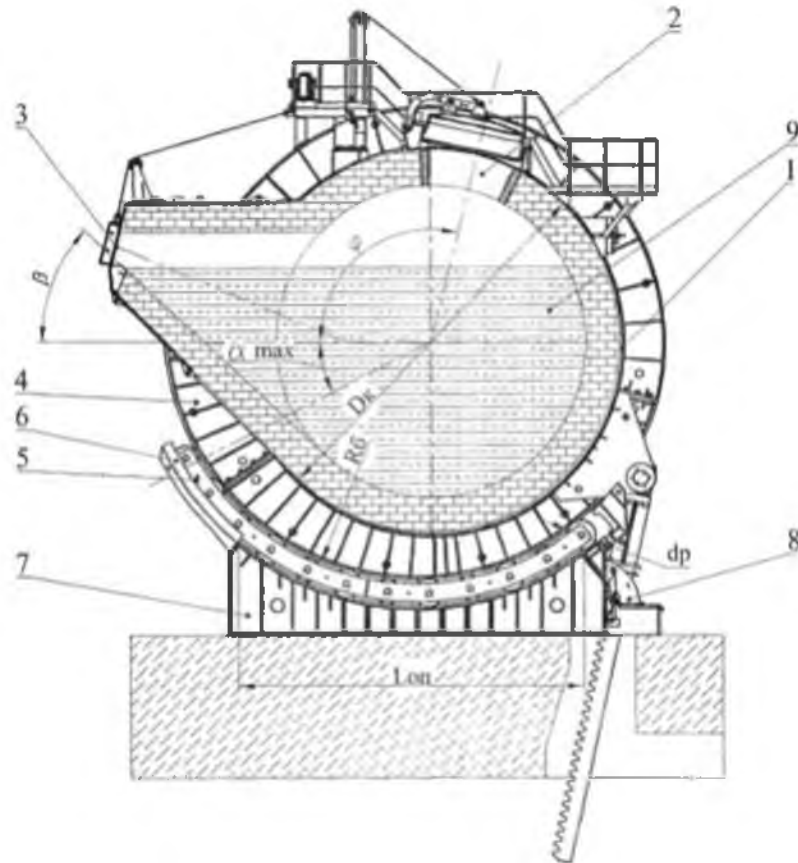


Рис. 2.4 Конструктивна схема корисної моделі UA 92866

Стационарний міксер містить поворотний циліндричний корпус 1 із заливальним вікном 2 і зливальним носком 3. Корпус 1 установлений через опорні бандажі 4 на опорно-поворотному механізмі, що включає роликові обойми 5, напрямні 6 нерухомих опор 7 і механізм 8 нахилу міксера.

Для досягнення технічного ефекту рекомендовано дотримуватись наступних співвідношень розмірів наведених в таблиці 2.1

Таблица 2.1

Оптимальні геометричні співвідношення конструкції міксера

Параметр	Формула	Призначення
Lоп	$L_{оп} = 1,52 \dots 1,56 \times R_б$	Довжина напрямних нерухомих опор
Rб	$R_б = (1,3 \dots 1,4 \times D_к) / 2$	Радіус опорної поверхні бандажа, д Dк — діаметр корпусу Rб - базовий розрахунковий параметр
dр	$d_р = 0,049 \dots 0,052 \times R_б$	Діаметр роликів у роликових обоймах

2.2 Пропозиції по модернізації. Опис конструкції модернізованої машини.

Вивчивши і проаналізувавши недоліки в роботі базового приводу нахилу міксера та причин їх виникнення, а також враховуючи проведений літературно - патентний огляд і накопичений в цьому напрямленні досвід інших підприємств і заводів, пропонується модернізувати існуючу конструкцію приводу нахилу міксера наступним чином:

Для перерозподілу навантажень на рейкову передачу і далі на привід нахилу міксера пропонується виконати установку додаткового приводу, розташованого дзеркально з синхронізацією їх роботи. Тобто провести установку зведеного приводу. Подібні схеми застосовуються в механізмах повороту електропечей.

Конструкцію зведеного приводу пропонується виконати по схемі: зведений привід, що працює на одну рейку (із збереженням існуючого кріплення зубчастої рейки).

Пропонується замінити існуючу конструкцію підшипникових вузлів одноступінчастого редуктору і приводної вал-шестерні з заміною підшипників ковзання на підшипники кочення.

Модернізований рейковий механізм повороту стаціонарного міксера ємкістю 1300 т показаний на рисунку 2.5.

У механізмі нахилу міксера три вузли: два приводних і рейковий, сполучених між собою двома проміжними валами 5 із зубчастими муфтами 4. Один приводний вузол складається з двох реверсивних електродвигунів постійного струму 1, двохступеневого редуктора 3 і двох гальм 2. Рейковий вузол включає два циліндрові одноступінчаті редуктори 4 спеціальних конструкції, що складається з шестерні 9 і колеса 8, встановлених в опорах 6, і приводної шестерні 11, змонтованою в обоймі, що коливається. Рейка 10 верхніми кінцями шарнірно сполучена з провусинами на кожусі міксера. Притиснення рейки до приводної шестерні здійснюється за допомогою роликового притиску 12.

