

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Заочна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКЛАВРА

Григоренко Олександр Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові заобувача)

на тему

Розробка вібраційного грохоту для грохочення коксу агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

за матеріалами

Агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник

к.т.н., доцент

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Пополов Д. В.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 14 червня 2025 р.

№

14

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

Кривий Ріг – 2025

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

Рівень вищої освіти _____ Перший (бакалаврський) _____

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ІГМ _____



(підпис)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.

(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 14 »

квітня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

Григоренко Олександр Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Розробка вібраційного грохоту для грохочення коксу агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра *Пополов Д. В., к.т.н., доцент*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від *«04» квітня 2025 р. № 243-ст*

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри *07.06.2025*

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра

Умови виробництва агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика вібраційного грохоту для грохочення коксу, інформація про недоліки конструкції.

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

4.1 Аналітична частина;


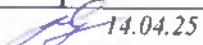




4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

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

1 аркуш формату А1 складальне креслення грохоту коксового, 1 аркуш формату А1 складальне креслення вібратора.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Аналітична частина	28.04.2025	вик.
	Основна частина	16.05.2025	вик.
	Організація безпечного виробництва	21.05.2025	вик.
	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025	вик.
	Виконання графічної частини	04.06.2025	вик.
	Подання роботи до кафедри	07.06.2025	вик.
	Захист роботи в ЕК	17-18.06.2025	вик.

Здобувач (ка)


(підпис)

Григоренко О. Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Пополов Д. В.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ екз	Примітки
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Знов розроблена			
5						
6	A1	КРБ.133.25.09.00.000 СК	Складальне креслення	1		
7	A1	КРБ.133.25.09.04.000 СК	Складальне креслення	1		
8	A4	КРБ.133.25.09.ПЗ	Пояснювальна записка	48		
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						

133.25.09.КРБ

Ізм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розробив		Григоренко		04.06.25
Перевірив		Пополов		04.06.25
Н.контр.		Пополов		13.06.25
Затвердив		Засельський		14.06.25

Грохот коксовий
Відомість кваліфікаційної
роботи бакалавра

Літ.	Аркцш	Аркцшів
Б		1

ННТІ ДУЕТ
кафедра ІГМ
гр. ЗМО-22ск

Коплюбов

Формат А4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра 48 стор., 8 рис., 2 табл., 2 додатка, 16 джерел.

Об'єкт розробки - вібраційний грохот з неутримуваним зв'язком вібруючого корпусу із ситом корпусу підготовки палива агломераційного цеху.

Мета розробки - поліпшення експлуатаційних характеристик віброгрохоту при сортування коксу по класу 3,0 мм, зменшення витрат на паливо за рахунок виводу з палива класу - 3,0 мм перед дробленням і зниження класу - 0,5 мм, який збільшує витрату палива.

Метод досліджень - аналітичний - аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції коксового віброгрохоту, перевірка міцності основних деталей.

Запропонованим грохотом інтенсифікується процес грохочення за рахунок ударно-імпульсних взаємодій сита з матеріалом. Визначена необхідна потужність електродвигуна приводу.

Запропоновані заходи щодо охорони праці при експлуатації, обслуговуванні і ремонті грохотів вібраційних.

Запропонована конструкція вібраційного грохоту дозволить поліпшити експлуатаційні характеристики, усунути забивання і залипання отворів сит частинками матеріалу, який обробляється.

Результати роботи можуть бути використані при розробці вібраційних грохотів для сортування коксу та інших сипких важкогрохотимих матеріалів.

КОКС, ВІБРОГРОХОТ, НЕУТРИМУВАНИЙ ЗВ'ЯЗОК, ВІБРАЦІЯ, УДАРНО-ІМПУЛЬСНА ВЗАЄМОДІЯ, СИТО, ГУМОВІ АМОРТИЗАТОРИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Призначення та область застосування обраної для вдосконалення машини	8
1.2 Технічна характеристика машини-прототипу	8
1.3 Опис конструкції машини-прототипу	9
1.4 Аналіз недоліків	14
1.5 Передбачувані причини недоліків	14
1.6 Постановка мети та задач	14
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	16
2.1 Літературно-патентний огляд	16
2.2 Пропозиції по модернізації	20
2.3 Переваги пропонованої конструкції	24
2.4 Розрахунки по модернізації	24
2.4.1 Розрахунки навантажень і визначення вихідних даних	24
2.4.2 Силевий і кінематичний аналіз механізму	27
2.4.3 Розрахунок потужності привода	31
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	34
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників	35
3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників	38
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
ДОДАТКИ	48

ВСТУП

Наявність дрібної фракції (меншої за 0,5 мм) у паливі агломераційної шихти негативно впливає на роботу агломераційних машин: знижується їхня продуктивність, збільшується витрата палива, погіршується якість агломераційної шихти та підвищується рівень викидів CO і NO₂ в повітря. Така фракція утворюється в процесі підготовки палива під час дроблення, переважно через надмірне подрібнення часток менш ніж 3,0 мм, які є цінною складовою агломераційної шихти. Тому вилучення фракції менше 3,0 мм до етапу дроблення є важливим технологічним завданням. Застосування звичайного вібраційного грохоту для вилучення фракцій менш ніж 3,0 мм із палива часто є неефективним. Це пов'язано із забиванням і залипанням отворів сит при роботі з коксом, що містить до 10% вологи. Для вирішення цієї проблеми пропонується встановлення перед чотиривалковою дробаркою спеціального грохота із конструкцією, де відсутній жорсткий зв'язок між вібруючим коробом і ситом. Такий грохот посилює процеси просіювання завдяки ударно-імпульсним взаємодіям сита з матеріалом.

Запропоноване конструкційне рішення вібраційного грохота є ефективною не лише для коксу, а й для інших сипких матеріалів із важким просіюванням у різних промислових сферах.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

На коксохімічних підприємствах, а також у доменних цехах, проводиться процес грохочення коксу з метою його класифікації за фракціями.

У коксохімічному цеху здійснюють сортування коксу на фракції: більше 25 мм, 16–25 мм, 8(10)–16 мм і менше 8 мм. Ці фракції знаходять застосування в різних виробничих процесах, зокрема в доменному, агломераційному, електродному та інших галузях. Для виконання грохочення використовують грохот як валкового типу, так і вібраційного, тип яких є ГІЛ-32 та ГІЛ-42 [1].

У доменному цеху основною метою при грохоченні є видалення дрібних часток коксу розміром менше ніж 25 мм, оскільки їхня присутність у доменній шихті значно погіршує технологічні показники роботи печі. Для цього застосовуються вібраційні грохоти легкого типу, а також спеціалізований коксівний віброгрохот ГІК-52, який здійснює розподіл за фракцією 25 мм [2].

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

Характеристики грохоту ГІК-52 та його головні технічні дані зазначені у таблиці 1.1 [3].

Технічна характеристика грохоту ГІК-52

Параметр	Розмірність	Значення
1	2	3
Продуктивність	м ³ /год	389
Матеріал, що грохотять	---	кокс
Максимальний розмір шматка в початковому	мм	100
Кількість ярусів сит	шт.	2
Кут установки сит	град.	16
Кількість вібраторів	шт.	1
Кінетостатичний момент	кгм	6,5...25,0
Маса частин грохоту, що коливаються	кг	3040
Амплітуда коливань короба, робоча	мм	2...8
Частота обертання барабана	об/хв	4...7
Електродвигун:		
– тип		4АМУ200М
– потужність	кВт	18,5
– частота обертання	об/хв	750
Маса грохоту	кг	4400

Джерело: розроблено із використанням [3]

1.3 Опис конструкції машини-прототипу

На рисунку 1.1 представлено загальний вигляд грохоту ГІК-52.

Конструкція грохота включає короб 1, пересувний візок 2, гумові амортизатори 3, вібратор 4, електродвигун 5, муфту 6 та сита 7.

Короб 1 розташований похило на візку 2 за допомогою восьми амортизаторів 3. Його коливання у вертикальній площині забезпечуються відцентровими силами, що виникають під час обертання дебалансів (основних і поворотних), які встановлені на валу вібратора. Для обертання валу використовується електродвигун, з'єднаний із ним через пелюсткову муфту. Електродвигун також закріплений на візку.

У результаті коливань похило встановленого короба здійснюється переміщення матеріалу до розвантажувального кінця, а також його просіювання крізь отвори сит, розташованих у два яруси.

Короб є основною частиною грохота, оскільки саме на ньому розташовані просіювальні поверхні (сита) та вібратори, які створюють необхідні коливання для транспортування й грохочення матеріалу.

Конструкція короба включає дві боковини, з'єднані одна з одною поперечними балками, які забезпечують міцність і стійкість, а також торцеву стійку з вбудованим вібратором. Для захисту від абразивного зносу балки покриваються гумовими листами. Боковини коробу посилено жорсткостями у верхніх і нижніх частинах, а в центральній зоні, де розташований вібратор, додатково встановлені накладки. На поперечних балках монтується каркас сит, до яких за хомутами кріпляться гумові карти просіювальних поверхонь, що є еластичними елементами для сортування матеріалу [3].

У зоні завантажування коробу, верхнього ярусу, просіюювача поверхня, де розміщені три знімні пластини. Якщо ці пластини демонтуються, на їхньому місці утворюються щілини, через які частина матеріалу може переміщатися з гори до низу для подальшого просіювання.

