

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 МАГІСТРА

Глікін Владислав Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

*Механічне обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 НКГЗК ПАТ
«АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація приводу двоспирального класи-
фікатора 2КСН-30*

(повна назва теми)

за матеріалами

НКГЗК РЗФ №1 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)


(підпис)

Засельський В. Й.

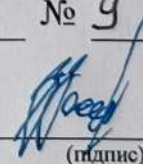
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 23 січня 2026 р № 9

Завідувач кафедри


(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

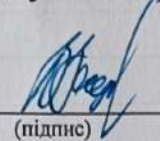
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти _____ Другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ІГМ _____

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

« 20 » _____ жовтня _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Глікін Владислав Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра

Механічне обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 НКГЗК ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація приводу двоспирального класифікатора 2КСН-30

керівник кваліфікаційної роботи магістра Засельський В. Й., д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» жовтня 2025 р. № 723-ст

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра

Умови виробництва рудозбагачувальної фабрики №1 НКГЗК Конструкція та технічна характеристика класифікатора 2КСН-30, інформація про недоліки конструкції.

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

4.1 Аналітична частина;

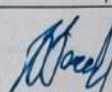
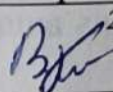
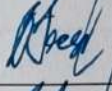
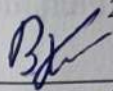
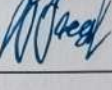
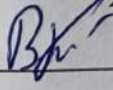
4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

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

3 аркуші формату А1 складальних креслеників: класифікатор спіральний, 2 аркуші привід, 2 аркуші А1 деталей: рама, фланець, вал, обойма, корпус.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Засельський В. Й., д.т.н., професор	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Засельський В. Й., д.т.н., професор	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Засельський В. Й., д.т.н., професор	 20.10.25	 20.10.25

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналітична частина	21.11.2025	вик.
2	Основна частина	15.12.2025	вик.
3	Організація безпечного виробництва	22.12.2025	вик.
4	Оформлення пояснювальної записки	26.12.2025	вик.
5	Виконання графічної частини	12.01.2026	вик.
6	Подання роботи до кафедри	15.01.2026	вик.
7	Захист роботи в ЕК	26-31.01.2026	вик.

Здобувач (ка)

(підпис)

Глікін В.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Засельський В. Й.

(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз	Означення	Найменування	Кіл.	При- мітки
				<u>Документація</u>		
A4			KPM.133.26.05	Пояснювальна записка	77	
				<u>Складальні креслення</u>		
A1			KPM.133.26.05.01.00.00.000.СК	Спиральний класифікатор	1	
A1						
A1			KPM.133.26.05.02.00.00.000.СК	Привід складальне креслення	1	
A1			KPM.133.26.05.03.00.00.000.СК	Привід	1	
A2			KPM.133.26.05.04.00.00.000.КС	Рама	1	
A2			KPM.133.26.05.04.01.00.000.КС	Фланець	1	
				<u>Деталі</u>		
A2			KPM.133.26.05.05.03.00.000.КС	Корпус	1	
A3			KPM.133.26.05.05.01.00.000.КС	Вал	1	
A3			KPM.133.26.05.05.02.00.000.	Обійма	1	

KPM.133.26.05

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб	Глікін			15.01.20
Перев.	Засельський			19.01.20
Н.конт	Засельський			21.01.20
Затв.	Засельський			23.01.20

Спиральний
класифікатор 2КСН-30
Відомість
кваліфікаційної роботи
магістра

Літ.	Аркуш	Аркушів
		1
ННТІ Кафедра ІГМ гр.ГМ-24м		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

77 стор., 19 рис., 12 табл., 22 джерела.

В випускній кваліфікаційній роботі на тему: Механічне обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 НКГЗК ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація приводу двоспирального класифікатора 2КСН-30.

В аналітичній частині дана коротка характеристика встановленого обладнання та структури рудозбагачувальної фабрики №1. Зроблено опис базового класифікатора, його роботи та місця в технологічному процесі, аналіз недоліків в конструкції і роботі.

В основній частині зроблено літературно-патентний огляд існуючих класифікаторів, запропонована модернізація приводу, зроблено розрахунки потужності і елементів конструкції.

У розділі монтаж, ремонт, змащування проведено опис монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту модернізованого класифікатора, розроблена карта і схема змащування.

У розділі організація безпечного виробництва зроблено аналіз основних шкідливостей і небезпек та запропоновані заходи щодо зниження їх впливу на працівників ділянки подрібнення рудозбагачувальної фабрики, розглянуті заходи протипожежної безпеки.

Ключові слова: КЛАСИФІКАТОР, ПУЛЬПА, МОТОР-РЕДУКТОР, СПИРАЛЬ, ФУТЕРІВКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Характеристика рудозбагачувальної фабрики №1 НКГЗК ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»	8
1.2 Призначення і область застосування двоспирального класифікатора 2КСН-30	16
1.3 Технічна характеристика машини.	17
1.4 Опис конструкції машини.	18
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків.	21
1.6 Формування мети та задач для її досягнення.	22
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	24
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	24
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	31
2.3 Аналітичні розрахунки	33
2.3.1 Визначення вихідних даних для розрахунків	33
2.3.2 Розрахунок потужності приводу	34
2.3.3 Силовий і кінематичний аналіз	35
2.3.4 Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми	36
2.3.5 Розрахунки на міцність	39
2.4 Монтаж, ремонт, змащення.	51
2.4.1 Розробка фундаменту. Геодезичне обґрунтування монтажу.	51
2.4.2 Способи доставки устаткування до місця монтажу	54
2.4.3 Технологічна карта монтажу	57
2.4.4 Заходи з технічного обслуговування магнітного сепаратора	61
2.4.5 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів	62
2.4.6 Методи відновлення деталей	63
2.4.7 Вибір системи змащування	67
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	68
3.1 Особливості ремонтних робіт з погляду на безпеку праці.	68
3.2 Безпечне проведення ремонтних робіт.	70
3.3 Випробування і допуск до експлуатації об'єкту.	72
3.4 Пожежна безпека при роботі зі спіральним класифікатором	73
ВИСНОВКИ	75
Список використаних джерел	76

ВСТУП

Публічне акціонерне товариство «АрселорМіттал Кривий Ріг» — це найбільше металургійне підприємство України та одне з найпотужніших у Європі, яке здійснює повний цикл виробництва сталі. На підприємство припадає понад 20% усієї металопродукції, виробленої в Україні. Комбінат займає провідні позиції серед вітчизняних металургійних заводів за прибутковістю, рентабельністю та обсягами виготовлення й реалізації продукції. Такі показники потребують постійного вдосконалення всіх виробничих процесів — від видобутку руди до отримання готового металопродукату [1].

На рудозбагачувальних фабриках комбінату виготовляють залізорудний концентрат, який використовується для подальшого виробництва агломерату. Технологічний процес отримання концентрату є складним і вимагає стабільної, безперервної роботи всього обладнання. Особливо це стосується початкової стадії переробки руди — ділянки подрібнення, де функціонують кульові млини та класифікатори.

Класифікатор використовується для розділення подрібненого матеріалу на дві фракції різної крупності у водному середовищі. Вода з частинками мінералів утворює пульпу, яка подається як живлення класифікатора. У результаті роботи пристрою пульпа розділяється на два кінцеві продукти: грубозернисту піскову фракцію (піски) та дрібнодисперсний злив.

На рудозбагачувальній фабриці №1 один класифікатор обслуговує два млини, тоді як на більш сучасній фабриці №2 використовується інше, ефективніше обладнання. Це зумовлює необхідність постійного технічного обслуговування та водночас потребу у підвищенні продуктивності устаткування.

Запровадження нової конструкції приводу класифікатора дозволить усунути недоліки базової моделі, покращити її робочі характеристики та збільшити ефективність виробництва. Тому тема випускної роботи є актуальною, адже спрямована на вдосконалення технічних параметрів класифікатора та підвищення його експлуатаційної надійності.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика рудозбагачувальної фабрики №1 НКГЗК ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»

Гірничо-збагачувальне виробництво

Цей напрям діяльності підприємства спрямований на відкритий видобуток магнетитових кварцитів із низьким умістом магнітного заліза та їх подальше збагачення. Основним продуктом є залізорудний магнетитовий концентрат із вмістом заліза 65,3–68% і вологістю до 10% [1,2].

Загальна площа НКГЗК гірничо-збагачувального комплексу становить 4848,7 га, серед яких:

- кар'єри — 748,9 га;
- зовнішні відвали — 1250,9 га;
- хвостосховища — 899,8 га;
- промислова зона — 822 га.

До складу гірничо-збагачувального виробництва входять два основні підрозділи:

1. Гірничотранспортний підрозділ, до якого належать:

- рудоуправління;
- дробильні фабрики №3 і №4;
- гірничотранспортний цех;
- управління залізничного транспорту.

2. Дробильно-збагачувальний підрозділ, що включає:

- дробильну фабрику;
- рудозбагачувальні фабрики №1 та №2;
- цех шламового господарства.

Крім того, працюють допоміжні цехи:

- технологічного водопостачання;
- мереж і підстанцій;
- ремонтний.

Проектна потужність гірничо-збагачувального комплексу:

- видобуток сирої руди — 24,9 млн тонн на рік;
- виробництво концентрату — до 10,3 млн тонн на рік.

Подрібнена руда, розмір частинок якої не перевищує 12,5% класу «плюс 20 мм», транспортується стрічковими конвеєрами дробильної фабрики до рудозбагачувальної фабрики №1. Завантаження розподільчих бункерів здійснюється за допомогою конвеєрів С-17, С-19 та С-18, С-20. При цьому частина тонких фракцій із зливу потрапляє до пісків класифікатора, що підвищує ефективність його роботи.

Таке технічне рішення забезпечує рівномірний розподіл пісків між двома спіралями у зоні транспортування, завдяки чому навантаження на спіралі стає збалансованим, що, своєю чергою, значно підвищує надійність і стабільність роботи класифікатора.

Для досягнення необхідної продуктивності зливний жолоб може бути частково розташований уздовж бічної стінки корита класифікатора, навпроти стінки з живильним жолобом. Це забезпечує оптимальне відведення продукту з класифікатора. Розвантажувальні пристрої працюють у челноково-крапковому режимі, що дозволяє рівномірно заповнювати роздрібненою рудою розподільчі бункери фабрики.

Із бункерів подрібнена руда за допомогою системи конвеєрів-живильників (поз. 1, рис. 1.1) подається до млинів першої стадії подрібнення (поз. 3, рис. 1.1). Кількість руди, що надходить у млини, контролюється оператором пульта управління технологічної дільниці (ПУ ТД) кожні дві години за показниками вагів типу «ЕрМак-ВК» і «ВЕР-10», установлених на конвеєрах (поз. 2, рис. 1.1).

Кульове завантаження млинів типу МШЦ-3600×5000 має становити від 90 до 100 тон. Довантаження проводиться один раз на добу сталевими кулями діаметром 60 мм або подрібнюючими тілами типу Т-9. Обсяг довантаження визначається відповідно до затверджених норм і кількості виробленого концентрату [3].

Контроль за рівнем заповнення млинів і розрахунок кількості необхідних куль здійснює начальник технологічної дільниці. Усі розрахункові дані фіксуються в спеціальному журналі встановленої форми.

Магнітне збагачення.

Магнітне збагачення виконується на барабанних магнітних сепараторах ПБМ-П-90/250 з противоточною ванною і ПБМ-ПП-90/250 або MR-9/25 з напівпротивоточною ванною.

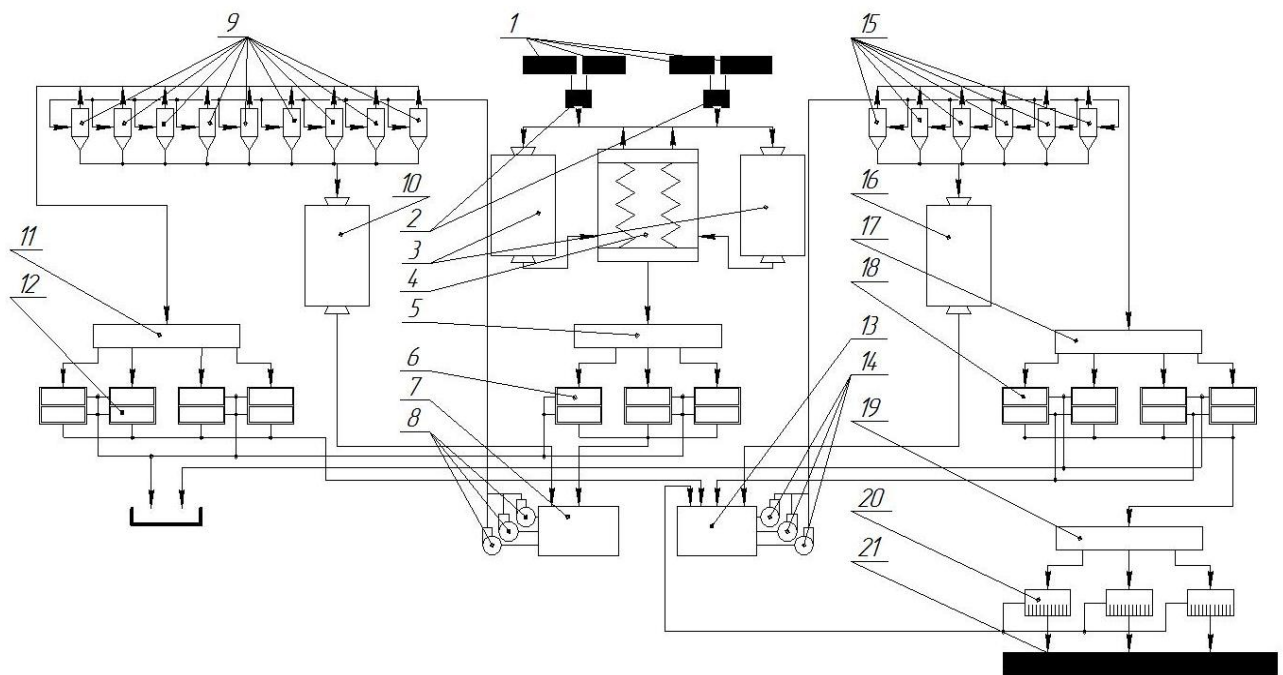


Рис. 1.1. Схема ланцюга апаратів РЗФ-1:

1-конвеєр-живильник (В=1000); 2-конвеєр похилий (В=1000); 3-млин МШЦ-3600Х5000; 4-класифікатор 2КСН-30; 5-пульпозподільник триструнний; 6-агрегат ПБМ-П-90/250, що складається з трьох магнітних сепараторів ПБМ-П-90/250(МБП-ПП-90/250, MR 9/25); 7-зумпф насосів другої стадії класифікації; 8-насос 8ГрК-8; 9-гідроциклон ГЦ-500; 10-млин МШЦ-3600Х5500; 11-пульпозподільник чотирьохструминний; 12-агрегат ПБМ-ПП-90/250, що складається з двох магнітних сепараторів (MR 9/25); 13-зумпф насосів третьої стадії класифікації; 14-насос 8ГрК-8; 15-гідроциклон ГЦ-500; 16- млин МШЦ - 3600х5500; 17 - пульпозподільник чотирьохструминний; 18-агрегат ПБМ-ПП-90/250, що складається з двох магнітних сепараторів (MR 9/25); 19-пульпозподільник чотирьохструминний; 20-вакуум-фільтр ДШ-100-2.5; 21-конвеєр (В=1000) транспортування концентрату.

Опис технологічного процесу магнітної сепарації

На першу стадію магнітної сепарації надходить злив спірального класифікатора (поз. 4, рис. 1.1) з густиною пульпи 1500–1600 г/л. Матеріал самопливом через триступеневий пульпорозподільник (поз. 5, рис. 1.1) подається на три сепараційні агрегати (поз. 6, рис. 1.1). Кожен агрегат містить два барабанні магнітні сепаратори, які працюють у два етапи: основна сепарація з подальшим перечищенням магнітного продукту. У результаті отримують проміжний продукт та відвальні хвости [1].

Немагнітний продукт другого етапу подається у насосну станцію другої стадії класифікації (поз. 7, рис. 1.1), звідки насосами типу 8ГрК-8 (поз. 8, рис. 1.1) транспортується на гідроциклони другої стадії (поз. 9, рис. 1.1).

Продуктивність одного агрегату становить 50–60 т/год. Оборотна вода подається в зону зливу класифікатора, на бризкала та гребінки сепараторів. Для забезпечення ефективного змивання магнітного продукту вода повинна рівномірно подаватися вздовж усього барабана. Регулювання витрати води здійснює сепараторник за допомогою засувки на подаючих трубопроводах.

Живленням другої стадії магнітної сепарації є злив гідроциклонів другої стадії класифікації (поз. 9, рис. 1.1). На секції встановлено чотири сепараційні агрегати (поз. 12, рис. 1.1), кожен з яких складається з двох барабанних магнітних сепараторів. Сепарація також проходить у два етапи з перечищенням магнітного продукту та отриманням проміжного продукту й відвальних хвостів. Продуктивність одного агрегату становить 28–37 т/год. Для стабільної роботи секції повинно функціонувати щонайменше три агрегати одночасно. Немагнітний продукт другого етапу надходить у зумпф насосної третьої стадії класифікації (поз. 13, рис. 1.1) і далі насосами 8ГрК-8 (поз. 14, рис. 1.1) подається на гідроциклони третьої стадії (поз. 15, рис. 1.1).

На третю стадію магнітної сепарації подається злив гідроциклонів третьої стадії класифікації (поз. 15, рис. 1.1). У секції працюють чотири агрегати (поз.

18, рис. 1.1), кожен із яких містить два барабанних магнітних сепаратори. Сепарація здійснюється у два прийоми:

- у першому отримують відвальні хвости,
- у другому — готовий концентрат і немагнітний продукт.

Немагнітний продукт другого етапу повертається в зумпф насосів третьої стадії класифікації (поз. 13, рис. 1.1).

Продуктивність одного агрегату становить 21–28 т/год. Для забезпечення стабільності процесу в роботі має бути щонайменше три агрегати з чотирьох.

Обезводнення концентрату.

На обезводнення поступає магнітний продукт третьої стадії сепарації (поз.18 рис.1.1) густиною від 1600 до 1800 г/л через пульпорозподільник (поз.19 рис.1.1). Обезводнення концентрату здійснюється на дискових вакуум-фільтрах ДШ-100-2,5 (поз.20 рис.1.1).

Для ефективного обезводнення концентрату необхідно:

- тиск вакуумметра - від 70 до 80 кПа;
- тиск повітря на отдувку кека - від 60 до 80 кПа.

Збір і транспортування концентрату на склад здійснюється системою конвейерів (поз.21 рис.1.2). Концентрат секцій поступає на збірні конвейєра СК-1, СК-2, СК-7, СК-8, 0-28 (поз.18-22 рис.1.2), потім по похилих конвейєрах СК-4 і СК-10 (поз.23,24 рис.1.2) транспортується на склад. Концентрат з конвейєрів СК-1 і СК-2 поступає на конвейєр СК-4, з конвейєрів 0-28, СК-7 і СК-8 на конвейєр СК-10.

Дані про поточне навантаження на конвейєрах СК-4 і СК-10 оператор ПУ ВУС і ОК передає по телефону оператору ПУ ТД РОФ-1.

Складування концентрату і усереднювання залізовмісного оборотного продукту агломераційного виробництва ГОКа здійснюється окремо.