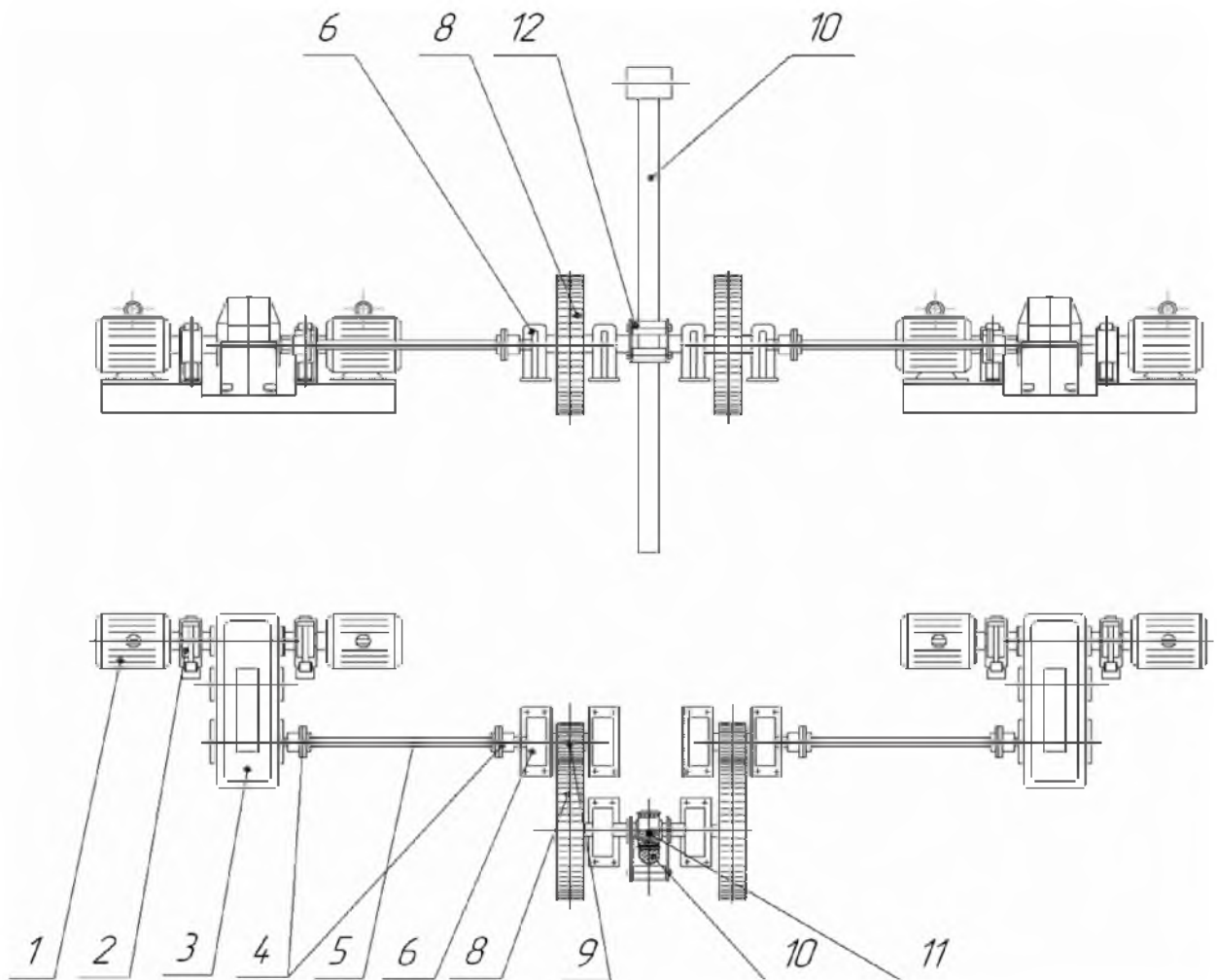


Рис. 2.5. Механізм нахилу міксер

1-електродвигун; 2 – гальмо; 3 – двоступінчатий редуктор; 4 – муфта зубчаста; 5 - проміжний вал; 6 – опора; 8 – зубчасте колесо одноступеневого редуктора; 9 - шестірня одноступеневого редуктора; 10 – зубчаста рейка; 11 – шестірня, 12 – роликовий притискач

Рейковий вузол механізму встановлений на масивній рамі, розташованій під міксером. При обертанні приводної шестерні рейка переміщається вгору або вниз і повертають міксер на роликових опорах.

Електродвигуни і двохступеневі редуктори розташовані в стороні від міксеру, в безпечному місці, зручному для обслуговування і ремонту. У кожному

з приводних вузлів встановлено по два електродвигуна (всього – 4). При нормальній експлуатації механізму нахилу міксеру працює лише по одному двигуну з кожного боку, а другі знаходяться в резерві. Це обумовлено вимогами підвищеної надійності роботи механізму; в разі виходу з буд одного електродвигуна роботу міксеру забезпечує другий (резервний) або третій електродвигун. Також одночасне включення двох електродвигунів з однією із сторін забезпечує необхідну потужність приводу при ремонтних роботах на приводному вузлі з іншого боку. Змащування механізму повороту і опорно-ходової частини міксеру централізована. Гранічні кути нахилу механізму приводу обмежують командапарати.

2.3 Переваги пропонованої конструкції.

Запропоновані рішення дадуть змогу розподілити навантаження по двом ланцюгам приводу, в наслідок чого майже в двічі зменшиться навантаження на вузли і деталі, а також ліквідується нерівномірність навантаження на складові частини приводу. Крім того заміна підшипників ковзання на підшипники кочення дасть змогу значно збільшити міжремонтний період за рахунок скорочення простоїв на заміну вкладишів підшипників ковзання.

2.4 Розрахунки по модернізації

2.4.1 Розрахунок потужності приводу

Згідно прийнятої кінематичної схеми приводу нахилу міксеру спільний момент на валах кожного з двох валів електродвигунів приводних вузлів визначається з наступного вираження [10,11]:

$$M_{\text{дв. заг.}} = 2 * M_{\text{дв.}}; \quad (2.1)$$

де: $M_{\text{дв}}$ – момент на валу одного електродвигуна; кВт

Знаючи величину моменту на валу приводної рейкової шестерні ми можемо визначити розрахункове значення моменту на валу кожного з двох електродвигунів по формулі:

$$M_{дв} = M_{ш} / 2 \cdot i_{з.п.} \cdot \eta = 353360 / 2 \cdot 380,975 \cdot 0,96 = 483 \text{ Нм} \quad (2.2)$$

Статична потужність одного двигуна, кВт

$$N = M_{дв} \cdot n_{дв} / 9550 = 483 \cdot 575 / 9550 = 29,08 \text{ кВт}; \quad (2.3)$$

де $n_{дв}$ – частота обертання вихідного валу електродвигуна, об/хв;

Заздалегідь обираємо значення $n_{дв} = 575$ об/хв, значення, відповідне частоті обертів вихідного валу електродвигуна в базовому варіанті приводу нахилу міксеру (тобто до модернізації).

2.4.2. Силовий і кінематичний аналіз механізму

Привід нахилу міксеру є такою схемою (див. рисунок 2.6), при якій обертання від двох приводних вузлів, що складається з двох електродвигунів 1 і двохступневих редукторів 2, кожен за допомогою валів 3 синхронно передається на два одноступінчаті редуктори 4. Далі обертання передається на приводну шестерню 5, на якій обертальний рух переходить в лінійний рух зубчастої рейки 6. Зубчаста рейка у свою чергу, шарнірно з'єднана з корпусом міксеру за допомогою коромисла, здійснює поворот міксеру щодо точок його кріплення [11,12].

