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

Громов Владислав Вячеславович
(прізвище, ім`я, по батькові здобувача)

на тему

Розробка ударної зубчастої одновалкової дробарки для руйнування агломерату 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 _____ _____ Зєлова К. Є.
(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК
Протокол засідання кафедри
від 14 червня 2025 р. № 14

Завідувач кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор В. Й. Засельський
(наук. ступень, вчене звання) (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

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

Громов Владислав Вячеславович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра
Розробка ударної зубчастої одновалкової дробарки для руйнування агломерату агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра *Зєлова К. Є.*
(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 ударної зубчастої одновалкової дробарки, 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 креслення загального вигляду зубчастої одновалкової дробарки.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	*Зєлова К. Є., асистент*	*14.04.25*	*14.04.25*
Основна частина	*Зєлова К. Є., асистент*	*14.04.25*	*14.04.25*
Організація безпечного виробництва	*Зєлова К. Є., асистент*	*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) _____ *Громов В. В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *Зєлова К. Є.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ екз	Примітки
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Знов розроблена			
5						
6	А1	КРБ.133.25.10.00.000 ЗВ	Креслення загального вигляду	1		
7	А4	КРБ.133.25.10.ПЗ	Пояснювальна записка	45		
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розробив		Громов		04.06.25
Перевірив		Зелова		04.06.25
Н.контр.		Зелова		13.06.25
Затвердив		Засельський		14.06.25

133.25.10.КРБ

Дробарка одновалкова зубчаста

Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра

Літ.	Аркуш	Аркушів
Б		1

НТІ ДУЕТ
кафедра ІГМ
гр. ЗМО-22ск

Копіював

Формат А4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра 45 стор., 10 рис., 2 табл., 2 додатка, 10 джерел.

Об'єкт розробки - одновалкова зубчаста дробарка ударної дії.

Мета розробки - підвищення якості агломерату.

Метод досліджень - аналітичний - аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції дробарки.

Запропоновано підвищення якості агломерату шляхом руйнування агломерату процесом удару замість зрізу з використанням пружної енергії пружини.

Запропонована машина, яка, за рахунок руйнування агломерату процесом удару замість зрізу, скорочує енерговитрати і знижує долю небажаних крупних фракцій +200 мм і дрібних фракцій 0...5 мм в готовому агломераті.

ОДНОВАЛКОВА ЗУБЧАСТА ДРОБАРКА, ГАРЯЧИЙ АГЛОМЕРАТ, УДАР, ЯКІСТЬ, ЕНЕРГОВИТРАТИ, ЕНЕРГІЯ, ПРУЖИНА. УДАР.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА 8

1.1 Призначення та область застосування обраної для вдосконалення машини 8

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу 9

1.3 Опис конструкції машини-прототипу 10

1.4 Аналіз недоліків 13

1.5 Передбачувані причини недоліків 13

1.6 Постановка мети та задач 14

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА 15

2.1 Літературно-патентний огляд 15

2.2 Пропозиції по модернізації 27

2.3 Переваги пропонованої конструкції 30

2.4 Розрахунки по модернізації 31

2.4.1 Визначення продуктивності 31

2.4.2 Розрахунок потужності привода 31

3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА 37

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників 37

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників 41

ВИСНОВКИ 43

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 44

ДОДАТКИ 45

ВСТУП

Якість агломерату значною мірою визначається процесами його обробки після спікання. У гарячому стані спік проходить етапи дроблення, грохочення та охолодження.

Для дроблення гарячого агломерату зазвичай використовуються одновалкові зубчасті дробарки, однак їх конструкції характеризуються низкою недоліків, які вимагають удосконалення. Основним недоліком цих агрегатів є утворення значної кількості фракцій із некондиційними розмірами, що негативно впливає на техніко-економічну ефективність доменних печей. Зокрема, це призводить до зниження їх продуктивності та підвищення витрат коксу під час експлуатації.

Метою представленої роботи є розроблення одновалкової зубчастої дробарки ударної дії, здатної забезпечити високі технічні характеристики та підвищити ефективність процесу дроблення агломерату.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

Однією з ключових операцій технологічного процесу виробництва агломерату є його дроблення після сходження з візка спікальної машини [1].

Пористий агломераційний спік, що характеризується невисокою міцністю на момент сходження, розпадається на великі фрагменти, що сягають розмірів до півметра. Однак такі значні за розміром шматки у доменних печах нагріваються досить повільно і демонструють низький рівень відновлюваності, що негативно позначається на економічних показниках доменної плавки. Звідси випливає необхідність виконання дроблення агломераційного спеку на частки розміром не більше 60–80 мм. Окрім цього, дроблення агломерату, який вивантажується з агломераційних машин, відіграє важливу роль в оптимізації процесу охолодження та забезпеченні рівномірної крупності матеріалу.

При цьому дробарка виконує не лише функцію подрібнення, а й слугує живильником для грохота гарячого агломерату, який встановлений одразу за нею. Вона також виконує захисну функцію, запобігаючи ударному ушкодженню грохота важкими фрагментами.

Для процесу дроблення агломераційного спеку використовуються спеціалізовані дробарки, зокрема щічні, роторні та зубчасті одновалкові установки.

Найбільшого поширення для обробки агломерату, що сходить з агломашини, набули зубчасті одновалкові дробарки [2].

Варто зазначити, що в агломераційному цеху №1 департаменту агломерації ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" не передбачено процедурі подрібнення гарячого агломерату, який сходить з агломашини. Як прототип у

даному випадку розглядається зубчаста одновалкова дробарка марки ДО-1,3×3,2, призначена для виконання такої функції.

Зубчасті одновалкові дробарки знаходять застосування і на деяких фабриках огрудкування, де їх використовують для руйнування спечених окатишів.

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

Технічну характеристику зубчастої дробарки ДО-1,3×3,2 наведено у таблиці 1.1 [3].

Таблиця 1.1.

Технічна характеристика дробарки ДО-1,3×3,2

Технічна характеристика	Одиниця виміру	Значення
Продуктивність за початковим матеріалом	т/год (не менше)	450
Діаметр зірочок ротору	мм	1300
Робоча довжина ротору	мм	3150
Частота обертання ротору	об/хв	6
Розмір шматка агломерату, що надходить - висота - довжина - ширина	мм	 600 1000 3000
Температура агломерату, що надходить	°С	850
Розмір шматка, що виходить	мм	150
Потужність	кВт	90
Габаритні розміри - довжина - ширина - висота	мм	 8100 2500 1850
Маса	т (без електрообладнання)	60,2

Джерело: розроблено із використанням [3]

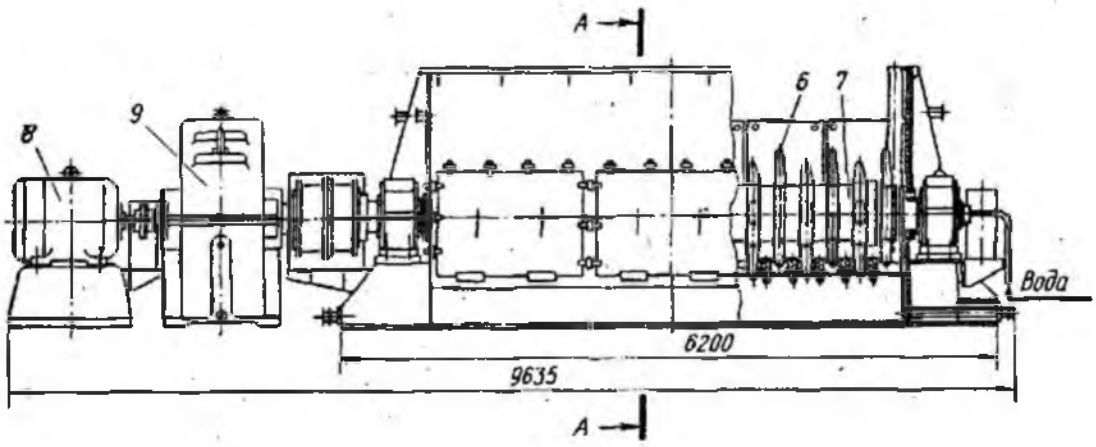
1.3 Опис конструкції машини-прототипу

Дробарка ДО-1,3×3,2 (рис. 1.1) являє собою технічний пристрій, що складається з таких основних компонентів: станини 1 з колосниковими гратами 2, приймальної плити 3, ротора 4 та приводу для обертання ротора. Основу конструкції становить станина, виготовлена у вигляді зварної металоконструкції. Колосникові грати сформовані з окремих металевих елементів (колосників), які закріплюються в станині за допомогою клинів, при цьому матеріалом колосників служить сталь марки 70ХЛ. Приймальна плита виконує функцію прийому агломерату безпосередньо зі шнекових візків агломераційної машини. Для зменшення зношування всі контактні поверхні дробарки, включаючи приймальну плиту, захищено футеровкою із бронеплит. Зазначені бронеплити виготовлені з різних марок сталі: основні поверхні зі сталі 70ХЛ, а бічні — зі сталі Ст3. Геометричне положення приймальної плити можна регулювати відносно зубців зірочок відповідно до рівня зношення зубів і бронеплит. Колосникові грати мають механізм притиску нижньої частини до регульованого упору за допомогою пружини. Це дозволяє змінювати зазор між зубами ротора та грати, забезпечуючи оптимальну роботу пристрою, а також захист конструкції від пошкоджень у разі потрапляння недробленого матеріалу [3].

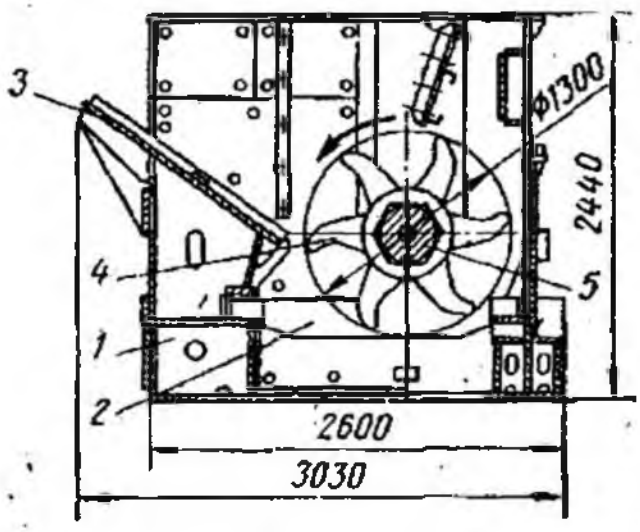
Ротор є одним із ключових елементів дробарки та складається з валу 5, на який встановлені зірочки 6 (з чотирма або шістьма зубцями) та розпірні кільця 7. Вал ротора спирається на підшипники кочення та потребує охолодження через контакт із розпеченим агломератом. Охолодження здійснюється циркуляцією води всередині порожнистого валу. У деяких випадках над колосниковими гратами встановлюють довгозубчасті валки, що забезпечують додаткове розділення агломерату шляхом проходження зубців валка через зазори в колосниках.

