

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

Карпачов Станіслав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 Гірничозбагачувального виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Розробка гідроприводу підйому спіралей класифікатора 2КСН-30

(повна назва теми)

за матеріалами

Рудозбагачувальної фабрики №1 Гірничозбагачувального виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., професор
(наук. ступінь, вчене звання)


(підпис)

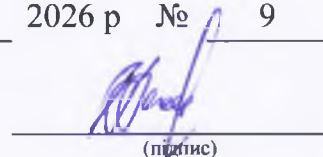
Учитель О. Д.
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 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


(підпис)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.

(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 20 »

ЖОВТНЯ

2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Карпачов Станіслав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра

Механічне обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 Гірничо-збагачувального виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Розробка гідروприводу підйому спіралей класифікатора 2КСН-30

керівник кваліфікаційної роботи магістра Учитель О. Д., д.т.н., професор

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

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра

Умови виробництва рудозбагачувальної фабрики №1 Гірничо-збагачувального виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика гідроприводу підйому спіралей 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.





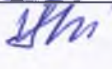

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

2 аркуші формату А1 складальний кресленик: класифікатори; 4 аркуші формату

А2 складальний кресленик: гідроциліндр, майданчик, станція гідроприводу;

1 аркуші формату А1 кресленик деталей: шток, сегмент, втулка, корпус.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

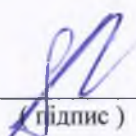
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25

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	

Здобувач


(підпис)

Карпачов С.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Учитель О. Д.

(прізвище та ініціали)

Формат	Зонт	Поз.	Означення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Знов розроблена</u>		
A1			KPM.133.26.10.00.000 СК	Складальне креслення	2	
A4			KPM.133.26.10.ПЗ	Пояснювальна записка	89	
				<u>Документація по складальним одиницям</u>		
				<u>Знов розроблена</u>		
A2			KPM.133.26.10.01.000 СК	Станція гідроприводу		
				Складальне креслення	2	
A2			KPM.133.26.10.02.000 СК	Майданчик		
				Складальне креслення	1	
A2			KPM.133.26.10.03.000 СК	Гідроциліндр		
				Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
A3			KPM.133.26.10.03.001	Корпус		
A3			KPM.133.26.10.03.002	Шток		
A3			KPM.133.26.10.03.008	Втулка		
A3			KPM.133.26.10.03.009	Сегмент		

133.26.10.KPM

Ізм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб		Карпачов		12.01.26	Гідропривод підйому спіралей класифікатора 2КСН-30	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Учитель		12.01.26		Д		1
Н.конт		Учитель		21.01.26	Відомість кваліфікаційної роботи магістра	ННТІ ДУЕТ кафедра ІГМ гр. ГМ-24м		
Затв.		Засельський		23.01.26				

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 89 стор., 20 рис., 15 табл., 21 джерела.

Об'єкт розробки – гідропривод підйому спіралей класифікатора 2КСН-30 рудозбагачувальної фабрики №1 Гірничо-збагачувального виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Ціль розробки: збільшити виробничість класифікатора, зменшити кількість деталей і вузлів приводу; зменшити кількість змащувальних матеріалів; зменшити час і засоби на обслуговування і ремонт приводу, скоротити і упростити процес демонтажу і монтажу приводу, а також дозволить забезпечити неперервність технологічного процесу при виході з ладу одного з приводів, а відповідно й млина (з яким класифікатор працює в парі).

Метод досліджень – аналітичний – визначення навантажень в механізмі підйому та розрахунки параметрів гідроприводу.

Запропонована конструкція підйому спіралей класифікатора 2КСН-30 с гідравлічним приводом. Визначено необхідну потужність електродвигунів, а також параметрів гідроциліндру.

Розглянуто організацію ремонтних робіт на підприємстві, методи монтажу і контролю при монтажі деталей і вузлів механізмів машини. Запропоновано заходи щодо організація безпечного виробництва при експлуатації, обслуговуванні і ремонті машини.

Запропонована розробка гідроприводу підйому спіралей дозволить поліпшити експлуатаційні характеристики класифікатора, усунути зношення деталей механізму переміщення.

Результати роботи можуть бути використані при реконструкції класифікаторів.

Ключові слова: КЛАСИФІКАТОР, ПУЛЬПА, ПРИВОД, СПІРАЛЬ, ФУТЕРОВКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Характеристика рудозбагачувальної фабрики №1	9
1.2 Призначення та область застосування класифікатора 2КСН-30	15
1.3 Технічна характеристика	17
1.4 Опис базової конструкції	18
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків	22
1.6 Формування мети та задач для її досягнення	24
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	25
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	25
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	30
2.3 Аналітичні розрахунки	34
2.3.1 Розрахунок навантажень і визначення вихідних даних	34
2.3.2 Розрахунок потужності приводу ходової частини класифікатора	35
2.3.3 Силовий і кінематичний аналіз механізму	37
2.3.4 Розрахунок і вибір елементів гідравлічної схеми	41
2.3.5 Розрахунки на міцність	50
2.4 Монтаж, ремонт, змащення	56
2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту	56
2.4.2 Технологічна карта монтажу	58
2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення	63
2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів	67
2.4.5 Змащення	69
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	74
3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей	74
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей	77
3.2.1 Засоби індивідуального захисту	80

	7
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої	82
3.3 Пожежна профілактика	83
ВИСНОВОК	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87
ДОДАТКИ	89

ВСТУП

На рудозбагачувальних фабриках гірничо-збагачувального комбінату виробляється концентрат, який є сировиною для подальшого виробництва агломерату. Технологічний процес виготовлення концентрату є надзвичайно складним і вимагає безперервної роботи обладнання в справному стані. Особливу увагу приділяють першій стадії обробки подрібненої руди, зокрема ділянці подрібнення, де використовуються кульові млини та класифікатори.

Класифікатори виконують функцію поділу матеріалу на дві фракції різного розміру за допомогою рідкого середовища. Вода з частинками мінеральних домішок утворює пульпу, яка подається на класифікатор як початковий продукт. У результаті роботи класифікатора пульпа розділяється на два кінцевих продукти: більші частинки утворюють піщану фракцію (або піски), а дрібніші – злив.

Рудозбагачувальна фабрика №1 оснащена одним класифікатором на два млини, що відрізняється від більш сучасної фабрики №2. Така особливість диктує необхідність постійного технічного обслуговування устаткування для збереження його працездатності, а також викликає потребу підвищення продуктивності.

Впровадження гідроприводу підйому спіралей приводу класифікатора дозволить усунути деякі недоліки базового обладнання та забезпечити його вищу продуктивність.

З огляду на зазначене, тема кваліфікаційної роботи є актуальною з точки зору вирішення завдання підвищення експлуатаційної ефективності обладнання.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика рудозбагачувальної фабрики №1

Опис технологічного процесу рудозбагачувальної фабрики №1, або РЗФ-1.

Подача руди здійснюється так: роздрібнена руда з розміром частинок, що не перевищують 12,5% класу понад 20 мм, передається стрічковими конвеєрами дробильної фабрики на РЗФ-1. Завантаження розподільних бункерів виконується за допомогою конвеєрів С-17, С-19, С-18 та С-20, обладнаних розвантажувальними пристроями.

Для забезпечення рівномірного розподілу руди між бункерами фабрики, розвантажувальні пристрої функціонують у човниково-крапковому режимі [1].

Із бункерів дроблена руда через систему конвеєрів-живильників подається до млинів першої стадії подрібнення. Оператор пульта управління технологічної дільниці (ПУ ТД) кожні дві години перевіряє обсяг руди, що надходить для первинного подрібнення. Контроль здійснюється на основі показань ваг типу «ЕрМак-ВК» та «ВЕР-10», які встановлені на відповідних конвеєрах.

Кульове завантаження млинів МШЦ-3600Х5000 має становити від 90 до 100 тонн. Довантаження млинів здійснюється раз на добу кулями діаметром 60 мм або роздріблюючими тілами Т-9. Розрахунок кількості куль для довантаження виконується згідно із затвердженими нормативами та обсягом виробленого концентрату. Контроль наповнення млинів кулями та визначення потрібної кількості для довантаження покладається на начальника технологічної дільниці. Результати розрахунку документуються у встановлений журнал.

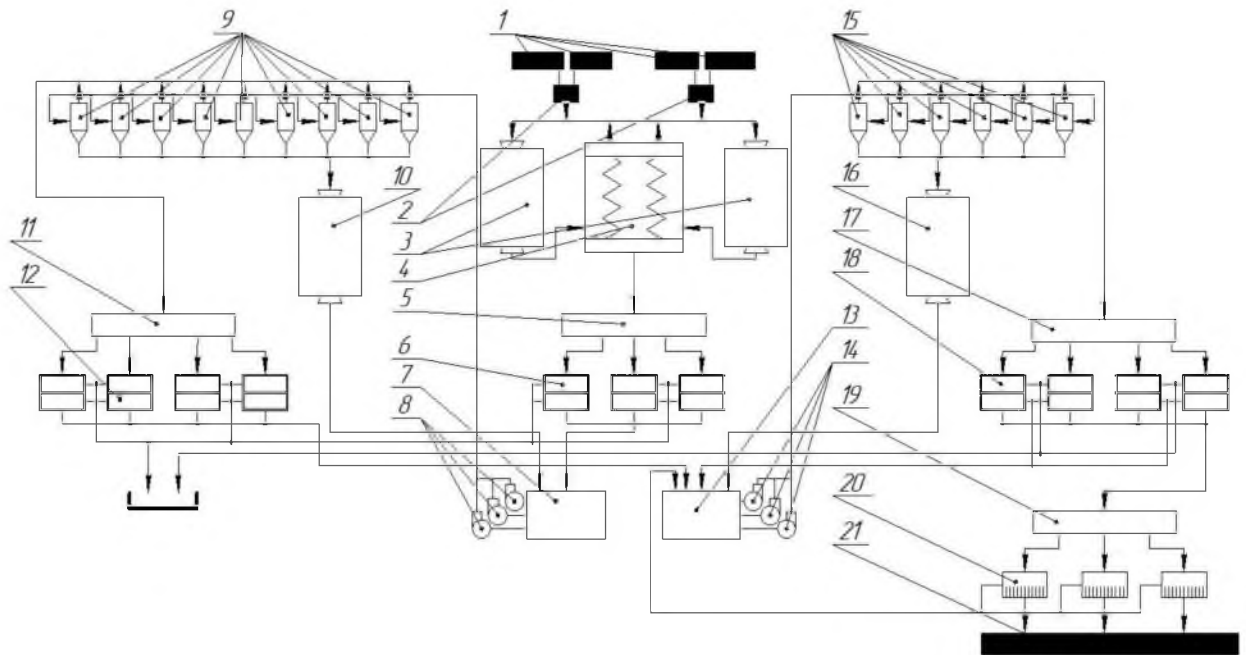


Рис. 1.1 Схема ланцюга апаратів РЗФ-1

- 1 – конвеєр-живильник (В=1000); 2 – конвеєр похилий (В=1000);
 3 – млин МШЦ-3600Х5000; 4 – класифікатор 2КСН-30;
 5 – пульпорозподільник 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 – пульпорозподільник чотирьох струминний;
 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 – пульпорозподільник чотирьох струминний;
 18 – агрегат ПБМ-ПП-90/250, що складається з двох магнітних сепараторів
 (MR 9/25); 19 – пульпорозподільник чотирьох струминний;
 20-вакуум-фільтр ДШ-100-2.5;
 21 – конвеєр (В=1000) транспортування концентрату.

Джерело: розроблено із використанням [1]

Магнітне збагачення проводиться на барабанних магнітних сепараторах моделей ПБМ-П-90/250 із протivotочною ванною, ПБМ-ПП-90/250 або MR-9/25 із напівпротivotочною ванною.

На першій стадії магнітної сепарації обробляється злив спірального класифікатора густотою від 1500 до 1600 г/л (обладнання позиція 4, рисунок 1.1). Злив самопливом через триступінчастий пульпорозподільник (позиція 5, рисунок 1.1) надходить на три агрегати (позиція 6, рисунок 1.1), кожен з яких складається з двох барабанних магнітних сепараторів. Процес відбувається у два етапи з перечищенням магнітного продукту, у результаті чого отримуються промисловий продукт та відвальні хвости. Немагнітний продукт другого етапу перенаправляється до насосної станції другої стадії класифікації (позиція 7, рисунок 1.1), після чого насосами моделі 8ГрК-8 (позиція 8, рисунок 1.1) подається на гідроциклони другої стадії класифікації (позиція 9, рисунок 1.1).

Сепараторник регулює кількість води, що надходить, за допомогою засувки на трубопроводах водопостачання [1].

У процесі другої стадії магнітної сепарації використовуються зливи гідроциклонів другої стадії класифікації (поз.9 рис.1.1). Для цього на секції розміщено чотири агрегати (поз.12 рис.1.1), кожен з яких складається з двох барабанних магнітних сепараторів. Сепарація виконується у два етапи, з перечищенням магнітного продукту. У результаті отримуються промпродукти та відвальні хвости. Продуктивність одного агрегата по живленню повинна становити від 28 до 37 тонн на годину. У звичайному режимі роботи секції функціонують щонайменше три агрегати. Немагнітний продукт другого етапу повертається в зумпф насосної третьої стадії класифікації (поз.13 рис.1.1) і далі за допомогою насосів 8ГрК-8 (поз.14 рис.1.1) транспортується до гідроциклонів третьої стадії класифікації (поз.15 рис.1.1).

Живлення третьої стадії магнітної сепарації здійснюється зі зливу гідроциклонів третьої стадії класифікації (поз. 15 рис. 1.1). У секції також

встановлено чотири агрегати (поз. 18 рис. 1.1), кожен із яких складається із двох барабанних магнітних сепараторів. Як і в попередній стадії, магнітна сепарація виконується в два етапи: на першому отримують відвальні хвости, на другому – концентрат і немагнітний продукт. Немагнітний продукт другого етапу повертається до зумпфа насосів третьої стадії класифікації (поз. 13 рис. 1.1). Продуктивність одного агрегату по живленню повинна складати від 21 до 28 т/год, а в роботі одночасно мають бути задіяні щонайменше три агрегати.

Обезводнення концентрату проводиться шляхом обробки магнітного продукту третьої стадії сепарації з густиною від 1600 до 1800 г/л, який подається через пульпорозподільник. Дана операція реалізується на дискових вакуум-фільтрах ДШ-100-2,5, що забезпечують необхідний рівень зневоднення концентрату. Для досягнення максимальної ефективності процесу потрібно дотримуватись таких умов: вакуумний тиск слід підтримувати в межах 70-80 кПа, а тиск повітря для обдуву кеку має становити 60-80 кПа. Після зневоднення концентрат транспортується до складських приміщень за допомогою системи конвеєрів. Продукт із секцій надходить на збірні конвеєри СК-1, СК-2, СК-7, СК-8 та 0-28, після чого переміщується за допомогою похилих конвеєрів СК-4 і СК-10 для подальшого складування. Зокрема, концентрат із конвеєрів СК-1 і СК-2 направляється на СК-4, а з конвеєрів 0-28, СК-7 і СК-8 — на СК-10. Дані про поточне навантаження на транспортувальних вузлах СК-4 і СК-10 передаються оператором ПУ ВУС і ОК до оператора ПУТД РЗФ-1 телефоном [1]. Основна інформація щодо механічного обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 ГЗКа ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» наведена в таблиці 1.1.

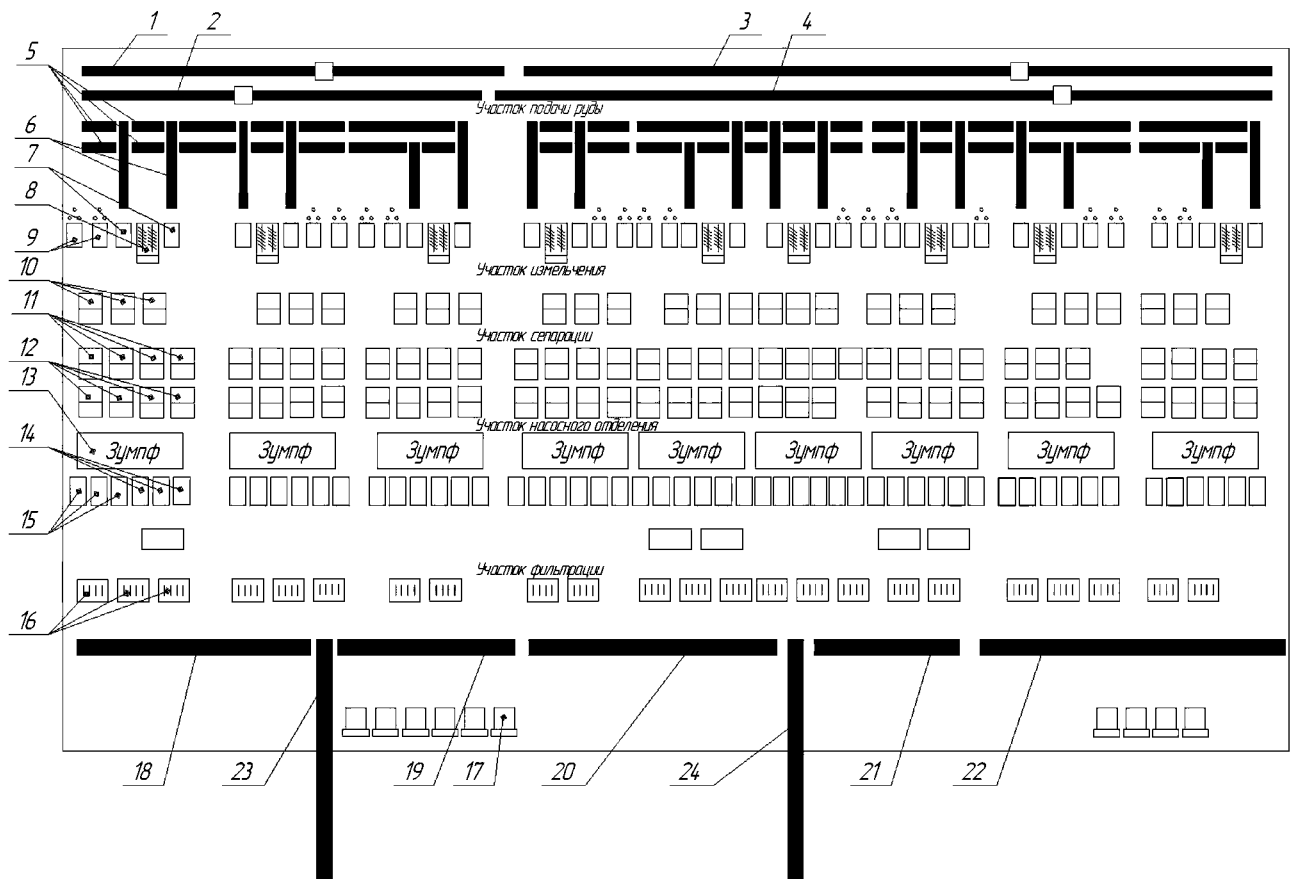


Рис. 1.2 Схема розташування устаткування РЗФ-1

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-ПП-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.

Джерело: розроблено із використанням [1]

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 шлітина 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

Джерело: розроблено із використанням [1]

Продовження таблиці 1.2

Коротка характеристика механічного устаткування

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

Джерело: розроблено із використанням [1]

1.2 Призначення та область застосування класифікатора 2КСН-30

Сферу застосування класифікаторів різних підгруп можна окреслити наступним чином. У відділеннях подрібнення на збагачувальних фабриках

переважно використовують механічні класифікатори різних конструктивних типів, а також класифікуючі гідроциклони. Ці апарати слугують для виділення з продуктів подрібнення тонкого зливу, який за своїми параметрами придатний для подальшого процесу збагачення. У більшості випадків механічні класифікатори та гідроциклони діють у замкненій системі разом із млинами [2].

У згущувальних відділеннях головна функція класифікаційних апаратів полягає в проведенні операції обезводнення, зокрема згущення. Ця процедура спрямована на зменшення вмісту вологи у вихідному матеріалі шляхом відокремлення з нього освітленої рідкої фази, що містить лише незначну кількість найдрібніших шламових часток.