Кінематична схема приводу нахилу міксеру представлена на рисунку 2.6. При модернізації ми залишаємо без змін двохступінчаті, одноступінчаті редуктори, а також приводну шестерню, тобто передавальне відношення зубчастих передач залишається без змін:

- передавальне число двоступінчатого редуктора – $i_{д.р.} = 62,2$;
- передавальне число одноступінчатого редуктора – $i_{о.р.} = 98/16 = 6,125$;
- спільне передавальне відношення зубчастої передачі:

$$i_{з.п.} = i_{д.р.} \cdot i_{о.р.} = 62,2 \cdot 6,125 = 380,975 \quad (2.4)$$

Спільне передавальне число механізму повороту міксеру, згідно схемі на рис. 2.3 [5], дорівнює:

$$i^* = i_{з.п.} \cdot h / r_1 = 380,975 \cdot 5,4 / 0,3 = 6857,55 \quad (2.5)$$

- де: $i_{з.п}$ — передавальне число зубчастих передач;
 h — плече рейки, м;
 r_1 — початковий радіус приводної шестерні, м;

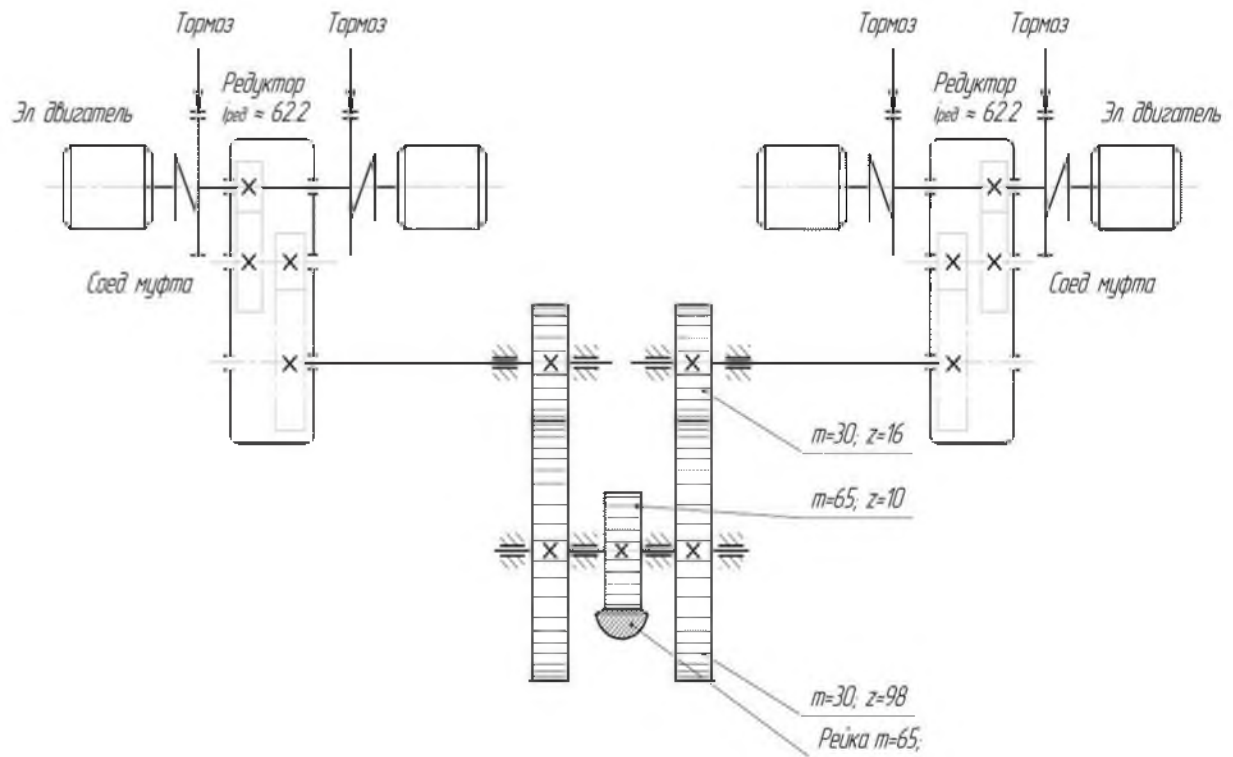


Рис. 2.6. Кінематична схема приводу нахилу міксера

Визначаємо частоту обертання валів приводу одноступінчатого редуктора:
швидкохідний вал редуктора

$$n_{ш} = \frac{n_{дв}}{i_{д.р}} = \frac{575}{62,2} = 9,24 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (2.6)$$

$$\omega_{\sigma} = \frac{\pi n_{\sigma}}{30} = \frac{3,14 \cdot 9,24}{30} = 0,97 \text{ рад/с} \quad (2.7)$$

тихохідний вал редуктора

$$n_k = \frac{n_{ш}}{i_{op}} = \frac{9,24}{6,125} = 1,51 \frac{об}{мин} \quad (2.8)$$

$$\omega_k = \frac{\pi n_k}{30} = \frac{3,14 \cdot 1,51}{30} = 0,16 c^{-1} \quad (2.9)$$

Визначаємо моменти, що обертають, на валах двоступеневого редуктора:
швидкохідний вал редуктора

$$M_{ш} = M_{дв} \cdot i_{др} \cdot \eta_{ред} = 483 \cdot 62,2 \cdot 0,97 = 29141 Нм \quad (2.10)$$

тихохідний вал редуктора

$$M_m = M_{б} \cdot i_{op} \cdot \eta_{ред} = 29141 \cdot 6,125 \cdot 0,97 = 173134 Нм \quad (2.11)$$

2.4.3 Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми

Згідно розрахованої статичної потужності одного електродвигуна проведемо його вибір по довідниках, дотримуючи наступні умови [12]:

$$[N]_{дв} \geq N;$$

$$[n]_{дв} \geq n_{дв};$$

Цим умовам задовольняє металургійний тихохідний електродвигун постійного струму Д-808, який має наступні технічні характеристики:

- потужність, кВт - 37

- частота обертання вихідного валу, об/хв - 575

Двохступінчатий редуктор, одноступінчатий редуктор і приводну шестерню приймаємо такими ж, як і в базовому варіанті приводу:

- двухступінчатий редуктор ЦТ2-165 з передавальним відношенням $i = 62,2$;

- одноступінчатий редуктор з передавальним відношенням $i = 6,125$

Враховуючи те, що момент на валу вибраного електродвигуна менше аналогічного значення для електродвигуна в базовому варіанті, то можна прийняти менші зубчасті муфти, що сполучають вихідний вал електродвигуна з швидкохідним валом двухступенчатого редуктора. Так, якщо раніше застосовувалися зубчасті муфти МЗ-7, то в модернізованому приводі можна застосувати муфту МЗ – 5, для якої [12]:

$$[M]_M = 8000 \text{ Нм} \geq M_{\text{дв}} = 483 \text{ Нм}$$

$$[n]_M = 2800 \text{ об/хв} \geq n_{\text{дв}} = 575 \text{ об/хв}$$

Розрахунок передачі одноступінчатого редуктора

Назначаємо матеріали:

- шестерня – сталь 40Х: ГОСТ 4543-71 $\sigma_B = 900 \text{ МПа}$

$$\sigma_T = 700 \text{ МПа}$$

термообробка – покращення $\text{HB}=257;$

- колесо – сталь 45Л: ГОСТ 977-88 $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$

$$\sigma_T = 550 \text{ МПа}$$

термообробка – нормалізація $\text{HB}=220$

Межі витривалості при симетричному циклі вигину:

для шестерні

$$\sigma'_{-1} \approx 0,35 \cdot \sigma_B + (70 \div 120) = 0,35 \cdot 900 + (70 \div 120) = 385 \div 435 \quad \text{Мпа} \quad (2.12)$$

$$\text{приймаємо } \sigma'_{-1} = 400 \text{ МПа}$$

- для колеса

$$\sigma''_{-1} \approx 0,35 \cdot \sigma_B + (70 \div 120) = 0,35 \cdot 750 + (70 \div 120) = 333 \div 383 \text{ МПа}$$

$$\text{приймаємо } \sigma''_{-1} = 340 \text{ МПа}$$

Напруга вигину, що допускається:

- для шестерні:

$$[\sigma_0]_{\text{шн}} = \frac{1,5 \cdot \sigma'_{-1}}{[n] \cdot k_\sigma} = \frac{1,5 \cdot 400}{1,5 \cdot 1,6} = 250 \text{ МПа} \quad (2.13)$$

де $[n]$ - запас міцності, що допускається;

$k_\delta = 1,6$ - коефіцієнт, що враховує симетричний цикл вигину.

для зубів колеса

$$[\delta_0]_{ук} = \frac{1,5 \cdot \sigma''_1}{[n] \cdot k_\delta} = \frac{1,5 \cdot 340}{1,5 \cdot 1,6} = 230 \text{ МПа} \quad (2.14)$$

Число зубів шестерні і колеса залишаються без змін

Число зубів шестерні $Z_{ш} = 16$

Число зубів колеса $Z_{к} = 98$

Коефіцієнти форми зуба:

для шестерні $Z_{ш} = 16$ $y_{ш} = 0,372$

для колеса $Z_{к} = 98$ $y_{к} = 0,480$

Зрівняльна оцінка міцності зубів шестерні і колеса на вигин:

для шестерні

$$y'_4 \cdot [\sigma_0]_{иш} = 0,372 \cdot 250 = 93 \text{ МПа} \quad (2.15)$$

для колеса

$$y_5 \cdot [\sigma_0]_{ук} = 0,481 \cdot 230 = 110 \text{ МПа} \quad (2.16)$$

Розрахунок виконуємо для зубів шестерні, як для менш міцних.

Визначуваний модуль зачеплення з умов міцності зубів шестерні на вигин

по формулі:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{рш} \cdot \gamma}{y_{ш} \cdot [\sigma_0]'_{иш} \cdot \psi_m \cdot k_{nu} \cdot Z'_4}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 565376 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{0,372 \cdot 250 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 16}} = 26 \text{ мм} \quad (2.17)$$

де $\psi = \frac{B}{m}$ - коефіцієнт довжини зуба, приймаємо $\psi_m = 10$;

$\gamma = 1,5$ - коефіцієнт зменшення товщини зуба в результаті зносу (при інтенсивному зносі);

k_{mv} - для прямозубих коліс;

$M_{рш}$ - розрахунковий момент на шестерні:

$$M_{рш} = k \cdot M_{ш} = 1,6 \cdot 353360 = 565376 \text{ кНм} \quad (2.18)$$

де $k = 1,6$ - коефіцієнт навантаження;

$M_{ш} = 353360 \text{ кНм}$ момент рейкової шестерні, що обертає

Залишаємо попереднє значення $m = 30 \text{ мм}$.

Характеристики зубчатого зачеплення залишаються без змін:

ділильні діаметри

$$d_{ш} = m \cdot Z_{ш} = 30 \cdot 16 = 480 \text{ мм}$$

$$d_{к} = m \cdot Z_{к} = 30 \cdot 98 = 2940 \text{ мм}$$

Довжина зубів колеса $B_{к} = 80 \text{ мм}$, шестерні $B_{ш} = 85 \text{ мм}$.

Розрахунки валів редуктора

Орієнтовний розрахунок валів одноступінчатого редуктора

Моменти, що крутять, в поперечних перетинах валів:

Швидкохідний вал $M_6 = 29141 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Тихохідний вал $M_T = 173134 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Для виготовлення валів вибираємо сталь 40 ХН

Визначаємо значення діаметрів валів з розрахунку на кручення по нижній напрузі $[\tau]_к = 22 \text{ МПа}$, по формулі [13]:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{M_6}{0,2 \cdot [\tau]_к}}; \text{ мм} \quad (2.19)$$

Швидкохідний вал

Діаметр вихідного кінця:

$$d_{в1} = \sqrt[3]{\frac{29141 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 22}} = 187 \text{ мм}$$

Оскільки швидкохідний вал редуктора з'єднаний із зубчатою муфтою промвала, то необхідно погоджувати діаметри швидкохідного валу (d_{e1}) і валу напівмуфти ($d_e = 230$ мм)

Приймаємо:

Діаметр вихідного валу $d_{e1} = 210$ мм;

Діаметр під підшипник $d_{n1} = 260$ мм;

Вал виконаний разом з шестернею ($d_1 = 480$ мм).

Тихохідний вал

Діаметр вихідного валу:

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{173134 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 22}} = 340 \text{ мм}$$

Приймаємо: $d_{e2} = 380$ мм, під колесом $d_{k2} = 400$ мм, під підшипником $d_{n2} = 420$ мм.

Перевірочний розрахунок валів

Швидкохідний вал

Навантаження, що діють на вал:

Окружне зусилля

$$P_1 = \frac{2 \cdot M_{K1}}{d_1} = \frac{2 \cdot 29141 \cdot 10^3}{480} = 121420 \text{ Н} \quad (2.20)$$

де: $M_{K1} = 29141$ Нм – момент, що крутить.

