

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

Педченко Роман Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Розробка комплексу підготовки та подачі реагентів в чавуновозний ківш

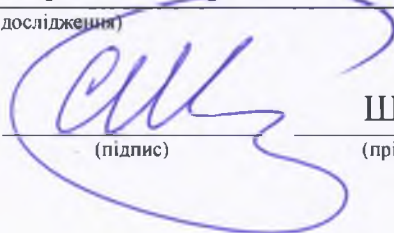
(повна назва теми)

за матеріалами

Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник к.т.н., доцент
(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Швед С. В.

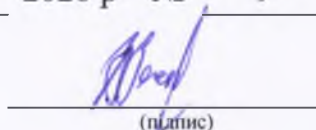
(прізвище, ініціали)

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

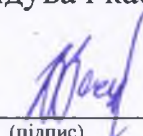
(ініціали, прізвище)

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)

Завідувач кафедри _____ **ЗАТВЕРДЖУЮ**
ІГМ _____


_____ проф., д.т.н., Засельський В. Й.
(підпис) (посада, вчене звання, прізвище ініціали)
« 20 » _____ ЖОВТНЯ _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Педченко Роман Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра
Механічне обладнання Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Розробка комплексу підготовки та подачі реагентів в чавуновозний ківш

керівник кваліфікаційної роботи магістра Швед С. В., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра

Умови виробництва Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика комплексу підготовки та подачі реагентів в чавуновозний ківш, інформація про недоліки конструкції.

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

4.1 Аналітична частина;


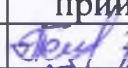

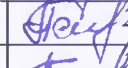


4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва.

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

6 аркуші формату А1 складальний кресленник: комплекс підготовки та подачі реагентів в чавуновозний ківш, візок, подрібнювач відцентрований, механізм переміщення, механізм підйому.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Швед С. В., доцент	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Швед С. В., доцент	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Швед С. В., доцент	 20.10.25	 20.10.25

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

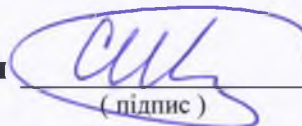
Здобувач


(підпис)

Педченко Р. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Швед С. В.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ ЕКЗ	Примітки
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Знов розроблена			
5						
6	A1	KPM.133.26.17.00.000 ЗВ	Креслення загального вигляду	1		
7	A4	KPM.133.26.17.ПЗ	Пояснювальна записка	94		
8						
9			Документація по			
10			складальним одиницям			
11						
12			Знов розроблена			
13						
14	A1	KPM.133.26.17.01.000 СК	Візок			
15			Складальне креслення	1		
16	A1	KPM.133.26.17.01.100 СК	Поліришувач відцентровий			
17			Складальне креслення	2		
18	A1	KPM.133.26.17.01.200 СК	Механізм переміщення			
19			Складальне креслення	1		
20	A1	KPM.133.26.17.01.300 СК	Механізм підйому			
21			Складальне креслення	1		
22						

133.26.17.KPM				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Педченко		12.01.26
Пров.		Швед		12.01.26
Н.контр.		Швед		21.01.26
Утв.		Засельський		23.01.26
Комплекс підготовки та подачі реагентів в чабуновозний ківш Відомість кваліфікаційної роботи магістра				
Лист	Лист	Листов		
	1	2		
ННТІ ДУЕТ кафедра ІГМ гр. ГМ-24м				

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи
93 стор., 17 рис., 9 табл., 13 джерел.

Об'єкт розробки – комплекс підготовки та подачі реагентів в
чавуновозний ківш, конверторного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Ціль розробки: забезпечення підвищення якості продукції, зменшення
браку.

Метод досліджень – аналітичний – визначення характеристик машини
та навантажень в механізмах машини.

Запропонована конструкція установки дозволяє проводити підготовку
і подачу матеріалів зменшення браку. Визначено необхідну потужність
електродвигунів.

Розглянуто організацію ремонтних робіт на підприємстві, методи
монтажу і контролю при монтажі деталей і вузлів механізма. Запропоновано
заходи щодо охорони праці при експлуатації, обслуговуванні і ремонті
установки для обробки чавуну.

Запропонована конструкція дозволить знизити кількість браку сталі за
рахунок обробки реагентами.

Результати роботи можуть бути використані при розробці
аналогічного устаткування. Проектне рішення сприяє зниженню браку
сталі по вмісту сірки, що виплавляється.

Ключові слова: ПОДРІБНЮВАЧ ВІДЦЕНТРОВИЙ, ВАПНО, ЧАВУН,
СІРКА, ЗНИЖЕННЯ БРАКУ СТАЛІ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Характеристика конвертерного цеху	9
1.2 Призначення та область застосування комплексу підготовки та подачі реагентів в чавуновозний ківш	21
1.3 Технічна характеристика	21
1.4 Опис базової конструкції	22
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків	23
1.6 Формування мети та задач для її досягнення	24
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	25
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	25
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	37
2.3 Аналітичні розрахунки	46
2.3.1 Розрахунок технологічних параметрів подрібнювача	46
2.3.2 Розрахунок опору пересуванню візка	49
2.3.3 Розрахунок приводу подрібнювача	50
2.3.4 Розрахунок приводу механізму пересування	51
2.3.5 Розрахунок приводу механізму підйому	54
2.3.6 Силовий і кінематичний аналіз механізму	55
2.3.7 Розрахунок і вибір гальма механізму пересування	56
2.3.8 Розрахунок ремінної передачі	57
2.3.9 Розрахунок валу ротора	58
2.4 Монтаж, ремонт, змащення	61
2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту	61
2.4.2 Технологічна карта монтажу	65
2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення	68
2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів	73
2.4.5 Змащення	73

	6
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	78
3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей	78
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей	81
3.2.1 Засоби індивідуального захисту	84
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої	85
3.3 Пожежна профілактика	86
ВИСНОВОК	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91
ДОДАТКИ	93

ВСТУП

Погіршення якості сировини та палива, що використовуються в доменних печах, значно ускладнює вирішення завдань щодо підвищення якості чавуну. Цю проблему додатково посилюють постійні зміни в складі вугільної шихти на коксохімічних виробництвах, а також нестабільний рівень якості готового коксу від різних постачальників. До того ж на роботу доменних печей впливають коливання у властивостях залізородних матеріалів, що стосуються їхньої міцності, гранулометричного й хімічного складу. Усе це призводить до нестабільності газодинамічного, теплового та шлакового режимів, що ускладнює процес десульфурації металу під час плавки. Як результат, чавун може мати відхилення у своєму хімічному складі від заданих норм, зокрема за рівнем вмісту сірки.

З трьох установок для позапічної десульфурації чавуну, які функціонували в попередні роки, наразі працює лише одна. Вона розташована на етапі транспортування чавуну з доменного цеху №1 до мартенівського цеху. Процедура позадоменної десульфурації виконується за запитом мартенівського та конвертерного цехів. Її застосовують під час виробництва спеціальних марок сталі (наприклад, канатної, зварювальної тощо), а також при виплавці некондиційного чавуну в доменних печах, коли необхідно знизити вміст сірки до рівня 0,045% або менше. У 2004 році зміст сірки в чавуні, що надходить у міксерне відділення конвертерного цеху, також регулювався тим самим методом.

Сучасні умови матеріального та енергетичного забезпечення підприємств чорної металургії зазнали значних змін. Це стосується і використання магнію, який є одним із найбільш ефективних реагентів для десульфурації чавуну. Однак, на відміну від інших матеріалів, вартість магнію на світовому ринку зросла непропорційно, досягаючи в останні роки 3200–4000 доларів за тонну.

У зв'язку з цим стає нагальною потреба у пошуку шляхів підвищення ефективності технологій десульфурації, орієнтованих на застосування більш економічних і доступних реагентів.

Одним із перспективних напрямів може стати впровадження технологій, що використовують як реагент вапно. Цей матеріал уже давно виробляється і застосовується на багатьох металургійних підприємствах. Хоча в минулому вапно вважалося недостатньо ефективним через високі питомі витрати в процесі обробки чавуну, нині цей підхід може стати економічно вигідним завдяки вдосконаленню технологій. Для стабілізації вмісту кремнію у чавуні доцільно додавати окалину або продувати його киснем.

У рамках даної магістерської кваліфікаційної роботи пропонується вдосконалення процесу обробки чавуну з підвищеним вмістом сірки та кремнію. Процес включає використання порошкоподібного вапна разом із дрібною окалиною, які вводяться в струмені природного газу, аргону або кисню. Таке рішення дозволяє ефективно зменшувати кількість шкідливих компонентів у металі.

Запропонована конструкція установки для підготовки й подачі порошкоподібних реагентів у чавуновозний ківш включає проміжний помел вапна, зберігання інших компонентів у спеціальних бункерах, а також дозовану їх подачу в потоці транспортуючих газів (повітря, кисню, природного газу чи аргону).

Здійснення помолу перед введенням вапна безпосередньо в чавун дозволить суттєво підвищити ефективність процесу десульфурації.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика конвертерного цеху

Конвертерний це призначений для виплавки сталі у злитках із передільного чавуну за допомогою продування киснем зверху, а також подальшого розливання у виливниці. У структурі цеху передбачено шість конвертерів, кожен із яких має місткість 160 тонн [1].

До складу конвертерного цеху (див. рис. 1.1) входять такі основні об'єкти:

- головна будівля;
- міксерне відділення №1;
- міксерне відділення №2;
- шихтове відділення для сипучих матеріалів;
- шихтове відділення для магнітних матеріалів №1;
- шихтове відділення для магнітних матеріалів №2;
- шлакове відділення.

Окрім основних об'єктів, до цехового комплексу належать й допоміжні споруди, серед яких:

- димососне обладнання №1 та №2;
- механічна майстерня;
- побутовий комплекс.

У межах комплексу також функціонує окремий підрозділ підготовки складів і дві кисневі станції, що є частиною кисневого цеху.

Міксерне відділення виконує завдання тимчасового зберігання рідкого чавуну, дозволяє усереднити його хімічний склад та підвищити температуру.

Відділення №1 та №2 прилягають до торця головної будівлі конвертерного цеху. У кожному з них (див. рис. 1.2) розташовані два міксери об'ємом по 1300 тонн кожен [1].