У відділеннях промивки застосовуються спеціалізовані промивально-класифікуючі пристрої, розроблені для диспергування та перемішування в'язких, здебільшого глинистих, домішок, які відділяються у формі шламів. До таких апаратів належать бутари, скрубери та мийки.

У магнітних збагачувальних відділеннях для знешламлювання матеріалів широко застосовують гідравлічні конуси та знешламлювачі.

У осадочних і концентраційних відділеннях звичайні багатокамерні гідравлічні класифікатори використовуються для попереднього розділення вихідного матеріалу на кілька фракцій за крупністю. Кожна окрема фракція спрямовується на наступні етапи збагачення, такі як відсадка або концентрація на столах.

Двохспіральный класифікатор з незануреною спіраллю використовується переважно для наступних операцій:

- розділення матеріалу на зернисту частину і шлами під час обробки руд методами гравітації, флотації або ціанування;
- виділення шламів з відвальних потоків промивальних апаратів при обробці розсипних руд [2].

На рудозбагачувальній фабриці №1 ГЗКа ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» використовується класифікатор типу 2КСН-30 з діаметром 3000x12500

мм. Його основне призначення – розділення матеріалу за крупністю. Процес здійснюється із попередньо подрібненим у млинах матеріалом, який вводять до класифікатора у вигляді пульпи та перенаправляють для подальшого використання у збагаченні руд або обробці інших видів мінеральної сировини.

1.3 Технічна характеристика

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	18030'
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
Механізм підйому:	
електродвигун	АО42-4
швидкість обертання, об/хв.	1420
потужність,	2,8

швидкість підйому спіралі, м/хв.	0,34
Габаритні розміри, мм:	
довжина	15900
ширина	6800
Маса, т	62,08

1.4 Опис базової конструкції

Класифікатор 2КСН-30 (див. рис. 1.3) складається з похилого корита 13, в середині якого обертаються дві спіралі 12. Вони приводяться в рух за допомогою спеціального привода, який включає в себе електродвигун 1, втулково-пальцеву муфту 2, редуктор 3, зубчасту муфту 4, швидкохідну проміжну вал-шестерню 5, тихохідний проміжний вал 6, циліндричне колесо 7 та конічне колесо 8.

Нижня частина корита слугує осадним басейном для пульпи, яка подається по жолобу через бічне розвантажувальне вікно. Розміри басейну (його об'єм і площа поверхні) визначаються кутом нахилу корита ($18^{\circ}30'$) і висотою нижньої торцевої стінки (порогу), через яку тонка фракція матеріалу виводиться у вигляді зливу. Злив, переливаючись через поріг, потрапляє до лотка нижньої торцевої стінки і далі спрямовується на наступні стадії обробки [2].

Спіралі, що повільно обертаються, забезпечують необхідне перемішування пульпи у басейні і переміщують осадні піски по похилому днищу корита вгору, до розвантажувального отвору.

Звідти піски направляються на доподрібнення у млин, який зазвичай працює в замкнутому циклі разом із класифікатором. Рух пісків у кориті відбувається по центральній частині, тоді як простір поруч із бічними стінками використовується для зворотного стоку води. При перерві у роботі кінці спіралей, розташовані в осадному басейні, піднімаються вгору завдяки підйомному механізму, встановленому на вал спіралі. Цей механізм

складається з електродвигуна, муфти втулково-пальцевого типу та редуктора. Така конструкція запобігає замуленню спіралей під час їхньої бездіяльності, а при поновленні роботи дозволяє поступово опустити обертові спіралі, забезпечивши обробку пісків, що осіли у кориті. Це рішення виключає надмірну напругу та перевантаження елементів спіралей і приводів.

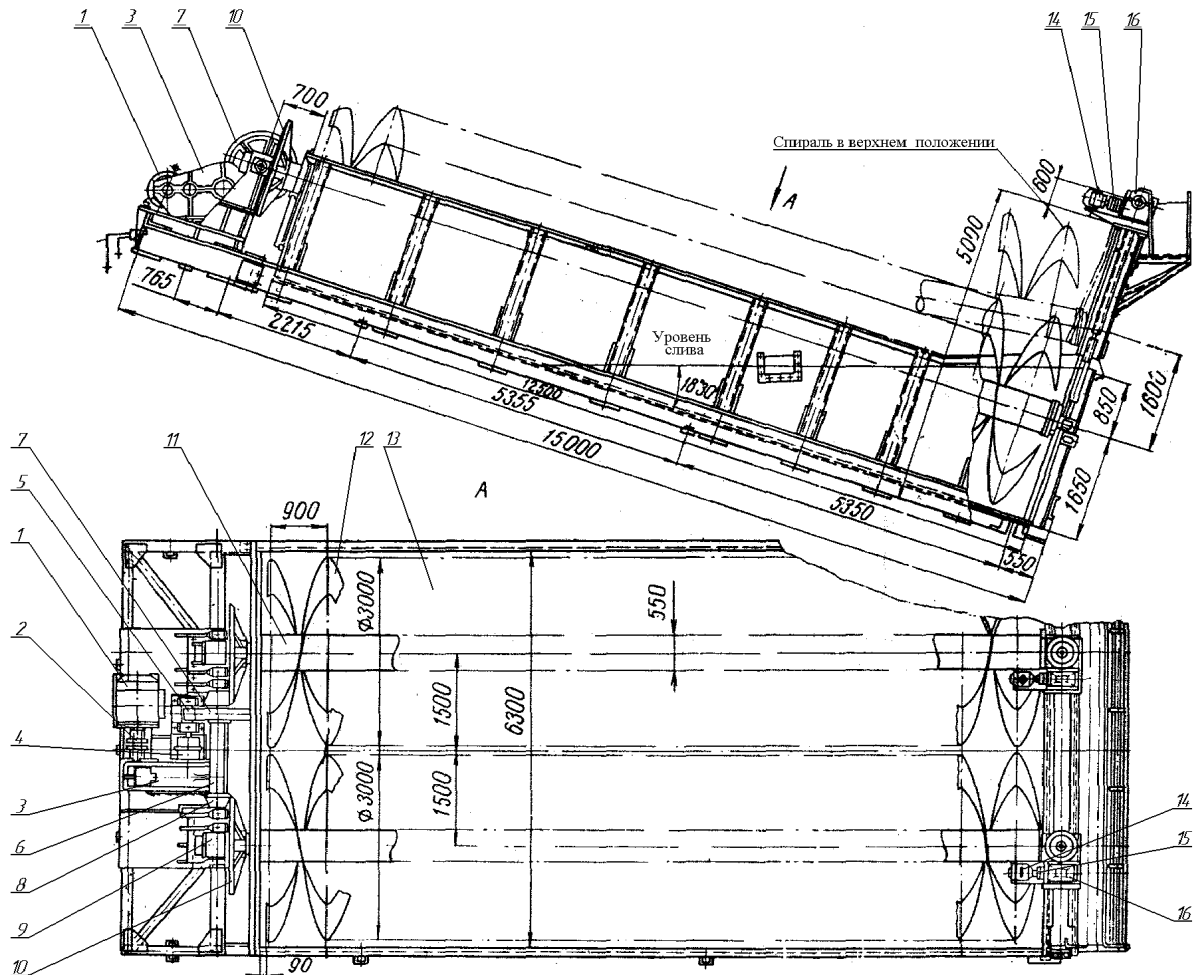


Рис. 1.3 Класифікатор 2КШ-30

1 – електродвигун; 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.

Джерело: розроблено із використанням [2]

Підйом і обертання спіралей під час їх опускання забезпечуються конструкцією приводного кінця кожної спіралі, яка містить поворотну траверсу 9 та конічну зубчасту пару, що складається з коліс 8 та 10. Привод класифікатора 2КСН-30 (рис.1.4) включає електродвигун 1 типу АО93-8/4 з потужністю 45 кВт. Обертальний момент від двигуна передається через втулково-пальцеву муфту 2 до швидкохідного вала редуктора 3. Звідти він переходить на тихохідний вал редуктора, який з'єднаний за допомогою зубчастої муфти 4 з вал-шестернею 5. Вал-шестерня монтується на підшипниках кочення 6 і передає момент на циліндричне колесо 7, розташоване на тихохідному проміжному валу 8. Сам вал підтримується в підшипниках ковзання 10. На обох кінцях проміжного вала 8 змонтовані конічні колеса 9, які рівномірно розподіляють обертальний момент і передають його далі на конічні колеса 13. Ці колеса встановлені на валах спіралей класифікатора 14. Для забезпечення підйому та обертання спіралей при їх опусканні на приводному кінці кожної спіралі є поворотна траверса 16, яка спирається на підшипники ковзання 15. Водночас вал спіралі класифікатора фіксується на підшипнику ковзання 12 і радіально-наполегливому підшипнику 11.

Спіраль є двозахідним гвинтовим шнеком, що складається з вала, на якому закріплені спиці з гвинтоподібно розташованими лопостями. Для захисту лопостей, які піддаються інтенсивному абразивному зносу, на них встановлюються змінні футеровки. На нижньому кінці спіралі розташована нижня підшипникова опора 17. Ця опора має фланцеве кріплення до вала спіралі і оснащена гідроущільненням у поєднанні з контактними ущільненнями, що запобігає потраплянню пульпи в підшипниковий відсік. Нижня опора з'єднана з механізмом підйому через спеціальну підвіску. Механізм підйому спіралі включає наступні елементи: електродвигун, еластичну муфту, черв'ячний редуктор, ключову зубчасту конічну пару, гвинтову штангу і трубчасту підвіску. На нижньому кінці підвіски знаходиться сержка, що фіксується до корпусу нижньої опори [6,7].

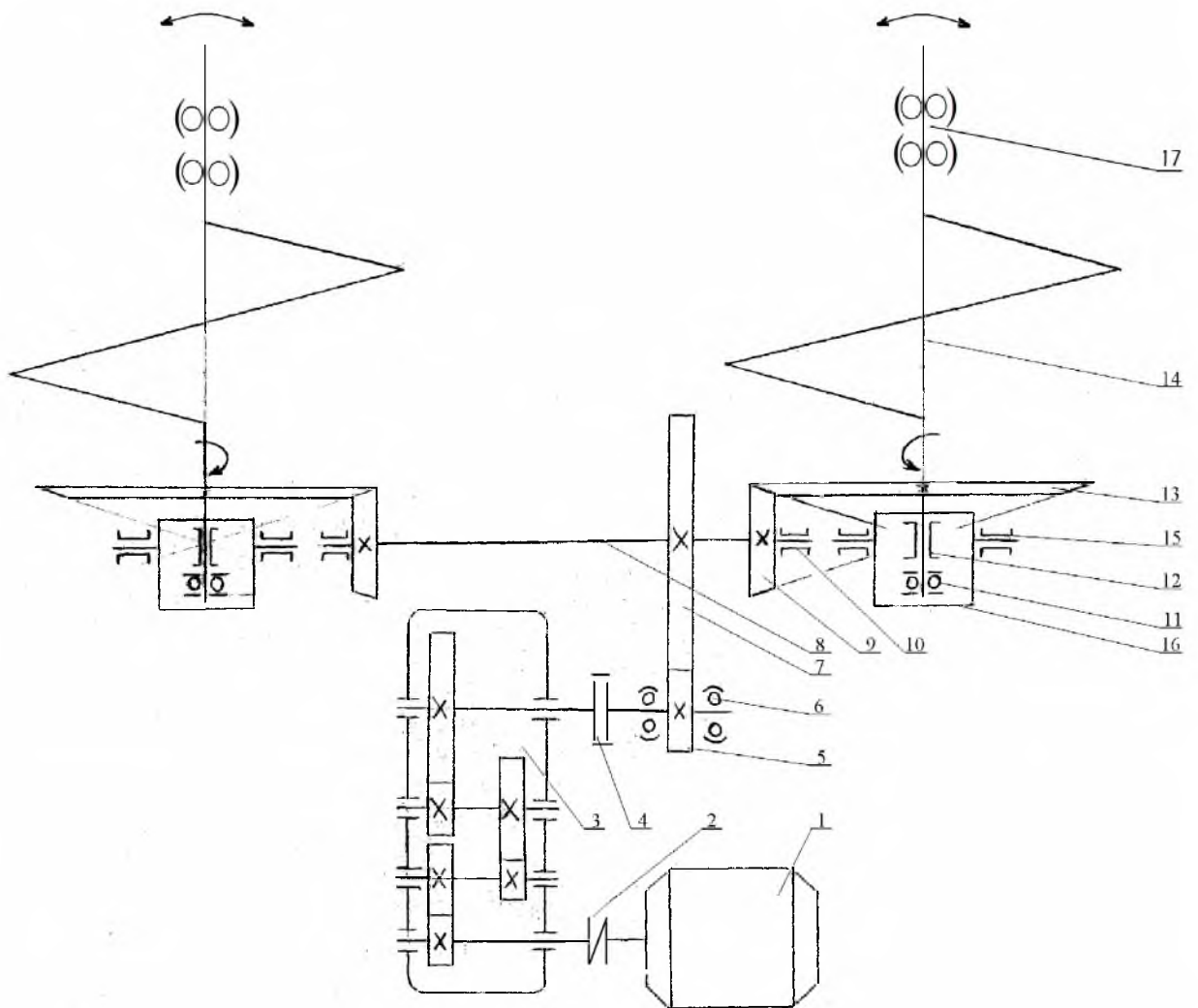


Рис. 1.4 Кінематична схема приводу класифікатора 2КСН-30

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 – кінчне колесо; 10 – підшипники ковзання; 11 – радіально наполегливий підшипник; 12 – підшипники ковзання; 13 – кінчне колесо; 14 – вал спіралі класифікатора; 15 – підшипники ковзання; 16 – поворотна траверса; 17 – нижня підшипникова опора.

Джерело: розроблено із використанням [2]

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків

Аналіз роботи класифікатора за трирічний період з 02.01.2022 по 27.12.2025 (дані на основі агрегатного журналу класифікатора 2КСН-30, інв. №51, секція №5 РЗФ-1) наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Аналіз неполадок класифікатора

Причина зупинки машини. Виконані роботи	Кількість зупинок
Заміна (ревізія) напологливого підшипника 8236 верхньої опори	39
Обірваний болт стопорної планки корончатої гайки	8
Обламана стопорна планка корончатої гайки	2
Знос зубів шестерень проміжного валу і конічних колес спіралей. Перевірка відсотка зносу зубів. Заміна вала	9
Заміна траверси	5
Заміна конічного колеса спіралі. Заміна спіралі в зборі (унаслідок заміни конічного колеса)	4
Обрив пальців швидкохідної муфти. Ревізія, заміна муфти	9
Заміна нижнього (верхнього) вкладишів проміжного валу	11
Теча мастила по роз'єму редуктора РМ-850. Ревізія редуктора. Заміна вузлів редуктора	32
Ревізія нижньої опори, заміни підшипників, ущільнень	45
Заміна спіралі в зборі (унаслідок заміни цапфи нижньої опори)	2
Частково відсутня футеровка лопостей	41
Часткова заміна лопостей	30
Заміна спіралі (у м/брухт)	1
Лопнув вал спіралі (по зварці), заміна спіралі	1

Джерело: розроблено із використанням [2]

За результатами спостережень і аналізу основних несправностей встановлено, що конструкція машини має низку недоліків.

Зокрема, використання відкритих зубчастих передач у приводі класифікатора у складних умовах зовнішнього агресивного середовища призводить до значного абразивного зношування зубів.

Короткий термін служби підшипників ковзання на тихохідному проміжному валу зумовлений дією надмірних радіальних навантажень.

Підвищені осьові та вібраційні навантаження, викликані збільшенням випуску піскової та тонкої фракції, спричиняють часті виходи з ладу наполегливих підшипників верхніх опор і пошкодження стопорних пристроїв корончатих гайок кінців цапф верхніх опор.

Вали спіралей, лопаті й футерування зазнають підвищеного зношування через постійне перебування в суміші технічної води й пульпи, що також є причиною частих поломок підшипників нижніх опор.

Одним із ключових конструктивних недоліків класифікатора є застосування одного приводу для двох робочих органів (спіралей).

Це означає, що вихід з ладу однієї зі спіралей або елементів приводу зупиняє всю машину, що своєю чергою призводить до зупинки обох млинів, які входять у замкнутий технологічний цикл разом із кожною спіраллю класифікатора.

Усі перелічені недоліки перешкоджають ефективній роботі агрегату. Часті зупинки на планові та позапланові ремонти скорочують продуктивність і збільшують необхідність у витраті запасних частин та електроенергії, що в підсумку підвищує собівартість продукції.

1.6 Формування мети та задач для її досягнення

Метою роботи є:

1. Провести аналіз існуючої конструкції приводу двоспирального класифікатора 2КСН-30 на основі експлуатаційних даних, отриманих під час переддипломної практики, виявити головні недоліки конструкції, що можуть впливати на її довговічність, надійність, а також умови обслуговування та ремонту.
2. Виконати літературно-патентний огляд конструкцій подібних машин для визначення можливих варіантів вирішення виявлених проблем існуючої системи.
3. Розробити пропозиції з модернізації приводу.
4. Здійснити необхідні розрахунки для визначення параметрів оновлених вузлів і деталей.
5. Скласти креслення модернізованих вузлів і механізмів.
6. Підготувати розділи, які стосуються монтажу, ремонту та змашення оновленого приводу.
7. Провести обрахунки економічного ефекту від реалізації заходів із модернізації.
8. Розробити план заходів щодо забезпечення охорони праці.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

Опис винаходу з роботи [3] (додаток А) стосується конструкції спірального класифікатора (рисунок 2.1), що складається з ряду основних елементів. Основою пристрою є похиле корито 1, у якому розміщена спіраль 2, закріплена на валу 3. Вал має опори на обох кінцях: верхню 4 та нижню 5, і приводиться в рух від приводу 6.

У нижній опорі 5 розташований корпус 7 з кришкою 8, що містить хвостовик із нарізкою. У корпусі є підшипники 9 і 10, які утримують нерухому вісь 11.

Вісь 11 спирається на вісь підйомника 13 за допомогою вала 12. На цій осі, аксіально і нерухомо, встановлений повітряний приймач у вигляді циліндричного стакана 14. Його циліндрична частина звернена до днища корита 1 і оснащена розтрубом 15. Стакан 14 фіксується гвинтом 16 і ущільнений статичним ущільненням 17. Між кришкою 8 і стаканом 14 також передбачене рухоме ущільнення 18.

На зануреному кінці спіралі 2 розташована кишень 19, яка має відкриту горловину по напрямку обертання спіралі для захоплення повітря. Це повітря транспортується в розтруб.

Для промивання кишені 19 на кориті 1 встановлено спеціальне сопло 20. У роботі системи повітря, що знаходиться у повітряному приймачі та перебуває у замкнутому стані, відділяє герметичну порожнину корпусу 7, де розташовані підшипники 9 і 10, від пульпи. При цьому манжетне ущільнення 21 контактує виключно з повітрям, забезпечуючи роботу в звичайних умовах без ризику контакту із пульпою.