Радіальне зусилля

$$T_1 = P_1 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 121420 \cdot 0,364 = 44196 \text{ Н} \quad (2.21)$$

Окружне зусилля, викликане зубчатою муфтою на середньому діаметрі

зубів:

$$V_1 = 0,25 \cdot \frac{M_{k1}}{0,5 \cdot D_n} = 0,25 \cdot \frac{29141 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 760} = 19171 \text{ Н} \quad (2.22)$$

Визначаємо опорні реакції і моменти, що вигинають, будуюмо епюри M_x і M_y (з компоновки: $a_1 = 480$ мм, $b_1 = 410$ мм, $c_1 = 410$ мм)

- у площині xz

$$\Sigma M_{A1} = 0; V_1 \cdot a_1 + P_1 \cdot b_1 - R_{x_{B1}} \cdot (b_1 + c_1) = 0 \quad (2.23)$$

$$R_{x_{B1}} = \frac{V_1 \cdot a_1 + P_1 \cdot b_1}{b_1 + c_1} = \frac{19171 \cdot 480 + 121420 \cdot 410}{820} = 71932 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_{B1} = 0; V_1 (a_1 + b_1 + c_1) + R_{x_{A1}} (b_1 + c_1) - P_1 \cdot c_1 = 0 \quad (2.24)$$

Звідси

$$R_{x_{A1}} = \frac{-V_1 (a_1 + b_1 + c_1) + P_1 \cdot c_1}{b_1 + c_1} = \frac{-19171 \cdot 1300 + 121420 \cdot 410}{820} = -30317 \text{ Н}$$

Перевірка: $\Sigma x = -V_1 - R_{x_{A1}} + P_1 - R_{x_{B1}} = 0$

$$\Sigma x = -V_1 - R_{x_{A1}} + P_1 - R_{x_{B1}} = -19171 - 30317 + 121420 - 71932 = 0 \quad (2.25)$$

Моменти, що вигинають, в горизонтальній площині.

$$M_{\text{изг}A1}^{\Gamma} = -V_1 \cdot a_1 = -19171 \cdot 480 \cdot 10^3 = -9202 \text{ Нм} \quad (2.26)$$

$$M_{\text{изг}K1}^{\Gamma} = -R_{x_{B1}} \cdot c_1 = -71932 \cdot 410 \cdot 10^3 = -29492 \text{ Нм} \quad (2.27)$$

у площині yz :

$$Ry_{A1} = Ry_{B1} = \frac{T_1}{2} = \frac{44196}{2} = 22098 \text{ H} \quad (2.28)$$

Момент, що вигинає у вертикальній плоскості

$$M_{\text{изгК1}}^B = -Ry_{B1} \cdot c_1 = -22098 \cdot 410 \cdot 10^3 = -9060 \text{ Нм} \quad (2.29)$$

Визначаємо сумарні моменти, що вигинають, в перетинах валу і будуємо епюру M_{Σ}

$$M_{\Sigma A1} = M_{\text{изгА1}} = 9202 \text{ Нм}$$

$$M_{\Sigma K1} = \sqrt{(M_{\text{изгК1}}^{\Gamma})^2 + (M_{\text{изгК1}}^B)^2} = \sqrt{29492^2 + 9060^2} = 30852 \text{ Нм} \quad (2.30)$$

Будуємо епюру моментів M_K , що крутять = 29141 Нм

Визначаємо еквівалентні моменти по формулі:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + 0,75 \cdot M_{K1}^2} \quad (2.31)$$

$$M_{\text{эквС1}} = \sqrt{0,75 \cdot M_{K1}^2} = \sqrt{0,75 \cdot 29141^2} = 21855,75 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{эквА1}} = \sqrt{9202^2 + 0,75 \cdot 29141^2} = 26862,15 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{эквК1}} = \sqrt{30852^2 + 0,75 \cdot 29141^2} = 39859 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{эквК1}} = 0$$

Будуємо епюру $M_{\text{екв}}$

Розрахункова схема швидкохідного валу показана на рисунку 2.7

Сумарні радіальні реакції

$$R_{A1} = \sqrt{Rx_{A1}^2 + Ry_{A1}^2} = \sqrt{30317^2 + 22098^2} = 37515 \text{ H} \quad (2.32)$$

$$R_{B1} = \sqrt{Rx_{B1}^2 + Ry_{B1}^2} = \sqrt{71962^2 + 22098^2} = 75278,5 \text{ H} \quad (2.33)$$

Вибір підшипників і перевірка їх на довговічність.

Прийнятий раніше діаметр $d_{nl} = 210$ мм. Більш навантажена опора B_1 : $R_{B1} = 4067$ Н. Намічаємо для швидкохідного валу по ГОСТ 5721 – 57 роликові дворядні підшипники легкої серії 3544 з параметрами:

Внутрішній діаметр $d = 220$ мм

Зовнішній діаметр $D = 400$ мм

Ширина $B = 108$ мм

Базова динамічна вантажопідйомність $C = 89,7$ кН
Базова статична вантажопідйомність $C_0 = 125$ кН

Еквівалентне динамічне навантаження (за відсутності осьового зусилля)
[13]:

$$P_9 = V \cdot P_r \cdot K_\delta \cdot K_t = 1 \cdot 75278 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 107,6 \text{ кН} \quad (2.34)$$

де: $V = 1$ – обертається внутрішнє кільце підшипника;

$P_r = R_{B1} = 75278$ Н;

$K_\delta = 1,3$ – коефіцієнт режиму роботи (таблиця 20,[4], с.65);

$K_t = 1,1$ – коефіцієнт температурного режиму роботи підшипника

Розрахункова довговічність підшипника:

$$L_{hp} = \left(\frac{C}{P_9}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_1} = \left(\frac{89,7}{107,6}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 9,24} = 245775,9222 \cdot 10^6 \text{ год.} \quad (2.35)$$

де: $n = 9,24$ об/хв – частота обертання швидкохідного валу.

Отримана розрахункова довговічність значно перевищує встановлений ГОСТ 16162 – 85 мінімальну довговічність підшипників зубчатих редукторів 10000 годин.

Приймаємо остаточно підшипник 3544.