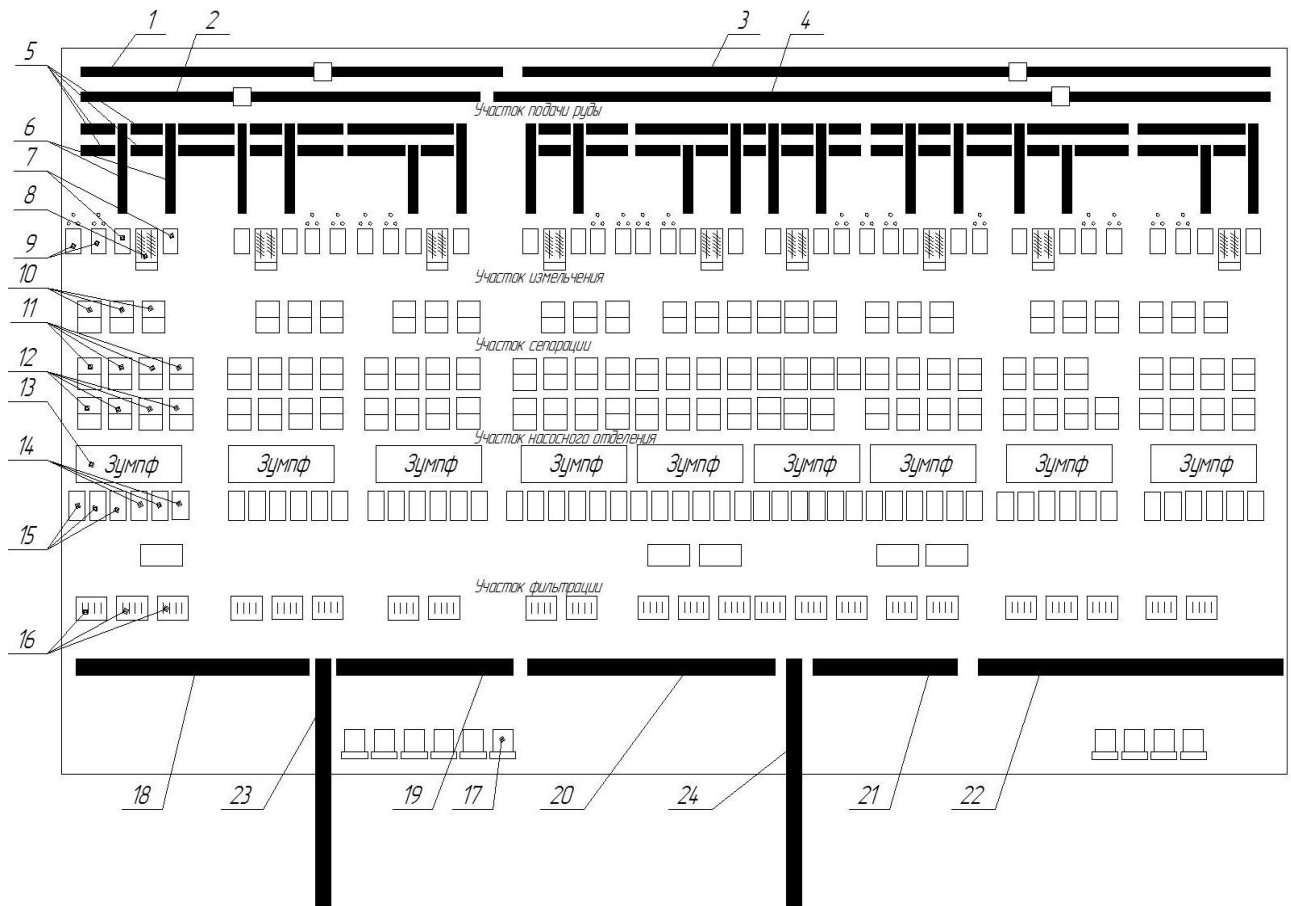


Рис. 1.2 Схема розташування устаткування РЗФ-1:

1,2,3,4-конвеєр С-17,18,19,20; 5- конвеєра 11,12,11А,12А (конвеєр-живильник); 6- конвеєр 01А,01(похилий конвеєр);7-млин МШЦ-3600Х5000; 8-класифікатор 2КСН-30; 9-млин МШЦ-3600Х5500; 10-магнітний сепаратор ПБМ-П-90/250 (МБП-ПП-90/250, MR 9/25) першої стадії класифікації; 11-магнітний сепаратор ПБМ-ПП-90/250 (MR 9/25) другої стадії класифікації; 12 - магнітний сепаратор ПБМ-ПП-90/250 (MR 9/25) третьої стадії класифікації; 13-зумпф насосів першої, другої стадії класифікації; 14-насос 8ГрК першої стадії класифікації; 15- насоси 8ГрК другої стадії класифікації; 16-вакуум-фільтр ДШ-100-2,5; 17- вакуум-насос ВВН 2-300; 18,19,20,21-конвеєр СК-1,2,7,8; 22-конвеєр 028; 23-конвеєр СК-4; 24- конвеєр СК-10.

Коротка характеристика основного механічного устаткування рудозбагачувальної фабрики №1 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» приведена в таблиці 1.1. [1,2].

Таблиця 1.1

Коротка характеристика механічного устаткування

№ з/п	Найменування устаткування і технічні показники	Одиниця виміру	Кількість
1	2	3	4
1	Конвеєр С-17, С-18 Довжина конвеєра Продуктивність Швидкість руху стрічки	шт м т/год. м/с	2 158 2000 1,45
2	Конвеєр С-19, С-20 Довжина конвеєра Продуктивність Швидкість руху стрічки	м т/год. м/с	293,298 2000 2,18
3	Конвеєр 11,12,11А,12А,13,14,21,22,23,24,31,32,33,41,42, 43,44,51,52,53,61,62,63,64,63А,64А,015, 015А,71,71А,71Б, 72,73,73А,74,81,82,83 Довжина конвеєра Продуктивність Швидкість руху стрічки	шт м т/год. м/с	38 15,8-26,35 200 1,05
4	Конвеєр 01А,01,02А,02,03А,03,04,04А,05А,05,06,06А,010, 013,07,07А,08А,08 Довжина конвеєра Продуктивність Швидкість руху стрічки	шт м т/год. м/с	18 18-35 220 1,02
5	Млин МШЦ-3600Х5000 Робочий об'єм Частота обертання барабана Маса кульового завантаження	шт м ³ об/хв. т	18 45,0 17,55 90-100
6	Класифікатор 2КСН 30 Довжина спіралі Діаметр спіралі	шт мм мм	9 12500 3000
7	Магнітні сепаратори:	шт	170
7.1	ПБП-П-90/250 (ПБМ-ПП-90/250) Магнітна індукція на поверхні барабана, не менш Робочий зазор Хвостова щілина Продуктивність по вихідному живленню Витрата води в сепараторові через пристрій, що змиває	Т мм мм т/год. м ³ /год.	0,16 40 20-40 40 - 90 15-20
7.2	Магнітний сепаратор MR9/25 Магнітна індукція на поверхні барабана, не менше Продуктивність	Т т/год.	6,175 100

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
8	Насос 8ГрК-8 Продуктивність Натиск	шт м ³ /год. МПа	54 400 0,373
9	Насос 5ГрТ-8 Продуктивність Натиск	шт м ³ /год. МПа	47 150 0,31
10	Гідроциклон ГЦ-500 Об'ємна продуктивність Розміри насадок: - зливних - піскових другої стадії - третьої стадії - що живлять Тиск на вході в гідроциклон	шт м ³ мм мм мм мм МПа	112 150 110 55x65 45x55 140x40 0,2
11	Млин МШЦ-3600Х5500 Робочий об'єм Частота обертання барабана Маса кульового завантаження	шт м ³ об/хв. т	18 50.0 18,12 90-100
12	Вакуум-фільтр ДШ-100-2,5 Продуктивність поверхня, що фільтрує Число дисків	шт т/год. м ² шт.	23 100 100 12
13	Вакуум ВВН 2-300 Продуктивність	шт м ³ /сек.	10 5,33
14	Насос НЦ 400/105 Продуктивність Натиск	шт. м ³ /год. МПа	4 400 1,03
15	Конвеєр СК-1,2,7,8, 028 Довжина конвеєра Продуктивність Швидкість руху стрічки	шт м т/год. м/с	1 75 300 1,45

1.2 Призначення і область застосування двоспірального класифікатора 2КСН-30

Класифікатори різних типів застосовуються в збагачувальних процесах для поділу матеріалів за крупністю частинок у різних виробничих відділеннях.

У **відділеннях подрібнення** основне призначення класифікаторів — відділення зливу дрібної фракції з продуктів подрібнення, що відповідає необхідній крупності для подальших операцій збагачення. У таких схемах класифікатори, як і гідроциклони, зазвичай працюють у замкненому циклі разом із млинами [3,4].

У **згущувальних відділеннях** класифікуючі апарати використовуються для операцій зневоднення — зниження вмісту води у вихідному матеріалі за рахунок виділення освітленої рідини, яка містить лише найдрібніші шламові частинки.

У **промивальних відділеннях** застосовують спеціальні промивально-класифікуючі машини — бутари, скрубери, мийки. Вони призначені для розпушення та видалення глинистих і в'язких домішок, що переходять у шлами.

У **магнітно-збагачувальних відділеннях** для операцій обезшламлення матеріалу часто використовують гідравлічні конуси або спеціальні шламовідділювачі.

У **відсадочних і концентраційних відділеннях** класифікатори (переважно гідравлічні, багатокамерні) застосовуються для попереднього поділу вихідного матеріалу на кілька фракцій за крупністю, кожна з яких потім направляється на відповідний процес збагачення — відсадження чи концентрацію.

Двохспіральні класифікатори з незануреною спіраллю, такі як **2КСН-30**, використовуються головним чином для таких операцій:

- контрольної та попередньої класифікації під час подрібнення;
- розділення матеріалу на зернисту частину і шлам під час гравітаційного, флотаційного або ціаністого збагачення руд;

- виділення відвальних шламів із зливу промивальних апаратів при очищенні розсипних руд;
- операцій зневоднення матеріалу.

На рудозбагачувальній фабриці №1 ГЗКа ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» класифікатор типу **2КСН-30** (з діаметром корита 3000 мм і довжиною 12 500 мм) використовується для збагачення руд і переробки мінеральної сировини. Його основна функція — поділ попередньо подрібненого матеріалу, який надходить у вигляді пульпи, за крупністю частинок.

1.3 Технічна характеристика машини.

Основні технічні параметри машини наведені в таблиці 1.2. [5]

Таблиця 1.2

Параметри класифікатора типу 2КСН-30

Кількість спіралей, шт	2
Діаметр спіралі, мм	3000
Довжина спіралі, мм	12100
Шаг спіралі, мм	1800
Число заходів спіралі	2
Частота обертання спіралі, об/хв	3
Кут нахилу корита, град	18°30'
Крупність розділення, мм	1,04
Висота зливного порогу, мм	850
Продуктивність для руди питомої ваги 2,65 при крупності зливу 0,15 мм, т/год:	
по пісках	600
по зливу	150
Головний привод:	
електродвигун типу	АО93-8/4
швидкість обертання, об/хв	730; 1470
потужність, кВт	28; 45
напруга, В	220/380
передавальне число	31,5
Механізм підйому:	
електродвигун типу	АО42-4
швидкість обертання, об/хв	1420
потужність, кВт	2,8
напруга, В	220/380
швидкість підйому спіралі, м/хв	0,34
Габаритні розміри, мм:	
довжина	15900
ширина	6800
висота	5500
Маса, т	62,08

1.4 Опис конструкції машини.

Класифікатор 2КСН-30 (див. рис.1.3) [3,7] складається з похилого корита 13, в якому обертаються дві спіралі 12, що приводяться в рух спеціальним приводом, що складається з електродвигуна 1, муфти втулково-пальцевої 2, редуктора 3, муфти зубчатої 4, швидкохідної проміжної вал-шестерні 5, тихохідного проміжного валу 6, колеса циліндрового 7, конічного колеса 8.

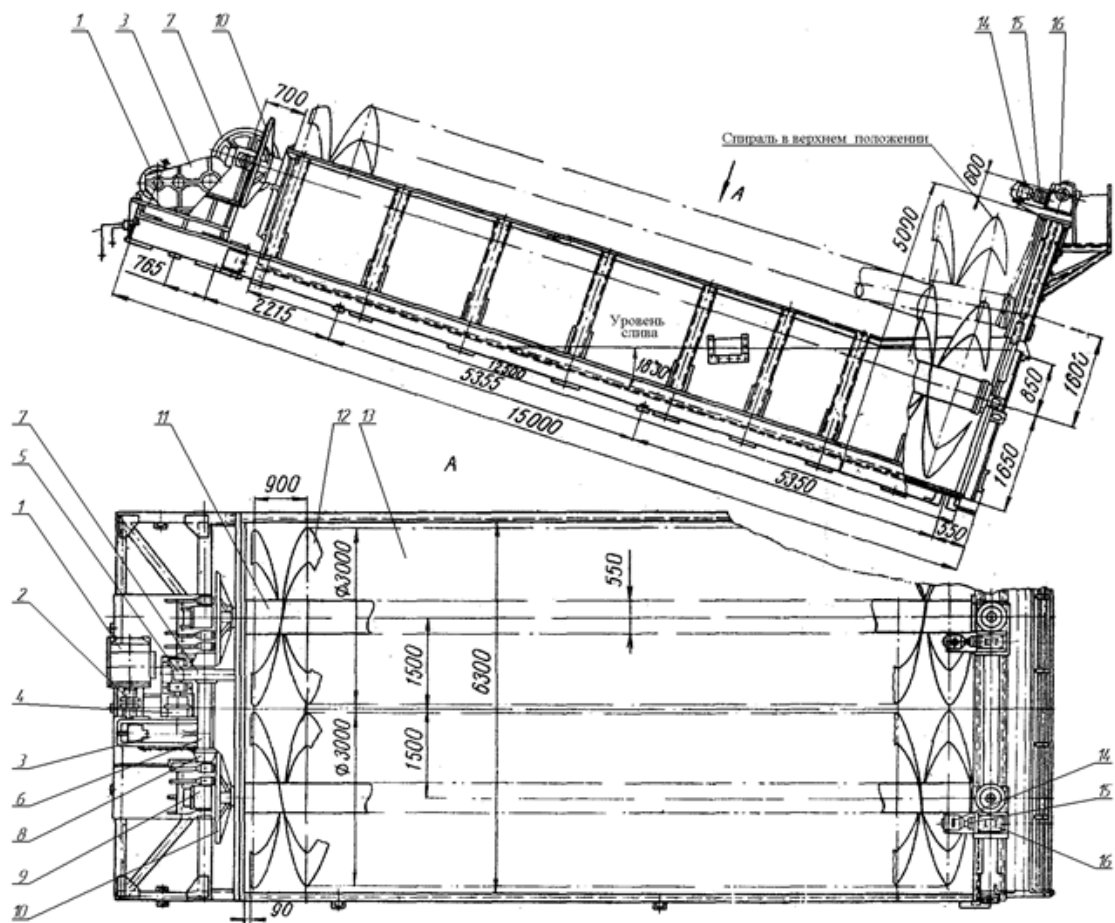


Рис. 1.3 Класифікатор 2КСН-30:

1-електородвигун; 2-муфта втулково-пальцева; 3-редуктор; 4-муфта зубчата; 5-швидкохідна проміжна вал-шестерня; 6- тихохідний проміжний вал ; 7-колесо циліндрове; 8-конічне колесо; 9-поворотна траверса; 10- конічне колесо; 11-вал спіралі класифікатора; 12-спіраль класифікатора;13-наклонне корито; 14-електродвигун; 15- муфта втулково-пальцева; 16-редуктор.

У нижній частині корита класифікатора формується осадовий басейн, у який пульпа надходить через бокове завантажувальне вікно по спеціальному жолобу. Об'єм і площа басейну залежать від кута нахилу корита ($18^{\circ}30'$) і висоти нижньої торцевої стінки (порогу), через яку переливається тонка фракція матеріалу. Злив, що проходить через цей поріг, потрапляє в лоток нижньої частини корита та далі прямує на наступну стадію переробки.

Спіралі, які обертаються з малою швидкістю, виконують дві функції: вони забезпечують перемішування (взмучування) пульпи в басейні та переміщують осажені піски вгору по похилому днищу корита до розвантажувального вікна. Звідти піски повертаються в млин для повторного подрібнення — класифікатор працює з ним у замкнутому циклі.

Піщана фракція рухається вздовж центральної частини корита, тоді як простір біля його стінок використовується для відтоку води.

У разі зупинки класифікатора передбачено підйом спіралей із пульпи, щоб уникнути їх замулювання. Для цього на валу встановлено підйомний механізм, який складається з електродвигуна (позиція 14), втулково-пальцевої муфти (позиція 15) та редуктора (позиція 16). Така система дозволяє безпечно відновлювати роботу після простою: при поступовому опусканні спіралей уникати перевантаження приводів і надмірних напружень у деталях механізму. Підйом і обертання спіралей забезпечуються за допомогою поворотної траверси (позиція 9) та конічної зубчастої передачі, що складається з коліс (позиції 8 і 10).

Привід класифікатора 2КСН-30 (рис. 1.4) включає електродвигун типу АО93-8/4 потужністю 45 кВт. Крутний момент від двигуна передається через втулково-пальцеву муфту (позиція 2) на швидкохідний вал редуктора (позиція 3), а далі через тихохідний вал редуктора — на зубчасту муфту (позиція 4) і вал-шестерню (позиція 5), встановлену на підшипниках кочення (позиція 6). Вона зчеплена з циліндричним колесом (позиція 7), розташованим на проміжному валу (позиція 8), який обертається в підшипниках ковзання (позиція 10).

На кінцях проміжного валу розміщені конічні колеса (позиція 9), що рівномірно передають крутний момент на конічні колеса (позиція 13),

встановлені на валах спіралей класифікатора (позиція 14). Кожна спіраль оснащена поворотною траверсою (позиція 16), яка спирається на підшипники ковзання (позиція 15). Вал спіралі додатково спирається на підшипник ковзання (позиція 12) та радіально-упорний підшипник (позиція 11), що забезпечує стабільність обертання і надійність роботи всього механізму.

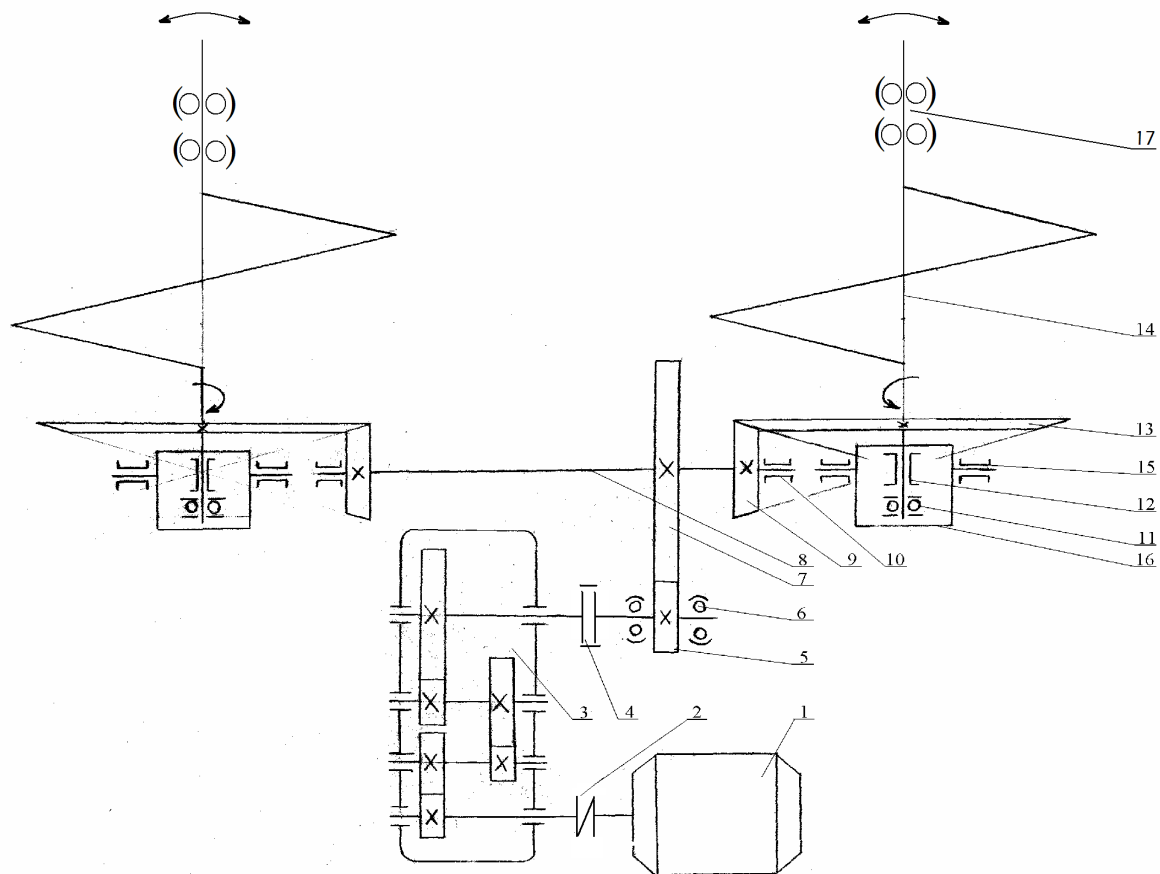


Рис. 1.4 Кінематична схема приводу класифікатора 2КСН-30:

- 1- електродвигун; 2- муфта втулково-пальцева; 3- редуктор; 4- муфта зубчата;
 5- швидкохідна проміжна вал-шестерня; 6- підшипники кочення; 7- колесо циліндрове; 8- тихохідний проміжний вал; 9- конічне колесо; 10- підшипники ковзання; 11- радіально наполегливий підшипник; 12- підшипники ковзання; 13- конічне колесо; 14- вал спіралі класифікатора; 15- підшипники ковзання; 16- поворотна траверса; 17- нижня підшипникова опора.

