

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

Зелов Євгеній Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання аглофабрики Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація вібраційного грохота ГСТ-61В

(повна назва теми)

за матеріалами

Аглофабрики департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

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


(підпис)

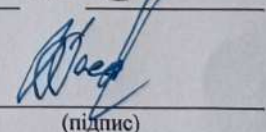
Засельський В. Й.
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 23 січня 2026 р № 9

Завідувач кафедри


(підпис)

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

В. Й. Засельський
(ініціали, прізвище)

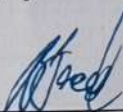
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти _____ Другий (магістерський) _____

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ІГМ _____


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

« 20 » _____ жовтня _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Зелов Євгеній Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра
Механічне обладнання аглофабрики Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація вібраційного грохота ГСТ-61В

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

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

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра
Умови виробництва аглофабрики департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика вібраційного грохоту ГСТ-61В, інформація про недоліки конструкції.

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

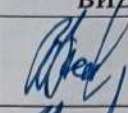
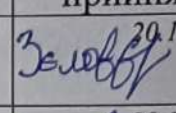
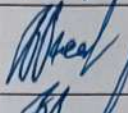
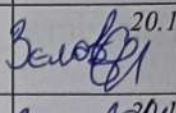
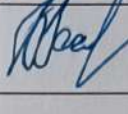
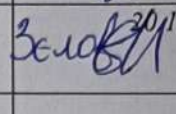
4.1 Аналітична частина;

4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1 аркуш формату А1 креслеників загального виду: грохот ГСТ 61В, 2 аркуші формату А1 складальних креслеників: привод, вібратор, 2 аркуші А1 деталей: вал, вал, втулка, дебаланс, колесо зубчате, кришка, шайба утримуюча.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

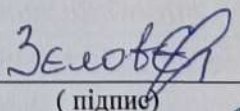
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Засельський В. Й., д.т.н., професор	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Засельський В. Й., д.т.н., професор	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Засельський В. Й., д.т.н.,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

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

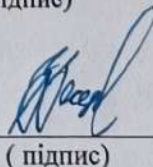
Здобувач (ка)


(підпис)

Зелов Є.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Засельський В. Й.

(прізвище та ініціали)

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание																									
1																															
2			Документація загальна																												
3																															
4			Знову розроблена																												
5																															
6	A1	KPM.133.26.08.00.00.000 B3	Креслення загального виду	1	-																										
7	A4	KPM.133.26.08ПЗ	Пояснювальна записка	71	-																										
8																															
9																															
10			Документація по																												
11			складальним одиницям																												
12																															
13			Знову розроблена																												
14																															
15	A1	KPM.133.26.08.03.00.000	Привод																												
16			Складальне креслення	1	-																										
17	A1	KPM.133.26.08.03.02.000 СК	Вібратор																												
18			Складальне креслення	1	-																										
19																															
20																															
21																															
22																															
23																															
24																															
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Изм.</th> <th>Лист</th> <th>№ докум.</th> <th>Подп.</th> <th>Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Разраб.</td> <td>Зелов</td> <td></td> <td><i>Зелов</i></td> <td>15.01.26</td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td>Засельський</td> <td></td> <td><i>Засельський</i></td> <td>19.01.26</td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td>Засельський</td> <td></td> <td><i>Засельський</i></td> <td>21.01.26</td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td>Засельський</td> <td></td> <td><i>Засельський</i></td> <td>23.01.26</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 55%; text-align: center;"> <h2 style="margin: 0;">133.26.08.KPM</h2> <p style="margin: 0;">Вібраційний грохот ГСТ61В. Відомість кваліфікаційної роботи магістра</p> </div> </div>							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.	Зелов		<i>Зелов</i>	15.01.26	Пров.	Засельський		<i>Засельський</i>	19.01.26	Н.контр.	Засельський		<i>Засельський</i>	21.01.26	Утв.	Засельський		<i>Засельський</i>	23.01.26
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																											
Разраб.	Зелов		<i>Зелов</i>	15.01.26																											
Пров.	Засельський		<i>Засельський</i>	19.01.26																											
Н.контр.	Засельський		<i>Засельський</i>	21.01.26																											
Утв.	Засельський		<i>Засельський</i>	23.01.26																											
				Лит.	Лист	Листов																									
				M	4	2																									
				ТННІ ДУЕТ кафедра ІГМ гр. ГМ-24м																											

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Копировал

Формат А1

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 71 стр., 15 рис., 8 табл., 4 додатка, 31 джерел.

Об'єкт розробки – вібраційний грохот ГСТ-61В агломераційного цеху № 1 ПАТ „Арселор Міттал Кривий Ріг”.

Мета розробки - підвищення надійності роботи машини, поліпшення експлуатаційних характеристик, зменшення витрат на ремонт та обслуговування, зменшення енергетичних витрат.

Метод досліджень – аналітичний – визначення основних параметрів, розроблена схема і проект механізму вібраційного грохоту. Визначено необхідну потужність двигуна. Розрахована циліндрична передача редуктора, вибрані елементи кінематичної схеми привода, проведено розрахунок міцності швидкохідного вала вібратора.

Розглянута організація ремонтних робіт на підприємстві ПАТ „Арселор Міттал Кривий Ріг”, методи монтажу і контроль при монтажі деталей і вузлів грохоту агломерату. Запропоновано заходи з охорони праці при експлуатації, обслуговуванні та ремонті грохоту.

Пропонована модернізація грохоту дозволить, покращити експлуатаційні характеристики, зменшити витрати та час на ремонт устаткування, що призведе до збільшення річного обсягу продукції.

Результати роботи можуть бути використані при реконструкції грохотів агломерату. Очікуваний економічний ефект від зміни собівартості одиниці продукції, прибутку на одиницю продукції складе 64 788,5 грн на рік.

Ключеві слова: грохот агломерату, ГСТ-61В, дебаланс, привод, редуктор, зубчата передача, електродвигун, сіюча поверхня, амплітуда, вібрація.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Характеристика агломераційного цеху №1 ПАТ „АМКР”	8
1.2 Призначення і область застосування грохоту агломерату ГСТ-61В	8
1.3 Технічна характеристика грохоту агломерату ГСТ-61В	9
1.4 Опис конструкції машини-прототипу	10
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини	16
1.6 Формування мети та задач	17
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	18
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	18
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	25
2.3 Аналітичні розрахунки	29
2.4 Монтаж, ремонт, змащення	46
2.4.1 Прив’язка машини до технологічного тракту	46
2.4.2 Технологічна карта монтажу	48
2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення	52
2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів	52
2.4.5 Змащення	53
2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень	56
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	60
3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей агломераційного цеху	60
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей агломераційного цеху	62
3.2.1 Засоби індивідуального захисту	63
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої	64
3.3 Пожежна профілактика	66
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69
ДОДАТКИ	72

ВСТУП

Вібротранспортні машини належать до специфічного виду техніки, що здійснює технологічний процес завдяки впливу вібрації на сипкий матеріал. Їх широке застосування пояснюється простотою конструкції, високою продуктивністю, низькою енергоємністю та металоємністю, а також надійністю в роботі. [1]

Сфера використання вібротранспортних машин охоплює металургійну та гірничорудну промисловість.

До актуальних завдань сучасної промисловості належить підвищення ефективності процесу грохочення та збільшення строку служби обладнання. Як правило, ці задачі можна вирішити шляхом модернізації наявних установок. Наприклад, використання механічної синхронізації валів вібратора дає змогу зменшити динамічні навантаження, що виникають під час пуску й зупинки грохота, а також підвищити ефективність грохочення завдяки точнішій синхронізації обертання дебалансів.

Таким чином, тема дипломного проекту є актуальною, оскільки спрямована на удосконалення експлуатаційних характеристик вібротранспортних машин.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика агломераційного цеху №1 ПАТ „АМКР”

Агломераційний цех №1 є одним із основних підрозділів ПАТ «АМКР».

Після дозування шихта за допомогою конвеєрів ПС подається у змішувальні барабани, а далі транспортується конвеєрами до бункерів агломераційних машин із площею спікання 135 м².

Зовнішній нагрів агломераційної шихти здійснюється в запалювальних горнах із торцевим розташуванням пальників (4 шт.), які працюють на суміші природного та доменного газів.

Спик, що вивантажується з агломераційних машин, піддається дробленню у щоківних дробарках ДЦГ-1688 (продуктивність 300 т/год) та подальшому просіванню на грохотах ГСТ-61В (продуктивність 300 т/год). Охолодження агломерату проводиться на лінійних охолоджувачах типу ОП-3-125, які продуваються вентиляторами ВДН-18 (продуктивність 120 тис. м³/год). Після цього спик додатково просівається на грохотах ГСТ-62Б. Охолоджений і відсортований агломерат зважується та транспортується конвеєрною системою до доменної печі №9. [2]

Для збору дрібної фракції під грохотами встановлені спеціальні бункери. Гарячий підрешіт надходить у барабани гасіння (діаметром 2,8 м), після чого знову подається у бункери повернення.

1.2 Призначення і область застосування грохоту агломерату ГСТ-61В

Сортування сипких матеріалів методом грохочення є однією з ключових операцій у виробництві агломерату. На всіх етапах цього процесу переважно застосовуються вібраційні грохоти з прямолінійними

коливаннями (резонансні, самобалансні) та з круговими коливаннями (інерційні). У певних випадках використовують плоскоколивальні грохоти, а ще рідше - нерухомі або колосникові. [3]

Грохот ГСТ-61В, що працює з прямолінійними коливаннями і належить до важкого типу, призначений для застосування на агломераційних фабриках з метою сортування гарячого агломерату при температурі до 1000 °С.

Конструкція грохота передбачає експлуатацію в районах із помірним кліматом, під захисними навісами.

1.3 Технічна характеристика грохоту коксу ГСТ-61В

Технічні характеристики грохота ГСТ-61В [4]:

1. Розміри просіювальної поверхні, мм:	
- ширина	2000
- довжина	4150
2. Кількість ярусів просіювальних поверхонь:	1
3. Амплітуда коливань, мм (у межах):	4...6,5
4. Частота обертання вала вібратора, хв^{-1} (у межах):	720...730
5. Амплітуда прискорення, м/с^2 (у межах):	22,7...38,5
6. Максимальна крупність шматків живлення, мм:	не більше 200
7. Найбільша продуктивність за живленням, т/год:	300
8. Номінальна потужність електродвигунів, кВт:	30
9. Габаритні розміри коливної частини грохота, мм:	
- довжина	5725
- ширина	2854
- висота	2670
10. Загальні габаритні розміри грохота, мм:	
- довжина	5725

- ширина	3775
- висота	3260
11. Маса коливної частини грохота, кг:	10920
12. Повна маса грохота (з приводом, рамою та комплектом запасних частин), кг:	19 600
13. Тип просіювальної поверхні:	литий щілинний
14. Ширина щілин сита, мм:	6; 12; 16; 25
15. Живий переріз просіювальної поверхні, %:	16
16. Середній ресурс роботи сит, год:	3000
17. Кількість пружинних опор:	4
18. Кількість пружин в одній опорі:	5+3
19. Максимальна температура матеріалу, °С:	не більше 1000

1.4 Опис конструкції машини-прототипу

Робочим органом грохота є короб 1, на якому закріплені вхідні плити 2, сита 3, вихідні плити 4 та вібратори 5, що надають коробу коливальні рухи. Коливання виникають під дією збуджуючої сили, яка створюється при обертанні дебалансів. Передача обертання на вібратори здійснюється через пелюсткові муфти від електродвигунів, встановлених на опорах. Рухи робочого органу мають прямолінійний характер і нахилені під кутом 40° до площини завдяки тому, що вібратори змонтовані під цим же кутом. Прямолінійність коливань забезпечується синхронним обертанням валів вібраторів (принцип самосинхронізації). Самі вібратори з'єднані між собою проміжними валами з фланцевими муфтами. Електродвигуни встановлюються на опорах, які кріпляться до опорної рами лотка (див. рис. 1.1). [5]

Робочий орган за допомогою пружин 6 спирається на раму 7, обладнану ходовими колесами 8, які забезпечують можливість переміщення

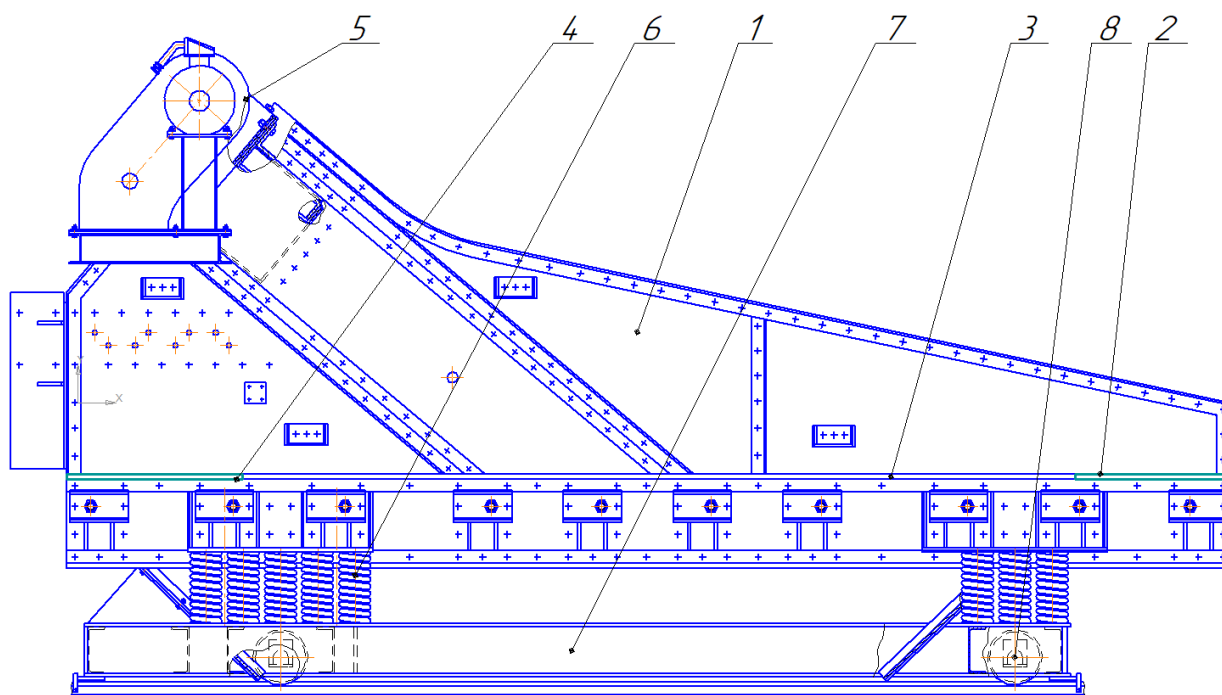


Рис. 1.1 Грохот горячего агломерату ГСТ-61В

1 – короб; 2 – входні плити; 3 – сита; 4 – вихідні плити; 5 - вібратор; 6 – пружинні опори; 7 – рама; 8 – ходові колеса

Розроблено з використанням [5]

грохота по рейках у поздовжньому напрямку. Перед пересуванням грохота з рамою рейковими шляхами необхідно зняти клини, що стопорять раму.

Гарячий агломерат подається на робочий орган і потрапляє на входні плити. Під дією коливань матеріал переміщується до зони розвантаження і водночас просіюється на ситах зі щілинами 6×40 мм, а також на вихідних плитах, перша половина яких має такі ж отвори. Друга половина плит є глухою та виконує функцію розвантажувального лотка.

Грохот може встановлюватися з будь-яким варіантом приводу - як правим, так і лівим.

Короб має металеву конструкцію, виготовлену з листового прокату та сортаменту. Для бортовин короба використані листи товщиною 12 мм із низько вуглецевої сталі. До його складу входять дві бортовини, які в нижній частині з'єднані десятьма зварними балками коробчастого профілю. З'єднання виконане за допомогою спеціальних болтів. У верхній частині

бортовини поєднані між собою підвібраторною балкою також за допомогою спеціальних болтів.

Підвібраторна балка є зварною конструкцією коробчастого профілю, виготовленою з листового прокату, і призначена для встановлення на ній вібраторів. Теплозахист виконаний із листового прокату товщиною 3 мм із жаростійкої сталі та призначений для захисту вібраторів від теплового впливу агломерату. Короб слугує для монтажу вхідних плит, сит та вихідних плит і є робочим органом грохота.

Вібратор складається з литого корпусу, верхньої кришки, що закриває внутрішню порожнину корпусу, валів 6 і дебалансів. Вали з'єднані між собою проміжними валами з фланцевими муфтами 4.

Внутрішня порожнина литого корпусу поділена на дві камери, у кожену з яких заливається масло для змащування підшипникових вузлів. Для контролю рівня масла в корпусі передбачені отвори, які після заливки закриваються пробками. У нижній частині корпусу виконані отвори для зливу масла.

Верхня кришка виготовлена з листового прокату та має отвори для заливання масла.