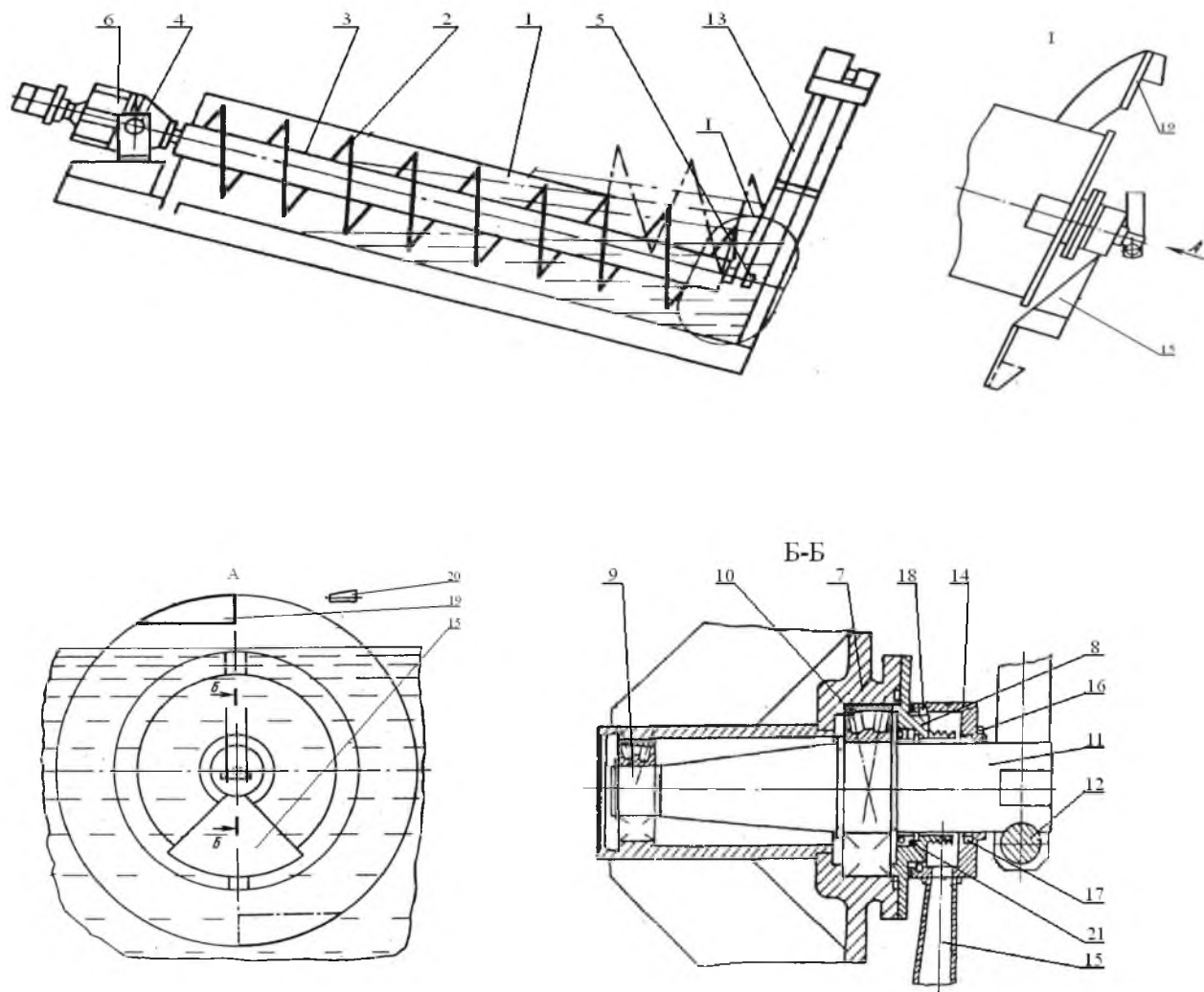


Рис. 2.1 Спиральний класифікатор

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 – кишень; 20 – сопло; 21 – манжетне ущільнення

Джерело: розроблено із використанням [3]

Пульпа, яка просочується через рухоме ущільнення 18, потрапляє на різьбу хвостовика кришки 8 і за допомогою гвинтової канавки відкидається від її кінця. Це забезпечує захист нерухомої осі 11 від попадання пульпи всередину стакану 14.

Описання винаходу відповідно до роботи [5]:

Спіральний класифікатор (рис. 2.2) складається з похилого корита 1, у якому встановлені спіралі 2, 3, що приводяться в дію за допомогою приводу 4. У нижній частині похилого корита між спіралями 2 та 3 розміщена перегородка 5 із зливною кромкою 6. Верхня кромка перегородки лежить горизонтально, а сам елемент щільно прилягає до зливного порогу.

Особливістю пристрою є те, що довжина перегородки, встановленої між спіралями, відповідає довжині зони осадження. Зливна кромка виконана вздовж усієї довжини перегородки, що дозволяє усунути циркуляційно-вихрові потоки пульпи. Завдяки цьому запобігається потрапляння великих частинок пульпи у злив і тонких часток у піски класифікатора, що значно покращує ефективність його роботи.

Крім того, у такій конструкції перегородки піски рівномірно розподіляються між обома спіралями в зоні транспортування. Це сприяє рівномірному навантаженню на обидві спіралі, що суттєво підвищує надійність роботи класифікатора.

Необхідну продуктивність забезпечує зливний жолоб, який розташований на частині бічної стінки корита класифікатора, протилежній тій, де знаходиться живильний жолоб.

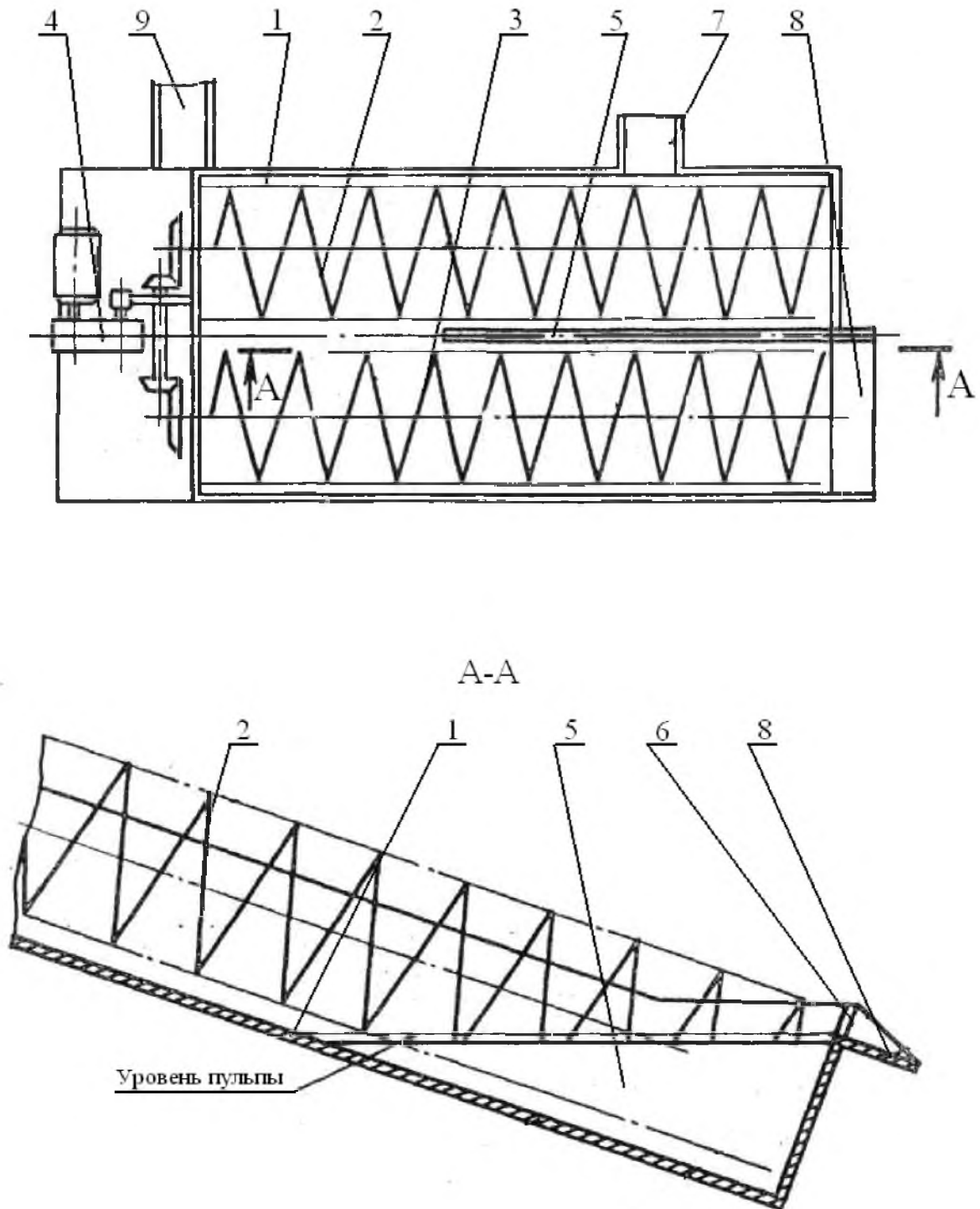


Рис. 2.2 Спіральний класифікатор

1 – похиле корито; 2,3 – спіралі; 4 – привод; 5 – перегородка;
 6 – зливний поріг; 7 – живлячий жолоб; 8 – зливний жолоб;
 9 – пристосування для виведення пісків

Джерело: розроблено із використанням [5]

Опис винаходу наведено відповідно до джерела [4].

Футеровка (див. рис. 2.3) складається з набору футеровочних плоских плит, які консольно прилягають до стрічки спіралі. Ці плити мають форму контурів кільцевих секторів і виготовлені з гуми, стійкої до зношування в умовах абразивного середовища. Гумова футеровка із смугами кріплення, розташованими у внутрішній її частині, має гладку робочу поверхню зі спеціальними заглибленнями під головки болтів. Така конструкція сприяє підвищенню довговічності футеровки в цілому. Кріпильна смуга, що знаходиться усередині футеровки, має отвори для болтів. За допомогою цих болтів сектор футеровки щільно притискається до стрічки спіралі, створюючи силу тертя між ними. Завдяки цьому запобігається зсув деталей на стику, забезпечується жорсткість з'єднання та підвищується надійність кріплення футеровки.

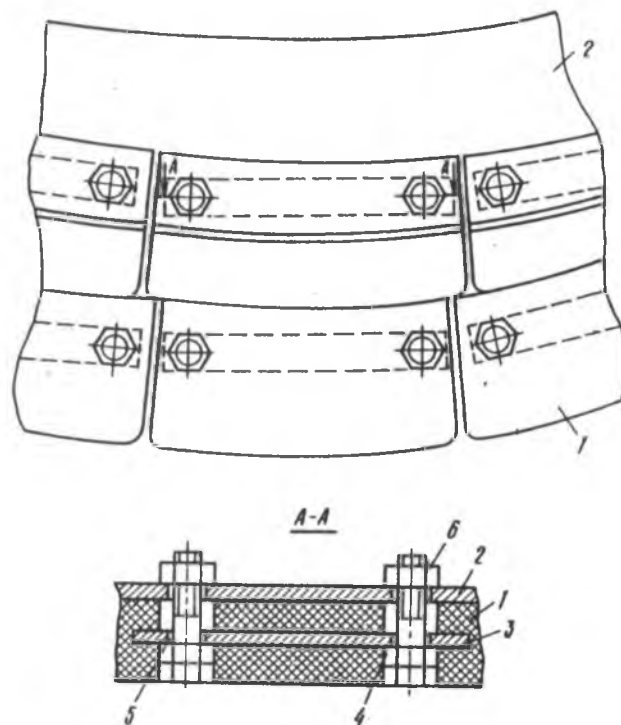


Рис. 2.3 Гумова футеровка спіралей класифікатора

1 – футеровка; 2 – стрічка спіралі; 3 – смуги кріплення; 4 – поглиблення під головки болтів; 5 – отвори в смузі кріплення; 6 – кріпильні болти

Джерело: розроблено із використанням [4]

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

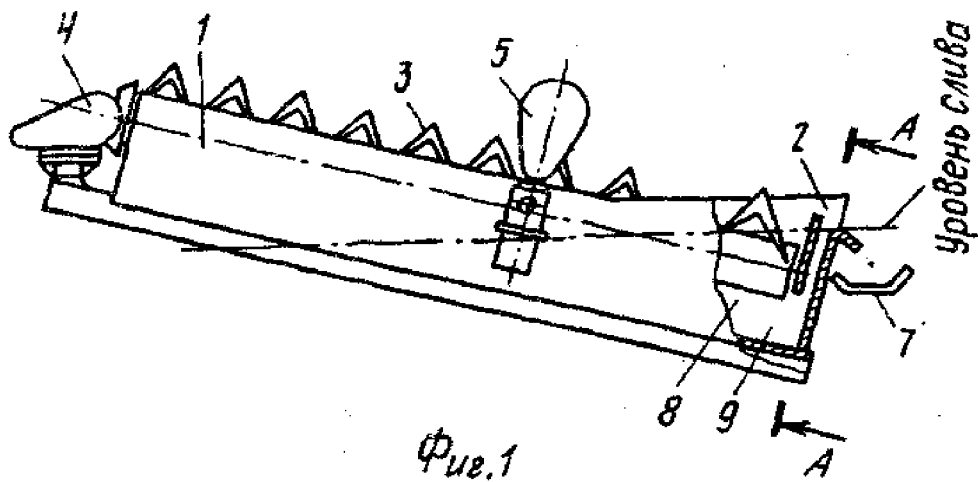
Розглянуті винаходи, представлені в авторських свідоцтвах, здебільшого спрямовані на модернізацію або реконструкцію робочого органу (спіралі), а також ванни-корита класифікатора. Основна мета таких удосконалень полягає у збільшенні терміну служби нижньої опори спіралі, мінімізації впливу агресивного середовища на вузли підшипників нижньої опори, підвищенні надійності функціонування класифікатора, а також покращенні ефективності розділення і видалення пісків і дрібних частинок пульпи. Додатковим завданням є зменшення металоємності конструкції та забезпечення більш тривалого терміну експлуатації футеровки лопастей спіралі класифікатора. У рамках зазначених винаходів розроблено нову модель приводу класифікатора, яка належить до класифікаційного обладнання і може знайти застосування в гірничорудній, цементній та інших галузях промисловості.

Цілі поліпшення конструкції полягають у підвищенні ефективності процесу класифікації. Конструкція класифікатора передбачає похиле корито з зливальним порогом і днищем. У його внутрішній частині розміщуються спіралі з приводом, а також пристрій для підйому спіралів, який транспортує суміш до зливальної воронки. Між зливальним порогом і спіралями встановлено глуху перегородку, що покращує процес розподілу матеріалу.

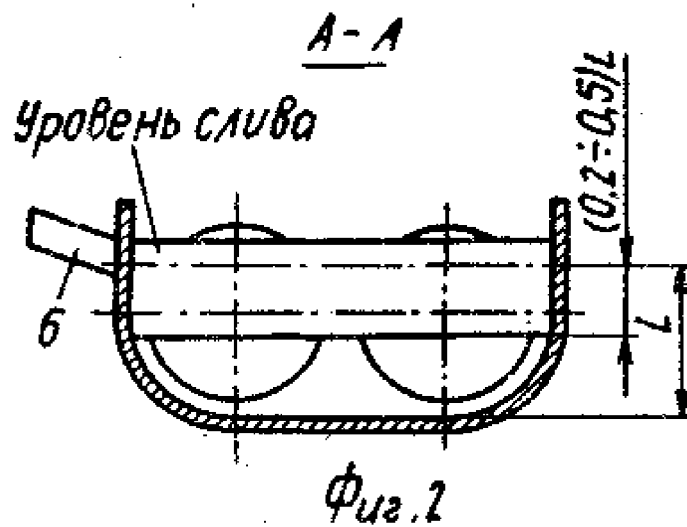
Нижній край перегородки 8 не доходить до дна корита 1. Відстань між нижнім краєм перегородки 8 і верхнім краєм зливального порога 2 становить 0,2-0,5 висоти зливального порога 2. Верхній край перегородки 8 розташований вище зливального порога 2.

Наявність перегородки 8 сприяє створенню зони ламінарних висхідних потоків між спіралями 3 і перегородкою 8. У цих потоках здійснюється ефективне розділення часток за гідравлічною крупністю.

Щілинний зазор забезпечує перехід частково освітленої пульпи в зону ламінарних вихідних потоків.



Фиг.1



Фиг.2

Рис. 2.4 Спиральний класифікатор

- 1 – похиле корито; 2 – верхня крайка зливального порогу; 3 – спіралі;
 4 – привод обертання спіралей; 5 – привод підйому спіралей (гідравлічний);
 6,7 – зливальна воронка; 8 – перегородка; 9 – щілинний зазор

Джерело: розроблено із використанням [4]

Механічний класифікатор складається з похилого корита 1 зі зливальним порогом 2, бортами та днищем, спіралей 3, приводу 4 для спіралей і гідравлічного приводу 5, що піднімає спіралі, подає суміш 6 до зливальної воронки 7 та містить перегородку 8.

Перегородка 8 розташована між зливальним порогом 2 та нижніми торцями спіралей 3, утворюючи щілинний зазор 9 між днищем корита та нижнім краєм перегородки. Нижній край перегородки 8 знаходиться на відстані від верхнього краю зливального порога, рівній 0,2-0,5 його висоти.

Механічний класифікатор функціонує наступним чином.

Матеріал у формі пульпи подається через живильну воронку у нахилене корито класифікатора, де проходить процес розділення. Пульпа, спрямовуючись до зливального порога, зустрічає перегородку, яка знижує швидкість циркуляційно-вихрових потоків та сприяє осіданню найбільших часток матеріалу. Осілі великі частки виводяться із класифікатора за допомогою спіралей, переміщаючись у піски.

Далі частково очищена пульпа потрапляє через щілинний зазор між нижньою крайкою перегородки та дном корита у зону між перегородкою та зливальним порогом. У цій зоні пульпа рухається ламінарними висхідними потоками, що забезпечують ефективний поділ часток за гідравлічної крупністю, тобто проводиться вторинна класифікація матеріалу.

Осілі великі частки повторно виводяться спіралями у піски, а тонка фракція пульпи переливається через зливальний поріг у зливальну ринву, звідки її виводять із класифікатора. Спіралі приводяться в обертання за допомогою приводу, а їх підйом забезпечується гідравлічним приводом.

Гідравлічна система складається з гідростанції та гідроциліндрів, що гарантують плавність і надійність підйому спіралей до робочого стану.

Унаслідок того, що між зливним порогом і спіралями передбачено перегородку, яка виступає над зливним порогом, відбувається суттєве зменшення швидкості руху циркуляційно-вихрових потоків пульпи. Це, у свою чергу, сприяє осіданню найбільших фракцій матеріалу.

Крім того, наявність перегородки створює між зливним порогом і спіралями зону із ламінарними висхідними потоками пульпи. У цій зоні забезпечується ефективний поділ частинок за гідравлічним розміром, а спеціальний щілинний зазор дозволяє частково проясненій пульпі переходити в дану область ламінарного руху. Оптимальна відстань нижнього краю перегородки від верхньої крайки зливного порога становить 0,2-0,5 висоти порога класифікатора. При недостатньому зменшенні цієї відстані перегородка не може належним чином зменшувати швидкість циркуляційно-вихрових потоків пульпи, що призводить до виходу великих часток у злив класифікатора.

З іншого боку, надто велика відстань спричиняє зменшення зазору між днищем корита класифікатора та нижньою крайкою перегородки, через що швидкість проходження пульпи через цей зазор значно зростає і, відповідно, у злив класифікатора може потрапляти більше великих часток.

Таким технічним рішенням щодо конструкції приводу підйому спіралей та додаванням перегородки вдається усунути винос великих фракцій матеріалу в злив, а тонких часток – у піски класифікатора. Це суттєво покращує загальну ефективність роботи спірального класифікатора.

2.3 Аналітичні розрахунки

2.3.1 Розрахунок навантажень і визначення вихідних даних

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
К.К.Д механізму привода $\eta_{\text{в}}$	0,9

Джерело: розроблено із використанням [4]

Розрахунок навантажень робимо згідно [6].

Визначаю потужність на валу спіралі

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

де: $\Pi = 850$ т/год. - виробність класифікатора;

367 – переводний коефіцієнт;

$L=12,1$ м – довжина спіралі;

$\omega_0=1,3$ – коефіцієнт опору руху транспортуючого матеріалу;

H – висота підйому спіралі, м:

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

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

Визначаю крутний момент на валу спіралі класифікатора

$$M_{\dot{\epsilon}\delta} = 9750 \frac{N_o \times k_r}{n_{\dot{m}}} = 9750 \times \frac{21,6 \times 1,2}{4} = 63180 \text{ Нм} \quad (2.3)$$

де: $n_{\dot{m}} = 4$ об/хв. - число обертів спіралі;

9750- постійний статичний коефіцієнт;

$k_r = 1,2$ - коефіцієнт від кутового ухилу обійми підшипників.

Визначаю номінальний момент на вихідному валу планетарного мотор-редуктора

$$M_{\dot{a}.\dot{a}.\dot{\delta}} = \frac{\dot{I}_{\dot{\epsilon}\delta}}{\eta_{\dot{i}\delta}} = \frac{63180}{0,9} = 70200 \text{ Нм}, \quad (2.4)$$

де: $\eta_{\dot{i}\delta} = 0,9$ – К.К.Д механізму привода.