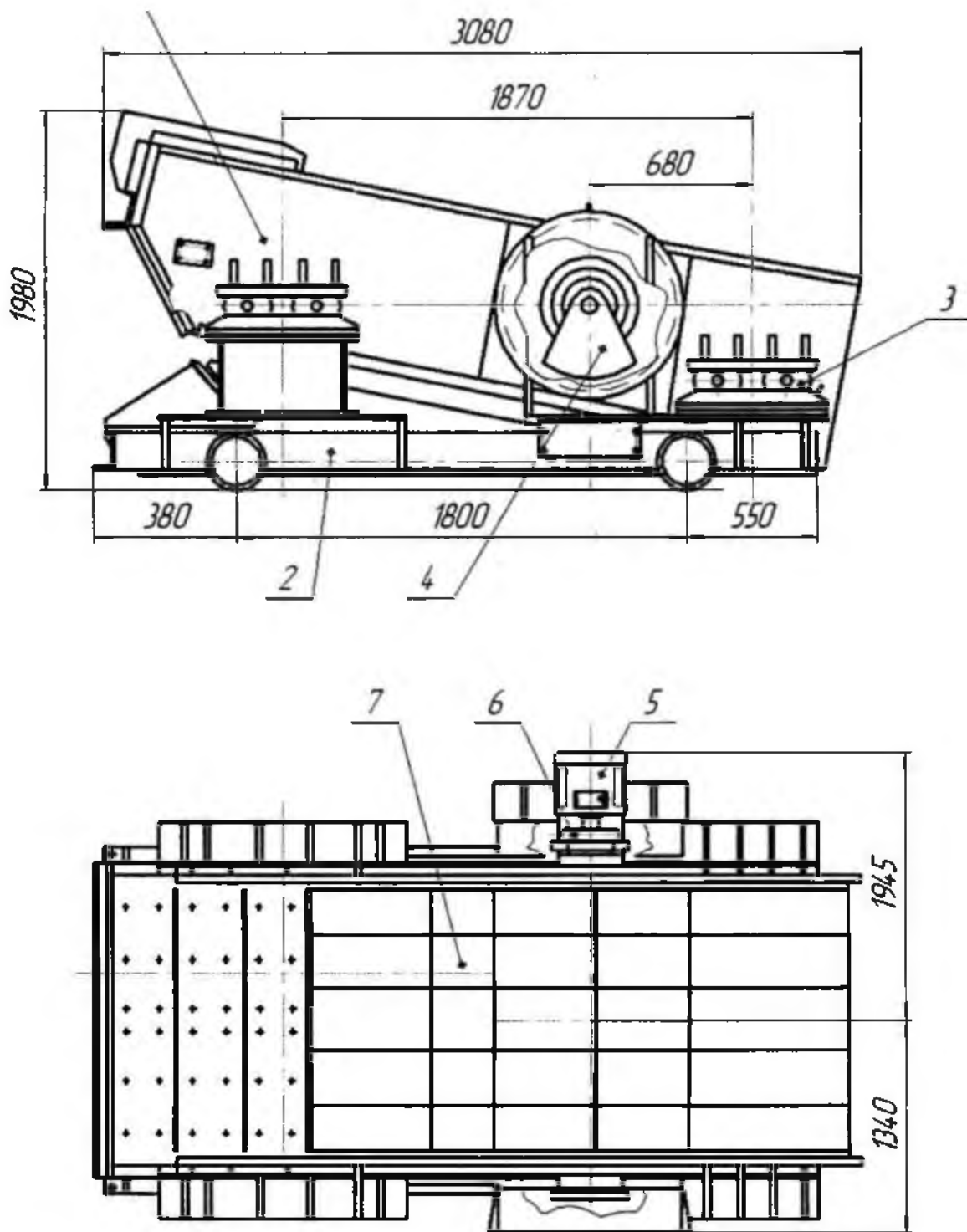


Рис. 1.1. Загальний вид грохоту ГІК-52

1 – короб; 2 – візок; 3 – амортизатор; 4 – вібратор;

5 – електродвигун; 6 м муфти; 7 – сито

Джерело: розроблено із використанням [3]

Усі болтові з'єднання на коробі, за винятком кріплень каркасів сит, виконані із застосуванням високоміцних болтів. Момент затягування гайок цих з'єднань становить 800 Н·м, що забезпечує зусилля на болтах величиною 160 кН.

Візок являє собою зварену раму, складену з поздовжніх і поперечних балок. На рамі розташовані кріплення для гумових амортизаторів, стійки для монтажу електродвигунів і захисних кожухів дебалансів.

Передача коливань коробка здійснюється за допомогою вібратора, який закріплений між боковинами коробка.

Конструктивні особливості вібратора представлені на рисунку 1.2.

Вібратор має конструкцію валу, позначеного як елемент 1, що встановлений на підшипниках кочення (елемент 2). Ці підшипники зовнішніми кільцями розміщені в корпусах (елемент 3), а внутрішніми кільцями закріплені на втулках (елемент 4). Втулки, у свою чергу, з'єднуються з валом за допомогою шпонкового з'єднання [3].

Конструкція підшипникових вузлів грохоту передбачає використання плаваючої опори, що покликана усунути ризик затискання підшипників внаслідок теплового розширення валу при його нагріванні.

Корпуси підшипників жорстко закріплюються на боковинах коробка за допомогою високоміцних болтів. Затягування болтів здійснюється з обертальним моментом у 1000 Нм, що забезпечує створення осьового зусилля величиною 200 кН.

Вібратор виконує функцію додаткового елемента жорсткості конструкції, оскільки виступає в ролі з'єднувальної балки між боковинами коробка. На консольних відростках валу розташовані дебалансуючі елементи: основний (поз. 5) і регульований (поз. 6), що забезпечують можливість контролю амплітуди коливань шляхом зміни кута повороту регульованого дебалансу [3].

Передача крутного моменту до валу відбувається через пелюсткову муфту (поз. 7), яка з'єднує його з електродвигуном. Для гарантування безпеки

експлуатації ротуючі елементи системи обладнуються захисними кожухами, що перешкоджають випадковому контакту з рухомими частинами.

Коксові грохоти оснащені двома рівнями сит, виготовлених із листової сталі товщиною 8–12 мм, які мають отвори круглої форми, хоча в окремих конструкціях застосовують квадратні. Діаметри отворів сит верхнього ярусу становлять від 50 до 60 мм. У нижньому ярусі діаметри варіюються залежно від обсягів обслуговуваних печей: для печей з об'ємом до 3000 м³ діаметри складають 25–30 мм, а для печей обсягом 3200 та 5000 м³ – 35–40 мм.

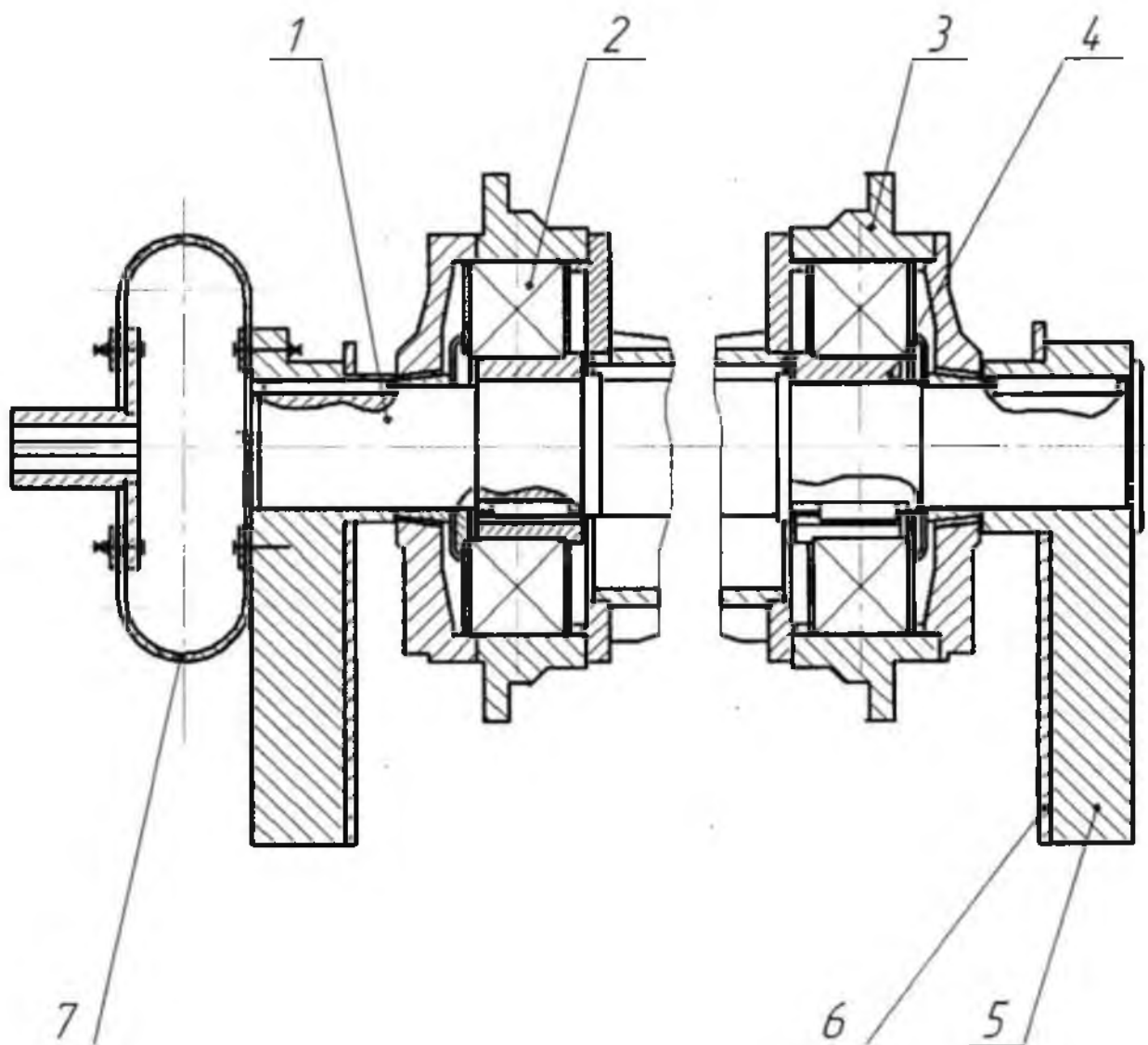


Рис. 1.2. Конструкція вібратора

Джерело: розроблено із використанням [3]

1.4 Аналіз недоліків

Вібраційні грохоти, які ефективно використовуються для класифікації коксу у фракційному діапазоні 25-40 мм, виявляються непридатними для розсівання коксу розміром 3,0 мм у виробничих умовах відділень підготовки палива агломераційних фабрик. Основною причиною цього є схильність отворів сит до засмічення та залипання через високу вологість коксу, яка може досягати 10%.