Вали встановлені в отворах корпусу на двох підшипниках 7 кожен, паралельно один одному. На вихідних кінцях валів закріплені дебаланси, зафіксовані торцевими шайбами з одного боку та півмуфтами і торцевими шайбами – з іншого. (див. рис 1.2) [6]

На другому вібраторі дебаланси кріпляться півмуфтами та торцевими шайбами з обох сторін. У кожному дебалансі виконано по три отвори, у які вставляються пальці, що служать для регулювання амплітуди коливань робочого органа.

На вихідних кінцях валів також установлені півмуфти — дві на одному вібраторі та чотири на другому. Чотири півмуфти використовуються для з'єднання вібраторів між собою проміжними валами, а дві — для з'єднання вібраторів з електродвигунами через еластичні муфти.

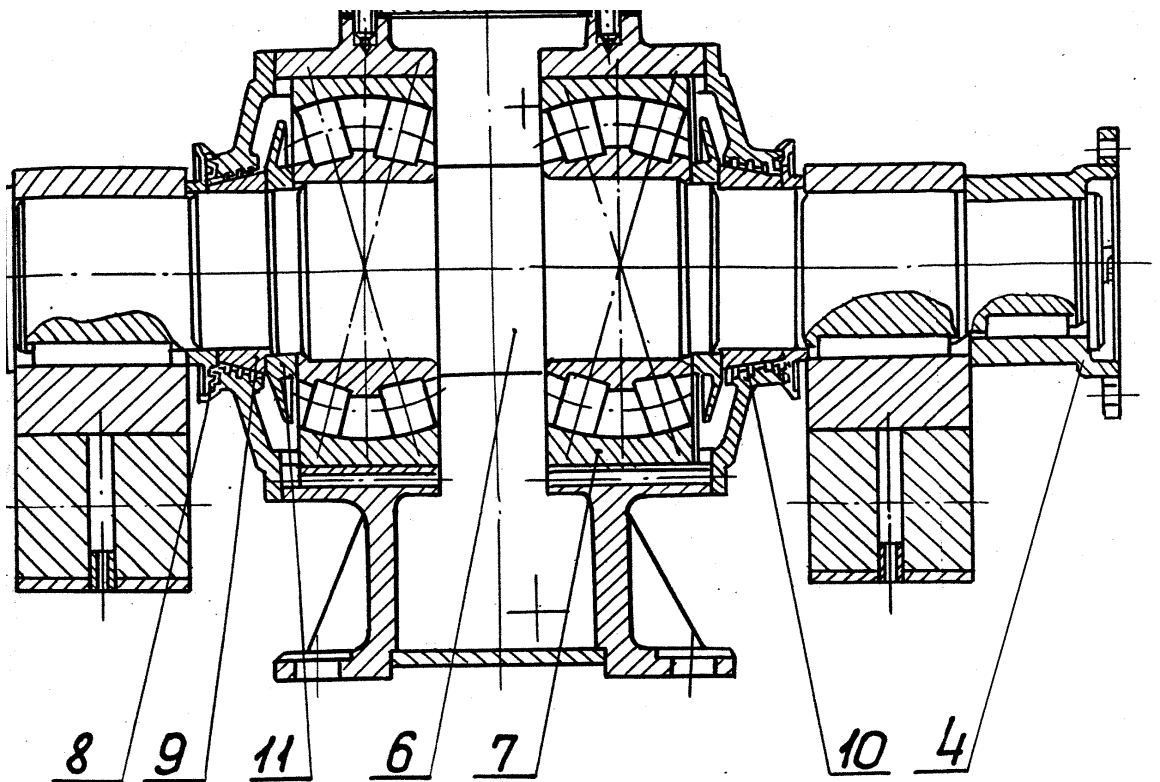


Рис. 1.2 Вібратор

4 – фланцева муфта; 6 – вал; 7 – підшипник; 8 – фланець; 9 – торцева шайба;
10 – кришка підшипника; 11 – мастило відбивне кільце

Розроблено з використанням [6]

Вібратор є збудником спрямованих прямолінійних коливань. Узгоджене обертання дебалансів за частотою та фазою досягається завдяки динамічній самосинхронізації.

Вали з дебалансами обертаються назустріч один одному, внаслідок чого виникають відцентрові сили, які додаються, а їх результуюча змінюється за синусоїдальним законом. Напрямок цієї сили змінюється через кожну половину оберту валів із дебалансами. Змінюючи кількість пальців у дебалансах, можна регулювати величину відцентрових сил і, відповідно, амплітуду коливань.

Кожен вібратор кріпиться до підвібраторної балки короба вісьмома болтами, виготовленими з якісної сталі.

Рама грохота призначена для встановлення на ній коробка з ситами, який спирається на пружини. Вона являє собою зварну металеву конструкцію, виготовлену з швелерів та листового прокату (див. рис. 1.3). У верхній частині рами розміщені напрямні для центрування пружин, на які встановлюється короб.

До верхньої частини рами кріпиться футеровка, що утворює воронку та призначена для спрямування просіяного агломерату в приймальний жолоб. У нижній частині рами приварені накладки, які виконують функцію напрямних для ходових коліс. Колеса встановлюються у напрямні та закріплюються на рамі за допомогою планок і болтів.

До привода грохота входять два електродвигуни з двома напівмуфтами, які разом із напівмуфтами вібраторів та еластичними лепестками утворюють лепесткові муфти.

Опори виготовлені зі зварного фасонного (кутник) і листового прокату. На кожному опорі встановлюється по одному електродвигуну. Конструкція опор передбачає таке розташування отворів, що електродвигун може бути закріплений на місці другої опори, а опора — на місці електродвигуна. Це забезпечує можливість монтажу привода як з лівого, так і з правого боку.

На опорі також встановлюється кожух, який захищає лепесткові муфти. І опора, і кожух є зварними конструкціями, виготовленими з листового прокату.

Ходове колесо (див. рис. 1.4) [7] складається з ролика, валика, двох кулькових підшипників і кришки. Валик встановлюється всередині ролика на підшипниках, порожнина ролика заповнюється густим мастилом і закривається кришкою.

Вхідні плити, сита та вихідні плити виготовлені у вигляді литих деталей із жароміцної сталі.

Вхідні плити призначені для приймання агломерату і мають поздовжні ребра вздовж напрямку його руху. Завдяки цим ребрам великі шматки агломерату під час транспортування до розвантаження переміщуються по

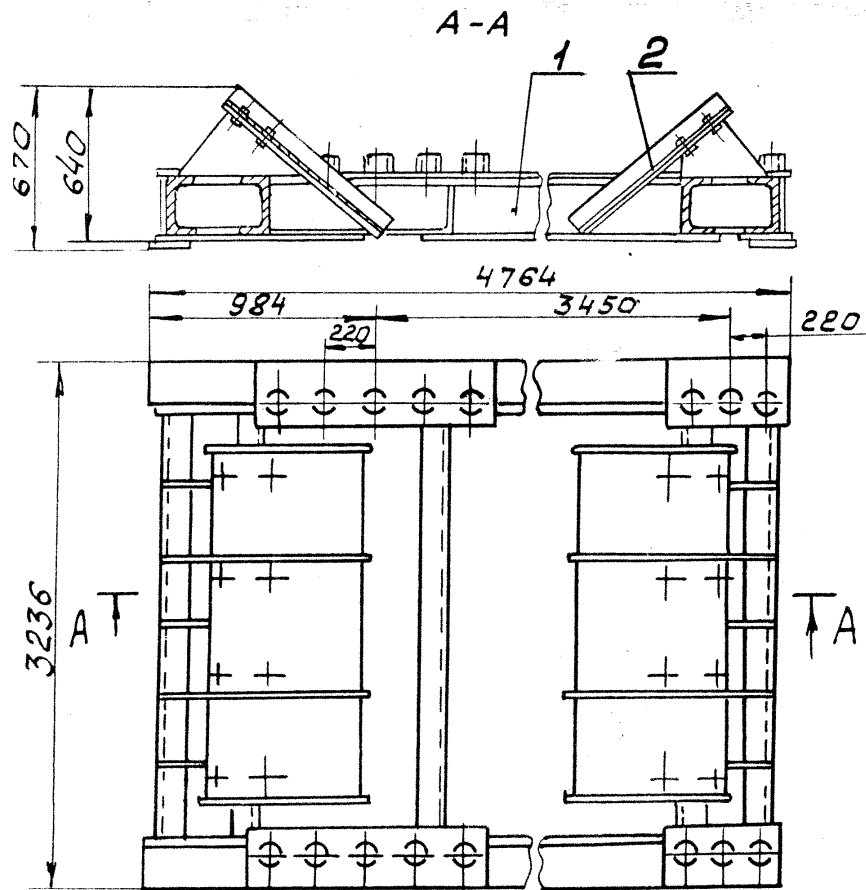


Рис. 1.3 Рама грохота

1- рама; 2 - футеровочні плити

Розроблено з використанням [6]

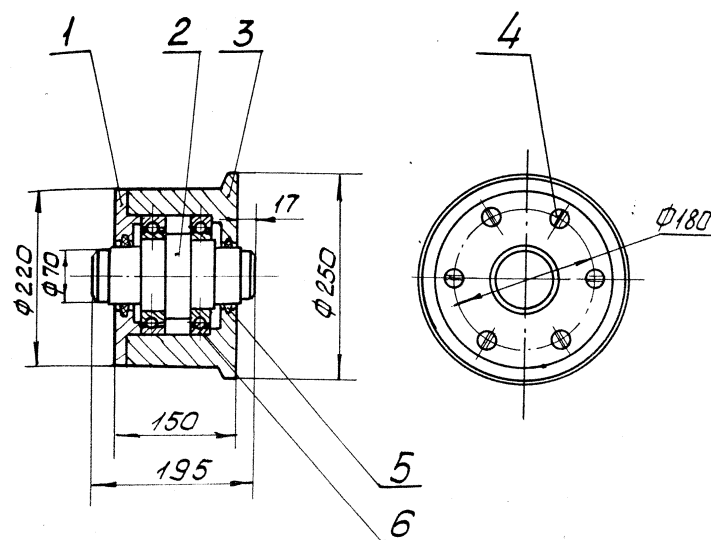


Рис. 1.4 Ходове колесо

1- фланець; 2 вісь; 3 – валик; 4 – болт М12; 5 – ущільнювач; 6 – підшипник

Розроблено з використанням [7]

них, що значно зменшує зношування поверхні самих плит. Конструктивно вхідні плити виконані суцільнолитими. У коробі встановлюється один ряд, який складається з трьох плит по ширині.

Сита забезпечують поділ агломерату за крупністю на два класи: 0–5 мм і 5–200 мм. Матеріал фракції 0–5 мм повертається у зворотний цикл, тоді як фракція 5–200 мм є товарним агломератом. У ситах передбачені щілини шириною 6 мм і довжиною 40 мм, крізь які проходить дрібна фракція. У коробі монтується три ряди сит по три елементи у кожному ряду. За необхідності сита та вихідні плити можуть мати щілини шириною 12, 16 або 25 мм.

Вихідні плити також виготовлені литими. Перша їх частина має такі ж щілини, як і сита, тоді як друга — суцільна, без прорізів, і виконує функцію розвантажувального лотка. У коробі встановлюється один ряд вихідних плит, що складається з трьох елементів по ширині.

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини

На основі аналізу особливостей експлуатації машини, даних агрегатних журналів, а також з урахуванням думки обслуговуючого та ремонтного персоналу було виявлено такі недоліки модернізованого обладнання:

- підвищений абразивний знос сіючих поверхонь (сит, вхідних і вихідних плит).

- висока температура матеріалу, що розсівається (до 1000 °С). Це спричиняє вигорання мастильних матеріалів, що потребує їх частішої заміни. Витрата рідкого мастила становить 40–50 л на місяць.

- у період запуску або зупинки грохота, до моменту самосинхронізації дебалансів, динамічна складова навантаження зростає у 6–8 разів. Це призводить до передчасного виходу з ладу підшипникових вузлів вібраторів, руйнування корпусів і болтових з'єднань, пошкодження металоконструкцій, зварних швів короба та пружних опор.

- використання картерного змащення приводу є недостатнім для забезпечення нормальної роботи підшипникових вузлів вібраторів.

1.6 Формування мети та задач

Наразі в агломераційному цеху №1 експлуатуються типові грохоти ГСТ-61В та ГСТ-62Б.

Поряд із беззаперечними перевагами модернізованого грохота ГСТ-61В (простота конструкції, висока продуктивність, можливість регулювання амплітуди коливань у певних межах), він має і низку суттєвих недоліків.

Тому необхідний огляд патентів та літератури, що передбачає аналіз конструкцій вібротранспортних машин. Цей огляд не має на меті повне охоплення всього різноманіття таких конструкцій, але їх різноманітність підтверджує необхідність пошуку оптимальної моделі вібротранспортної машини, позбавленої недоліків, зумовлених особливостями технологічного процесу. Після отримання даних по актуальній конструкції буде проведено необхідні розрахунки які обґрунтують прийнятний варіант модернізації, а також проведена оцінка робіт направлених на монтаж, обслуговування та ремонт грохота. На основі розрахунків та літературно-патентного огляду будуть виконані креслення загального виду грохота агломерату, а також розроблені складальні креслення основних вузлів що були змінені та модернізовані.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

Вібраційний грохот за свідоцтвом №1565545 (див рис. 2.1) [8] містить короб 1 із ситом, установленим на основі 6 за допомогою пружних опор 3, і оснащений віброударним механізмом 2, закріпленим на коробі через піввісь. Для повороту віброударного механізму 2 навколо піввісі передбачено пристосування у вигляді двоплечого коромисла 7, шарнірно змонтованого на основі 6. Одне плече коромисла 7 з'єднане з коробом за допомогою тяги 4, інше — з віброударним механізмом 2.

Під час роботи вібромеханізму 2 короб із ситом здійснює коливальні рухи. Коли навантаження на нього зростає, він осідає, що викликає поворот вібромеханізму 2 навколо піввісі. У результаті короб виконує вертикальні коливання, які забезпечують інтенсивне просіювання матеріалу.

Конструктивно вібраційний грохот складається з: коробка 1 із ситом (на кресленні не показано), віброударного механізму 2, пружних опор 3, тяг 4 і 5, через які одне плече коромисла 7, шарнірно зв'язане з основою 6, сполучається з коробом 1, а інше — з корпусом механізму 2.

Віброударний механізм 2 містить корпус із наковальнями 9 і 10, електромагнітні котушки 11 і 12, а також бойок 13. Він розташований на бічній стінці коробка 1 з можливістю повороту навколо горизонтальної піввісі 14.

Короб 1 приводиться в коливальний рух під дією гідроударного механізму 2: бойок 13 по чергово притягується котушками 11 і 12 та завдає удари по наковальнях 9 і 10, розміщених з протилежних боків бойка. Отримані ударні імпульси передаються через піввісь 14 від корпусу механізму до коробка 1.

При нерівномірній подачі матеріалу на сито навантаження на опори 3 змінюється. Це впливає на середнє положення короба 1, навколо якого відбуваються коливання.

Коли навантаження збільшується й короб 1 опускається вниз, тяга 4 знижує одне плече коромисла 7, а інше — піднімає. При цьому тяга 5 повертає механізм 2 навколо піввісі 14 до вертикального положення. У разі максимального переміщення вниз механізм 2 займає вертикальне положення. При зменшенні навантаження короб 1 підіймається, і механізм відходить від вертикалі.

Така кінематична схема дозволяє при максимальному навантаженні отримувати найбільшу вертикальну складову рухомої сили, а при мінімальному — найменшу. Це забезпечує стабілізацію амплітуди коливань короба, що, своєю чергою, підвищує питому продуктивність і ефективність процесу грохочення.

Вібраційний грохот за свідоцтвом №1540870 (див. рис. 2.2 та 2.3) [9] містить раму 1, у якій розташовані поперечні опорні траверси, виконані у вигляді ексцентрикових валів 2, установлених у бортах 3 короба з можливістю обертання. Хвостові частини валів 2 оснащені шестернями 4, які через шестерні 5 з'єднані з поздовжнім розподільним валом 6, що через муфту 7 з'єднаний з електродвигуном 8. На прольотах між бортами вали 2 мають втулки 9, у яких вони вільно обертаються. На втулках 9 за допомогою притискних планок 10 закріплено еластичну просіювальну поверхню 11, поділену на чергуючі ділянки 11а та 11б. Рама вібраційного грохота обладнана завантажувальним 12 і розвантажувальним 13 лотками.

Як видно зі схеми, напрямки ексцентриситетів сусідніх валів протифазні, а шестерні 4 установлені так, щоб забезпечити передавання обертання валам 2 в одному напрямку. Конструкція передбачає можливість комбінування односпрямованого та різноспрямованого обертання сусідніх валів 2 зі зміною установки фаз початкових ексцентриситетів.

У грохоті дрібного або середнього грохочення, коли підвищені вимоги до міцності просіювальної поверхні, ділянки 11а і 11б можуть виконуватися у вигляді окремих ситових карт, відформованих з еластоміру та таких, що мають товщину, співмірну або більшу за діаметр втулки 9. Такі ситові карти оснащуються по закріплюваних кромках впадинами 14 і петлеподібними виступами 15 з отворами під втулку 9. При суміщенні виступів карти 11а з впадинами карти 11б вони фіксуються втулкою 9. Для зручності монтажу вали 2 у цьому випадку виконуються різніми за відомими принципами конструювання.