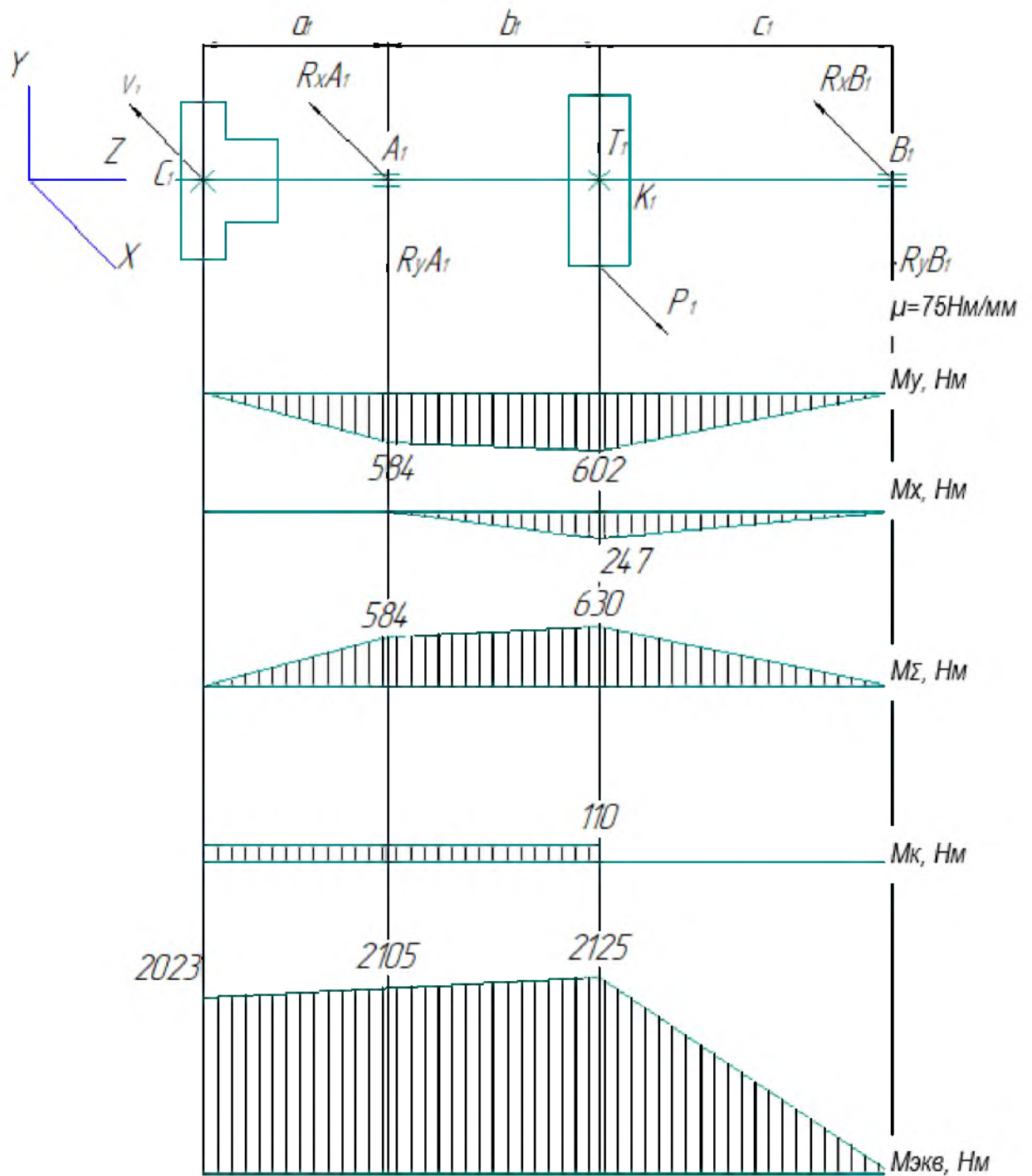


Рис. 2.7. Розрахункова схема швидкохідного вала

2.4.4. Визначення ймовірності не руйнування підшипника кочення

Перевірити відповідність підшипника заданим умовам навантаження та роботи [14].

$$T_{P\gamma_j} = 15\,800 \text{ год. (при } \gamma = 95\%).$$

Роликopідшипник радіальний сферичний двохранний № 3580 ГОСТ 5721-75

Максимальне осьове навантаження $F_a = 0$ Н.

Максимальне радіальне навантаження $F_r = 1\,320$ кН.

Обертається внутрішнє кільце.

Частота обертання внутрішнього кільця $n = 1,51$ хв⁻¹.

Навантаження з помірними поштовхами; вібраційне навантаження; короткочасні перевантаження до 150% номінального (розрахункового) навантаження.

Робоча температура підшипника – не більша за 140°C.

Розрахунки ведемо за методикою [14,15].

Параметри роликopідшипника радіального сферичного двохранного № 3580 ГОСТ 5721-75; $D = 720$ мм; $d = 400$ мм.

Статичне навантаження $C_0 = 3650$ кН [1]; $V = 1$ при обертанні внутрішнього кільця підшипника щодо напрямку навантаження.

Допоміжний параметр e визначаємо з [15] для моделі підшипника №3580:

$$e = 0,28.$$

В зв'язку з тим, що осьове навантаження F_a відсутнє відношення $F_a/VF_r < e$, отже $X = 1$, $Y = 2,41$.

Значення коефіцієнтів K_δ , K_m за таблицею 1.4, [15], та умовами розрахунку:

$$K_B = 1,4; K_T = 1,1$$

Еквівалентне динамічне навантаження [14]:

$$Q = (XVF_r + YF_a)K_\delta K_m = (1 \cdot 1 \cdot 1\,320 + 2,41 \cdot 0) \cdot 1,4 \cdot 1,1 = 2\,032,8 \text{ Н} \quad (2.36)$$

Динамічне навантаження $C = 850$ кН [14]. Коефіцієнт $a_{23} = 0,35$ для підшипника роликового сферичного двохрядний та звичайних умов застосування ([15], таблиця 1.1); для роликових підшипників $\beta = 10/3$.

Знаходимо $T_{P90} = L_h$ – номінальну довговічність або 90% ресурс в годинах:

$$L_h = \frac{a_{23} 10^6}{60n} \left(\frac{C}{Q} \right)^\beta = \frac{0,35 \cdot 10^6}{60 \cdot 1,51} \left(\frac{3\,650\,000}{2\,032,8} \right)^{3,333} = 2,71811 \cdot 10^{14} \text{ годин.} \quad (2.37)$$

2.4.5 Розрахунок економічного ефекту по пропонованій конструкції

Після модернізації спостерігається скорочення нерегламентованих простоїв, скоротився час на поточні ремонти Π_1 і Π_2 на 74,15 год., що дало можливість отримати додаткової продукції [16]:

$$Q_{\text{ПР}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot \Delta T_{\text{Ф}} = 145,029 \cdot 74,15 = 10753,84 \text{ т} \quad (2.38)$$

де $\Pi_{\text{ПР}}$ – годинна продуктивність, т/год
 $\Delta T_{\text{Ф}}$ – фактичний час роботи міксера, год

Всього виробництво після модернізації склало:

$$Q_1 = Q_{\text{ПР}} + Q = 10753,84 + 1075384 = 1086137,84 \text{ т} \quad (2.39)$$

де Q – річний обсяг продукції, т
 $Q_{\text{ПР}}$ - обсяг виробництва продукції, т

Коефіцієнт росту продукції складає:

$$K = \frac{Q_1}{Q} = \frac{1086137,84}{1075384} = 1,01 \quad (2.40)$$

За звітний період спостерігається ріст продукції на 10753,84 т. Ріст продукції склав 1%. При цьому спостерігається ріст продукції за рахунок скорочення простоїв й, тим самим, збільшення фактичного часу роботи устаткування. При незмінній кількості працівників, у тому числі й ремонтному персоналі, спостерігається зниження собівартості, що забезпечується за рахунок економії окремих статей витрат по загальному переділу. Таким чином, пропоноване проектне рішення дає можливість продовжити тенденцію на зниження витрат. У зв'язку з впровадженням нового механізму збільшується

міжремонтний період в 3 рази, а це дає можливість збільшити випуск продукції на 1%.