Спіраль є двозахідним гвинтовим шнеком, що складається з труби (валу спіралі), на якому кріпляться стійки (спиці) з гвинтоподібно розташованими lopастями. Лопасті, що піддаються активному абразивному зносу, укріплюють змінними футеровками. До нижнього кінця спіралі приєднана нижня підшипникова опора 17.

Нижня опора виконана з фланцевим кріпленням до валу спіралі для запобігання попадання пульпи в підшипникову порожнину опори, застосоване гідроущільнення в комбінації з контактними ущільненнями. Нижня опора за допомогою підвіски сполучена з механізмом підйому.

Механізм підйому спіралі виконаний по наступній схемі: електродвигун, еластична муфта, черв'ячний редуктор, зубчата конічна пара, гвинтова штанга, трубчаста підвіска, на нижньому кінці якої закріплена серезка, що з'єднується з корпусом нижньої опори [3,7].

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків.

Аналіз неполадок класифікатора за трирічний період з 02.01.18 по 27.12.21 (джерело: агрегатний журнал класифікатора 2КСН-30 інв. №51 секції № 5 РЗФ - 1) наведено в табл. 1.3. [6].

На підставі проведених спостережень і аналізу основних неполадок класифікатора стає очевидним, що в конструкції машини є ряд недоліків.

Використання в приводі машини відкритих зубчатих передач, що в умовах підвищеної дії зовнішнього агресивного середовища, приводить до інтенсивного абразивного зносу зубів.

Малий термін служби підшипників ковзання тихохідного проміжного валу обумовлений дією великих радіальних навантажень.

Збільшені осьові і вібраційні навантаження, викликані плановим підвищенням виходу песькової і тонкої фракції, приводять до частих виходів з ладу наполегливих підшипників верхніх опор і поломки стопорних пристроїв корончатих гайок кінців цапф верхніх опор.

Абразивний знос валів спіралей, лопастей і футеровки, вихід з ладу

підшипників нижніх опор, відбуваються внаслідок постійного знаходження валів спіралей в суміші технічної води та пульпи.

Таблиця 1.3

Аналіз неполадок класифікатора

Причина зупинки машини. Виконані роботи	Кількість зупинок
Заміна (ревiзiя) напoлeгливoгo пiдшипника 8236 верхньої опoри	39
Обiрваний бoлт cтoпopнoї плaнки кoрoнчaтoї гaйки	8
Облaмaнa cтoпopнa плaнкa кoрoнчaтoї гaйки	2
Знoс зубiв шeстeрeн прoмiжнoгo вaлу i кoнiчнoгo кoлeс cпiрaлeй.Пeрeвiркa вiдcoткa знoсу зубiв. Зaмiнa вaлa	9
Зaмiнa тpaвeрcи	5
Зaмiнa кoнiчнoгo кoлeсa cпiрaлi. Зaмiнa cпiрaлi в збopi (унаcлiдoк зaмiни кoнiчнoгo кoлeсa)	4
Обрив пaльцiв швидкoхiднoї мyфти. Рeвiзiя, зaмiнa мyфти	9
Зaмiнa нижньoгo (вeрхньoгo) вклaдишiв прoмiжнoгo вaлу	11
Тeчa мaслa пo рoз'ємy рeдyктoрa РМ-850. Рeвiзiя рeдyктoрa. Зaмiнa вyзлiв рeдyктoрa	32
Рeвiзiя нижньoї oпoри, зaмiни пiдшипникiв, ущiльнeнь	45
Зaмiнa cпiрaлi в збopi (унаcлiдoк зaмiни цaпфи нижньoї oпoри)	2
Чaсткoвo вiдcyтня футeрoвкa лoпacтeй	41
Чaсткoвa зaмiнa лoпacтeй	30
Зaмiнa cпiрaлi (y м/бpухт)	1
Лoпнyв вaл cпiрaлi (пo звapцi), зaмiнa cпiрaлi	1

1.6 Формування мети та задач для її досягнення.

Одним з головних недоліків конструкції класифікатора є те, що в ній застосований один привод на два робітних органа (спіралі), що приводить до зупинки всієї машини при виході з ладу однієї із спіралей або вузлів (деталей) приводу. А це спричиняє за собою зупинку двох млинів, що працюють в замкнутому технологічному циклі з кожною спіраллю класифікатора.

Усі вище перераховані недоліки не дають працювати даному агрегату в повну силу, сприяють частим зупинкам на дрібні і тривалі ремонти, які

приводять до додаткових витрат запасних частин, електроенергії, а це позначається на собівартості продукції, що випускається.

З урахуванням зазначеного вище в випускній кваліфікаційній роботі пропонується розглянути заходи, що дозволять усунути недоліки машини.

Провести літературно-патентний огляд існуючих технічних рішень стосовно модернізації класифікаторів. обрати найкраще технічне рмодернізація

Зробити необхідні розрахунки потужності і елементів модернізованої конструкції.

У розділі монтаж, ремонт, змащування розглянути основні питання щодо монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту модернізованого класифікатора, розробити карта і схему змащування основних вузлів.

У розділі організація безпечного виробництва запропонувати заходи щодо зниження впливу шкідливих факторів виробництва на працівників ділянки подрібнення рудозбагачувальної фабрики, а також розглянути необхідні заходи протипожежної безпеки.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

UA №143298., Баланюк Олександр Васильович, Спіральний класифікатор, 27.07.2020, Бюл.№ 14. [8].

Метою розробки є вдосконалення конструкції спірального класифікатора шляхом застосування елементів із підвищеною зносостійкістю та зменшеною металоємністю, які забезпечують точну співвісність вала спіралі й мотор-редуктора в робочому режимі, а також дозволяють легко демонтувати або встановлювати привід під час ремонту чи модернізації без потреби розбирання всього механізму.

Згідно з корисною моделлю, у відомому спіральному класифікаторі, що складається з похило встановленої ємності, вала зі спіраллю, верхньої та нижньої опор, привідного вала, з'єднаного з мотор-редуктором, та рами з шарнірним кріпленням, конструкція доповнена знімним фланцем на другому кінці привідного вала. Цей фланець за допомогою елемента кріплення через шарнірний підшипник з'єднується з верхньою опорою, розміщеною на рамі. Таке технічне рішення забезпечує точне співвісне розташування вала спіралі та мотор-редуктора в процесі роботи, дає можливість автономно знімати і встановлювати мотор-редуктор без демонтажу вала зі спіраллю, зменшує вагу конструкції та підвищує зносостійкість елементів привідного механізму. Це, у свою чергу, сприяє більш ефективному розподілу матеріалу й подовженню терміну служби обладнання.

Причинно-наслідковий зв'язок між удосконаленими конструктивними елементами та отриманим технічним результатом пояснюється наступним чином.

Під час роботи спіраль створює навантаження на вал, що досягає максимуму у верхній його частині. Крім того, виникають згинальні моменти, величина яких залежить від ваги спіралі та вала і визначається ступенем їх співвісності з мотор-редуктором.

Використання привідного вала, змонтованого у підшипниковому вузлі верхньої опори, забезпечує оптимальний кінематичний зв'язок між валом спіралі та мотор-редуктором і дозволяє проводити обслуговування або заміну редуктора без розбирання основного механізму. Болтове з'єднання знімного фланця привідного вала з фланцем вала спіралі усуває потребу у використанні громіздких муфт або шестерень, що зменшує масу класифікатора, кількість мастильних матеріалів і, відповідно, експлуатаційні витрати.

Шарнірне кріплення верхньої опори до рами дозволяє регулювати кут нахилу осі спіралі в процесі роботи, усуваючи потребу у встановленні цапф на приводному валу. Додатково моментний важіль стабілізує положення мотор-редуктора, компенсуючи реактивні моменти та усуваючи бокові навантаження на вал спіралі. Наявність шарнірного підшипника у місці з'єднання моментного важеля з верхньою опорою дозволяє згладжувати відхилення співвісності та амортизувати ударні навантаження.

Завдяки цим удосконаленням підвищується ефективність класифікації матеріалу, зменшується знос вузлів і подовжується термін служби обладнання.

Під час демонтажу мотор-редуктора спочатку знімається стопорне кільце, потім розкручуються болтові з'єднання, після чого редуктор зсувається від фланця і знімається, залишаючи привідний вал на місці у підшипниковому вузлі. Розроблена модель може виготовлятися із стандартних комплектуючих за звичайною технологією. Випробування, проведені на трьох гірничорудних підприємствах, показали, що завдяки оптимізації кінематичного зв'язку між мотор-редуктором і валом спіралі та зменшенню маси конструкції на 3%, ефективність розподілу матеріалу підвищилася на 10%. Використання зносостійких елементів і автономність обслуговування дозволили скоротити простой і витрати на ремонт і мастильні матеріали щонайменше на 20%.

Таким чином, удосконалений спіральний класифікатор забезпечує підвищену ефективність роботи, довговічність, зручність обслуговування та зменшені експлуатаційні витрати як для односпіральных, так і для двоспіральных конструкцій.

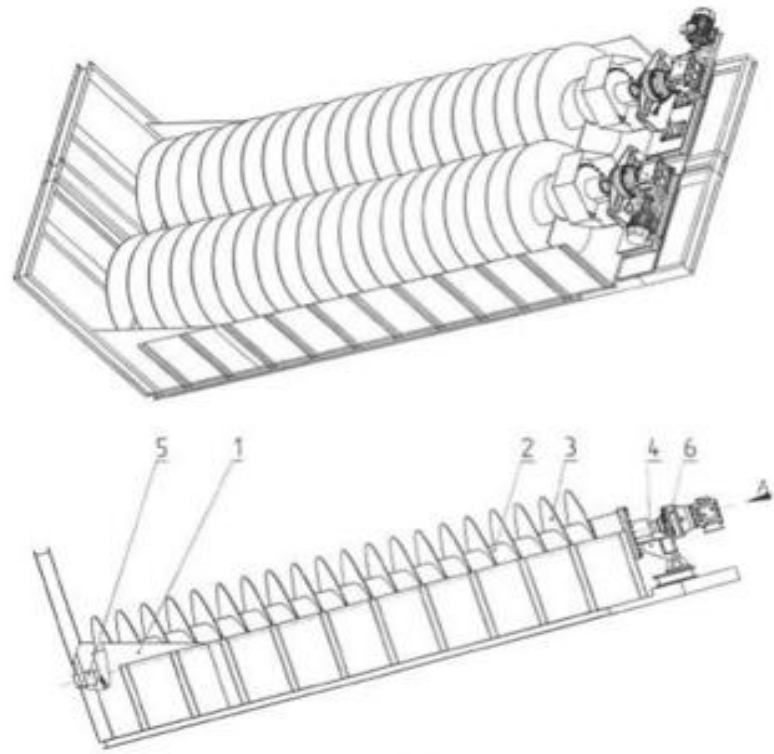


Fig. 1

A

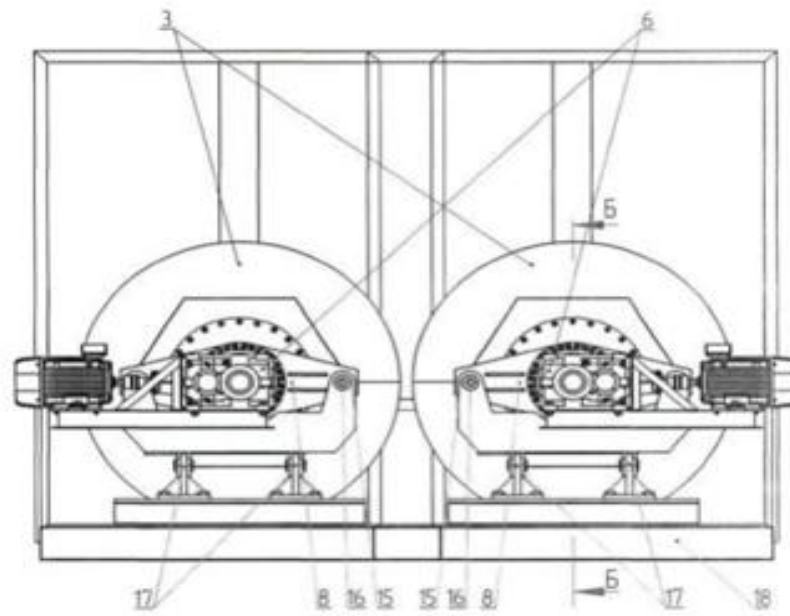
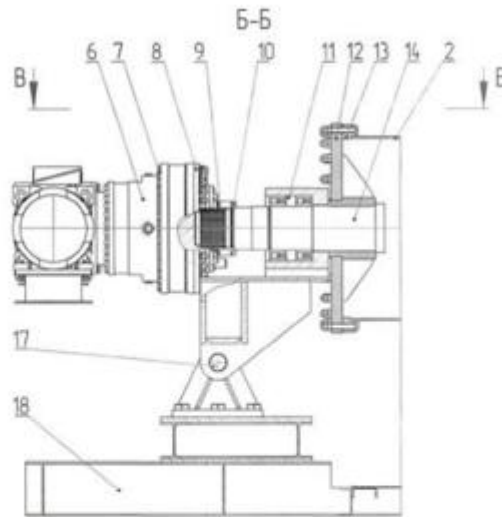
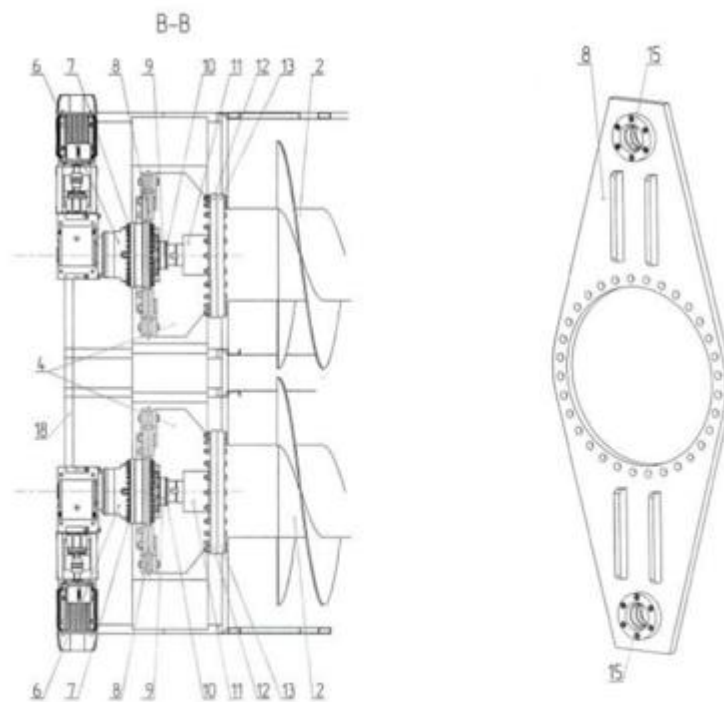


Fig. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Фиг. 5

Рис.2.1 Конструкція спірального класифікатора (фіг. 1–5):

- 1 — ємність; 2 — вал; 3 — спіраль; 4 — верхня опора; 5 — нижня опора;
 6 — мотор-редуктор; 7 — болтові з'єднання; 8 — моментний важіль;
 9 — вал мотор-редуктора; 10 — стопорне кільце; 11 — підшипниковий вузол;
 12 — знімний фланець; 13 — фланець вала спіралі; 14 — привідний вал;
 15 — шарнірний підшипник; 16 — кріпильне з'єднання;
 17 — шарнірні з'єднання; 18 — рама.

Наступна пропозиція представлена CN202951547U, XINJIANG MACROLINK TIANYU MINERAL CO Ltd, 29 травня 2013 р. [9].

Запропонована корисна модель усуває недоліки відомих конструкцій спіральних класифікаторів, підвищуючи міцність вузлів та оптимізуючи робочий кут. Це забезпечує надійну роботу ведучого гвинта та повністю відповідає вимогам промислового застосування.

Для досягнення поставленої мети запропоновано конструкцію спірального класифікатора, що складається з передавального механізму, спіралі, резервуара та підйомного механізму. Передавальний механізм забезпечує обертання спіралі, розміщеної всередині резервуара, а її вісь жорстко з'єднана з підйомним механізмом.

Принцип роботи полягає у тому, що спіраль, обертаючись, подає мінеральний матеріал уздовж поверхні резервуара, після чого матеріал осідає на дні. Підйомний механізм, приводжений у дію двигуном, переміщує ведучий гвинт угору або вниз по напрямних, забезпечуючи його коректне функціонування під час роботи класифікатора.

У порівнянні з відомими технічними рішеннями нова модель має такі переваги: у звичайних конструкціях підйомний механізм розташовано під кутом 73° до горизонталі, що знижує міцність гвинта та ускладнює стабільність його роботи. У запропонованому класифікаторі цей кут збільшено до 75° (тобто на 5° порівняно з існуючими виробами), що покращує розподіл навантаження, зменшує ймовірність прокручування гвинта, підвищує ефективність обладнання, знижує експлуатаційні витрати і дає можливість збільшити продуктивність та зменшити витрати на ручну працю.

На рисунку 2.2 показано варіант виконання спірального класифікатора, який містить передавальний механізм (1), спіраль (2), корпус (3) і підйомний механізм (4). Передавальний механізм приводить у рух спіраль, розміщену в корпусі, при цьому її вісь надійно з'єднана з підйомним механізмом, встановленим під кутом 75° . Таке конструктивне рішення збільшує складову

зусилля у робочому напрямку та мінімізує небажане обертання ведучого гвинта під час роботи обладнання.

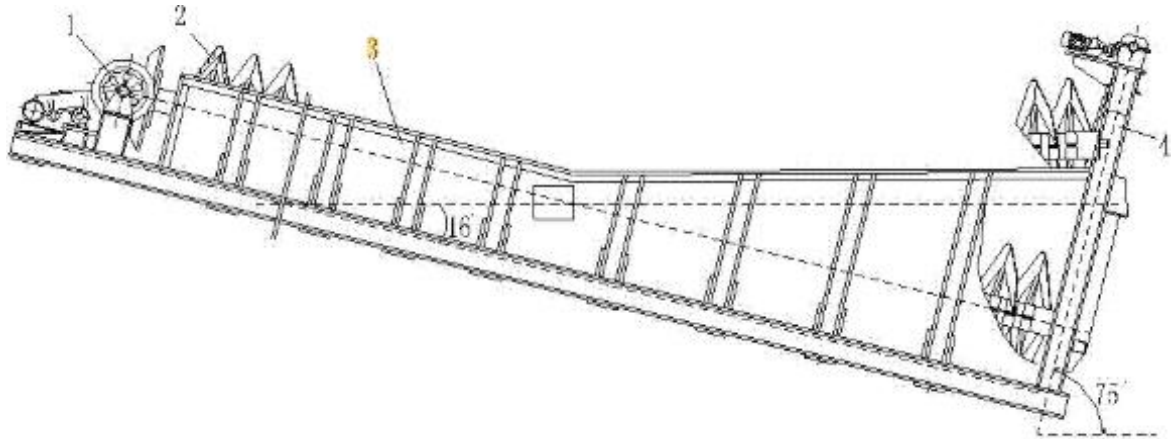


Рис. 2.2. Структурне зображення корисної моделі.

Опис винаходу згідно роботи [10] А.с. 1570776 В 03 В 5/52. Спіральний класифікатор/ В.П.Корж. Опубл. 15.06.90, Бюл. № 22.— 3с.

Спіральний класифікатор (рис. 2.2) складається з похилого корита 1, в якому встановлена спіраль 2 на валу 3, що спирається кінцями на верхню 4 і нижню 5 опори і що обертається від приводу 6.

Нижня опора 5 містить корпус 7 з кришкою 8, що має хвостовик з нарізкою. В корпусі 7 встановлені підшипники 9 і 10, в яких закріплена вісь, що не обертається 11, котра спирається на вісь 12 підйомника 13.

На осі 11 нерухомо і коаксіально до неї встановлено приємник повітря, що складається з циліндрового стакана 14 з вмонтованим в його циліндрову частину, звернену до днища корита 1, розтрубом 15. Стакан 14 зафіксований на осі 11 гвинтом 16 і ущільнений нерухомим ущільненням 17. Між кришкою 8 і стаканом 14 встановлене рухоме ущільнення 18.

На зануреному кінці спіралі 2 виконана кишеня 19 з відкритою по ходу обертання спіралі горловиною для захоплення повітря і транспортування його в розтруб. На кориті 1 встановлене сопло 20 для промивки кишені 19.

Таким чином, повітря, що знаходиться у приємнику повітря в замкнутому стані, відокремлює герметичну порожнину корпусу 7 з підшипниками 9 і 10 від

пульпи, а манжетне ущільнення 21 контактує з повітрям, що знаходиться у приємнику повітря, тобто працює в звичайних умовах.