Вібраційний грохот працює таким чином. Під час роботи двигуна 8 від поздовжнього вала 6 через пари шестерень 4 і 5 обертання передається ексцентриковим валам 2. Обертаючись в одному напрямку та завдяки протилежно спрямованим ексцентриситетам сусідніх валів, що визначено їх початковим налаштуванням, прольоти між сусідніми валами послідовно наближаються та віддаляються. При зближенні валів 2 ділянка просіювальної поверхні 11а провисає, а при віддаленні — натягується, тоді як стан сусідньої ділянки 11б є протилежним. Таким чином, усі чергуючі по довжині ділянки просіювальної поверхні по чергово натягуються та провисають, утворюючи хвилеподібний характер її деформації.

Під час подачі вихідного матеріалу через лоток 12 частинки суміші під дією вібраційно-деформованого стану поверхні розділяються на два класи крупності: дрібні проходять крізь отвори поверхні 11, а великі вивантажуються через лоток 13.

Аналогічна деформація просіювальної поверхні спостерігається і при однаковому напрямку ексцентриситетів усіх валів, але за умови протилежного напрямку обертання чергуючих валів. Змінюючи вказані параметри налаштування, можна отримати інший характер деформації ділянок сита.

Комбінацією напрямків обертання чергуючих валів 2 за допомогою установки шестерень 4 і 5 та зміни взаємного положення початкових

ексцентриситетів досягають регулювання швидкості, з якою віддаляються вали, а відповідно — сили підкидання матеріалу натягнутою сіткою. Також можна підібрати положення натягнутої ділянки сита в момент активного впливу на матеріал, тобто напрям підкидання відносно площини просіювання, що впливає на транспортуючу здатність грохота. Сила впливу та її напрям визначаються експериментально під час грохочення матеріалів із різними фізико-механічними властивостями.

Вібраційний грохот за свідоцтвом №1643116 (див. рис. 2.4) [10] складається з короба 1 із ситом 2, встановленого на віброізоляторах 3, і вібропривода.

Вібропривод складається з двох дебалансних віброзбуджувачів 4, кожен із яких має по два дебалансні вали 5. При цьому дебалансні вали 5, розташовані на одній осі O_1 , кінематично не пов'язані з дебалансними валами, встановленими на іншій осі O_2 . Обертання валів 5 здійснюється від двох електрично не пов'язаних двигунів 6.

Двигуни оснащені пристроями 7 регулювання швидкості, а також пристроями 8 для зміни напрямку обертання, зокрема реверсивними пускачами. Віброзбуджувачі 4 обладнані гальмівними пристроями 9, а їх осі обертання розташовані паралельно одна одній і перпендикулярно до повздожньої площини симетрії короба. Віброзбуджувачі 4 встановлені на коробі 1 з можливістю переміщення по ньому.

Вібраційний грохот працює таким чином.

Після ввімкнення двигунів 6 віброзбуджувачі 4 починають обертатися в протилежних напрямках. Завдяки ефекту самосинхронізації віброзбуджувачі обертаються синхронно зі зсувом фаз, який залежить від взаємного розташування осей обертання O_1 та O_2 відносно центра мас коливних частин грохота. Цьому зсуву фаз відповідає певне положення лінії дії рівнодійної збуджувальних сил, створюваних віброзбуджувачами 4, що визначає кут вібрації β . Залежно від фізичних властивостей матеріалу встановлюють оптимальний кут вібрації шляхом зміни положення осей

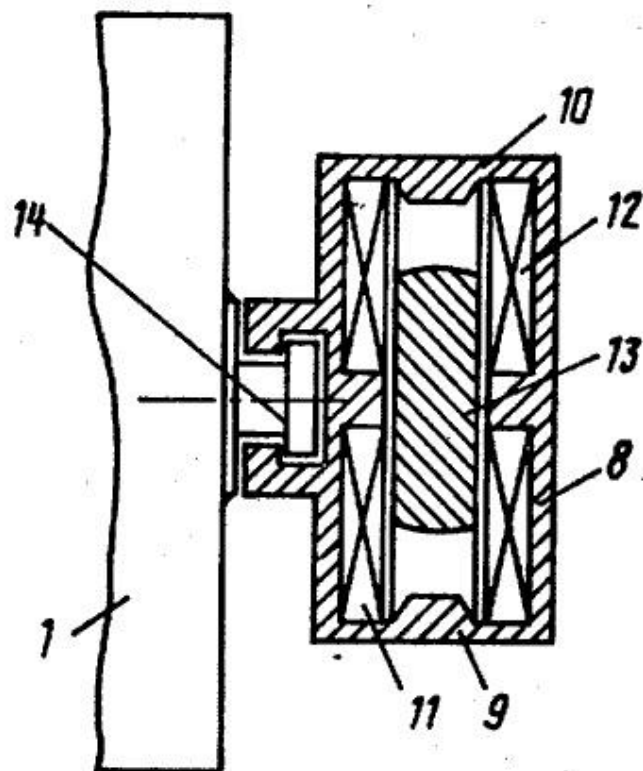
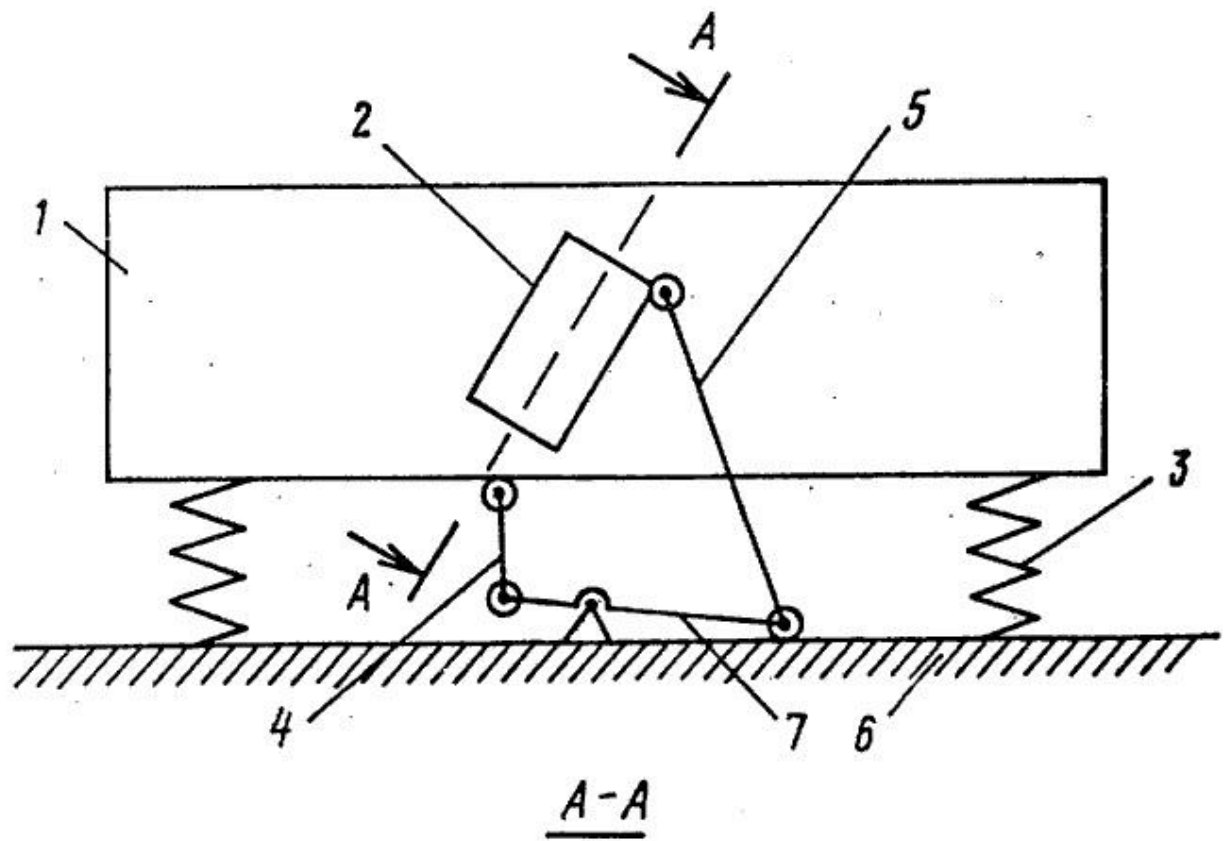


Рис. 2.1 Вібраційний грохот за свідоцтвом №1565545

Розроблено з використанням [8]

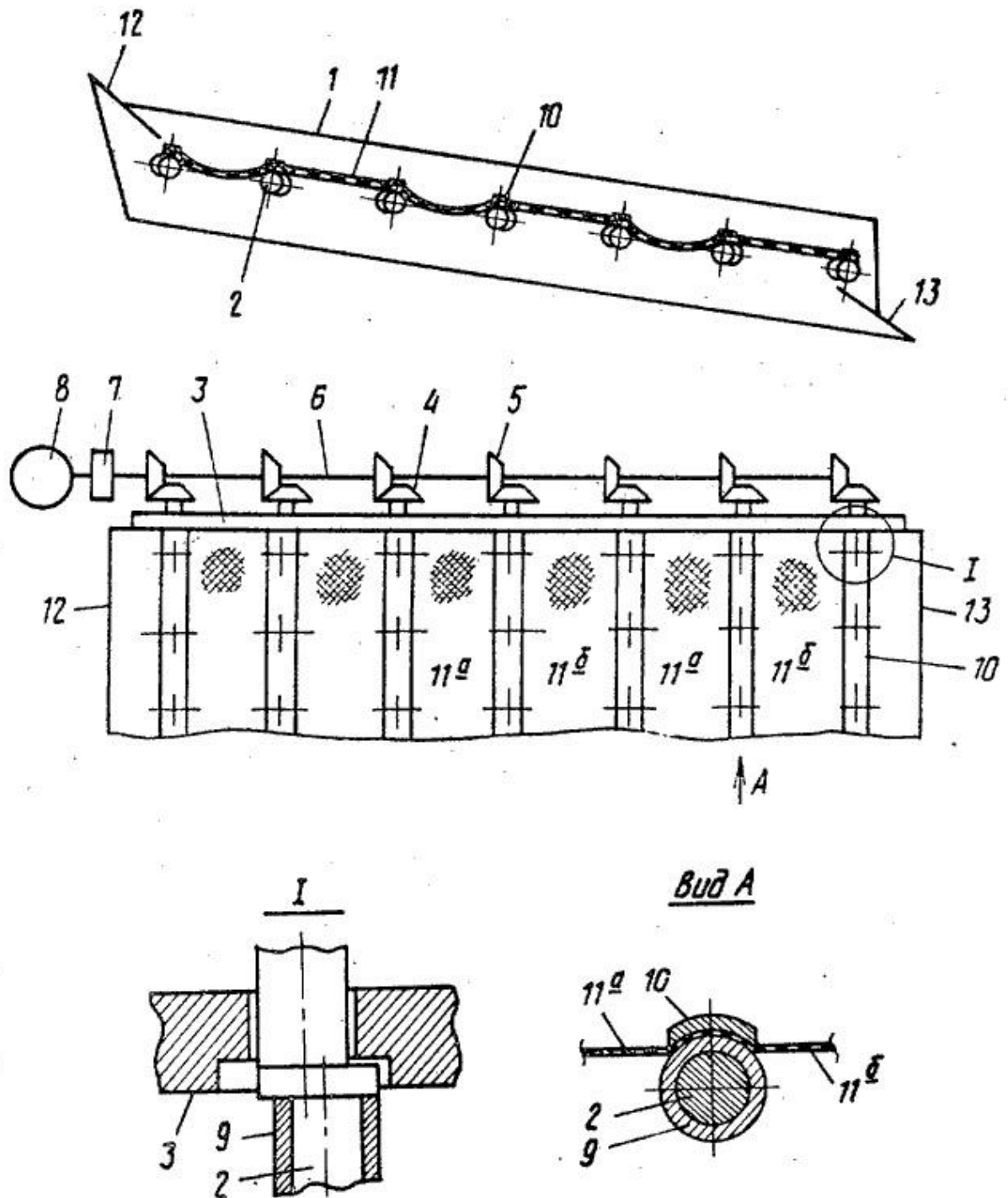


Рис. 2.2 Віброгрохот по свідоцтву № 1540870

Розроблено з використанням [9]

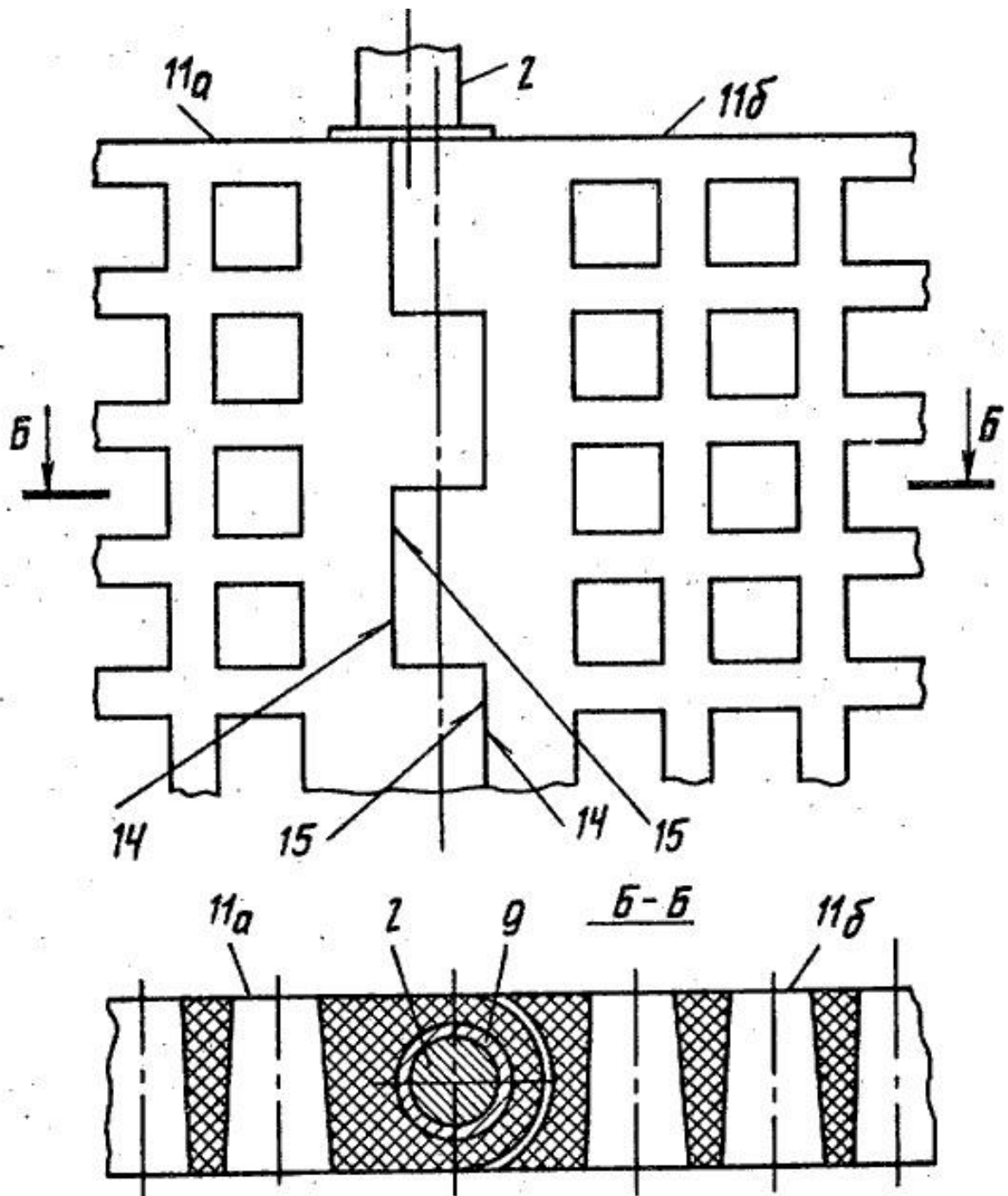


Рис. 2.3 Віброгрохот по свідоцтву № 1540870

Розроблено з використанням [9]

обертання O_1 та O_2 . При цьому використовується адаптивна властивість самосинхронізованих віброзбудувачів, яка полягає в тому, що при зміні положення осей обертання відносно центра мас коливних частин грохота вібраційний момент, що забезпечує самосинхронізацію, спричиняє зміну відносної фазировки віброзбудувачів таким чином, що рівнодійна

збуджувальних сил знову проходить майже через цей центр мас, тобто вона «слідкує» за його положенням.

Адаптивна властивість забезпечує отримання рівномірного поля вібрацій по всій довжині сита 2 навіть при зміні положення центра мас через нерівномірний розподіл матеріалу по довжині короба 1 та коливання технологічного навантаження на грохот.