1.5 Передбачувані причини недоліків

Існуючі конструкції вібраційних грохотів не забезпечують ефективного використання кінетичної енергії частинок коксу, розмір яких менше 3,0 мм, що негативно впливає на загальну ефективність процесу грохочення. Просте впровадження сит з отворами розміром 3,0 мм замість 25–40 мм може спричинити порушення існуючих технологічних процесів.

1.6 Постановка мети та задач

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення експлуатаційних характеристик вібраційних грохотів, призначених для відокремлення коксової фракції з розміром частинок до 3,0 мм.

Результати аналізу конструктивних недоліків моделі грохоту ГПК-52 вказують на необхідність впровадження інноваційних технічних рішень, спрямованих на усунення проблем із забиванням і залипанням отворів сит, що виникають при роботі з зволженим матеріалом.

Відповідно до поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

1. Проведення комплексного літературного та патентного аналізу, спрямованого на пошук перспективних технічних рішень.
2. Науково-технічне обґрунтування вибору оптимальних конструктивних рішень для модернізації грохоту.
3. Повисіти викання необхідних інженерних розрахунків, що підтверджують ефективність запропонованих підходів.
4. Розробити відповідну конструкторську документацію для реалізації конструктивних змін.
5. Провести аналіз основних небезпечних і шкідливих факторів, що виникають під час експлуатації вібраційного грохоту.

Сукупність виконаних завдань дозволить забезпечити не лише підвищення продуктивності та надійності обладнання, але й покращення умов праці персоналу.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно-патентний огляд

Досягти високої ефективності грохочення можна, застосовуючи нерівномірні дії робочого органу на оброблюваний матеріал [4].

Відомий метод організації нерівномірної дії полягає в очищенні отворів сит при їх залипаннях і забиванні частинками матеріалу.

При грохоченні липких матеріалів, таких як аглоруда і боксити, а також матеріалів з великою кількістю частинок, розміри яких близькі до розмірів отворів сит (наприклад, агломерат та кокс), важливо звести до мінімуму забивання отворів. Для цього сито повинно мати достатньо великі прискорення.

Використання високо-динамічних режимів грохочення, однак, може знижувати надійність обладнання, збільшувати енергоємність та часто знижувати ефективність роботи.

Компанією "Орвіл Сімпсон" запропонований грохот з переривчастими коливаннями і періодичним наростанням прискорень завдяки ударам, що виникають у коливальній системі. Привід цього грохоту реалізований у вигляді двох дебалансних валів, що обертаються в один напрям, причому швидкість одного з них на 1-15% вища, ніж іншого, що значно підвищує ефективність грохочення складних матеріалів.

Дослідження показали, що величини прискорень для періодичного очищення сит можна значно зменшити, якщо ці періоди співпадуть із розвантаженням сита. Таким чином, очищення проводиться під час холостого ходу грохоту.

Метод підвищення прискорень періодично застосовується в стаціонарних і вібраційних грохотах для класифікації дрібнозернистих матеріалів і пульп, наприклад у грохотах Репіфайн та ГПГ-0,75, де це досягається ударними механізмами.

Іншими методами вирішується аналогічне завдання при створенні грохоту для вилучення фракції (-3,0 мм) з паливної частини аглошихти перед дробленням.

Присутність класу -0,5 мм у паливі аглошихти знижує продуктивність агломераційних машин і якість кінцевого продукту. Використання стандартних вібраційних грохотів для виявлення фракцій -3,0 мм у паливі не дає результатів через забивання та залипання отворів сит вологим (до 10%) коксом.

Запропоновано новий грохот [5] з неутримуваним зв'язком між віброуючим коробом та ситом; це дозволяє інтенсифікувати процес грохочення шляхом ударно-імпульсної взаємодії між ситом та матеріалом. Грохот (рис. 2.1) складається з короба, що рухається завдяки інерційному вібровозбуднику та підтримується рамою через віброізолятори. Масивне сито опирається на короб через жорсткі гумові амортизатори і прикріплюється кінцевими амортизаторами, які запобігають сповзанню. Ця динамічна система поведінки нагадує ударний віброгасник. Певні співвідношення мас короба та сита, а також жорсткість амортизаторів дозволяють реалізувати режим з відривом сита від короба та матеріалу від сита з наступною ударно-імпульсною взаємодією.

Оптимальні співвідношення маси сита і короба визначені лабораторними дослідженнями для ефективного грохочення коксу наведені на рис. 2.2.

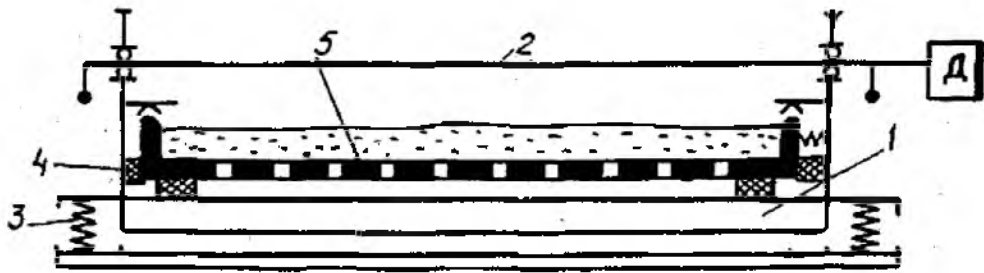


Рис. 2.1. Схема моделі грохоту з неутримуваним зв'язком віброуючого короба:

1 – короб; 2 – вібратор; 3 – амортизатор пружинний;
4 – гумові опори; 5 – сито

Джерело: розроблено із використанням [5]

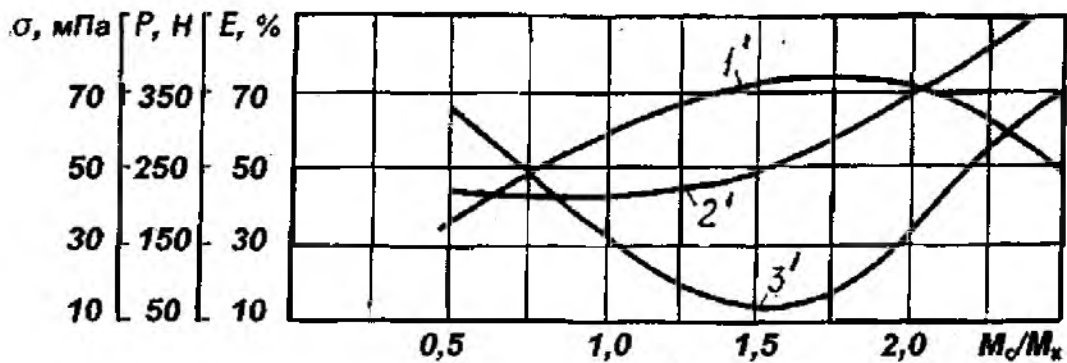


Рис. 2.2. Результати лабораторних досліджень:

1' – $E = f(M_n / M_e)$; 2' – $\sigma = f(M_n / M_e)$; 3' – $P = f(M_n / M_e)$

Джерело: розроблено із використанням [5]

Збільшення відношення M_n / M_e в діапазоні від 0,5 до 1,75 значно підвищує ефективність просіювання коксу за фракцією -3,0 мм на колосниковому ситі з отвором 5,0 мм. При цьому зростають механічні напруження в бокових елементах короба, але залишаються в межах

допустимих значень. Динамічні зусилля, які передаються на раму чи фундамент, свідчать про режим динамічного ударного заспокоєння, що зменшує зусилля при певних співвідношеннях $M\dot{\eta} / M\ddot{\epsilon}$ (в умовах експерименту це відбувається при $M\dot{\eta} / M\ddot{\epsilon} = 1,25 \dots 1,5$). Експериментальні дослідження на моделі підтвердили можливість ефективного відсіву дрібних фракцій з вологих матеріалів за правильного вибору цих масових співвідношень. Грохот із ненапруженим зв'язком складається з коливного короба 1 та жорстко прикріпленого до нього під ситника 2, на якому вільно розміщено сито, що виконує роль ударного елемента.

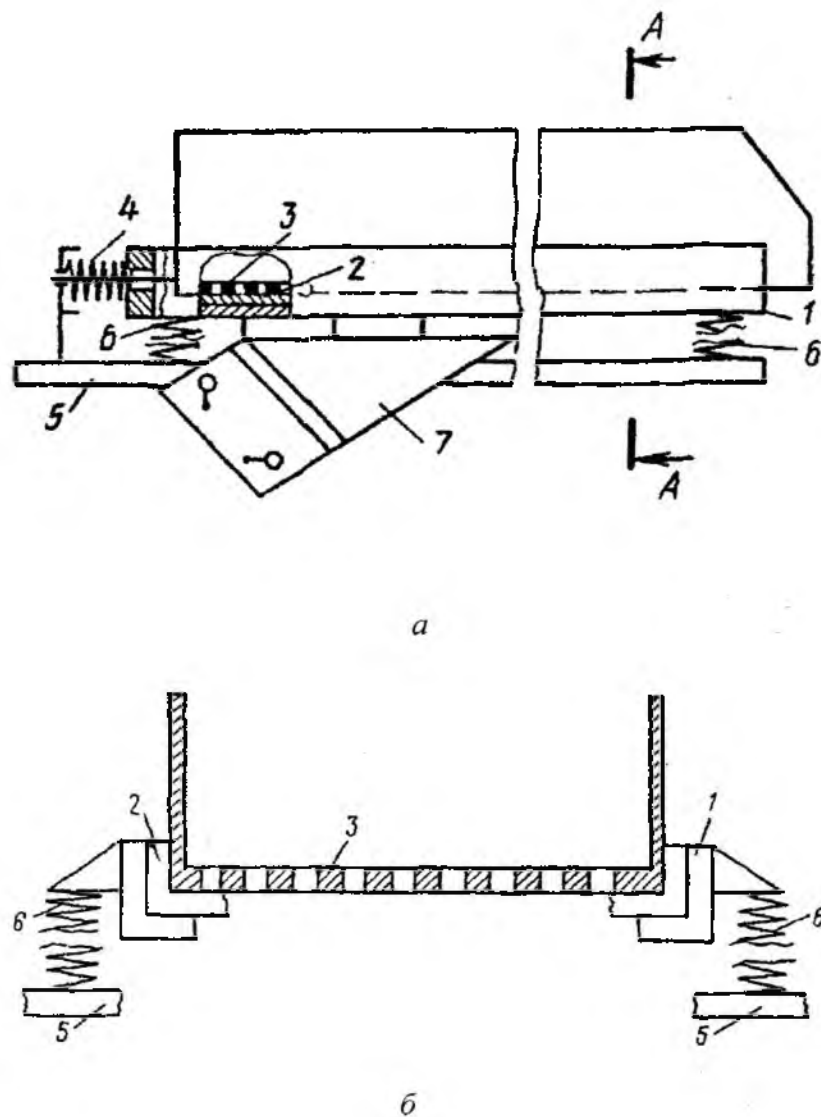


Рис. 2.3. Грохот з неутримуваним зв'язком:

a – вид збоку; *б* – розріз по *A-A*

Джерело: розроблено із використанням [5]

В установленому на завантажувальній частині грохоту механізмі розміщені пружні зв'язки 4, які заважають сити 3 рухатися уздовж короба 1. Короб спирається на раму 5 через амортизатори 6, отримуючи вібраційне збудження від вібратора 7.