2.3.2 Розрахунок потужності приводу ходової частини класифікатора

Визначаю розрахункову статичну потужність планетарного мотор-редуктора згідно [17]

$$N_{\dot{\delta}\dot{\epsilon}\dot{\delta}}^{\dot{m}\dot{o}} = \frac{W\Sigma \times V_{\dot{\delta}}}{1020 \times \eta_{\dot{i}\delta}} = \frac{453292 \times 0,06}{1020 \times 0,9} = 29,6 \text{ кВт} \quad (2.5)$$

де: 1020 – переводний коефіцієнт;

$V_m = 0,06$ м/с – лінійна швидкість руху матеріалу вздовж валу спіралі (залежить від шагу і числа обертів спіралі);

W_{Σ} - сумарний опір обертанню спіралі

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

де: $W_{\Sigma\delta\delta}$ - сумарний опір від сил тертя, Н;

W_y - опір від уклону класифікатора згідно $18,5^\circ$, Н;

W_e - загальний опір, Н.

Визначаємо сумарний опір від сил тертя

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

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

$D = 0,6$ м - діаметр зовнішньої обойми підшипників;

$d = 0,4$ м - діаметр внутрішньої обойми підшипників;

$\mu = 0,06$ м коефіцієнт тертя, це плече додатка реактивної сили;

N – статичне навантаження на підшипники (для валу спіралі класифікатора 2КСН-30 $P_H = 183840$ Н);

$fn = 0,9$ коефіцієнт тертя, який враховує можливі перекося.

Визначаємо опір від уклону класифікатора

$$W_o = Di \cdot \alpha_{\delta\delta\delta} = 183840 \cdot 0,002 = 367,7 \text{ Н}, \quad (2.8)$$

де: $\alpha_{укл.} = 0,002$ - 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 [20];

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

Гідравлічна схема приводу підйому спіралей класифікатора представлена на рисунку 2.5 [7].

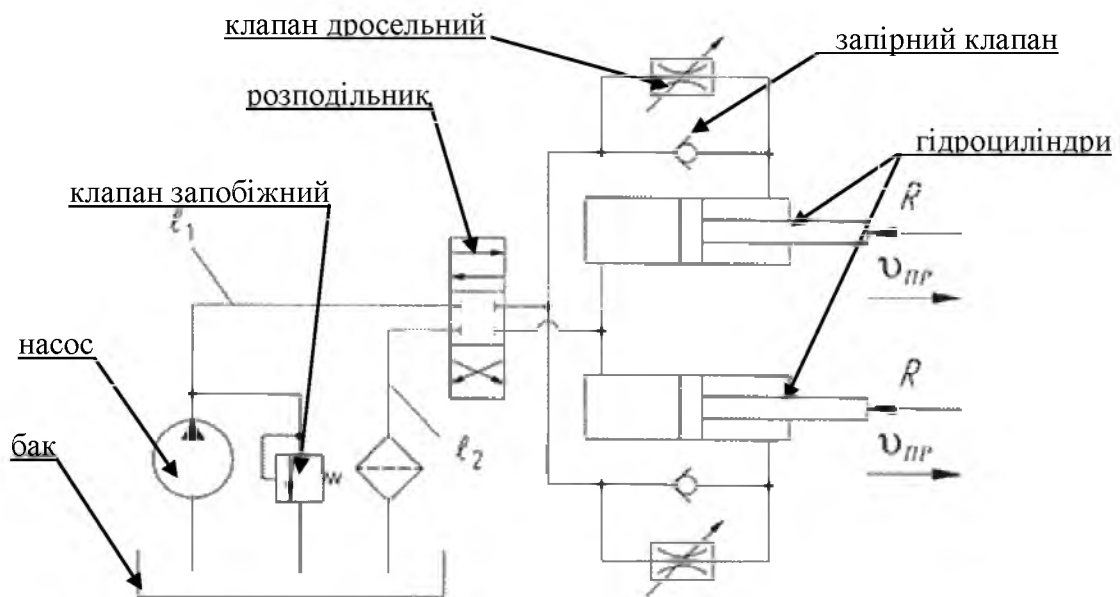


Рис. 2.5 Гідравлічна схема гідроприводу підйому спіралей класифікатора

Джерело: розроблено із використанням [7]

Схема містить бак, нерегульований гідромотор, трипозиційний гідророзподільник, два регульовані дроселі з паралельно підключеними до них зворотними клапанами, два гідроциліндри, фільтр та запобіжний клапан.

Принцип дії гідроприводу згідно із зазначеною схемою відбувається наступним чином. Робоча рідина (мастило) забирається з бака насосом і подається в гідророзподільник.

У разі нейтрального положення золотника гідророзподільника, коли насос працює, тиск у трубопроводі між насосом і розподільником починає збільшуватися. У цей момент спрацьовує запобіжний клапан, і робоча рідина зливається назад у бак.

Якщо положення золотника змінюється (нижня позиція на схемі), у гідророзподільнику відкриваються прохідні канали, і рідина починає надходити в нагнітальні порожнини гідродвигунів (зокрема поршневі порожнини гідроциліндрів).

Мастило зі штокових порожнин гідроциліндрів через зливну лінію проходить через регульовані дроселі, потім через гідророзподільник і фільтр, після чого зливається назад у бак [7].

Швидкість поступального руху штоків гідроциліндрів регулюється за допомогою дроселів.

Зміна напрямку руху штоків виконується шляхом перемикання положення гідророзподільника. Під час руху штоків без навантаження їхня швидкість залежить виключно від витрати робочої рідини в штокові порожнини і не регулюється.

У разі аварійної ситуації, наприклад, при блокуванні штоків через непереборні зусилля, тиск у системі зростає, що спричиняє спрацьовування запобіжного клапана.

Розрахуємо коефіцієнт корисної дії (ККД) гідроприводу для підйому спіралей класифікатора за умов постійного навантаження.

Загальний ККД гідроприводу при таких умовах визначимо за формулою

$$\eta_{\text{общ}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{пр}}} \quad (2.11)$$

де: $N_{\text{пр}}$ - затрачувана потужність привода (насосної установки) [9]

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q_H P_H}{\eta} \quad (2.12)$$

де: Q_H - загальний К.К.Д насоса при розрахункових значеннях тиску, витрати, в'язкості робочої рідини й частоти обертання приводного вала насоса;

$N_{\text{пол}}$ - корисна потужність привода, що визначається по заданих навантаженнях і швидкостям гідродвигунів: для привода з гідроциліндром [9]

$$N_{\text{пол}} = R v_{\text{ПРЗ}} = 47 \cdot 0,05 \cdot 2 = 4,7 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

де: z - число силових циліндрів, включених у привод

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q_H P_H}{\eta} = \frac{1,058 \cdot 10^{-3} \cdot 6,034 \cdot 10^6}{0,82} = 7,8 \text{ кВт};$$

$$\eta_{\text{общ}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{пр}}} = \frac{4,7}{7,8} = 0,6. \quad (2.14)$$

Загальний К.К.Д проектного гідроприводу підйому спіралей дорівнює $\eta_{\text{общ}} = 0,6$. Причина такого К.К.Д полягає в тім, що в схемі враховано два силових гідроциліндри з великою силою тертя, прикладеної до поршня.

Вирішуємо рівняння для тисків у порожнинах нагнітання гідроциліндрів P_1 і в порожнинах зливу P_2 . Для цього складемо схему розподілу тисків у гідросистемі рис.2.6 [10].

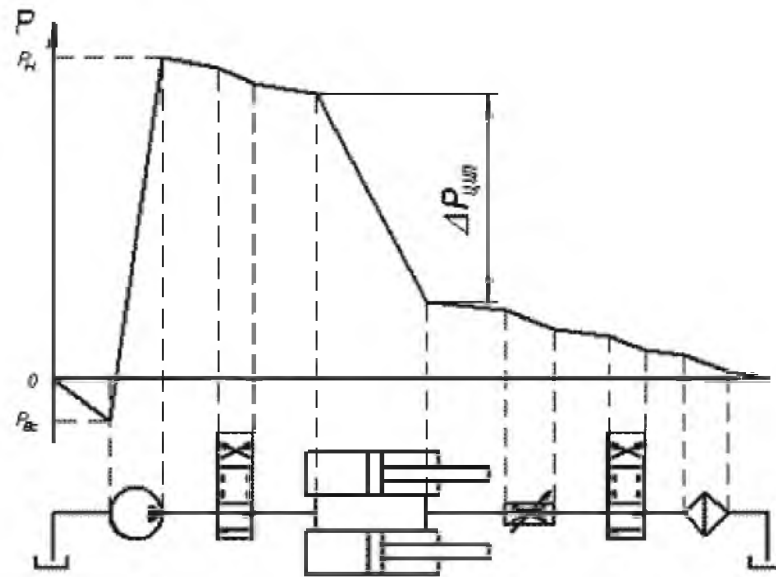


Рис. 2.6 Схема розподілу тисків у гідросистемі приводу підйому спіралей класифікатора

Джерело: розроблено із використанням [7]

Рівняння тисків P_1 і P_2 запишемо у вигляді

$$P_1 = P_H - \Delta P_{зол1} - \Delta P_2 \quad (2.15)$$

$$P_2 = \Delta P_{др} - \Delta P_{зол2} - \Delta P_{\phi} - \Delta P_2 \quad (2.16)$$

де: P_1 - тиск у поршневій порожнині гідроциліндра, МПа;

P_2 - тиск у штоковій порожнині гідроциліндра, МПа;

P_H - тиск, що розвивається насосом, МПа;

$\Delta P_{зол1}$ і $\Delta P_{зол2}$ - перепади тисків на гідро розподільнику, МПа;

ΔP_1 і ΔP_2 - перепади тисків у трубах l_1 і l_2 , МПа;

$\Delta P_{др}$ - перепад тиску на дроселі, МПа;

ΔP_{ϕ} - перепад тиску на фільтрі, МПа.

Згідно [7] залежно від величини корисного зусиллі R приймемо робочий тиск у гідросистемі, тобто тиск, що розвивається насосом P_H буде дорівнює

6,3 МПа. Перепади тисків на золотнику, дроселі й фільтрі приймемо в такий спосіб

$$\Delta P_{зол 1} = \Delta P_{зол 2} = 0,2 \text{ МПа}; \quad (2.17)$$

$$\Delta P_{др} = 0,3 \text{ МПа}; \quad (2.18)$$

$$\Delta P_{\phi} = 0,1 \text{ МПа}. \quad (2.19)$$

Так як перепади тисків у трубах на першій стадії розрахунку визначити не можна, те приймемо попередньо $\Delta P_{зол 1} = \Delta P_{зол 2} = 0,2 \text{ МПа}$. Тоді P_1 і P_2 будуть рівні

$$\Delta P_1 = 6,3 - 0,2 - 0,2 = 5,9 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_2 = 0,3 + 0,2 + 0,1 + 0,2 = 0,8 \text{ МПа};$$

де: P_1 - тиск у поршневій порожнині гідроциліндра, МПа;

P_2 - тиск у штоковій порожнині гідроциліндра, МПа;

2.3.4 Розрахунок і вибір елементів гідравлічної схеми

Визначення діаметра поршня силового циліндра

Складемо рівняння рівноваги поршнів силових циліндрів, зневажаючи силами інерції

$$P_1 F_1 = P_2 F_2 + R + T \quad (2.20)$$

де: F_1 - площа поршня з боку поршневої порожнини, м²;

F_2 - площа поршня з боку штокової порожнини, м²;

R - зусилля на штоках, кН;

T - сила тертя, прикладена до поршня.

Сила тертя T збільшується з ростом тиску рідини в циліндрі. Її можна визначити по формулі

$$T = (0,02 \dots 0,1) R = 0,08 \cdot 47 = 3,76 \text{ кН} \quad (2.21)$$

Підставляючи вираження площ F_1 і F_2 в, зможемо визначити діаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{4(R+T)}{\pi \left(P_1 - P_2 \frac{t_K}{t_P} \right)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (47000 + 3760)}{3,14 \cdot (6,3 \cdot 10^6 - 0,8 \cdot 0,7 \cdot 10^6)}} = 0,106 \text{ м.} \quad (2.22)$$

Вибір гідроциліндра.

Приймаємо стандартний діаметр циліндра $D = 110$ мм. Згідно з довідником [6], обираємо гідроциліндри загального призначення за ОСТ 22-1417-79 із номінальним тиском $P^* = 10$ МПа. Конструкція цього гідроциліндра найбільш відповідає модернізованому обладнанню. Основні елементи залишаємо без змін, але конструкцію штока та гільзи адаптуємо під потребу [11].

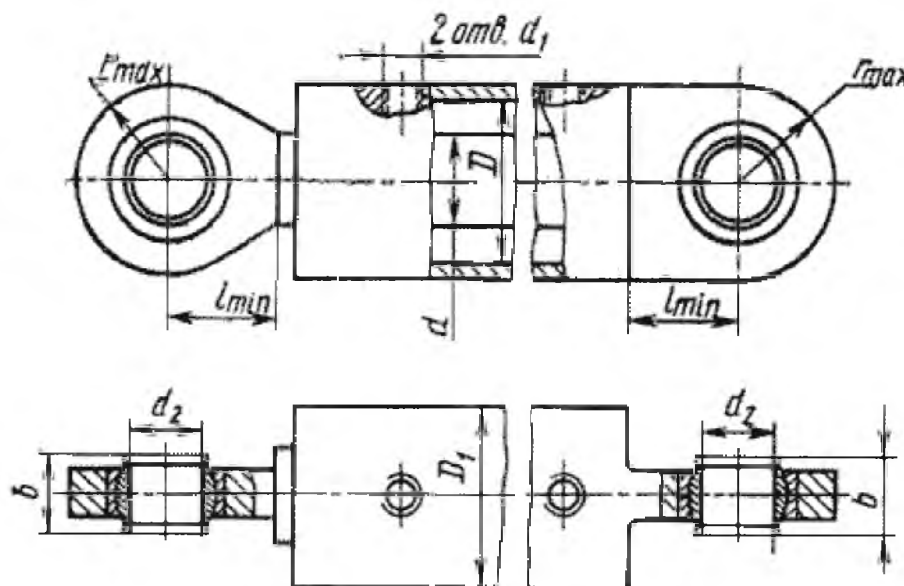


Рис. 2.7 Поршневий гідроциліндр двосторонньої дії по ГОСТ 22-1417-79

Джерело: розроблено із використанням [11]

Оскільки хід штока $S = 10D$, те його на поздовжній вигин можна не перевіряти.

Порахуємо площу поршня в поршневій і штоковій порожнині

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,110^2}{4} = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$F_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,110^2 - 0,050^2)}{4} = 7,54 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (2.23)$$

де: n - величина зі стандартного ряду чисел;

D – діаметр циліндра

Визначення витрати робочої рідини й вибір насоса.

Визначаємо витрата рідини, що надходить у поршневу порожнину кожного силового гідроциліндра

$$Q_{\text{Ц1}} = v_{\text{ПР}} \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.24)$$

де: $v_{\text{ПР}}$ - швидкість переміщення поршня, що визначається відношенням ходу поршня до часу робочого ходу

$$v_{\text{ПР}} = \frac{S}{t_p} = \frac{0,5}{10} = 0,05 \text{ м/с} \quad (2.25)$$

тоді маємо

$$Q_{\text{Ц1}} = 0,05 \frac{3,14 \cdot 0,110^2}{4} = 0,475 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 28,5 \text{ л/мин}$$

Подача насоса з урахуванням витоків робочої рідини визначиться по формулі

$$Q_H = (Q_{Цл} + \Delta Q_{Цл}) \cdot z + \Delta Q_{зол} + \Delta Q_{ПК} \quad (2.26)$$

де: $\Delta Q_{Цл}$ - витоку рідини в силовому циліндрі;

$\Delta Q_{зол}$ - витоку в золотнику;

$\Delta Q_{ПК}$ - витоку через запобіжний клапан;

z - число гідроциліндрів.

Витік в силовому циліндрі $\Delta Q_{Цл}$ визначимо по формулі

$$\Delta Q_{Цл} = \Delta Q_{Цл}^* \frac{P_1}{P^*} = 70 \cdot 10^{-3} \frac{6,3}{10} = 0,044 \text{ л/мин} \quad (2.27)$$

Витік в золотнику

$$\Delta Q_{зол} = \Delta Q_{зол}^* \frac{P_1}{P^*} = 100 \cdot 10^{-3} \frac{6,3}{10} = 0,063 \text{ л/мин} \quad (2.28)$$

Витік через запобіжний клапан приймемо $\Delta Q_{ПК} = 0,1 Q_H$.

Подача насоса

$$\begin{aligned} Q_H &= (28,5 + 0,044) \cdot 2 + 0,063 + 0,1 Q_H, \\ Q_H - 0,1 Q_H &= (28,5 + 0,044) \cdot 2 + 0,063, \\ Q_H &= \frac{(28,5 + 0,044) \cdot 2 + 0,063}{0,9} = 63,5 \text{ л/мин} = 1,058 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \end{aligned} \quad (2.29)$$

Визначимо робітник обсяг насоса

$$q = \frac{Q_H}{n \eta_0} \quad (2.30)$$

де: n - частота обертання ротора насоса;

η_0 - об'ємний К.К.Д насоса.

$$q = \frac{63,5}{1000 \cdot 0,9} = 0,071 \text{ л} = 71 \text{ см}^3$$

На основі розрахункових параметрів вибираємо пластинчастий гідронасос Г12-24М із робочим об'ємом 80 см³, номінальною подачею 70 л/хв., номінальним тиском 6,3 МПа та об'ємним коефіцієнтом корисної дії $\eta_0^* = 0,9$.

Насос складається з корпусу 2 і кришки 9, між якими розташоване статорне кільце 11.

На приводному валу 4 встановлений ротор 1 на шліцах, у пазах якого знаходяться пластини 12. Вал рухається на кулькових підшипниках 3 [11].

Торцеві розподільні диски 7 з чотирма вікнами для усмоктування й нагнітання притиснуті до ротора. Один із торцевих дисків є плаваючим: під час запуску насоса він щільно притискається до ротора пружинами 6, а в процесі роботи – за рахунок тиску рідини, що подається з напірної гідролінії.

Герметичність насоса забезпечується через використання гумових або коркових кілець 10 і манжетів 5, виготовлених зі стійкої до впливів гуми.

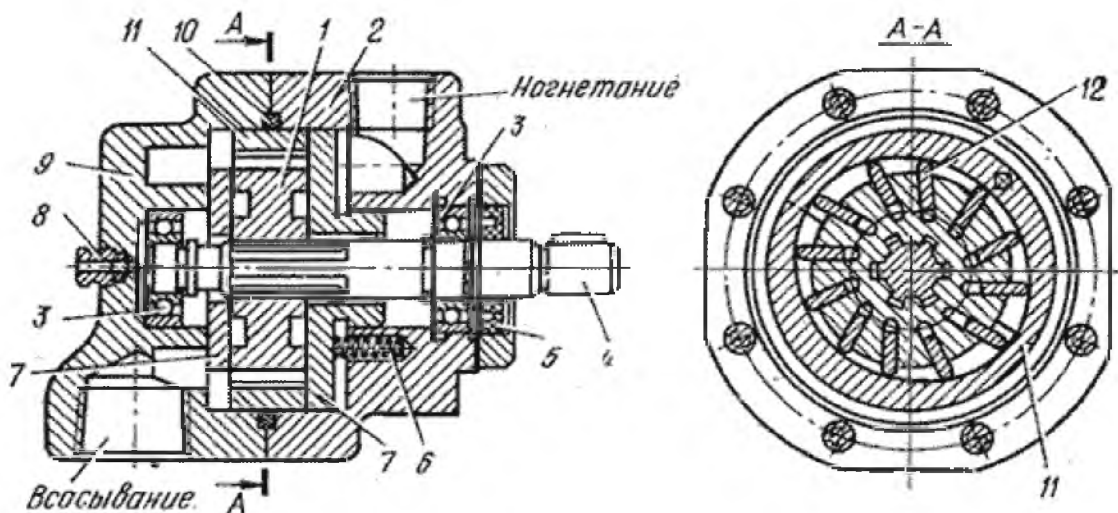


Рис. 2.8 Насос пластинчастий Г12-24М

1 – ротор; 2 – корпус; 3 – кулькові підшипники; 4 – приводний вал;
5 – манжета; 6 – пружини; 7 – розподільні диски; 8 – дренажний отвір;
9 – кришка; 10 – короткове кільце; 11 – статорне кільце; 12 – пластини

Джерело: розроблено із використанням [12]

Уточнюємо витрату рідини, що скидає через запобіжний клапан у бак

$$\begin{aligned} \Delta Q_{ПК} &= qm\eta_0 - 2(Q_{ЦI} + \Delta Q_{ЦI}) - \Delta Q_{зол} = \\ &= 80 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 0,9 - 2(28,5 + 0,044) - 0,063 = 14,85 \text{ л/хв} \end{aligned} \quad (2.31)$$

Відповідно до проведених розрахунків, для забезпечення необхідного функціонування обрано запобіжний клапан моделі ПГ54-34М, конструкція якого зображена на рис. 2.9. Стикове з'єднання клапана складається з таких основних елементів, як корпус 3, ковпачок 5, золотник 2, пружина 6, регулювальний гвинт 8 і втулка 7.