Запропоновані в авторських свідоцтвах технічні рішення спрямовані на вдосконалення конструкції вібраційних агрегатів та підвищення ефективності процесу грохочення. Найбільш прийнятним до запропонованого проєкту є рішення, описане в авторському свідоцтві № 1643116 (див. рис. 2.4), де для збільшення ефективності грохочення за рахунок оптимізації параметрів вібрації при змінному технологічному навантаженні передбачено встановлення вібровозбудників на змінній відстані. Проте це лише частково покращує роботу грохота і не усуває низку його конструктивних недоліків, що ставить під сумнів доцільність його використання в даному проєкті. Незважаючи на це, проведений огляд авторських свідоцтв дозволив комплексно проаналізувати переваги та недоліки існуючих типів вібраційних машин.

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

На основі вивчення недоліків базової машини та причин їх виникнення, а також з урахуванням аналізу літературно-патентного огляду, пропонується виконати таку модернізацію грохота гарячого агломерату ГСТ 61 В.

1. Для забезпечення більш точної регулювання амплітуди коливань і, відповідно, підвищення ефективності роботи грохота, пропонується встановити додаткові дебаланси (див. рис. 2.5). Регулювання буде здійснюватися шляхом повороту додаткових дебалансів навколо осі на заданий кут.

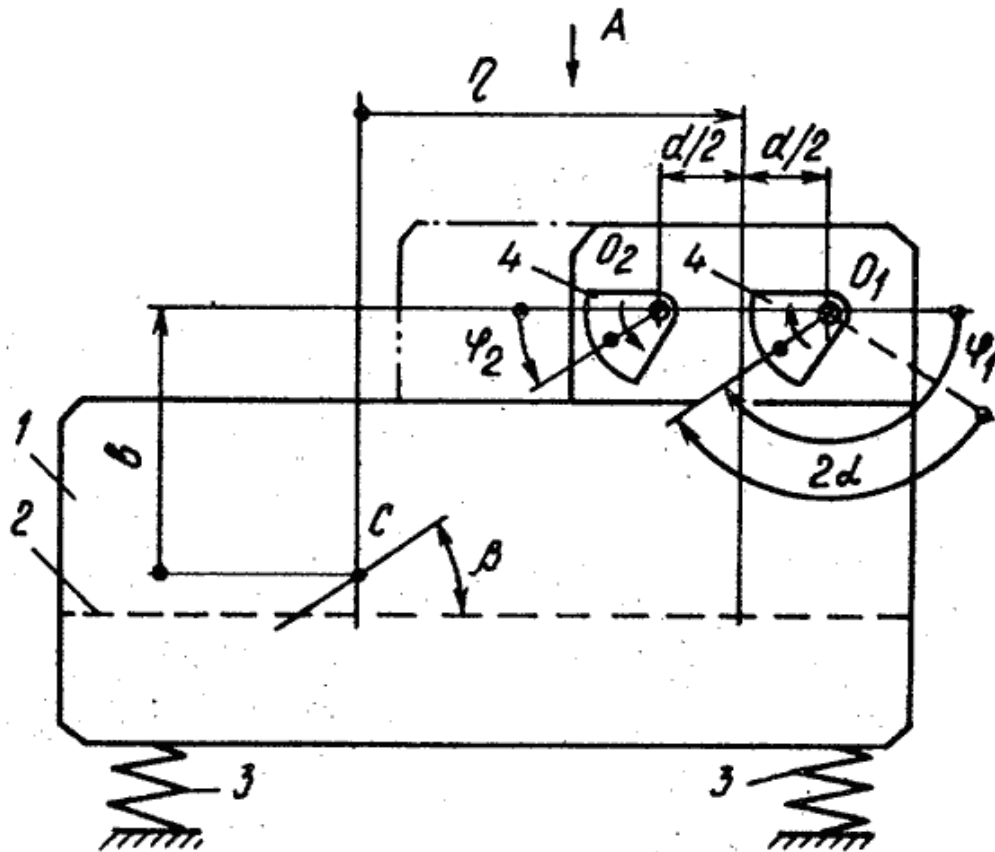


Рис. 2.4 Вібраційний грохот за свідоцтвом №1643116

Розроблено з використанням [10]

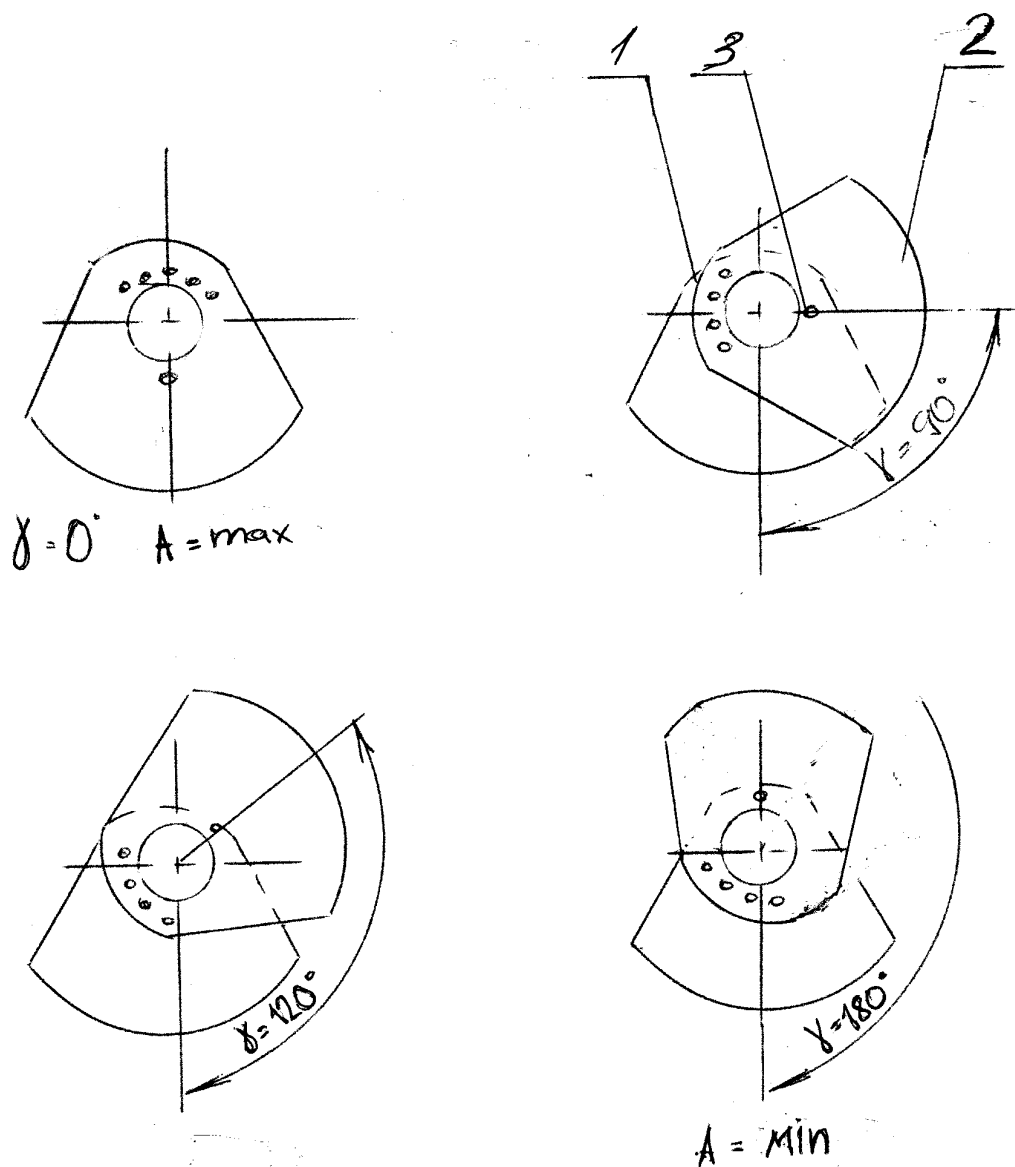


Рис. 2.5 Регулювання амплітуди коливань за допомогою додаткового дебаланса

1 – основний дебаланс; 2 – додатковий дебаланс; 3 – болт М 12.

(розроблено автором)

2. З метою зменшення динамічної складової навантаження, що виникає під час пуску або зупинки грохота, пропонується застосувати для синхронізації обертання валів вібраторів жорсткий кінематичний зв'язок — циліндричну косозубу передачу.

Запропонований привод грохота гарячого агломерату включає (див. рис. 2.6): електродвигун 1, який передає обертання через пелюсткову муфту 3 двом вібраторам 2 і 4, з'єднаним між собою проміжним валом 7 із

фланцевими муфтами 8. Механічна синхронізація валів вібробуджувачів досягається за допомогою циліндричної косозубої передачі 5.

Застосування механічної синхронізації валів дозволяє, у порівнянні з самосинхронізованими валиками вібробуджувачів, підвищити надійність і довговічність приводу грохота завдяки зменшенню навантаження на привід і металоконструкцію під час пуску та зупинки (відсутнє обертання валів у протифазі), а також підвищити ефективність грохочення за рахунок точнішої узгодженості обертання валів.

Установка одного двигуна замість двох, передбачених базовою конструкцією, зменшує витрати робочого часу електроремонтного персоналу на технічне обслуговування та ремонт електрообладнання грохота. Використання одного електродвигуна потужністю $N = 22$ кВт замість двох сумарною потужністю $N = 2 \times 15$ кВт дозволяє скоротити витрати електроенергії під час роботи грохота.

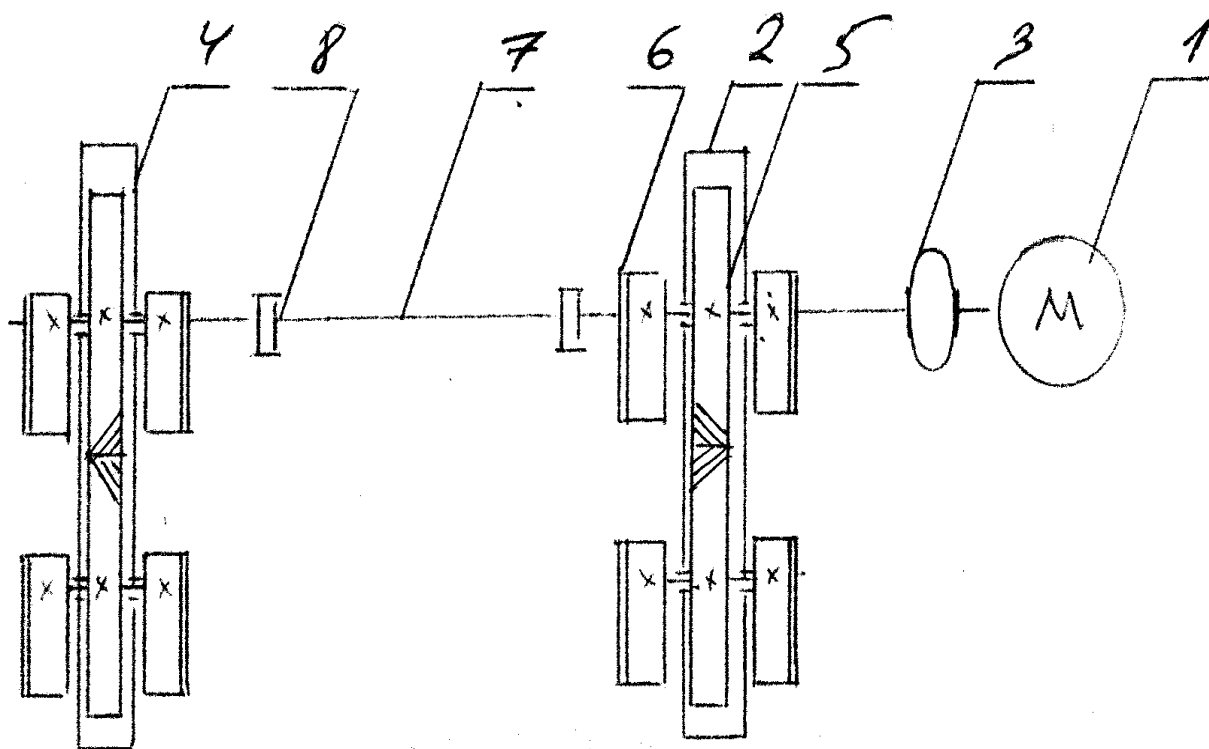


Рис. 2.6 Привод грохота гарячого агломерату

(розроблено автором)

2.3 Аналітичні розрахунки

Данні для розрахунку:

1. Розміри сіючої поверхні, мм:

довжина L 4150

ширина B 2000

2. Кількість ярусів сіючих поверхонь 1

3. Амплітуда коливань A , мм у межах 4 - 6,5

4. Крупність шматків живлення d_{\max} , мм не більше - 200

5. Максимальна продуктивність за живленням Q , т/год 300

6. Маса коливної частини грохота $M_{\text{кор}}$, кг 10 920

7. Маса грохота повна, кг 19600

8. Тип сит лите, щільове

9. Розміри щілини сита, мм 6, 12, 16, 25

Вібраційний грохот - це коливальна система, у якій протягом одного періоду коливань відбувається повний цикл перетворення кінетичної енергії в потенціальну та навпаки. У результаті в усталеному режимі теоретично не потрібні витрати енергії на подолання сил інерції рухомого робочого органу та сил пружності опорних елементів. Енергія витрачається лише на подолання дисипативних сил — тертя в підшипниках кочення, втрати під час взаємодії з робочим органом тощо. [11]

Визначаємо швидкість переміщення матеріалу, необхідну для забезпечення заданої продуктивності

$$V = \frac{Q}{3600NB\gamma} = \frac{300}{3600 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 2} = 0,1 \text{ м/с} \quad (2.1)$$

де H - висота слоя, $H = d_{\max} = 0,2$ м;

γ - насипна щільність матеріалу, $\gamma = 2$ т/м³

Знаходимо віброшвидкість

$$K_i = A_W = \frac{V}{(1 + 0,052)(1 - 0,02H) \cos \beta \sqrt{1 - \frac{1}{r^2}}} =$$

$$= \frac{0.1}{(1 + 0.052)(1 - 0.02 \times 2) \cos 40^\circ \sqrt{1 - \frac{1}{5^2}}} = 0,127 \text{ м/с} \quad (2.2)$$

де β - кут вібрації, $\beta = 40^\circ$

r – рекомендований коефіцієнт режиму, $r=5$.

Визначаємо кругову частоту обертання віброзбуджувачів

$$W_{\max} = \frac{rq \cos \alpha}{K_i \sin \beta} = \frac{5 \cdot 9,8 \cdot 1}{0,127 \cdot \sin 40^\circ} = 600 \text{ с}^{-1} \quad (2.3)$$

де α - кут встановлення робочого органу, $\alpha = 0^\circ$.

Амплітуда коливань центру тяжіння короба

$$A = \frac{K_i^2 \sin \beta}{rq \cos \alpha} = \frac{0,127^2 \sin 40^\circ}{5 \times 9,8 \times \cos 0^\circ} = 0,0016 \text{ м} \quad (2.4)$$

Виходить $A > 0,0016 \text{ м}$ та $\omega < 600 \text{ с}^{-1}$. Відповідно з таблицею 1П [12] приймаємо $\omega = 75 \text{ с}^{-1}$. Тоді

$$A = \frac{K_i}{\omega} = \frac{0,127}{75} = 0,00169 \text{ м} \quad (2.5)$$

Знаходимо приведену масу матеріала

$$m_M = \frac{QL[1+(1-\alpha_n)E]}{2V_{cp}} = \frac{300 \cdot 4,1[1+(1-0,34) \cdot 0,8]}{2 \cdot 0,1} = 9397 \text{ кг} \quad (2.6)$$

де E – ефективність грохочення, $E=80\%$;
 α_n - маса підрешітного продукта, $\alpha_n = 0,34$ т.

Визначаємо масу коливальних частин

$$M = M_{кор} + \frac{1}{3}m_{ам} + m_M = 10920 + \frac{1}{3} \cdot 210 + 9397 = 20387 \text{ кг} \quad (2.7)$$

де $m_{ам}$ - маса амортизаторів, $m_{ам}=210$ кг;

Знаходимо кіннето-статичний момент віброзбуджувача

$$m_0r = AM = 0,00169 \cdot 20387 = 34,4 \text{ кгм} \quad (2.8)$$

Розраховуємо збуджуючу силу

$$F_{зб} = m_0r\omega^2 = 34,4 \cdot 75^2 = 193500 \text{ Н} \quad (2.9)$$

Розраховуємо потужність двигуна

$$N_{дв} = K_c m_0r\omega^3 f \frac{d_n}{2} = 2 \cdot 34,4 \cdot 75^3 \cdot 0,01 \cdot \frac{0,14}{2} = 20317 \text{ Вт} \quad (2.10)$$

Приймаємо електродвигун типу МТКМ 511-8, який має потужність 22 кВт, число обертів 705 об/хв. та вагу 330 кг. [13]

Провіємо прийнятий двигун за пуском (за умовою запуску в роботу "з місця" з подоланням максимального статичного моменту дебалансів вібратора) [14]

$$k_3 k_n \frac{N}{W} > m_0 g \left(r + k_1 k_2 f \frac{d}{2} \right);$$

$$0,95 \times 1,2 \frac{22000}{75} > 149,5 \times 9,8 \left(0,23 + 4 \times 1,3 \times 0,01 \frac{0,14}{2} \right); \quad (2.11)$$

$$370,5 > 342,3.$$

де k_1 - кратність маси частин що обертаються до маси дебалансів, $k_1=4$;

k_2 - кратність коефіцієнтів тертя спокою і руху, $k_2=1,3$;

k_3 - коефіцієнт запасу по пуску, $k_3=0,95$;

k_n - кратність пускового і номінального моментів, $k_n=1,2$.