Система приводу дробарки складається з електродвигуна 8 і редуктора 9, які з'єднані еластичною муфтою. Ротор з'єднується з вихідним валом редуктора за допомогою зубчастої муфти [3].

У сучасній експлуатаційній практиці широко використовуються компактні планетарні редуктори, які відрізняються високою ефективністю та довговічністю, що підвищує надійність і зручність експлуатації.



а



б

Рис. 1.1. Дробарка ДО-1,3×3,2

а - вид збоку; *б* - розріз *А-А*;

1 - корпус; 2 - колосникові грати; 3 - зносостійка плита;

4 - зубчаста зірочка ротора; 5 - вал ротора

Джерело: розроблено із використанням [3]

Для підшипників ротора в системі передбачено застосування густої централізованої мастильної системи, тоді як редуктор отримує рідке мастило методом картерної змазки.

Процес дроблення агломераційного «пирога» відбувається під час його переміщення з приймальної плити у зону між ротором і колосниковими ґратами. Роздроблення матеріалу досягається шляхом притискування його зубами обертового ротора до щілин між елементами колосників [4].

У дробарках, виготовлених заводом-виробником, розмір щілини між колосниками становить 220 мм. Унаслідок цього після дроблення частка агломерату з розміром фрагментів понад 200 мм досягає 16%. Максимальна температура таких фрагментів після охолодження сягає приблизно 500°С, що є неприйнятним для конвеєрного транспортування агломерату до доменної ділянки.

З метою зменшення крупності фрагментів на агломераційному комбінаті ЗСМЗ було здійснено реконструкцію дробарки для гарячого агломерату. Зокрема, робочі поверхні приймальної плити та колосникових ґрат були вирівняні в єдину площину, нахилену під кутом 35° відносно горизонту. Це сприяло рівномірному переміщенню матеріалу до зубів ротора. Крім того, кількість зірочок було збільшено з 14 до 19, що дозволило скоротити розмір щілини між колосниками до 120 мм.

Було модифіковано конструкцію колосників та способи їх кріплення, що дало змогу, у разі зношування, повертати колосники для подальшого використання. Унаслідок цього вдалося подвоїти їхній експлуатаційний ресурс. Після здійснення реконструкції дробарки було досягнуто значного покращення якості подрібнення агломерату: кількість фрагментів розміром до 200 мм скоротилася до 2%, а частки понад 200 мм повністю зникли. Завдяки цим заходам максимальну температуру найбільших фрагментів охолодженого агломерату вдалося знизити до 400°С, тоді як середня температура не перевищувала 150°С [4].

Для зірочок була розроблена складена конструкція, де зуби виготовляються методом лиття зі сталі марки 80М14×16Т. Зуби фіксуються у спеціальній формі для маточини, яку далі заливають сталлю марки 25.

Через значну схильність до зношування саме зуби зірочок підлягають заміні в процесі експлуатації, і часто використовуються змінні елементи. Впровадження таких конструкцій зубів, які мають вдосконалений профіль, дозволяє зменшити фракцію дробленого агломерату розміром менше 100 мм і скоротити утворення дрібнозернистого матеріалу. Традиційно зуби виготовляють із сталі марки 70ХЛ, після чого вони проходять термічну обробку до твердості 350 НВ. Для підвищення зносостійкості робочу поверхню зубів у деяких випадках додатково покривають шляхом наплавлення [4].

1.4 Аналіз недоліків

Одним із суттєвих недоліків експлуатації одновалкових зубчастих дробарок є невідповідна якість кінцевого агломерату, що проявляється у наявності великих уламків, досягаючих 25% з розмірами понад 200 мм, значною чисельністю дрібної фракції від 0 до 5 мм, а також підвищеністю енергетичних витрат під час процесу дроблення.

Зменшення проміжків між колосниками необґрунтовано знижує зносостійкість робочих елементів дробарки, що збільшує тривалість простоя агломераційного цеху №1 через необхідність частих ремонтів.

1.5 Передбачувані причини недоліків

Наявність уламків крупністю понад 200 мм є наслідком руйнування агломераційного «пирога» шляхом роздавлювання і зрізу, котрі виникають через недостатню енергію удару зірочок.

Ця недостатня енергія пояснюється низькою швидкістю взаємодії зірочок з агломератом при їхньому зіткненні. Руйнування відбувається

шляхом енергоємного зрізу, що призводить до значних енергетичних витрат на дроблення.

1.6 Постановка мети та задач

Метою даного дослідження є покращення якості агломерату та зниження енерговитрат, пов'язаних із процесом його подрібнення, шляхом заміни механізму руйнування спіка з зрізу на удар.

У відповідності до визначеної мети передбачається вирішення таких задач:

По-перше, провести всебічний літературно-патентний аналіз щодо впровадження нових конструкцій зубчастих одновалкових дробарок, які забезпечують ефективне руйнування спіка через удар. По-друге, розробити рекомендації щодо конструювання запропонованої моделі дробарки, орієнтуючись на її ударні функції. Крім того, потрібно здійснити детальні розрахунки для визначення оптимальних параметрів дробарки, які сприяють зниженню енерговитрат. Найбільш суттєвим етапом є виконання точних креслень дробарки, що дозволятиме практичне впровадження запропонованої конструкції у виробництво.

З огляду на поставлені завдання, всі ці аспекти є критично важливими для досягнення цілей дослідження.

РОЗДІЛ 2
ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно-патентний огляд

Відомий одновалковий зубчастий дробарка для обробки гарячого агломерату [5] призначений для підвищення ефективності та надійності дроблення матеріалу. Ця мета досягається шляхом удосконалення конструкції дробарки, яка включає в себе корпус з завантажувальним пристроєм, валок із зубами та колосники, оформлені як набір втулок і зубчасті елементи з щонайменше чотирма зубами, розміщеними по радіальному перетину. Завантажувальний пристрій розроблено у формі плити з футеруванням у вигляді колосників. Дробарка (рис. 2.1) складається з корпусу 1, валка 2 із зубами та колосників, які представлені нерухомим валом 3 з набраними втулками 4 і зубчастими елементами 5. Завантажувальна плита 6 обладнана футеруванням у формі колосників 7 і 8. Вал 3 має квадратний перетин і його кінці закріплені нерухомо в корпусі 9 за допомогою кришки 10 та кріпильного елемента 11. Верхня частина приймальної плити 6, виконуючи функцію зрізаючого ножа, має пази, в які вставлені та приварені Т-подібні листи 13. Між ними встановлюються елементи футерування колосників 8 значної маси, що витримують великі навантаження під час зрізання шару агломерату з стрічки. Нижня частина плити 6 футерована колосниками 7 агломашин, закріпленими на листі за допомогою Т-подібних листів 14. Запропонований пристрій функціонує наступним чином: після ввімкнення приводу обертання валка 2 дробарки починається подача агломерату на приймальну плиту 6 у робочий простір дробарки.

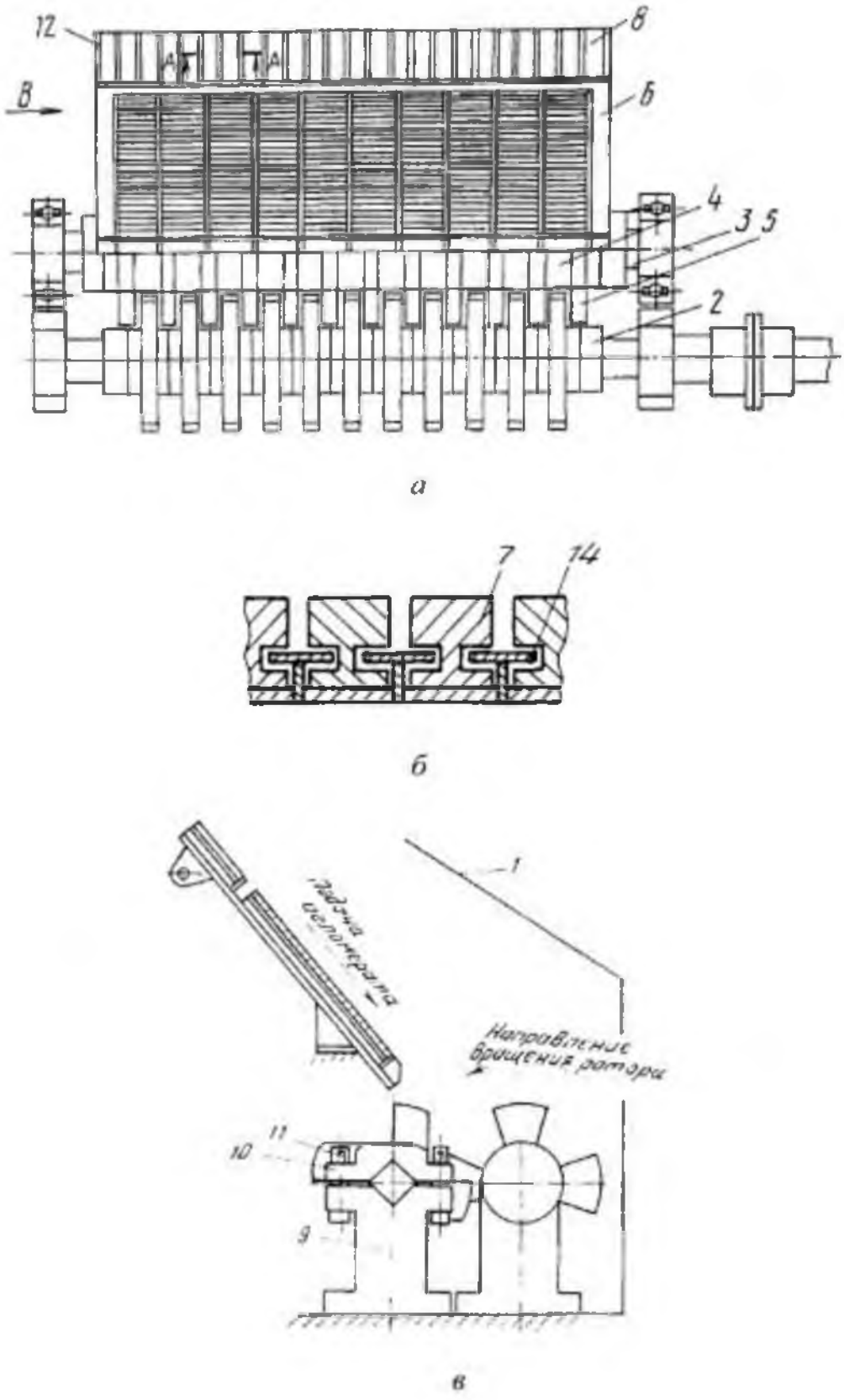


Рис. 2.1. Одновалкова зубчаста дробарка для гарячого агломерату

а – вид зверху; *б* – розріз *А-А*; *в* – вид *В*

Джерело: розроблено із використанням [5]

В процесі обертання валка, зубчасті елементи проштовхують агломерат між колосниками, здираючи та дрібнячи його. При значному зносі одного ряду зубів колосників, приймальна плита піднімається, кріпильні елементи, що утримують вал, послаблюються, після чого вал обертається на 90 градусів і знову фіксується. Приймальна плита повертається в робоче положення, і процес дроблення агломерату продовжується. Цей цикл повторюється до моменту повного зносу всіх зубів зубчастих елементів колосників, що знаходяться на валу. Використання запропонованої конструкції здатне суттєво підвищити ефективність агрегату: збільшується стійкість зубчастих елементів колосників в чотири рази та стійкість зубів ротора в півтора рази. Крім цього, скорочується трудомісткість процесів виготовлення і ремонту приймальної плити на 1,5-2 рази, а також зменшуються простої дробарки для проведення ремонтних робіт на 1,5-2 рази.