Принцип дії базується на тому, що коли сила тиску мастила, спрямована на торець золотника в порожнині 1, перевищує зусилля пружини 6 (яке регулюється гвинтом 8), а також протидіючий тиск мастила з іншого боку золотника в порожнині 9, золотник зміщується догори, з'єднуючи лінії Р і А.

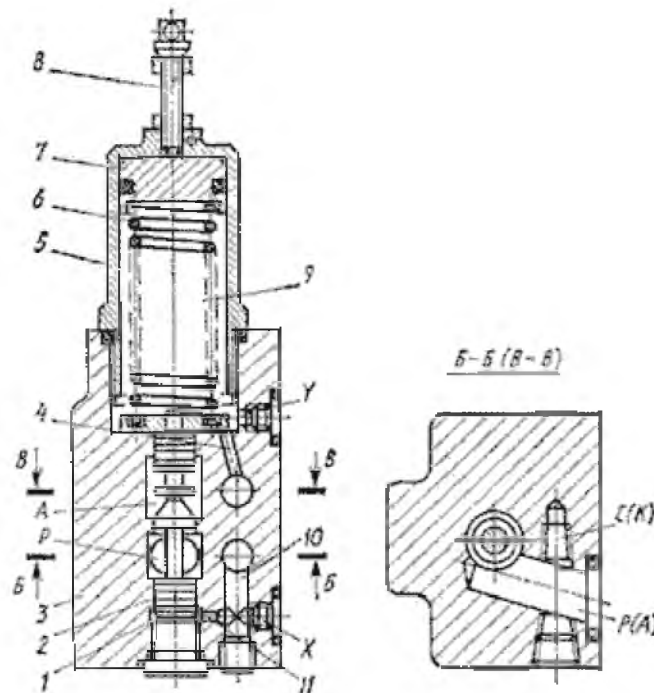


Рис. 2.9 Конструкція гідроклапану тиску ПГ54-34М

- 1 – порожнина; 2 – золотник; 3 – корпус; 4 – канал; 5 – ковпачок;
6 – пружина; 7 – втулка; 8 – регулювальний гвинт;
9 – порожнина; 10 – канал; 11 – демпфер

Джерело: розроблено із використанням [12]

Також для виконання функцій обрано гідророзподільник типу ВММ10.44 згідно з ДСТ 24697-81, конструкція якого подана на рис. 2.10. Даний пристрій має чавунний литий корпус 1, у якому передбачені канали для підключення ліній Р, Т, А і В.

Корпус забезпечений п'ятьма мастилопідводячими канавками. У центральному отворі корпусу з діаметром 10 мм встановлено золотник 2, який через штовхачі 3 приводиться в дію механізмом керування.

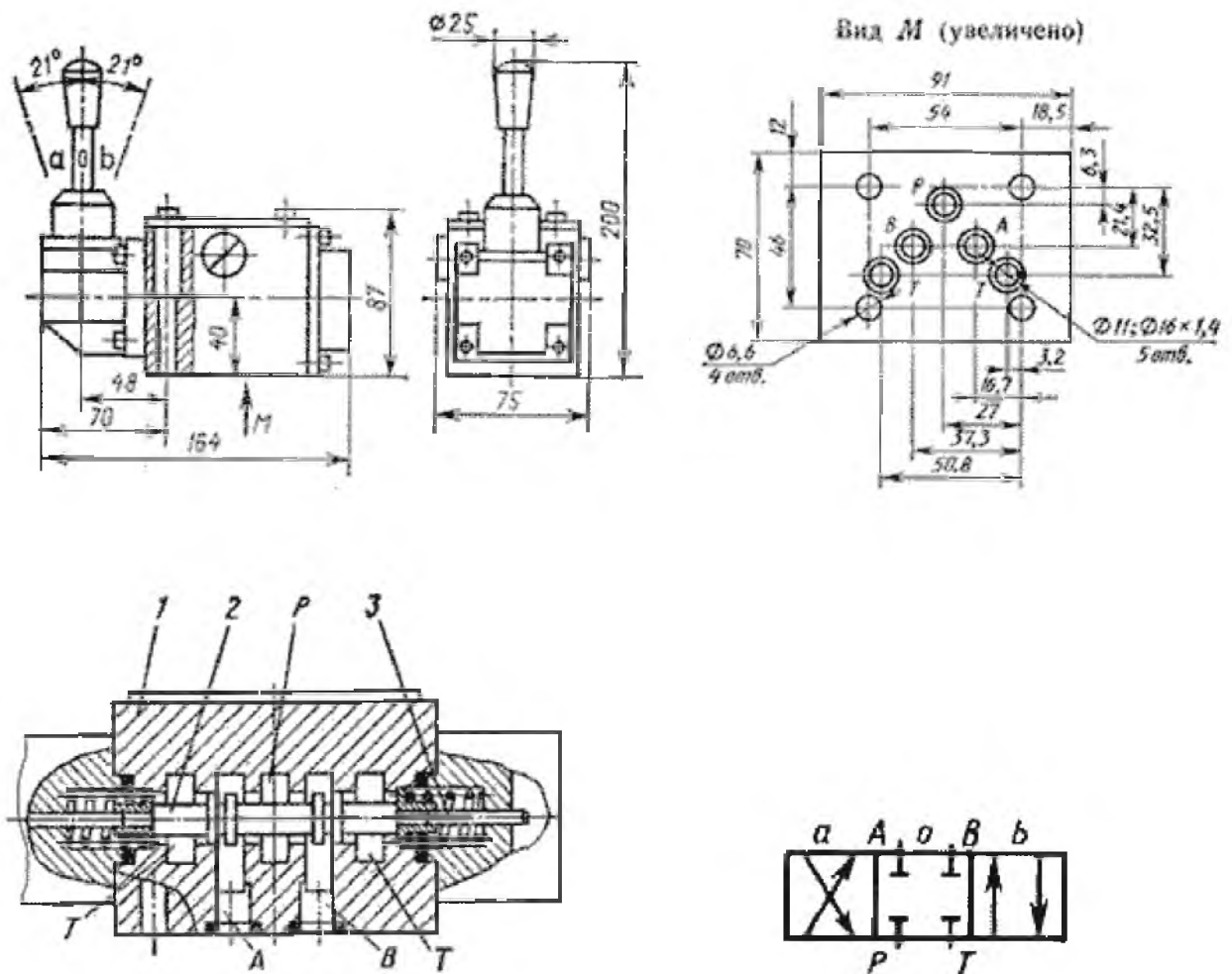


Рис. 2.10 Розподільник ВММ 6.44 з керуванням від рукоятки
а) зовнішній вигляд; б) конструкція; в) виконання по 44-й гідросхемі

1 – литий корпус; 2 – золотник; 3 – штовхачі

Джерело: розроблено із використанням [15]

Дросель типу ПГ77-14 (ТУ27-20-2205-78) складається з наступних основних елементів, як зображено на рисунку 2.11: корпус 1, втулка 2, втулка-дросель 3, гвинт 4, валик 6, лімб 8, контргайка 7, пробка 11, пружина 10, покажчик обертів 5 і штифт 9. Мастило з гідросистеми подається до отвору «підвід» апарату та проходить через дроселюючу щілину. Щілина формується фасонним отвором у втулці 2 і торцем втулки-дроселя 3 (вид Б), після чого мастило відводиться через отвір «відвід».

Регулювання витрат здійснюється осьовим переміщенням втулки-дроселя 3, що виконуються за допомогою гвинта 4 у одному напрямку і протисилою пружини 10 у зворотному.

Гвинт приводиться в рух через лімб 8 та валик 6. Між гвинтом і валиком розташована втулка із зубчастим зачепленням. Завдяки цьому конструкція дозволяє налаштовувати положення лімба відносно валика так, щоб при повністю закритому дроселі витрата не перевищувала 0,06 л/хв.

Осьове переміщення втулки-дроселя відповідає чотирьом оборотам лімба, завдяки чому забезпечується поступове та точне регулювання витрати мастила.

При кожному повному оберті лімб за допомогою штифта 9 повертає покажчик обертів (елемент 5) на $\frac{1}{4}$ оборту. На торці покажчика нанесені цифри від "1" до "4", що спрощує контроль над кількістю обертів.

Кульковий пружинний фіксатор запобігає випадковому повороту покажчика. На всьому периметрі дроселюючої щілини передбачені гострі крайки, що практично виключає вплив температурних змін мастила на задану витрату. Завдяки трикутній формі прохідного перетину при невеликому відкриванні мінімізується ризик засмічення.

Фільтр щілинний 40-80-1 ДСТУ 21329-75 (рисунок 2.12) має фільтруючий блок, що складається з основних пластин 8 та додаткових проміжних пластин 9. Конструктивно фільтр включає стакан 1, кришку 2, вісь 3, стійку 10 зі шкребками 11, рукоятку 4, ущільнення 5 і 6 і пробку 7 для зливу забруднень.

Масило надходить через отвір I у кришці й проходить через щілини між пластинами 8. Після цього очищене мастило направляється назад у гідросистему через отвір II.

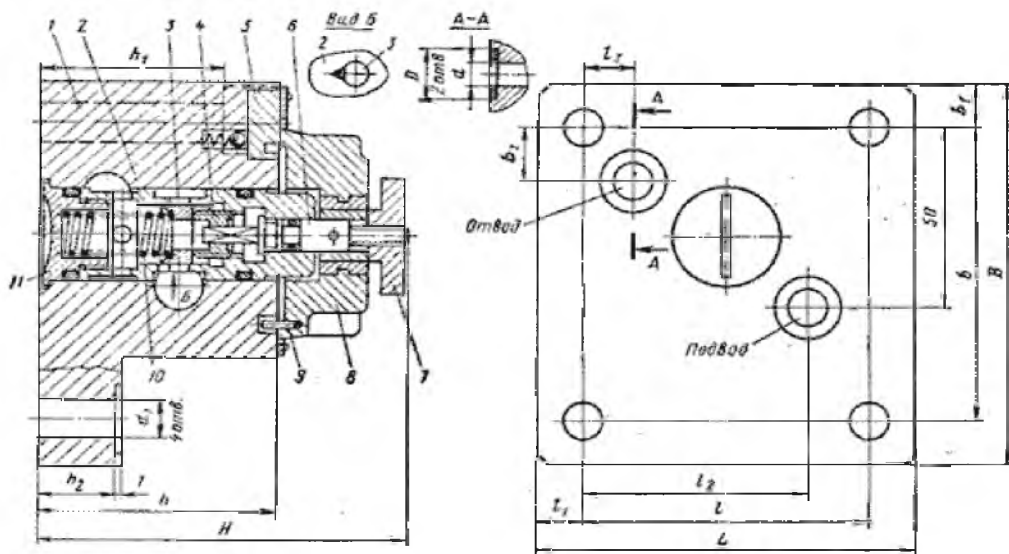


Рис. 2.11 Конструкція дроселя ПГ77-14

1 – корпус; 2 – втулка; 3 – втулка-дроселя; 4 – гвинт; 5 – показчик обертів;
6 – валік; 7 – контргайка; 8 – лімб; 9 – штіфт; 10 – пружина; 11 – пробка

Джерело: розроблено із використанням [15]

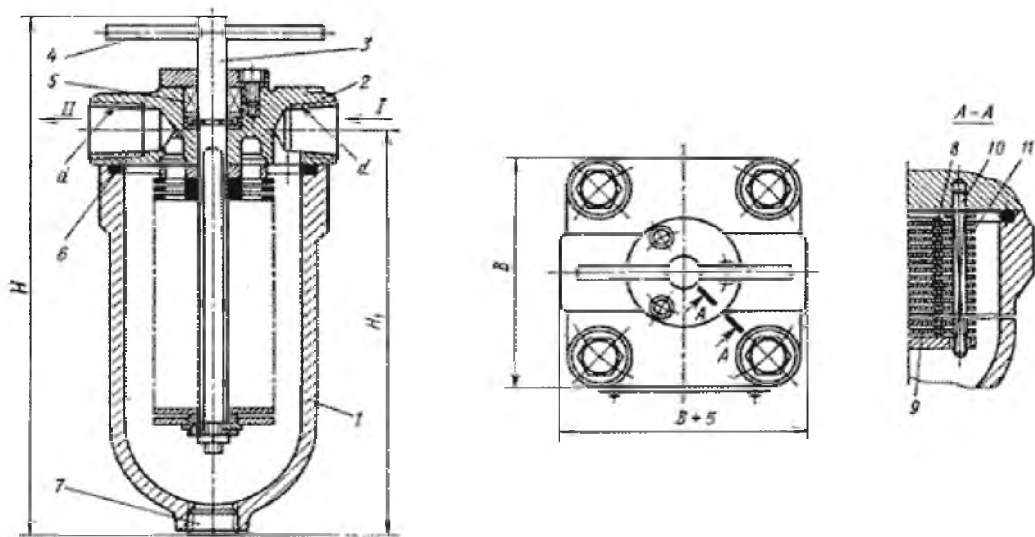


Рис. 2.12 Фільтр щілинний 40-80-1

1 – стакан; 2 – кришка; 3 – вісь; 4 – рукоятка; 5, 6 – ущільнення; 7 – пробка;
8, 9 – пластини; 10 – шкребки

Джерело: розроблено із використанням [12]

2.3.5 Розрахунки на міцність

Розрахунок траверси підйому спіралей [19].

Плече сили від ваги спіралей класифікатора щодо його осі S повороту

$$L_{\kappa} = (x_I - x_s)\cos \varphi - (y_I - y_s)\sin \varphi = (-3-1)\cos 18^{\circ} - (3-1)\sin 18^{\circ} = 2^{\circ} \quad (2.32)$$

де: $x_I = -R = -3$ (для неповного кола оберту спіралей);

$$x_s = -1;$$

$\cos \varphi = 18^{\circ}$ - кут нахилу спіралей класифікатора;

$$y_I = R = 3;$$

$$y_s = R = 1$$

x_s і y_s - координати осі повороту ;

φ – поточне значення кута повороту.

Для спрощення розрахунків прийнято низку допущень: у разі ударного навантаження в елементах конструкції виникають лише пружні деформації, а розрахункова система вважається лінійно деформованою. Сам удар приймається непружним, тобто втрати енергії на нагрівання зіткнених тіл та локальні деформації в зоні контакту не враховуються.

Розрахунок осей, що утримують коромисло траверси.

Власна вага осі, Н/м, $P = 21$.

Розрахунок реакцій опор у вертикальній площині:

Для визначення реакцій опор вводиться правило знаків. Якщо обертальний момент від дії сил спрямований за годинниковою стрілкою відносно вибраної точки, значення має знак «-». Якщо ж обертання проти стрілки — знак «+» (згідно з джерелом [9]).

Так як схема навантаження симетрична, розглянемо будь-яку одну з її сторін

$$\Sigma M_A = -P_1 - \frac{q(2a+b)}{2} - P_1 + R_B = -105 \frac{542,6(2 \cdot 0,1 + 0,7)}{2} - 105 + 480,8 = 7720 \text{ кНм}$$

де: $P_1 = \frac{P}{2}$ - половина сумарної ваги;

звідси маємо наступне значення

$$R_B = R_A = 2P_1 + \frac{q(2a+b)}{2} = 2 \cdot 105 + \frac{542,6(2 \cdot 0,1 + 0,7)}{2} = 480,8 \text{ кН} \quad (2.33)$$

Коли виникає від'ємне значення реакції опори, це означає, що вона спрямована протилежно до напрямку, вказаного на схемі навантаження.

Визначаю згинальні моменти у вертикальній площині.

Запровадимо правило знаків. Якщо внаслідок дії навантажень стосовно розглянутого перерізу утворюється момент, який спричиняє стиск верхніх волокон вала, то приймається знак «+», якщо спричиняє розтяг – знак «-».

Моменти розглядаємо ліворуч стосовно заданого перерізу [9]

$$M_{\hat{e}\hat{c}\hat{a}}^A = -P_1 a - \frac{q(a+b+c)^2}{2} - P_1(a+b) + R_B(a+b+c) = -105 \cdot 0,1 - \frac{542,6(0,1+0,7+0,3)^2}{2} - 105(0,1+0,7) + 480,8(0,1+0,7+0,3) = 0, \hat{e}\hat{H}$$

$$M_{\hat{e}\hat{c}\hat{a}}^A = R_A \cdot a - q \frac{a^2}{2} = 480,8 \cdot 0,1 - \frac{542,6 \cdot 0,1^2}{2} = 182,7, \text{ кНм} \quad (2.34)$$

$$M_{\hat{e}\hat{c}\hat{a}}^A = R_A \left(a + \frac{b}{2} \right) - q \left(a + \frac{b}{2} \right) \left(\frac{a + b/2}{2} \right) - P_1 \cdot b = 480,8 \left(0,1 + \frac{0,7}{2} \right) - 542,6 \left(0,1 + \frac{0,7}{2} \right) \cdot \left(\frac{0,1 + 0,7/2}{2} \right) - 480,8 \cdot 0,7 = 643,7, \hat{e}\hat{H}$$

$$M_{\text{уз}}^C = M_{\text{уз}}^B = 182,7, \text{ кНм} \quad (2.35)$$

$$M_{usz}^D = M_{usz}^A = 0, \text{ кНм} \quad (2.36)$$

Оскільки у горизонтальній площині згинальні моменти відсутні, я їх не визначаю.

Діаграми кресляться у масштабі. Масштаб діаграми Нм/мм, обирається довільно для кожної діаграми залежно від величини моменту і вказує кількість Н у 1 мм діаграми. Позитивні значення моментів відкладаються на діаграмі вгори, негативні – унизу.

Визначаю наведений моменту вертикальній площині за формулою [9]:

$$M_{np} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_{usz}^2} = \sqrt{11500^2 + 643,7^2} = 11518, \text{ Нм} \quad (2.37)$$

де: M_{np} - наведений момент на валу у вертикальній площині, Нм;

$M_{кр}$ - крутний момент на валу, Нм;

M_{usz} - найбільший згинальний момент, що діє на вал у вертикальній площині, Нм.