Як видно з умови, пуск двигуна забезпечено.

Кутова швидкість електродвигуна

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 705}{30} = 73,8 \text{ c}^{-1} \quad (2.12)$$

Визначаємо момент на ведучому валу

$$M_1 = \frac{N_{\partial\epsilon}}{\omega} = \frac{22 \cdot 10^3}{73,8} = 298 \text{ Нм} \quad (2.13)$$

Обертний момент на валу ведомому

$$M_2 = M_1 \eta = 298 \cdot 0,97 = 289 \text{ Нм} \quad (2.14)$$

де η - ккд циліндричної передачі, $\eta = 0,97$.

Призначення матеріалу колеса – Сталь 45Л твердість якого HB 180 – 210 МПа. Приймаємо допустиму напругу на контактну витривалість

$$[G]_k = 25 \cdot HB_{\min} = 25 \cdot 180 = 450 \text{ МПа} \quad (2.15)$$

Допустима напруга вигину $[G]_u = 100 \text{ МПа}$.

Розраховуємо міжосьову відстань [15]

$$\begin{aligned} A &= \frac{(u+1)}{100} \sqrt[3]{\frac{M_2 \cdot 10^5}{([G_k] \cdot u)^2} \cdot \frac{K_d K_k}{B/A}} = \\ &= \frac{(1+1)}{100} \sqrt[3]{\frac{289 \cdot 10^5}{(450 \cdot 1)^2} \cdot \frac{1,4}{0,25}} = 0,185 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.16)$$

де $K_d K_k$ - коефіцієнт динамічності K_d та коефіцієнт по довжині зуба K_k .

Приймаємо середню величину $K_d K_k = 1,4$;

B/A – середнє значення коефіцієнта ширини. $B/A=0,25$.

Приймаємо міжосьову відстань $A = 500 \text{ мм}$, згідно прийнятого радіуса дебалансів.

Розрахунок робочої ширини

$$B = 0,25 \cdot A = 0,25 \cdot 500 = 125 \text{ мм} \quad (2.17)$$

Приймаємо робочу ширину $B = 125 \text{ мм}$.

Сумарне число зубців приймаємо $Z_c = 198$.

Визначаємо модуль

$$m_s = \frac{2A}{Z_c} = \frac{2 \cdot 0,5}{198} = 0,00505 \text{ м} \quad (2.18)$$

Приймаємо $m_s = 5 \text{ мм}$.

Визначаємо кут нахилу зуба

$$\cos \beta = \frac{m_n}{m_s} = \frac{0,005}{0,00505} = 0,99, \quad (2.19)$$

$$\beta = 8^\circ 1'.$$

Розраховуємо кількість зубів колеса

$$Z_1 = Z_2 = \frac{198}{2} = 99 \quad (2.20)$$

Перевірка напружень стискання та згину у основи зуба.

Окружне зусилля

$$P = \frac{M_1}{0,5 \cdot m_s \cdot Z_\phi} = \frac{298}{0,5 \cdot 0,005 \cdot 99} = 1192 \text{ Н} \quad (2.21)$$

Визначаємо коефіцієнт форми профіля зуба

$$Y = 0,5 - \frac{2,5}{Z_\phi} = 0,5 - \frac{2,5}{99} = 0,47 \quad (2.22)$$

Розрахунок напруження у основі зуба

$$G = 0,8 \frac{P \cdot K_{\sigma} K_{\kappa}}{B \cdot m_s \cdot Y} = 0,8 \frac{1192 \cdot 1,4}{0,125 \cdot 0,005 \cdot 0,47} = 5,7 \text{ МПа} \quad (2.23)$$

$$G = 5,7 \text{ МПа} \leq [G] = 450 \text{ МПа}$$

Міцність зубів забезпечена.

Геометричні розміри колеса. [16]

Діаметр початкових окружностей

$$d = m_s \cdot Z_{\phi} = 5,05 \cdot 99 = 499,95 \text{ мм} \quad (2.24)$$

Перевірка міжосьової відстані

$$A_p = \frac{2 \cdot d}{2} = \frac{2 \cdot 499,95}{2} = 500 \text{ мм} \quad (2.25)$$

Діаметр кіл виступів

$$D_{\text{вус}} = d - 2 \cdot m_s = 499,95 - 2,5 \cdot 5 = 509,95 \text{ мм} \quad (2.26)$$

Діаметр кіл впадин

$$D_{\text{в}} = d - 2,5 \cdot m_s = 499,95 - 2,5 \cdot 5 = 487,45 \text{ мм} \quad (2.27)$$

Окружна швидкість передачі

$$V = \frac{\pi d n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,499 \cdot 705}{2} = 18,4 \text{ м/с} \quad (2.28)$$

Для з'єднання електродвигуна з валом вібратора приймаємо еластичну муфту з обертовим мометом до 450 Нм. Відношення за формулою:

$$K = \frac{M}{M_1} = \frac{450}{298} = 1,5 > [K] = 1,3 \quad (2.29)$$

Згідно з розмірами муфти приймаємо діаметр вихідного кінця валу $d_x = 70$ мм, діаметр валу в місці посадки дебалансів $d_g = 120$ мм, в місці посадки підшипників $d_n = 140$ мм, діаметр валу під зубчате колесо $d_z = 145$ мм, діаметр валу під зубчасту муфту $d_{\phi} = 110$ мм. Відстань між опорами L приймаємо рівній існуючій $L = 245$ мм.

Враховуючи прийнятий діаметр вала під підшипник $d_n = 140$ мм, приймаємо для валу вібратора дворядний роликовий радіальний сферичний підшипник №3628, середня широка серія, діаметр внутрішнього кільця 140 мм, діаметр зовнішнього кільця 300 мм, ширина 102 мм, базова динамічна вантажопідйомність $C = 730000$ Н.

Приймаємо довговічність підшипника $L_h = 12000$ год.

Визначаємо збуджувальну силу яка діє на підшипник

$$F_{зб.н.} = \frac{F_{зб}}{4} = \frac{193500}{4} = 48375 \text{ Н} \quad (2.30)$$

де 4 – кількість валів вібраторів

Еквівалентне динамічне навантаження

$$P_{екв} = F_{зб.н.} \cdot K_g \cdot K_m = 48375 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 87075 \text{ Н} \quad (2.31)$$

де K_g - коефіцієнт безпеки, $K_g = 1,5$;

K_m - температурний коефіцієнт, $K_m = 1,2$.

Номінальна довговічність підшипників

$$L_h' = \left(\frac{c_{екв}}{P_{екв}} \right)^3 \left(\frac{10^6}{60 \cdot n_{дв}} \right) = \left(\frac{73000}{87075} \right)^3 \left(\frac{10^6}{60 \cdot 705} \right) = 13930 \text{ год.} \quad (2.32)$$

З умови $L_h' \geq L_h = 13930 \geq 12000$, можна зробити висновок що підшипник вибрано правильно.

Розрахунок вала на котрий впливають сили в зачепленні, консольне навантаження від еластичної та фланцевої муфти і дебалансів виконуєм, користуючись принципом незалежності дії сил. Для розрахунку берем швидкохідний вал першого вібратора. [17]

Визначаємо сили в зачепленні і викликані ними опорні реакції

Визначаємо окружне зусилля

$$P = \frac{M_1}{0,5 \cdot d} = \frac{298}{0,5 \cdot 0,499} = 1194 \text{ Н} \quad (2.33)$$

Зусилля розпору

$$T = P \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos \beta} = 1194 \frac{0,364}{0,97} = 439 \text{ Н} \quad (2.34)$$

Кутове зусилля

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \beta = 1194 \cdot 0,247 = 170 \text{ Н} \quad (2.35)$$

В вертикальній площині P викликає радіальні опорні реакції

$$R_{ев} = R_{ав} = \frac{P}{2} = \frac{1194}{2} = 597 \text{ Н} \quad (2.36)$$

Найбільш згинаючий момент в перерізі C

$$M''_{св} = \frac{PL}{4} = \frac{1194 \cdot 0,245}{4} = 73 \text{ Нм} \quad (2.37)$$

В горизонтальній площині радіальні опорні реакції, що визвані силами T та Q , визначаються з умови рівноваги

$$R'_{a2}L + Q\frac{d}{2} + T\frac{L}{2} = 0 \quad (2.38)$$

$$R'_{a2} + R'_{в2} = T \quad (2.39)$$

Звідки,

$$R'_{a2} = \frac{T}{2} - \frac{Qd}{2L} = \frac{439}{2} - \frac{170 \cdot 0,499}{2 \cdot 0,245} = 46 \text{ Н}$$

$$R'_{в2} = \frac{T}{2} + \frac{Qd}{2L} = \frac{439}{2} + \frac{170 \cdot 0,499}{2 \cdot 0,245} = 393 \text{ Н}$$

Крім того, сила Q викликає з сторони B вісьову реакцію $A_в = Q$

Найбільший згинаючий момент (в перерізі C)

$$M'_{с2} = R'_{в2} \frac{L}{2} = 393 \frac{0,245}{2} = 48 \text{ Нм} \quad (2.40)$$

Визначаємо результуючі і радіальні опорні реакції і згинальні моменти від сил зачеплення

$$R'_a = \sqrt{R'_{a\beta}{}^2 + R'_{a2}{}^2} = \sqrt{597^2 + 46^2} = 598 \text{ Н} \quad (2.41)$$

$$R'_\beta = \sqrt{R'_{\beta\beta}{}^2 + R'_{\beta2}{}^2} = \sqrt{597^2 + 393^2} = 712 \text{ Н} \quad (2.42)$$

$$R'_c = \sqrt{M'_{c\beta}{}^2 + M'_{c2}{}^2} = \sqrt{73^2 + 48^2} = 87 \text{ Н} \quad (2.43)$$

Визначаємо навантаження викликані еластичною муфтою.

Колові зусилля муфти на центральному колі болтів

$$P_m = \frac{M_1}{0,5 \cdot D_1} = \frac{298}{0,5 \cdot 0,18} = 3311 \text{ Н} \quad (2.44)$$

де, D_1 - діаметр кола розміщенні болтів еластичної муфти, $D_1 = 0,18$ м.

В результаті коливань грохота відбувається зміщення полу муфти і створюється консольне навантаження на вал.

Приймаєм величину консольного навантаження

$$U_1 = 0,25 \cdot P_m = 0,25 \cdot 3311 = 828 \text{ Н} \quad (2.45)$$

Опорні реакції від консольного навантаження визначаємо з умов рівноваги

$$R''_a = U_1 \frac{x_1 + y_1 + L + y_2 + x_2}{L} = 828 \frac{0,17 + 0,2 + 0,245 + 0,2 + 0,16}{0,245} = 3295 \text{ Н} \quad (2.46)$$

$$R''_\beta = U_1 \frac{x_1 + y_1}{L} = 828 \frac{0,17 + 0,2}{0,245} = 1250 \text{ Н} \quad (2.47)$$

Згинаючі моменти сил від консольного навантаження в перерізі X, А, С та В складуть відповідно

$$M_x'' = U_1 x_1 = 828 \cdot 0,17 = 141 \text{ Нм} \quad (2.48)$$

$$M_a'' = U_1 (x_1 + y_1) = 828(0,17 + 0,2) = 306 \text{ Нм} \quad (2.49)$$

$$M_c'' = \frac{1}{2} M_a'' = \frac{306}{2} = 153 \text{ Нм} \quad (2.50)$$

$$M_b'' = M_d'' = 0 \quad (2.51)$$

Визначення навантаження викликане фланцевою муфтою. Колове зусилля муфти на центральному колі болтів

$$P_{M2} = \frac{M_1}{0,5D_2} = \frac{298}{0,5 \cdot 0,3} = 1987 \text{ Н} \quad (2.52)$$

де D_2 - діаметр кола болтів фланцевої муфти, $D_2 = 0,3$ м.

Якщо в результаті похибки монтажу вібраторів зусилля між пальцями ділиться не навпіл, то муфта створює консольне навантаження вала. Величина цього навантаження складатиме

$$U_2 = 0,15 \cdot P_{M2} = 0,15 \cdot 1987 = 298 \text{ Н} \quad (2.53)$$

Опорні реакції від консольного навантаження визначені з умови рівноваги

$$R_a''' = U_2 \frac{x_2 + y_2 + L}{L} = 298 \frac{0,16 + 0,2 + 0,245}{0,245} = 736 \text{ Н} \quad (2.54)$$

$$R_6''' = U_2 \frac{x_2 + y_2 + L + y_1 + x_1}{L} = 1186 \text{ Н} \quad (2.55)$$

Згинальні моменти від консольного навантаження X, A, C, D складуть відповідно

$$M_a''' = M_x''' = 0 \quad (2.56)$$

$$M_d''' = U_2 \cdot x_2 = 298 \cdot 0,16 = 48 \text{ Нм} \quad (2.57)$$

$$M_6''' = U_2 (y_2 + x_2) = 298(0,2 + 0,16) = 107 \text{ Нм} \quad (2.58)$$

$$M_c''' = \frac{1}{2} M_6''' = \frac{107}{2} = 54 \text{ Нм} \quad (2.59)$$

Розраховуємо консольне навантаження викликане дебалансами

$$U_3 = F_{зб.н.} = \frac{F_{зб.}}{4} = \frac{193500}{4} = 48375 \text{ Н} \quad (2.60)$$

Знаходимо опорні реакції

$$R_6''' = R_a''' = U_3 \frac{y_1 + L}{L} = 48375 \frac{0,2 + 0,245}{0,245} = 87865 \text{ Н} \quad (2.61)$$

Згинальні моменти від консольного навантаження в перерізі X, A, C, B складуть

$$M_x''' = M_6''' = 0 \quad (2.62)$$

$$M_a''' = M_6''' = U_3 \cdot y_1 = 48375 \cdot 0,2 = 9675 \text{ Н} \quad (2.63)$$

$$M_c''' = \frac{M_a'''}{2} = \frac{9675}{2} = 4837,5 \text{ Н} \quad (2.64)$$

Сумарні найбільші радіальні опорні реакції та згинальні моменти підраховані виходячи з того, що напрям консольного навантаження може бути яким завгодно

$$R_a = R'_a + R''_a + R'''_a + R''''_a = 598 + 3295 + 736 + 87865 = 92494 \text{ Нм} \quad (2.65)$$

$$R_b = R'_b + R''_b + R'''_b + R''''_b = 712 + 1250 + 1186 + 87865 = 91013 \text{ Нм} \quad (2.66)$$

$$M_{bu} = M'''_b + M''''_b = 107 + 17573 = 17680 \text{ Нм} \quad (2.67)$$

$$M_{xu} = M''_x = 141 \text{ Нм} \quad (2.68)$$

$$M_{au} = M''_a + M''''_a = 306 + 17573 = 17879 \text{ Нм} \quad (2.69)$$

$$M_{cu} = M'_c + M''_c + M'''_c + M''''_c = 87 + 153 + 54 + 8786 = 9080 \text{ Нм} \quad (2.70)$$

$$M_{du} = M'''_d = 48 \text{ Нм} \quad (2.71)$$

Приведені моменти для перерізів, що розглядаються

$$M_{прив.X} = \sqrt{M_{xu}^2 + \left(\frac{M_K}{2}\right)^2} = \sqrt{141^2 + \left(\frac{298}{2}\right)^2} = 205 \text{ Нм} \quad (2.72)$$

$$M_{прив.A} = \sqrt{M_{au}^2 + \left(\frac{M_K}{2}\right)^2} = \sqrt{17879^2 + \left(\frac{298}{2}\right)^2} = 17880 \text{ Нм} \quad (2.73)$$

$$M_{прив.C} = \sqrt{M_{cu}^2 + \left(\frac{M_K}{2}\right)^2} = \sqrt{9080^2 + \left(\frac{298}{2}\right)^2} = 9081 \text{ Нм} \quad (2.74)$$

$$M_{прив.D} = \sqrt{M_{du}^2 + \left(\frac{M_K}{2}\right)^2} = \sqrt{48^2 + \left(\frac{298}{2}\right)^2} = 156 \text{ Нм} \quad (2.75)$$

$$M_{прив.B} = \sqrt{M_{bu}^2 + \left(\frac{M_K}{2}\right)^2} = \sqrt{17680^2 + \left(\frac{298}{2}\right)^2} = 17681 \text{ Нм} \quad (2.76)$$

Епюра згинальних моментів до розрахунку валу вібратора наведена на рис. 2.7.