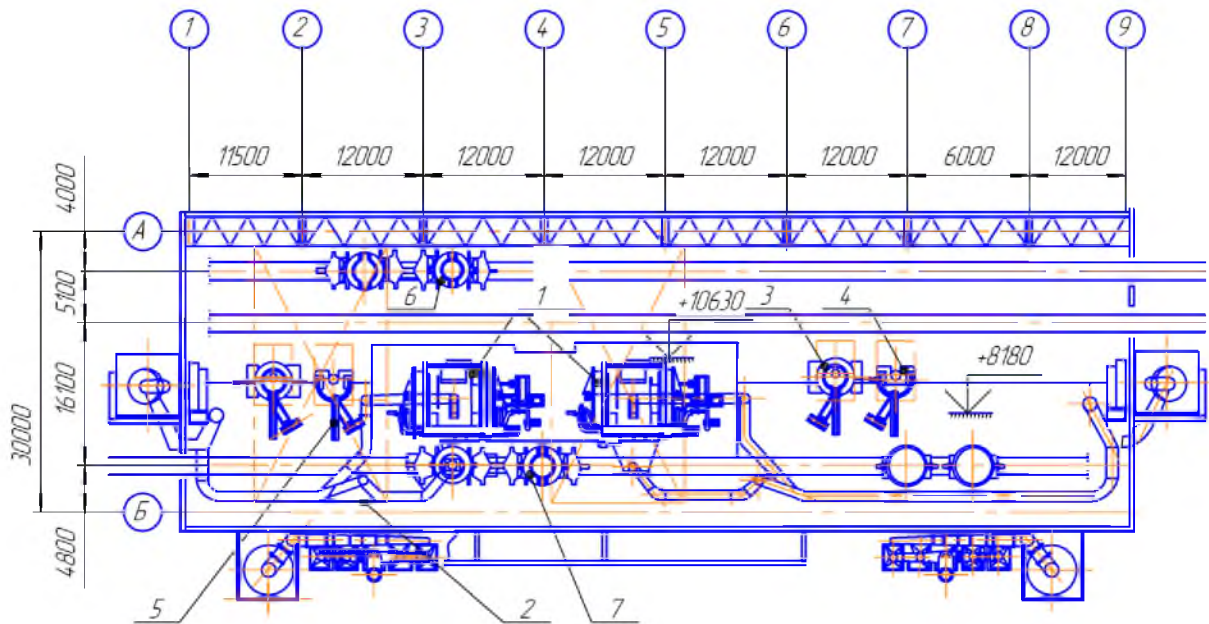


Рис. 1.2 План міксерного відділення

- 1 – міксер; 2 – заливальний кран; 3 – стэнд під шлакову чашу;
 4 – ківш – накопичувач; 5 – машина для скачування шлаку;
 6 – чавуновіз для подачі чавуну з доменного цеху;
 7 – чавуновіз для подачі чавуну у конвертерний прольот

Джерело: розроблено із використанням [1]

Для транспортування рідкого чавуну до міксерного відділення використовуються спеціальні чавуновозні ковші об'ємом 140 тонн. Такі ж ковші застосовуються для передачі рідкого чавуну до конвертерів. У міксерному відділенні ці ковші зважують на залізничних вагах, розрахованих на вантажопідйомність до 250 тонн. Завантаження чавуну з доменного цеху в міксер здійснюється за допомогою кранів із вантажопідйомністю 180/50 тонн. У кожному відділенні встановлено по два заливальні крани із характеристиками 180/50/16 тонн. Додатково у відділеннях розміщено пульти управління міксерами, стэнд для шлакових чаш та обладнання для уловлювання графіту.

Передбачено три залізничні колії для забезпечення безперебійної роботи:

1. Для подачі рідкого чавуну до міксерів.
2. Для видалення шлаку.
3. Для транспортування чавуну до конвертерів.

Шихтове відділення сипучих матеріалів використовується для приймання, зберігання та подачі таких матеріалів до конвертерів. Тут розташовано два ряди бункерів, кожен із яких має по вісім секцій. З них вісім призначені для зберігання вапна, шість – для залізняку (окатишів), а дві – для шпату. Під бункерами встановлені стрічкові живильники, які постачають матеріали на два стрічкові конвеєри. Останні забезпечують подачу сипучих матеріалів безпосередньо до конвертерів.

Відділення шихтовки магнітних матеріалів №1 і №2 виконують функції прийому, зберігання та подачі металошихти до конвертерів. У цих відділеннях передбачено яму завглибшки 5180 мм для зберігання металошихти, а також окрему яму для зберігання феросплавів. Для проведення вантажно-розвантажувальних робіт у відділеннях встановлено п'ять електромостових кранів, з них два мають одну специфікацію, а три – іншу. У верхній частині будівлі розташовані електроталі, призначені для виконання ремонтних робіт на кранах.

Металошихту транспортують до конвертерного відділення в коробах по залізничних коліях.

Шлакове відділення складається з двох відкритих зон, де здійснюють операції очищення шлакових чаш від залишків, сортування та відвантаження шлаку. Перша естакада оснащена трьома грейферно-магнітними кранами, електромостовим краном та системою нанесення вапна для фарбування чаш.

Головна будівля (рис. 1.3) включає такі частини:

- конвертерний проліт блоку №1;
- конвертерний проліт блоку №2;
- завантажувальний проліт блоку №1;

- завантажувальний проліт блоку №2;
- розливний проліт блоку №1;
- розливний проліт блоку №2.

Конвертерний проліт розташований у головній будівлі і складається з двох блоків, довжина кожного з яких становить 108 м.

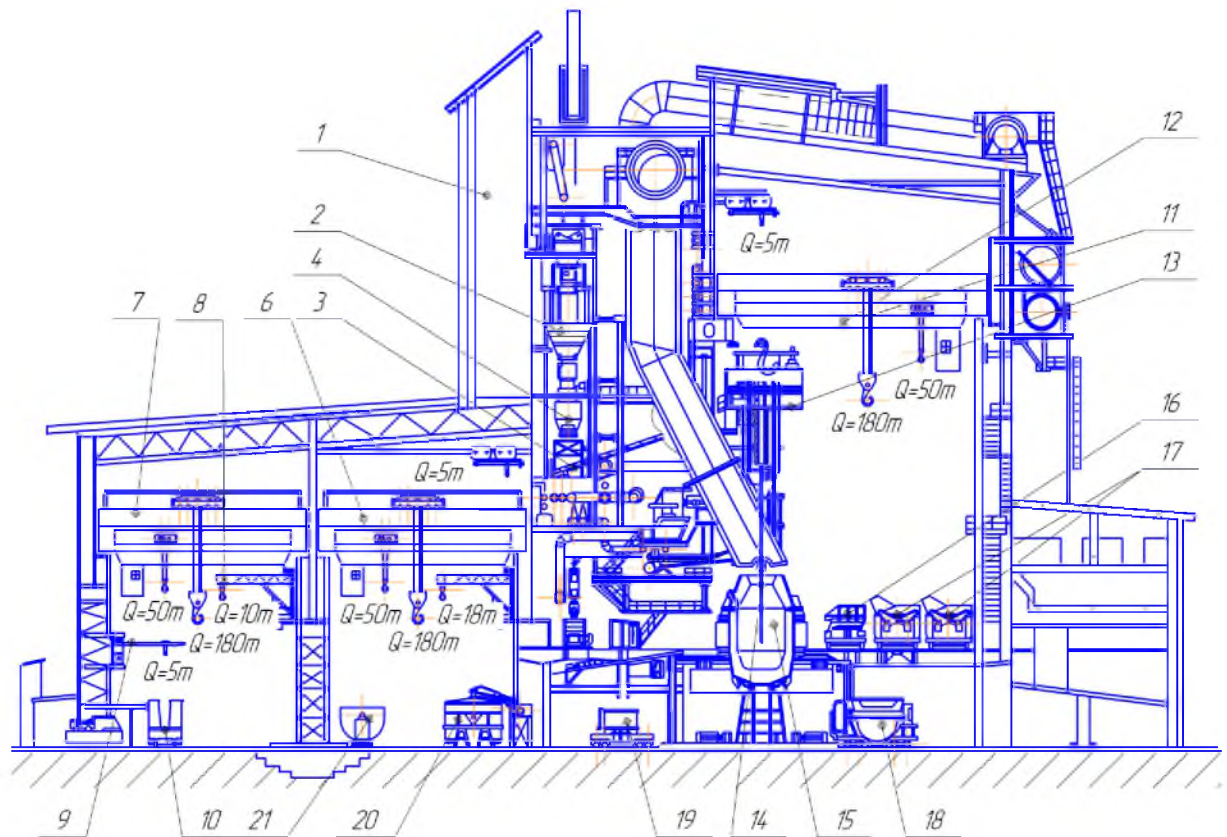


Рис. 1.3 Поперечний розріз головної будівлі конвертерного цеху

- 1 – тракт газовідвідний; 2 – система подачі вапна у конвертер;
 3 – конвеєр подачі вапна; 4 – бункер; 5 – кесон; 6, 7 – крани розливні;
 8, 9 – крани консольні; 10 – виливниця; 11 – механізм головного підйому;
 12 – мост крана заливный; 13 – пристрій подачі кисню в конвертер;
 14 – фурма киснева; 15 – конвертер; 16 – совок; 17 – ковші чавуновозні;
 18 – шлаковоз самохідний; 19 – сталевоз; 20 – стенд для сушки ковшів;
 21 – сталевоз; 22 – чаша для зливу залишків металу

Джерело: розроблено із використанням [1]

У кожному блоці розташовані три конвертери. У конвертерному цеху виконуються такі операції: виплавлення сталі, ремонт і заміна футерування, завантаження бункерів сипкими матеріалами з феросплавами та подача готової сталі в розливне відділення.

Подавання кисню в конвертерне відділення здійснюється через трубопровід. У сам конвертер кисень надходить через фурму, яка являє собою конструкцію з концентричних труб, вставлених одна в одну. Через внутрішню трубу діаметром 180 мм подається кисень, а дві зовнішні труби створюють канали для підведення і відведення води.

Усі необхідні механізми для подавання кисню та управління рухом фурми встановлені на візку, на якому розташовані: механізм підйому фурми, трубопроводи, пристрої для централізованого густого змащення, стенд для заміни фурми, а також візок для гнучких рукавів. Розливне відділення створено для виконання операцій з розливання сталі із сталерозливних ковшів у виливниці.

Розливні площадки розташовані на висоті 3130 мм, і для їхнього обслуговування встановлено три розливні крани. Також під кожною розливною площадкою змонтовано консольно-поворотні крани, призначені для обслуговування й підготовки ковшів. Для ремонту розливних кранів передбачено три дрібнолінійні візки. У зоні поперечних шляхів розміщені спеціальні стенди для сушки сталерозливних ковшів.

Металобрухт доставляють залізницею у відділення магнітних матеріалів та завантажують у приймальні бункери. Для наповнення совків металобрухтом використовують крани з магнітними грейферами. Наповнені совки зважують, встановлюють на скраповіз і транспортують до робочого майданчика або завантажувального прольоту. Подальше завантаження металобрухту в конвертер здійснюється спеціальною завантажувальною машиною.

Чавун привозять у ковшах чавуновозів із доменного цеху до міксерного відділення, де він зливається в стаціонарний міксер за допомогою крана. За необхідності, чавун із міксера відвантажують у ковші самохідних чавуновозів, які доставляють його у завантажувальний проліт до конверторів. Заливання чавуну проводиться заливальним краном.

Сипучі матеріали транспортують до шихтового відділення немагнітних матеріалів залізничним або автомобільним транспортом. Вивантаження матеріалів із залізничних піввагонів відбувається в приймальні бункери з наступним подаванням за допомогою електровібраційних живильників. Доставка матеріалів до витратних бункерів у конверторному корпусі здійснюється нахиленим конвеєрним трактом та реверсивними пересувними конвеєрами. Система вагового дозування і транспортування, яка включає віброживильники, вагові дозатори, конвеєри, проміжні бункери та тічки, забезпечує точне завантаження необхідних порцій шлакоутворювальних матеріалів у конвертер під час процесу плавлення.

Подачу технічно чистого кисню в конвертер здійснюють за допомогою кисневої фурми машиною, підключеною до магістралі, що іде з кисневого цеху.

Під час виробничого процесу сталь випускають із конвертера в сталеразливочний ківш, який встановлюється на сталевозі. Далі ківш доставляють сталевозом до розливних прольотів. У цих прольотах з ковша, переміщеного розливним краном, заливають рідкий метал у виливниці, які розташовані над складом. Після того як злитки затвердіють і кристалізуються, склади везуть локомотивом у стріперне відділення. Тут знімають прибуткові надставки та здійснюють підрив злитків із верхнім або нижнім розширенням. Виливниці з розширенням донизу знімаються з візків і відправляються на підготовку до наступного використання. Усі зазначені операції виконуються за допомогою стріперного крану. Далі склади з виливницями доставляють у нагрівальне відділення обтискового стану. Тут злитки поміщають у нагрівальні колодязі, а виливниці спрямовують на

установку для душирування. Після охолодження виливниці проходять етап очищення та змащування, а потім направляються до відділення підготовки составів. Тут здійснюється очищення, встановлення піддонів, центрових і прибуткових надставок на візки. Підготовані склади повертають у розливне відділення. Таким чином, виливниці проходять повний замкнутий цикл підготовки й повторного використання.

Шлак з конвертера переливають у ківш самохідного шлаковоза, який спочатку доставляє його до шлакового прольоту головного корпусу для перестановки чаші на прибиральний шлаковоз. Після цього шлак транспортують у спеціальне шлакове відділення для охолодження і подальшого дроблення.