Вертикальна площина

Визначаємо опір реакції, Н

$$\sum M_3 = 0; -R_{AY} L_B + F_{a1} \cdot d_{1/2} - F_M \cdot L_B/2 = 0 \quad (2.38)$$

$$R_{AY} = F_{a1} d_{1/2} - F_M \cdot L_B/2 / L_B, R_{AY} = \\ = (52,166 \cdot 52/2 - 133,09 \cdot 250/2) / 250 = -51,199 \text{ Н} \quad (2.39)$$

$$\sum M_1 = 0; F_M \cdot L_B/2 + F_{a1} \cdot d_{1/2} - R_{BY} \cdot L_B = 0 \quad (2.40)$$

$$R_{BY} = F_M \cdot L_B/2 + F_{a1} \cdot d_{1/2} / L_B,$$

$$R_{BY} = (133,09 \cdot 250/2 + 52,166 \cdot 147,4/2) / 155 = 81,88 \quad (2.41)$$

Перевірка

$$\sum M_y = 0; R_{BY} - F_M - R_{AY} = 0 \quad (2.42)$$

$$81,88 - 13309 - (-51,199) = 0$$

$$0 = 0$$

$$M_{x1} = 0, \quad M_{x2} = -R_{AY} \cdot L_B/2; \quad M_{x3} = R_{BY} \cdot L_B \quad (2.43)$$

$$M_{x2} = -(-51,199) \cdot 0,250/2 = 6,401 \text{ Нм}$$

Горизонтальна площина

а) визначаємо опір реакції, Н

$$\sum M_{x3} = 0, \quad F_M L_M + F_{t1} \cdot L_B/2 - R_{AX} L_B = 0 \quad (2.44)$$

$$R_{AX} = F_M L_M + F_{t1} \cdot L_B/2 / L_B,$$

$$R_{AX} = (258,26 \cdot 50 + 362,008 \cdot 250/2) / 250 = 370$$

$$\sum M_1 = 0, \quad -R_{BX} L_B - F_{t1} \cdot L_B/2 + F_M (L_M + L_B) = 0 \quad (2.45)$$

$$R_{BX} = -F_{t1} \cdot L_B/2 + F_M (L_M + L_B) / L_B,$$

$$R_{BX} = (-362,008 \cdot 250/2 + 258,26 (50+250)) / 250 = 195 \quad (2.46)$$

Будуємо епюру згинальних моментів що до осі траверси Нм, рис.2.13.

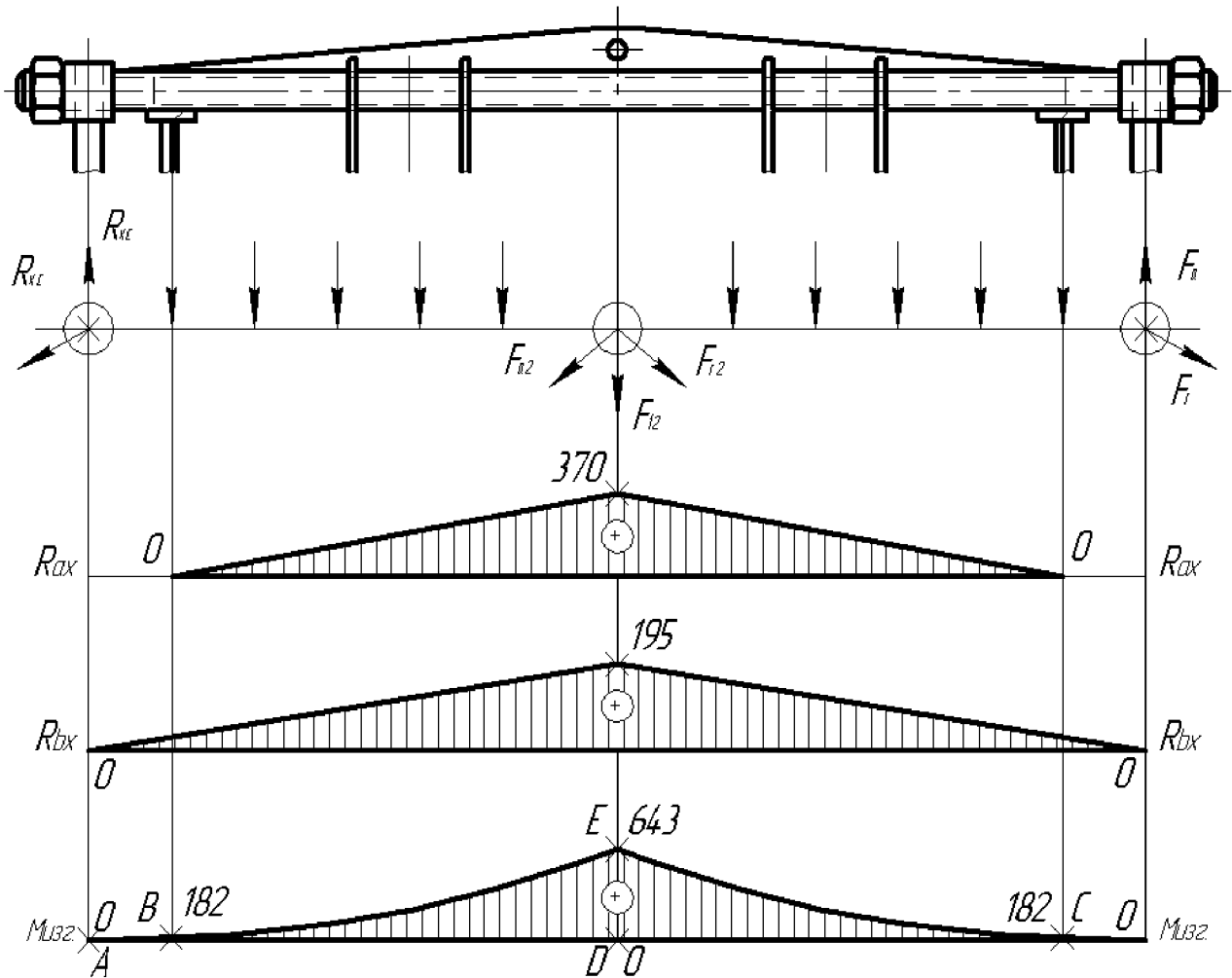


Рис. 2.13 Епюра навантаження осі траверси у площинах

Джерело: розроблено із використанням [9]

Масштаб лінійних величин $m = 0,025\text{м/мм}$

Масштаб зусиль $M_k = M_{\text{общ}} = 5000\text{Н/мм}$

Масштаб моментів $M_M = 500\text{Нм/мм}$

Перевірка

$$\sum M_x = 0, R_{Ax} - R_{Bx} - F_{11} + F_M = 0, \quad (2.47)$$

$$375,668 - 198,908 - 362,008 + 258,26 = 0;$$

$$0 = 0$$

Визначаємо сумарні радіальні реакції, Н

$$R_A = \sqrt{R_{Ax2}^2 + R_{Ay2}^2} ; \quad R_B = \sqrt{R_{Bx2}^2 + R_{By2}^2} ; \quad (2.48)$$

$$R_A = \sqrt{370^2 + (-51,1992)^2} = 365,22;$$

$$R_B = \sqrt{195^2 + 81,882^2} = 210,11; \quad (2.49)$$

З огляду на умову витривалості матеріалу вала на крутіння [9]

$$\delta = \frac{M_{i\delta}}{W_x} \leq [\sigma] \quad (2.50)$$

де: $M_{i\delta}$ - наведений момент на осі у вертикальній площині, Нм;

$[\delta]$ - припустиме значення напруги стиснення-розтягання для матеріалу вала, Па, приймаю $[\delta]=160$ МПа;

W_x – осьовий момент опору, Нм.

2.4 Монтаж, ремонт, змашення

2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту

Точне розміщення устаткування і агрегатів, а також відповідність їхньої установки проектному положенню залежить від якості геодезичного обґрунтування під час монтажу [14].

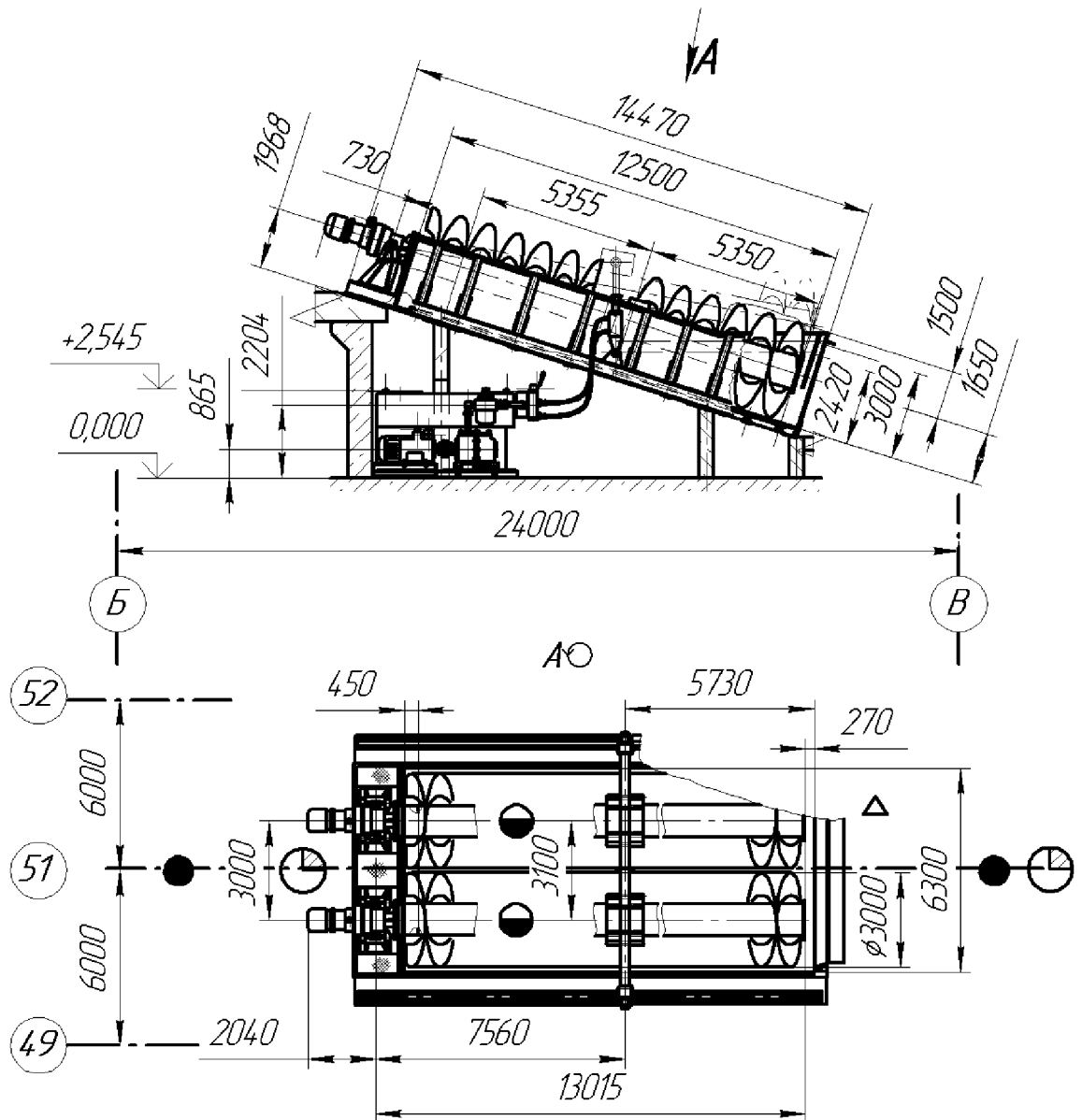
Висотне положення фундаменту визначають методом нівелювання за робочим репером, встановленим безпосередньо на фундаменті (висотна відмітка +3,200 м), який перевіряється за контрольним репером (відмітка $\pm 0,000$ м, що відповідає висотній позначці підлоги першої секції рудозбагачувальної фабрики №1). Верхня точка фундаменту має висоту +7,257 м.

Осьові лінії закріплюються на фундаменті за допомогою спеціальних лунок діаметром до 2 мм, які виконані у формі кернів на двох робочих плашках.

У даному випадку вісь класифікатора, поздовжня робоча вісь фундаменту та контрольна вісь №51 п'ятої секції фабрики повністю співпадають. Для фіксації планового положення робочих осей використовується теодоліт.

Кут нахилу верхньої площини фундаменту становить $18,5^\circ$.

Репери виготовляються із заклепок діаметром до 30 мм, тоді як для плашок беруться відрізки профільного металу. Геодезичні знаки надійно з'єднуються з фундаментами шляхом приварювання до арматури або закріплення високоякісним бетонним розчином.









- | | | | |
|---|--------------------------|--|--------------------------|
|  | - головна поздовжна вісь |  | - робоча плашка |
|  | - головна плашка |  | - головні поперечні вісі |
|  | - вісь класифікатору |  | - робочий репер |

Рис. 2.14 Геодезичне обґрунтування монтажу класифікатора

Джерело: розроблено автором

2.4.2 Технологічна карта монтажу

У сучасних умовах процес монтажу механічного устаткування на рудозбагачувальних фабриках охоплює комплекс різноманітних робіт, які виконуються згідно зі спеціально розробленим проектом і графіком. Цей процес також забезпечується високим рівнем організації трудомістких операцій. До складу монтажного комплексу входять наступні етапи робіт:

Підготовчі етапи:

- 1) отримання від замовника початкової технічної документації та кошторисів для виконання монтажних робіт;
- 2) вибір методів монтажу та розробка проекту виробництва монтажних робіт;
- 3) будівництво тимчасових під'їзних шляхів, комунікацій та інших споруд, передбачених проектною документацією;
- 4) приймання геодезичної основи та фундаментів для монтажу;
- 5) перевірка стану устаткування (після тривалого зберігання) і збірка великих компонентів;
- 6) установа підйомно-транспортного обладнання, якщо це необхідно.

Монтажні етапи:

- 1) складання крупногабаритних елементів устаткування;
- 2) встановлення базових вузлів, їх вирівнювання, фіксація та підливка;
- 3) монтаж окремих вузлів і деталей механізмів;
- 4) точна перевірка змонтованих машин і агрегатів;
- 5) проведення випробувань і здача обладнання в експлуатацію.

Механічні установки рудозбагачувальної фабрики складаються переважно з великогабаритних і важких механізмів, об'єднаних у агрегати. Монтаж такого обладнання, що відрізняється значним об'ємом і масою, потребує значних витрат часу, скорочення яких є актуальною задачею.

Основна мета полягає у виборі такої організації та методів монтажу, які забезпечать мінімальні витрати праці та часу при збереженні високої якості виконання робіт. Для прискорення монтажу та покращення його якості Науково-дослідний інститут монтажспецстрой розробив технічні вимоги до постачання технологічного обладнання для металургійних підприємств. Згідно з цими вимогами, машини та механізми повинні надходити з максимально високим рівнем заводської готовності, поділені на блоки і вузли, які не потребують додаткової підгонки під час монтажу. Місця стиковки таких елементів, перевірені під час контрольного складання на заводі, повинні бути оснащені контрольними штифтами, а також комплектно підібраними регулювальними прокладками. Базові деталі й вузли мають мати контрольні майданчики із зазначенням положення основних осей і розміткою для установки прокладок. Крім того, клинові прокладки повинні постачатися разом із машинами як готовий комплект [17].

Технологічна карта є ремонтно-технологічним документом, який регламентує організацію та технологію виконання робіт з ремонту обладнання, а також визначає заходи для забезпечення вимог охорони праці та пожежної безпеки під час проведення ремонтів.

Основне призначення технологічної карти полягає у вирішенні таких завдань:

- 1) впровадження технологічних процесів, що гарантують необхідний рівень якості ремонтних робіт;
- 2) забезпечення ефективної організації ремонтних процесів для виконання завдань у встановлені строки;
- 3) реалізація комплексної механізації ремонтних робіт з максимальним залученням машин, механізмів та засобів малої механізації;
- 4) монтаж та складання конструкцій і обладнання в укрупнених блоках;
- 5) розроблення організаційно-технічних заходів, які забезпечать безпечне виконання ремонтних робіт.

Монтажні роботи виконуються у три зміни. У процесі задіяно 6 бригад, зокрема:

- монтажники-слюсарі – 15 осіб

- монтажники – 20 осіб
- електрозварювальники – 5 осіб
- трубопровідники – 12 осіб
- газозварювальники – 4 особи

Перелік матеріально-технічних ресурсів, необхідних для монтажу, представлений у таблиці 2.2.

Технічна схема монтажу вузлів та деталей подана в таблиці 2.3.

Креслення монтажу двоспирального класифікатора демонструється на рис. 2.15, а його специфікація знаходиться в таблиці 2.4.

Таблиця 2.2

Відомість матеріалів, напівфабрикатів і інструментів

Найменування	Кількість
Ключ рожковий 17x19	1
Ключ рожковий 22x24	2
Ключ рожковий (рожково-накидний) 32x36	4
Ключ рожковий (рожково-накидний) 50x55	6
Кувалда	2
Отвіс	2
Рулетка 5м	2
Шабер	2
Лом	2
Строп СКП 2 Ф10x2м	1
Строп СКП 2 Ф16x3м	1
Гас технічний	2л
Електроди Э46 ГОСТ 9467-75	4,4кг
Масло консерваційне К17 ГОСТ 10877-76	6кг

Джерело: розроблено автором

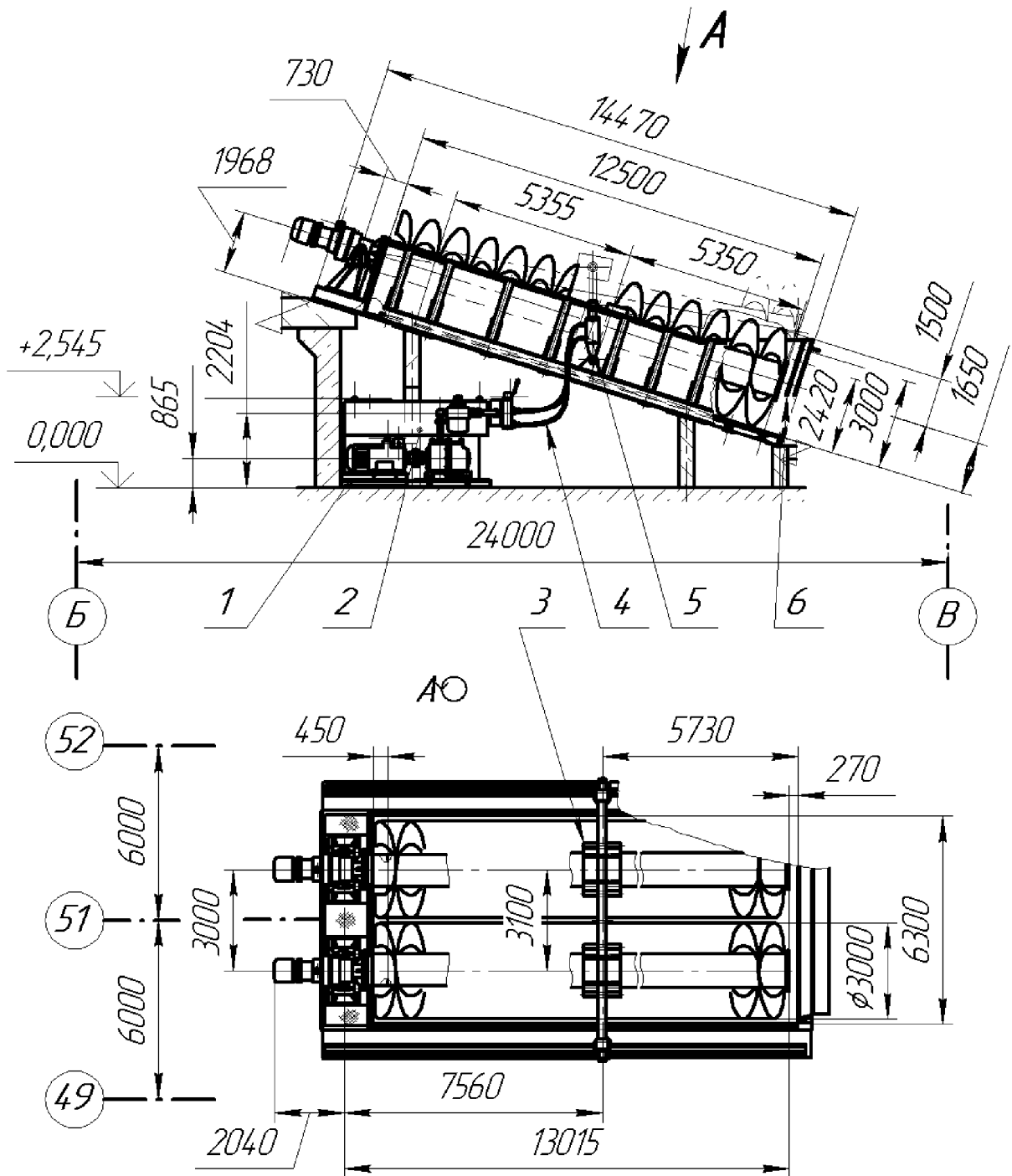


Рис. 2.15 Схема точок змащування машини

Джерело: розроблено автором

Специфікація

№ поз.	Найменування	Кількість	Одиниці	Загальна
			Вага	
1	Платформа	1	185	185
2	Гідростанція	1	855	855
3	Траверса	1	178,5	178,5
4	Рукава високого тиску Namas flex PVT 120A	4	0,7-1м.п	0,7-1м.п
5	Гідроциліндр	2	45,45	90,5
6	Пластина проміжна	1	220	220

Джерело: розроблено автором

2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення

До ключових елементів приводу класифікатора належать зубчаста муфта, радіально-сферичні підшипники кочення, наполегливі підшипники кочення, зубчастий вал, опорні цапфи та планетарний мотор-редуктор [16].