Кількість капітальних вкладень на здійснення модернізації розраховується по формулі

$$KB = K_H + M + Д - Л + ПР \quad (2.41)$$

де K_H - вартість нового приводу;

M - вартість монтажу;

$Д$ - вартість демонтажу;

$Л$ - ліквідаційна вартість устаткування, що підлягає демонтажу;

$ПР$ - витрати на проектні роботи;

Вартість нового приводу $K_H = 895340$ грн.

Вартість проведення необхідного демонтажу становить приблизно 10% від вартості нового приводу й складе:

$$M = 0,1 \cdot K_H = 0,1 \cdot 895340 = 89534 \text{ грн.} \quad (2.42)$$

Вартість демонтажу становить 5% від вартості нового приводу:

$$Д = 0,05 \cdot K_H = 0,05 \cdot 895340 = 44767 \text{ грн.} \quad (2.43)$$

Демонтоване устаткування не підлягає реалізації, а залишається в цеху для забезпеченні ремонтів приводів, що залишилися без реконструкції, повороту міксера.

Витрати на проектні роботи становлять 3% від розміру капітальних вкладень.

$$ПР = (K_H + M + Д) \cdot 0,03 = (895340 + 89534 + 44767) \cdot 0,03 = 30889,23 \text{ грн} \quad (2.44)$$

У такий спосіб капітальні вкладення складуть:

$$KB = 1029641 + 30889,23 = 1060530,23 \text{ грн.} \quad (2.45)$$

Для проведення заходів щодо впровадження проекту необхідно затратити 1060530,23 грн.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників.

Метою цього розділу є забезпечення нешкідливих і безпечних умов праці для персоналу ремонтних бригад під час впровадження модернізації й проведення ремонтних робіт на приводі нахилу стаціонарного міксера ємкістю 1300т міксерного відділення конвертерного цеху [17].

Перед виконанням ремонтних робіт на приводі міксера, весь персонал, задіяний у процесі, повинен повторно ознайомитися з вимогами:

- ПУЕ – Правила улаштування електроустановок,
- ПТБ – Правила техніки безпеки,
- ПТЕ – Правила технічної експлуатації, що стосуються експлуатації та ремонту класифікатора.

Виведення приводу в ремонт здійснюється відповідальною особою, згідно із затвердженим графіком ремонтів, погодженим з керівництвом цеху або підприємства.

Шкідливі виробничі фактори:

- Підвищена запиленість повітря – особливо під час демонтажу чи зачистки вузлів.
- Інтенсивний шум – викликаний роботою обладнання, вентиляторів, електроінструменту.

Освітлення:

- Денне природне освітлення забезпечується через віконні прорізи;
- Штучне освітлення в нічний час – від ламп, розміщених на покрівлі цеху;
- Недостатнє локальне освітлення у важкодоступних зонах потребує застосування переносних ламп.

Всі агрегати, машини, платформи на висоті мають бути оснащені:

- Огородженнями;
- Захисними та запобіжними пристроями;
- Спеціальними пристосуваннями для доступу і монтажу.

У небезпечних зонах рекомендується:

- Розміщення попереджувальних написів і плакатів з техніки безпеки;
- Звукова та світлозвукова сигналізація для оперативного оповіщення.

При введенні приводу в ремонт:

- Обов'язково відгородити зону виконання робіт знімними бар'єрами;
- Обмежити доступ стороннього персоналу.

Електробезпека

- Ізоляція та недоступність струмопровідних частин:
 - Обладнання встановлюється на висоті, недоступній для дотику;
 - Використовуються ізоляційні кожухи і щити.
- Захисне заземлення або занулення:
 - Металеві частини електрообладнання, що не проводять струм, мають бути заземлені;
 - У разі пробією ізоляції напруга знижується до безпечного рівня, або обладнання автоматично вимикається.
- Засоби індивідуального захисту при роботі з електроустановками:
 - Ізоляційні рукавички;
 - Коврики (килимки з гумовим покриттям);
 - Ізоляційне взуття (галоші).

Для робочого освітлення допускається напруга не більше 220 В.

Опір ізоляції проводки і електроапаратури повинно бути не менше 0,5 МОм.

3.2 Організація безпечного переміщення та монтажу елементів приводу з використанням вантажопідйомних механізмів

У зв'язку з тим, що вага елементів приводу перевищує 50 кг (наприклад, вага муфти – 51 кг), усі монтажно-демонтажні роботи проводяться з використанням вантажопідйомної техніки [18].

Стропування вантажу.

Підйом елементів приводу починається з правильної підготовки до стропування. Перед цим:

- Переконалися в стійкості положення вантажу.
- Застосовувати тільки справні стропи, вантажопідйомність яких відповідає масі вантажу.
- Не використовувати випадкові або пошкоджені стропи.

Основні правила:

- Стропи повинні накладатися таким чином, щоб рівнодіюча зусиль проходила через центр мас.
- При відсутності точних даних — центр мас визначається шляхом пробного підйому.
- Гак електроталі має співпадати з віссю вантажу.
- Петлі стропа накладаються по центру пащі гака.
- Заборонено допускати зісковзування стропів — для цього використовують виступи або спеціальні обмежувачі.
- Огляд канатів – 1 раз на 10 днів:
- Перевіряють відсутність петель, розривів дротів, вузлів, зношування.
- Змащування канатів – 1 раз на 3 місяці.

Для полегшення монтажу:

- Кожен вузол або деталь маркується згідно з монтажним кресленням.
- Маркування наноситься в двох місцях:
 - на деталі (вузлі);
 - на металоконструкції, де цей вузол буде встановлений.
 -

3.3. Організаційні заходи з пожежної безпеки

Міксерне відділення киснево-конвертерного цеху (ККЦ), де розташовано стаціонарний міксер, належить до категорії Г вибухо- і пожежонебезпеки [19].

Це стосується приміщень, у яких:

- присутні негорючі речовини у розжареному стані;
- процеси супроводжуються виділенням променевого тепла, іскор або полум'я;
- горючі гази, рідини або речовини використовуються як паливо.

Міксерне відділення класифікується як пожежонебезпечна зона — це простір, де горючі речовини:

- перебувають у нормальних умовах або
- можуть потрапити в атмосферу в разі аварії.

Приміщення та установки, в яких зберігають або використовують:

- горючі рідини з температурою спалаху понад 61 °С;
- тверді горючі речовини або пил з межевою концентрацією понад 65 г/м³, класифікуються як зона П-III.