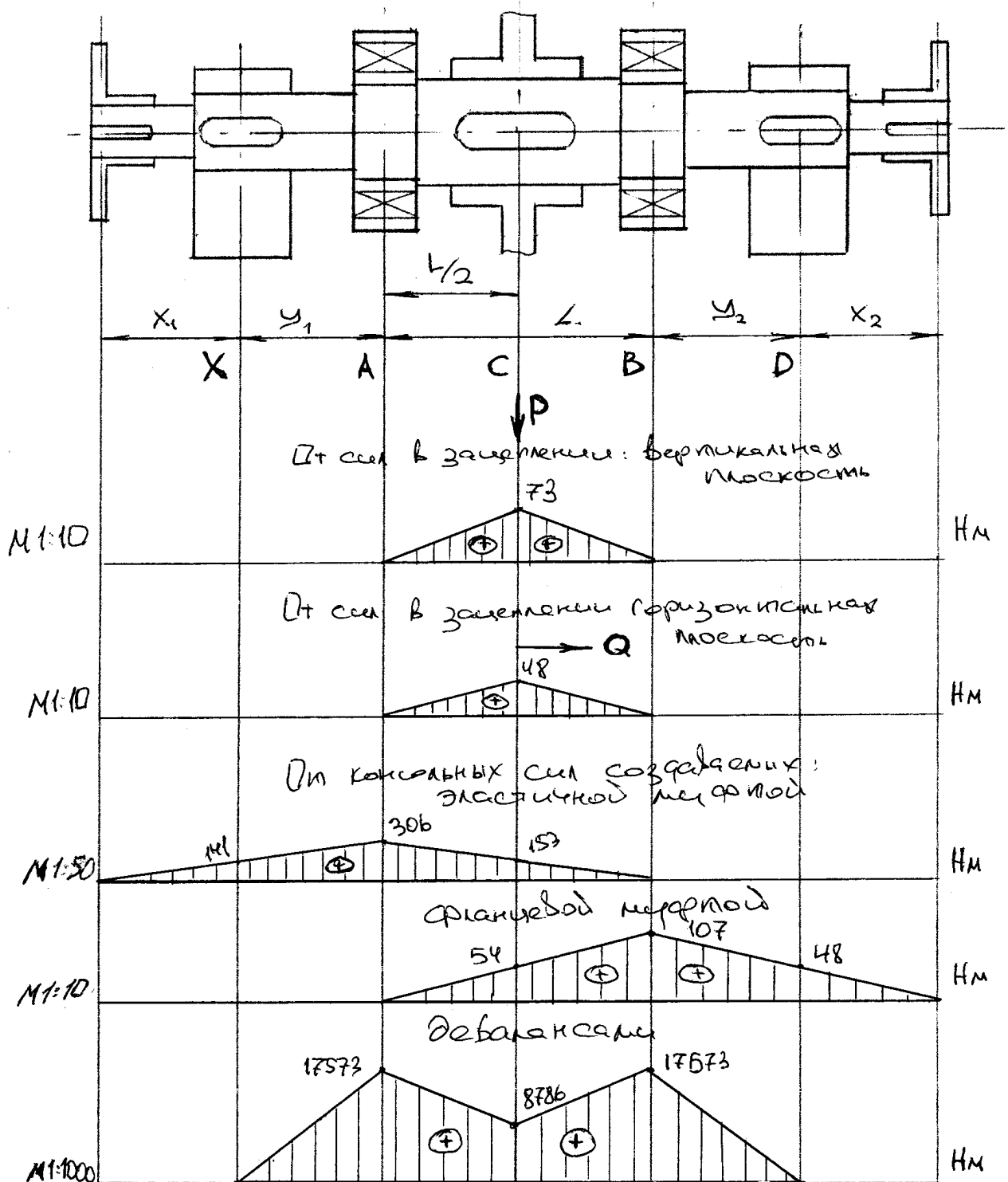


Рис. 2.7 Епюра згинальних моментів валу вібратора

(розроблено автором)

Перевірочний розрахунок шпоночних пазів [18]

Призматичні шпонки встановлюються відносно ГОСТ 23360-78, матеріал шпонок – сталь 45, торці округлені. Розміри шпонок наведено в таблиці. 2.1.

Таблиця 2.1

Розмір шпоночних з'єднань

№	З'єднання	d, мм	b×h×L, мм	Виконання	k	C
1	Еластична муфта на валу вібратора	70	20x12x70	I	7,4	0,6
2	Дебаланс на валу вібратора	120	32x18x100	I	11,2	1,0
3	Зубчате колесо на валу вібратора	145	40x22x120	I	13,4	1,0
4	Фланцева муфта на валу вібратора	110	32x18x70	I	11,2	1,0

Розроблено автором

Розрахункове навантаження на шпонку №1 визначаємо як колове зусилля, віднесене до діаметру вала

$$P_1 = \frac{M_1}{0,5 \cdot d_1} = \frac{298}{0,5 \cdot 0,07} = 8514 \text{ Н} \quad (2.77)$$

Напруження зминання між шпонкою №1 та пазом маточини

$$G_{см1} = \frac{P_1}{(l_1 - b) \cdot (k_1 - c_1)} = \frac{8514}{(70 - 20) \cdot (7,4 - 0,6) \cdot 10^{-3}} = 0,15 \text{ МПа} \quad (2.78)$$

Розрахункове навантаження на шпонку №2 визначаємо як колове зусилля, віднесене до діаметру вала

$$P_2 = \frac{M_1}{0,5 \cdot d_2} = \frac{298}{0,5 \cdot 0,12} = 4967 \text{ Н} \quad (2.79)$$

Напруження зминання між шпонкою №2 та пазом маточини

$$G_{см2} = \frac{P_2}{(l_2 - b_2) \cdot (k_2 - c_2)} = \frac{4967}{(100 - 32) \cdot (11,2 - 1) \cdot 10^{-3}} = 0,007 \text{ МПа} \quad (2.80)$$

Розрахункове навантаження на шпонку №3 визначаємо як колове зусилля, віднесене до діаметру вала

$$P_3 = \frac{M_1}{0,5 \cdot d_3} = \frac{298}{0,5 \cdot 0,145} = 4110 \text{ Н} \quad (2.81)$$

Напруження зминання між шпонкою №3 та пазом маточини

$$G_{см3} = \frac{P_3}{(l_3 - b_3) \cdot (k_3 - c_3)} = \frac{4110}{(120 - 40) \cdot (13,4 - 1) \cdot 10^{-3}} = 0,004 \text{ МПа} \quad (2.82)$$

Розрахункове навантаження на шпонку №4 визначаємо як колове зусилля, віднесене до діаметру вала

$$P_4 = \frac{M_1}{0,5 \cdot d_4} = \frac{298}{0,5 \cdot 0,11} = 5960 \text{ Н} \quad (2.83)$$

Напруження зминання між шпонкою №4 та пазом маточини

$$G_{см4} = \frac{P_4}{(l_4 - b_4) \cdot (k_4 - c_4)} = \frac{5960}{(100 - 32) \cdot (11,2 - 1) \cdot 10^{-3}} = 0,008 \text{ МПа} \quad (2.84)$$

Отримані значення значно менше допустимого напруження $[G]=60$ МПа. Міцність шпоночних з'єднань забезпечено.

2.4 Монтаж, ремонт, змашчення

2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту

Фундамент грохота виконано із залізобетонної рамної конструкції. Основу становить жорстка багатослойна рама, стійки якої встановлені в гнізда опорної плити та жорстко з нею з'єднані. На кожному фундаменті повинні бути нанесені основні робочі осі — поздовжня та поперечна, а також одна висотна відмітка. Грохот гарячого агломерату розміщено на відмітці 6550 (див. рис. 2.8). Для фіксації осей застосовують закладні деталі — плашки. Плашка являє собою відрізок сортового прокату довжиною 120...150 мм, шириною не менше 80 мм, приварений до стрижня арматури поблизу грані фундаменту так, щоб верхня площа плашки збігалася з поверхнею фундаменту й не перекривалася основою змонтованого грохота. Вісь позначають нанесенням керна з глибиною лунки не більше 2 мм та допустимим відхиленням у плані ± 1 мм. Навколо осьового керна наносять рівносторонній трикутник зі стороною 75 мм і зафарбовують його білою або червоною фарбою.

Для закріплення висотної відмітки на фундаменті встановлюють один репер, який зазвичай виготовляють із заклепки або болта з напівкруглою головкою без паза діаметром понад 20 мм і довжиною 100–150 мм, привареного до арматури. Точність встановлення репера по висоті становить $\pm 0,5$ мм. [19]

Грохот гарячого агломерату встановлюється на катках, які спираються на рейку Р43. Рейка кріпиться до двотавра, привареного до арматури залізобетонного блока та залитого бетоном, за допомогою накладок із болтами М24×60.

Приймання готового фундаменту полягає у перевірці його фактичних розмірів, висотних відміток і розташування закладних деталей.

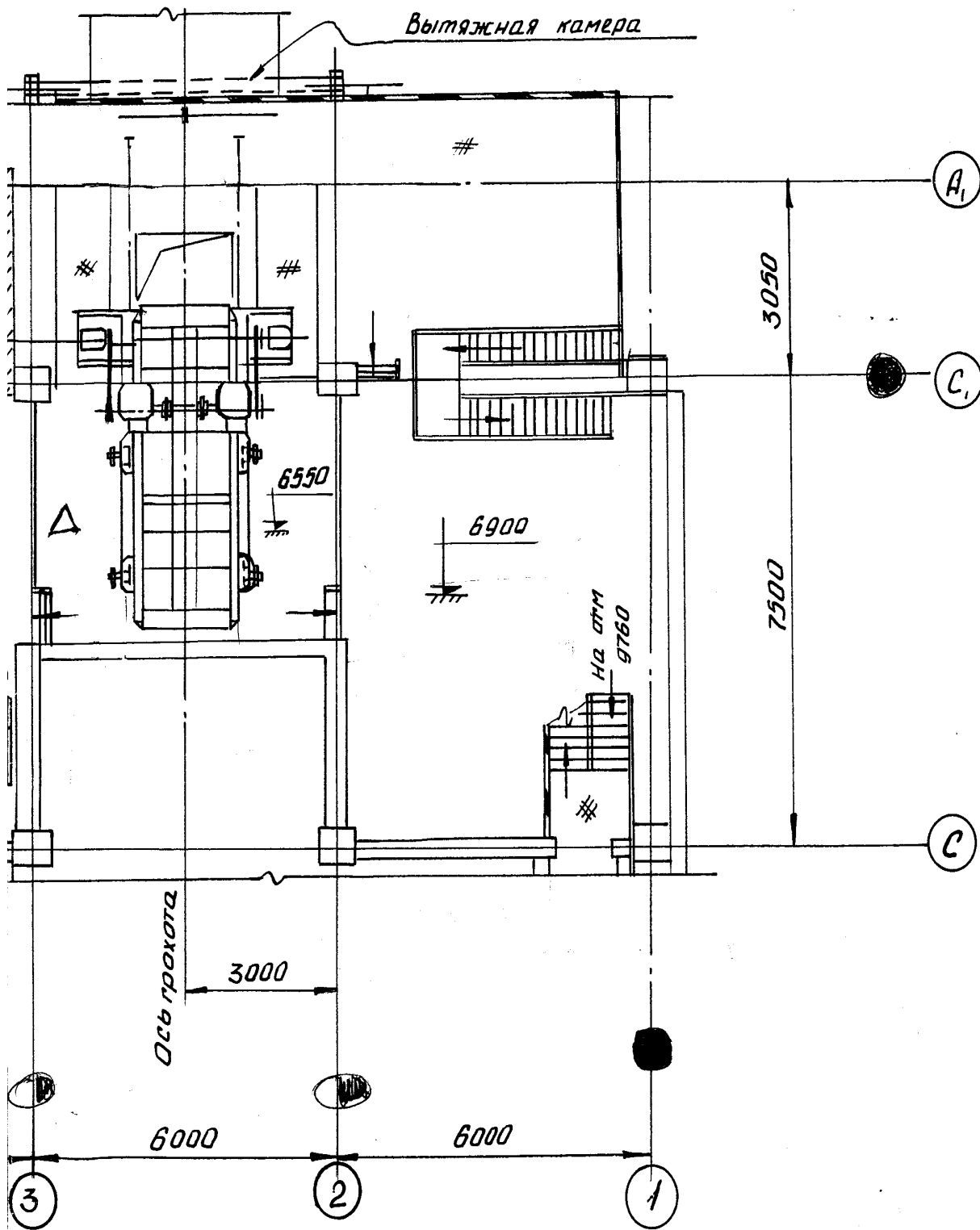


Рис. 2.8 Геодезичне обґрунтування монтажу горячого грохоту агломерату
(розроблено автором)

2.4.2 Технологічна карта монтажу

У сучасних умовах монтаж механічного обладнання агломераційних цехів включає в себе цілий комплекс різних робіт, що виконуються за спеціально розробленим проектом і графіком та забезпечуються високою організацією трудомістких операцій. До комплексу монтажу входять підготовчі та монтажні роботи. [20]

До підготовчих робіт належать:

- отримання від замовника вихідної технічної документації та кошторисів на виконання монтажних робіт;
- вибір способів монтажу і розробка проекту виконання монтажних робіт;
- будівництво тимчасових під'їзних шляхів, комунікацій і споруд, передбачених проектом виконання робіт;
- приймання геодезичної основи та фундаментів під монтаж;
- ревізія обладнання після закінчення строку зберігання та укрупнене складання;
- монтаж вантажопідіймального обладнання, передбаченого проектом.

До монтажних робіт належать:

- укрупнене складання обладнання;
- установлення базових вузлів, їх вивіряння, кріплення і підливка;
- монтаж вузлів і деталей механізмів;
- вивіряння змонтованих машин та агрегатів;
- випробування і здавання обладнання в експлуатацію.

Механічне обладнання аглоцеху складається переважно з великогабаритних важких механізмів, скомпонованих у агрегати або безперервні лінії. Виконання монтажу такого значного за обсягом і масою обладнання потребує великих витрат часу, скорочення яких є актуальною задачею. Тому основним завданням є вибір такої організації і способу

монтажу, які забезпечують мінімальні витрати праці й часу при високій якості виконання робіт.

Технологічна карта є ремонтно-технологічним документом, що визначає організацію і технологію проведення робіт з ремонту обладнання та розробку заходів щодо забезпечення вимог охорони праці і пожежної безпеки під час виконання ремонтних робіт.

Технологічна карта [21] повинна вирішувати такі завдання: застосування технологічних процесів, що забезпечують необхідний рівень якості ремонтних робіт; забезпечення належної організації ремонтних робіт і виконання ремонту в установлені строки; упровадження комплексної механізації ремонтних робіт з максимальним використанням машин і механізмів, а також засобів малої механізації; складання та монтаж конструкцій і обладнання укрупненими блоками; розроблення організаційно-технічних заходів, що забезпечують безпечне виконання ремонтних робіт.

Монтаж грохота гарячого агломерату здійснюється у такій послідовності. Спочатку проводиться ревізія, контрольне і укрупнене складання грохота з приводом із використанням ручних вантажопідіймальних механізмів і кран-балки вантажопідіймальністю 16 т. Відомість необхідних для монтажу матеріалів і напівфабрикатів, а також перелік монтажного обладнання і пристосувань наведені в таблицях 2.2 і 2.3. Потім здійснюється стропування, підйом (за допомогою кран-балки вантажопідіймальністю 16 т) та встановлення грохота на рельси, схеми стропування наведені на рисунках 2.9 і 2.10. Далі виконується центрування грохота відносно осі дробарки гарячого агломерату ДЩГ і фіксація його стопорними клинами.

Під час складання типових вузлів (вібратори, муфти, металоконструкції корпусу) керуються правилами складання і монтажу металургійного обладнання. При встановленні грохота гарячого агломерату відносно осі дробарки ДЩГ зміщення не повинно перевищувати ± 5 мм.

При налагодженні грохота амплітуда бокових вібраційних переміщень короба в усталеному режимі роботи не повинна перевищувати 1 мм. Перевірка амплітуди проводиться за траєкторією точки діаметром 0,5–1 мм, нанесеної крейдою на торці короба, яка під час роботи грохота повинна описувати вертикальну лінію або лінію з малою віссю до 2 мм. За необхідності амплітуду регулюють поворотом додаткових дебалансів. Поворотні дебаланси слід розгортати лише в один бік і на однаковий кут.