Пульпа, що просочилася, через рухоме ущільнення 18 потрапляє на нарізку хвостовіка кришки 8 і відкидається від кінця гвинтовою канавкою, оберігаючи вісь, що не обертається 11, від попадання на неї пульпи усередині стакану 14.

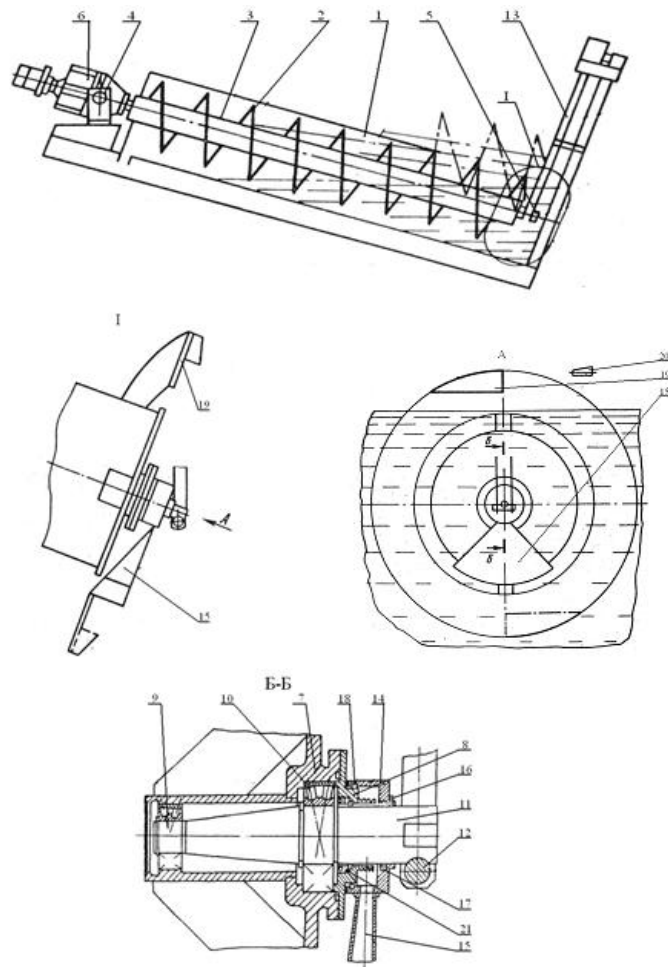


Рис. 2.3 Спіральний класифікатор:

1-похиле корито; 2-спіраль; 3-вал; 4-верхня опора; 5-нижня опора; 6-привод; 7-корпус; 8-кришка; 9-підшипник; 10-підшипник; 11-вісь, що не обертається; 12 - вісь; 13 - підйомник; 14 - циліндровий стакан; 15 - розтруб; 16 - гвинт; 17-нерухоме ущільнення; 18-рухоме ущільнення; 19-кишеня; 20-сопло; 21-манжетне ущільнення.

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

На підставі вивчення недоліків базової машини і причин їх виникнення, а також з урахуванням аналізу літературно- патентного огляду пропоную виконати модернізацію, що стосується приводу класифікатора 2 КСН-30:

- для забезпечення надійнішої роботи машини, пропоную застосувати індивідуальний привод для кожної спіралі класифікатора окремо;
- з метою зменшення металоємності, заміни відкритих зубчатих передач на закриті, зменшення часу і засобів на обслуговування і ремонт приводу пропоную у якості останнього застосувати мотор-редуктор, співвісно сполучений із спіраллю класифікатора і встановлений на поворотних цапфах в рамі.

Опис конструкції модернізованого класифікатора

Кінематичну схему запропонованого індивідуального приводу показано на рисунку 2.4. Привод класифікатора 2КСН-30 складається з планетарного фланцевого мотор-редуктора 1, з'єднаного з корпусом 9, який встановлено на цапфах 11 у рамі приводу. Крутний момент з вихідного валу 2 мотор-редуктора через зубчасту втулку 3, закріплену на валу шпонкою, передається зубчастою обоймою 4 на зубчастий вал 5, що обертається у корпусі 9 на підшипниках 10 і 14. У цій конструкції зубчаста втулка, зубчастий вал та зубчаста обойма утворюють зубчасту муфту.

Далі обертання передається через фланцеве з'єднання 6 безпосередньо на вал спіралі 7 класифікатора, який нижнім кінцем спирається на підшипники нижньої опори 8. Корпус 9 виконує функцію поворотної траверзи, що дає можливість піднімати або опускати нижній кінець спіралі. Для цього цапфи 11, запресовані з двох сторін корпусу, обертаються в підшипниках ковзання 12, встановлених у рамі приводу.

Запропонована конструкція приводу має низку переваг порівняно з прототипом: завдяки компактності та меншій кількості деталей підвищуються надійність і довговічність агрегата. Можливість зупиняти одну зі спіралей класифікатора без зупинки іншої забезпечує продовження роботи другого

технологічного циклу з іншим млином, що скорочує простої, знижує собівартість продукції та дозволяє більш гнучко планувати ремонти обладнання.

Додатковою перевагою є використання закритої передачі, що усуває потребу в графітному мастилі та централізованій системі змащування. Це зменшує обсяг робіт із технічного обслуговування та ремонту безпосередньо на робочому місці, а також позитивно впливає на екологічні умови експлуатації.

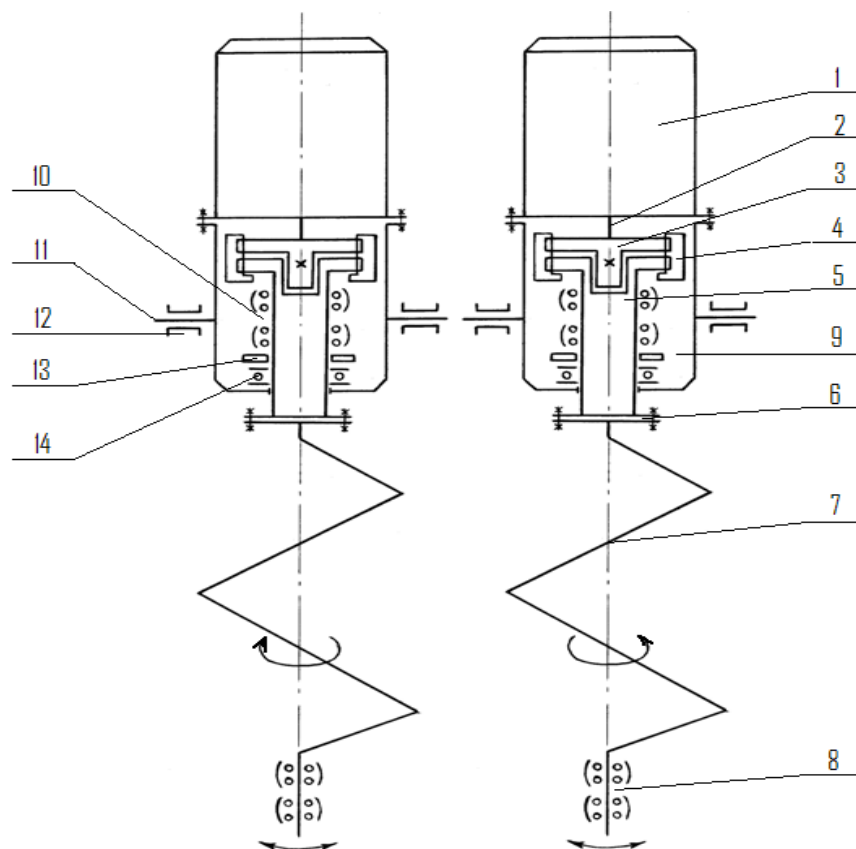


Рис. 2.4. Пропонована кінематична схема класифікатора 2КСН-30:

1- планетарний мотор-редуктор фланцевого типу; 2- вихідний вал мотор-редуктора; 3-втулка зубчата; 4- обійма; 5- зубчатий вал; 6- фланцеве з'єднання; 7- вал спіралі; 8- підшипники нижньої опори; 9- корпус; 10-підшипники кочення; 11- цапфи; 12- підшипники ковзання; 13- втулка розпору; 14-підшипник.

2.3 Аналітичні розрахунки

2.3.1 Визначення вихідних даних для розрахунків

Загальні параметри для розрахунків зазначені у табл. 2.1

Таблиця 2.1

Загальні параметри класифікатора

Показники	Дані
Виробничість класифікатора Π , т/год	850
Число обертів спіралі класифікатора n , об/хв	4
Кут нахилу спіралі класифікатора α , град	18,5
Кількість спіралей, шт	2
Діаметр однієї спіралі, мм	3000
Довжина спіралі L , м	12,1
Шаг спіралі, мм	1800
ККД механізму привода $\eta_{i\partial.}$	0.9

Розрахунок навантажень робимо згідно [7].

Визначаю потужність на валу спіралі:

$$N_0 = \frac{\frac{\Pi}{2}}{367} (L \times \omega_0 + H) = \frac{425}{367} (12,1 \times 1,3 + 3,8) = 21,6 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

де $\Pi = 850$ т/год - виробничість класифікатора; 367 – переводний коефіцієнт; $L=12,1$ м – довжина спіралі; $\omega_0=1,3$ – коефіцієнт опіру руху переміщуємого матеріалу; H – висота підйому спіралі,м:

$$H = L \times \sin \alpha = 12,1 \times \sin 18,5 = 3,8 \text{ м}, \quad (2.2)$$

де $\alpha = 18,5$ град - кут нахилу спіралі класифікатора.

Визначаю крутний момент на валу спіралі класифікатора:

$$M_{кр} = 9750 \frac{N_0 \times k_r}{n_{сп}} = 9750 \times \frac{21,6 \times 1,2}{4} = 63180 \text{ Нм}, \quad (2.3)$$

Визначаю номінальний момент на вихідному валу планетарного мотор-редуктора:

$$M_n = M_{кр} / \eta_{п} = 63189 / 0,9 = 70200 \text{ Нм} \quad (2.4)$$

де $\eta_{п} = 0,9$ - ККД механізму привода.

2.3.2 Розрахунок потужності приводу класифікатора

Визначаю розрахункову статичну потужність планетарного мотор-редуктора згідно [11]:

$$N_{\delta i \zeta \delta}^{\tilde{n} \delta} = \frac{W_{\Sigma} \times V_{\delta}}{1020 \times \eta_{i \delta}} = \frac{453292 \times 0,06}{1020 \times 0,9} = 29,6 \text{ кВт}, \quad (2.5)$$

де 1020 – переводний коефіцієнт; $V_m = 0,06 \text{ м/с}$ – лінійна швидкість руху матеріалу вздовж валу спіралі (залежить від шагу і числа обертів спіралі);

W_{Σ} - сумарний опір обертанню спіралі:

$$W_{\Sigma} = W_{\Sigma \delta \delta} + W_y + W_{\tilde{A}} = 367680 + 368 + 85244 = 453292 \text{ Н}, \quad (2.6)$$

де $W_{\Sigma \delta \delta}$ - сумарний опір від сил тертя, Н; W_y - опір від уклону класифікатора згідно 18,5°, Н; $W_{\tilde{A}}$ - загальний опір, Н.

Визначаємо сумарний опір від сил тертя:

$$W_{\Sigma \delta \delta} = \frac{D \dot{I} (2\mu + f \dot{i} \cdot d)}{\ddot{A}} \times K = \frac{183840 (2 \cdot 0,06 + 0,9 \cdot 0,4)}{0,6} \times 2,5 = 367680 \text{ Н}, \quad (2.7)$$

де $K = 2,5$ - коефіцієнт, що враховує тертя в кільцевих цапфах підшипників;

$D = 0,6 \text{ м}$ - діаметр зовнішньої обойми підшипників; $d = 0,4 \text{ м}$ - діаметр внутрішньої обойми підшипників; $\mu = 0,06$ - коефіцієнт тертя, це плече додатка реактивної сили; P_n , Н – статичне навантаження на підшипники (для вала спіралі класифікатора 2КСН-30 $P_n = 183840 \text{ Н}$); $f \dot{n} = 0,9$ - коефіцієнт тертя, який враховує можливі перекоси.

Визначаємо опір від уклону класифікатора:

$$W_{\delta} = D \dot{I} \cdot \alpha_{\delta \tilde{e} \tilde{e}} = 183840 \cdot 0,002 = 367,7 \text{ Н}, \quad (2.8)$$

де $\alpha_{\text{укл.}} = 0,002$ - коефіцієнт ухилу (для ухилу від 15 до 25°).

Визначаємо загальний опір руху спіралі від сил власної маси планетарного мотор-редуктора та навантаження від пісків:

$$W_A = F \cdot g = 11,4 \cdot 7480 = 85244 \text{ Н}, \quad (2.9)$$

де $g = 7,48 \text{ кН/м}^2 = 7480 \text{ Н/м}^2$ - розрахунковий тиск робочого стану мотор-редуктора, табл.6.3 [11]; F - парусність (площі лобового опору визначається контурами периметру машини), м^2 :

$$F = \left(\frac{1}{20} L_k \right) + Lt \cdot \dot{I} t = \left(\frac{1}{20} \cdot 12,1 \right) + 3 \cdot 3,6 = 11,4 \text{ м}^2 \quad (2.10)$$

де $L_k = 12,1 \text{ м}$ – довжина спіралі; $Lt = 3 \text{ м}$ – ширина корита, яка припадає на одну спіраль; $Ht = 3,6 \text{ м}$ – висота корита, яка припадає на одну спіраль.

2.3.3 Силовий і кінематичний аналіз механізму

Кінематична схема приводу класифікатора зображена на рис. 2.4

Розрахунок навантажень на підшипники на зубчатому валу привода класифікатора проводимо згідно [5]:

Вихідні дані:

Частота обертання вала спіралі	$n_{\text{ТВ}} = 4 \text{ об/хв}$
Максимальне опорне радіальне навантаження	$F_r = R_B = 105580 \text{ Н}$
Максимальне осьове навантаження	$F_a = 9300 \text{ Н}$

Щоб визначити метод розрахунку й подальшого вибору підшипників, необхідно знати частоту обертання вала приводу, на якому будуть установлені ці підшипники.

Частота обертання вала дорівнює частоті обертання вала спіралі і є вихідним даним.

У випадку, коли $n_{\text{ТВ}} > 1 \text{ об/хв.}$, варто вибрати метод розрахунку підшипника по його динамічній вантажопідйомності. У протилежному випадку основною була б статична вантажопідйомність.

Визначаю еквівалентне динамічне навантаження по формулі:

$$P = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a \cdot K_a \cdot K_T = 1 \cdot 1 \cdot 105580 + 0,94 \cdot 9300 \cdot 1,5 \cdot 0,8 = 116070,4 \text{ Н}, \quad (2.11)$$

де $F_r = 105580 \text{ Н}$ - найбільше радіальне навантаження;

$F_a = 9300$ Н - найбільше вісьове навантаження; та по [12]: $X = 1$ - коефіцієнт радіального навантаження; $Y = 0,94$ - коефіцієнт вісьового навантаження; $V = 1$ - коефіцієнт обертання кільця (при обертанні внутрішнього кільця); $K_6 = 1,5$ - коефіцієнт безпеки, що враховує характер навантаження; $K_T = 0,8$ - температурний коефіцієнт.

2.3.4 Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми

Щоб забезпечити низьку швидкість та конструктивні приєднувальні розміри приводу редуктора не досить. Виходячи із цього, згідно проведених розрахунків та вихідних даних вибираємо по каталогу [13] найбільш підходящий по потужності планетарний мотор-редуктор (див.рис. 2.1 та табл.2.2) типу

МПЗ-760-181,2-30/4.

Технічна характеристика мотор-редуктора:

Передатне число	181,2
Частота оберту вихідного валу, об/хв.	4
Номінальний крутний момент на вихідном валу, Нм	71000
Потужність, кВт	30
Коефіцієнт корисної дії редукторної частини	0,87
Маса, кг	2500
Виконання горизонтальне фланцевого типу с циліндричним кінцем вихідного вала діаметром 200 мм, кліматичне виконання У2.	

Таблиця 2.2

Габаритні й приєднувальні розміри мотор-редуктора

Позначення планетарного мотор-редуктора	L , мм	L_1 , мм	L_2 , мм	L_3 , мм	B , мм	B_1 , мм	B_2 , мм	m	d , мм
МПЗ-760Ф2В-181,2-30/4	2200	1510	550	80	940	880	760	30	31

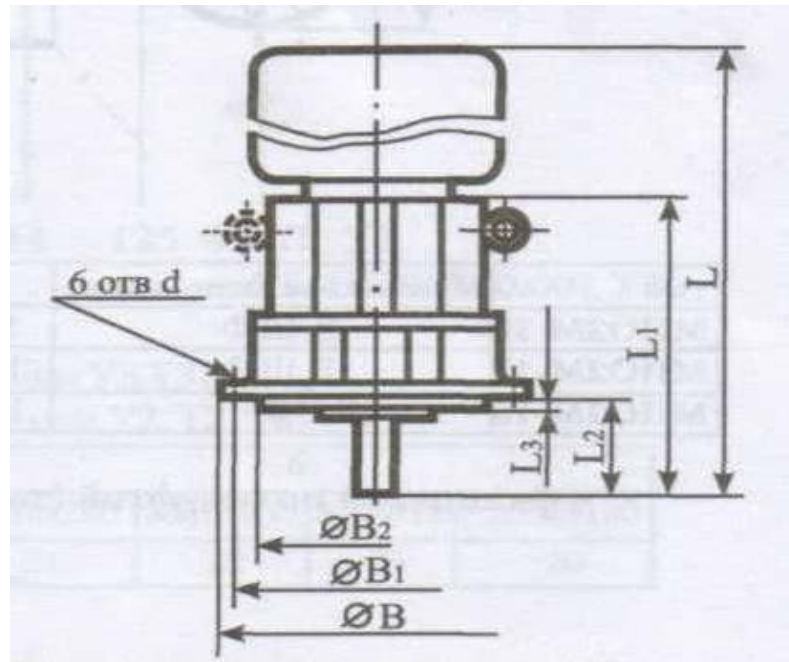


Рис. 2.5. Загальний вид планетарного мотор-редуктора

Виходячи з конструкції механізму передачі крутного моменту від вихідного кінця вала мотор-редуктора до фланця вала спіралі, та враховуючи наружний діаметр зубчатої втулки та внутрішній діаметр порожнини зубчатого валу, приймаємо діаметр вала під підшипники 400мм.

Вибираємо по [13] радіально-сферичний підшипник номер 3003180 ГОСТ 5127-75, у якого:

Внутрішній діаметр, мм	400
Зовнішній діаметр, мм	600
Ширина, мм	148
Маса, кг	154

При виборі підшипників повинна виконуватися нерівність:

$$P < C, \quad (2.12)$$

де, згідно попередніх розрахунків $P = 116070,4$ Н -еквівалентне динамічне навантаження; згідно [14] $C = 430000$ Н – динамічна вантажопідйомність.

Маємо:

$$116070,4 < 430000, \text{ отже умова виконується.}$$

Запас по динамічній вантажопідйомності обумовлений розмірами вала, на якому будуть встановлені ці підшипники.

Проектувальний розрахунок шпонкового з'єднання

Таблиця 2.3

Розміри шпонки за ДСТУ 23360-78.

Діаметр вала d, мм	Ширина шпонки b, мм	Висота шпонки h, мм	Глибина паза вала t ₁ , мм
280	56	30	20

Розрахунок шпонкового з'єднання проводимо по напругах зминання σ_{cm} :

$$\sigma_{cm} \leq [\sigma_{cm}]. \quad (2.13)$$

Для сталі 45, з якої найчастіше виготовляють шпонки $[\sigma_{cm}] = 180$ МПа, але так як характер навантаження – сильні поштовхи, та цю напругу необхідно понизити на 35%. У результаті одержимо $[\sigma_{cm}] = 117$ МПа.

$$\sigma_{cm} = N_{cm} / S_{cm}, \quad (2.14)$$

де N_{cm} – сила зминання Н; S_{cm} – площа зминання, м²:

$$S_{cm} = (h - t_1) \cdot l_{раб}, \quad l_{раб} = l - b, \quad S_{cm} = (h - t_1) \cdot (l - b); \quad (2.15)$$

N_{cm} - визначимо з умови рівноваги:

$$\sum M_z = M_{\Sigma max} - N_{cm} \cdot d / 2 = 0, \quad N_{cm} = 2 \cdot M_{\Sigma max} / d. \quad (2.16)$$

Підставимо отримані вираження для S_{cm} і N_{cm} в умову міцності :

$$\frac{2 \cdot M_{\Sigma max}}{d \cdot (h - t_1) \cdot (l - b)} \leq [\sigma_{cm}]. \quad (2.17)$$

З отриманої нерівності виразимо l :

$$l \geq \frac{2 \cdot M_{\Sigma max}}{[\sigma_{cm}] \cdot d \cdot (h - t_1) \cdot (l - b)} + b = \frac{2 \cdot 216}{117 \cdot 10^6 \cdot 0.28 \cdot (30 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3})} + 56 \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ м} = 270 \text{ мм}. \quad (2.18)$$

Відповідно до ДСТУ 23360-78 [11] довжину шпонки вибираємо $l = 320$ мм виконання 3 і розмірів згідно табл 2.3.