Устаткування конвертерного цеху

Міксер

Технічні характеристики міксера:

- Місткість: 1300 т
- Зовнішній діаметр кожуха: 7640 мм
- Довжина по торцевих днищах: 10700 мм
- Кут повороту міксера:
- При повному зливі чавуну – 45°
- Експлуатаційний – 30°
- Глибина ванни: 4490 мм
- Потужність приводу:
- Для нахилу – 50 кВт
- Для відкриття кришки заливального вікна – 5 кВт
- Для відкриття заслінки зливного носка – 2,2 кВт
- Маса без футерування: 330 т

Конвертер

Конвертерний цех включає шість конвертерів місткістю по 160 тонн кожен.

Корпус конвертера має глухонну зварну конструкцію з водоохолоджувальним шоломом, закріпленням на горловині. Кріплення корпусу в опорному кільці виконане за допомогою шістнадцяти кронштейнів, прикріплених з обох боків кільця. Верхні кронштейни фіксують корпус до верхнього пояса опорного кільця, тоді як нижні, з похилими площинами, розташовані в контакті з кутовими черевиками. Правильний вибір кутів нахилу контактних поверхонь нижніх опор забезпечує надійну фіксацію і виключення деформацій як опорного кільця, так і корпусу під час нагрівання. Всі вузли кріплення захищені спеціальними кожухами від попадання металу та шлаку. Цапфові плити закріплені до півкільць за допомогою шпильок. Конвертери встановлені на міцних зварних станинах, а приводи механізмів для їх повороту розміщені на окремих рамах. З'єднання з цапфами опорного кільця забезпечують універсальні шпинделі, які виконують роль компенсуючих з'єднувальних муфт.

Технічні характеристики конвертера

Місткість: 160 т

Внутрішній об'єм: 135 м³

Питома вага: 0,84 м³/т

Внутрішні розміри за футеровкою: 5450×7275 мм

Габаритні розміри: 14000×7680 мм

Маса футеровки: 926 т

Частота обертання:

- Номінальна: 1,09 об/хв
- Мінімальна: 0,026 об/хв

Електродвигуни:

- Потужність: 4×150 кВт
- Частота обертання: 950 об/хв

Передатні числа:

- Швидкохідного редуктора: 92,25

- Тихохідного редуктора: 10
- Загальне: 922,5

Сталевоз

Сталевоз призначений для транспортування сталерозливочних ковшів під конвертер, переміщення ковшів під струменем металу під час зливу сталі з конвертера та доставки ковша з рідким металом до розливного прольоту. Він є самохідним візком, що рухається по рейках КР-120.

Основні складові сталевоза включають раму, механізм пересування, струмоприймач, стаціонарні шкрябані, автозчеплення та кабельну розводку.

Технічна характеристика сталевозу

Вантажопідйомність, т: 180

База візка, мм: 6500

Колія візка, мм: 3600

Діаметр ходових коліс, мм: 1000

Швидкість руху, м/хв: 2,5-6

Вид струму: постійний

Маса без ковша, т: 39,4

Маса з ковшем, т: 84,5

Самохідний шлаковоз

Самохідний шлаковоз призначений для подачі шлакових чаш до конвертора та перевезення рідкого шлаку. Конструкція шлаковоза включає раму з ходовими колесами, ківш, механізми пересування, підйомний і стаціонарний скребки, струмоприймач і кабельну розводку.

Технічна характеристика шлаковозу

Вантажопідйомність, т: 65

База візка, мм: 5000

Колія візка, мм: 3600

Діаметр ходових коліс, мм: 800

Швидкість руху, км/год: 3,8

Вид струму: змінний

Маса з футеруванням, т: 33,5

Повна маса, т: (не вказано)

Домкратний візок

Домкратний візок використовується для монтажу та демонтажу днища конвертера під час ремонту футерування. Конструкція візка включає зварну раму, баланси з колесами, гідравлічний домкрат та насосну установку. Також візок оснащений механізмом автозчеплення. Установка візка здійснюється за допомогою крана на залізничну колію, після чого він транспортується сталевозом під конвертер.

Технічні характеристики домкратного візка:

Зусилля на підйомному столі: 150 т

Маса днища, що підіймається: 31 т

Швидкість підйому столу: 0,34 м/хв

Робочий хід столу: 1385 мм

Максимальний хід столу: 1540 мм

Колія візка: 3600 мм

Діаметр гідроциліндра: 800 мм

Габарити машини (довжина × ширина × висота): 7310 × 6000 × 3980 мм

Маса домкратного візка: 55,4 т

Телескопічний підйомник

Телескопічний підйомник призначений для виконання робіт, пов'язаних з укладкою футерування конвертера. Його конструкція включає передавальну платформу, гідропривод, телескопічний гідроциліндр, робочий

майданчик, підйомний механізм із люлькою, канатний привід, а також пристрій для запобігання розвороту робочого майданчика.

Технічні характеристики підйомника:

Вантажопідйомність робочої платформи становить 5000 кг.

Сам підйомник розрахований на вантажопідйомність до 2000 кг.

Ширина колії візка складає 3600 мм, а його база — 4000 мм.

Робочий тиск рідини у гідросистемі дорівнює 3,5 МПа, тоді як хід гідроциліндра сягає 7500 мм.

Швидкість підйому платформи — 0,98 м/хв, при цьому максимальна швидкість опускання досягає 2 м/с.

Повний підйом платформи триває 7,65 хв, а загальна маса машини становить 290000 кг.

Самохідний чавуновоз:

Цей чавуновоз обладнаний ковшем на 140 тонн і побудований на основі зварної рами, що спирається на балансири. В конструкцію входять два механізми для пересування, скребковий механізм і струмоприймальні пристрої. Верхня частина рами захищена вогнетривкою цеглою від бризок розплавленого металу, що забезпечує її довговічність та безпеку експлуатації.

Машина для набивання футерування сталерозливних ковшів "Орбіта":
До складу цієї машини входять портал із пересувним механізмом, рухома колона з роликовою опорою, поворотна платформа з механізмами для вертикального переміщення й обертання, каретка, піскомет, секційний рухомий шаблон, пристрій для радіального переміщення шаблону, а також система подачі вогнетривкої маси.

Технічні характеристики машини:

– Швидкість пересування: 10 м/хв

- Місткість бункера: 28 м³
- Тривалість завантаження: 40 хв
- Потужність електродвигунів: 186 кВт
- Маса машини із завантаженим бункером: 140 т

Крім того, в конвертерному цеху наявне таке обладнання:

- Електромотові крани з вантажопідйомністю від 15 до 225 т у кількості 43 одиниці
- Сталеразливочні ковші об'ємом 160 т – 46 одиниць
- Екскаватор ЕКГ-5А з ковшем об'ємом 4,6 м³
- Шлаковози об'ємом 16 м³
- Тракт для подачі сипких матеріалів довжиною 3 км, що складається з ланцюга похилих конвеєрів і перевантажувальних вузлів

1.2 Призначення та область застосування комплексу підготовки та подачі реагентів в чавуновозний ківш

Для забезпечення виробництва високоякісної сталі значного поширення набула позапічна обробка чавуну. Основна її мета полягає у зниженні вмісту шкідливих компонентів, зокрема сірки, у складі чавуну. Зазвичай така обробка здійснюється на спеціалізованих установках, які розташовуються у доменних цехах. На сьогоднішній день вимоги до якості чавуну значно підвищилися, і крім проведення десульфурації, виникла необхідність стабілізації вмісту інших елементів у складі чавуну.

З огляду на це, доцільно виконувати обробку чавуну для покращення його якості безпосередньо у міксерному відділенні сталеплавильного цеху шляхом вдування різноманітних порошкоподібних добавок.

1.3 Технічна характеристика

1. Об'єм бункера для вапна, м ³	38
2. Розмір часток порошку вапна, мм	0,01

3. Швидкість подачі, кг/хв	200
4. Глибина занурення фурми, м	1,8
5. Витрата стисненого повітря, м ³ /кг вапна	0,002–0,003
6. Витрата вапна, кг/т чавуну	7,8
7. Тривалість продування одного ковша, хв	2–15
8. Кількість ковшів, що обробляються одночасно, шт	3

1.4 Опис базової конструкції

Устаткування для десульфурзації розміщене в однопролітній металевій конструкції (рис. 1.4). Кількість секцій для обробки чавуну залежить від числа ковшів, які одночасно підлягають продуванню [2].

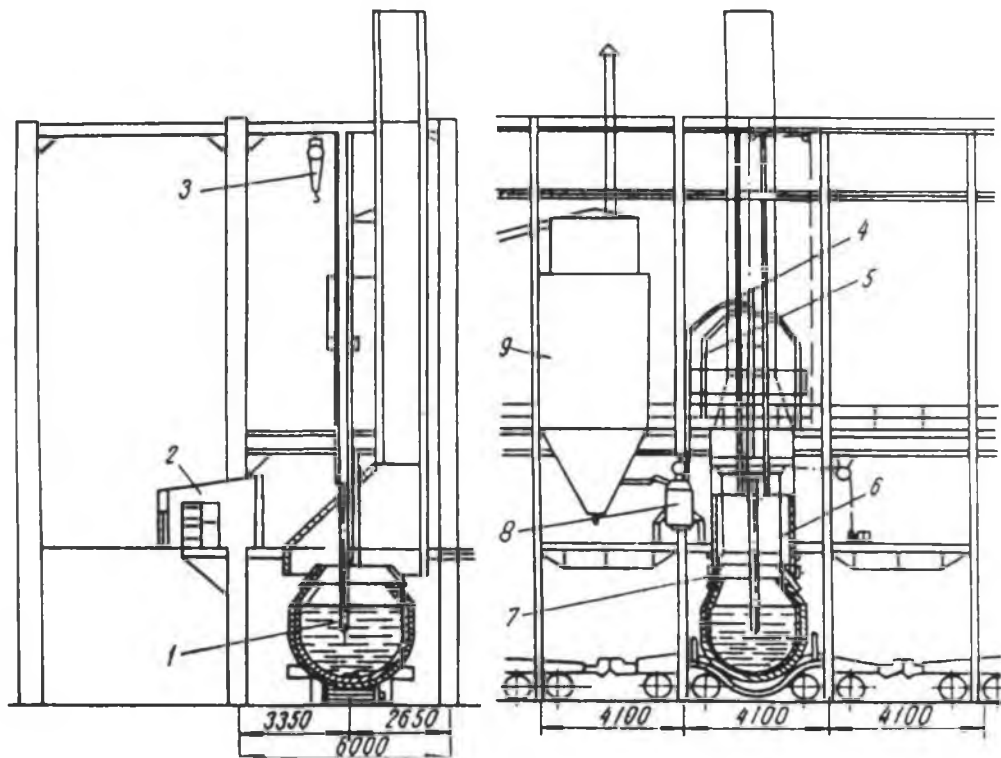


Рис. 1.4 Установа для внедоменной десульфурзації чавуну

1 – фурма занурення; 2 – пульт управління; 3 – електротельфер для заміни фурм; 4 – підведення вапна до фурми; 5 – підведення води на охолодження; 6 – парасолька; 7 – водоохолоджуваний шлакоотбойник; 8 – живильник вапна; 9 – бункер для вапна

Джерело: розроблено із використанням [2]

У кожній секції передбачено бункер об'ємом 38 м³ для зберігання вапна. Порошок вапна з розміром часток 0,01 мм доставляється автоцементовозами і завантажується в бункер. Звідти матеріал подається до живильника, де формується суспензія, що автоматично транспортується до фурми. Швидкість подачі становить до 200 кг на хвилину, глибина занурення фурми – до 1,8 м, а витрата стисненого повітря – від 0,002 до 0,003 м³ на 1 кг вапна. Завдяки невеликій витраті повітря вдається звести до мінімуму втрати металу через розбризування та теплові втрати. Після завершення продування подача вапна припиняється, а трубопровід та фурма очищаються від залишків матеріалу. Кількість вдуваного пилу контролюється за масою. Фурма з'єднана із живильником за допомогою гнучкого шланга і переміщується по жорстких спрямовуючих за допомогою спеціальної каретки з підйомним механізмом. Ресурс фурми дозволяє здійснити 250–300 занурень. Для запобігання виплескам металу під час продування ківш накривається водоохолоджуваним шлакоотбойником. Для відведення газів, що утворюються під час обробки чавуну, над ковшем встановлено парасольку з газоходом. Управління подачею вапна і повітря до фурми, а також роботою механізмів маніпуляції фурмою і шлакоотбойником здійснюється дистанційно з пульта управління. Тривалість обробки одного ковша варіюється від 2 до 15 хвилин.