У статті розглядається вдосконалена модель одновалкової зубчастої дробарки. Основна мета цього винаходу полягає у підвищенні ефективності процесу дроблення, зменшенні температурних деформацій колосників, зниженні витрат праці на ремонт і експлуатацію аглодробарок, а також у збільшенні надійності й зменшенні простоїв як аглодробарок, так і агломашин під час їхнього використання. Крім того, винахід дозволяє розробляти аглодробарки з оптимальною стійкістю для агломашин різної продуктивності. Досягнення поставленої мети реалізується через конструктивні особливості одновалкової дробарки, яка включає в себе корпус, в якому розташовані приймальна плита та валок із зубами. Зуби валка мають нахил, протилежний до напряму його обертання, а їхні робочі поверхні спрямовані з розширенням до основи щодо осі зуба. Колосники виконані у вигляді пластин з двома робочими частинами, які утворюють між собою кут в межах від 90 до 140 градусів. Вони спираються на балку коробчатого типу, яка встановлена паралельно валку із зубами всередині корпусу дробарки. Фіксація на балці здійснюється за допомогою П-подібних

пластин і упорів на заданий крок. Також важливо зазначити, що робочі поверхні колосників мають клиноподібну форму, а ширина їхніх робочих частин у поперечному перерізі зменшується в напрямку падіння подрібненого матеріалу.

У даній конструкції дробарки [6] (рис. 2.2) ключовими компонентами є корпус 1, що містить усередині валок 2 із зубами, а також колосники 3, виконані у вигляді пластин, кожна з яких має дві робочі поверхні, розташовані під кутом 90...140° одна до одної. У дробарці також присутні П-подібні пластини 4, балка коробчатого типу 5, приймальна плита 6, футерована плитами. Колосники спираються на балку 5, яка йде паралельно валку і закріплюються на ній за допомогою П-подібних пластин та упорів 8 з боку задньої стінки корпусу.

Конструкція передбачає скорочену довжину робочих частин колосників під валком, що мінімізує температурні деформації при обробці гарячих матеріалів. Коли одна робоча поверхня колосників зношується, їх перевертають для використання другої поверхні. Щоб полегшити ці маніпуляції, кожен колосник оснащений двома пазами для захоплення стропами. П-подібні пластини виконують функції встановлення кроку між колосниками та перекриття щілин між ними, запобігаючи потраплянню дробленого матеріалу в зону корпусу.

Зуби валка мають форму з розширенням до основи і виконують дроблення матеріалу за рахунок опуклих поверхонь. Завдяки нахилу зубів у бік, протилежний обертанню, відбувається плавне входження зубів в матеріал, забезпечуючи м'яке дроблення та вільне випадіння матеріалу з простору між зубами. Це запобігає його розкиданню всередині корпусу і сприяє підвищенню стійкості конструкції.

Функціонування дробарки відбувається шляхом включення привода валка 2. Матеріал подається по приймальній плиті 6 в робочий простір дробарки, де валок із зубами розбиває та просуває матеріал між колосниками

3, здійснюючи процес дроблення. За необхідності, при зносі одного ряду колосників їх можна перевернути на 180° для використання другої робочої частини.

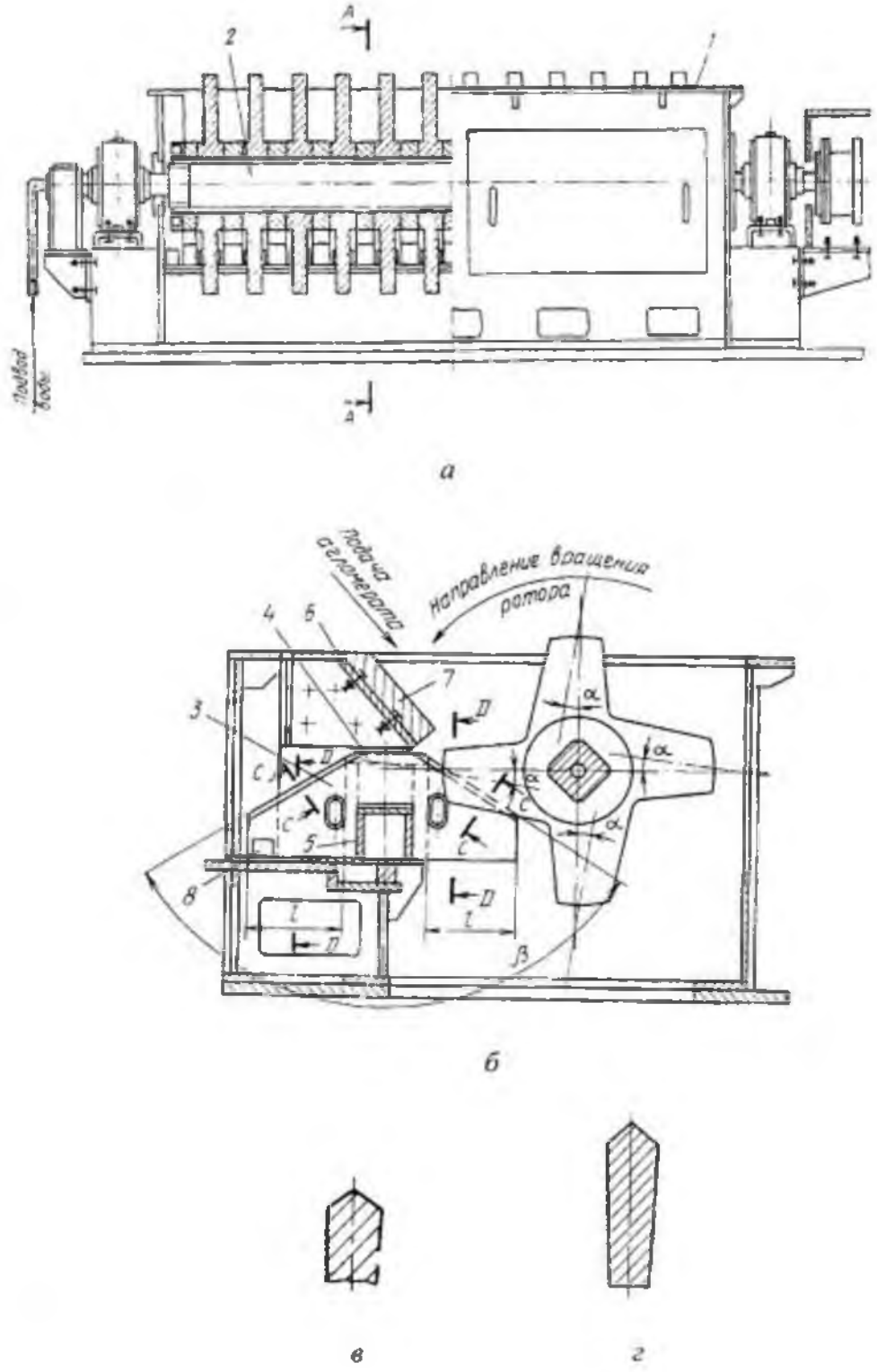


Рис. 2.2. Одновалкова зубчаста дробарка

а – вид збоку; *б* – розріз *А–А*; *в* – розріз *С–С*; *г* – розріз *Д–Д*

Джерело: розроблено із використанням [6]

Використання описаної дробарки сприяє значному підвищенню експлуатаційної ефективності, зокрема дозволяє підвищити зносостійкість колосників у 2,5–3 рази, а також зубців валка у 2–2,5 рази. Додатково знижується частка дрібної фракції в роздробленому матеріалі, що забезпечує збільшення виходу якісного продукту після дроблення на 5–10%. Окрім цього, скорочуються простої дробарок та іншого обладнання у 2–2,5 рази, а також створюються передумови для розробки дробарок із різною продуктивністю та оптимальним рівнем зносостійкості.

Відомо, що одновалкові зубчасті дробарки ударної дії [7] є об'єктом уваги в контексті підвищення ефективності машин для руйнування агломерату. Основною метою цього винаходу є удосконалення конструкції таких дробарок шляхом модифікації ротору та колосників. Це дозволяє збільшити долю руйнування агломерату завдяки менш енергоємному ударному впливу замість зрізання, що результатом є зменшення витрат енергії та скорочення кількості небажаних великих фракцій у кінцевому продукті. Досягнення зазначеної мети забезпечується тим, що в конструкції одновалкових зубчастих дробарок ударної дії, які включають ротор із зірочками та колосники, окремі компоненти, такі як зірочки або колосники, можуть бути встановлені з використанням пружних елементів. Згідно з винаходом, такі установки здійснюються з певним інтервалом або в заданому порядку. На рисунках демонструються різні конфігурації дробарок: на рис. 2.3а представлена дробарка, де накладання ударних зусиль реалізується зі сторони зірочок ротора; на рис. 2.3б—з боку колосників; тоді як на рис. 2.4а відбувається комбіноване накладання зі сторони ротора та колосників. Рисунок 2.4б деталізує конфігурацію ротора та розміщення зірочок для накладання ударних зусиль із боку зірочок ротора. На рис. 2.5б та рис. 2.5в

зображено ротор на прикладі розміщення зірочок для впливу зі сторони колосників.