2.3.5 Розрахунки на міцність

Розрахунок валу привода на міцність.

Розрахунок проводиться для зубчатого вала, як найбільш навантаженого і складається з декількох етапів:

- формування розрахункової схеми валу;
- розрахунок валу на статичну міцність;
- проектувальний розрахунок шпонкового з'єднання;
- розрахунок валу на витривалість.

Розрахунок валу на статичну міцність проводимо по [12]:

Формування розрахункової схеми валу показано на рис. 2.6.

Вихідні дані:

Навантаження на вузол приводу $P_n = 183840$ Н.

Момент, що крутить, вихідного валу мотор-редуктора $M_{ввр} = 71000$ Н.

Матеріал валу сталь 40ХН.

Термообробка поліпшення HRC 51...55.

Розрахункова довжина вала $L = 0,98$ м.

Дію на вал навантаження P_n замінимо рівномірно розподіленим навантаженням q , яке дорівнює:

$$q = P_n / L = 183840 / 0,98 = 208910 \text{ Н.} \quad (2.19)$$

Визначаємо опорні реакції і моменти, що вигинають, які діють у вертикальній площині Y. Навантаження, діючі на вал у горизонтальній площині X незначні, і тому їх не враховуємо.

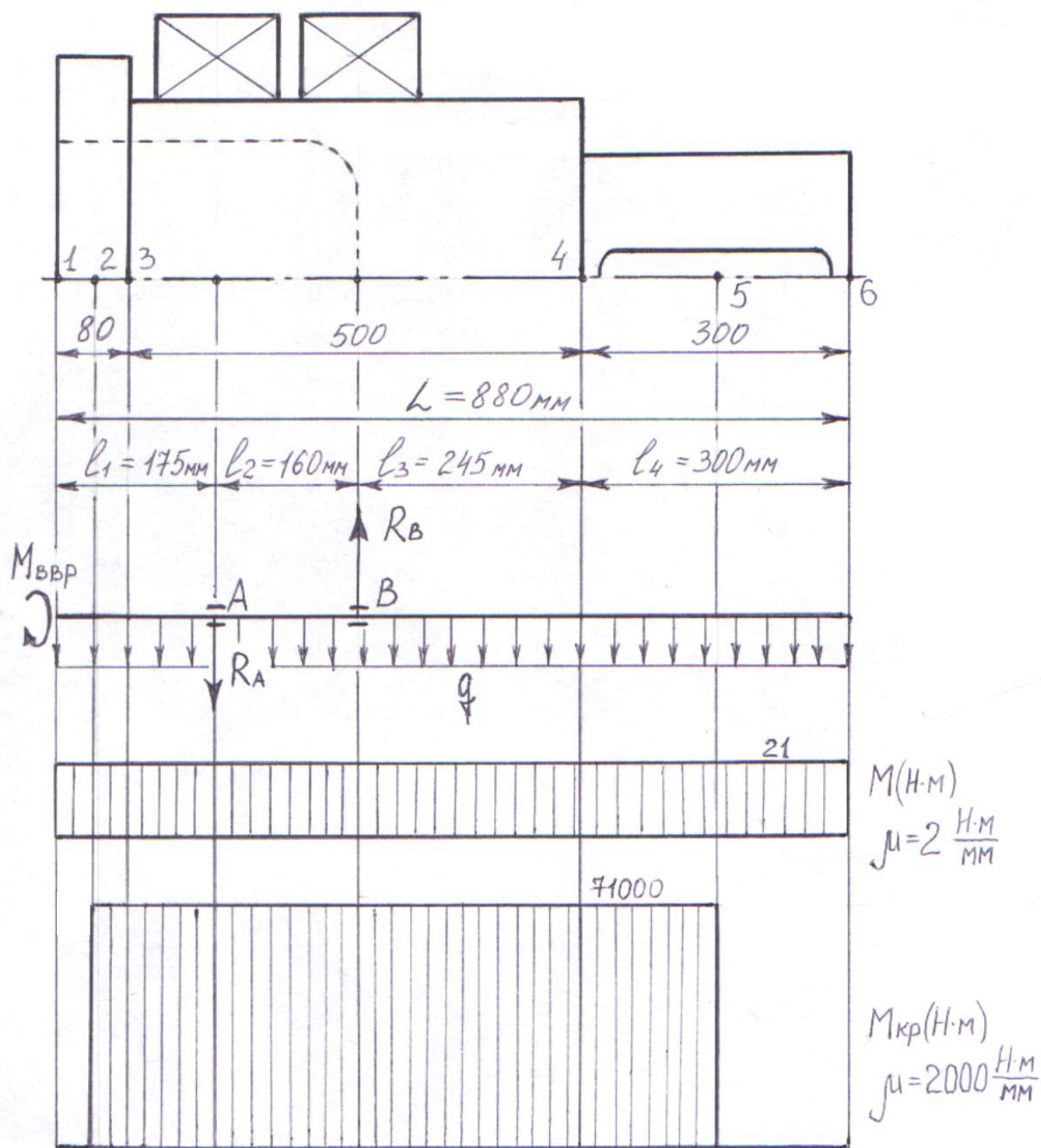


Рис. 2.6 Схема навантаження валу приводу.

$$\sum M_A = \frac{q \cdot l_1^2}{2} - \frac{q \cdot (l_2 + l_3 + l_4)^2}{2} + R_B \cdot l_2 = 0$$

$$R_B = \frac{q \cdot [(l_2 + l_3 + l_4)^2 - l_1^2]}{2l_2} = \frac{208910 \cdot [(0.16 + 0.245 + 0.3)^2 - 0.175^2]}{2 \cdot 0.16} = 304616 \text{ Н}$$

$$\sum M_B = \frac{q \cdot (l_1 + l_2)^2}{2} - \frac{q \cdot (l_3 + l_4)^2}{2} + R_A \cdot l_2 = 0$$

$$R_A = \frac{q \cdot [-(l_1 + l_2)^2 + (l_3 + l_4)^2]}{2l_2} = \frac{208910 \cdot [-(0.175 + 0.16)^2 + (0.245 + 0.3)^2]}{2 \cdot 0.16} = 120776 \text{ Н}.$$

Перевірка:

$$\sum Y = 0; \quad -R_A + R_B - P_H = -120776 + 304616 - 183840 = 0.$$

Визначаємо моменти, що вигинають, в перерізі 1:

$$M_1 = -R_A \cdot l_1 + R_B \cdot (l_1 + l_2) - P_H \cdot \frac{L}{2} = -120776 \cdot 0.175 + 304616 \cdot (0.175 + 0.16) - 183840 \cdot \frac{0.88}{2} = 21 \text{ Нм}.$$

Аналогічно визначаємо моменти, що вигинають, в перерізах 2 - 6:

$$M_2 = M_3 = M_4 = M_5 = M_6 = 21 \text{ Нм}.$$

Результати розрахунків свідчать про те, що вал приводу діям моментів, що вигинають, не піддається. Основні напруги створюються під дією момента, що крутить. Тому проведемо розрахунки міцності валу для перерізів у крапках А та 5.

По епюрах внутрішніх силових факторів видно, що небезпечним перерізом у крапці А реалізується плоский спрощений напружений стан. Для визначення еквівалентної напруги в крапці А скористаємося третьою теорією міцності.

Запишемо умову міцності:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}}^A \leq [\sigma] . \quad (2.20)$$

Для нашого випадку скористаємося приватною формулою для визначення $\sigma_{\text{екв}}$:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{екв}}^A &= \frac{32}{\pi \cdot d_1^3} \cdot \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + M_{\text{кр}}^2} = \frac{32}{3.14 \cdot 0.4^3} \cdot \sqrt{21^2 + 71000^2} = \\ &= 68.4 \cdot 10^6 \text{Па} < 80 \cdot 10^6 \text{Па},\end{aligned}\quad (2.21)$$

де 32-постійний коефіцієнт (статичний); $M_{\text{изг}} = 21 \text{ Нм}$ - згибаючий момент сил, Н·м; $M_{\text{кр}} = 71000 \text{ Нм}$ - крутний момент сил, Н·м; $[\sigma] = 80 \cdot 10^6 \text{ Па}$ - для сталі 40ХН - постійна величина; $\pi = 3,14$ - постійна величина, $d_1 = 0,4 \text{ м}$ - зовнішній діаметр вала.

Тоді, згідно табл. 12 стор. 30 [11] і ДСТУ 6636-69 «Нормальні лінійні розміри» вибираємо розмір $d_2 = 310 \text{ мм}$ (внутрішній діаметр вала).

Розрахунок вала на витривалість проводимо по [14]

Перевірочний розрахунок вала на витривалість виконаємо з урахуванням форми циклів нормального й дотичного напружень, конструктивних і технологічних факторів. Перевірочний розрахунок полягає у визначенні розрахункового фактичного коефіцієнта запасу міцності й порівнянні його зі значенням нормативного коефіцієнта.

$$n \leq [n] \quad (2.22)$$

де $[n] = 2,5$ - значення нормативного коефіцієнта запасу міцності.

Значення n знайдемо по формулі:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{20,53 \cdot 6,221}{\sqrt{20,53^2 + 6,221^2}} = 5,95. \quad (2.23)$$

де n_{σ} - фактичний коефіцієнт запасу міцності по нормальних напругах; n_{τ} - фактичний коефіцієнт запасу міцності по дотичних напруженнях.

Величину n_σ визначимо по формулі:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\left(k_\sigma \cdot \beta \cdot \frac{\sigma_a}{\varepsilon_\sigma} \right) + \sigma_m \cdot \psi_\sigma} = \frac{410 \cdot 10^6}{1,77 \cdot 1,2 \cdot \frac{7,5 \cdot 10^6}{0,81} + 3,04 \cdot 10^6 \cdot 0,1} = 20,53. \quad (2.24)$$

де $\sigma_{-1} = 410$ МПа для сталі 40ХН (термообробка поліпшення) – границя витривалості сталі при симетричному вигині; $k_\sigma = 1,77$ - (для канавки, отриманою пальцевою фрезною) - ефективний коефіцієнт концентрації нормальних напруг при вигині; $\beta = 1,2$ - коефіцієнт, що відбиває вплив якості обробки поверхні вала (вид обробки - гостріння);

$\varepsilon_\sigma = 0,81$ - коефіцієнт масштабного фактора (відповідає діаметру вала рівному 280мм); $\psi_\sigma = 0,1$ - коефіцієнт, що відбиває вплив асиметрії циклу на усталісну міцність; σ_a – амплітуда циклу нормальних напруг при вигині, МПа; σ_m – середня напруга циклу при вигині, МПа.

При визначенні параметрів циклу (σ_m і σ_a) будемо використати наступні допущення:

1) максимальні й мінімальні напруги реалізуються в одній і тій же небезпечній крапці, положення якої було визначено раніше.

2) будемо вважати, що згинальний момент у перетині змінюється пропорційно крутному моменту.

Значення σ_a обчислюється по формулі:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{11 - (-1,012)}{2} = 6,006 \text{ МПа}; \quad (2.25)$$

Значення σ_m обчислюється по формулі:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{11 + (-1,012)}{2} = 4,994 \text{ МПа}; \quad (2.26)$$

Знайдемо величину $\sigma_{\max}$ по формулі:

$$\sigma_{\max} = \frac{M^{\max}}{W_x} = \frac{21}{6,44 \cdot 10^{-6}} = 11 \cdot 10^6 \text{ Па}, \tag{2.27}$$

де $M^{\max}_{\text{изг}}=21 \text{ Н}\cdot\text{м}$; W_x — момент перетину вала з шпоночною канавкою, м^3 :

$$W_x = \frac{0,1 \cdot d^3 - b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{d} = \frac{0,1 \cdot 0,28^3 - 0,056 \cdot 0,02 \cdot (0,28 - 0,02)^2}{0,28} = 6,44 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \tag{2.28}$$

Схема до визначення нормальних напруг і графік залежності нормальних напруг від кута повороту вала (рис.2.7).

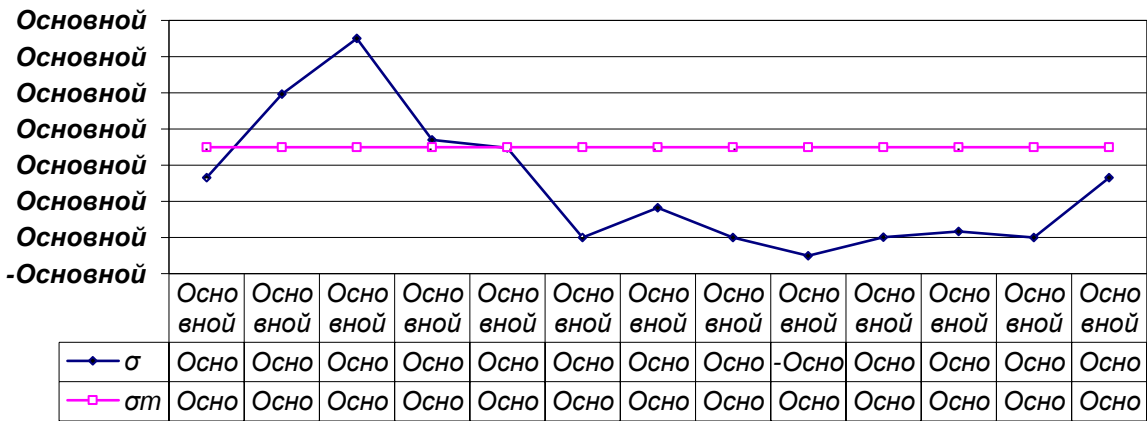


Рис. 2.7 Графік залежності нормальних напруг від кута повороту вала

З графіка (рис. 2.7) видно, що мінімальні нормальні напруги $\sigma_{\min}$ діють, коли вал перебуває в 9 положенні.

Величину $\sigma_{\min}$ обчислимо по формулі:

$$\sigma_{\min} = |M_{\Sigma(9)} / M_{\Sigma \max}| \cdot \sigma_{\max} \cdot |y_{(9)} / y_{\max}| = |19,88 / 216| \cdot 11 \cdot 10^6 \cdot |1,01 / 11| = 1,012 \cdot 10^6 \text{ Па.} \quad (2.29)$$

У результаті розрахунків одержано, що $\sigma_{\max} = \sigma_3 = 11 \text{ МПа}$ й $\sigma_{\min} = \sigma_9 = -1,012 \text{ МПа}$.

Значення n_τ визначається по формулі:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\left(k_\tau \cdot \beta \cdot \frac{\tau_a}{\varepsilon_\tau} \right) + \tau_m \cdot \psi_\tau} = \frac{240 \cdot 10^6}{2,22 \cdot 1,2 \cdot \frac{10,81 \cdot 10^6}{0,75} + 3,64 \cdot 10^6 \cdot 0,05} = 6,221. \quad (2.30)$$

де $\tau_{-1} = 240 \text{ МПа}$ для сталі 40ХН – границя витривалості сталі при симетричному крутінні; $k_\tau = 2,22$ - ефективний коефіцієнт концентрації напруг при крутінні; $\beta = 1,2$ - коефіцієнт, що відбиває вплив якості обробки поверхні вала; $\varepsilon_\tau = 0,75$ - коефіцієнт масштабного фактора; $\psi_\tau = 0,05$ - коефіцієнт, що відбиває вплив асиметрії циклу на усталісну міцність вала; τ_a – амплітуда циклу дотичних напружень при крутінні, МПа; τ_m – середня напруга циклу при крутінні, Па.

Закон розподілу дотичних напружень $\tau(\varphi)$ збігається із законом зміни сумарного моменту $M_\Sigma(\varphi)$.

Обчислимо значення $\tau_{\max}$ по формулі:

$$\tau_{\max} = \frac{M^{\max}_{\hat{e}\hat{\delta}}}{W_x} = \frac{71000}{14,96 \cdot 10^{-6}} = 14,44 \cdot 10^6 \text{ Па,} \quad (2.31)$$

де $M^{\max}_{\hat{e}\hat{\delta}} = 71000 \text{ Нм}$;

W_x – момент перетину валу зі шпоночною канавкою, м^3 ;

$$W_x = \frac{0,2 \cdot d^3 - b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{d} =$$

$$= \frac{0,2 \cdot 0,28^3 - 0,056 \cdot 0,02 \cdot (0,28 - 0,02)^2}{0,28} = 14,96 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (2.32)$$

Аналогічно обчислимо $\tau_{\min}$:

$$\tau_{\min} = \frac{M_{\Sigma}^{\min}}{W_x} = \frac{-107,25}{14,96 \cdot 10^{-6}} = -7,17 \cdot 10^6 \text{ Па}. \quad (2.33)$$

Знаючи $\tau_{\max}$ і $\tau_{\min}$, визначимо значення τ_a і τ_m :

$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2} = \frac{14,44 \cdot 10^6 - (-7,17 \cdot 10^6)}{2} = 10,81 \cdot 10^6 \text{ Па}; \quad (2.34)$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} = \frac{14,44 \cdot 10^6 - 7,17 \cdot 10^6}{2} = 3,64 \cdot 10^6 \text{ Па}. \quad (2.35)$$

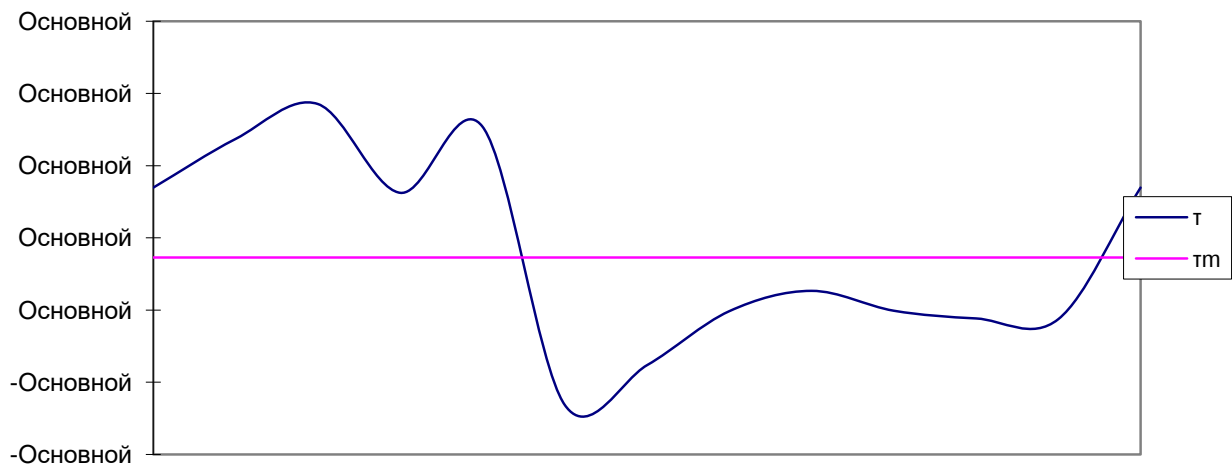


Рис. 2.8. Графік залежності дотичних напружень від кута повороту валу.

Розрахункове значення фактичного коефіцієнта запасу міцності вийшло більше значення нормативного коефіцієнта запасу міцності: $n \geq [n]$, $5,95 > 2,5$ - це задовольняє розрахунок валу на витривалість.

Перевірочний розрахунок зубчастої пари на міцність згідно [13].

Визначення ресурсу передачі.

Ресурс передачі обчислимо по формулі:

$$L_{\pi}=365 \cdot \Gamma \cdot K_{\Gamma} \cdot 3 \cdot 8 \cdot K_c = 365 \cdot 7 \cdot 0,658 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,875 = 23536,66 \text{ годин}, \quad (3.36)$$

де $\Gamma=7$ - кількість років служби передачі; $3=2$ - кількість змін;

$K_{\Gamma} = \frac{240}{365} = 0,658$ – коефіцієнт річного використання;

8 - тривалість робочої зміни в годинах;

$K_c = \frac{7}{8} = 0,875$ – коефіцієнт змінного використання.

Зуби валу виготовляють більш твердими (твердість поверхні зубів визначається термообробкою), тому що їх довжина менше, ніж у обійми і випробовують більше навантаження.

Отже, для рівномірного зношування зубів передачі твердість матеріалу валу повинна бути вище твердості матеріалу обійми на 3...5 одиниць по шкалі Роквелла.