Знос зубчастої передачі може проявлятися у вигляді абразивного зношування, крихкого викришування та пластичної деформації контактних поверхонь зубів.

Допустима межа зносу зубців обмежується 30% їхнього профілю за ділільним діаметром.

Підшипники кочення зношуються через явища осповидного, окислювального та абразивного впливу. До можливих проблем також належать поломки сепараторів і кілець.

Знос зубчастого вала (окрім зубців) здебільшого проявляється на посадочних поверхнях та в зоні шпонкових пазів.

У випадку з зубчастими колесами мотор-редуктора зношення відбувається в межах норми. Процес природного зношування деталей редуктора є поступовим і неминучим під час експлуатації обладнання.

Методи ремонту та відновлення деталей металургійних машин поділяються на дві основні групи: із зміною первинних розмірів і параметрів деталей та без їхньої зміни.

До основних технологічних підходів до відновлення деталей металургійного обладнання відносяться наступні: зварювально-наплавлювальні методи (електричне та газове ручне зварювання й наплавлення, автоматизоване та напівавтоматичне зварювання, наплавлення під шаром флюсу або в середовищі захисних газів тощо), металізація (гальванічна – наприклад, хромування, хімічна – нікелювання), методи пластичної деформації (як холодної, так і гарячої обробки), нанесення покриття з полімерних матеріалів, а також електроіскрове нарощування.

Під час вибору способу відновлення необхідно враховувати, в першу чергу, ступінь зношення або характер пошкодження деталі, а також її твердість, форму, розміри, умови експлуатації та технічні можливості підприємства.

Відновлення пошкоджених деталей можна виконати такими методами:

а) при дефектах вигорання - застосовують наплавлення, металізацію, заміну пошкодженої частини деталі з подальшою механічною обробкою;

б) при дефектах від перегріву (поява кольорів мінливості) - проводять шліфування до повного усунення слідів змін;

в) для деталей із корозійними ураженнями використовують механічну обробку, включаючи піскоструминну;

г) очищення деталей з ознаками нагару здійснюють механічним способом, за допомогою розчинників, випалювання, ультразвуку тощо.

Методи ремонту найбільш зношуваних деталей класифікатора 2КСН-30 наступні: Ремонт верхніх опор спіралей передбачає усунення зносу

нероз'ємних вкладишів (втулок), які, зазвичай, не ремонтують, а замінюють новими [17].

У разі незначного зношення бронзові втулки можна відновити методом осідання торців за допомогою преса. Перед початком процедури у втулку необхідно вставити калібрований стрижень.

Щоб зменшити зношення вала спіралі класифікатора, перед складанням його обшивають старою гумою із транспортерних стрічок конвеєрів шириною 1000 мм.

Корпуси редукторів та приводів можуть зазнавати механічних пошкоджень. Для їх відновлення застосовують ручну електродугову зварку із накладенням латок або наплавлення.

Деталі зубчастих передач, такі як шестерні, колеса, сателіти та елементи зубчастих муфт редукторів, мотор-редукторів та приводів, зазнають значного зносу через високі навантаження. Зазвичай ці деталі замінюють новими, оскільки вони часто є дефіцитними. Проте при ремонті застосовуються різні методи для їх відновлення. До таких методів належать відновлення зубів шестерень за допомогою наварювання, напресовка зубчастих вінців, втискування, плющення зубів або встановлення зубчастих секцій. Ці способи дозволяють уникнути небажаного відпалу посадочних місць або викривлення зубчастих коліс. Одним із ефективних методів є наплавлення зубів ацетиленокисневим полум'ям з використанням присадного матеріалу, аналогічного за складом до матеріалу ремонтуємої деталі. Після наплавлення проводиться механічна обробка, а потім термічна обробка для забезпечення необхідних характеристик.

Багато інших деталей, таких як вали, осі чи корпуси підшипників, також піддаються значному зносу внаслідок постійного тертя. Це призводить до змін геометрії та чистоти їх поверхні. Для відновлення таких деталей може бути застосоване наплавлення під флюсом. Цей спосіб мінімізує вміст азоту і кисню у металі, що дозволяє уникнути утворення шлакових включень або пір. Для підвищення продуктивності процесу використовують багатоелектродне

автоматичне наплавлення, а також методи із застосуванням пластинчастих електродів чи електродної стрічки. Щоб забезпечити необхідні експлуатаційні властивості металу, у нього додають легуючі елементи. Після завершення наплавлення деталь обробляється механічно до заданих розмірів, після чого проходить цементацію, гартування у печі та відпуск.

Окрім наплавлення, відновлення робочих поверхонь валів, осей та інших елементів здійснюється через механічну обробку за методом ремонтних розмірів. Вузли, які сполучаються, відновлюють або введенням компенсаційних деталей, або виготовленням нових з метою забезпечення початкових (номінальних) посадок.

Реставрація посадкових поверхонь валів для підшипників виконується шляхом наплавлення зношених частин із подальшою механічною обробкою до проектних розмірів.

Підшипники кочення не ремонтуються, тому їх замінюють на нові. Лише у виняткових випадках дозволяється заміна окремих пошкоджених тіл кочення або усунення корозійних плям на бігових доріжках за допомогою пасти ГОІ.

Елементи спіралей, такі як спиці, лопаті чи футерування, також підлягають заміні на нові.

У разі невеликих пошкоджень спиць і лопатей допускається встановлення металевих латок із використанням зварювання або кріплення болтами.

На РЗФ-1 впроваджено централізовану систему ремонту обладнання, за якої переважна більшість верстатних засобів та основний персонал, що відповідає за ремонти, підпорядковуються головному механику заводу. У виробничих цехах залишається лише мала частина ремонтних слюсарів, чергові (змінні) слюсарі, а також цехові механічні майстерні з верстатним обладнанням для задоволення поточних потреб цехів. На комбінаті використовується метод вузлових і агрегатних ремонтів із частковим застосуванням індивідуального ремонту. У процесі підготовки вузлів і

агрегатів беруть участь ремонтно-механічні цехи, ремонтні цехи головного механіка, а також ремонтні слюсарі із виробничих цехів. Ремонт класифікаторів здійснюється методом вузлового ремонту. Найбільш зношуваними деталями спіральних класифікаторів є футерівка спіралей і нижні опори. Якщо зношеність футерівки не перевищує 15-20%, її замінюють безпосередньо на робочому місці класифікатора. У випадку значнішого зносу ремонт спіралі виконується на спеціальному ремонтному майданчику, після чого вона встановлюється на класифікатор у зібраному вигляді.

Такий підхід дозволяє скоротити простой обладнання та збільшити обсяги виробництва продукції [16].

Організація ремонтних робіт здійснюється згідно з «Єдиною системою планово-запобіжних ремонтів (ПЗР) і раціональної експлуатації технологічного обладнання фабрики». Дотримання цієї системи забезпечує підтримку обладнання в робочому стані, знижує рівень його зносу, мінімізує ризик випадкових поломок, допомагає своєчасно підготуватися до ремонтів і зменшити тривалість їх виконання.

2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів

Річний планово-попереджувальний графік ремонтних робіт є основою для проведення всіх необхідних ремонтів і складається на початку планованого року. Цей документ охоплює всі види ремонтів обладнання та затверджується головним механіком і головним інженером підприємства.

Плани з виконання планово-попереджувальних ремонтів обладнання оформлюються у вигляді графіка. Зокрема, річний графік ПЗР охоплює всі роботи, пов'язані з ремонтом вузлів та деталей класифікатора.

Місячний графік ПЗР створюється на основі річного графіка в межах конкретного цеху. При цьому місячний графік може містити додаткове

обладнання, яке не було включене в річний план, у разі потреби проведення його ремонту [19].

Процес підготовки до ППР розпочинається з формування дефектної відомості, яку складає механік відповідного цеху. Цей документ є основою для подальшої підготовки до ремонтних робіт.

Готуючись до ремонту, здійснюється замовлення на виготовлення необхідних деталей, забезпечення відповідних покупних матеріалів, таких як підшипники, кріплення тощо, складання кошторису витрат і присвоєння номерів замовлень.

На базі дефектних відомостей механік формує зведений графік ремонтів устаткування у своєму цеху. За допомогою цих даних обчислюються загальні потреби в матеріалах і технічному постачанні для ремонтних робіт. За тиждень до початку ремонтів ці питання обговорюються на виробничій нараді під головуванням начальника цеху за участі механіків, електриків і технологів.

Після завершення підготовчих заходів, відповідно до затвердженого терміну, класифікатор зупиняється для проведення ремонту. Виведення класифікатора на ремонт здійснює відповідальна особа, яка контролює його справний стан.

Для проведення робіт видається наряд-допуск із вказівкою заходів безпеки та умов виконання запланованих робіт. Після завершення ремонту готовність цеху або обладнання до роботи перевіряє спеціальна комісія, призначена наказом по заводу.

У річному графіку (табл. 2.5) відображені види ремонтів: поточний (Т1) та капітальний (К).

З огляду на важкі умови експлуатації металургійного обладнання, високу надійність і безперервність його роботи, а також значний обсяг необхідного мастила, до складу таких матеріалів висуваються наступні вимоги:

- 1) Високі антифрикційні та протизносні властивості.
- 2) Оптимальна в'язкість і здатність до ефективного змочування поверхонь, що взаємодіють.
- 3) Опірність високим тискам.
- 4) Стійкість до температурних коливань, окиснення і розкладання.
- 5) Хімічна нейтральність.
- 6) Економічна ефективність використання.

На сучасних рудозбагачувальних фабриках подача мастильних матеріалів до всіх вузлів механізмів організована централізовано через масляну станцію. Подача мастила в магістраль здійснюється насосом основної станції, при цьому резервна станція слугує для роботи в разі ремонту чи технічного обслуговування.

У представленій роботі тип змащування класифікатора є комбінованим. Для деталей редуктора та мотор-редуктора застосовується заливне масло картера. Закладне мастило забезпечує змащування підшипників приводу, механізму підйому, нижньої опори, а також зубчастого зачеплення та опор ковзання (зони тертя).

Чим вище навантаження і нижча швидкість, тим більшої в'язкості має бути масло. Розрахунки виконуються відповідно до джерела [16]. В'язкість масла для мотор-редуктора приводу визначається за емпіричною формулою:

$$\nu_{50} = \frac{\nu_1}{\sqrt{\nu}} = \frac{175}{\sqrt{7.18}} = 65.3 \text{ л}^2 / \text{н} \quad (2.51)$$

ν_{50} – рекомендована кінематична в'язкість мастила при температурі 50°C для заданої окружної швидкості $\nu = 7,18$ м/с

$\nu_1 = 170 \dots 180$ мм²/с – кінематична в'язкість масла, застосовуваного для сталевих зубчастих коліс [13].

Для застосування обирається індустріальне масло марки I-40A з кінематичною в'язкістю 65–75 мм²/с при температурі $t = 50^\circ\text{C}$.

Об'єм масляної ванни визначається таким чином, щоб забезпечити належне відведення тепла від зчеплення до стінок мотор-редуктора. Рекомендується розраховувати об'єм масляної ванни на основі співвідношення: на 1 кВт переданої потужності повинно припадати 0,3–0,6 л масла. Отже, обчислюється об'єм масляної ванни.

$$V = 0.4N = 0.4 \cdot 30 = 12 \text{ л} \quad (2.52)$$

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

Матеріали, режими роботи, обсяг витрат мастильних матеріалів та точки змащування класифікатора повинні відповідати карті (табл. 2.6) та схемі змащення (рис. 2.20) відповідно до джерела [12].

Таблиця 2.6

Карта змащування класифікатора 2КСН-30

№ точки змащування	Найменування змащувальної крапки	Вузол машини	Кількість змащувальних точок на машину	Засіб змащування	Режим змащування	Витрати мастила (перше заповнення)	Найменування мастила
1	Електро-двигун 5А225М8	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	І-40А ГОСТ 20799-88
3	Цапфи корпусу	Привод спіралі	4	Закладна	1 раз на 6 місяців	0,2 кг	Літол 24 ГОСТ21 150-75
4	Підшипник упорний	Привод спіралі	2	Закладна	1 раз на 6 місяців	2 кг	Літол 24 ГОСТ21 150-75
5	Підшипник радіально-сферичний	Привод спіралі	4	Закладна	1 раз на 6 місяців	6 кг	Літол 24 ГОСТ21 150-75
6	Зубчата муфта	Привод спіралі	2	Закладна	1 раз на 6 місяців	2 кг	Літол 24 ГОСТ21 150-75
7	Осі штоку гідроциліндра	Механізм під'йому спіралі	2	Закладна	1 раз на 6 місяців	1 кг	Літол 24 ГОСТ21 150-75

Джерело: розроблено автором

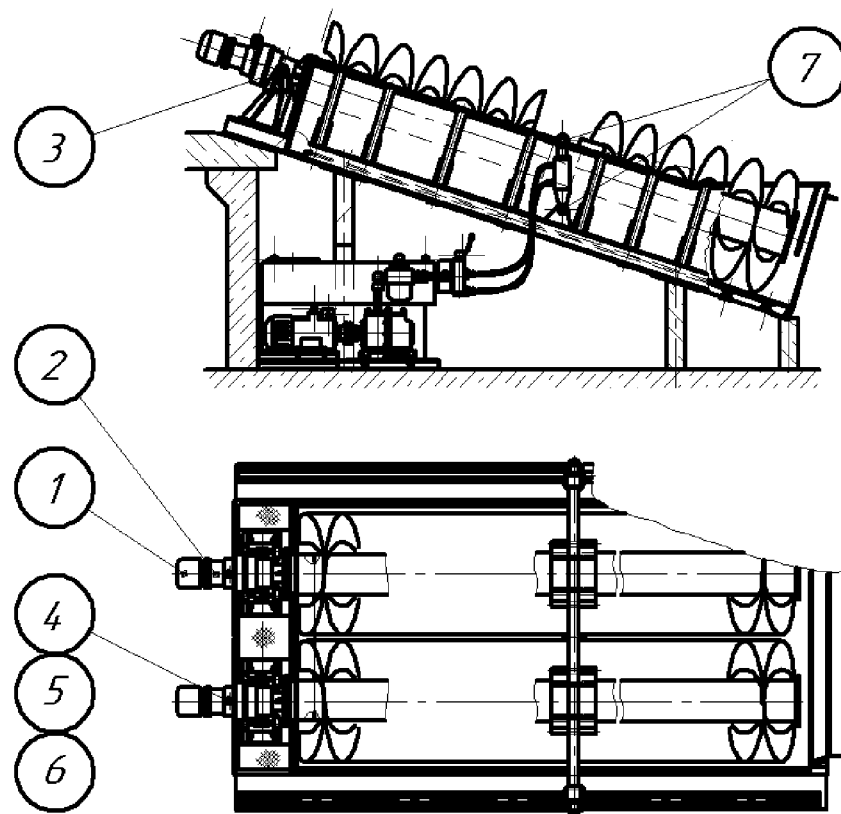


Рис. 2.16 Схема змащування вузлів двоспирального класифікатора

1 електродвигун 5А225М8; 2 – Мотор-редуктор МПЗ-760-181,2-30/4;

3 – цапфи корпусу; 4 – підшипник упорний;

5 – підшипник радіально-сферичний; 6 – зубчата муфта;

7 – осі штоку гідроциліндра

Джерело: розроблено автором

3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що присутні на підприємствах, класифікуються за природою їх впливу на наступні групи:

Фізичні: рухомі машини і механізми, деталі, матеріали, а також умови, які можуть негативно впливати – підвищена або знижена вологість, швидкість руху повітря, рівень освітлення робочої зони, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання [20].

Хімічні: токсичні гази, утворення пилу різного складу.

За характером впливу на людський організм вони поділяються на загальнотоксичні, дратівливі, канцерогенні та мутагенні.

У відділенні мокрого подрібнення основними небезпечними чинниками є підвищена вологість і сильний рівень шуму, у відділенні сухого подрібнення – висока запиленість.

На ділянці подрібнення рудозбагачувальної фабрики джерела утворення пилу спостерігаються в таких місцях, як розвантажувальні люки бункерів, живильники та конвеєри. Гранулометричний і хімічний склад пилу залежить від якості обробленої руди. Як показує аналіз хімічного складу пилу на ділянках сухого і мокрого подрібнення (ділянка класифікації), основними компонентами пилу є матеріали, які входять до складу шихти і агломерату.

Через запиленість навколишнього середовища можлива часткова транспортність пилу всередину будівлі рудозбагачувальної фабрики через зовнішнє повітря.

Таблиця 3.1

Хімічний склад пилу

Найменування	Кількість, %
SiO ₂	8 – 12
C	16 – 20
Fe ₂ O ₃ · FeO	50 – 60

Джерело: розроблено автором

Джерела шумових впливів на організм включають млини, які працюють у парі з класифікаторами та вентиляційними установками.

Вплив шуму на організм може спричинити захворювання слуху, серцево-судинної системи, розширення вен та порушення роботи вегетативної нервової системи. Щоб оцінити рівні гучності звуків і шумів, можна навести такі дані у децибелах (дБ(А)):

- Нормальна людська мова: 30-40
- Робота вентиляційних установок: 90
- Шум млинів: 100-125
- Поріг болю: 130

У зоні подрібнення знаходиться значна кількість електродвигунів, панелей та інших електроприладів. Небезпеку ураження електричним струмом неможливо визначити за зовнішніми ознаками, оскільки вона проявляється раптово і зазвичай призводить до серйозних наслідків.

Наявність вологи та струмопровідного пилу на рудозбагачувальній фабриці підвищує ризик, що всі приміщення та робочі місця, в яких використовується електрообладнання, потрібно відносити до зон із підвищеною і особливою небезпекою. З цієї причини необхідно регулярно перевіряти справність електрообладнання, використовувати лише справні кабелі й захищати місця їх прокладки.

Кисень, що використовується на рудозбагачувальній фабриці, може спричиняти спалахи та вибухи при змішуванні з речовинами, які містять

масло. Усі подібні інциденти зазвичай є наслідком помилкових дій персоналу або несправності обладнання. Для освітлення виробничих приміщень фабрики використовуються як природне, так і штучне світло [20].

На рівень освітленості всередині будівлі впливає коефіцієнт відбиття світла від стін, стелі, підлоги, обладнання та металевих конструкцій. Цей коефіцієнт залежить від кольору та стану поверхонь. Матеріали, обладнання і конструкції, застосовувані у рудозбагачувальному виробництві, мають низький коефіцієнт відбиття. Наприклад, металоконструкції та руда – 8-11%, забруднені стіни – 13-15%, що негативно впливає на загальний рівень освітленості. В результаті фактична освітленість становить близько 30 лк, що значно менше за нормативний показник у 50 лк.

Джерела потенційної небезпеки на робочих місцях, визначених у класифікаторі 2КСН-30, а також їх вплив на здоров'я та безпеку працівників наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Аналіз шкідливих і небезпечних чинників

Фактор	Джерела	Вплив на організм людини
Вологість	Технічна вода для технологічного процесу	Поразка шкіряних покривів, захворювання легенів
Запиленість	Подрібнена руда, що поступає на ділянку	Ураження легеневих тканин, кисневе голодування
Шум	Працюючі млини, вентиляційні установки	Дія на нервову, серцево-судинну систему, підвищення артеріального тиску, порушення функцій шлунку
Електричний струм	Електроустановки, токопроводи	Опіки, ураження м'язових тканин, нервової системи, головного мозку
Рухомі і механізми, що обертаються	Працююче устаткування, електро-мостові крани	Різного роду травми
Кисень	Кисневі пости, киснепроводи	Різного роду травми

Джерело: розроблено автором

Грані норми які допустимі по концентрації (ГДК) або рівень (ГДР) шкідливого чинника на місці робітника класифікатора, а також їх фактичні показники наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Шкідливі чинники на місці роботи класифікатора

Фактор	ГДК, ГДР	Факт
Вологість, %	70	80
Запиленість, мг/м ³	6	15 – 25
Шум, дБ(А)	80	90 – 97

Джерело: розроблено автором

Аналіз факторів ризику та небезпек на робочому місці класифікатора, яке піддається модернізації, свідчить про те, що основними шкідливими чинниками для обслуговуючого і ремонтного персоналу є запилення повітряного середовища та шум. Реалізація заходів сучасної модернізації, передбаченої в рамках цього проекту, дозволить знизити рівень шуму та кількість небезпечних рухомих механізмів у районі приводу машини шляхом заміни відкритих передач на закриті.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей

До основних заходів для зменшення впливу шкідливих чинників належать:

- вентиляція;
- усунення підвищених рівнів пилу;
- створення захисту від шуму.