Зубчаста одновалкова дробарка ударної дії являє собою конструкцію, що включає корпус із поверхнею, що направляє, призначеною для переміщення агломерату, що надходить з агломераційної машини. У нижній частині корпусу розташована колосникова решітка, яка складається з окремих колосників. Ротор дробарки оснащений зірочками, встановленими за допомогою пружин, а на самому корпусі знаходяться пружні елементи з можливістю регулювання їх довжини. Принцип роботи даної дробарки полягає у наступному. Агломерат, який підлягає дробленню, рухається по поверхні, що направляє у внутрішній простір корпусу, де передається на колосникову решітку. У процесі обертання ротора зірочки за допомогою своїх зубців взаємодіють із пружними елементами, деформуючи пружини. Деформація акумулює кінетичну енергію, і коли досягається рівень жорсткості пружних елементів, відбувається швидке вивільнення енергії. Після цього зірочки або весь ротор отримують прискорене обертання навколо своєї осі, що спричиняє удар зубців по поверхні агломерату. Крім того, удар може додатково завдаватися колосниками решітки. Колосники встановлені на окремих пружинах, які стискаються під дією кулачків зірочок і відновлюють свою форму при подальшому обертанні, завдаючи додаткові удари по нижній стороні агломерату. Процес дроблення здійснюється за рахунок комбінованої ударної дії як зі сторони зірочок ротора, так і решітки. Завдяки цьому досягається концентрація зусиль на агломераті, необхідна для його руйнування, що в результаті сприяє формуванню стабільного фракційного складу готової продукції. Інтенсивність удару регулюється через жорсткість пружин, довжину пружних елементів та форму кулачків. Зазначені параметри забезпечують адаптацію технологічного процесу до

змінних умов експлуатації. Завдяки зазначеним конструктивним особливостям удосконалено ефективність подрібнення агломерату, що супроводжується зниженням витрат електроенергії на виконання даного процесу.

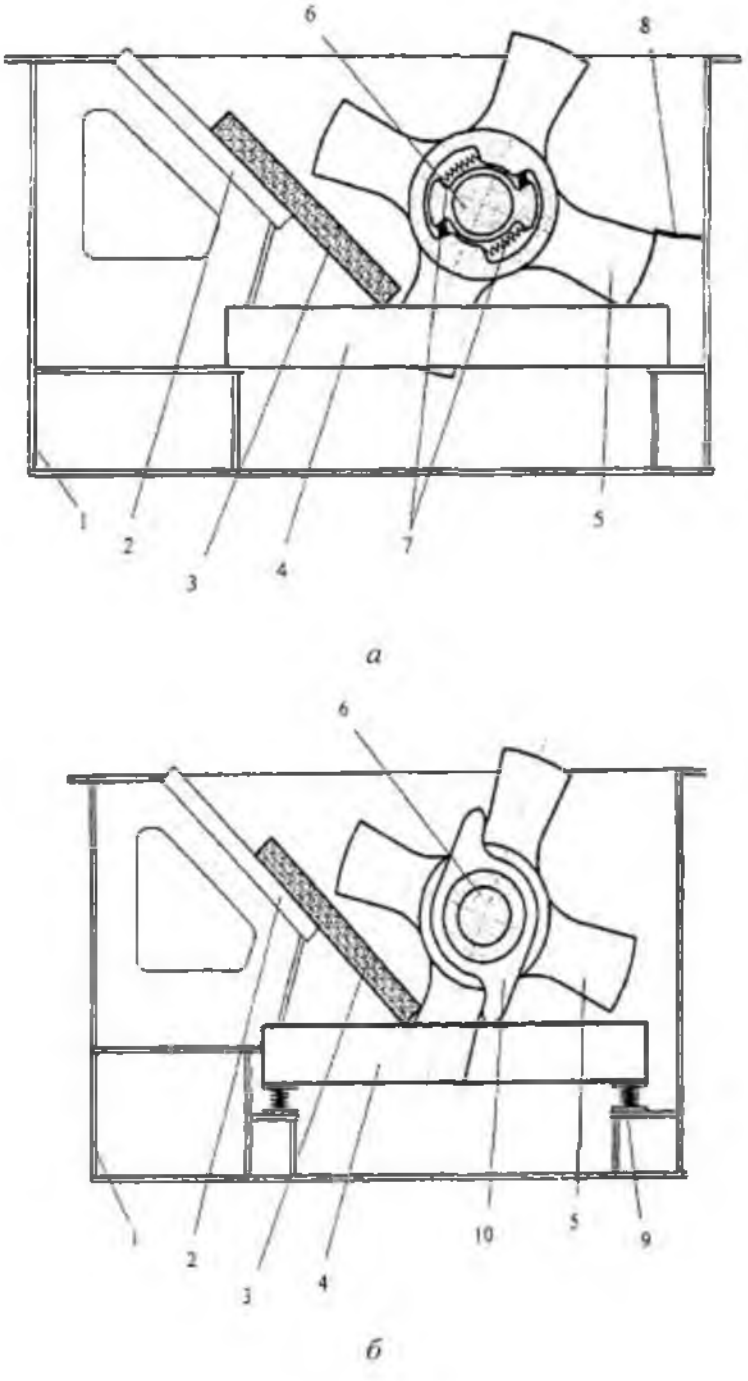
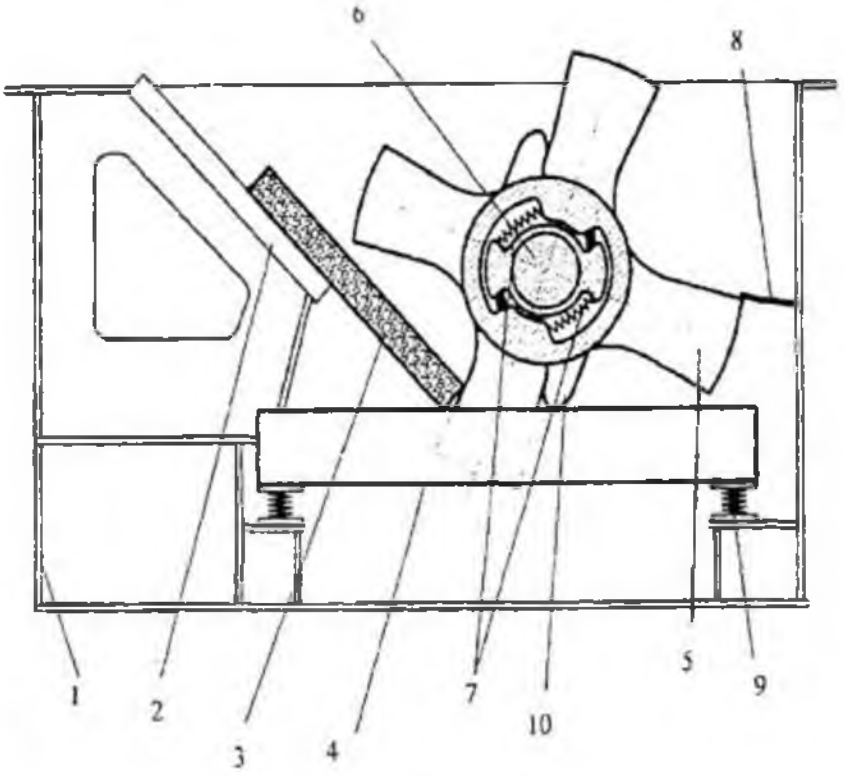


Рис. 2.3. Одновалкова зубчаста дробарка ударної дії

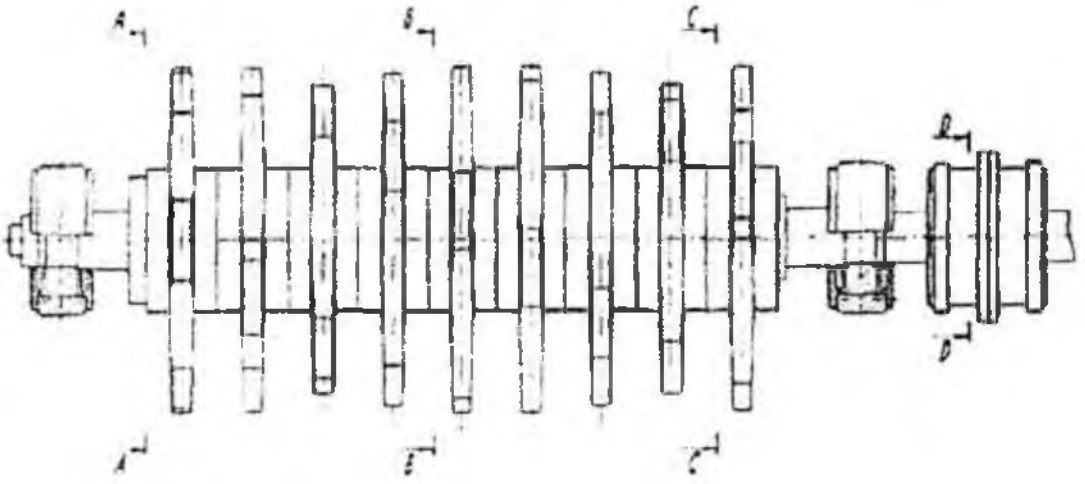
а – накладання ударних зусиль здійснюють з боку зірочок ротора;

б – накладання ударних зусиль здійснюють з боку колосників

Джерело: розроблено із використанням [7]



а



б

Рис. 2.4. Одновалкова зубчаста дробарка ударної дії

а – накладання ударних зусиль здійснюють комбіновано, як з боку ротора, так і з боку колосників;

б – ротор одновалкової зубчастої дробарки та розміщення на ньому зірочок, де накладання ударних зусиль здійснюють із боку зірочок ротора

Джерело: розроблено із використанням [7]