Маси короба і сита вибираються зі співвідношення $m_{\eta} / m_{\epsilon} = 1,75 \dots 2$, що означає, що m_{η} – маса сита становить від 1,75 до 2 разів m_{ϵ} – маси короба. Процес роботи грохота виглядає наступним чином. Матеріал, який складається з дрібних часток агломерату діаметром 0...5 мм, надходить на сито 3, де відсіюються частинки до 2,5 мм, а частинки від 2,5 до 5 мм повертаються в бункер доменної печі. Під впливом коливань, викликаних вібратором 7, матеріал переміщується до розвантажувальної частини короба 1. Сито 3, укладене вільно на короб 1, також піддається вібраційним коливанням від вібратора 7. Завдяки різній масі і відсутності жорсткого зв'язку між ними, сито і короб здійснюють коливання з різними амплітудами, одночасно наносячи ударні дії на шар матеріалу. Це сприяє розпушенню товстого шару матеріалу і збільшенню швидкості руху фракцій по сити 3. Ударні дії також очищують сито 3 від застряглих важких часток, а оптимальний вибір мас та конструкцій допомагає зменшити динамічні навантаження.

2.2 Пропозиції по модернізації

Базова конструкція грохоту з незакріпленим зв'язком, запропонованого у джерелі [5], для класифікації коксу за розміром часток менше 3,0 мм, наведена на рисунку 2.4.

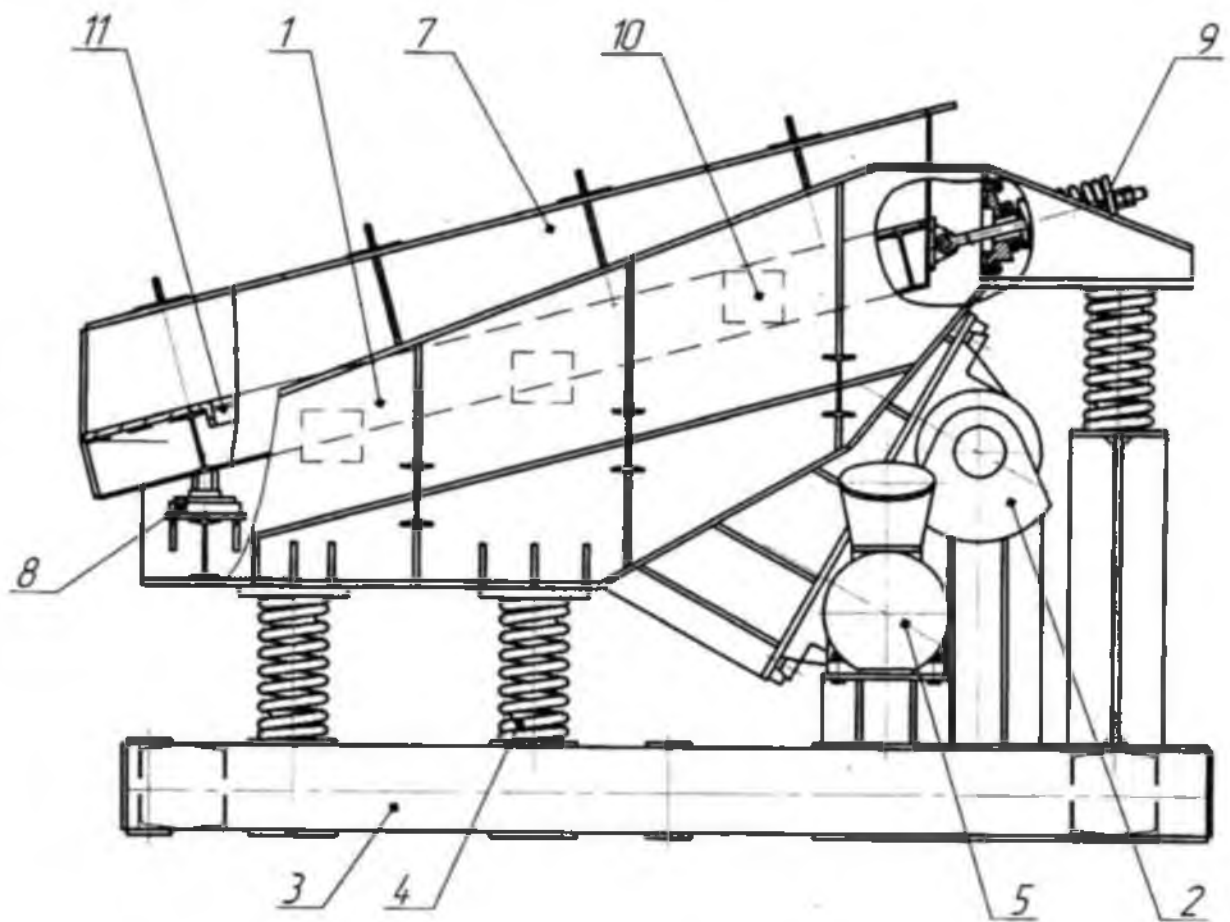


Рис. 2.4. Загальна будова коксового грохоту з неутримуваним зв'язком
(розроблено автором)

Корпус грохоту (поз. 1) з установленими на ньому вібраторами (поз. 2) монтується на раму (поз. 3) за допомогою восьми пружинних елементів (поз. 4). Передача обертального моменту на вали вібраторів здійснюється від електродвигунів (поз. 5) через пружні пелюсткові муфти.

Робочі сита (поз. 6) закріплюються у внутрішньому ударному короби за допомогою клинових елементів і футерувань. Спеціальні футерувальні листи закріплюються на бокових стінках короба за допомогою гвинтових з'єднань та слугують як захисний шар для боковин від зношення і додатково фіксують сита. Внутрішній ударний короб (поз. 7) вільно встановлений всередині основного корпусу (поз. 1) через систему восьми гумових амортизаторів (поз. 8).

Ударний короб утримується від надмірного переміщення вниз за допомогою двох пружинних амортизаторів (поз. 9). Ці амортизатори шарнірно закріплені на конструкції ударного короба, причому їхній протилежний кінець фіксується в спеціальному корпусі, прикріпленому до задньої стінки короба. Положення самого ударного короба налаштовується за допомогою регулювання гайок пружинних амортизаторів.

Конструкція ударного короба (поз. 7) включає ліву та праву боковини, а також задню стінку, які з'єднані між собою жорсткими балками. Для підвищення функціональної ефективності можуть застосовуватися різні види сит. Проте найбільш оптимальним варіантом вважається застосування сит, виготовлених зі шпальтової сітки або листової нержавіючої сталі. Кріплення сит до короба здійснюється за допомогою клинів і футерувальних листів.

З метою уникнення зіткнень і взаємних ударів між бортами коробів встановлено вертикально встановлені гумові амортизатори (поз. 10).

Основним функціональним елементом грохоту є вібратор (див. рис. 2.5), який забезпечує створення коливань ударного короба та ефективну роботу пристрою.

Вібратор є комплексним механізмом, що складається із корпусу (поз. 4), всередині якого, на підшипниках кочення (поз. 6, тип 3622 згідно з ГОСТ 5721-76), встановлено вал (поз. 3). На цьому валу закріплено неврівноважені маси, зокрема основні дебаланси (поз. 2) та обертові дебаланси (поз. 1).

Колівальна сила, яку створює вібратор, передається через підшипники кочення та корпус до короба грохоту. Вібратор жорстко приєднаний до короба за допомогою болтів і клинів, що гарантують надійне з'єднання. Для додаткової фіксації положення вібратора служить упор, приварений до короба грохоту. Змащування механізму здійснюється через спеціальний штуцер (поз. 7), розташований на корпусі.