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків

До недоліків конструкції описаної установки для використання в сталеплавильному цеху можна віднести такі аспекти: – при тривалому зберіганні мілкодисперсного меленого вапна в бункері значного об'єму відбувається його поступова гідратація через вологу, що міститься в повітрі. Це призводить до утворення грудок і створює труднощі під час пневмотранспортування. Ситуацію ускладнює той факт, що подрібнення і

використання вапна проходять у різних місцях, що вимагає перевантаження і транспортування матеріалу автоцементовозами;

– установка забезпечує зберігання і подачу виключно одного виду порошкового матеріалу;

– для помелу вапна у вапняних цехах використовуються кульові млини, які характеризуються високим енергоспоживанням, значною вартістю, металоємністю, складною конструкцією і потребують створення спеціальних фундаментів для монтажу.

1.6 Формування мети та задач для її досягнення

Аналіз недоліків конструкції підготовки та подачі реагентів в чавуновозний ківш свідчить про потребу впровадження сучасних технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи обладнання. З огляду на поставлену мету, необхідно виконати наступні завдання:

1. Здійснити аналіз стану існуючих інноваційних рішень для визначення новітніх технічних рішень.

2. Обґрунтувати вибір оптимальних рішень щодо конструкції установки.

3. Виконати технічні розрахунки, що підтвердять раціональність запропонованих рішень.

4. Розробити рекомендації з обслуговування та ремонту оновленої машини.

5. Підготувати комплект основної конструкторської документації.

6. Провести оцінку ключових показників та заходи щодо організації безпечного виробництва, зумовлених впровадженням проекту.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

Останнім часом з'явилися методи подрібнення, які ґрунтуються на принципово нових механізмах руйнування гірських порід, що відрізняються від традиційних, застосовуваних у барабанних млинах.

Ці підходи реалізуються в конструкціях таких видів млинів, як:

- струменеві
- планетарні
- баштові
- відцентрово-роторні
- млини інтенсифікованого помелу (МІП)
- млини типу "МАЯ"
- вібраційні

Струменеві млини працюють за принципом використання енергії стислого газу. При розширенні в соплах цей газ набуває високої швидкості, що сприяє розгону частинок матеріалу для подрібнення. Частинки, отримуючи прискорення, руйнуються при взаємодії з перешкодами або при зіткненні у протилежно направлених газових струменях.

Основні переваги струменевих млинів:

- низька металоємність
- чітка класифікація частинок за розмірами
- однорідність отриманого продукту
- мінімальне забруднення подрібненого матеріалу апаратним залізом
- можливість суміщення подрібнення з іншими технологічними процесами, такими як сушка чи випалення
- селективність розкриття зростків
- зниження переподрібнення та утворення шламообразувань
- відсутність рухомих частин, що підвищує надійність конструкції.

При використанні струменевого подрібнення руд у дослідженні [1] зазначено, що такий метод дозволяє отримати продукцію необхідного тонкого помелу (до 100% часток розміром менше 44 мкм) як для міцних, так і для м'яких руд. Подрібнений матеріал відрізняється зниженим утворенням шламів. Однак, через високі питомі енерговитрати (в 1,5-2 рази більші порівняно з кульовим способом подрібнення), використання струменевого подрібнення вважається доцільним і перспективним лише за умови значного економічного ефекту на подальших етапах обробки, який перевищуватиме додаткові витрати на рудопідготовку.

У районах з обмеженими водними ресурсами газоструменеве подрібнення руд під час їх збагачення може бути економічнішою альтернативою традиційному мокрому подрібненню у стрижньових млинах [2, 3].

Планетарні млини. Планетарний млин можна описати як різновид кульового млина, який обертається не лише навколо своєї осі, але й рухається по круговій траєкторії. Його основною перевагою є значно вища (в десятки разів) питома продуктивність у створенні нового класу заданої зернистості порівняно зі звичайними кульовими млинами. Однак цей тип обладнання має серйозні недоліки, зокрема надмірний знос елементів, що мелють, а також складності з безперервним завантаженням та розвантаженням матеріалу. Через це планетарні млини не отримали поширення в промисловому виробництві. На сьогодні ці млини здебільшого використовуються для помелу в лабораторних умовах чи для механохімічної активації перед проведенням гідрометалургійних процесів. Переважно застосовуються лабораторні або напівпромислові моделі таких млинів [4].

Баштові млини призначені для тонкого подрібнення мінералів. Вони працюють на основі сил тертя та розчавлювання, що забезпечує отримання частинок у розмірному діапазоні від 1 до 100 мкм, відповідаючи вимогам до дрібного подрібнення. Продуктивність стандартної моделі такого млина

може досягати 50 т/год, а за потреби можлива розробка конструкцій із продуктивністю до 100 т/год.

У порівнянні з кульовими млинами, баштові млини мають менше енергоспоживання. Наприклад, для подрібнення вапняку розміром 16 ± 0 мм до частинок, з яких 95% мають розмір менше 0,044 мм, баштовий млин продуктивністю 22,5 т/год споживає 96,9 кВт-год. Натомість кульовий млин за аналогічних умов витрачає 196,4 кВт-год.

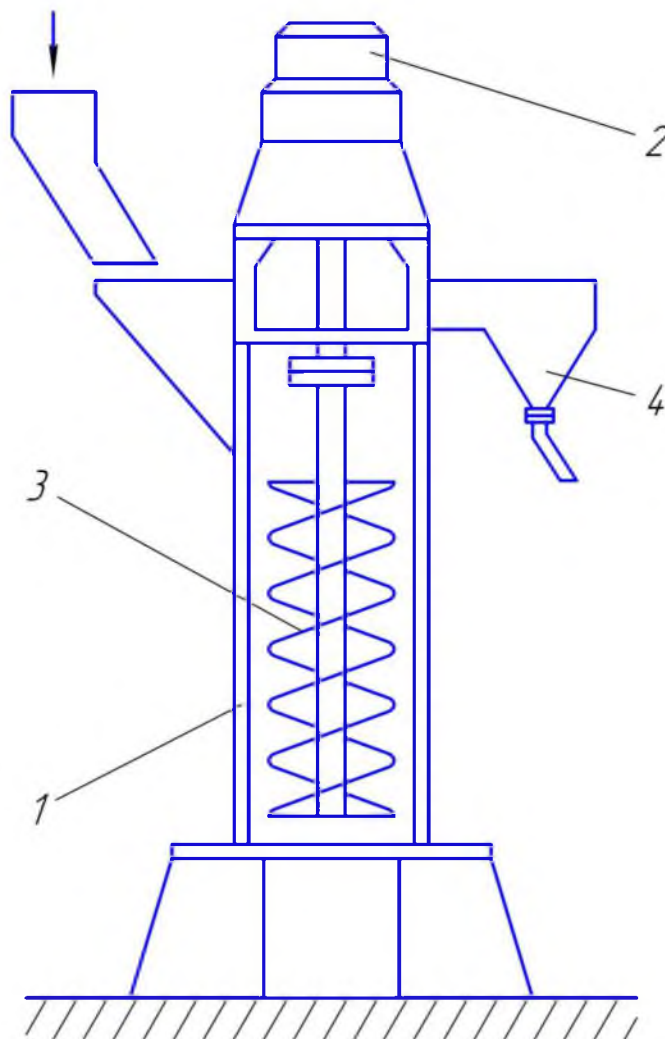


Рис. 2.1 Загальний вид баштового млина для тонкого подрібнення мінеральної сировини

1 – корпус; 2 – привід; 3 – шнек, 4 – розвантажувальний пристрій

Джерело: розроблено із використанням [4]

Подрібнення в баштовому млині здійснюється всередині вертикальної подрібнювальної камери за допомогою гвинтової мішалки та кульового завантаження.

Як подрібнююче середовище можуть використовуватися сталеві кулі, керамічна або природна галька. Процес подрібнення відбувається шляхом стирання, спричиненого відносним рухом матеріалу та подрібнюючого середовища. Тонко подрібнений матеріал виноситься через поріг і розподіляється в класифікуючій системі.

На сьогоднішній день у Японії виготовлено понад 280 промислових баштових млинів, де як подрібнююче середовище застосовуються сталеві кулі, галька або руда. Конструкція такого млина є досить простою: це вертикальний циліндр із додатковим отвором для ремонту та зносостійкою мішалкою або шнеком. Внутрішня поверхня камери подрібнення захищена ґратами. Ці ґрати виконують подвійну функцію: утримують подрібнюючі кулі та запобігають зносу футерування. Сировина подається в млин зверху, а вже подрібнена дрібна фракція піднімається догори та вивантажується в конусний класифікатор. Завдяки відсутності ударної дії максимальний розмір завантажуваних часток не повинен перевищувати 5 мм, а граничний діаметр куль для завантаження становить 25 мм.

Для досягнення ультратонкого рівня подрібнення можна застосовувати більш дрібне подрібнювальне середовище. Особливістю баштових млинів є значна висота в поєднанні з невеликим діаметром, що забезпечує високий тиск шару подрібнювальних куль. Великі промислові установки з великою висотою характеризуються меншим споживанням енергії на одиницю маси руди завдяки підвищеному тиску. Однак існує межа висоти млина, після якої коефіцієнт корисної дії перестає зростати.

Стандартний японський баштовий млин для мокрого подрібнення працює в замкнутому циклі разом із конусним сепаратором. Вона може функціонувати в різних режимах технологічного циклу, таких як відкритий

цикл із розвантаженням через дно або замкнутий цикл з використанням класифікатора.

У Японії понад 20 баштових млинів застосовуються для подрібнення вапняку, який використовується в скруберах систем десульфуризації вихідних газів. Розмір частинок, що подаються в млин, становить 6,5 мм, а отримуваний продукт містить до 95% частинок менших за 0,044 мм. Енергоспоживання при цьому складає приблизно половину від витрат звичайного кульового млина.

Вібраційні млини є важливим елементом сучасної гірничодобувної технології. Перший патент на такий млин було отримано в Німеччині у 1909 році, і з того часу промисловий випуск цих пристроїв активно триває за кордоном вже понад пів століття. Водночас на теренах СНД серійне виробництво вібраційних млинів промислових розмірів досі не налагоджене.

З постійним зростанням обсягів видобутку важкозбагачуваних руд, які вимагають надтонкого подрібнення до розміру частинок менше 40 мкм, гірничодобувна промисловість потребує обладнання з більш ефективними та інтенсивними засобами роботи, ніж традиційні кульові млини. До таких сучасних систем належать саме вібраційні млини. Зарубіжні дослідження підтверджують, що їх питома продуктивність у кілька разів перевищує продуктивність кульових млинів. Завдяки цьому, за однакової продуктивності, металоємність вібраційних млинів є меншою в 4-5 разів, а їх загальні габарити — у 2-3 рази. Деякі моделі досягають споживаної потужності від 500 до 1000 кВт.

Конструкція і принцип дії вібраційного млина досить прості. Він складається з однієї або кількох камер, заповнених подрібнювальним середовищем (кулями, цильпесами чи стрижнями), разом із подрібнюваним матеріалом та, у випадку мокрого подрібнення, водою. Дія млина ґрунтується на періодичному вібраційному переміщенні камери (у разі рухомої робочої камери) або ж спеціальних деталей усередині нерухомої камери. Процес

подрібнення може здійснюватися в одному з двох режимів: переривчастому чи безперервному, залежно від потреб виробництва.