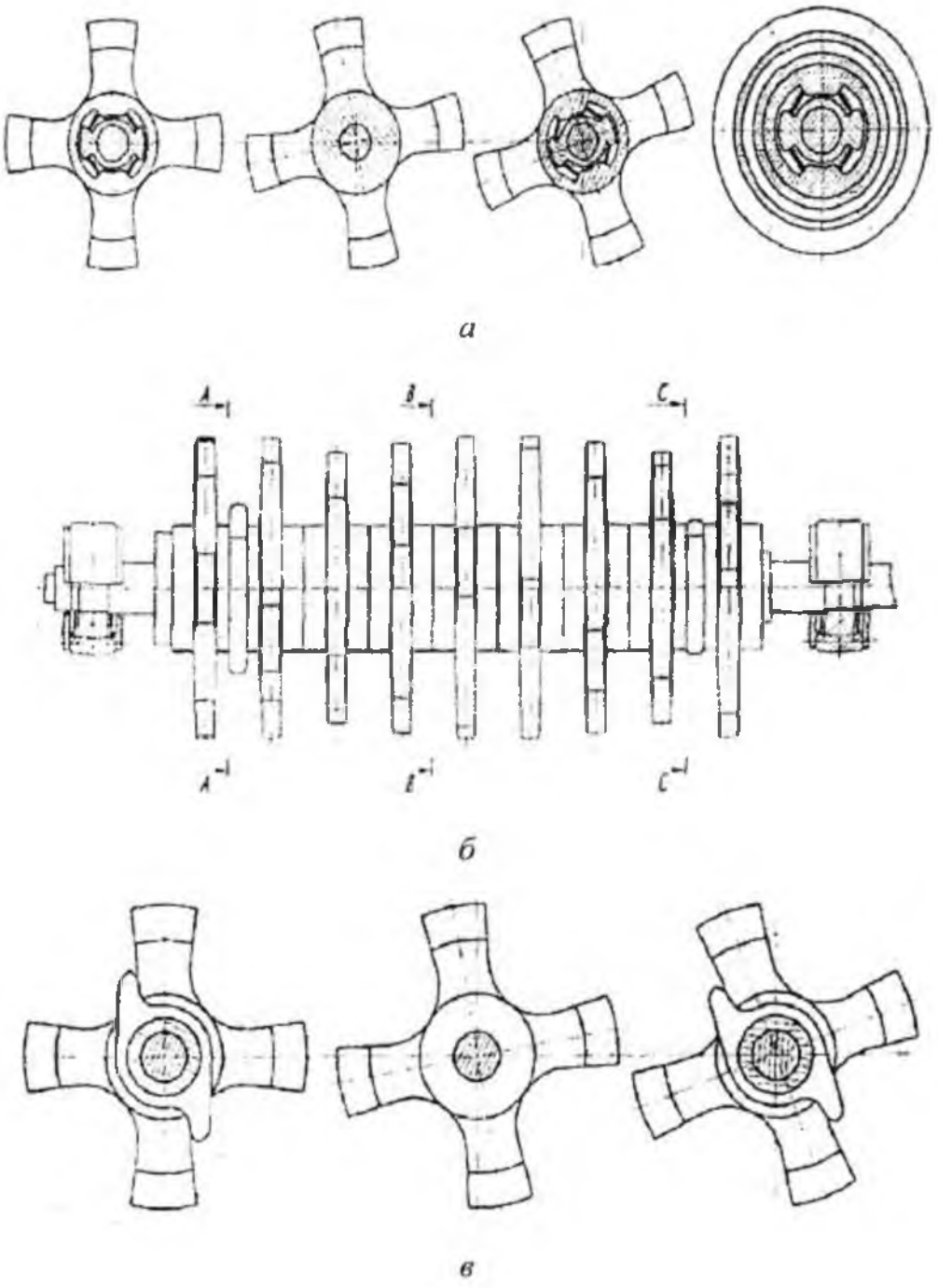


Рис. 2.5. Одновалкова зубчаста дробарка ударної дії

а – вид збоку; *б* – розріз *А–А*; *в* – розріз *С–С*; *г* – розріз *Д–Д*

Джерело: розроблено із використанням [7]

Запропонована конструкція одновалкової зубчастої дробарки ударної дії спрямована на зменшення енергетичних витрат під час процесу дроблення

агломерату, а також на покращення гранулометричних характеристик отриманого матеріалу, зокрема за рахунок мінімізації кількості небажаних великих фракцій.

Серед відомих методів дроблення агломерату виділяють спосіб, заснований на використанні ударної дії в одновалковій зубчастій дробарці шляхом накладання зусиль ротора між колосниками [8]. Для реалізації ударного навантаження застосовується кривошипно-повзунковий механізм, де рух повзуна забезпечується пружиною, а також стисненим газом чи рідиною. На зображенні 2.6 продемонстровано конструкцію одновалкової зубчастої дробарки із підпружиненим повзуном (вид збоку), яка реалізує описаний принцип. Основні положення методу розглянуто на прикладі використання пружного накопичення енергії. Агломерат, призначений для дроблення, рухається спрямованою поверхнею до колосникової решітки. Ротор пристрою, що обертається за допомогою приводу (не показано на зображенні), наприклад, через обгінну муфту, передає обертальний момент кулачку, закріпленому на цьому роторі. Кулачок при своєму русі взаємодіє із шарнірно закріпленим кривошипом, котрий, у свою чергу, через повзун ініціює пружну деформацію пружини, накопичуючи енергію. Як альтернативу пружині можна використовувати гідравлічні чи пневматичні циліндри із стисненою рідиною або газом. Обгінна муфта забезпечує свободу обертання ротора із закріпленими на ньому зірочками. Досягаючи повного розкладання кривошипно-повзункового механізму, накопичена енергія пружини або стисненого середовища досягає свого максимуму. У момент подальшого обертання ротора відбувається швидкісне звільнення накопиченої енергії, що сприяє додатковому прискоренню обертання ротора зі зростанням його частоти. Це викликає ударний вплив зірочок по поверхні агломераційного пирога. Кривошипно-повзунковий механізм може бути

розташований з одного або обох торців ротора. У конструкції як стискувальні елементи можуть використовуватися не лише пружини, але й рідина чи газ у відповідних гідравлічних або пневматичних циліндрах. Такий підхід забезпечує значне зростання концентрації механічного навантаження на матеріал при ударі, що сприяє ефективнішому руйнуванню агломерату та скороченню розмірів отриманих фракцій.

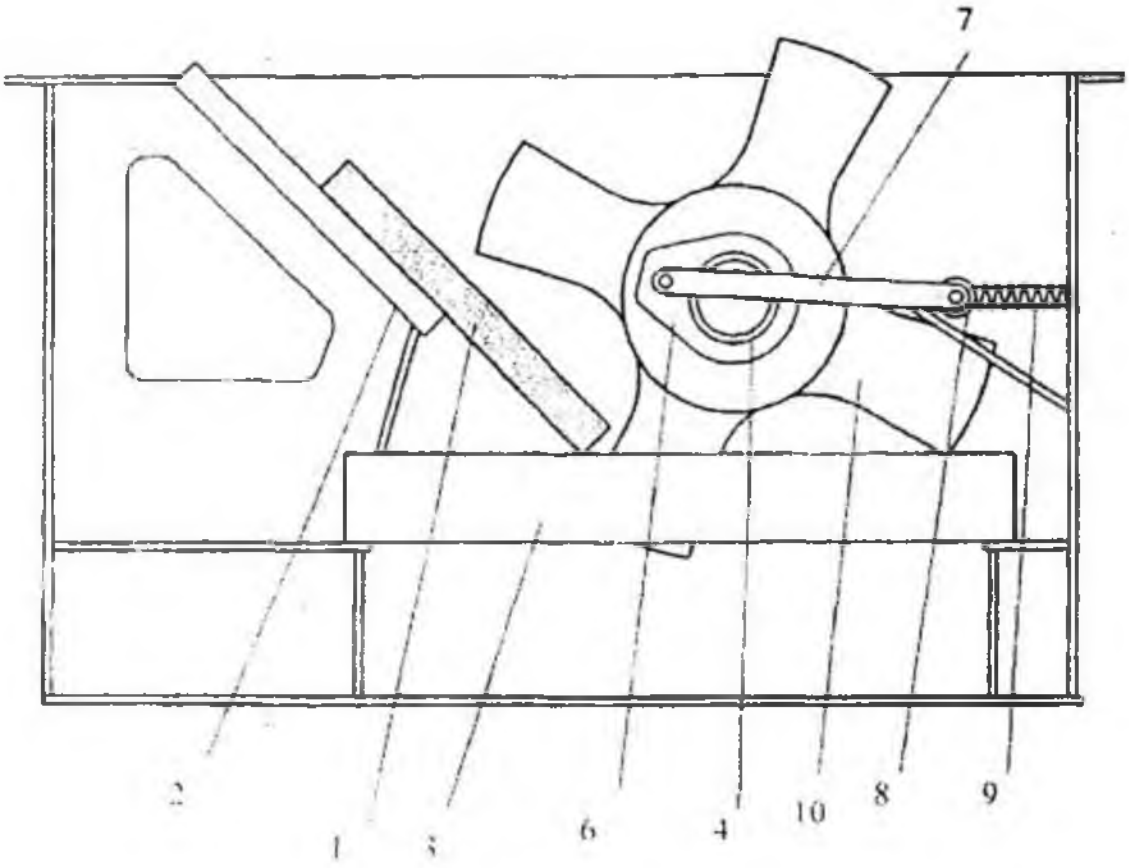


Рис. 2.6. Одновалкова зубчаста дробарка ударної дії кривошипно-повзунковий механізм

Джерело: розроблено із використанням [8]

Процес ударного дроблення, що є менш енергоємним, вимагає значно менших енергетичних витрат, що дозволяє підвищити економічну ефективність технологічного процесу. Застосування ударних навантажень сприяє покращенню гранулометричного складу кінцевого продукту, оскільки

руйнування агломерату відбувається здебільшого внаслідок впливу цих навантажень, що прикладаються до його поверхні. Інтенсивність удару може регулюватися через різні параметри, такі як жорсткість пружин, ексцентриситет кулачкового механізму та величина вільного ходу обгінної муфти. У разі використання гідравлічних або пневматичних циліндрів сила удару варіюється шляхом зміни тиску робочого середовища (пари, рідини або газу) в циліндрах. Це забезпечує більш ефективне дроблення агломерату завдяки адаптації параметрів процесу до конкретних умов. Зазначений підхід надає можливість суттєво знизити енерговитрати, пов'язані з дробленням агломерату, та водночас оптимізувати гранулометричний склад отриманого дробленого матеріалу через зменшення обсягу небажаних крупних частинок у продукті.

2.2 Пропозиції по модернізації

Аналіз літератури та патентної документації показує, що найбільш ефективним для вирішення поставленого завдання є зубчаста дробарка ударної дії, описана в патенті [8]. Зазначена технічна концепція обрана як базова для модернізації одновалкової зубчастої дробарки, призначеної для обробки гарячого агломерату.

У патенті [8] передбачено реалізацію процесу дроблення із підвищеною інтенсивністю ударної дії, що досягається використанням енергії стислих пружин. Однак розміщення пружин усередині дробарки є конструктивно складним через високу температуру робочого середовища та проблематичність відведення тепла, що створює додаткові інженерні виклики.