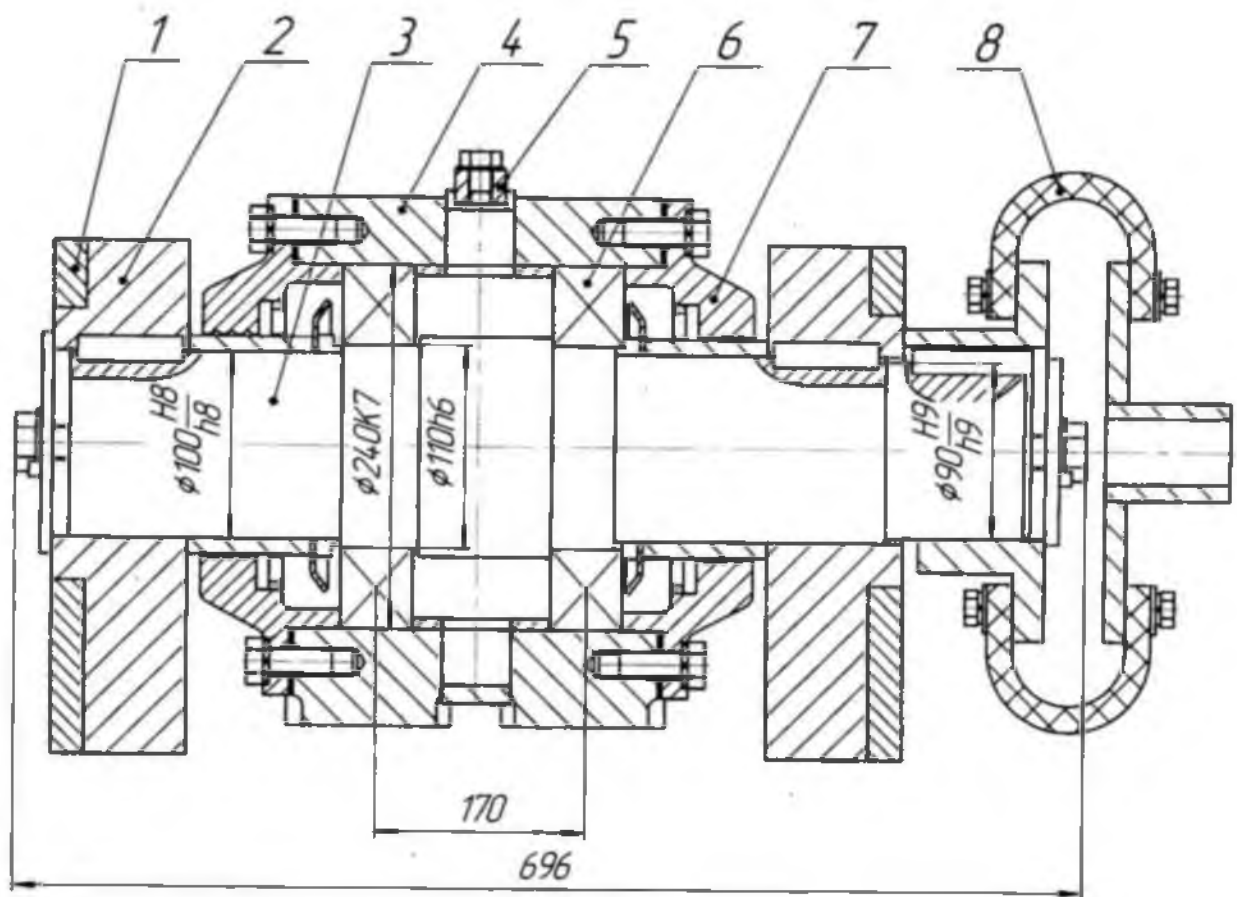


Рис. 2.5. Конструкція вібратора
(розроблено автором)

Вал вібратора за допомогою пружної пелюсткової муфти (поз. 8) з'єднується з валом електродвигуна. Під час роботи вібратори функціонують у режимі самосинхронізації, створюючи спрямовані коливання короба. У разі оптимальної роботи лінія дії збуджуючої сили перетинає центр мас короба. При цьому вали обох вібраторів мають обертатися в протилежних напрямках. Особливістю конструкції є можливість регулювання амплітуди коливань завдяки поворотним дебалансам (поз. 1), які можуть бути розгорнуті відносно основних дебалансів (поз. 2). Амплітуда коливань залежить від величини кута розвороту цих дебалансів, що дає змогу налаштовувати параметри відповідно до технологічних вимог.

2.3 Переваги пропонованої конструкції

Запропоновану конструкцію грохоту, у зрівнянні з наявними аналогами, демонструє такі переваги:

1. Вплив вібраційних і ударних процесів забезпечує суттєве розпушування товстого шару матеріалу, що сприяє підвищенню швидкості руху відсортованих фракцій під час їх контакту із ситом.
2. Ударні механізми ефективно очищують сито від забивання його вічок великими та важкими фракціями, а вдало підібрані конструктивні параметри сприяють зменшенню динамічних навантажень короба на базову структуру.

2.4 Розрахунки по модернізації

2.4.1 Розрахунки навантажень і визначення вихідних даних

Для розрахунку основних конструктивних параметрів грохоту приймаємо наступні вихідні дані [6]

Максимальна продуктивність грохоту, т/год	20
Розміри поверхні, що просіває, мм	
ширина	1000±5
довжина	1500±1,5
Площа поверхні, що просіває, м ²	1,5
Кут нахилу просіваючої поверхні, град.	15
Число ярусів сит, шт.	1
Амплітуда коливань короба (регульована), мм	3...5
Частота коливань коробу основного, с ⁻¹	78,5
Маса коробу ударного з ситами, кг	1750
Маса короба основного з вібраторами, кг	1000
Маса частини грохоту, що коливається, кг	2750

Швидкість переміщення матеріалу по ситі [6]

- при мінімальній амплітуді коливань

$$v_1 = (k_1 + k_2 \sin \alpha) A_1 \omega \cos \beta \sqrt{1 - \left(\frac{g \cos \alpha}{A_1 \omega^2 \sin \beta} \right)^2} = (0,65 + 3,25 \sin 15^\circ) \times$$

$$\times 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5 \cos 40^\circ \sqrt{1 - \left(\frac{9,81 \cdot \cos 15^\circ}{3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5^2 \sin 40^\circ} \right)^2} = 0,26 \text{ м/с} \quad (2.1)$$

- при максимальній амплітуді коливань

$$v_2 = (k_1 + k_2 \sin \alpha) A_2 \omega \cos \beta \sqrt{1 - \left(\frac{g \cos \alpha}{A_2 \omega^2 \sin \beta} \right)^2} = (0,65 + 3,25 \sin 15^\circ) \times$$

$$\times 5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5 \cos 40^\circ \sqrt{1 - \left(\frac{9,81 \cdot \cos 15^\circ}{5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5^2 \sin 40^\circ} \right)^2} = 0,43 \text{ м/с} \quad (2.2)$$

де k_1, k_2 - дослідні коефіцієнти, $k_1 = 0,9 \dots 0,5$; $k_2 = 1,5 \dots 5$; α - кут нахилу коробу, $\alpha = 15^\circ$; ω - частота коливань коробу, $\omega = 78,5 \text{ с}^{-1}$; β - кут між вісями вібратора і коробу, $\beta = 40^\circ$; A - амплітуда коливань, $A_1 = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $A_2 = 5, \cdot 10^{-3} \text{ м}$; g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Прискорення робочого органу [6]

- при мінімальній амплітуді коливань

$$a_1 = A_1 \omega^2 = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5^2 = 18,5 \text{ м/с}^2 \quad (2.3)$$

- при максимальній амплітуді коливань

$$a_2 = A_2 \omega^2 = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5^2 = 30,8 \text{ м/с}^2 \quad (2.4)$$

Коефіцієнт режиму при мінімальній амплітуді коливань

$$k_{\text{реж.мін}} = \frac{a_1}{g} = \frac{18,8}{9,81} = 1,9 \quad (2.5)$$

Коефіцієнт режиму при максимальній амплітуді коливань

$$k_{\text{реж.макс}} = \frac{a_2}{g} = \frac{30,8}{9,81} = 3,15. \quad (2.6)$$

Коефіцієнт режиму знаходиться в межах $k_{\text{реж.рек}}=1,9...3,15$, тобто відноситься до середнєінтенсивних ($k_{\text{реж.}} = 2,4...3,3$) [7].

У даному режимі експлуатації, динамічні навантаження на металеву конструкцію короба залишаються відносно низькими, що сприяє підвищенню надійності і функціональності системи. Періодичні ударні дії на сито забезпечують покращення технологічного режиму, збільшуючи коефіцієнт ефективності до необхідного рівня для оптимального процесу розсортування матеріалів, які мають тенденцію до забивання отворів сита.

Що стосується товщини шару коксу на просівній поверхні, вона варіюється залежно від швидкості його переміщення по робочій площині: значення товщини визначається мінімальною та максимальною швидкістю процесу [8].

$$h_1 = \frac{Q}{3600B\gamma v_1} = \frac{20}{3600 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,26} = 0,043 \text{ м} \quad (2.7)$$

$$h_2 = \frac{Q}{3600B\gamma v_2} = \frac{20}{3600 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,43} = 0,026 \text{ м} \quad (2.8)$$

де Q - максимальна продуктивність грохоту, $Q = 20$ т / год;

B - робоча ширина грохоту, $B = 1,0$ м;

γ - насипна маса коксу, $\gamma = 0,5$ т/м³.

Маса матеріалу, що знаходиться на ситі робочої поверхні [8]

- при мінімальній швидкості переміщення

$$m_1 = h_1BL\rho = 0,043 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,5 = 0,032 \text{ т} \quad (2.9)$$

- при максимальній швидкості переміщення

$$m_2 = h_2BL\rho = 0,026 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,5 = 0,0195 \text{ т} \quad (2.10)$$

Питома продуктивність грохоту

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{20}{1,5} = 13,3 \text{ т/м}^2\text{год} \quad (2.11)$$

2.4.2 Силовий і кінематичний аналіз механізму

Для забезпечення максимальної амплітуди коливань робочої поверхні необхідно врахувати кінетостатичний момент дебалансів двох вібраторів. Це ключовий параметр, який впливає на ефективність роботи системи та стабільність її функціонування. Розрахунок цього моменту передбачає

врахування маси дебалансів, відстані від осі обертання до центра мас кожного з них, а також кути фазового узгодження між вібраторами. Від точності визначення цих параметрів залежить якість створюваних коливань та продуктивність робочої поверхні [10].

- при максимальній амплітуді коливань робочої поверхні

$$(\Sigma mr)_2 = m_{\text{кол}} A_2 = 2750 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 13,75 \text{ кгм} \quad (2.12)$$

- при мінімальній амплітуді коливань робочої поверхні

$$(\Sigma mr)_1 = m_{\text{кол}} A_1 = 2750 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 8,25 \text{ кгм} \quad (2.13)$$

де $m_{\text{кол}}$ - маса частин грохоту, що коливаються, $m_{\text{кол}} = 2750$ кг.

Геометричні параметри дебалансів визначаються відповідно до необхідного кінетостатичного моменту. Конструктивне виконання форми дебалансу задається на етапі проектування [9].