Наразі промислові зразки вібротолінів виробляються в таких країнах, як США, Німеччина, Японія, Швеція та інших. Наприклад, у Німеччині випускають кілька моделей вібротолінів різних типорозмірів. Зокрема, вібротоліна Палла 65У, який має дві трубчасті помольні камери, оснащений двигуном потужністю 175 кВт. Внутрішній діаметр його камер становить 650 мм, маса помольних тіл становить до 9 тонн при коефіцієнті заповнення 0,65. Частота коливань двигуна досягає 1000 на хвилину з амплітудою 5–6 мм. Маса млина без помольних тіл складає 11 тонн. Такі млини використовуються для подрібнення різних матеріалів, зокрема золотоносного піску, хромітової руди, фериту барію, шлаків, магнезиту, карбіду кремнію та різних вогнетривких матеріалів.

У залізорудній промисловості вібротоліни мають перспективи використання для тонкого подрібнення класифікованих проміжних продуктів збагачення в доводочних операціях. Однак необхідно провести додаткові дослідження для вивчення процесу віброподрібнення з метою підвищення вибіркової руйнування зростків (великих частинок) промислових продуктів порівняно з традиційним кульовим подрібненням.

Млин інтенсифікованого розмолу (МІР) є прикладом барабанного млина, всередині якого нерухомо встановлений робочий елемент – інтенсифікатор.

При надкритичній швидкості обертання барабана млина матеріал притискається до стінок обичайки, утворюючи клиноподібну зону зі взаємодією з поверхнею робочого органу. У цій зоні матеріал піддається інтенсивному розчавлюванню і стиранню, що значно підвищує ефективність процесу подрібнення. Основна перевага технології подрібнення в млині МІР у порівнянні з традиційними методами полягає в тому, що матеріал дробиться в умовах посиленого стирання із одночасним розчавлюванням. Це

забезпечує вищий рівень продуктивності та якості готового продукту. Напівпромислові випробування дослідного зразка млина проводилися на фабриці імені Артема в об'єднанні Южуралзолото. Як сировина використовувалася золотовмісна руда розміром менше 14 мм із коефіцієнтом по шкалі Протодьяконова у межах 16–18 [2].

Результати випробувань продемонстрували, що при роботі млина в діапазоні від однієї до трьох надкритичних частот обертання його продуктивність і енергоспоживання можуть зростати на порядок у порівнянні з кульовими млинами аналогічних параметрів. У 1987 році на експериментальному виробництві інституту "Механобрчормет" був протестований дослідний зразок млина МІР із барабаном діаметром 500 мм і довжиною 650 мм. Випробування проводилися на магнетитових кварцитах ЮГОКа розміром до 16 мм у відкритому циклі. При зміні продуктивності щодо вихідної руди від 0,2 до 0,1 т/год, зі відносною частотою обертання барабана від 1,75 до 2,0 критичної та масовою часткою твердого в млині від 16,0 до 65,8%, подрібнений продукт демонстрував приріст фракції менше 0,044 мм від 20,0 до 62,5%. Питомі енерговитрати на готовий клас варіювалися в межах 27,8–93,0 кВт·год/т.

Отримані результати свідчать про значне збільшення (до 62,5%) виходу готового продукту в подрібненому вигляді. Однак процес супроводжується високою питомою витратою електроенергії (27,8-93,0 кВт·год/т) та значним зношуванням робочих елементів млина. У зв'язку з цим експериментальні дані підтверджують, що подрібнення в млині МІР, засноване на дотичних зусиллях у внутрішніх шарах руди, є доцільнішим для стадій тонкого

подрібнення. Це особливо актуально при доподрібненні проміжних продуктів у багатоступневих схемах збагачення залізної руди.

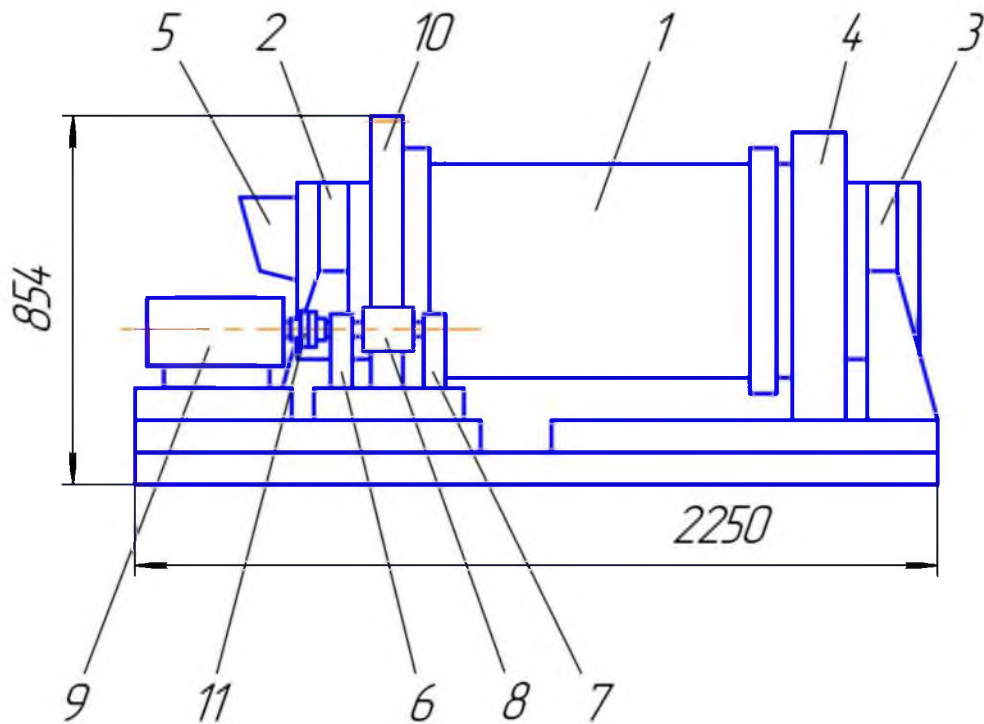


Рис. 2.2 Млин інтенсифікованого розмолу МІР 500×650

1 – барабан; 2,3 – передня и задня опори; 4 – розвантажувальний кожух;
5 – завантажувальна воронка; 6,7 – опори валу-шестерні; 8 – вал-шестерня;
9 – двигун; 10 – вінцева шестерня; 11 – муфта

Джерело: розроблено із використанням [4]

Попередні випробування процесу доподрібнення промпродукту у замкнутому циклі з гідроциклоном із використанням як подрібнюючого середовища роздробленої руди розміром 16-5 мм (дрібніший клас, менший за 5 мм, було видалено шляхом грохочення) дали обнадійливі результати. Зокрема, приріст вмісту класу меншого за 0,044 мм склав 27,3%: масова частка цього класу зросла з 70,1% у вихідному матеріалі до 97,4% після доподрібнення.

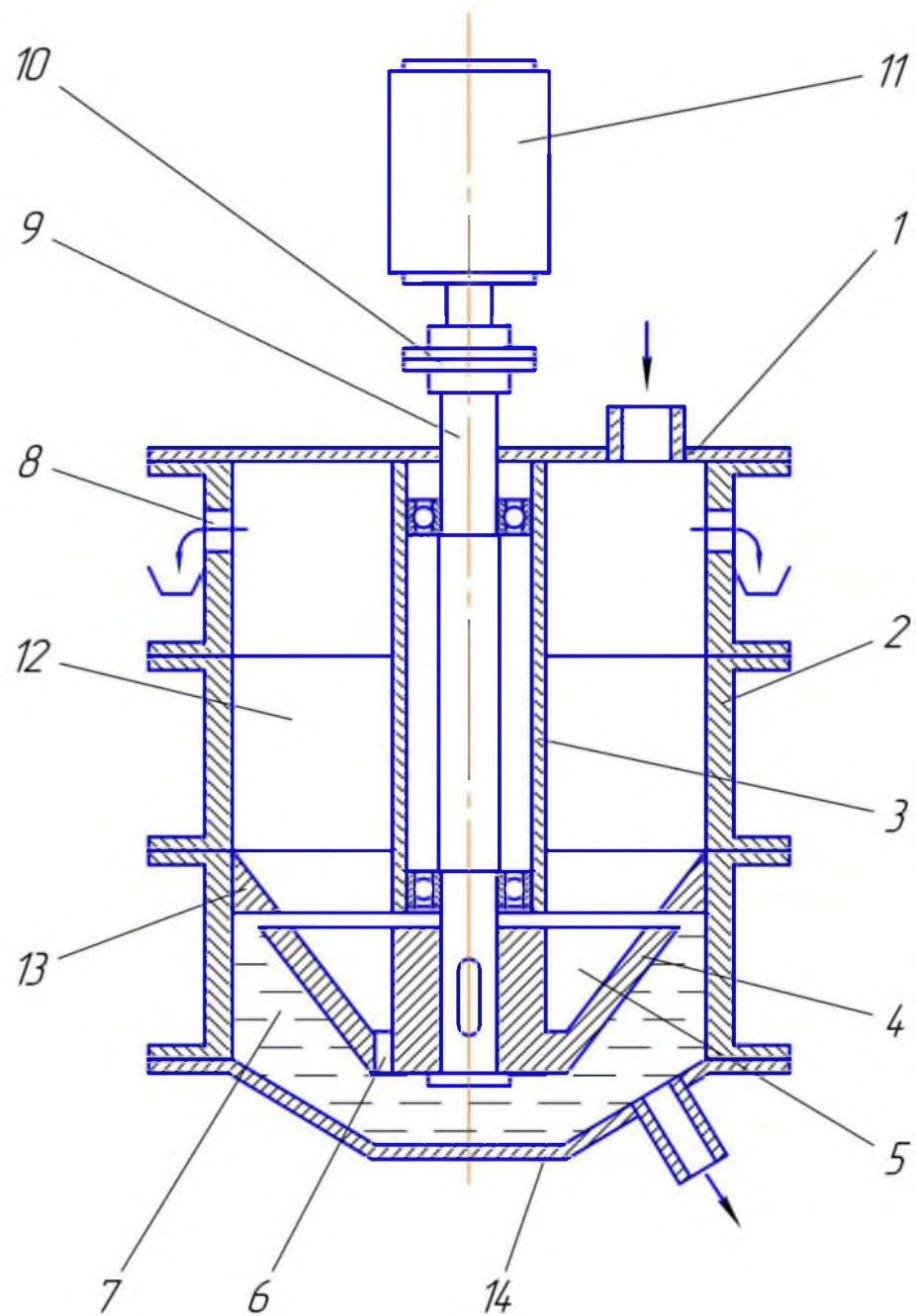
Млин динамічного самоподрібнення (МАЯ) представляє собою новітню технологію в сфері подрібнення мінеральної сировини. Унікальність цього методу полягає у формуванні матеріалу, що підлягає руйнуванню, у вигляді вертикального циліндричного стовпа. Нижня частина стовпа приводиться в рух чашоподібним ротором, який має внутрішню порожнину, поділену на секції за допомогою вертикальних перегородок.

Застосування динамічного самоподрібнення відбувається за допомогою спеціалізованого обладнання типу "МАЯ" (рисунок 2.3) [11].

Цей метод успішно випробовувався на дослідно-промислових установках для подрібнення різних видів мінеральної сировини: марганцевої руди на заводі "Електроцинк" (місто Орджонікідзе), мідної руди на збагачувальній фабриці Урупського гірничо-збагачувального комбінату (Північний Кавказ), антрациту та нафтового коксу на електродному заводі в Запоріжжі тощо [12].

Протягом промислових випробувань машин серії "МАЯ" (зокрема, МАЯ-3, МАЯ-Р4,5, МАЯ-Р6, МАЯ-К10) було досягнуто значно кращих результатів у порівнянні з існуючим подрібнювальним обладнанням.