Для вдосконалення системи пропонується альтернативний варіант конструкції з використанням кривошипно-повзункового механізму. Пружину передбачається винести за межі робочого простору дробарки, де її функціонування не буде ускладнюватися високими температурами (детально показано на рис. 2.7). Колосники планується закріпити на двох балках за допомогою спеціальних накладок кришки. Кінці цих балок виводяться через вікна за межі робочої зони дробарки та з'єднуються між собою траверсами за допомогою зварного з'єднання. На завершення, наприкінці кожної балки буде сконструйовано майданчики для встановлення пружин, що дозволить перемістити їх у зону зниженої температури. Окрім цього, розробка передбачає встановлення зірочок на вал квадратного перетину. Зірочки чергуватимуться з шайбами, які мають аналогічні посадочні місця для зручного монтування на квадратний вал. Така конструктивна схема забезпечить оптимальне функціонування механізму та підвищить його експлуатаційну ефективність. Зірочки переміщуються крізь колосники, виконуючи необхідний функціональний рух. На кінці валу зафіксовано кулачковий механізм, який сполучений з кривошипом. Цей кривошип, у свою чергу, через повзун створює пружну деформацію підпружинного елемента. У розглянутій конструкції обгінна муфта забезпечує вільне обертання валу зі зірочками, уникаючи небажаного блокування. Коли кривошипно-повзунковий механізм досягає повністю розкладеного положення, пружина 5 накопичує максимально можливу механічну енергію. З подальшим обертанням валу ця енергія вивільняється швидкісно, що генерує додатковий момент і збільшує частоту обертання валу навколо його осі. Унаслідок цього зірочки здійснюють ударний вплив на поверхню агломераційного пирога.

Квадратний вал виконаний із циліндричними цапфами, на які напресовано дворядні сферичні роликопідшипники. Конструкція валу опирається на роликопідшипники, встановлені в підшипникових корпусах. Останні розташовуються поза межами робочої зони дробильного устаткування, що мінімізує можливість впливу агресивного середовища та забезпечує надійну роботу механізму.

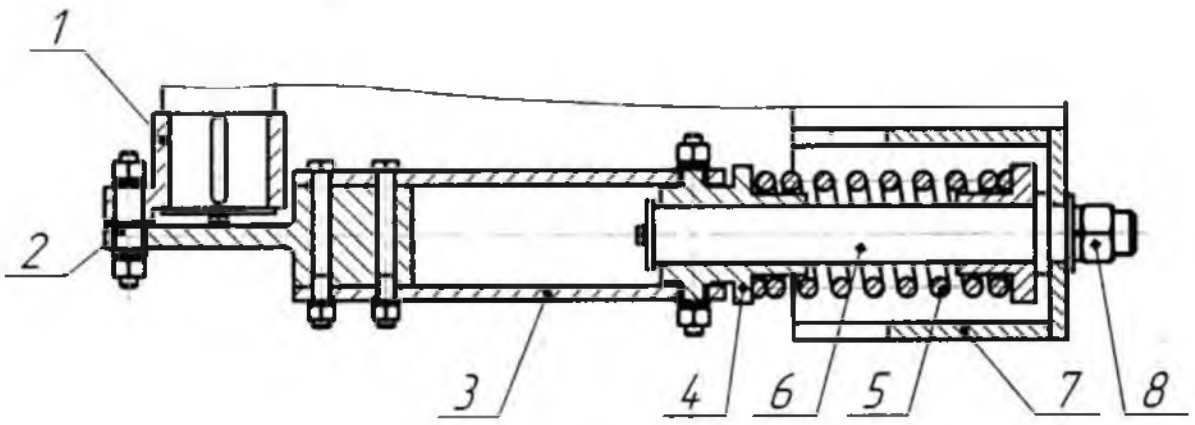


Рис. 2.7. Будова кривошипно-повзунковий механізму ударної зубчастої одновалкової дробарки

1 – кулачок; 2 – палець; 3 – кривошип; 4 – повзун;

5 – пружина; 6 – станина; 7 – гайка

(розроблено автором)

Виконано корпус дробарки у вигляді зварної конструкції з використанням листового і сортового прокату. Для зручності огляду і проведення ремонтних робіт він оснащений спеціальними вікнами, що закриваються кришками. Внутрішня робоча зона дробарки облицьована броньованими плитами для забезпечення надійності та довговічності. Передача руху валу здійснюється за допомогою триступінчастого редуктора, сполученого з двигуном постійного струму. Використання такого електродвигуна дає можливість регулювати частоту обертання зубчастого

валу, що дозволяє налаштувати оптимальний режим роботи для дроблення матеріалу.

Під час удару «пиріг» розщеплюється на фрагменти кондиційної крупності в межах 40-80 мм. При цьому зменшується кількість дрібної фракції агломерату розміром 0-5 мм, що сприяє збільшенню виходу придатного продукту. Дроблення до фрагментів розміром 40-80 мм покращує процес охолодження готового агломерату, а також зменшує утворення дрібниці під час транспортування і перевантажень у доменному цеху.

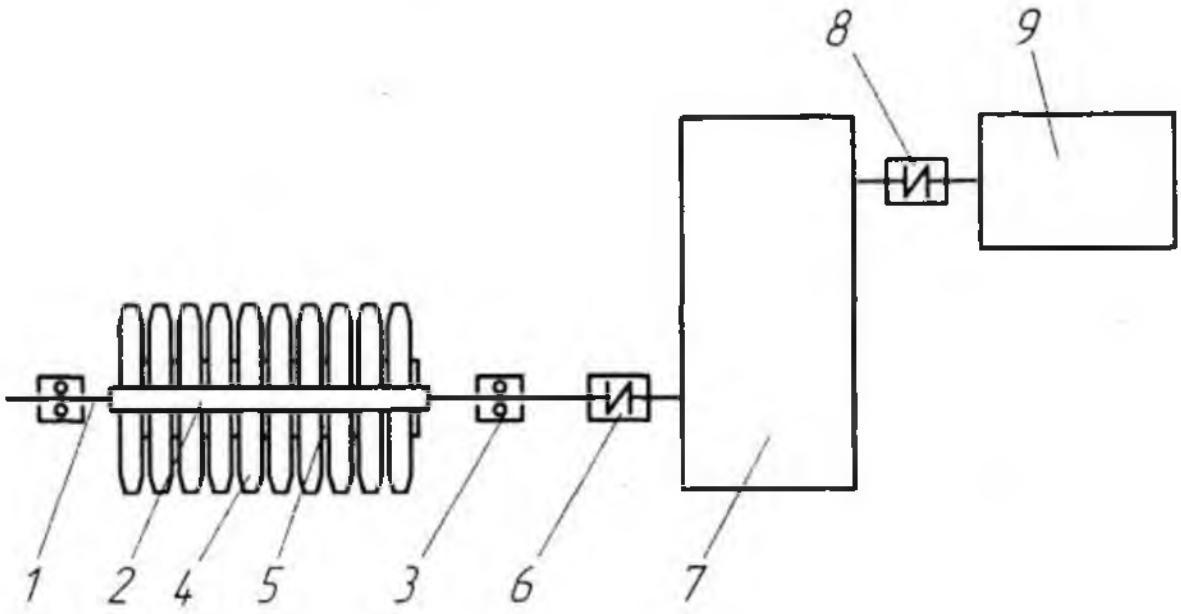


Рис. 2.8. Кінематична схема приводу пропонованої ударної зубчастої одновалкової дробарки

1 – цапфа валу; 2 – вал квадратного перетину; 3 – підшипник; 4 – зірочка; 5 – кулачок; 6 – муфта обгінна; 7 – редуктор; 8 – муфта швидкохідна; 9 – колосники; 10 – електродвигун (розроблено автором)

2.3 Переваги пропонованої конструкції

У представленій конструкції дробарки вдалося підвищити ефективність руйнування агломерату за рахунок використання менш енерговитратного

ударного процесу замість зрізу. Це дозволяє скоротити енергоспоживання і зменшити кількість небажаних крупних фракцій понад 200 мм, а також надто дрібних частинок розміром 0–5 мм у готовій продукції.

2.4 Розрахунки по модернізації

2.4.1 Визначення продуктивності

Продуктивність дробарки [9]

$$Q = 60\pi DnBS\gamma\psi = 60 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}3 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}4 \text{ т /год} \qquad (2.1)$$

де D – діаметр зірочки, D = 1,3 м;

n – частота обертання валка, n = 6 об / хв;

B – робоча довжина валка, B = 3 м;

S – розмір розвантажувальної щілини, S = 0,25 м;

γ – щільність агломерату γ = 1,8 т /м^3;

ψ – коефіцієнт продуктивності, що враховує розпушування матеріалу і використання довжини валка, ψ = 0,4.

2.4.2 Розрахунок потужності привода

Розрахуємо потужність приводного електродвигуна по спрощеній методиці, приведеній в роботі [9]

$$N_{дв} = K_N BDn = 2 \cdot 3 \cdot 1{,}3 \cdot 6 = 46{,}8 \text{ т /год} \qquad (2.2)$$

де K_N – дослідний коефіцієнт для агломерату середньої міцності, K_N =2;

B – робоча довжина валку, B =3 м;

D – діаметр зірочки, D = 1,3 м;

n – частота обертання валку, n - 6 об/хв;

Методика, за якою розраховано потужность дроблення, розроблена І. Д. Костогризовим і В. В. Горностаєвою, є більш точною, оскільки враховує показники міцності агломерату.

Для виконання розрахунків за цією методикою необхідно спершу визначити потрібні параметри, використовуючи дані з креслення загального вигляду (Рис. 2.9). Після цього отримані значення параметрів підставляють у відповідні математичні формули для проведення подальших обчислень.

У випадку застосування методики до одновалкової дробарки гарячого агломерату передбачено специфічну схему руйнування матеріалу, що також проілюстровано на відповідному рисунку.