Для визначення координат центру мас дебалансу площу даної конструкції розбивають на окремі прості геометричні фігури. Площі цих фігур обчислюються за допомогою програмного забезпечення. Далі розраховуються координати центрів мас кожної із простих складових фігур. Після цього здійснюється узагальнення результатів і відображення їх на графічному представленні, як показано на рисунку 2.6. Координата центру мас отриманої складної фігури визначається за отриманими даними [11].

$$y_0 = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3 + F_4 y_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} =$$

$$= \frac{2,68 \cdot 10^{-2}(-0,171) + 3,96 \cdot 10^{-2}(-0,07) +}{2,68 \cdot 10^{-2} + 3,96 \cdot 10^{-2} +} \\ + \frac{1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,0237 + 0,62 \cdot 10^{-2} \cdot 0,069}{1,0 \cdot 10^{-2} + 0,62 \cdot 10^{-2}} = -0,081 \text{ м} \quad (2.14)$$

Площа отриманої фігури $F_0 = 8,26 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$.

Необхідний кінетостатичний момент одного збірного дебалансу (основного і регулювального):

- при максимальній амплітуді коливань робочої поверхні

$$(mr)_2 = \frac{(\Sigma mr)_2}{n_d} = \frac{13,75}{4} \approx 3,4 \text{ кгм} \quad (2.15)$$

- при мінімальній амплітуді коливань робочої поверхні

$$(mr)_1 = \frac{(\Sigma mr)_1}{n_d} = \frac{8,25}{4} \approx 2 \text{ кгм} \quad (2.16)$$

де n_d - кількість збірних дебалансів на двох вібраторах, $n_d = 4$.

Отже, основний дебаланс повинен мати кінетостатичний момент $(mr)_{\text{осн}} = 2,7 \text{ кгм}$, а регулювальний $(mr)_{\text{рег}} = 0,7 \text{ кгм}$.

Тоді максимальний кінетостатичний момент одного збірного дебаланса буде [11]

$$(mr)_{\Sigma 2} = (mr)_{\text{осн}} + (mr)_{\text{рег}} = 2,7 + 0,7 = 3,4 \text{ кгм} \quad (2.17)$$

а мінімальний

$$(mr)_{\Sigma 1} = (mr)_{\text{осн}} - (mr)_{\text{рег}} = 2,7 - 0,7 = 2 \text{ кгм} \quad (2.18)$$

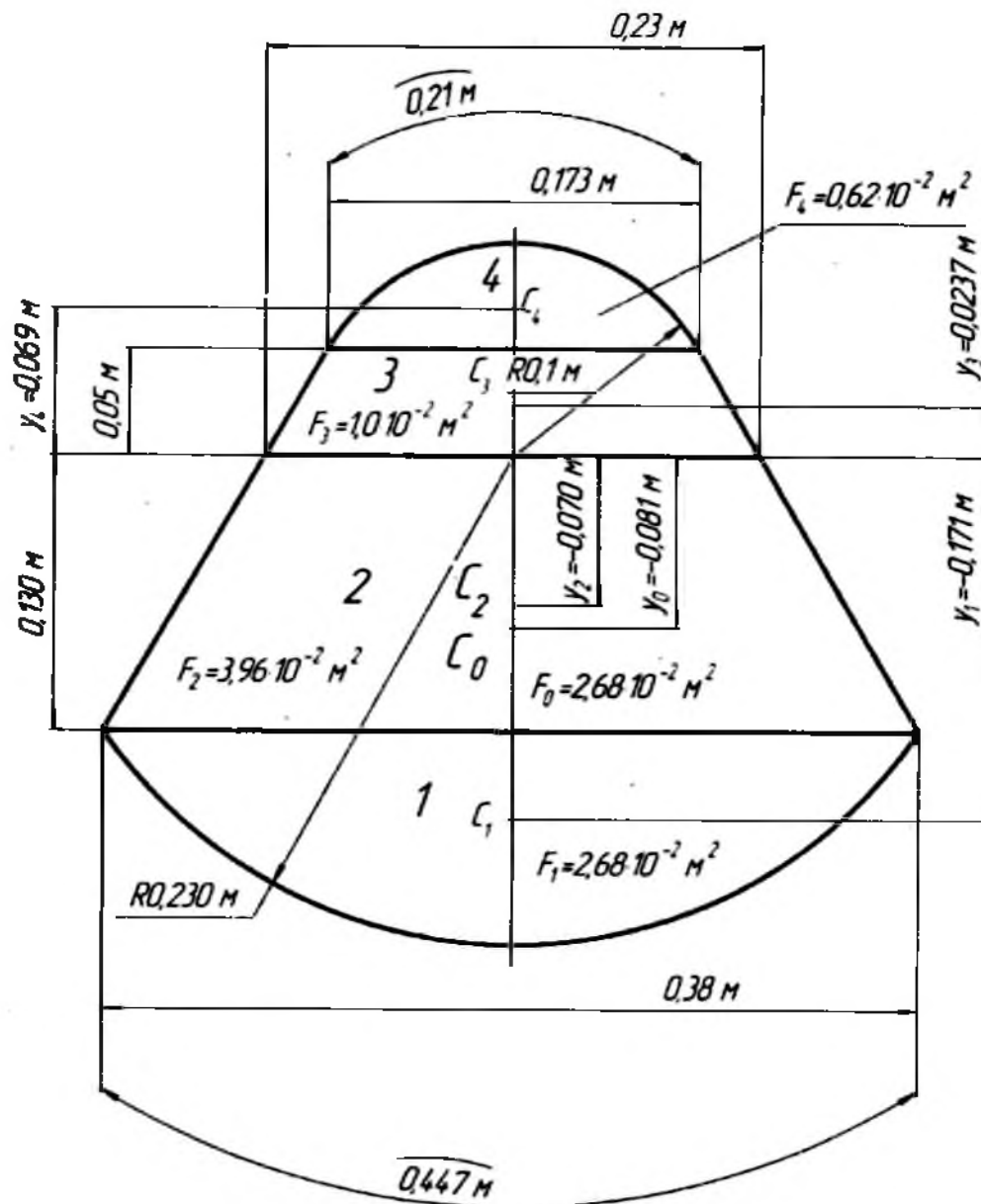


Рис. 2.6. До розрахунку центру мас дебалансів
(розроблено автором)

Маса одного основного дебаланса [12]

$$m_{\text{осн}} = \frac{(mr)_{\text{осн}}}{r_{\text{д}}} = \frac{2,7}{0,081} = 33,3 \text{ кг} \quad (2.19)$$

де $r_{\text{д}}$ - відстань від вісі обертання до центру мас дебалансу, з рис. 2.6

$$r_{\text{д}} = 0,081 \text{ м.}$$

Маса одного регулювального дебалансу

$$m_{\text{рег}} = \frac{(mr)_{\text{рег}}}{r_{\text{д}}} = \frac{0,7}{0,081} = 8,65 \text{ кг} \quad (2.20)$$

Товщина одного основного дебалансу

$$b_{\text{осн}} = \frac{m_{\text{осн}}}{F_0 \rho_{\text{ст}}} = \frac{33,3}{8,26 \cdot 10^{-2} \cdot 7850} = 0,051 \text{ м} \quad (2.21)$$

Товщина одного регулювального дебалансу

$$b_{\text{рег}} = \frac{m_{\text{рег}}}{F_0 \rho_{\text{ст}}} = \frac{8,65}{8,26 \cdot 10^{-2} \cdot 7850} = 0,013 \text{ м} \quad (2.22)$$

де F_0 - отримана площа дебаланса, з рис. 2.6. $F_0 = 8,26 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$;

$\rho_{\text{ст}}$ - щільність сталі, $\rho_{\text{ст}} = 7850 \text{ кг / м}^3$.

2.4.3 Розрахунок потужності привода

Потужність привода вібраційного грохоту витрачається на подолання сил тертя в підшипниках валу вібратору і на підтримку коливань системи [13]

$$N_{\text{п}} = N_{\text{тр.п}} + N_{\text{кол}} = 2,5 + 7,1 = 9,6 \text{ кВт} \quad (2.23)$$

де $N_{\text{тр.п}}$ - потужність, що витрачається на тертя в підшипниках двох вібраторів

$$N_{\text{тр,п}} = fF_{\text{воз}}d\omega = 0,007 \cdot 41,9 \cdot 0,11 \cdot 78,5 = 2,5327 \approx 2,5 \text{ кВт} \quad (2.24)$$

де f - коефіцієнт тертя кочення в підшипниках, $f = 0,007$;

$F_{\text{воз}}$ - збурююча сила, що розвивається дебалансами одного вібратору;
вібратору;

d - діаметр валу під підшипником, приймаємо $d = 0,11$ м.

$$F_{\text{воз}} = mr\omega^2 = 6,8 \cdot 78,5^2 = 41903 \text{ Н} \approx 41,9 \text{ кН} \quad (2.25)$$

де mr - максимальний сумарний кінетостатичний момент одного вібратора, згідно технічної характеристики $mr = 6,8$ кгм;

ω - кутова швидкість, $\omega = 78,5 \text{ с}^{-1}$;

$N_{\text{кол}}$ - потужність що витрачається на підтримку коливань системи

$$N_{\text{кол}} = \frac{(\Sigma mr)_2 \omega^3 A \sin 2\varphi}{4} =$$

$$= \frac{13,6 \cdot 78,5^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \sin 2 \cdot 150^\circ}{4} = 7121 \text{ Вт} \approx 7,1 \text{ кВт} \quad (2.26)$$

де φ - кут зрушення фаз між вимушеними коливаннями і силою, що вимушує, $\varphi = 145 \dots 155^\circ$ [14].

Привод грохоту складається з двох віброзбудників, кожний з яких має індивідуальний двигун. Потужність одного двигуна буде [15]

$$N_{\text{дв.розр}} = \frac{1,1N_{\text{п}}}{n} = \frac{1,1 \cdot 9,6}{2} = 5,28 \text{ кВт} \quad (2.27)$$

де $N_{\text{п}}$ - розрахункова потужність приводу, $N_{\text{п}} = 9,6$ кВт;

n - кількість двигунів на один грохот, $n = 2$ шт.

Умова вибору двигуну $N_{\text{дв}} > N_{\text{дв.розр}} = 5,28$ кВт.

Цій умові задовольняє двигун, який встановлений на існуючу конструкцію [15].