При порівнянні питомих показників продуктивності експериментальної моделі МАЯ-Р6, встановленої на збагачувальній фабриці Урупського Гока, із характеристиками кульових млинів, чітко визначена перевага більш інтенсивного процесу динамічного самоподрібнення. Питома продуктивність для початкової руди у моделі МАЯ-Р6 становила близько $3,7 \text{ т}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$, тоді як у промислових барабанних млинів МШР-3200×3100, що працюють на першій стадії збагачення, цей показник складав орієнтовно $2,3 \text{ т}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$.



**Рис. 2.3 Барабан млина динамічного самоподрібнення
типу "МАЯ" в розрізі**

1 – лоток; 2 – корпус; 3 – вертикальний циліндр; 4 – чашоподібний ротор;
5 – перегородки; 6 – отвори для подачі води; 7 – ємність; 8 – зливні отвори;
9 – головний вал; 10 – муфта; 11 – електродвигун; 12 – перегородки;
13 – конусоподібний виступ; 14 – дно

Джерело: розроблено із використанням [4]

У рамках діяльності ОП ОСКТБ інституту Механобрчермет були проведені випробування млина динамічного самоподрібнення типу МАЯ-К10. Метою досліджень стала перевірка працездатності млина МАЯ при подрібненні магнетитових кварцитів та визначення ефективності процесу в умовах мокрого помолу. У межах експерименту був випробуваний зразок млина промислового розміру на руді, що видобувається на кар'єрі ЮГОКу. Результати випробувань засвідчили досягнення максимальної продуктивності по початковій руді на рівні 6,6 т/год при споживаній потужності 58 кВт, що відповідає 77,2% від номінальної потужності двигуна млина.

Текст описує резерв потужності млина та потенціал підвищення його продуктивності за існуючих конструктивних і технологічних умов роботи. Однак реалізація цього потенціалу ускладнена через заклинювання робочих органів млина та неможливість запуску при утворенні завалу. Під час випробувань максимальна питома продуктивність по початковій руді досягла 2,87 т/(м³·год), що на 20-30% перевищує аналогічний показник млинів самоподрібнення типу ММС-90×30А. Водночас питома продуктивність по класу частинок розміром менше 0,07 мм становила від 0,05 до 0,28 т/(м³·год), що в середньому приблизно в 10 разів нижче порівняно з такими ж млинами самоподрібнення.

Результати випробувань також показали, що питома витрата електроенергії на один тону початкової руди варіювалася від 4,95 до 8,82 кВт·год/т, тоді як для частинок класу менше 0,07 мм — від 71,0 до 152,7 кВт·год/т. Це свідчить про те, що показники енергоспоживання млинів динамічного самоподрібнення для початкової руди співмірні з традиційними барабанными млинами самоподрібнення, але для отриманого класу частинок вони суттєво вищі.

Відцентрові дробарно-подрібнювальні апарати активно розробляються за кордоном і основу їх дії становлять різні принципи. Одним з них є метод функціонування відцентрових млинів з розгінним ротором. У цьому випадку

руда, потрапляючи на горизонтально обертовий диск, захоплюється радіальними лопатками і силою відкидається на відбійну плиту, де відбувається її руйнування.

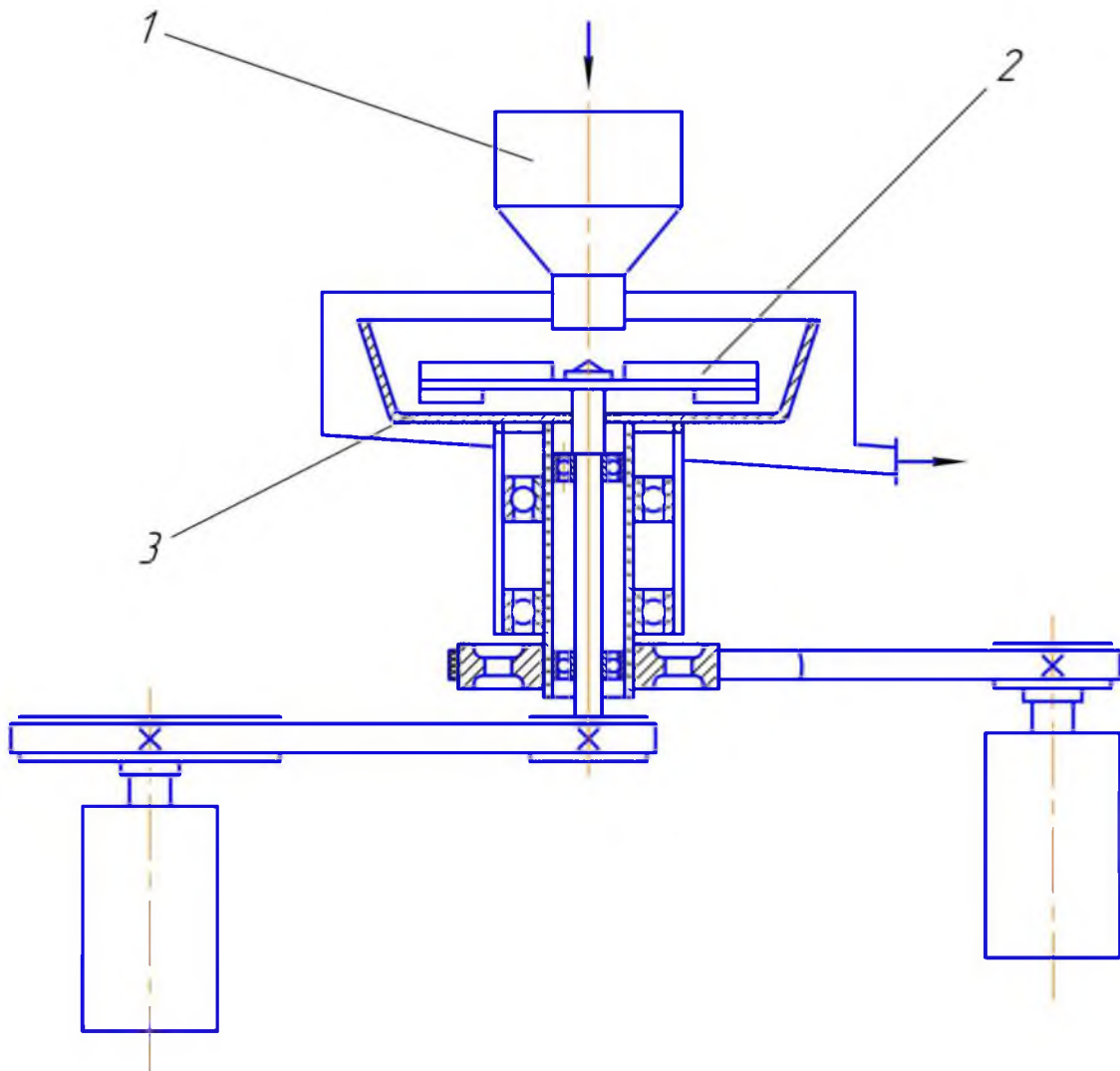


Рис. 2.4 Принципова схема відцентрово–роторного швидкісного подрібнення в млині з обичайкою, що обертається

1 – завантажувальний бункер; 2 – ротор; 3 – обичайка

Джерело: розроблено із використанням [5]

Технологічні переваги цього методу руйнування досягаються завдяки більш вибіркового розкриттю мінеральних зерен, які складають руду, що, у

свою чергу, забезпечує вищі показники ефективності збагачення. Такі машини зазвичай характеризуються меншою металомісткістю та енергоспоживанням у порівнянні з традиційним обладнанням для дроблення або подрібнення [14].

Основним недоліком цих пристроїв є передача значних вібрацій на фундамент та опори через технологічні та конструктивні дисбаланси робочого органу. Однак останнім часом активно ведуться роботи з усунення цього недоліку, що робить розробку та впровадження відцентрових дробильно-подрібнювальних апаратів ще більш перспективними для промислового застосування.

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

У цій магістерській кваліфікаційній роботі пропонується створити систему для наступної підготовки та подачі вапна і інших матеріалів у чавуновозний ківш із використанням відцентрового млина для помелу вапна.

Заплановано розміщення установки у міксерному відділенні конвертерного цеху, у спеціально облаштованому укритті, яке дозволяє обслуговувати ковші на двох залізничних коліях.

Основним елементом системи є відцентровий млин, який забезпечує швидкісний помел вапна.

Крім того, система передбачає подачу вже готових порошкових матеріалів (пасивованого магнію, дрібнодисперсної окалини), що зберігаються в призначених для цього бункерах.

Розташування установки безпосередньо в сталеплавильному цеху, а не в доменному, забезпечує можливість своєчасного коригування якості чавуну, який постачається з доменних цехів.

Призначення установки для підготовки та подачі вапна та інших матеріалів до чавуновозного ковша із застосуванням технології помелу у відцентровому млині.

Схематичне зображення установки представлено на рисунку 2.5. Вона складається з таких основних елементів: портал (поз. 2), встановлений на фундаменті й розташований в укритті поблизу в'їзду до міксерного відділення. Портал, виконаний із металоконструкцій, оснащений зверху рейкошпальними ґратами (поз. 3) і підтримується шістьма опорами великого діаметра. По рейках порталу рухається візок (поз. 1), здатний займати два положення для обслуговування чавуновозних ковшів, які подаються по різних залізничних коліях. На візку (зображення на рисунку 2.6) розміщені такі ключові механізми та вузли установки:

- механізм пересування;
- механізм підйому фурми;
- відцентровий подрібнювач;
- гвинтові живильники;
- бункер для вапна;
- бункери для готових порошків;
- ежектор.

Процес роботи установки відбувається наступним чином. Спершу, за допомогою механізму пересування візок розташовується точно над чавуновозним ковшом так, щоб осі ковша і фурми були вирівняні. Далі за допомогою механізму підйому здійснюється опускання фурми у ківш. Кришка, призначена для закриття верхньої частини ковша під час його обробки, накриває ківш і залишається в цьому положенні протягом усього процесу. Фурма ж опускається на необхідну глибину під дією власної ваги.

Система функціонує аналогічно. Механізм пересування розташовує візок над чавуновозним ковшом так, щоб осі обох елементів співпадали. Опускання фурми у ківш виконується за допомогою відповідного підйомного механізму. У цей час кришка накриває верхню частину ковша, забезпечуючи його повне закриття, а фурма поступово опускається на потрібну глибину під власною вагою.

Робота установки ґрунтується на такому ж принципі. Механізм пересування вирівнює положення візка над чавуновозним ковшем таким чином, щоб осі обох елементів збігалися.