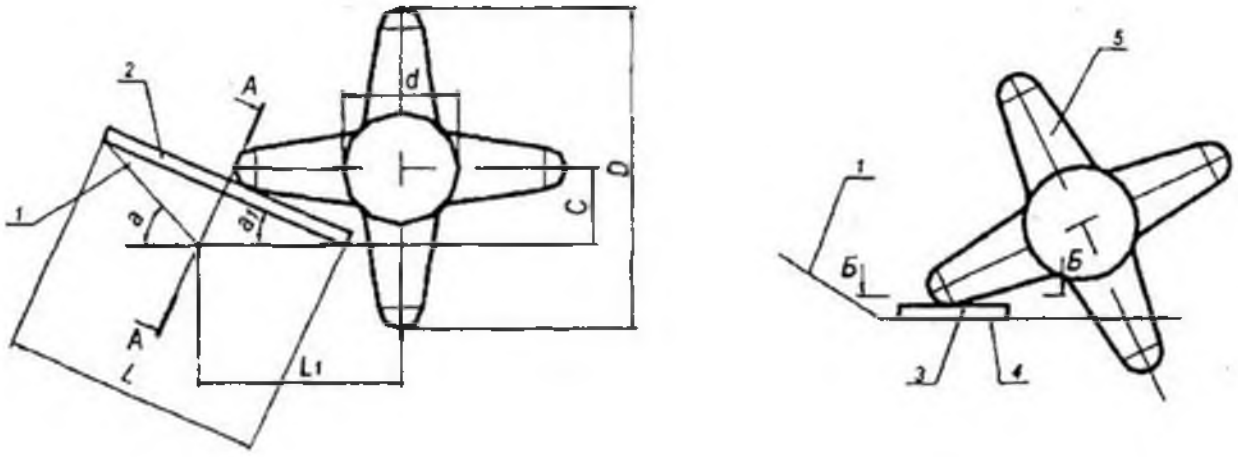


Рис. 2.9. Схема дроблення «пирога» агломерату

а – на похилій плиті; *б* – на колосникових гратах;

1 – плита похила; 2– цілий «пиріг»; 3 – половина «пирога»;

4 – колосникові грати; 5 – зірочка

Агломерат у вигляді шару з шириною B (мм), товщиною H (мм) і довжиною L (мм), що підтримується переднім краєм на колосникових гратах,

а заднім краєм – на похилій плиті, підлягає розподілу на окремі фрагменти. Початковий етап включає розламування шару зубами зірочок на дві рівновеликі частини, кожна довжиною *L/2*, по лінії перетину *A-A*. У подальшому одна із частин роздроблюється на колосниках за допомогою тих же зубів зірочки, що ініціювали початковий розлом. Друга частина обробляється зубами, які розташовані зі зміщенням на 90°, за винятком випадку використання чотиризубих зірочок, де зміщення не застосовується [9].

Для реалізації зазначеної технологічної схеми агломерату необхідно дотримуватися наступного співвідношення.

$$C=L+(50\ldots100)=975+(50\ldots100)=(1025\ldots1050)\text{ мм} \qquad (2.3)$$

Відстань від площини колосникових грат до осі валка повинна задовольняти умові

$$C=h+d/2+(50\ldots100)=1000+590/2+(50\ldots100)=(1245\ldots1295)\text{ мм} \qquad (2.4)$$

де d – зовнішній діаметр маточини зірочки, d = 590 мм.

Рекомендується витримувати співвідношення

$$C_1=1295\approx D=1300\text{ мм} \qquad (2.5)$$

Кут нахилу пластини відносно горизонту, позначений як α, визначається з урахуванням умов рівноваги бруска, один кінець якого ковзає по похилій площині, а другий по решітці, під впливом власної ваги. Це відбувається в момент, коли середина бруска збігається з траєкторією руху кінців зубців зірочок [9]. У таких умовах забезпечується стабільність системи і рівномірний розподіл сил. Виходячи з цього

$$(\alpha \geq 45°)$$

де α – кут нахилу пирога до горизонту у момент рівноваги ($\alpha \geq 45°$).

При коефіцієнті тертя агломерату по сталі f_1= 0,364, що відповідає куту тертя $\varphi = arctq\, f_1 = 20°$.

Основним навантаженням при такій схемі дроблення є момент, що вигинає, в площині розламування «пирога», необхідний для його руйнування [9]

$$M_{вит} = W\sigma_{м.а.} \qquad (2.6)$$

де W – момент перетину вигину «пирога»;

$\sigma_{м.а.}$ – межа міцності агломерату.

Для агломерату середньої міцності, $\sigma_{м.а.}$ =0,07…0,25 МПа.

При розламуванні «пирога» по перетину *А–А* навпіл

$$W_1 = \frac{1}{6}Lh^2 = \frac{1}{6} \cdot 0{,}975 \cdot 0{,}15^2 = 0{,}36\ м^3 \qquad (2.7)$$

При дробленні половин «пирога» на колосниках по перетину *Б–Б*

$$W_2 = \frac{1}{12} \cdot 0{,}975 \cdot 0{,}15^2 = 0{,}18\ м^3$$

Моменти, що крутять, потрібні для руйнування агломерату на першій і другій стадіях дроблення $M_{кр1}$ і $M_{кр2}$, визначаються залежно від співвідношень геометричних параметрів дробарки і кількості зубів на зірочці, рівної 3, 4 і 6 [9].

Момент, що крутить, потрібний для руйнування агломерату на першій стадії дроблення

$$M_{\text{кр1}} = W_1 \sigma_{\text{м.а.}} = 0{,}36(0{,}07 \ldots 0{,}25) = (0{,}026 \ldots 0{,}09)\ \text{МНм} \approx 100\ \text{кНм} \quad (2.8)$$

Момент, що крутить, потрібний для руйнування агломерату на другій стадії дроблення [9]

$$M_{\text{кр2}} = W_2 \sigma_{\text{м.а.}} = 0{,}18(0{,}07 \ldots 0{,}25) = (0{,}013 \ldots 0{,}045)\ \text{МНм} \approx 45\ \text{кНм}$$

Час дії моменту $M_{кр1}$

$$t_1 = \frac{t_{\text{ц}} \varphi_1}{360} = \frac{10 \cdot 41}{360} = 1{,}4\ \text{с} \quad (2.9)$$

де $t_{\text{ц}}$ – час циклу, обираємо час циклу, рівний часу, витрачається на один оберт валу, $t_{\text{ц}}$ = 60/6 = 10 с;

φ_1 – кут повороту валу за час дії моменту $M_{кр1}$, φ_1=41°.

Час дії моменту $M_{кр2}$

$$t_2 = \frac{t_{\text{ц}} \varphi_2}{360} = \frac{10 \cdot 25}{360} = 0{,}7\ \text{с}$$

де φ_2 – кут повороту валу за час дії моменту $M_{кр2}$, φ_1=25°.

Момент холостого ходу [9]

$$M_{\text{х.х.}} = G f_2 d_{\text{п}} = 50 \cdot 0{,}007 \cdot 0{,}3 = 0{,}21\ \text{кНм} \quad (2.10)$$

де G – сила тяжіння валка, що дробить, G = 50 кН;

f_2 – приведений коефіцієнт тертя в підшипниках опор, f_2=0,07;

$d_{\text{п}}$ - діаметр підшипнику, $d_{\text{п}}$ = 0,3 м.

Момент, що крутить, двигуну приводу, визначається як середньо-квадратичний за умовами нагріву при роботі в тривалому номінальному режимі S_1 [9]

$$M_{\text{сер.кв}} = \sqrt{\left(\sum M_{\text{кр1}}^2 t_1 + \sum M_{\text{кр2}}^2 t_2 + \sum M_{\text{х.х}}^2 t_{\text{х.х}}\right)/t_{\text{ц}}} =$$

$$\sqrt{(4 \cdot 100^2 \cdot 1{,}4 + 4 \cdot 45^2 \cdot 0{,}7 + 0{,}21^2 \cdot 4{,}2)/10} = 84 \text{ кНм} \qquad (2.11)$$

де t_1, t_2, $t_{\text{х.х}}$ – відповідно час дії моментів M_1, M_2 і $M_{\text{х.х}}$;

$t_{\text{ц}}$ - час циклу дроблення "пирога", $t_{\text{ц}} = 30/n$,

де n – частота обертання валку, n = 6 об/хв.

Тоді необхідна розрахункова потужність двигуна приводу дробарки [9]

$$N_{\text{дв.р}} = K_{\text{с}} M_{\text{сер.кв}}\, \omega/\eta_{\Sigma} = 0{,}7 \cdot 84 \cdot 0{,}63/0{,}9 = 41 \text{ кВт} \qquad (2.12)$$

де $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт, що враховує ступінь самостійного дроблення агломерату при падінні на колосникові грати, залежить від властивостей агломерату. Для агломерату середньої міцності $K_{\text{с}}$=0,6…0,7;

ω– кутова швидкість обертання валка, $\omega = \pi n/30 = \pi 6/30 = 0{,}63 \text{с}^{-1}$;

η_{Σ} – повний к.к.д. приводу, η_{Σ}=0,9.

Вибираємо двигун постійного струму типу ДП-62 потужністю $N_{\text{дв}}$ = 46 кВт, частотою обертання n = 625 об/хв. Умова вибору електродвигуну виконується, оскільки $N_{\text{дв}}$ = 46 кВт > $N_{\text{дв.р}}$ = 41 кВт.

Для узгодження роботи дробарки з роботою агломашини при швидкості руху спікальних візків потрібно, щоб [9]

$$n_{min} = 2v/Lz = 2 \cdot 4/1 \cdot 4 = 2 \qquad (2.13)$$

де z – кількість зубів на зірочці, z=4;

L – довжина спікального візку, L=1,0 м;

v – швидкість спікальних візків, v=4 м/хв.

При стандартних розмірах спікальних візків L = 1 м у машин площею 50...160 м^2 і L= 1,5 м у машин площею спікання 312 м^2 і більш; при шостизубих зірочках (z = 6) для машин до 160 м^2 з максимальною швидкістю (z = 6) t_{min}=2 об/хв (дробарки роблять 3,2 і 4,6 об/хв); для машин 312 м^2 з v_{max} =7,5 м/хв значення n_{min} = 1,7 об/хв (дробарка робить 3 об/хв).

РОЗДІЛ 3
ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

У процесі виконання технологічних операцій з виробництва офлюсованого агломерату в агломераційному цеху, а також під час проведення робіт, пов'язаних із ремонтом, обслуговуванням та експлуатацією обладнання цеху, існують певні небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

- забруднення повітря в робочій зоні пилом;
- теплові випромінювання;
- шумове навантаження;
- ризик ураження електричним струмом;
- можливість отримання опіків;
- наявність рухомих і обертових частин устаткування;
- ризик отруєння газами.

Одновалкова ударна дробарка гарячого агломерату розташована у спікальному відділенні на висоті +12450 мм.

Окрім дробарки гарячого агломерату, в спікальному відділенні встановлено різноманітне обладнання, яке виконує операції транспортування, перевантаження, дозування агломераційної шихти, спікання агломерату та його подальшої обробки. До цього обладнання належать агломераційна машина, живильники, конвеєри-дозатори, грохоти та інші пристрої [10].

Під час роботи цього обладнання в значних обсягах утворюється пил, переважно фіброгенної дії. Розмір частинок пилу в повітрі цеху значно варіюється: крупні частки осідають швидко, тоді як дрібні залишаються в повітрі тривалий час. У складі пилу агломераційного виробництва присутні оксид заліза, вапно та кокс. Запилення спричиняє захворювання дихальної

системи, а тривалий вплив пилу може викликати запалення очей (кон'юнктивіт).

Під час функціонування обладнання, окрім запилення, генерується значний шум, який є важливим несприятливим чинником у виробничому середовищі.