Характеристика електродвигуна

Тип двигуна

АГУ132М8У2,5

Потужність двигуна, кВт

5,5

Частота обертання, об/хв

750

Кратність пускового моменту

2

Коефіцієнт потужності

0,81

Рід струму

змінний трифазний

Напруга, В

380

Виконання

асинхронний, вибухозахищений

Маса, кг

93

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Охорона праці є комплексною системою заходів, що охоплює правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні й лікувально-профілактичні аспекти, спрямовані на збереження здоров'я працівників під час виконання трудових обов'язків.

Захист життя та здоров'я працівників регламентується Конституцією України, Законом України «Про охорону праці» та іншими нормативно-правовими актами, чинними в країні. Усі технологічні операції повинні виконуватись із суворим дотриманням положень відповідної нормативної документації [16].

Даний текст описує норми та правила безпеки, які регламентують діяльність у сфері збагачення корисних копалин, металургійної промисловості, експлуатації виробничого устаткування, а також протипожежну безпеку та заходи для мінімізації ризиків під час навантажувально-розвантажувальних робіт. Зокрема, вказано такі нормативні документи, як НАОП 1.2.90-1.03-77 щодо безпеки при дробленні, сортуванні, збагаченні руд та їх огрудкуванні; НПАОП 27.0-1.01-08, яке регулює вимоги з охорони праці в металургійній галузі; а також стандарти ГОСТ, що визначають загальні правила експлуатації виробничого обладнання, безпеки захисних огорож, пожежної профілактики та організації вантажно-розвантажувальних робіт [16].

Закон "Про охорону праці" поширюється на всі підприємства незалежно від їхнього виду діяльності чи форми власності і охоплює всіх працівників, які виконують трудові функції.

У межах цього дослідження передбачено розробку конструкції вібраційного грохоту для попередньої підготовки палива в агломераційному цеху.

В даному розділі було проведено аналіз основних шкідливих і небезпечних факторів виробництва, характерних для таких умов. Для мінімізації впливу зазначених чинників розроблено низку заходів із охорони праці та протипожежної профілактики. Окрім того, виконано технічний розрахунок параметрів циклону, призначеного для зменшення концентрації пилу у повітряному середовищі спікального відділення [16].

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

У процесі виконання технологічних операцій з виробництва агломерату, а також під час здійснення ремонтних, обслуговувальних і експлуатаційних заходів в агломераційному цеху спостерігається вплив низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів [16].

До них належать:

- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- тепловиділення, що призводять до несприятливих температурних умов;
- акустичний шум, який може перевищувати допустимі норми;
- ризик ураження електричним струмом;
- можливість отримання опіків унаслідок контакту з обладнанням чи матеріалами;
- вплив обертових і рухомих частин устаткування;
- безпека отруєння газоподібними речовинами.

Крім того, вібраційний грохот розташований у корпусі підготовки палива на рівні +6000 мм, що також слід враховувати під час виконання технічних і виробничих завдань [16].

У паливно-підготовчому корпусі, окрім п'яти вібраційних грохотів, встановлено таке обладнання:

- 5 чотирьохвалкових дробарок з параметрами 900×700;
- стрічкові конвеєри у достатньої кількості.

Під час обробки коксу утворюється значна кількість пилу неметалевого походження, що має згубний вплив на здоров'я працівників.

Запилення робочого простору сприяє виникненню захворювань органів дихання, а тривале перебування у таких умовах може призводити до розвитку кон'юнктивіту через подразнення очей.

Крім того, під час роботи зазначеного устаткування створюється високий рівень шумового забруднення. Вплив шуму на центральну нервову систему спричиняє загальне виснаження організму, порушення серцевої діяльності та функцій дихання, а також уповільнення психомоторних реакцій. Через подібні чинники у виробничих умовах підвищується імовірність травматизму, допущення помилок у роботі й виникнення професійних захворювань [16].

Санітарно-гігієнічні оцінки умов праці на робочих місцях майстрів-ремонтників, розташованих у приміщенні корпусу підготовки палива, наведена в таблиці 3.1. Згідно з аналізом даних, представлених у таблиці 3.1, встановлено наступне: фактичний рівень шуму становить 86 дБА, що перевищує гранично допустимий рівень (80 дБА) на 6 дБА. Параметри мікроклімату у приміщенні (зокрема, температура та відносна вологість повітря) у деяких аспектах не відповідають чинним санітарним нормам. Окрім того, концентрація пилу у повітрі перевищує гранично допустиму

концентрацію у два рази. Наведені факти вказують на нагальну потребу у впровадженні заходів, спрямованих на оптимізацію умов праці та зниження впливу шкідливих факторів [16].

Таблиця 3.1.

Санітарно-гігієнічні оцінки умов праці на робочих місцях майстра-ремонтника

Ділянка, професія	Фіз-фактор		Метеофактори								Шкідливі речовини, мг/мм ³					
	Шум, дБа		Швидкість руху повітря, м/с		Відносна вологість повітря, %		Температура				Запиле- ність		Загазо- ваність (СО)			
							Холод- ний період, t°С		Теп- лий період, t°С							
	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт
Агло- фабрика, корпус підготовки палива, слюсарь- ремонтник	80	86	>0,4	0,6	75	90	15– 21	8	20– 27	30	4	8,5	20	14		

Джерело: розроблено із використанням [16]

Вібраційний грохот є складним обладнанням, що поєднує електричні та механічні пристрої, взаємодія з рухомими елементами якого може спричиняти пошкодження. Ризик травм значно підвищується через фактори, такі як виступаючі шпонки або неприкріплені болти на рухомих частинах, а також випадки, коли механізми обертаються у протилежних напрямках, створюючи зони захоплення чи втягування.

У процесах цехового виробництва використовується електрообладнання, підключене до джерел живлення з напругою 380 В для технологічного устаткування, а освітлювальні прилади працюють на напрузі

220 В. Ці умови становлять потенційну небезпеку у вигляді ризику отримання електротравм [16].

Ймовірність отримати ураження або травми від електричного струму може виникати в таких ситуаціях:

- при контакті з оголеними дротами чи тролейними кранами;
- при дотику до електрообладнання, яке перебуває під напругою;
- при випадковому контакті з корпусами машин або щитами управління, що опинилися під напругою;
- під час відключення роз'єднувача під впливом напруги або вимкнення контактору без дугогасильного пристрою.

Ураження електричним струмом можна умовно розділити на два основних види: електричні травми та електричний удар.

Електричні травми характеризуються місцевим впливом на тканини та органи, що спричиняється електричним струмом. До них належать, зокрема, опіки й електromеталізації поверхні шкіри.

Електричний удар – це вплив струму на організм, який може виникати навіть за невеликої сили струму, наприклад, до кількох сотих міліампер.

Такий струм, не спричиняючи опіків, взаємодіє з нервовою системою та м'язами, що може призвести до паралічу дихальної мускулатури або серцевого м'яза [16].

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників

Для зменшення концентрації пилових часток в атмосферному повітрі доцільним є впровадження комплексу технологічних та інженерних рішень, спрямованих на підвищення ефективності очищення повітряного середовища. Основними підходами в цьому контексті визначаються методи

сухого та мокрого очищення. Сухе очищення реалізується шляхом використання пилоосаджувальних камер, циклонів, мультициклонів, а також інерційних і матерчатих фільтрів. Мокре очищення здійснюється за допомогою різних типів скрубєрів. Особливої уваги заслуговує застосування сучасних технологій електричного очищення, які впроваджуються у формах сухих і мокрих електрофільтрів. Важливим заходом також є часткова або повна герметизація виробничого обладнання, що суттєво підвищує ефективність боротьби із забрудненням атмосферного повітря. Доцільно наголосити на оптимізації транспортних процесів під час переміщення шихтових матеріалів між окремими технологічними агрегатами та бункерами. У цьому аспекті особливе значення має герметизація джерел утворення пилу, що сприяє зменшенню його викидів, а також забезпечення ефективної аспірації пилового повітря. Такі заходи дозволяють не лише покращити умови праці, але й мінімізувати негативний вплив техногенних факторів на довкілля та здоров'я персоналу [16].

Для зменшення рівня шуму рекомендується реалізовувати такі заходи:

- створення спеціалізованих фундаментів, які є незалежними від основної конструкції будівель, володіють значною масою і забезпечені акустичними швами; використання ізолюючих прокладок та амортизуючих елементів;
- впровадження звукоізоляційних кожухів для ізоляції особливо шумного обладнання від виробничого середовища;
- застосування матеріалів зі звукоізоляційними та звукопоглинальними властивостями;
- використання колективних та індивідуальних засобів захисту від шуму і вібрацій.

З метою запобігання ураженню електричним струмом усе електрообладнання, розміщене у цеху, підключено до системи заземлення. До розеток допускається підключати виключно переносні лампи, що працюють на напрузі 12 В. На електричних шафах та розподільчих щитках нанесено відповідні попереджувальні написи. Колективні засоби захисту від ураження електричним струмом включають такі елементи: захисні механізми, запобіжні пристрої, системи гальмування, сигналізацію, пристрої для дистанційного керування, а також оформлення попереджувальних знаків безпеки [16].

Системи керування електродвигунами повинні забезпечувати виключення можливості автоматичного повторного запуску двигуна після відновлення електропостачання у разі його раптового зникнення.

Освітлювальна мережа підключена до ввідного автомата, завдяки чому у випадку вимкнення ввідного автомата напруга у цій мережі продовжує підтримуватися. Панелі, шафи та інші елементи, які містять електротехнічне обладнання, повинні залишатися постійно зачиненими та бути надійно заблокованими за допомогою спеціальних замків. Для уникнення помилкового ввімкнення грохота рекомендується застосовувати уніфіковані ключі-жетони.

Обладнання з обертовими елементами має бути оснащено відповідними захисними пристроями, що забезпечують безпечну експлуатацію. Лубрикація компонентів повинна бути централізованою, автоматизованою та організованою відповідно до нормативних вимог [16].

Недостатній рівень освітлення є значним фактором, який сприяє виникненню виробничих травм, негативно позначається на зорі працівників і впливає на зниження загальної ефективності праці. Для забезпечення оптимальних умов праці необхідно встановити належний рівень освітленості

робочих місць як у денний, так і в нічний час. Відповідно до положень будівельних норм і правил (БНіП П-4-79), мінімальний рівень освітленості у виробничих приміщеннях має становити 150 люксів, що відповідає сучасним стандартам безпеки та продуктивності [16].