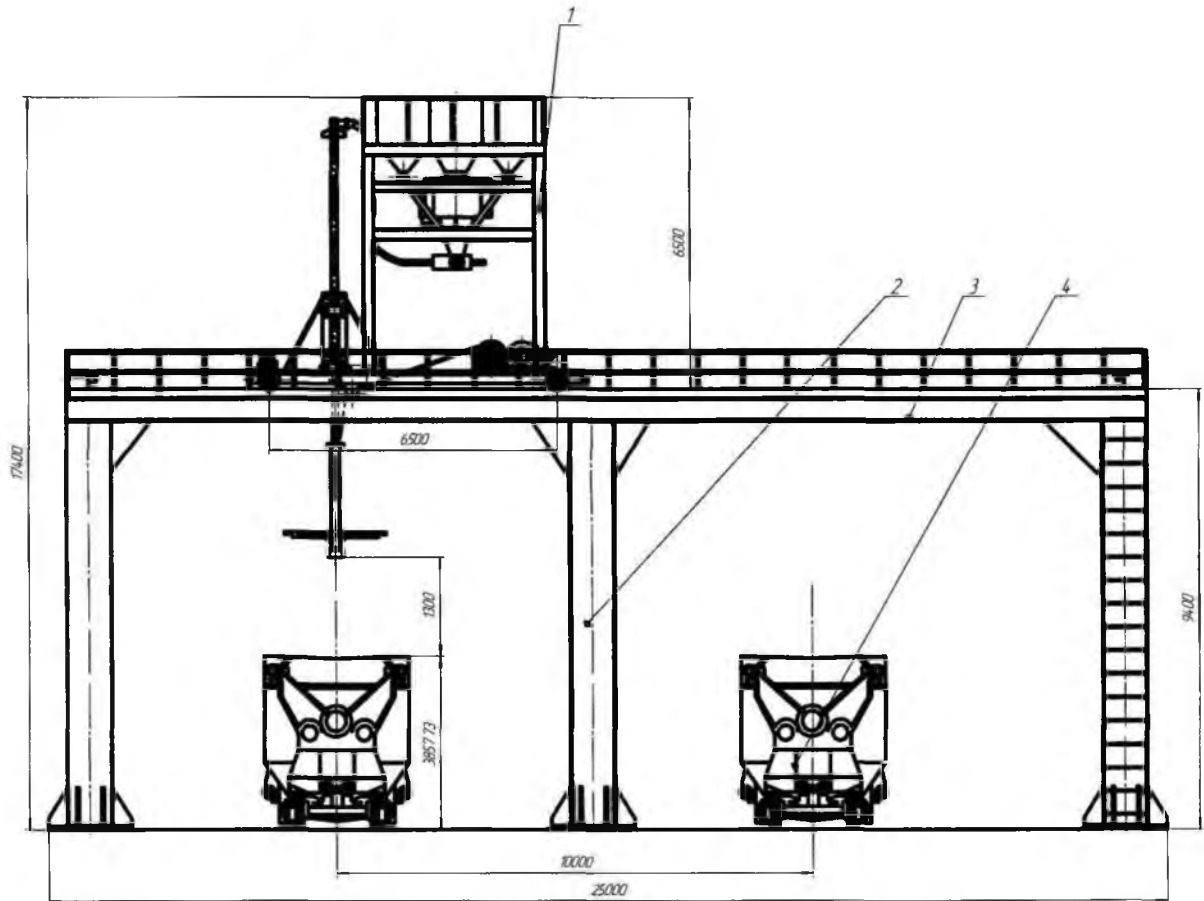


Рис. 2.5 Пристрій установки для поготовки і подачі порошків в чавуновозний ківш

1 – візок; 2 – портал; 3 – рельсошпальні ґрати; 4 – чавуновіз

Джерело: розроблено із використанням [2]

За рахунок механізму опускання фурми здійснюється її переміщення в ківш. Кришка, що закриває верхню частину ковша під час його обробки, залишається в закритому положенні, водночас фурма опускається під дією власної ваги на задану глибину. Мелене вапно та порошок, що знаходяться в накопичувальному бункері, подаються до ежектора за допомогою гвинтового живильника для подальшого транспортування в ківш. Процес

транспортування може здійснюватися за допомогою одного з наступних газів:

- повітрям;
- аргоном.
- природним газом;
- технічним киснем.

Вибір газу визначається типом технологічної операції. У процесі роботи ежектор створює суміш порошку та газу, яка під тиском подається через фурму в чавуновозний ківш. Глибину занурення фурми контролює механізм підйому. Після завершення технологічного циклу цей механізм підіймає фурму разом із кришкою чавуновозного ковша.

Перед кожною подачею вапно проходить підготовчий етап — подрібнення у відцентровому подрібнювачі, після чого необхідна його кількість накопичується у проміжному бункері.

Обробка може здійснюватися за допомогою одного виду порошку, декількох по черзі, або одночасно двома чи трьома видами компонентів. Для цього потрібна кількість кожного порошку завантажується із відповідних бункерів за допомогою гвинтових живильників у проміжний бункер, звідки вони подаються до ковша. Транспортуючі гази виконують дві основні функції: транспортування часток та участь у хімічних реакціях для очищення чавуну. Середньодобове споживання чавуну одним блоком конвертерів становить 5619,6 тонни. З огляду на середній обсяг наливу в один ківш у 100 тонн, це дорівнює 56 ковшів на добу. Тривалість обробки одного ковша варіюється від 2 до 15 хвилин. У гіршому випадку для обробки 56 ковшів необхідно витратити максимальний час: $t = 56 \cdot 15 = 840$ хвилин, що еквівалентно 14 годинам.

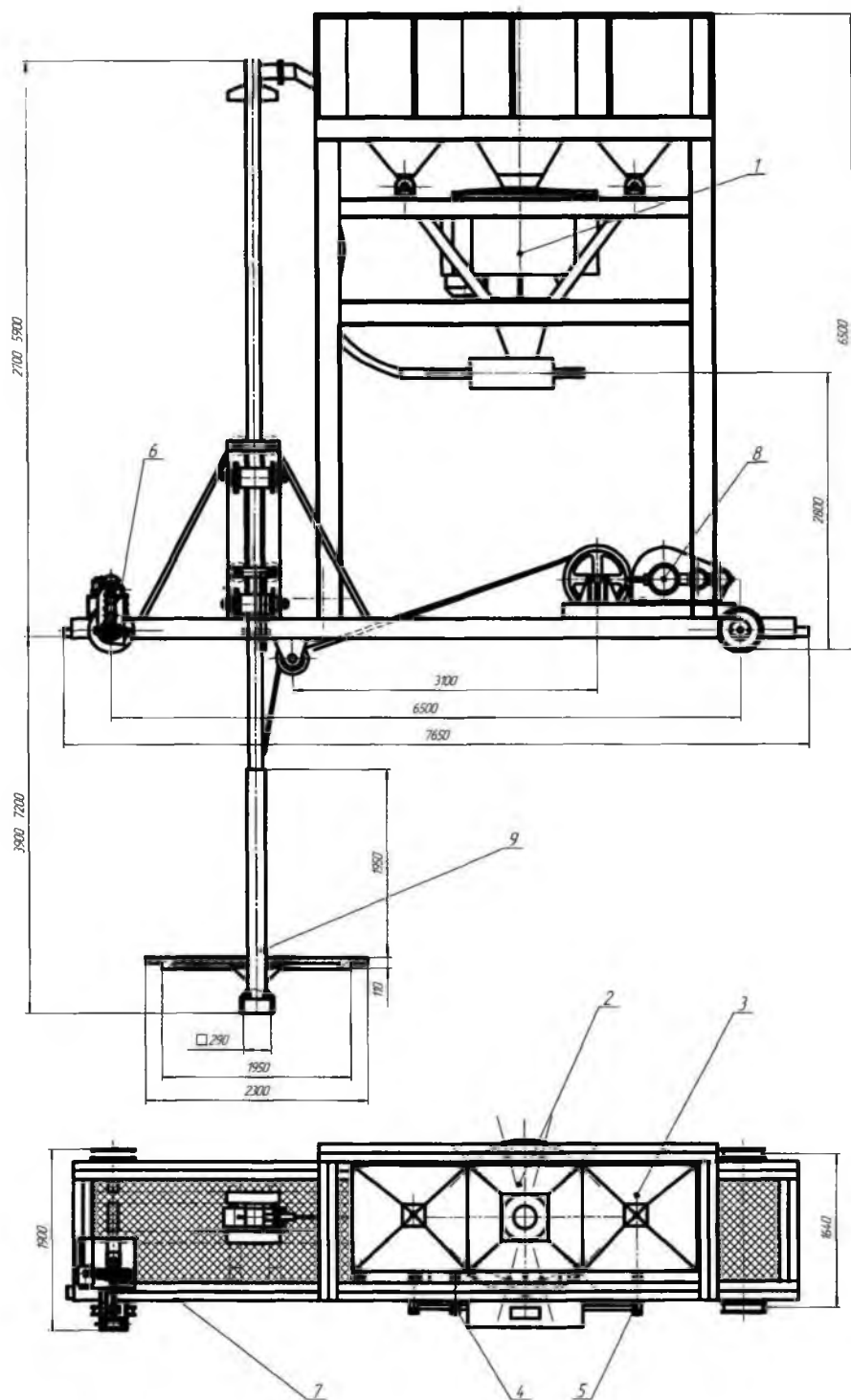


Рис. 2.6 Загальний пристрій візка

- 1 – відцентровий подрібнювач; 2 – бункер для вапна;
 3 – бункер для готового порошку; 4,5 – гвинтові живильники;
 6 – механізм пересування візка; 7 – рама візка; 8 – лебідка; 9 – фурма

Джерело: розроблено із використанням [2]

Таким чином, навіть за найінтенсивнішого завантаження можливо опрацювати всі ківші, що надходять до міксерного відділення, враховуючи також час на переміщення візка з однієї колії на іншу і завантаження порошоків до бункерів у потрібній кількості.

Опис конструкції відцентрового подрібнювача: Відцентровий подрібнювач, або млин (рисунок 2.7), складається з корпусу 10, що включає випускний патрубок 11, та завантажувального бункера 3. Завантажувальний бункер 3 встановлений на кришці 1, яка разом із корпусом 10 утворює камеру для помелу.

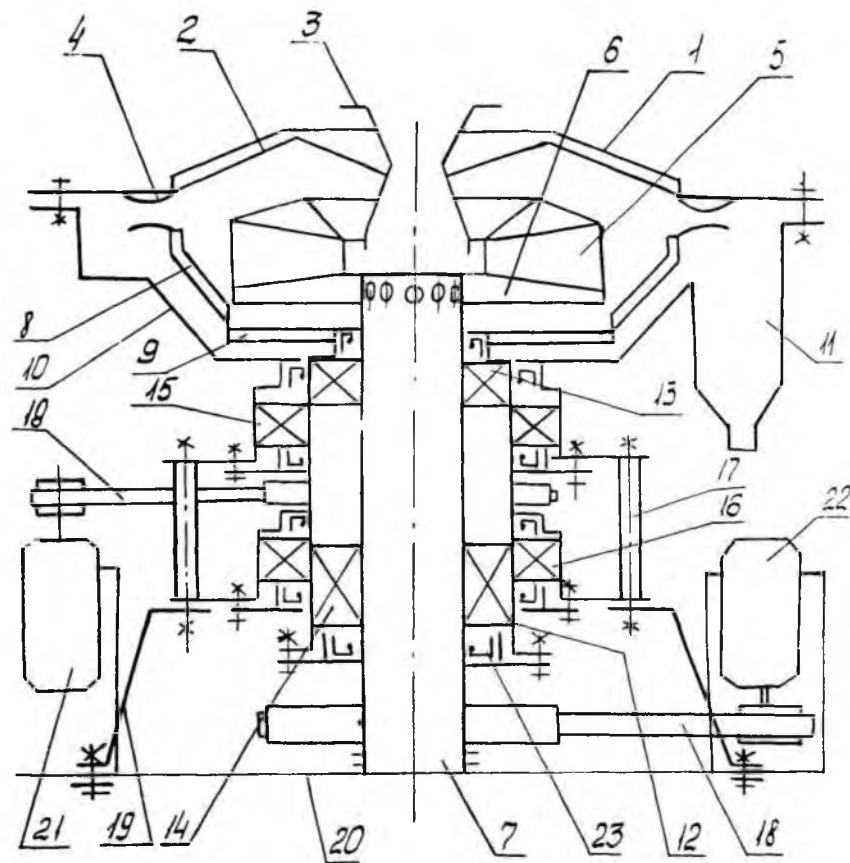


Рис. 2.7 Пристрій відцентрового подрібнювача

1 – кришка; 2, 8 – радіальні ребра; 3 – завантажувальний бункер; 4 – калібруюча щілина; 5 – радіальні розгінні ребра; 6 – ротор; 7, 12 – співвісні телескопічні вали; 9 – обичайка; 10 – корпус; 11 – випускний патрубок; 13–16 – підшипникові опори; 17 – стяжний пристрій; 18 – ремінні передачі; 19 – проміжна опора; 20 – підстава; 21,22 – електродвигуни; 23 – ущільнення

Джерело: розроблено із використанням [4]

Всередині цієї камери розташовані розгінний ротор і обичайка, що обертається. Обичайка та кришка оснащені радіальними ребрами, які створюють калібруючу щілину. Ротор також має радіальні розгінні ребра для забезпечення необхідного обертового моменту.