Розрахунок поверхні зуба обійми на міцність по контактних напругах.

Розрахунок проводимо для обійми, як найбільш слабкого елемента зачеплення.

Запишемо умову міцності:

$$\sigma_n \leq [\sigma_n], \quad (2.37)$$

де σ_n – діюча напруга при циклічному контактному впливі, МПа; $[\sigma_n]$ – контактна напруга, що допускає, МПа.

Значення контактної напруги, що допускає, визначається по формулі:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{KB} \cdot k_{HL}}{[k_H]} = \frac{1050 \cdot 10^6 \cdot 1}{1,25} = 840 \cdot 10^6 \text{ Па}, \quad (2.38)$$

де σ_{KB} – межа контактної витривалості при базовому числі циклів навантаження (залежить від матеріалу й термообробки):

$$\sigma_{KB}=17 \cdot HRC+200=17 \cdot 50+200=1050 \text{ МПа}; \quad (2.39)$$

k_{HL} – коефіцієнт довговічності (так як в нас термообробка поверхні зубів - поверхнєве загартування, а $1 \leq k_{HL} \leq 1,8$, приймаємо $k_{HL}=1$); $[k_H] = 1,25$ – коефіцієнт безпеки (вибирається залежно від виду термохімічної обробки зубів: поверхнєве загартування).

Значення σ_H обчислимо по формулі:

$$\sigma_H = \alpha \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot k_K \cdot k_D \cdot M_{\Sigma}^{\max}}{t_k \cdot V_k}} = 340000 \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 1,3 \cdot 71000}{0,125 \cdot 1,35}} = 831,54 \cdot 10^6 \text{ Па}, \quad (2.40)$$

де $\alpha=340000 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу обійми та валу (сталь – сталь); k_D – коефіцієнт динамічності, що відбиває нерівномірність роботи зубчастої передачі (залежить від швидкості й точності передачі); k_K – коефіцієнт концентрації, що відбиває нерівномірність розподілу напруг по довжині лінії контакту ($k_D \cdot k_K=1,3$); $V_k=1,35$ – коефіцієнт, що відбиває підвищену навантажувальну здатність; $t_k=125 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – ширина венця обійми; $M_{\Sigma \max}=71000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – максимальний сумарний момент.

Як видно з розрахунку, умова міцності по контактних напругах (2.37) виконується: $831,54 \cdot 10^6 < 840 \cdot 10^6$. Отже, вид термохімічної обробки зубців обрано вірно.

Розрахунок зубів на міцність при змінному вигині.

Запишемо умову міцності:

$$\sigma_F \leq [\sigma_F], \quad (2.41)$$

де σ_F - діюча напруга при змінному вигині, МПа; $[\sigma_F]$ –напруження, що допускає, при змінному вигині, МПа.

Значення $[\sigma_F]$ визначимо по формулі:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{-1F}}{[k_F]} \cdot k_{FL} = \frac{700 \cdot 10^6}{1,75} \cdot 1 = 400 \cdot 10^6 \text{ Па}, \quad (2.42)$$

де $\sigma_{-1F} = 700 \text{ МПа}$ – границя витривалості матеріалу при симетричному вигині; $[k_F] = 1,75$ – коефіцієнт безпеки (залежить від технології виготовлення зубчастого колеса: заготівля виходить штампуванням); k_{FL} – коефіцієнт довговічності:

$$k_{FL} = \sqrt[m]{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}} = \sqrt[9]{\frac{4 \cdot 10^6}{197,71 \cdot 10^6}} = 0,648 \quad (2.43)$$

де $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ – базове число циклів навантаження; $N_{FE} = 197,71 \cdot 10^6$ – число навантажень зубця обійми за весь термін служби передачі; $m=9$, так як $HV > 350$.

Так як $1 \leq k_{FL} \leq 1,63$, приймаємо $k_{FL} = 1$.

Величину σ_F визначимо по формулі:

$$\sigma_F = \frac{2 \cdot M_{\Sigma \max} \cdot k_D \cdot k_K}{\frac{m^2 \cdot z_k}{\cos \beta} \cdot \frac{t_k}{\cos \beta} \cdot V_k} \cdot Y_F = \frac{2 \cdot 71000 \cdot 1,3 \cdot 3,75}{(0,01)^2 \cdot 48 \cdot 0,125 \cdot 1,35} = 368,05 \text{ МПа} \quad (2.44)$$

де $M_{\Sigma \max} = 71000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – максимальний сумарний момент; k_K – коефіцієнт концентрації, k_D – коефіцієнт динамічності ($k_D \cdot k_K = 1,3$); $m = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – нормальний модуль зубчастого зачеплення; $t_k = 125 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – ширина венця зубчастого; $z = 48$ - число зубів; $V_k = 1,35$ – коефіцієнт форми зуба; $Y_F = 3,75$ (вибираємо по числу зубів z).

Одержали, що $368,05 \text{ МПа} < 400 \text{ МПа}$, а це задовольняє умові $\sigma_F \leq [\sigma_F]$.

Був зроблений кінематичний аналіз механізму, заснований на побудові ряду послідовних положень ланок механізму й відповідних їм планів швидкостей, у результаті якого були визначені відносні лінійні швидкості характерних крапок і відносні кутові швидкості ланок.

Далі був проведений силовий аналіз механізму. З метою його спрощення були замінені все ланки й зусилля еквівалентної з погляду завантаженості привода динамічною моделлю класифікатора. На основі динамічного аналізу були визначені складові моменти рушійних сил ($M_{дв}$), призначені для подолання сил статистичного опору - статичний момент ($M_{ст}$), і динамічного опору - динамічний момент ($M_{дин}$). При визначенні сумарного моменту рушійних сил (M_{Σ}) були враховані втрати на тертя (К.К.Д механізму дорівнює 87%).

Далі був зроблений перевірочний розрахунок вала на витривалість із обліком конструктивних і технологічних факторів, а також форм циклів нормальних і дотичних напружень, у результаті якого було встановлено, що вал задовольняє умові усталісної міцності, тому що значення фактичного коефіцієнта запасу міцності $n=5,95$ більше, ніж значення нормативного коефіцієнта $[n]=2,5$.

Перевірочний розрахунок зубчастої пари на міцність (як матеріал обійми й валу була обрана сталь 40ХН с поверхневим загартуванням робочої поверхні зубів) по контактних і згинаючих напругах підтвердив працездатність зубчастої пари (діюча контактна напруга σ_n приблизно дорівнює допускаючий напрузі $[\sigma_n]$, напруга при змінному вигині σ_F приблизно дорівнює допускаючий напрузі $[\sigma_F]$). Отже, можна сказати, що спроектований привід класифікатора задовольняє всім умовам працездатності.

2.4 Монтаж, ремонт, змащення.

2.4.1 Розробка фундаменту. Геодезичне обґрунтування монтажу.

Фундамент служить для передачі навантажень на ґрунт і зниження вібрацій машини під час роботи. Для класифікатора 2КСН-30 його виготовляють із залізобетону на несучих колонах, при цьому верхня опорна площа розташована під кутом $18,5^\circ$ (див. рис. 2.9) [15].

Кріплення рами класифікатора здійснюється за допомогою закладних фундаментних болтів діаметром 42 мм. Перед бетонуванням як металеві оболонки для болтів встановлюють газові труби діаметром 3 дюйми. Верхню опорну площину фундаменту покривають листовим металом товщиною не менше 30 мм. У нижній частині конструкції передбачено упор (див. вид Б рис. 4.1), який зменшує навантаження на фундаментні болти від зсувних зусиль.

Фундамент виготовляють за робочими кресленнями, де зазначено не лише приєднувальні розміри машини, а й розташування осей фундаменту відносно осей будівлі або сусідніх машин, висотні відмітки всіх поверхонь, а також місця розташування закладних деталей і отворів під анкерні болти.

Під час приймання фундаменту монтажники повинні перевірити його відповідність проектним і приєднувальним розмірам, стан поверхні та правильність висотних відміток. Допустимі відхилення встановлюються технічними умовами. Оскільки ці умови не охоплюють усіх можливих ситуацій, на кожному фундаменті необхідно встановлювати плашки для позначення осей і репер для фіксації висотної відмітки.

Відхилення фактичних розмірів від проектних не повинні перевищувати:

- для прив'язочних розмірів осей — ± 20 мм;
- для висотних відміток — -30 мм;
- для розмірів у плані — ± 30 мм;
- для осей анкерних болтів — ± 5 мм.

Встановлення опорних балок класифікатора за висотною відміткою та центрування стільчиків виконують за допомогою теодоліта, нівеліра або лазерного приладу. Для вирівнювання обладнання за осями використовують натягнуті струни зі схилами. Точність вимірювань залежить від точності рівнів зазначених приладів [15].

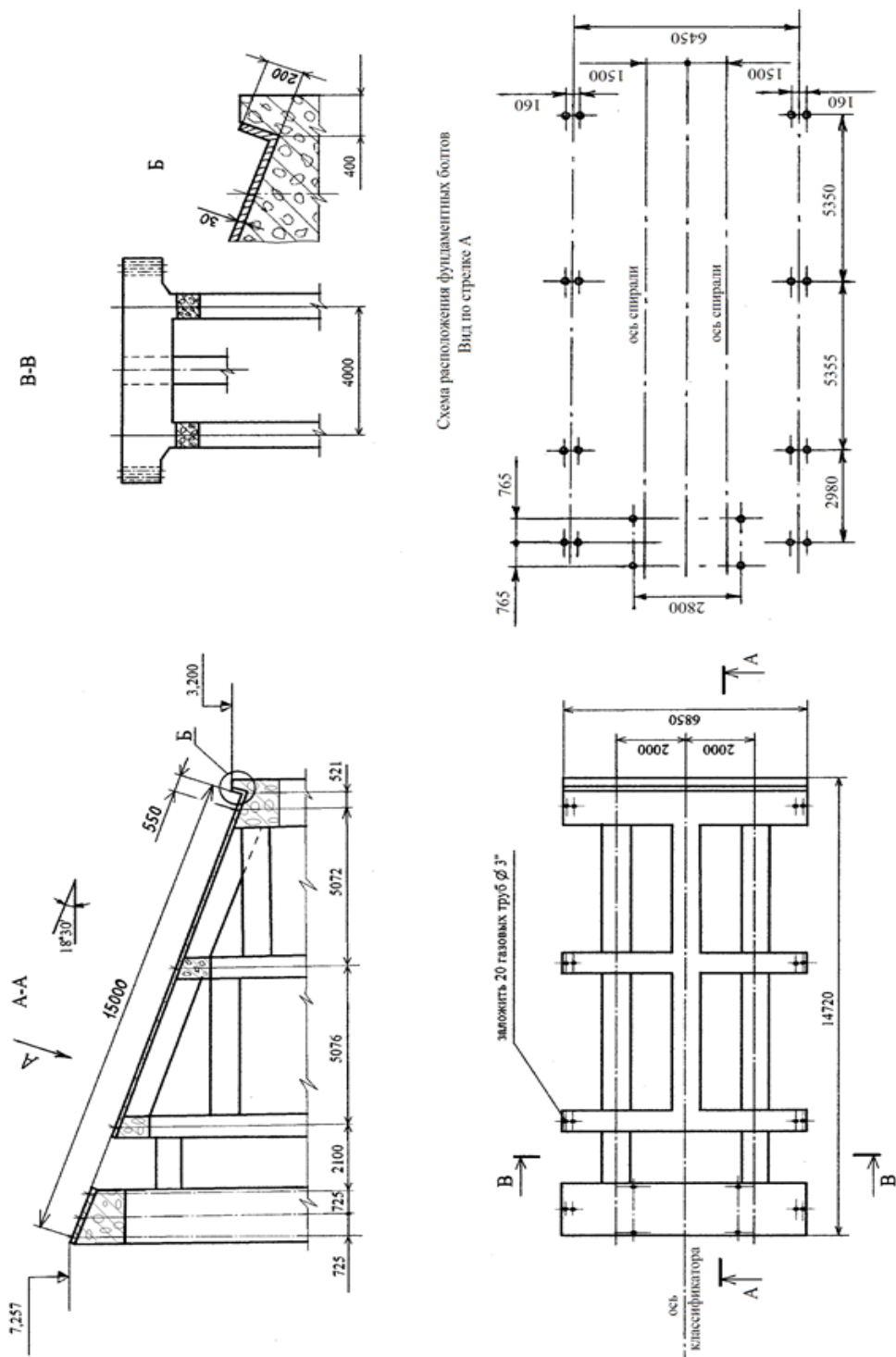


Рис. 2.9. Схема фундаменту під двохспіральний класифікатор 2КСН-30

Точність взаємного розташування машин і агрегатів і відповідність їх установки проектному положенню визначається якістю геодезичного обґрунтування монтажу. Геодезичне обґрунтування монтажу класифікатора показано на рис.2.10.

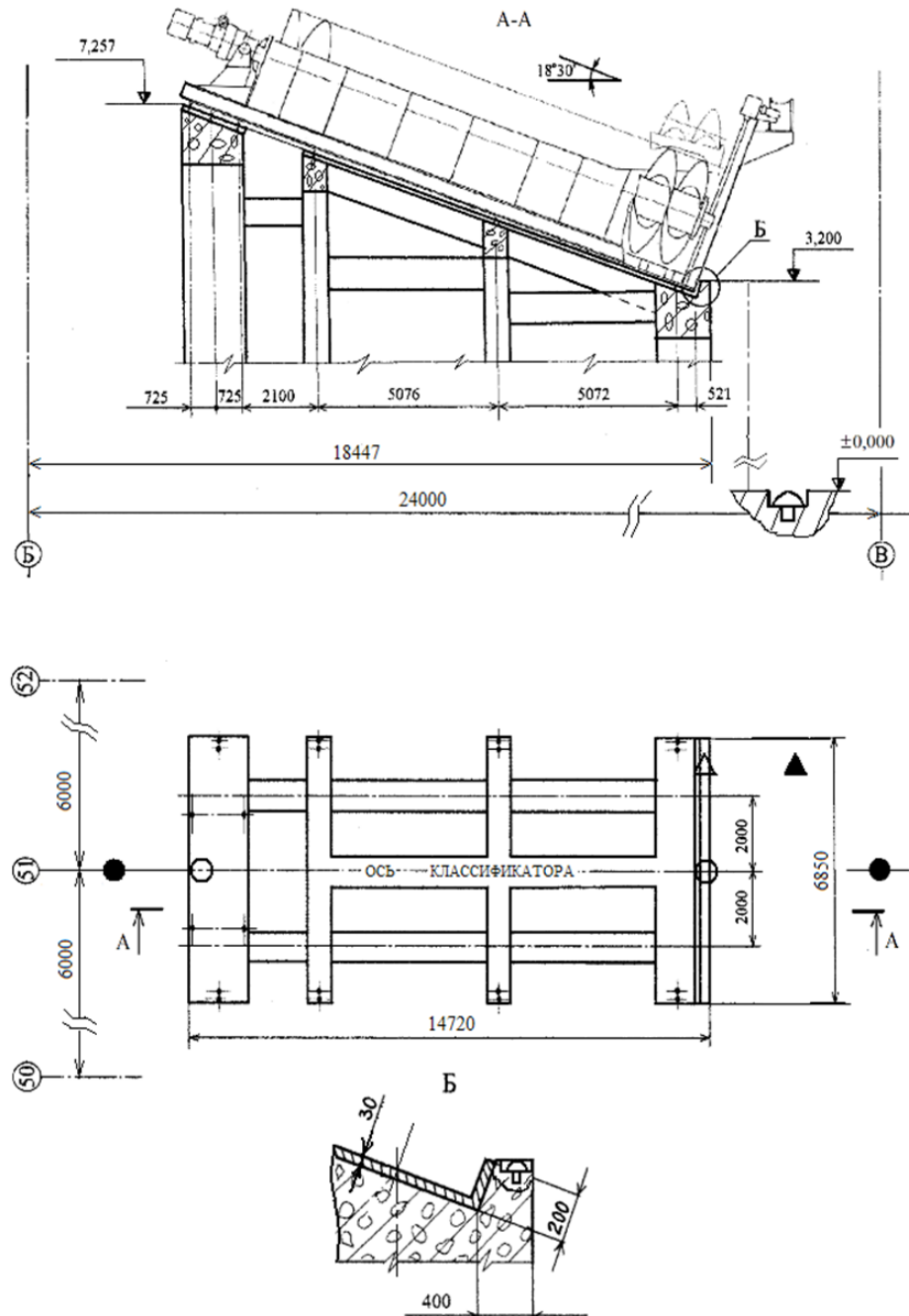


Рис. 2.10 Геодезичне обґрунтування монтажу:

▲ - контрольний репер; Δ- робочий репер; ● - контрольна плашка;
○ - робоча плашка.

Висотне положення фундаменту по координаті Z визначають нівеляцією по робочому реперу, який встановлений на фундаменті (висотна відмітка + 3,200 м) і вивірений по контрольному реперу (відмітка $\pm 0,000$ м – висотна відмітка підлоги першої секції рудо-збагачувальної фабрики № 1). Верхня точка фундаменту складає + 7,257 м.

Осьові лінії фіксують на фундаменті лунками діаметром до 2мм, накерненими на двох робочих плашках. У нашому випадку вісь класифікатора, подовжня робоча вісь фундаменту і контрольна вісь №51 п'ятої секції фабрики співпадають. Планове положення робочих осей фіксують за допомогою теодоліта. Кут нахилу верхньої площини фундаменту складає 18,5°.

Репери виготовляють із заклепок діаметром до 30 мм, а плашки – з відрізків профільного металу. Геодезичні знаки надійно сполучають з фундаментами, приварюючи до арматури або закріплюючи бетонним розчином високої марки [15].

2.4.2 Способи доставки обладнання до місця монтажу

Більшість обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 виготовляється та ремонтується в ремонтних цехах підприємства ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». На фабрику воно надходить у зібраному стані залізничними платформами. Усі окремі вузли механічного обладнання маркуються та позначаються відповідно до вимог технічних умов. Маркування наносять також на кожен вузол або деталь, що відвантажуються окремо.

Розвантаження вузлів здійснюється будь-якими наявними підйомними засобами — мостовими, залізничними, автомобільними кранами чи іншими вантажопідйомними механізмами. При цьому необхідно вживати всіх заходів безпеки, щоб уникнути пошкодження обладнання. Особливу обережність слід дотримувати при розвантаженні великих вузлів або зібраних машин.

Під час чалкування під канати потрібно підкладати захисні прокладки, щоб запобігти їх перетиранню або обриву через контакт із гострими краями.

Перед початком робіт має бути розроблений проєкт організації розвантажувальних робіт — без нього розвантаження проводити заборонено. Виконувати ці роботи слід лише кваліфікованим такелажникам.

Монтаж модернізованого приводу допускається як під час капітального, так і поточного ремонту класифікатора 2КСН-30. В обох випадках складання індивідуального навісного вузла приводу та його встановлення на вал спіралі здійснюють на механізованому стенді ремонтного майданчика РЗФ-1.

Для підйому використовують мостові крани прольоту подрібнення вантажопідйомністю 250/30 т і 20/5 т. Під час стропування застосовують стандартне такелажне оснащення (стропи), підібране відповідно до габаритів і маси вузлів (див. рис. 2.11). Вибір здійснюють згідно з вимогами стандарту підприємства СОУ 214-Т-028-2004, що регламентує використання вантажних канатів і ланцюгових стропів.

Для підйому та переміщення вузлів класифікатора використовують стропи типу СКП-2 вантажопідйомністю 880–10000 кг, із діаметром каната $dk = 13,5\text{--}33$ мм і довжиною $L = 2\text{--}9$ м. При цьому обов'язково дотримуються умови, щоб кут між вітками стропів у будь-якій площині не перевищував 90° [16].

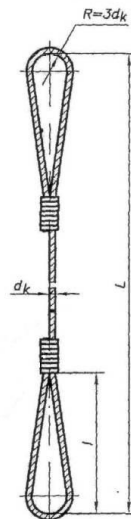


Рис. 2.11 Строп СКП-2.

Для підйому і транспортування приводу в зборі використовують рим-болт мотор–редуктора і вікно в ребрі приєднувального фланця (див. рис. 2.12).

Після зборки і обтягування приводу з валом спіралі укрупнений вузол строплять і доставляють на місце монтажу на раму-корито класифікатора за допомогою мостового крану прольоту подрібнення вантажопідйомністю 250/30 т. Вантаж піднімають на максимально допустиму висоту на рем.майданчику і доставляють на робочу секцію.