Таблиця 2.2

Відомість необхідних для монтажу матеріалів та полуфабрикатів

№	Найменування	Од. виміру.	Кількість
1	Керосин технічний	л.	1.2
2	Электрод Э42	кг.	2.3
3	Метал S=16 мм	кг.	46.8

Розроблено з використанням [21]

Таблиця 2.3

Перелік монтажного обладнання та пристроїв

№	Найменування	Кількість
1	Ключі рожкові (різн.)	
2	Кувалда	1
3	Молоток	1
4	Лом	2
5	Троси парні Ø 12 мм	2
6	Трос Ø 24 мм	1
7	Таль Q 0.5 т	1

Розроблено з використанням [21]

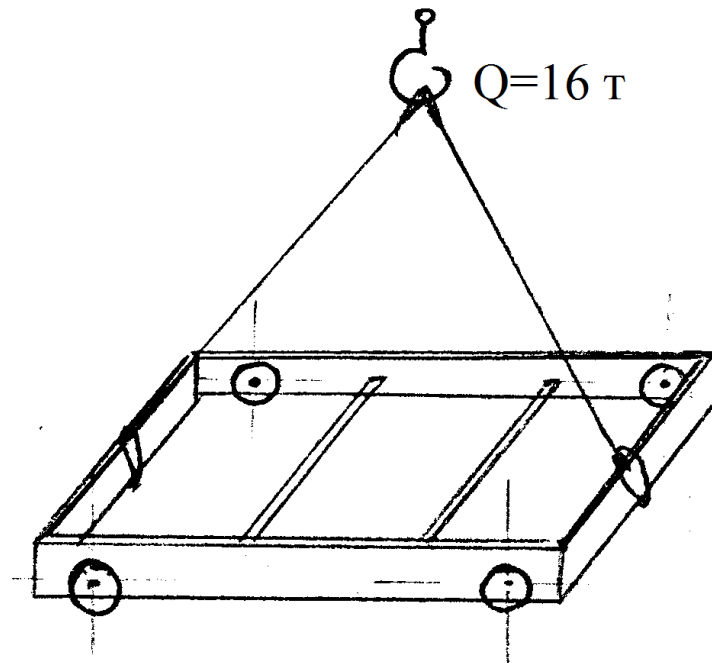


Рис. 2.9 Схема стропування рами грохота ГСТ-61В

Строп діаметром - 12 мм, парний, L=3 м

(розроблено автором)

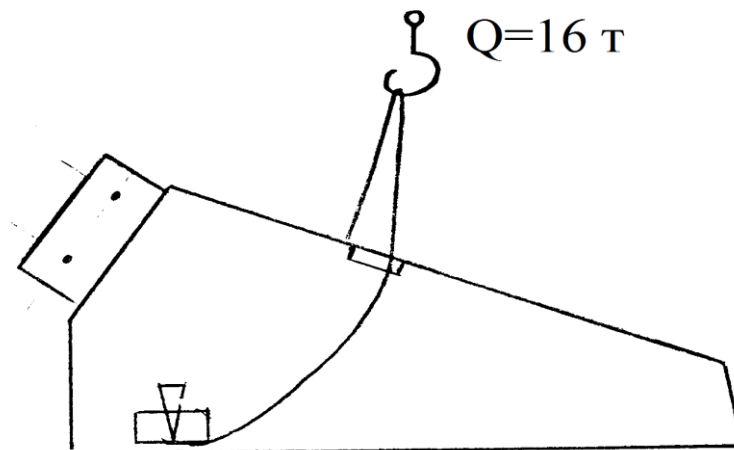


Рис. 2.10 Схема стропування короба

Строп діаметром - 24 мм, парний, L=6 м

(розроблено автором)

2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення

Найбільш часто зношуваними деталями грохота гарячого агломерату ГСТ-61В є вхідні та вихідні плити, просіювальні поверхні та бортовини короба.

Характер зношування — абразивний і виникає внаслідок дії абразивного матеріалу (агломерату) на поверхню цих деталей.

Зношені ділянки наплавляють наплавочними електродами ОЗЛ-1 за допомогою ручного електродугового зварювання. Якщо наплавлення є недоцільним, деталь підлягає заміні.

2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів

Планування ремонтів обладнання зводиться до визначення обсягу ремонтних робіт, а також їх тривалості. Планування ремонтів розробляється у вигляді графіків, які складаються на рік, квартал або місяць (для агрегатів, що беруть участь в основному виробничому циклі, одним із яких є агломашина, — це графік №1).

Усі графіки ремонтів обладнання складаються управлінням головного механіка підприємства на підставі заявок виробничих цехів на проведення ремонтів, підписаних начальником цеху та його помічником з обладнання.

Заявки на проведення ремонтів обладнання виробничі цехи складають на основі:

- нормативів періодичності та тривалості поточних і капітальних ремонтів обладнання [22];
- актів технічного обстеження об'єктів, що підлягають капітальному ремонту;
- даних про виробничі показники за останній період роботи обладнання;

- відомостей про терміни служби основних елементів обладнання, накопичених у процесі його експлуатації;
- інформації про роботу аналогічного обладнання на інших підприємствах.

Для науково обґрунтованого планування ремонтних робіт необхідно мати нормативні дані про періодичність, тривалість і трудомісткість ремонтів кожного об'єкта, а також відомості про стан обладнання, накопичені в процесі експлуатації.

Стан обладнання та обсяг майбутніх робіт визначаються в результаті регулярних оглядів і дрібних ремонтів, результати яких заносяться в агрегатні журнали. Характер і обсяги ремонтних робіт встановлюються на підставі відомостей дефектів, складених за записами в агрегатних журналах. Обсяги робіт при капітальних ремонтах, крім того, визначаються на основі акта комісії про технічний стан обладнання. [23]

Річний графік ремонтів агломашини (до складу якої входить грохот гарячого агломерату) наведений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Річний графік ремонтів агломашини

Назва обладнання	Поточний T1 сут./год.	Поточний T2 сут./год.	Капітальний рік/год.
Агломераційна машина з комплексом обладнання	60/16	120/40	3/240

Розроблено з використанням [23]

2.4.5 Змащення

Основне призначення змащення полягає у зменшенні витрат енергії на подолання сил тертя, зниженні зношування тертьових поверхонь та подовженні міжремонтних періодів роботи обладнання. У сучасних

агломераційних цехах змащення до всіх точок механізмів подається централізовано від маслостанції. Подача мастила в магістраль здійснюється насосом однієї станції, а на випадок ремонту чи ревізії передбачена резервна станція. [24]

У розрахунковому проекті передбачено подачу густого мастила до підшипників вібраторів від системи централізованого змащення. Для змащення зубчастого зачеплення вібраторів використовується картерна система змащення.

Оскільки, в вібраторах використовуються підшипники кочення, то сорт мастила для підшипників вибираємо по параметру $d_{cp}n$

$$d_{cp} \cdot n = \frac{D + d}{2} \cdot n = \frac{300 + 140}{2} \cdot 705 = 155100 \text{ мм} \cdot \text{об/хв} \quad (2.85)$$

де d_{cp} – середній діаметр підшипників кочення;

D – зовнішній діаметр підшипників, $D = 300$ мм;

d - внутрішній діаметр підшипників, $d = 140$ мм;

n – частота обертання вала вібратора, $n = 705$ об/хв.

Оскільки $d_{cp}n < 300000$, для змащення підшипників застосовується густа консистентна змазка, що подається централізовано від маслостанції. Температура нагріву вузлів не нижче $+15$ °С і може досягати $+150$ °С у літній період, а взимку не опускається нижче $+20$ °С. Отже, для змащення вузлів обираємо консистентну змазку УНІАЛ-1. Ця змазка є термостійкою, загального призначення, працює при температурі до $+200$ °С і ефективна для стаціонарних вузлів тертя.

У приводі також є інші вузли тертя - це циліндрична зубчаста передача. Для її змащення використовується картерна система з індустріальним маслом І-50А. Періодичність його заміни - один раз на три місяці, доливка

здійснюється один раз на десять днів (згідно з ПТЕ механічного обладнання агломераційних цехів).

Карта змащення грохоту гарячого агломерату наведена в табл. 2.5.

Схема змащення грохоту зображена на рис. 2.11.

Таблиця 2.5

Карта змащення грохоту гарячого агломерату ГСТ-62В

№	Найменування	Тип мастила	Спосіб нанесення	Періодичність подачі
1	Підшипники електродвигуна	1-13 жирова	Закладна	1 раз в 3 місяці
2	Підшипники вібратора	УНІАЛ-1	Централізована	1 раз в 2 години
3	Зубчасте зачеплення вібратора	І-50А	Картерна	1 раз в 3 місяці

Розроблено автором

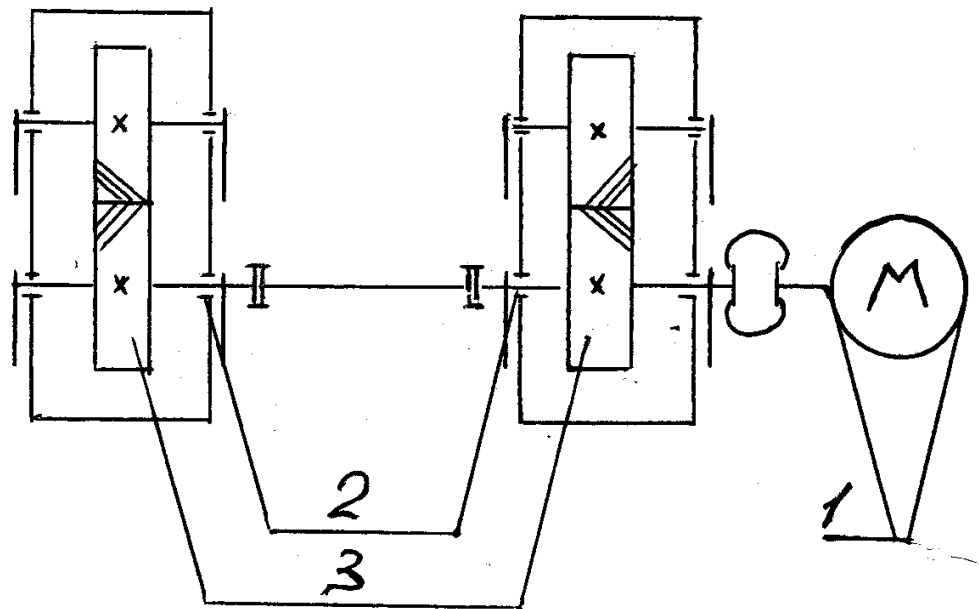


Рис. 2.11 Схема змащення грохоту гарячого агломерату ГСТ-61В

(розроблено автором)

2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень

Чорна металургія в країні є базовою галуззю народного господарства. Одним із головних напрямів її розвитку, що дозволяє у найкоротші терміни та з мінімальними витратами збільшити обсяги продукції, є вдосконалення технології виробництва на основі найновіших наукових досліджень і технічне переоснащення підприємств сучасною технікою.

Вихідні дані:

Маса обладнання, що демонтується $m_{\partial o}$, т	2,151
Маса грохота повна, т	19,6
Маса коливальних частин, т	10,92
Маса привода, m_{no} , т	2,075
Вартість 1 т металу $C_{мл}$, грн	84
Вартість однієї тони виготовленого обладнання $C_{\partial o}$, грн.	6000

Вартість обладнання, що демонтується [25]

$$C_{\partial o} = m_{\partial o} \cdot C_{\partial o} = 2,151 \cdot 6000 = 12906 \text{ грн.} \quad (2.86)$$

Вартість обладнання, що демонтується по ціні металу

$$C_{мл} = m_{\partial o} \cdot C_{мл} = 2,151 \cdot 84 = 180,7 \text{ грн.} \quad (2.87)$$

Витрати на демонтаж старого обладнання

$$C_{ск}^{\partial} = m_{\partial o} \cdot C_{\partial} = 2,151 \cdot 185,48 = 398,9 \text{ грн.} \quad (2.88)$$

де C_{∂} - вартість демонтажу, $C_{\partial} = 185,48$ грн/т.

Затрати на монтаж нового обладнання

$$C_{нк}^M = m_{но} \cdot C_M = 2,075 \cdot 233,1 = 483,7 \text{ грн.} \quad (2.89)$$

де C_M - вартість монтажу, $C_M = 233,1$ грн./т

Амортизаційні відчислення від використання демонтованого обладнання

$$C_{до}^{co} = 0,15 \cdot C_{до} = 0,15 \cdot 12909 = 1936 \text{ грн.} \quad (2.90)$$

Витрати на поточний ремонт демонтованого обладнання

$$C_{тр}^{co} = 0,05 \cdot C_{до} = 0,05 \cdot 12909 = 645,3 \text{ грн.} \quad (2.91)$$

Амортизаційні відчислення від використання нового обладнання

$$C_{до}^{но} = 0,15 \cdot C_{но} = 0,15 \cdot 12450 = 1867,5 \text{ грн.} \quad (2.92)$$

Витрати на поточний ремонт нового обладнання

$$C_{тр}^{но} = 0,05 \cdot C_{но} = 0,05 \cdot 12450 = 622,5 \text{ грн.} \quad (2.93)$$

Капітальні витрати на реконструкцію

$$K = C_{но} + C_{нк}^M + C_{ск}^{\partial} - C_{мл} = 12450 + 483,7 + 398,9 - 180,7 = 13151,9 \text{ грн.} \quad (2.94)$$

Економія експлуатаційних витрат

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= (C_{\partial o}^{co} - C_{\partial o}^{no}) + (C_{mp}^{co} - C_{mp}^{no}) = \\ &= (1936 - 1867,5) + (645,3 + 622,5) = 91,3 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (2.95)$$

В приводі грохота гарячого агломерату ГСТ-61В встановлені два електродвигуна сумарною потужністю 30 кВт. В відповідності до циклограми роботи грохота гарячого агломерату витрата електроенергії за рік становитиме

$$P = t_{\text{сум}} \cdot t_2 \cdot n = 23 \cdot 350 \cdot 30 = 241500 \text{ кВт} \quad (2.96)$$

де $t_{\text{сум}}$ - кількість роботи привода на добу, $t_{\text{сум}} = 23$ год;

t_2 - число робочих днів в році, $t_2 = 350$ днів.

Витрата електроенергії при роботі модернізованого приводу

$$P_{\text{но}} = t_{\text{сум}} \cdot t_2 \cdot n_{\text{но}} = 23 \cdot 350 \cdot 22 = 177100 \text{ кВт} \quad (2.97)$$

де $n_{\text{но}}$ - потужність електродвигуна модернізованого привода,

$n_{\text{но}} = 22$ кВт.

Економія електроенергії складає

$$E_{\text{еэ}} = P - P_{\text{но}} = 241500 - 177100 = 64400 \text{ кВт} \quad (2.98)$$

В грошовому еквіваленті це

$$E_e = E_{e2} \cdot K_e = 64400 \cdot 0,2309 = 54096 \text{ грн.} \quad (2.99)$$

де K_e - тариф електроенергії для підприємств, $K_e = 0,2309$.

У відповідності з даними [25] модернізація приводів вібротранспортних машин дозволяє підвищити продуктивність на 1,5-2%. Зменшення собівартості 1 т агломерату в результаті підвищення продуктивності грохота гарячого агломерату на 2%.

$$14,56 - \frac{14,56}{1,02} = 0,28 \text{ грн./т.} \quad (2.100)$$

де 14,56 – умовна постійна витрата на 1 т агломерату, грн.;
1,02 – коефіцієнти приросту виробництва.

Тоді, повний економічний ефект дорівнює

$$E = (C_1 - C_2) \cdot A + E_{вирп} + E_e - 0,15 \cdot K = (515,306 - (151,306 - 0,28)) \cdot 185000 + 91,3 + 14870 - 0,15 \cdot 13151,9 = 64788,5 \text{ грн.} \quad (2.101)$$

де C_1, C_2 - собівартість продукції, при текучому та модернізованому обладнанні, $C_1 = 515,306$ грн/т, $C_2 = 0,28$ грн/т;

A – річний плановий обсяг виробництва агломерата, $A=185000$ т.

Розрахунок очікуваного економічного ефекту показав, що встановлення модернізованого привода грохота гарячого агломерату принесе значну річну економію фінансових коштів.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей агломераційного цеху

Кількість пилу в агломераційному цеху знаходиться в своїй більшості в зонах агломераційної машини, грохотів та дробарок. Гранулометричний і хімічний склад такого пилу залежить від властивостей шихтових матеріалів, що використовуються у виробництві. Дослідження пилу, що зібрано на ділянці грохотів гарячого агломерату, говорить, що він близький до складу самих шихтових компонентів агломерату. [26]

Також пил з зовнішнього повітря може потрапити до середини приміщення аглоцеху. Щоб запобігти цьому в приміщенні створюється невеликий надлишковий тиск близько $0,9 \text{ Н/м}^2$, за допомогою систем притоку повітря.

Пониженню кількості пилу, що витікає в атмосферу, допомагає зменшення в складі дрібних частинок у агломераті, ущільнення бункерів і тічок, та обмеження висоти падіння шихти та агломерату. (фракційний і хімічний склад пилу подано в таблицях 3.1)

Пил, що має в складі частинки кремнію, заліза та інші мінеральні компоненти, становить серйозну небезпеку для здоров'я робітників, та може призвести до ураження легневих тканин та призводить до кисневого голодування організму.

Джерелами шуму в агломераційному цеху можуть бути вібраційні та вентиляційні установки, мотор-генератори машинних залів, дробарки та інше технологічне обладнання.