Розрахункова частина.

Для зменшення кількості пилу в повітрі встановлюється циклон.

Для розрахунку циклонів проймаються початкові дані:

- об'єм запошеного повітря 11200 м³/год;
- об'ємна вага пилу 2100 кг/м³;
- вага окремих фракцій:
 - до 11 мкм – 6,2 %;
 - до 8 мкм - 5,0 %;
 - до 20 мкм -88,8 %;
- ступінь очищення 90 %.

Очищення проводиться із розрахунку, один циклон і пропускається 11200 м³/год запошеного повітря.

Розраховується параметр циклону [16].

Визначається площа перетину вихлопної труби

$$S_B = \frac{V}{3600v} = \frac{12000}{3600 \cdot 6} = 0,555 \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

де V – об'єм повітря, $V=12000 \text{ м}^3$;

v – швидкість повітря на виході, $v = 6 \text{ м/с}$.

Діаметр труби складе $d_{\text{в.тр.}} = 840 \text{ мм}$.

Площа перетину труби, що підводить

$$S_{\text{нод}} = \frac{12000}{3600 \cdot 116} = 0,209 \text{ м}^2.$$

Діаметр труби складає $d_{\text{п.тр.}} = 165 \text{ мм}$.

Визначається розмір перетину переходу круглого перетину в прямокутне

$$S_{\text{пер}} = 0,209 = ab = 1,5bb, \quad (3.2)$$

де a, b – довжина сторін прямокутника, мм,

1,5 – коефіцієнт співвідношення довжини до ширини.

Звідки $a = 560 \text{ мм}$; $b = 370 \text{ мм}$.

Зовнішній радіус циклону

$$R_H = R_l + b = 420 + 370 = 790 \text{ мм} \quad (3.3)$$

де R_l – радіус вихлопної труби $R_l = 420 \text{ мм}$.

Середній радіус циклону

$$R_{\text{ср}} = R_H + R_l/2 = 790 + 420/2 = 605 \text{ мм}; \quad (3.4)$$

Середня окружність швидкості повітря $v_{\text{ср}}$ приймається $11,4 \text{ м/с}$.

Швидкість частинки в середній частині циклону [16].

Кутова швидкість обертання частинки в середній частині циклону навколо вісі

$$\omega = v_{\text{ср}} / R_{\text{ср}} = 11,4 / 0,605 = 18,85 \text{ с}^{-1}. \quad (3.5)$$

Для визначення часу руху частинки в циклоні приймається [16]:

- температуру повітря, що поступає у циклон, $t = 15^\circ\text{C}$;
- кінематичну в'язкість повітря, $\gamma = 14,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3\text{с}$;
- об'ємну вагу повітря $g_b = 1,226 \text{ кг/м}^3$;
- об'ємну вагу пилу $g_n = 2100 \text{ кг/м}^3$;
- ступінь очищення 90 %.

$$T = \frac{18\gamma g_n \ln R_2 R_1}{d^2 \omega^2 g_b} = \frac{18 \cdot 14,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2100 \ln 0,79 \cdot 0,42}{(10^{-5})^2 \cdot 11,4^2 \cdot 1,226} = 2 \text{ с.} \quad (3.6)$$

Довжина шляху порошинки складе

$$L = V_{cp} t = 11,2 \cdot 2 = 22,8 \text{ м.} \quad (3.7)$$

Середня довжина, витка складе

$$L_b = 2\pi R_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,605 = 3,8 \text{ м.} \quad (3.8)$$

Число витків складе

$$N = \frac{L}{L_b} = \frac{22,8}{3,8} = 6. \quad (3.9)$$

Висота витка складе

$$H = aN = 560 \cdot 6 = 3360 \text{ мм;} \quad (3.10)$$

де a – ширина, переходу, $a = 560 \text{ мм}$;

N – число витків $N=6$ шт.

Приймається 15% запасу, уточнену висоту витка [16]

$$H_b = 1,15 \cdot 3,36 = 3,86 \text{ м} \quad (3.11)$$

Приймається діаметр розвантажувального вікна для видалення пилу
 $d_{ок} = 250 \text{ мм}$.

Визначається довжина конічної частини циклону

$$H_{кон} = \left(\frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \left(\frac{790}{2} - \frac{520}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{35^\circ}{2} = 2260 \text{ мм}, \quad (3.12)$$

де α – кут між утворюючими конуса, приймається в межах $30 \dots 40^\circ$
 ($\alpha = 35^\circ$).

Для забезпечення ефективного очищення повітря від сухого, нев'язкого пилу, що не утворює грудок, під час процесів грубої та середньої фільтрації застосовуються циклони типу ЛІОТ. На основі проведеного аналізу було обрано циклон ЛІОТ №2, який відзначається пропускнуою здатністю в межах $11\ 300\text{--}13\ 800 \text{ м}^3/\text{год}$. Цей пристрій відповідає вимогам стандарту ГОСТ 12.1.005-88, що встановлює загальні санітарно-гігієнічні норми для повітря робочих зон [16].

Циклон монтується на зовнішній стороні будівлі, а для збору та видалення пилу під ним облаштований спеціальний майданчик. Цей майданчик оснащений огорожею, яка гарантує безпеку під час експлуатації. У конструкції підлоги передбачені зливні отвори, що полегшують процес очищення приміщення. Крім того, на вихлопну трубу монтується захисний ковпак для запобігання впливу атмосферних опадів [16].

ВИСНОВКИ

Наявність дрібнодисперсних частинок розміром до 0,5 мм у складі палива для агломераційної шихти створює суттєві ускладнення в експлуатації агломашин. Зокрема, це призводить до підвищення витрат палива, зниження якості агломерату та зростання обсягів викидів оксидів вуглецю й азоту в атмосферу. Основною причиною утворення таких часток є надмірне подрібнення фракцій розміром до 3,0 мм під час дроблення, хоча ці частки вже повинні входити до складу агломераційної шихти без додаткового подрібнення. У зв'язку з цим гостро постає завдання виключення фракцій розміром понад 3,0 мм із загальної маси на попередньому етапі, ще до процесу дроблення. Існуючі вібраційні грохоти для селективного виділення фракцій понад 3,0 мм демонструють низьку ефективність у ситуаціях з використанням зволоженого коксу, де вологість може досягати 10%. Це призводить до забивання та залипання отворів сит, що значно ускладнює процес сортування.

Для усунення вказаних недоліків пропонується впровадження спеціалізованого грохота перед чотиривалковою коксодробаркою. Його конструкція оснащена ситом, яке не пов'язано жорстко з вібруючим коробом. Такий підхід забезпечує інтенсифікацію процесу грохочення за рахунок ударно-імпульсної дії матеріалу на сито.

Очікувані технічні результати включають суттєве зменшення часток розміром до 0,5 мм у складі палива, що сприятиме поліпшенню техніко-економічних характеристик виробництва агломерату.

Ефект економічного зиску, передусім пов'язується де собівартість знижена у виробництві за рахунок того, що скорочена питома витрата коксу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Усачев В.П. Технологічні лінії та комплекси металургійних цехів. - В 2-х ч. - Ч. 2. Технологічні основи компоновки ліній металургійних виробництв. Підручник для вузів. - К.: ІСДО, 1994. - 415с.
2. Машини і агрегати металургійних заводів. В 3-х томах. Т. 1. Машини і агрегати доменних цехів. Учебник для ВИШів / Целіков О.И., Полухін П.І., Гребеник В.М. та ін. 2-е вид., перераб. і доп.- Металургія, 1987 р. 440 стор.
3. Технічний паспорт грохота вібраційного коксового ГІК-52.
4. А.с. № 1438854, В 07 В 1/00. Спосіб грохочення / О.Д. Учитель, А.Ф. Вавілов та інше. - №4147897/29-03. 26. Заявл. 17.11.86; Опубл. 23.11.88, Бюл. №43. - 3 с.
5. А.с. № 1651990, МКІ В 07 В 1/40. Вібраційний грохот / О. Д. Учитель, В. П. Лялюк, Г.А. Макаров, О.О. Шидловський - № 4704183/03; Заявл. 14.06.89; Опубл 30.05.91, Бюл. №20. -2 с.
6. Сортирування мінеральної сировини і шихт на вібраційних грохотах / Учитель О.Д., Севернюк В.В., Лялюк В.П., Большаков В.І. / Днепропетровск. Пороги, 1998. - 194 с.
7. Розрахунок металургійних машин і механізмів / В.М. Гребеник, Ф.К. Іванченко, В.І. Ширяєв. - К.: Вища школа. Головне вид-во, 1988. – 448 с.
8. Розрахунок параметрів грохотів з плоскими ситами. Видавництво ВСГТУ - Ресурсдоступа: [http // window. edu.gi/window/libragy/pdf2txt.h_id=681](http://window.edu.gi/window/libragy/pdf2txt.h_id=681)
9. Поляков В.С., Барбаш І.Д. Муфти. Конструкція і розрахунок. Вид. 4. перераб. і доп. Машинобудування, 1973. - 224с.
10. Решетов Д.П. Деталі машин. Машинобудування, 1974.- 656с.
11. Розрахунок і проектування деталей машин, ч. 2. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. - Х.: Вища шк., 1987.-144с.
12. Трощенко В.Т. Надійність металів при змінних навантаженнях. - К.: Наук, думка, 1978. -176с.

13. Бейзельман Р.Д., Ципкін Б.В., Перель Л. Я. Подшипники кочення. Вид. 6-е, перераб. і доп. Машинобудування, 1975. - 572с.
14. Галахов М.А., Бурмистров А.Н. Розрахунок подшипникових вузлів. Машинобудування, 1988. - 272с.
15. Потураєв В.Н. Гумові і гумово-металічні деталі машин. Металургія, 1966. - 300 с.
16. 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: ПП "Ліра ЛТД", 2005.-850 с.

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

Я, Григоренко Олександр Григорович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. **Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Розробка вібраційного грохоту для грохочення коксу агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»»** виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

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

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

07.06.2025




_____ (ініціали, прізвище, власноруч)