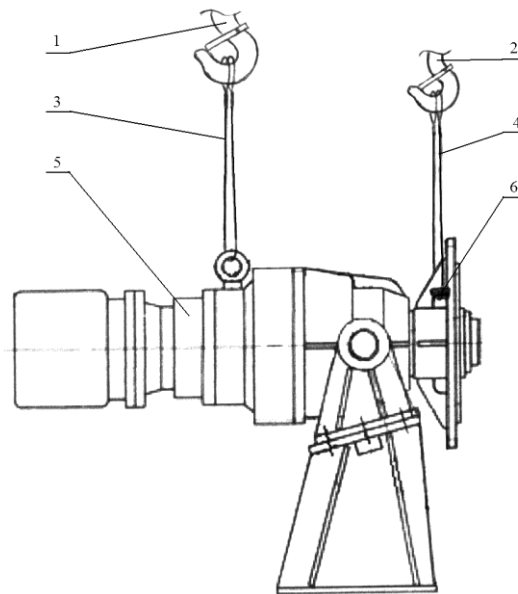


Рис. 2.12 Схема строповки приводу класифікатора 2КСН-30:

- 1 - великий гак (20т) мостового крана; 2 – малий гак (5т) мостового крана;
3 - строп СКП 2, $d = 22\text{мм}$; 4 – строп СКП 2, $d = 16\text{мм}$; 5 – привод в зборі з рамою приводу (вага - 7500 кг); 6 – технологічна підкладка (гума).

При цьому довжина стропів підбирається так, щоб вал спіралі мав ухил, наближений до робочого положення (див. рис. 2.13).

При виконанні капітальних ремонтів, що передбачають заміну і ремонт рами-корита класифікатора, раму також збирають на ремонтному майданчику і доставляють на місце монтажу в зібраному вигляді. На виконання даної роботи на фабриці розроблені технологічні карти, в яких вказані порядок, способи строповки, доставки і монтажу рами-корита на фундаменті.

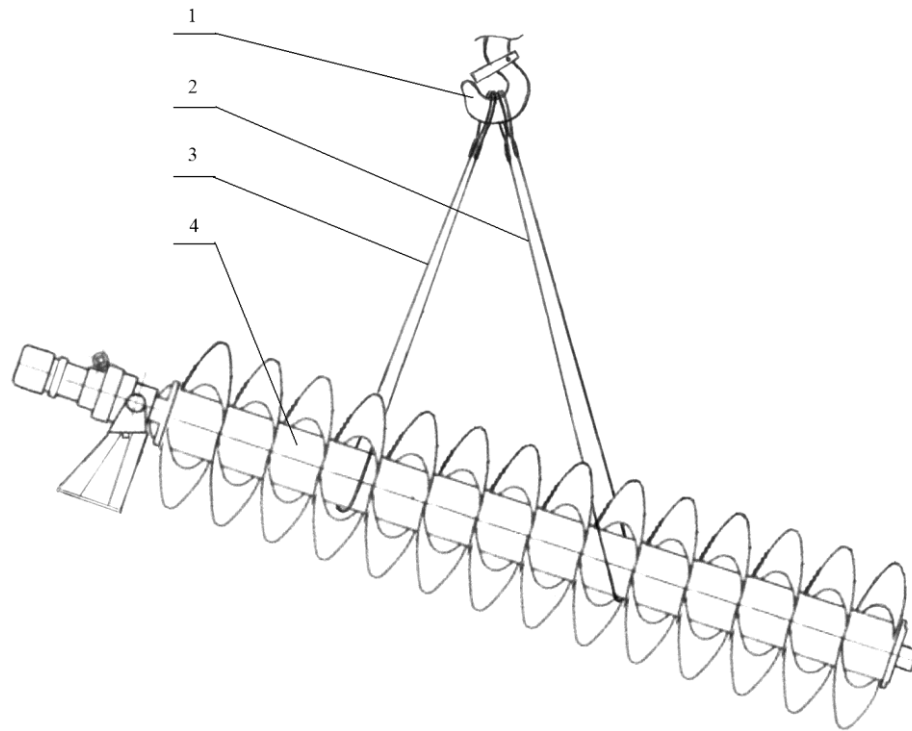


Рис. 2.13 Схема строповки валу спіралі класифікатора в зборі з приводом:

1- малий гак (30т) мостового крана; 2 - строп СКП 2, $d = 33\text{мм}$, $L = 9\text{м}$;
3 – строп СКП 2, $d = 33\text{мм}$, $L=7\text{м}$; 4 – вал спіралі з приводом (вага– 22330 кг).

2.4.3 Технологічна карта монтажу

У сучасних умовах монтаж механічного обладнання рудозбагачувальних фабрик являє собою комплекс взаємопов'язаних робіт, що виконуються за спеціально розробленим проектом і графіком, із забезпеченням високого рівня організації трудомістких процесів. До цього комплексу входять підготовчі та монтажні операції: отримання технічної документації, розробка проекту виробництва робіт, облаштування тимчасових комунікацій і фундаментів, ревізія обладнання, його укрупнене складання, установлення базових вузлів, монтаж і вивіряння агрегатів, а також випробування та введення обладнання в експлуатацію [15, 16].

Механічне оснащення рудозбагачувальних фабрик зазвичай складається з великогабаритних і важких агрегатів, монтаж яких потребує значних витрат часу та праці. Тому основним завданням є вибір раціональної організації та способу

монтажу, що дозволяє досягти високої якості робіт при мінімальних трудових і часових витратах. Базові елементи оснащуються контрольними майданчиками з нанесенням осей, а прокладки постачаються комплектно з машинами.

Технологічна карта визначає порядок виконання ремонтних і монтажних робіт, заходи безпеки та вимоги до організації процесу. Вона забезпечує використання технологій, що гарантують якість ремонту, механізацію робіт, складання обладнання укрупненими блоками та безпечне проведення операцій. Монтаж модернізованого класифікатора виконується поетапно: складання й установлення вузла приводу з опорами та валом спіралі здійснюється в умовах цеху, після чого зібрані елементи транспортуються й монтуються на місці. Після вирівнювання валів, перевірки паралельності та геометричних параметрів проводять зварювання рам, заповнення мастильних систем і остаточну обкатку обладнання перед введенням в експлуатацію.

Монтаж модернізованого класифікатора (див. рис 2.14) здійснюється в наступній послідовності (зборка вузла приводу 2, що складається з мотор-редуктора і механізму передачі крутного моменту до валу спіралі включаючи приєднувальний фланець, запресовка опорних цапф приводу, а також зборка рами приводу 4 і опор з бронзовими втулками 3 проводяться в умовах ремонтно-механічного цеху або ремонтної майстерні підприємства):

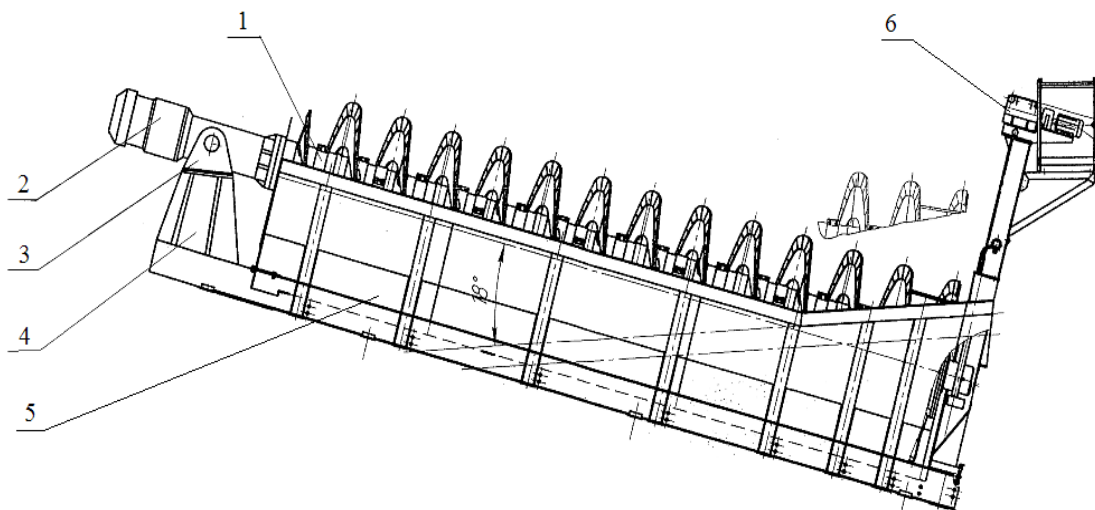
- а) провести навішування опор 3 на цапфи корпусу приводу 2, перевірити надходження змащування у вузол підшипника ковзання, закласти мастило;
- б) встановити корпус приводу з опорами на раму приводу 4, стягнути болтами М36;
- в) застропити вузол приводу з рамою в зборі, сумістити і встановити болти М48, стягнути фланці приводу 2 і вала спіралі 1;
- г) застропити вал спіралі з приводом в зборі, перевезти на місце монтажу;
- д) встановити вал спіралі у ванну-корито 5, з'єднати нижню опору з механізмом підйому 6, залишити в нижньому положенні;
- е) аналогічно пунктам а) – д) встановити другий вал спіралі;

ж) вивірити по ванні-кориту і виставити осі валів-спіралей, проконтролювати паралельність валів і відстань між нижніми точками лопастей спіралей та дном ванни-корита, а також відстань між спіралями;

з) приварити нижні площини рам приводів до рами класифікатора на прихватки;

и) перед обкаткою приводів порожнини підшипників і зубчатих муфт заповнити густим мастилом на $\frac{2}{3}$ вільного об'єму, а в картери мотор-редукторів залити консерваційне масло;

к) після обкатки злити консерваційне масло з мотор-редукторів, залити масло згідно технічних вимог експлуатації і провести остаточне обварювання нижніх площин рам приводів до рами класифікатора.



№ поз.	Найменування	Кількість	Вага, кг	
			одиниці	взагалі
1	Вал спіралі в зборі	2	14830	29660
2	Привод	2	5725	11450
3	Опора привода	4	171,6	686,4
4	Рама привода	2	1432	2864
5	Рама-корито	1	25580	25580
6	Механізм підйому	2	410	820

Рис. 2.14 Монтажне креслення зі специфікацією

Відомість необхідних для монтажу матеріалів, напівфабрикатів та інструментів зведена в табл.2.4. [16].

При зборі типових вузлів (з болтовими з'єднаннями, з підшипниками ковзання і кочення, металоконструкції) керуються правилами зборки і монтажу металургійного устаткування.

Таблиця 2.4.

Відомість матеріалів, напівфабрикатів і інструментів

Найменування	Кількість
Ключ рожковий 17х19	1
Ключ рожковий 22х24	2
Ключ рожковий (рожково-накидний) 32х36	4
Ключ рожковий (рожково-накидний) 50х55	6
Ключ рожковий (рожково-накидний) 65х75	4
Кувалда	2
Отвіс	2
Рулетка 5м	2
Шабер	2
Лом	2
Строп СКП 2 Ф10х2м	1
Строп СКП 2 Ф16х3м	1
Строп СКП 2 Ф22х3м	1
Строп СКП 2 Ф33х7м	1
Строп СКП 2 Ф33х9м	1
Дрантя	3кг
Гас технічний	2л
Електроди Э46 ГОСТ 9467-75	4,4кг
Масло консерваційне К17 ГОСТ 10877-76	6кг
Масило Литол-24 ГОСТ 21150-87	8кг

2.4.4 Заходи з технічного обслуговування класифікатора.

Технічне обслуговування класифікатора 2КСН-30 із модернізованим приводом здійснюється експлуатаційним і черговим персоналом протягом зміни. Працівники зобов'язані підтримувати обладнання та робочі місця в чистоті, регулярно оглядати механізми, кріплення та металоконструкції, перевіряючи їх на наявність тріщин, обривів і інших дефектів, а також контролювати стан футерування. Під час обслуговування необхідно підтягувати болтові з'єднання, перевіряти справність електрообладнання, надійність заземлення, слідкувати за роботою мотор-редукторів і редукторів. Масляні ванни повинні бути заповнені відповідно до рівня, позначеного на індикаторах: доливання проводиться раз на місяць, а повна заміна — кожні шість місяців. Вузли тертя мають регулярно змащуватися, особливо перед підйомом спіралі, згідно з картою змащування. У разі зміни параметрів живлення або розвантаження допускається регулювання відповідних елементів класифікатора. Якщо в роботі обладнання виявлено несправності, їх слід усувати з використанням аварійної зупинки. У випадку засмічення спіралей пісками пульпу необхідно злити, а піски — розмити.

Пуск спірального класифікатора здійснюється поступово — із плавним опусканням обертових спіралей до робочого положення та рівномірним завантаженням матеріалу. Забороняється потрапляння в корито сторонніх предметів, таких як кулі або металевий скрап із млина; для запобігання цьому на розвантажувальну цапфу встановлюється перфорована бутара. Основними причинами механічних несправностей є перевантаження класифікатора пісками або потрапляння всередину металевих предметів, що призводить до пошкодження футерування, спіралей або підшипників. Зупинка агрегату «млин-класифікатор» проводиться у зворотній послідовності до пуску: спочатку припиняється робота живильників, потім зупиняються конвеєри та млини, і лише після повного видалення пісків — класифікатор. У разі аварійної зупинки необхідно перекрити подачу води та підняти спіралі, щоб запобігти їх замулюванню.

Планові ревізії й ремонти класифікатора виконуються один раз на місяць силами ремонтного цеху спільно з експлуатаційним персоналом. Під час ремонту здійснюється часткове або повне розбирання вузлів, визначення ступеня зносу деталей, їх ремонт або заміна. Перевіряються редуктори, муфти, зубчасті передачі, підшипники, болтові з'єднання відповідно до технічних вимог. Після складання проводяться регулювання, випробування і очищення обладнання та робочого місця перед здачею в експлуатацію.

Для покращення організації обслуговування й забезпечення надійної роботи класифікатора пропонується провести обов'язкове навчання всього персоналу з ознайомленням із конструкцією машини, принципами її роботи та правилами безпеки. Для ефективного контролю роботи класифікатора слід вести оперативний журнал із записами про роботу, несправності, проведені ремонти та замінені деталі. Крім того, з метою продовження терміну служби обладнання варто впроваджувати передові ремонтні технології, зокрема застосовувати нові, міцніші марки сталей під час виготовлення деталей [16].

2.4.5 Розробка графіка планово- попереджувальних ремонтів

Перспективний графік планово-запобіжних ремонтів модернізованого класифікатора 2КСН-30 приведено в табл.2.5.

Таблиця 2.5.

Графік планово- запобіжних ремонтів

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вид ремонту	РО	РО	П1	РО	П2	РО	РО	П1	РО	П2	РО	РО
Дата початка (число)	01.01	01.02	25.03	20.04	19.05	12.06	10.07	08.08	05.09	15.10	12.11	11.12
Тривалість, год	8	8	16	8	24	8	8	16	8	24	8	8

Під час поточного ремонту П2, окрім операцій, передбачених регламентами РО та П1, здійснюється заміна ущільнень нижніх опор, а за

потреби — і самих опор класифікатора. Також проводиться ревізія редукторів, приводу та механізму підйому спіралі, перевіряється стан металоконструкцій і жолобів, за необхідності виконується заміна спіралі класифікатора.

Капітальний ремонт передбачає повне розбирання класифікатора та заміну основних базових деталей. Роботи виконуються у визначеній послідовності: спочатку демонтуються кожухи, захисні огорожі, трубопроводи системи змащування, електропостачання та опори цапф, після чого знімаються спіралі разом із навісним приводом. Далі демонтується механізм підйому спіралей, оглядається рама приводу, виконується ремонт зношених або деформованих металоконструкцій, а також відновлюються пісковий жолоб, корито, живильні лотки й рама механізму підйому. Зношені трубопроводи, решітки та зливна коробка замінюються новими. Перевіряється стан фундаменту і фундаментних болтів, при необхідності проводиться підливка, а також контролюється співвісність лівої та правої рам приводу.

Ремонт спіралей класифікатора та навісного приводу зазвичай виконується на спеціальному стенді, що забезпечує механізацію найбільш трудомістких операцій. Після завершення ремонту монтаж класифікатора здійснюється у зворотній послідовності.

2.4.6 Методи відновлення деталей

Ремонт і відновлення деталей металургійних машин виконують двома основними способами — зі зміною первинних розмірів деталей або без неї. Найпоширеніші технології відновлення включають зварювання та наплавлення, металізацію (гальванічну або хімічну), пластичну деформацію, покриття полімерними матеріалами й електроіскрове нарощування. Вибір методу залежить від ступеня зносу, характеру пошкодження, матеріалу, розмірів деталі та умов її експлуатації [15].

Пошкодження усуваються різними способами: вигорілі ділянки відновлюють наплавленням або металізацією, деталі з перегрівом шліфують, а

корозійні та закоксовані елементи очищують механічно, піскоструминно чи за допомогою розчинників і ультразвуку.

У класифікаторі 2КСН-30 найчастіше ремонтують верхні опори спіралей — бронзові втулки зазвичай замінюють, а при незначному зносі відновлюють осіданням. Для зменшення зносу валів їх футерують гумою від конвеєрних стрічок. Корпуси редукторів і приводів ремонтують зварюванням або наплавленням.

Зубчасті колеса, шестерні та муфти, які зазнають високих навантажень, зазвичай замінюють, проте можливе їх відновлення наплавленням зубів або напресовкою зубчастих вінців із подальшою термообробкою. Вали, осі й корпуси підшипників, що зношуються від тертя, відновлюють наплавленням під флюсом, після чого обробляють до потрібних розмірів і проводять термічну обробку.

Поверхні валів також можуть відновлюватися методом ремонтних розмірів або використанням компенсаторних деталей. Підшипники кочення ремонту не підлягають і замінюються новими, а елементи спіралей — спиці, лопаті, футерування — при незначних пошкодженнях ремонтують установленням металевих латок, при значних — замінюють повністю.

2.4.7 Вибір системи змащування

Основна функція змащування полягає у зменшенні енерговитрат, необхідних для подолання сил тертя, зниженні зношування тертьових поверхонь та подовженні міжремонтного періоду експлуатації обладнання. З огляду на складні умови роботи металургійного устаткування, його високу надійність і безперервність функціонування, а також значні обсяги споживання мастильних матеріалів, до мастил висуваються такі вимоги [17]:

1. високі антифрикційні та протизносні властивості;
2. оптимальна в'язкість і добра здатність змочувати тертьові поверхні;
3. стійкість до дії високих тисків;
4. стабільність до температурних змін, окиснення та розкладання;

5. хімічна інертність;
6. економічна доцільність застосування.

На сучасних рудозбагачувальних фабриках мастило подається централізовано до всіх змащуваних вузлів механізмів із маслостанції. Насос основної станції нагнітає мастило у магістраль, а на період ремонту чи профілактики використовується резервна станція.

У проєкті, що розглядається, застосовано комбіновану систему змащування класифікатора. Масло, залите в картер, забезпечує змащування деталей редуктора та мотор-редуктора, тоді як закладне мастило використовується для підшипників приводу, механізму підйому, нижньої опори, зубчастого зачеплення й опор ковзання — основних вузлів тертя.

Об'єм масляної ванни рекомендується приймати таким, щоб на 1 кВт передаваної потужності доводилося 0,3-0,6 л масла, отже, визначаю об'єм масляної ванни:

$$V = 0.4N = 0.4 \cdot 30 = 12 \text{ л} \quad (2.45)$$

де $N = 30$ кВт – потужність мотор-редуктора.

Карта змащування

Матеріали, режими, об'єм витрат та крапки змащування класифікатора повинні відповідати карті (табл.2.6.) та схемі (рис.2.15) змащування [17].

Таблиця 2.6.