Серед ключових підходів, які сприяють підтриманню належного стану повітря в робочій зоні виробничих приміщень фабрики, можна виділити такі:

- вдосконалення технологічних процесів із впровадженням дистанційного керування, автоматизації та механізації;
- встановлення систем вентиляції та опалення у виробничих приміщеннях.

Вентиляція передбачає організоване видалення забрудненого повітря з приміщення та забезпечення припливу свіжого повітря ззовні [21].

Для забезпечення ефективного функціонування вентиляційної системи необхідно дотримуватись таких принципів:

- кількість повітря, яке надходить у приміщення, повинна відповідати кількості видаленого повітря при мінімальній різниці;
- система вентиляції має бути правильно розташована в приміщенні;
- вентиляція не повинна спричиняти переохолодження чи перегрівання працівників або створювати додатковий шум;
- система вентиляції повинна бути електробезпечною, пожежо – і вибухостійкою, а також мати просту конструкцію.

Для зменшення пилоутворення використовують герметизацію бункерів і тічок, а також знижують висоту падіння подрібненої руди.

Для боротьби з пилом застосовують гідрозмив, а для побілки додають рідке скло, яке створює захисну плівку, здатну оберігати штукатурку стін від руйнування під впливом технічної води [21].

Методи боротьби з шумом умовно поділяють на дві категорії: колективного захисту та індивідуального захисту.

Серед акустичних заходів виділяють звукоізоляцію, звукопоглинання, віброізоляцію та застосування шумозаглушувачів.

Зниження рівня шуму досягається забезпеченням герметичності повітропроводів, газопроводів і арматури, використанням м'яких ущільнювачів на елементах вентиляційних систем, застосуванням дифузорів із брезенту, ізолюючих кожухів, а також використанням звукопоглинальних та звукоізоляційних матеріалів.

Наприклад, для зменшення шуму від роботи млинів для додаткового подрібнення використовують гумову футеровку та прогумовані бутари.

При використанні гідрозмиву для прибирання робочих місць існує ризик ураження електричним струмом. Щоб уникнути цього, застосовують закриті електроустаткування та апаратуру із ізольованими струмопровідними частинами, які монтуються згідно з установленими нормами. Освітлення у таких умовах здійснюється на напрузі не вище 36 В, тоді як переносне та локальне освітлення працює на напрузі 12 В.

Для забезпечення безпеки та надійності роботи застосовуються спеціальні реле та плавкі запобіжники, а все обладнання та прилади підключаються до системи заземлення.

Всі електрозварювальні роботи виконуються з використанням режиму холостого ходу.

Для безпечного функціонування механізмів і підйомно-транспортних засобів передбачені огорожі, спеціальні проходи, захисні пристрої, а також блокувальні механізми.

Робочі майданчики для обслуговування класифікатора розташовують на 600 мм нижче від борту ванни-корита, виготовляючи їх із рифленого сталевих листового матеріалу. З протилежного боку класифікатора встановлюють робочий майданчик із металевими щитами висотою не менше 1200 мм.

Для візуального огляду класифікатора в процесі роботи облаштовують верхні містки з огорожею.

У рамках довгострокових заходів, спрямованих на досягнення показників викидів, що не перевищують гранично допустиму величину (ГДВ), підприємства акцентують увагу на вдосконаленні технологічного режиму збагачення, розробці нових систем очищення пилових викидів, а також підвищенні ефективності вже існуючих аспіраційних систем. Поряд із цим запроваджуються тимчасові організаційно-профілактичні заходи, які дозволяють зменшити викиди в атмосферу на 15-20%.

Забруднені стічні води, утворені в процесі рудозбагачення, направляють на очищення з подальшим відведенням їх у відстійники, оскільки вони не застосовуються у системах оборотного водопостачання.

Розрахунок освітленості на РЗФ-1 виконується відповідно до чинних норм і рекомендацій.

У цеху розміром 300 x 64 м, де характерним є середній рівень виділення кіптяви й диму, мінімальна нормована освітленість складає 50 лк. Джерелами освітлення є світильники прямого світла, які функціонують у мережі з напругою 220 В; потужність кожної електролампи становить 1000 Вт.

Встановлюємо згідно цехової установки потужності освітлювання:

$$W = Esk/1000 E_{cp} = 50 \cdot 19200 \cdot 1.5/1000 \cdot 4.7 = 306.4 \text{ кВт} \quad (4.1)$$

де $E = 50$ лк - нормована освітленість; $s = 300 \cdot 64 = 19200 \text{ м}^2$ – площа освітлюваного приміщення;

$k = 1,5$ – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення ламп і освітлювальної арматури;

$E_{cp} = 4,7$ лк - середня горизонтальна освітленість при рівномірному розміщенні освітлювальних приладів.

За вибраною потужністю обираємо потрібну кількість ламп

$$N = W/W_1 = 306400/1000 = 306.4 \text{ шт} \quad (4.2)$$

Для забезпечення освітлення робочого місця біля класифікатора на рудозбагачувальній фабриці згідно зазначеної норми, погоджуємо 306 ламп.

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

Засоби захисту поділяються на індивідуальні та колективні. До засобів колективного захисту відносяться ті, що забезпечують безпеку для необмеженої кількості людей. Прикладами таких засобів є системи аспірації та вентиляції приміщень, пізнавальне фарбування, знаки і написи безпеки, захисні щити, огороження тощо. Індивідуальні засоби захисту призначені для захисту органів зору, дихання, слуху, а також голови, рук, ніг і всього тіла. Відповідно до нормативного документа «Типові галузеві норми безкоштовної видачі робітникам і службовцям спецодягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту», перелік засобів індивідуального захисту персоналу класифікатора 2КСН-30 наведено в таблиці 3.4. Працівники ділянок мокрого і сухого подрібнення використовують спецодяг із бавовняної тканини. Для захисту дихальних шляхів від пилу застосовують безоплатно респіратори типу «Пелюстка». У разі підвищеного рівня загазованості, виявленої працівниками газорятувальної станції, використовують промислові протигази, такі як РВЛ або Р-30. Для індивідуального захисту органів слуху застосовують зовнішні та внутрішні противошуми (антифони). Зовнішні противошуми у вигляді шумозахисних навушників перекривають вушну раковину. Для захисту працівників від падіння дрібних предметів з висоти передбачені фіброві каски. Органи зору при спостереженні за технологічними процесами, наприклад, класифікацією матеріалів, захищають спеціальними захисними окулярами.

Таблиця 3.4

Засоби індивідуального захисту (на 1 персону)

Професія	Найменування захисного засобу	Матеріал	Термін носіння
1	2	3	4
Класифікаторник, слюсар-ремонтник	Спецкостюм	х/б	12 міс.
	Черевики	шкіра	6 міс.
	Чоботи	гума	12 міс.
	Рукавиці	х/б	0,5 міс.
	Рукавички *	прогумовані	3 міс.
	Каска	фібра	3 роки
	Респіратор «Пелюстка 200»	марля	зміна
	Беруші	ватяно-марлеві	зміна
	Окуляри захисні	-	6 міс.
Електрогазозварник	Спецкостюм	б/з	12 міс.
	Черевики спеціальні	шкіра	6 міс.
	Рукавиці	б/з	0,5 міс.
	Краги	б/з(або замш)	3 міс.
	Рукавички діелектричні	гума	6 міс.
	Килимок діелектричний	гума	24 міс.
	Наголовний щиток	-	12 міс.
	Респіратор «Пелюстка 200»	марля	зміна
	Біруши	ватяно-марлеві	зміна
	Каска	Фібра	3 роки
Газорізчик	Спецкостюм	сукно	12 міс.
	Черевики спеціальні	шкіра	6 міс.
	Рукавиці	б/з	0,25 міс.
	Окуляри затемнені	-	12 міс.
	Респіратор «Пелюстка 200»	марля	зміна
	Біруши	ватяно-марлеві	зміна
	Каска	фібра	3 роки

Прим. 1. * - Тільки для класифікаторника

Джерело: розроблено автором

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Виробничий процес на ділянці дроблення рудозбагачувальної фабрики, за санітарно-гігієнічними характеристиками згідно з СНіП 2.09.04-87, належить до 3-го класу 3-го ступеня [21].

Створення належних санітарних умов має важливе значення для попередження захворювань серед працівників. У відповідності до вимог санітарних норм передбачено облаштування побутових і допоміжних приміщень, які включають туалети, душові, умивальники, їдальні, кімнати для прийому їжі та відпочинку, а також медичні пункти. Якісне освітлення таких приміщень забезпечує комфортні умови для відпочинку персоналу рудозбагачувальної фабрики.

У роздягальнях передбачені подвійні шафи для зберігання чистого і робочого одягу. Працівники забезпечуються двома комплектами робочого одягу: один використовується, інший проходить хімчистку (прання, сушіння, ремонт тощо).

Усі побутові приміщення розташовуються на території фабрики з підвітряного боку.

Для компенсації втрати вологи та мінеральних солей працівникам видається мінеральна вода в кількості 1,5 літра на зміну. У теплу пору року додатково забезпечується білково-вітамінний напій.

Туалети знаходяться на відстані не більше ніж 75 метрів від робочих місць. Кількість санітарних приладів визначається згідно з нормами: один прилад на обслуговування 15 осіб.

Модернізація обладнання, яка планується, не передбачає збільшення чисельності обслуговуючого персоналу, тому чинні санітарні норми залишаються незмінними. Основні роботи з реконструкції діючого обладнання виконуватимуть працівники ремонтних цехів, які у своїх підрозділах забезпечені необхідними санітарно-побутовими приміщеннями й обладнанням.

3.3 Пожежна профілактика

Будівля фабрики зведена з негорючих матеріалів, таких як металоконструкції, залізобетон та скло. Відповідно до норм СНіП 2.01.02–85, ця споруда має III ступінь вогнестійкості. Виробничий процес на РЗФ-1, з огляду на вибухову, вибухопожежну й пожежну небезпеку, належить до категорії Г-1 згідно з вимогами СНіП 2.09.02–85. Основними зонами ризику виникнення пожеж є ділянка подачі руди та зона видачі паливно-мастильних матеріалів. Серед основних причин пожеж виокремлено такі: несправності обладнання (клас пожежі Е), займання паливно-мастильних матеріалів через іскри електричного походження або вплив відкритого вогню (клас пожежі В), а також людський фактор. Протипожежна профілактика організована відповідно до правил ППБУ. Передбачено автоматичну систему сигналізації у разі виникнення пожежі, теплові датчики для автоматичного запуску системи пожежогасіння. Ця система встановлена у зонах подачі руди, де розташоване основне обладнання, включаючи конвеєри, а також в зоні видачі паливно-мастильних матеріалів. Центральна панель протипожежної сигналізації розміщена на головному пульті управління фабрики. У всіх зонах з підвищеною небезпекою газовиділення розташовані попереджувальні знаки. Для боротьби з пожежами на території об'єкта передбачено дві водонапірні колонки-гідранти, розташовані на відстані 12 м від будівлі фабрики та позначені спеціальними знаками, а також вогнегасники та ящики з піском. Крім того, відповідно до норм Міністерства чорної металургії та гірничої промисловості, фабрика оснащена додатковими засобами пожежогасіння: сім ящиків з піском для ліквідації осередків займання та стільки ж пожежних щитів, обладнаних баграми, відрами, сокирами і лопатами. На кожному робочому місці встановлено шланги з водою для очищення території. Детальний перелік засобів пожежогасіння наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Первинні засоби пожежогасіння

Найменування ділянки	Одиниці площини	Ящики з піском	Вуглекислі вогнегасники		
			ОУ-3	ОУ - 5	ОУ - 8
Подачі руди	На приміщення	1		3	
Подрібнення	На приміщення	2		4	
Сепарації	На приміщення	2		4	
Фільтрації	На приміщення	1	2		1
Насосів вакууму	На приміщення	1	2		1

Джерело: розроблено автором

Ризик виникнення пожежі на робочому місці класифікатора знижений завдяки проектним рішенням, які передбачають заміну відкритих зубчастих передач, що постійно перебувають у мастилi, на закриті конструкції. Також повністю усунуто трубопроводи для подачі густого мастила. Ймовірність ураження будівель блискавкою зведена до мінімуму завдяки використанню системи грозозахисту II категорії, реалізованої згідно з нормами СН 305-77. У даному випадку застосовано подвійний тросовий блискавковідвід, зона захисту якого розрахована відповідно до вимог РД34.21.122-87. У разі виникнення пожежі на території рудозбагачувальної фабрики всі працівники повинні негайно залишити приміщення фабрики згідно зі схемою евакуації, з якою вони ознайомлені заздалегідь [20]. Ці схеми розміщені на інформаційних стендах у виробничих зонах. Дільниця подрібнення

рудозбагачувальної фабрики №1, де встановлено модернізований класифікатор 2КСН-30, відповідає 3 класу третього ступеня за санітарно-гігієнічною характеристикою та категорії Г-1 за пожежною безпекою. Персонал, який обслуговує класифікатор, піддається впливу низки шкідливих і небезпечних виробничих факторів, серед яких запиленість, шум та підвищена вологість; на окремих ділянках ці параметри можуть перевищувати гранично допустимі норми. Одним із недоліків базового варіанта приводу класифікатора є використання відкритих зубчастих передач, які спричиняють підвищений рівень шуму, створюють травмонебезпечні ситуації через обертові механізми та збільшують ризик займання змащувальних матеріалів. Застосування в проекті закритих передач дозволяє суттєво знизити ці ризики, а в ряді випадків повністю виключити їхній вплив на працівників. Крім того, такі рішення сприяють покращенню санітарно-гігієнічних і екологічних умов.

ВИСНОВОК

Аналіз основних несправностей виявлених в процесі підготовки магістерській кваліфікаційній роботі що до роботи базового класифікатора виявляє низку конструктивних недоліків. Серед них – використання у приводі відкритих зубчастих передач, короткий ресурс служби підшипників ковзання в приводі, несправності стопорних елементів цапф верхніх опор, а також надмірний абразивний знос валів спіралей, лопатей і футеровки, а також вихід із ладу підшипників нижніх опор.

Ключовою проблемою конструкції класифікатора є застосування одного приводу для двох робочих органів (спіралей), що спричиняє зупинку всієї машини у випадку несправності однієї зі спіралей або деталей приводу.

Ці недоліки суттєво обмежують ефективність роботи обладнання, сприяють частим зупинкам через дрібні чи тривалі ремонти, що призводить до збільшення витрат на запасні частини та електроенергію. Усе це зрештою впливає на підвищення собівартості готової продукції.

Аналіз різних конструкцій показує, що дотепер не було створено оптимального приводу, який би повністю відповідав технологічним, експлуатаційним і ремонтним вимогам. Для покращення роботи пропонується встановлення перегородки між зливальним порогом і спіралями, що сформує зону ламінарних висхідних потоків пульпи.

Також рекомендовано внести зміни в конструкцію приводу підйому спіралей, використовуючи гідравлічну систему.

Ця модернізація дозволить забезпечити підвищення продуктивності класифікатора, скоротити кількість деталей та вузлів приводу і знизити час і ресурси, необхідні для обслуговування та ремонту.

Таким чином, запропоноване проектне рішення дає змогу суттєво поліпшити основні експлуатаційні показники роботи рудозбагачувальної фабрики №1, що робить його актуальним та економічно вигідним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наумов Н.А. Довідник зі збагачення руд. Підготовчі процеси. 1982 р. 250 стор.
2. Фоменко Т.Г. Гравітаційні процеси збагачення корисних копалин. 1966 р. 332 стор.
3. А.с. 1540861, В 03 В 5/52. Спіральний класифікатор / А.Ф. Симоненко. № 4252664/23-03; Заявл. 27.05.87; Опубл. 07.02.90, Бюл. № 05. 4 стор.
4. А.с. 784915, В 03 В 5/52. Гумова футерування спіралей класифікатора / О.Ч. Баскаєв. № 2667549/22-03; Заявл. 26.09.78; Опубл. 07.12.80. Бюл. № 45. 3 стор.
5. А.с. 1570776, В 03 В 5/52. Спіральний класифікатор / В.П.Корж. № 4476018/27-03; Заявл. 23.08.88; Опубл. 15.06.90; Бюл. № 22. 3 стор.
6. Олевський В.О. Конструкції та розрахунок механічних класифікаторів та гідроциклонів. 1969 р. 315 стор.
7. Перов В.О. Класифікатор і мірошник збагачувальної фабрики: Довідник робітника. 1990 р. 221 стор.
8. Кобевник В.Ф. Охорона праці: Підручник для вузів. К.: Вища школа, 1990 р. 282 стор.
9. Анурьев В.И. Довідник конструктора-машинобудівника: в 3 т. Т1. 8-е изд., перераб. і доп. Машинобудування, 2001 р. 920 стор.
10. Анурьев В.И. Довідник конструктора-машинобудівника: в 3 т. Т2. 8-е вид., перероб. і доп. Машинобудування, 2001р. 912 стор.
11. Анурьев В.И. Довідник конструктора-машинобудівника: в 3 т. Т3. 8-е вид., перероб. і доп. Машинобудування, 2001 р. 864 стор.
12. Чернилевський Д.В. Деталі машин. Проектування приводів технологічного обладнання: Навчальний посібник. 3-е вид., випр.: Машинобудування, 2003 р. 560 стор.
13. Автоматизовані мастильні системи та пристрої / В.Я. Семенов,

- П.М. Курганський, В.І. Кузьмін та ін. Машинобудування, 1982 р. 176 стор.
14. Касаткін Н.Л. Ремонт та монтаж металургійного обладнання. 2-е вид., перероб. і доп. Металургія, 1970 р. 312 стор.
 15. Снятніскес Т.Г. Розрахунок вантажопідіймальних та транспортуючих машин. К.: Вища шк., 1978 р. 571 стор.
 16. Приводи машин: Атлас конструкцій: Ч 1. Редуктори та мотор-редуктори. Конструкція, параметри та основи конструювання: навч. посібник / П.Н. Усачьов, О.В. Васильєв. К.: Вища шк., 2001 р. 455 стор.
 17. Седуш В.Я. Надійність, ремонт та монтаж металургійних машин. Донецьк: Вища школа, 1976 р. 228 стор.
 18. Серенсен С.В., Когаєв В.П., Шнейдерович Р.М. Несуча здатність та розрахунок деталей машин на міцність: Керівництво та довідковий посібник. 3-е изд., перероб. і доп. Машинобудування, 1975 р. 488 стор.
 19. Бедрань Н.Г. Машини для збагачення корисних копалин: Навчальний посібник для вузів. Київ-Донецьк: Вища школа, 1980 р. 416 стор.
 20. Шеремет В.О., Каракаш О.І., Марунчак В.Ф. та ін. Довідковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: Навчальний посібник. Дніпропетровськ: ЧП «Ліра ЛТД», 2006 р. 816 с.
 21. Шеремет В.О., Каракаш О.І., Марунчак В.Ф. та ін. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: Навч. посоібник. Ч.П.: Гірничодобувний комплекс. Дніпропетровськ: ІМА прес, 2003 р. 387 с.

ДОДАТКИ

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

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

Я, *Карпачов Станіслав Олександрович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна магістерська робота *«Механічне обладнання рудозбагачувальної фабрики №1 Гірничо-збагачувального виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»*. Розробка гідроприводу підйому спіралей класифікатора 2КСН-30» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

15.01.2026



Карпачов С.О.

(ініціали, прізвище, власноруч)