Крім шуму, високий негативний вплив на організм працівника спричиняє вібрація, яка виникає під час руху потягу по бункерній естакаді, роботи вібраційних машин та дробарок.

Таблиця 3.1

Фракційний та хімічний склад пилу

Фракційний склад пилу	
500 мкм	1,2%
500-200 мкм	2,1%
200-90 мкм	40,5%
90-40 мкм	30,2%
40-10 мкм	3,9%
10 мкм	3,2%
Хімічний склад пилу	
Діоксид кремнію	8 – 12%
Вуглець	16 – 20%
Діоксид заліза	50 – 60%

Розроблено з використанням [26]

Тривала дія шуму і вібрацій може викликати порушення слуху, захворювання серця та судинної системи, варикозне розширення вен, а також функціональні розлади вегетативної нервової системи.

Електробезпека також важливий аспект охорони праці в агломераційному виробництві. В цеху встановлена велика кількість електродвигунів, розподільних щитів, пультів керування та іншого електрообладнання. Ураження струмом є особливо небезпечним, тому що воно не має зовнішніх попереджувальних ознак і часто призводить до тяжких наслідків.

Висока температура металоконструкцій, присутність вологи та струмопровідного пилу створюють умови підвищеної електробезпеки, тому всі приміщення, де є електричне обладнання, вважаються з підвищеною або особливою небезпекою. Для попередження нещасних випадків треба регулярно перевіряти справність електроустановок, використовувати тільки справні ізольовані кабелі та забезпечувати належну ізоляцію й огороження місць їх прокладання.

Гази, які використовують в агломераційному виробництві, легкогорючі, тому при змішуванні з повітрям у певних пропорціях можуть

утворювати вибухонебезпечні суміші. Вибухи та займання, як правило, виникають через порушення правил експлуатації, помилки працівників або технічній несправності обладнання.

Окрім вибухів, можливе раптове займання газу, що часто призводить до опіків робітників. Самозаймання можливе внаслідок несправності газопідводящої апаратури або недотримання узгодженості дій між персоналом, що обслуговують устаткування.

У виробничих цехах агломераційного переділу використовують як природне, так і штучне освітлення.

Рівень освітленості значною мірою визначається здатністю поверхонь відбивати світло, тобто коефіцієнтом відбиття стін, стелі, підлоги, обладнання та металоконструкцій. Цей показник залежить від кольору і ступеня забруднення поверхонь. Умови агломераційного виробництва характеризуються низькими значеннями коефіцієнта відбиття: металоконструкції — 9–12%, коксу — 8%, руди — 7–10%, забруднених стін — 12–16%, що погано впливає на рівень загального освітлення. [27]

Крім того, у приміщеннях цеху розміщене значне технологічне обладнання (агломашини, змішувачі, конвеєри, грохоти тощо), під час роботи якого виділяється значна кількість тепла — близько 130 ккал на 1 кВт потужності електродвигунів). Це додатково впливає на мікроклімат і створює підвищені теплові навантаження на робочі місця.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей агломераційного цеху

Проектом передбачено впровадження автоматизації та механізації технологічних процедур, а також систем автоматичного та дистанційного керування та контролю за процесом агломерації.

З врахуванням потенційних небезпек, що притаманні окремим ділянкам виробництва, забороняється працювати в загазованих місцях (наприклад, у

зоні запального горна агломераційної машини) без застосування ізолювальних апаратів і газозахисного екіпірування.

Зниження рівня шуму та вібрації для агломераційного цеху №1 забезпечується герметизацією повітропроводів і запірної арматури. Вібраційні навантаження на вібродвигунах зменшуються завдяки використанню пружин чи амортизаторів.

Для запобігання падіння працівників робочі площадки облаштовують перилами висотою 1,2 м, а простір між перилами та підлогою закривається суцільною металевою смугою.

Оскільки зовнішнє повітря може містити пил, допускається його потрапляння до побутових приміщень. Щоб уникнути цього, у будівлях підтримується надлишковий тиск у межах 0,9 - 1,1 Н/м², що утворюється системою механічного припливу повітря.

Якщо неможливо забезпечити нормативну чистоту повітря, застосовуються спеціальні технічні засоби та індивідуальні засоби захисту працівників.

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

Індивідуальні засоби захисту призначені для забезпечення безпеки робітників та зниження впливу шкідливих факторів виробничого процесу. Вони слугують для захисту органів дихання, зору, слуху, а також всього тіла. Робітники ділянки грохотів гарячого агломерату забезпечуються спеціальним одягом із бавовняної тканини, який захищає від високих температур і пилу.

Для запобігання потраплянню пилу в органи дихання використовуються респіратори типу «Пелюсток». У випадках підвищеної загазованості, яку визначають працівники газорятувальної служби, застосовуються промислові протигази марок РВЛ або Р-30. [28]

Захист органів слуху забезпечується за допомогою антифонів — внутрішніх або зовнішніх протишумових пристроїв. Зовнішні антифони мають вигляд шумозахисних навушників, що повністю закривають вуха.

Для убезпечення від можливого падіння дрібних предметів з висоти працівники користуються фібровими касками.

Очі під час спостереження за процесом спікання агломерату захищають спеціальними захисними окулярами, що запобігають потраплянню пилу та іскор.

Таблиця 3.2

Захисні засоби працівників агломераційного цеху

Професія	Назва захисного засобу	Матеріал
Слюсар з ремонту металургійного обладнання	Спец. Костюм	Х/б тканина
	Чоботи	Шкіра
	Рукавиці	Х/б тканина
	Каска	Фібра

Розроблено з використанням [28]

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Під час проектування агломераційного цеху були враховані усі виробничі, санітарно-гігієнічні та транспортні вимоги, а також передбачені заходи для усунення можливих небезпечних факторів, що можуть впливати на робочих підприємства. Територія, виділена під будівництво цеху, відповідає санітарним нормам: вона має добру природну вентиляцію, захищена від надмірного сонячного випромінювання, характеризується рівною поверхнею з невеликим ухилом, що дає можливість ефективно відводити дощові і стічні води.

Розміщення ділянки відповідає нормативам щодо гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі, а також забезпечує раціональну

організацію робочих процесів і зручність для робітників при добиранні на робочі місця. Агломераційний цех розташований з підвітряного боку від житлової зони відповідно до переважаючого північно-західного напрямку вітрів. Між промисловим об'єктом і житловою забудовою створено санітарно-захисну зону завширшки 1000 м, що відповідає вимогам санітарних норм підприємства ПАТ „Арселор Міттал Кривий Ріг”. [29]

Основні під'їзди та виїзди на територію спроектовані з найбільш зручного боку для транспортного і пішохідного доступу. Контрольно-пропускні пункти розташовані на відстані близько 1 км один від одного та приблизно 900 м від будівлі цеху. По периметру корпусу прокладено автомобільні дороги та тротуари. У літній період дорожнє покриття регулярно зволожується для зменшення запиленості, а взимку очищається від снігу та льоду. Територія цеху благоустроюється та озеленюється листяними деревами.

Належні санітарно-побутові умови сприяють зниженню рівня захворюваності серед персоналу. Відповідно до санітарних норм у цеху передбачено облаштування допоміжних і побутових приміщень — роздягалень, душових, умивальних, їдалень, кімнат відпочинку та приймання їжі, а також медпунктів. Оптимальне природне та штучне освітлення цих приміщень створює комфортне середовище для працівників.

В гардеробах встановлено подвійні шафи для зберігання чистого та робочого одягу. Працівники забезпечуються двома комплектами спецодягу: один використовується під час роботи, інший перебуває на чистці.

Побутові приміщення розміщені з підвітряного боку відносно території агломераційного цеху.

Агломераційний цех №1 [30] належить до II-б групи виробничих процесів, тобто до таких, яким притаманне виділенням променистого та конвекційного тепла.

Дані шкідливих чинників наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Шкідливі чинники аглоцеху №1

Назва	Норма	Фактично
Запиленість, г/м ³	4	95.4
Промисловий шум, дБ	80	93
Температура повітря, °С	16 – 27	32
Відносна вологість, %	46 – 60	32

Розроблено з використанням [30]

3.3 Пожежна профілактика

За показниками пожежної безпеки цех приписують до категорії Г-1, а за ступенем вогнестійкості відноситься до третьої групи.

Протипожежні заходи виконуються з урахуванням вимог Правил улаштування електроустановок. Проектом передбачено систему автоматичної пожежної сигналізації та встановлення теплових датчиків, які забезпечують автоматичне ввімкнення обладнання для гасіння пожежі. Панель управління пожежною сигналізацією встановлюють на центральному пульті керування агломашиною. У всіх небезпечних загазованих зонах встановлюють попереджувальні таблички та плакати. Для гасіння можливого займання встановлені водонапірні гідранти, вогнегасники та ящики з піском. Згідно з нормами, корпус агломераційного виробництва забезпечений 6 ящиками з піском і 3 пожежними щитами, обладнаними відрами, баграми, лопатами та сокирами. [31]

Стан первинних засобів пожежогасіння контролюється за допомогою спеціальних журналів: журналу перевірки первинних і стаціонарних засобів пожежогасіння та журналу обліку вогнегасників.

Перевірка протипожежного стану проводиться у 4 пункти: щомісяця — майстром дільниці та членами добровільної пожежної дружини; один раз на тиждень — комісією у складі начальника цеху, механіка та енергетика; один раз на місяць — комісією під керівництвом представників заводу та

пожежної охорони, яка проводить профілактичну роботу відповідно до плану пожежної частини; щорічно — пожежно-технічне обстеження об'єктів заводу виконується представниками вищих пожежних органів із подальшою видачою припису ВГСЧ.

ВИСНОВКИ

Огляд досліджень на вібротранспортні агрегати та різні конструктивні рішення показують, що на сьогодні ще не створено універсальної конструкції, яка б повністю відповідала сучасним технологічним і експлуатаційним вимогам. Існуючі вібротранспортні установки, що використовують на підприємстві, мають певні недоліки, які ускладнюють забезпечення стабільної роботи і виконання процесу виробництва агломерату.

В даній роботі передбачено механізацію та автоматизацію основних виробничих операцій, а також впровадження систем дистанційного керування процесами агломерації.

Запропонована в проєкті конструкція приводу грохота гарячого агломерату має низку важливих переваг. Використання жорсткого фазування валів вібраторів за допомогою циліндричного зубчастого зачеплення дозволяє зменшити динамічні навантаження, що виникають у процесі експлуатації через зміну положення дебалансів. Додаткові дебаланси забезпечують більш точне регулювання амплітуди коливань. Централізована система подачі густої мастила до підшипників вібраторів гарантує їхню надійну роботу. Використання одного електродвигуна зменшує експлуатаційні та ремонтні витрати, спрощуючи обслуговування обладнання.

Економічні розрахунки підтверджують доцільність упровадження даної конструкції — очікуваний річний економічний ефект становить 64 788,5 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог «Криворіжсталь» - 70 років - 70 кроків у майбутнє; 2004рік - 15с.
2. Офіційний сайт ПАТ «АМКР» <https://ukraine.arcelormittal.com/>
3. Сировинні матеріали та їх підготовка до металургійних процесів: підручник / С.А. Воденніков, С.О. Гаврилко, В.М. Очинський та ін., за редакцією професора Червоного І.Ф.; Запорізька державна інженерна академія. Запоріжжя: ЗДІА, 2013. – 408 с.
4. Технічне обслуговування металургійного обладнання / Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. — Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. — 288 с.
5. Історія гірництва: Підручник / Гайко Г. І., Білецький В. С. — Київ-Алчевськ: Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», видавництво «ЛАДО» ДонДТУ, 2013.— 542 с.
6. Удосконалення технологій і обладнання агломераційного виробництва / Учитель О.Д., Засельський В.Й., Пополов Д.В., Засельський І.В.: монографія. Кривий Ріг: Літерія, 2018. - 184 с.
7. Жак Р.М., Яценко С.Б. Удосконалювання конструкцій та обладнання домених печей за кордоном.- М.: 1988.-46 с.
8. а.с. 1565545/Вибрационный грохот, СССР, МПК В07В 1/40. № 4457193/25-03; заявл. 07.07.1988; опубл. 23.05.1990, Бюл. № 19, 3 с. <https://patents.su/3-1565545-vibracionnyjj-grokhhot.html?ysclid=ml2nptyunh222815638>
9. а.с. 1540870/Виброгрохот с деформируемой просеивающей поверхностью, СССР, МПК В07В 1/40. № 4338366/27-03; заявл. 07.12.1987; опубл. 07.02.1990, Бюл. № 5, 4 с. <https://patents.su/4-1540870-vibrogrokhhot-s-deformiruemojj-proseivayushhejj-poverkhnostyu.html?ysclid=ml2nqkobv7827282953>
10. а.с. 1643116/Вибрационный грохот, СССР, МПК В07В 1/40. № 4636526/03; заявл. 12.01.1989; опубл. 23.04.1991, Бюл. № 15, 4 с. <https://patents.su/4-1643116-vibracionnyjj-grokhhot.html?ysclid=ml2nruu5ux552519203>

11. Вібраційні машини та процеси у будівництві. Учбовий посібник для студентів будівельних та автомобільно-дорожніх вузів/ В.А. Бауман, И.И. Быховский; Видавництво «Высшая школа», 1977 – 255с.;
12. Розрахунок металургійних машин. Обладнання обжигових та агломераційних цехів: Керівництво для інженерів-конструкторів/ В.І. Большаков, О.Д. Учитель, В.Й. Засельский, Д.В. Пополов, С.О. Учитель, В.В. Коноваленко; Під ред. О.Д. Учителя. - Кривий Ріг: Діоніс (Видавництво ФЛ-П Чернявский Д.А.), 2012 – 338 с.;
13. А.М.Якушев Проектування сталеплавильних та домених цехів. М.: 1984 - 214 с.
14. Справочні таблиці по деталям машин, М., Машинобудування, 1966, 395с.
15. Біргер І. А. и др., Розрахунок на міцність деталей машин; Довідник/ І. А. Біргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. – 3-е вид., перероб. і доп. – М.: Машинобудування, 1979. – 702 с., іл.;
16. Кіркач М.Ф., Баласанян Р.Л. Розрахунок та проектування деталей машин: Учбовий довідник для техн. вузів.- 3-е вид., перероб. і доп.-Х.: Основа. 1991. - 276 с: іл.;
17. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов / Вайсберг Л.А. – М.: Недра, 1986. – 144с.;
18. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника в 3-х т. - 5-е вид., перероб. і доп. - М.: Машинобудування, 1979. Т.1. - 728 с: іл.; Т.2. - 559 с: іл.; Т.3. -557 с.: іл.
19. Фінкель А.Ф. Монтаж обладнання металургійних тв коксохімічних заводів: Учб. видавн.- 2-е вид., перероб. і доп.- М.: Вища школа, 1976.
20. Плахтін В.Д. «Надійність, ремонт та монтаж металургійних машин». М.Металургія. 1985 р. 415 стор.
21. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти./ Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. - Харків: НТМТ, 2020. 258 с.
22. В.П. Танай, М.І. Гармаш та ін.. Довідник практичного механіка, - Кривий

Ріг, 2001, - 328с.

23. Зінченко В.І., Мамаєв Л.М., Постольник Ю.С., Основи інженерної механіки: Навч. посібник. –Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004. – 444с.

24. Монтаж металургійного обладнання: Навчальний посіб. / Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. — К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. - 330 с.

25. Ремонт металургійного обладнання. Навчальний посібник./Желябіна Н.К., Жук А.Я., Малишев Г.П.Київ. Кондор. 2018.—234с.

26. Теорія і практика змащування металургійних машин. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.090218 – Механічне обладнання /Максименко О.П., Перемітько В.В., Самохвал В.М. – Дніпропетровськ: «Системні технології», 2006р. – 172 с.

27. Єсмаханов Ж.А., Мельнік С.С., Сьомін М.М., Настанова з охорони праці та промислової безпеки ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»/ Кривий Ріг, 2021. - 58с. <https://ukraine.arcelormittal.com/corporate-responsibility/health-and-safety>.

28. В.О. Шеремет, О.И. Каракаш, В.Ф. Марунчак та ін. Охорона праці на гірничо - металургійному підприємстві,: Навчальний посібник. - Ч.У: Ремонтно-механічний комплекс. - Дніпропетровськ: ПП «Ліра», 2004. - 332с.

29. В.П. Кириленко, О.І. Каракаш, С.І. Теслюк., Довідник з охорони праці та пожежної безпеки: навчальний посібник / Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2008 – 868 с.

30. І.В. Засельський, М.І. Шепеленко/ Методичний посібник про організацію та зміст кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого та другого рівнів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»/ ДУЕТ, Кривий Ріг, 2021, 30с.

31. Вимоги з оформлення письмових робіт/НМР ДУЕТ, Кривий Ріг, 2020, 53с. <https://www.duet.edu.ua/uploads/normbase/263/vimog.pdf>

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

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

Засвідчую, що кваліфікаційна робота магістра *«Механічне обладнання аглофабрики Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація вібраційного грохота ГСТ-61В»* 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

Зелов Є. О.

Зелов Є. О.

(ініціали, прізвище, власноруч)