З фізіологічної точки зору, шум виступає шкідливим подразником, що впливає не лише на органи слуху, але й на весь організм людини. Він ускладнює виконання робочих завдань і перешкоджає сприйняттю корисних звукових сигналів та мовної інформації. Вплив шуму на центральну нервову систему спричиняє загальну втому, порушує функціонування серцево-судинної системи, утруднює дихання та уповільнює психомоторні реакції. Ці наслідки можуть призводити до травматизму, помилок у роботі і розвитку професійних захворювань [10].

Тривалий вплив шуму та вібрацій на організм має серйозні негативні наслідки. Зокрема, погіршується гострота зору та слуху, підвищується артеріальний тиск, виникають розлади нервової і серцево-судинної систем, а також ураження опорно-рухового апарату. Функціональні зміни в цих системах, зокрема розвиток тяжких форм вібраційної хвороби, можуть призводити до часткової або повної втрати працездатності.

Додатково варто зазначити, що певні технологічні процеси на виробництві супроводжуються генерацією шумів низької та високої частоти, які також спричиняють несприятливий вплив.

Ще одним важливим фактором є неналежний рівень освітлення, який може стати причиною виробничого травматизму, негативно вплинути на зір працівників і знизити продуктивність праці. Тому необхідно забезпечити оптимальне освітлення як у денний, так і в нічний час для ефективного функціонування робочих зон [10].

Запалювальні горни та готовий агломерат є суттєвими джерелами теплового випромінювання. Температура продуктів згоряння палива в запалювальних горнах, що використовуються для запалення шихти, досягає 1200...1400°С. Температура агломерату під час його розвантаження з агломашини становить 600...700°С.

Санітарно-гігієнічна оцінка умов праці на робочих місцях слюсарів-ремонтників у приміщенні спікального відділення наведена у таблиці 3.1.

Аналіз цієї інформації вказує на перевищення гранично допустимих параметрів. Зокрема, рівень шуму становить 92 дБ(А) за нормативного максимуму 80 дБ(А), що перевищує допустимі значення на 12 дБ(А). Характеристики мікроклімату приміщення (температура повітря та відносна вологість) не відповідають встановленим санітарним нормам. Крім того, запиленість перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) у 4,6 рази, а загазованість чадним газом (СО) виявляється вищою за нормативи у 1,55 рази. Усі ці фактори свідчать про гостру необхідність реалізації комплексних заходів, спрямованих на зниження негативного впливу шкідливих виробничих чинників на працівників [10].

Таблиця 3.1.

Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на робочих місцях

Ділянка, професія	Фіз-фактор		Метеофактори								Шкідливі речовини, мг/м^3			
	Шум, дБ(А)		Швидкість руху повітря, м/с		Відносна вологість повітря, %		Температура				Запиленість		Загазованість (СО)	
							Холодний період, t°C		Теплий період, t°C					
	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт
Агло-фабрика, спікальне відділення, слюсарь-ремонтник	80	92	>0,4	0,6	75	90	15–21	8	20–27	41	4	18,5	20	21

Джерело: розроблено із використанням [10]

Одновалкова ударна дробарка для обробки гарячого агломерату є обладнанням, що включає різноманітні електричні та механічні складові. У випадку взаємодії з рухомими частинами цього агрегату можуть виникати різного роду пошкодження. Ризики особливо значимі в ситуаціях, коли на обертових елементах присутні виступаючі деталі, такі як болти чи шпонки, а також коли елементи механізму рухаються один назустріч одному, утворюючи зони з підвищеною небезпекою втягування та захоплення.

У виробничому цеху застосовується електроустаткування зі стандартним технологічним рівнем напруги 380 В, а також освітлювальні системи з напругою 220 В. Це створює ризики отримання електротравм [10].

Небезпека ураження електричним струмом і травмування може реалізуватися в таких обставинах:

- під час дотику до незахищених проводів, тролеїв кранів або передавальних візків;

- при безпосередньому контакті із частинами обладнання, що перебувають під напругою;

- у разі випадкового потрапляння напруги на металеві корпуси машин чи щити управління;

- при спробах відключення роз'єднювачів під навантаженням або контакторів без дугогасильних камер.

Електричне ураження поділяється на два основні типи: електричні травми та електричний удар.

Електричні травми характеризуються локальними порушеннями цілісності тканин і органів, спричиненими дією електричного струму. Серед типових проявів виділяються опіки та електрометалізація шкірного покриву.

Електричний удар виникає як локальний вплив струму на тканини тіла, що відбувається навіть при невеликих значеннях струму — до кількох сотих часток міліампера [10].

Такий удар часто не пов'язаний із опіками, однак може серйозно впливати на нервову систему та м'язову діяльність. Зокрема, можливий параліч дихальних м'язів або серцевого м'яза, що загрожує життю постраждалого.

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників

З метою зменшення концентрації твердих часток у повітрі рекомендовано впровадження наступних технологічних і інженерних рішень: суха очистка, що здійснюється за допомогою пилоосаджувальних камер, циклонів, мультициклонів, інерційних та текстильних фільтрів; мокра очистка, яка включає використання скруберів різного типу; електростатична очистка в сухих і мокрих електрофільтрах; а також герметизація обладнання, що може бути частковою або повною. У випадку транспортування шихтових матеріалів між окремими агрегатами та бункерами доцільним є герметизація джерел пилоутворення разом із використанням аспіраційних систем для видалення запиленого повітря, що сприяє поліпшенню умов праці [10].

Для мінімізації рівня шумового навантаження пропонуються такі заходи:

- облаштування спеціалізованих фундаментів, незалежних від конструкцій будівель, з підвищеною масою і акустичними швами; інтеграція амортизаторів та ізоляційних прокладок;
- встановлення звукоізолюючих кожухів, які відділяють джерела шуму від виробничих приміщень;
- використання звукоізоляційних і звукопоглинальних матеріалів. Крім того, значну ефективність забезпечують колективні та індивідуальні засоби захисту від акустичного впливу та вібрацій.

Для запобігання ураженню електричним струмом усі електротехнічні пристрої, що функціонують у виробничому приміщенні, оснащені заземленням. Електричні розетки призначено для підключення переносних ламп, які працюють при напрузі 12 В. На електрошафах і розподільних щитах обов'язково мають бути розміщені відповідні інформаційні написи. Колективні засоби захисту від ураження електричним струмом включають такі елементи, як захисні, запобіжні та гальмівні пристрої, сигналізація, системи дистанційного управління, а також знаки безпеки.

Схеми управління електродвигунами передбачають заходи, що унеможливлюють їх самостійний запуск у разі відновлення подачі напруги після її раптового відключення [10].

Освітлювальна мережа приєднана до вступного автомата таким чином, що при його відключенні подача напруги в освітлювальній системі не припиняється. Кабіни панелей, а також шафи, що містять ящики опорів, повинні завжди залишатися замкнутими на ключ. Для запобігання випадковому включенню грохота рекомендується застосовувати спеціальні ключі-жетони.

Обертальні частини обладнання повинні бути захищені відповідними кожухами, а процес мастила необхідно забезпечити централізовано й автоматизовано.

Незадовільне освітлення приміщення є чинником, що провокує травматизм, погіршує зоровий стан працівників і знижує їхню продуктивність. Отже, необхідно організувати належне освітлення робочих місць як у денний, так і в нічний час доби. Відповідно до вимог будівельних норм і правил (БНіП II-4-79), рівень освітленості спікального залу агломашини має становити 150 лк, тоді як у хвостовій частині агломашини він повинен бути не менше ніж 30 лк [10].

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз функціональних особливостей одновалкових зубчастих дробарок, призначених для подрібнення гарячого агломерату, виявив низку конструктивних недоліків.

Основною проблемою сучасних моделей цих агрегатів є недостатня якість отриманого агломерату, яка характеризується високим відсотком великих фракцій (до 25%) розміром 200 мм і більше, значною часткою дрібної фракції (0–5 мм), а також підвищеними енерговитратами при процесі дроблення.

Встановлено, що зменшення відстаней між колосниками позитивно впливає на покращення якості агломерату. Проте цей підхід має суттєвий недолік – зниження зносостійкості робочих елементів дробарки, що у свою чергу збільшує обсяг ремонтних робіт і призводить до тривалих простоїв аглофабрики.

У традиційних конструкціях одновалкових зубчастих дробарок руйнування агломератного шару відбувається за допомогою зсуву, що обумовлене повільним заглибленням зубців зірочки у матеріал. Однак такий спосіб руйнування сприяє формуванню значної кількості як дрібної фракції (менше 0,5 мм), так і великих шматків (200 мм і більше). Крім того, цей метод вимагає значних затрат енергії.

Представлена робота спрямована на вдосконалення конструкції одновалкової зубчастої дробарки. У запропонованій модифікації використовується кривошипно-повзунковий механізм, який замінює енергоємний процес зсуву на менш затратний ударний метод руйнування агломерату. Такий підхід дозволяє значно скоротити енергетичні витрати та зменшити частку небажаних фракцій: великих (+200 мм) і дрібних (0–5 мм) у кінцевому виробі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коротич В. І., Фролов Ю. О., Безжеський Г. Н. Агломерація рудних материалів. - 2003 - 400 стор.

2. Жилкін В. П., Доронін Д. Н. Виробництво агломерата. Технологія, обладнання, автоматизація. - 2004 - 292 стор.

3. Клушанцев Б. В., Косарев А. И., Музеймнек Ю. А. Дробарки. Конструкція, розрахунок, особливості експлуатації. - Машинобудування, 1990. – 320 стор.

4. Вегман Е. Ф. Окускування руд і концентратів. - Металургія, 1968. - 259 стор.

5. Пат. 2016653, B02C4/08. Одновалкова зубчаста дробарка для горячого агломерату / Макаров К.К. - Опубл. 30.07.1994, 5 стор.

6. Пат. 22331387, B02C4/08. Одновалкова зубчата дробарка / Неврaєв В.П., Баринов С. И. - Опубл. 27.06.2004, - 6 стор.

7. Пат. 5283748679 Україна, B02C 4/10. Одновалкова зубчаста дробарка ударної дії / Левченко Е. П., Левченко О.О., Костромицький Д.Ю. (Україна). - №20911021; Заявл. 02.11.2009; Опубл. 25.03.2003, Бюл. №6. - 4 стор.

8. Пат. 68790 Україна, B02C 4/10. Спосіб дроблення агломерату ударом в одновалковій зубчастій дробарці/ Костромицький Д.Ю., Левченко Е.П., Левченко О.О. (Україна). - №201111456; Заявл. 28.09.2011; Опубл. 10.04.2012, Бюл. №7.-4 с.

9. Поляков В.С., Барбаш И.Д. Муфти. Конструкція і розрахунок. Вид. 4. перероб. і доп. Машинобудування, 1973. – 224 стор.

10. 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, Громов Владислав Вячеславович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. **Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота** *«Розробка ударної зубчастої одновалкової дробарки для руйнування агломерату 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)