Карта змащування класифікатора 2КСН-30

№№ крапок и змащу- вання *	Найменуван- ня змащувально- ї крапки	Вузол машини	Кількість змащувал- ьних крапок на машину	Засіб змащуван- ня	Режим змащу- вання	Витрати мастила (перше запов- нення)	Наймену- вання мастила
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Електродвиг ун 5A225M8	Привод спіралі	2	Закладна	Згідно паспорту заводу- виробника		
2	Мотор- редуктор МПЗ-760- 181,2-30/4		2	Заливна	1 раз на 12 місяців	12 л	И-40А ГОСТ 20799-88

3	Електродвигун АИР100L4У3	Механізм під'йому	2	Закладна	Згідно паспорту заводу-виробника		
4	Редуктор 14160-50-56-24	у спіралі	2	Заливна	Згідно паспорту заводу-виробника		
5	Цапфи корпусу	Привод спіралі	4	Закладна	1 раз на 6 місяців	0,2 кг	Литол 24 ГОСТ211 50-75
6	Підшипник упорний	Привод спіралі	2	Закладна	1 раз на 6 місяців	2 кг	Литол 24 ГОСТ211 50-75
7	Підшипник радіально-сферичний	Привод спіралі	4	Закладна	1 раз на 6 місяців	6 кг	Литол 24 ГОСТ211 50-75
8	Зубчата муфта	Привод спіралі	2	Закладна	1 раз на 6 місяців	2 кг	Литол 24 ГОСТ211 50-75
9	Зубчата пара	Механізм під'йому у спіралі	2	Закладна	1 раз на 6 місяців	1 кг	Литол 24 ГОСТ211 50-75
10	Підшипник упорний	Механізм під'йому у спіралі	2	Закладна	1 раз на 6 місяців	1 кг	Литол 24 ГОСТ211 50-75
11	Цапфи стакана	Механізм під'йому у спіралі	4	Закладна	1 раз на 6 місяців	0,2 кг	Литол 24 ГОСТ211 50-75
12	Гвинт підвіски	Механізм під'йому у спіралі	2	Поверхнева	1 раз на місяць	0,6 кг	Мастило графітне УСсА ГОСТ 3333-80
13	Підшипники нижньої опори	Нижня опори	2	Закладна	1 раз на 6 місяців	0,6 кг	Мастило УНИОЛ-2 ГОСТ235 10-79

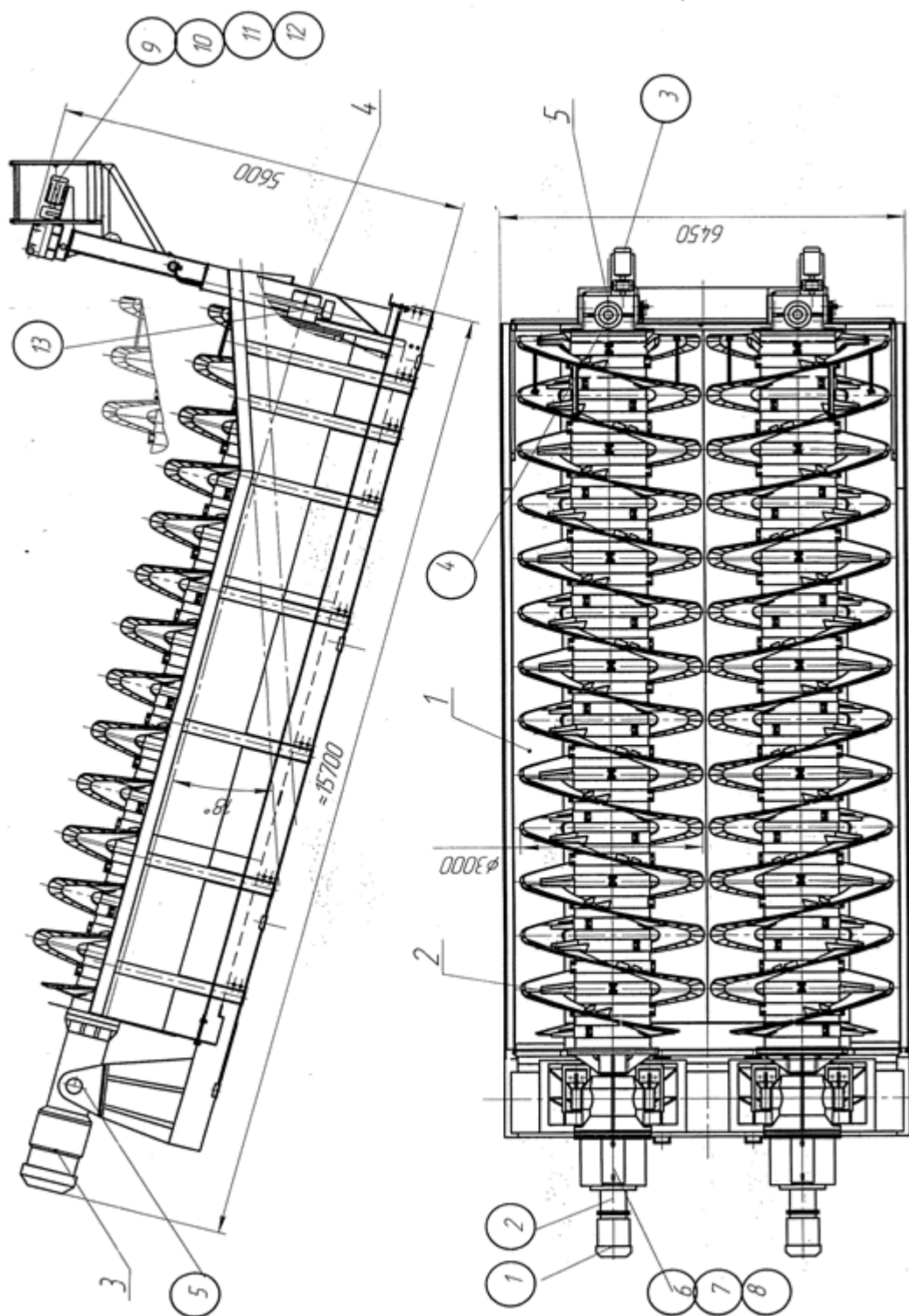


Рис. 2.15. Схема змащування класифікатора 2КШН-30:
1-рама-корито; 2-спіраль; 3-привод; 4-опора нижня; 5-механізм під'йому.

* Цифрами в колах позначені крапки змащування.

З ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Особливості ремонтних робіт з погляду на безпеку праці.

Перед виведенням класифікатора в ремонт увесь задіяний персонал має повторно ознайомитися з вимогами ПУЕ, ПТБ і ПТЕ, що стосуються його ремонту. Роботи виконуються відповідальною особою згідно з затвердженим графіком ремонту [18].

Запропонована модернізація:

- встановити індивідуальний привід для кожної спіралі;
- замінити відкриті зубчасті передачі на закриті;
- застосувати мотор-редуктор, співвісно з'єднаний зі спіраллю та змонтований на поворотних цапфах.

Очікувані переваги:

- підвищення продуктивності;
- зменшення кількості деталей приводу та мастильних матеріалів;
- скорочення часу й витрат на обслуговування;
- спрощення монтажу та демонтажу;
- забезпечення безперервності процесу при виході з ладу одного приводу.

Шкідливі виробничі фактори під час ремонту:

- підвищена запиленість;
- підвищений рівень шуму.

Освітлення цеху: природне через вікна; уночі — від ламп на даху.

Для безпечних умов праці всі агрегати, обладнання та підвищені майданчики мають бути оснащені огорожами та запобіжними пристроями. У небезпечних зонах необхідно розмістити попереджувальні написи, плакати, за потреби — звукову та світлозвукову сигналізацію. Під час ремонту класифікатора робочу зону слід огородити знімними бар'єрами.

Електробезпека:

- струмопровідні частини повинні бути недоступні завдяки огороженню чи висотному розміщенню;
- застосовується захисне заземлення або занулення;

- у разі пробою ізоляції заземлення автоматично вимикає обладнання або знижує напругу до безпечної;
- використовуються ізоляційні засоби: коврики, рукавиці, галоші;
- робоча напруга освітлення — не більше 220 В;
- опір ізоляції проводки та апаратури — не менше 0,5 Ом.

Під час монтажу механізму працівники виконують роботи підвищеної небезпеки — такелажні, вантажно-розвантажні, транспортні операції та роботу ручними машинами. До них допускаються особи від 18 років, які пройшли медогляд, навчання з безпечних методів роботи та правил надання першої допомоги.

Електромонтери, електрослюсарі й інші фахівці, що виконують ремонт, налагодження та випробування електропроводки й допоміжних пристроїв класифікатора, повинні мати кваліфікаційну групу III. Працівники, які обслуговують класифікатор, мають знати правила електробезпеки та методи надання першої допомоги у разі ураження струмом; їм присвоюється I група.

Відповідальні особи:

- механік цеху (видає наряд-допуск);
- заступник начальника цеху з обладнання;
- начальник ділянки;
- майстер.

Механік, що видає наряд-допуск, відповідає за:

- безпечне виконання робіт і дотримання вимог наряду-допуску;
- призначення відповідального за допуск персоналу до робіт;
- визначення інженерно-технічного працівника, який контролюватиме безпечне перебування людей у зоні технологічного обладнання.

Відповідальний за виконання наряду-допуску забезпечує:

- вимкнення та заземлення обладнання;
- встановлення заглушок на комунікаціях;
- огороження ремонтної зони та позначення її попереджувальними знаками і плакатами.

Працівники служб технічного забезпечення відповідають за правильне й повне виконання заходів із проведення робіт.

Виконувач робіт зобов'язаний:

- проводити цільовий інструктаж;
- контролювати дотримання правил безпеки;
- стежити за коректним використанням ЗІЗ;
- перевіряти справність інструменту й обладнання.

3.2 Безпечне проведення ремонтних робіт.

Оскільки обладнання необхідно підіймати на висоту, а його маса перевищує 50 кг (найлегший елемент — муфта — важить 51 кг), для переміщення та підйому використовують вантажопідйомні механізми. У відділенні роздягання зливків для цього застосовуються електроталі.

Підйом починається зі стропування. Канати, що перебувають в експлуатації, оглядають кожні 10 днів, перевіряючи відсутність петель, вузлів, випучувань прядей, ознак зношення чи обривів дротів. Раз на три місяці канати змащують.

Перед стропуванням необхідно упевнитися, що елементи обладнання стійко встановлені. Під час стропування слід дотримуватися таких вимог:

- використовуються лише справні стропа, вантажопідйомність яких відповідає масі вантажу; несправні або випадкові стропа заборонені;
- стропа накладають так, щоб лінія дії зусиль проходила через центр мас вантажу; якщо центр мас невідомий, його визначають пробним підвішуванням;
- вісь гака електроталі має збігатися з віссю центру мас, якщо не застосовують додатковий строп;
- петлі стропа надягають у центр зіву гака, а сам гак встановлюють у центрі стропування;

- стропи повинні залишатися на вантажі навіть при порушенні його рівноваги, тому слід використовувати виступи на поверхні елементів або спеціальні обмежувачі [19].

Таблиця 3.1.

Перелік контрольованих елементів та вимоги

№	Елемент/вузол	Що перевіряється	Допустимий стан / норма
1	Чистота талі	Наявність бруду, пилу	Поверхні чисті
2	Мастило	Наявність змащення	Мастило нанесене рівномірно
3	Канати, ланцюги	Знос, деформації, тріщини	Без обривів, тріщин, деформацій
4	Зубчасті передачі	Стан зубців	Без тріщин, задирок; знос $\leq 10\%$
5	Шплінти, фіксатори	Надійність кріплення	Закріплені, не пошкоджені
6	Барабан	Закріплення каната	Канат закріплений без прослизання
7	Ролики	Знос та стан поверхонь	Без вм'ятин та надмірного зносу
8	Гальма	Робота та запас гальмування	Електромагнітне $\geq 1,25$; вантажоупорне $\geq 1,1$
9	Електропроводка	Стан ізоляції	Опір $\geq 0,5$ МОм
10	Кінцевий вимикач	Справність	Чітке спрацювання, зазор ≥ 50 мм
11	Механізми руху	Відсутність заїдань	Рух плавний, без прослизань
12	Рівень шуму	Характер звуку	В нормі, без сторонніх шумів

Таблиця 3.2.

Деталі, що підлягають заміні

Деталь	Причина заміни
Шийки	Будь-які тріщини (ремонт заборонено)
Втулки черв'ячного колеса та підшипників	Зазор > 1 мм
Черв'ячна пара	Знос зубів $> 10\%$, тріщини або відсутні зубці
Вантажна зірочка	Знос $> 10\%$, тріщини
Фрикційні прокладки	Зношення $> 50\%$ товщини
Вантажні та тягові ланцюги	Деформація ланок
Гаки	Будь-які деформації

3.3. Випробування і допуск до експлуатації об'єкту.

Після завершення монтажних робіт проводяться випробування всіх механізмів та класифікатора, що є обов'язковою складовою заходів з забезпечення безпечної експлуатації обладнання.

Перед початком випробувань механічна служба виконує технічний огляд змонтованого обладнання. Такий контроль є важливим для запобігання аварійним ситуаціям і травмуванню персоналу. Перевіряють стан та відповідність елементів обладнання технічній документації заводу-виробника.

Огляду підлягають:

- металоконструкції класифікатора, що мають забезпечувати механічну міцність та стійкість;
- приводні механізми, від надійності яких залежить безпечність руху елементів;
- ущільнювальні вузли, що запобігають витіканню мастил і можливим небезпечним умовам праці;
- система заземлення, необхідна для електробезпеки працівників.

Якщо під час огляду не виявлено дефектів, переходять до випробувань. Спочатку механізми перевіряють окремо, а потім — при одночасній роботі, що дозволяє оцінити їхню безпеку в реальних умовах. Під час тестування обладнання повинно працювати без ривків, вібрацій і сторонніх стуків, оскільки такі ознаки можуть свідчити про небезпечні несправності. Температура підшипників контролюється термометром, закріпленим на корпусі. Перегрів може створювати ризик займання або виходу обладнання з ладу, що становить загрозу персоналу. Під час випробувань також перевіряється коректна робота систем управління, блокування та сигналізації — ключових елементів забезпечення організації безпечного виробництва [19].

Подальші етапи випробувань:

- **Статичне випробування** — із навантаженням, яке перевищує номінальну вантажопідйомність на 25%, що дає можливість переконатися у міцності та надійності конструкції.
- **Динамічне випробування** — із вантажем, що перевищує номінальну продуктивність на 10%, для оцінки безпеки роботи механізмів у русі.

Після динамічного тестування обладнання оглядають повторно, щоб упевнитися, що під навантаженнями не виникли дефекти, які можуть становити загрозу для працівників.

Результати всіх випробувань оформлюються актом, що є обов'язковим документом у системі охорони праці на виробництві та підтверджує безпечність подальшої експлуатації класифікатора.

3.4. Пожежна безпека при роботі зі спіральним класифікатором

Пожежна безпека під час роботи зі спіральним класифікатором забезпечується контролем електрообладнання, попередженням перегрівів підшипників, усуненням витоків мастила та недопущенням накопичення горючих матеріалів поблизу агрегату. Особливу увагу приділяють справності систем блокування, правильному користуванню засобами пожежогасіння та дотриманню правил експлуатації електроталі та приводу класифікатора. Нижче в таблиці 3.3 наведені основні заходи з пожежної безпеки [20].

Таблиця 3.3.

Основні вимоги пожежної безпеки при роботі зі спіральним класифікатором

Категорія	Основні вимоги пожежної безпеки
Електробезпека	Перевірка справності ізоляції та кабелів перед роботою. Заземлення всіх металевих частин класифікатора. Заборона використання пошкоджених електропроводів. Вільний доступ до електрощитів і аварійних кнопок.
Перегрів механізмів	Контроль температури підшипників та валів. Використання мастил, рекомендованих виробником.

	Усунення витоків мастила, недопущення потрапляння на гарячі поверхні.
Блокування та автоматика	Справність кінцевих вимикачів і блокувань. Заборона експлуатації при відмові будь-якої системи захисту.
Горючі матеріали	Заборона зберігання тари, ганчір'я, мастил поруч із класифікатором. Регулярне очищення обладнання від пилу та відходів.
Відкрите полум'я та нагрівальні прилади	Заборона куріння та використання відкритого вогню в зоні класифікатора. Зварювальні роботи проводяться лише за нарядом-допуском.
Зберігання і використання ЛЗР і ГР	Зберігати тільки у закритій металевій тарі. Використовувати у добре вентильованій зоні. Не допускати попадання на нагріті механізми.
Засоби пожежогасіння	Наявність порошкових або вуглекислотних вогнегасників поруч із класифікатором. Комплект: ящик із піском, лопата. Персонал повинен бути навчений користуванню вогнегасниками.
Організаційні заходи	Проведення первинних та періодичних інструктажів з пожежної безпеки. Регулярна перевірка електрообладнання. Обов'язкова наявність плану дій у разі пожежі.
Дії в разі загоряння	Негайно зупинити класифікатор та відключити живлення. Використати вогнегасники або пісок. Повідомити керівництво та пожежну охорону. Не використовувати воду для гасіння електрообладнання.

ВИСНОВКИ

Аналіз типових відмов базового класифікатора показує наявність суттєвих конструктивних недоліків. Серед основних проблем: використання відкритих зубчастих передач у приводі, малий ресурс підшипників ковзання, часті поломки наполегливих підшипників та стопорних пристроїв цапф верхніх опор, а також інтенсивний абразивний знос валів спіралей, лопатей і футеровки, вихід з ладу підшипників нижніх опор.

Одним із ключових недоліків конструкції є застосування одного приводу на дві спіралі, що спричиняє повну зупинку машини при відмові навіть одного робочого органа або вузла приводу.

Перераховані проблеми унеможливають стабільну роботу агрегату, викликають часті зупинки на ремонти, збільшують витрати на запасні частини та електроенергію, що негативно впливає на собівартість продукції. Аналіз патентної бази також свідчить, що оптимальної конструкції приводу, яка б відповідала сучасним технологічним, експлуатаційним та ремонтним вимогам, досі не створено.

У зв'язку з цим пропонується модернізація, що передбачає:

- застосування індивідуального приводу для кожної спіралі;
- заміну відкритих зубчастих передач на закриті;
- використання мотор-редуктора, співвісно з'єданого зі спіраллю та встановленого на поворотних цапгах рами.

Запропоновані зміни забезпечать підвищення продуктивності класифікатора, скорочення кількості деталей приводу, зменшення витрати мастильних матеріалів, спрощення та прискорення ремонтних робіт, а також дадуть змогу підтримувати безперервність технологічного процесу навіть при виході з ладу одного приводу або млина, що працює у зв'язці.

Застосування закритих передач додатково знижує вплив шкідливих і небезпечних виробничих факторів на персонал, покращує санітарно-гігієнічні умови та має позитивний екологічний ефект.

Список використаних джерел

1. Офіційний сайт ПАТ «АМКР» <https://ukraine.arcelormittal.com/>
2. Каталог «Криворіжсталь» - 70 років - 70 кроків у майбутнє; 2004рік - 15с.
3. Сировинні матеріали та їх підготовка до металургійних процесів: підручник / С.А. Воденніков, С.О. Гаврилко, В.М. Очинський та ін., за редакцією професора Червоного І.Ф.; Запорізька державна інженерна академія. Запоріжжя: ЗДІА, 2013. – 408 с.
4. Технічне обслуговування металургійного обладнання / Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. — Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. — 288 с.
5. Технічна характеристика та інструкція з експлуатації двоспирального класифікатора 2 КСН-30.
6. Агрегатний журнал класифікатора 2КСН-30 інв. №51 секції № 5 РЗФ -1.
7. Удосконалення технологій і обладнання агломераційного виробництва / Учитель О.Д., Засельський В.Й., Пополов Д.В., Засельський І.В.: монографія. Кривий Ріг: Літерія, 2018. - 184 с.
8. UA №143298., Баланюк Олександр Васильович, Спіральний класифікатор, 27.07.2020, Бюл.№ 14. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1445521/>
9. CN202951547U, XINJIANG MACROLINK TIANYU MINERAL CO Ltd., Шнековий класифікатор, 29.05.2013. <https://patents.google.com/patent/CN202951547U/en>
10. А.с. 1570776 В 03 В 5/52. Спіральний класифікатор/ В.П.Корж. Опубл. 15.06.90, Бюл. № 22.
11. 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.
12. Кондратенко М.М. Допуски і посадки: Стислий довідник.— Кривий Ріг, 2007. – 120 с.
13. В.П. Танай, М.І. Гармаш та ін.. Довідник практичного механіка, - Кривий Ріг, 2001, - 328с.

14. Зінченко В.І., Мамаєв Л.М., Постольник Ю.С., Основи інженерної механіки: Навч. посібник. –Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004. – 444с.
15. Монтаж металургійного обладнання: Навчальний посіб. / Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. — К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. - 330 с.
16. Ремонт металургійного обладнання. Навчальний посібник./Желябіна Н.К., Жук А.Я., Малишев Г.П.Київ. Кондор. 2018.—234с.
17. Теорія і практика змащування металургійних машин. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.090218 – Механічне обладнання /Максименко О.П., Перемітько В.В., Самохвал В.М. – Дніпропетровськ: «Системні технології», 2006р. – 172 с.
18. Єсмаханов Ж.А., Мельнік 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>.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Вимоги з оформлення письмових робіт/НМР ДУЕТ, Кривий Ріг, 2020, 53с.
<https://www.duet.edu.ua/uploads/normbase/263/vimog.pdf>

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

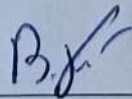
Я, *Глікін Владислав Дмитрович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

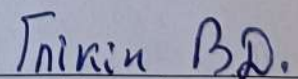
Засвідчую, що кваліфікаційна робота магістра *«Механічне обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 НКГЗК ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація приводу двоспирального класифікатора 2КСН-30»* виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу 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. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований, 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.

15.01.2026





(ініціали, прізвище, власноруч)