Організаційні заходи з пожежної безпеки наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Організація пожежної безпеки

Категорія заходу	Опис заходу
Організаційні заходи	Призначення відповідальних осіб за пожежну безпеку на кожній ділянці, проведення інструктажів, ведення журналів обліку.
Технічні заходи	Наявність вогнегасників, пожежних щитів, світлових та звукових оповіщувачів, протипожежних бар'єрів.
Інженерні заходи	Монтаж систем димовидалення, автоматичного пожежогасіння, блискавкозахисту, контроль температурних режимів.
Класифікація приміщення	Категорія Г за ОНТП 24-86, зона П-III відповідно до типу горючих матеріалів і процесів.
Відповідальність	Керівники цехів і ділянок призначають відповідальних осіб серед спеціалістів та ІТР.
Зона небезпеки	Зона, в якій можуть знаходитися горючі речовини у звичайному режимі або під час аварій.

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі були проаналізовані конструкція і принцип роботи механізму нахилу стаціонарного міксера ємкістю 1300 т

У роботі існуючого механізму нахилу міксера виявлена низка недоліків:

- вихід зі строю підшипників I ступені швидкохідного валу редуктора в наслідок природного зносу зубів шестерні відкритої передачі рейкового механізму більше 10% із-за осідання пилу на поверхню зубів шестерні;
- обрив швидкохідної вал – шестерні I ступені редуктора механізму нахилу перед шийкою під підшипник в наслідок критичного числа циклів навантаження;
- заклинювання відкритої зубчастої передачі із-за поломки зуба приводної шестерні циліндрової зубчастої передачі;
- знос зубів зубчастої рейки на 15% із-за осідання пилу на поверхню зубів рейки;
- зріз шпонки трансмісійного валу в наслідку зносу посадочного місця на валу під зубчасту напівмуфту;
- знос направляючої обойми рейкової передачі, що коливається, в наслідок попадання в мастило пилу.

Передбачуваними причинами приведених вище недоліків в роботі механізму нахилу міксера є:

- розташування приводу нахилу міксера з одного боку приводить до нерівномірності дії навантажень на елементи привода, що приводить до їх частих виходів зі строю.

- робота роликів підшипників кочення, встановлених в опорах валів цих вузлів відбувається в дуже важких температурних умовах, відрізняється нестабільністю і недовговічністю. Для створення безаварійної роботи таких вузлів потрібне вживання підшипників, виготовлених з жаростійких матеріалів.

Запропонована модернізація існуючої конструкції по таких напрямках:

Для перерозподілу навантажень на рейкову передачу і далі на привід нахилу міксера пропонується виконати установку додаткового приводу, розташованого дзеркально з синхронізацією їх роботи. Тобто провести установку зведеного приводу. Подібні схеми застосовуються в механізмах повороту електропечей.

Конструкцію зведеного приводу пропонується виконати по схемі: зведений привід, що працює на одну рейку (із збереженням існуючого кріплення зубчастої рейки).

Пропонується замінити існуючу конструкцію підшипникових вузлів одноступінчастого редуктору і приводної вал-шестерні з заміною підшипників ковзання на підшипники кочення

Очікуваний ефект від модернізації

- Рівномірний розподіл навантажень між двома приводами;
- Зменшення навантаження на кожен привідний ланцюг майже удвічі;
- Зниження зносу елементів редуктора та валів;
- Збільшення міжремонтного періоду завдяки меншій потребі в обслуговуванні підшипників;
- Скорочення простоїв, пов'язаних із заміною вкладишів ковзання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт ПАТ «АМКР» <https://ukraine.arcelormittal.com/>
2. Посібник з якості виробництва ККЦ. 2005р. - 72с.
3. Каталог «Криворіжсталь» - 70 років - 70 кроків у майбутнє; 2004рік - 15с.
4. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія: Підручник. - Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004. – 454 с.
5. Паспорт міксеру
6. Агрегатний журнал міксерного відділення
7. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти./ Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. - Харків: НТМТ, 2020. 258 с.
8. Патент на корисну модель UA 57603, 10.03.2011, Бюл.№ 5, 2011 р., ЗАТ «Новокраматорський машинобудівний завод».
9. Патент на корисну модель UA 92866, 10.09.2014, Бюл.№ 17, ЗАТ «Новокраматорський машинобудівний завод».
10. Технічне обслуговування металургійного обладнання / Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. — Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. — 288 с.
11. Бейгул О.О., Шматко Д.З., Коробочка О.М., Лепетова Г.Л. Технологічні та конструктивні параметри несучих систем порталних підйомно-транспортних машин. Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2007. – 167 с.
12. Зінченко В.І., Мамаєв Л.М., Постольник Ю.С., Основи інженерної механіки: Навч. посібник. –Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004. – 444с.
13. В.П. Танай, М.І. Гармаш та ін.. Довідник практичного механіка, - Кривий Ріг, 2001, - 328 с.
14. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. – К.: «Либідь», 2001. – 424 с.

15. Методичні вказівки: розрахунок підшипників кочення для студентів механічних спеціальностей. /Укл. к.т.н., доц. Невдаха Ю.А., к.т.н., проф. Златопольський Ф.Й., к.т.н., доц. Невдаха А.Ю., к.т.н., доц. Дубовик В.О. Кропивницький; ЦНТУ, 2019.- 48с.
- 16.Базілінська О. Я. Фінансовий аналіз: теорія та практика : навчальний посібник. Київ : ЦУЛ, 2011. 328 с.
- 17.Єсмаханов Ж.А., Мельник С.С., Сьомін М.М., Настанова з охорони праці та промислової безпеки ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»/ Кривий Ріг, 2021. - 58с. <https://ukraine.arcelormittal.com/corporate-responsibility/health-and-safety>.
- 18.В.О. Шеремет, О.И. Каракаш, В.Ф. Марунчак та ін. Охорона праці на гірничо - металургійному підприємстві,: Навчальний посібник. - Ч.V: Ремонтно-механічний комплекс. - Дніпропетровськ: ПП «Ліра», 2004. - 332с.
- 19.В.П. Кириленко, О.І. Каракаш, С.І. Теслюк., Довідник з охорони праці та пожежної безпеки: навчальний посібник / Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2008 – 868 с.
- 20.І.В. Засельський, М.І. Шепеленко/ Методичний посібник про організацію та зміст кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого та другого рівнів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»/ ДУЕТ, Кривий Ріг, 2021, 30с.
- 21.Вимоги з оформлення письмових робіт/НМР ДУЕТ, Кривий Ріг, 2020, 53с. <https://www.duet.edu.ua/uploads/normbase/263/vimog.pdf>

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

Я, Коновалова Олена Олександрівна, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Модернізація приводу нахилу стаціонарного міксера ємкістю 1300т в умовах конвертерного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»», виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавала і не одержувала 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 ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформована, 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 ознайомена.

07.06.2025



(ініціали, прізвище, власноруч)