Передача обертового моменту на ротор і обичайку здійснюється від електродвигунів через ремінні передачі. Обидва елементи встановлені на співвісних телескопічних валах, які фіксуються в підшипникових опорах. Вали з опорами закріплені на основі за допомогою стяжних пристроїв і проміжних опор. Для надійності конструкції підшипникові опори обладнані ущільнювачами, що запобігають проникненню пилу чи інших частинок усередину механізму.

Подрібнювач працює на основі принципу, що передбачає розгін матеріалу розгінним диском до високої швидкості, після чого матеріал спрямовується на обичайку, де руйнується від удару. Основний метод подрібнення – ударний. Крім того, після удару відбувається стирання частинок об стінки помольної камери та їх взаємодія одна з одною.

Матеріал з розміром часток до 40 мм завантажується в бункер 3, звідки самопливом потрапляє в порожнину ротора 6. Там він розганяється ребрами 5 та викидається з обертовою швидкістю щонайменше 32 м/с на обичайку 9, при контакті з якою частинки дробляться до розміру, що відповідає щілині калібратора.

Під дією відцентрових сил подрібнюваний матеріал піднімається ребрами 8 вгору до калібрувальної щілини, куди він примусово спрямовується і додатково стирається. Після цього він потрапляє в порожнину корпусу 10.

Процес обертання ротора та обичайки створює потік повітря, який транспортує готовий продукт через розгінний патрубок 11, з'єднаний із пилоприймальними пристроями. У помельній камері відбувається постійна циркуляція пилогазового потоку, що сприяє додатковому подрібненню матеріалу.

Механізм пересування візка планується виконати за кінематичною схемою, наведеною на рисунку 2.8. Для передачі крутного моменту від двигуна до приводних коліс використовується вертикальний редуктор типу ВКН. Вал двигуна з'єднується з швидкохідним валом редуктора через втулково-пальцьову муфту, одна частина якої оснащена гальмом колодкового типу з електрогідроштовхачем.

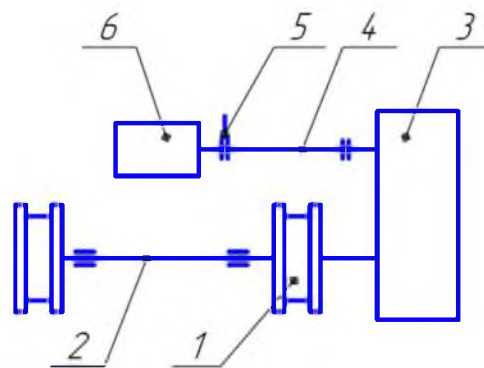


Рис. 2.8 Кінематична схема механізму пересування візка

1 – колесо ходове; 2 – вал; 3 – редуктор; 4 – промвал;

5 – гальмо; 6 – електродвигун

Джерело: розроблено із використанням [4]

Механізм підйому фурми наведено за кінематичною схемою на рисунку 2.9. Фурма представляє собою трубу з квадратним поперечним перетином у верхній частині, яка переміщується у вертикальному напрямку між роликками. Загалом встановлено чотири пари роликів з перпендикулярними осями, що дозволяє фурмі вільно рухатися вертикально. Підйом здійснюється за допомогою лебідки, яка через напрямний ролик з'єднується з фурмою канатом. Опускання фурми відбувається під її власною вагою, а підйом забезпечується роботою лебідки.

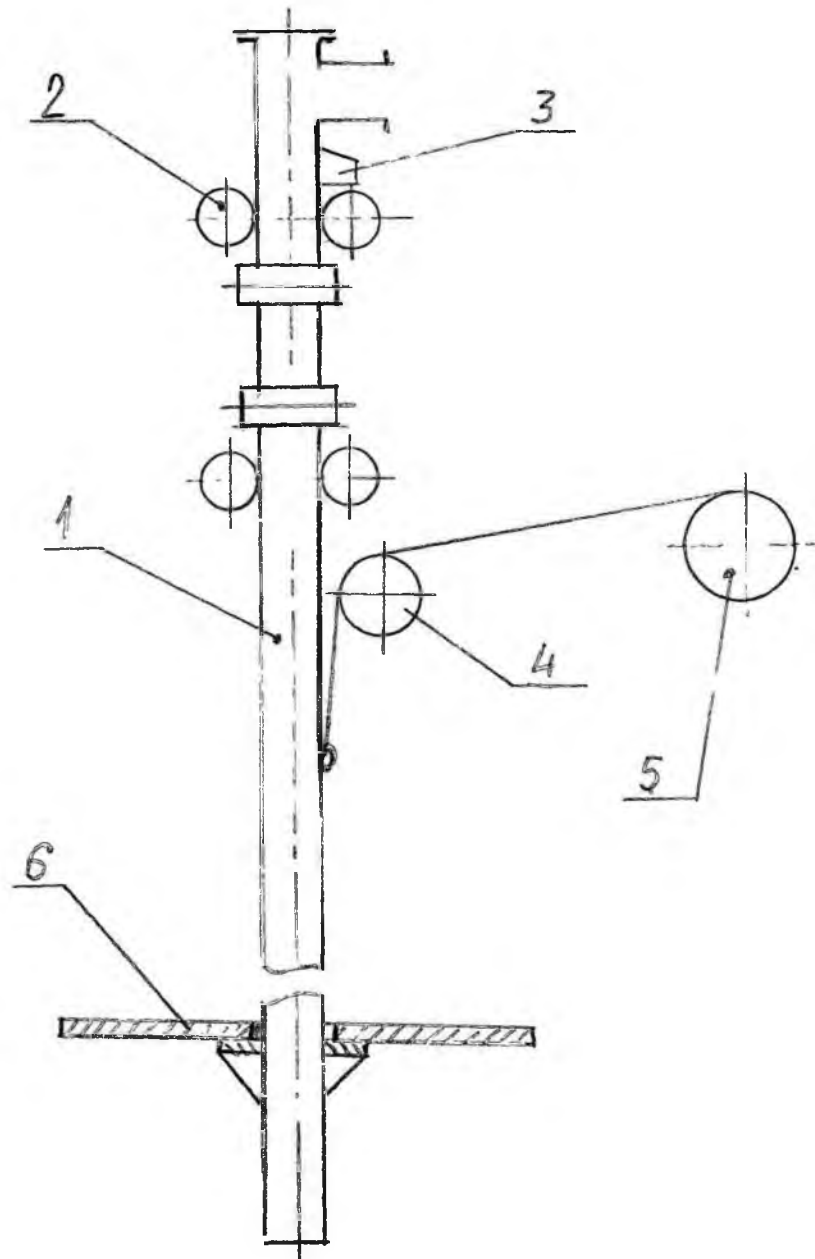


Рис. 2.9 Кінематична схема механізму підйому фурми

1 – фурма; 2 – ролик направляючий; 3 – обмежувач переміщення фурми;

4 – блок; 5 – барабан лебідки; 6 – кришка

Джерело: розроблено із використанням [4]

На фурмі розташована вільно закріплена кришка, яка може плавно ковзати по її поверхні й рухатися у вертикальному напрямку. Знизу рух кришки обмежується спеціальними виступами на фурмі. Така конструкція забезпечує можливість регулювати положення кришки на ковші незалежно від поточного положення самої фурми. Під час підйому фурми зазор між кришкою і виступами зникає, і кришка разом з фурмою переміщується вгору.

2.3 Аналітичні розрахунки

2.3.1 Розрахунок технологічних параметрів подрібнювача

Швидкість матеріалу при сході його з кромки, рівна швидкості зіткнення [3]

$$v_m = k \sqrt{(\omega r_{рот})^2 + (0,8 f \omega r_{рот})^2} =$$

$$0,8 \sqrt{(70 \cdot 0,4)^2 + (0,8 \cdot 0,5 \cdot 70 \cdot 0,4)^2} = 35 \text{ м/с},$$

де ω – кутова швидкість ротора, $\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{\pi 700}{30} \approx 70 \text{ с}^{-1}$;

k – коефіцієнт, що враховує опір руху матеріалу у зазорі між ротором і обичайкою; $k = 0,8$;

$r_{рот}$ – радіус ротора (прийнятий в першому наближенні конструктивно), $r_{рот} = 0,4 \text{ м}$;

f – коефіцієнт тертя матеріалу об ребро ротора, $f = 0,5$.

Набуте значення v_i задовольняє умовам первинного дроблення шматків вапна об нерухому перешкоду

$$v_m = 35 \text{ м/с} > v_{крит} = 32 \text{ м/с}.$$

Справжня швидкість зіткнення будевища, ніж розрахункова, оскільки остання не бере до уваги окружну швидкість обіддя.

Продуктивність млина уможливується за виконання трьох умов:

- завантаження відбувається з потужністю, не нижче встановленої;
- розгінний ротор гарантує потужність не нижче встановленої;
- евакуація речовини через калібрувальний зазор (витрата) не нижче встановленої.

Продуктивність завантаження

$$Q_z = \frac{\pi \gamma \sqrt{g}}{4\sqrt{2}\sqrt{\operatorname{tg}\varphi}} D_a^2 \sqrt{D_a} =$$

$$= \frac{\pi 2,0 \sqrt{9,8}}{4\sqrt{2}\sqrt{1}} \cdot 0,2^2 \sqrt{0,2} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с} = 50 \text{ т/год},$$

де γ – насипна щільність матеріала, т/м³;

φ – кут внутрішнього тертя $\varphi = 45^\circ$;

D_a – мінімальний розмір завантажувального бункера; цей розмір

варіюється з відношення $D_a > 5 d_k = 5 \cdot 0,04 = 0,2 \text{ м}$;

$$Q_z > Q_m.$$

Продуктивність млина виходячи з можливості ротора

$$Q_p = 3600 kH v_i \gamma d_{cp} n =$$

$$= 3600 \cdot 0,15 \cdot 0,05 \cdot 35 \cdot 2,0 \cdot 0,02 = 75 \text{ т/год}$$

де H – висота розгінних ребер, м;

n – число розгінних ребер;

d_{cp} – середній розмір шматка, що поступає на ротор

$$d_{cp} = \frac{1}{2} d_{\dot{e}} = 0,02 \text{ м}$$

k – коефіцієнт розпушування при розгоні $k = 0,15 \div 0,2$.

$$Q_p > Q_m.$$

Продуктивність млина виходячи з можливостей калібруючої щілини

$$Q_i = 1,63 \cdot 10^{-3} \gamma D_0^2 b \omega, \text{ т/год}$$

З раніше приведених результатів досліджень виходить, що задовільні результати помелу вапна можуть бути отримані при $D_0 \omega = v_0 = 50 \div 75$ м при $v = 0,005 \dots 0,01$ м [3].

З урахуванням цього, діаметр обичайки може бути вибраний з варіантів

$$Q_i = 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 2,0 (50 \div 75) (0,005 \div 0,01) D_0.$$

При $Q_m = 3 \text{ т / год}$

$$D_0 = \frac{3,0}{1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 2,0 \cdot 10^3 (50 \div 75) (0,005 \div 0,01)},$$

тобто для крайніх значень $v_0 = 50 \text{ м/с}$, $v = 0,005$ і $v_0 = 75 \text{ м/с}$, $v = 0,01$

$$D_0 = 1,22 \div 1,85 \text{ м}$$

$$\omega_0 = \frac{2v_0}{D_0} = \frac{2 \cdot 75}{1,22} \div \frac{2 \cdot 50}{1,85} = 55 \div 120 \text{ с}^{-1}.$$

При таких розмірах обичайки задана продуктивність млина буде забезпечена.

Вибрані $D_0 = 1,0$ $\omega_0 = 75 \text{ с}^{-1}$

2.3.2 Розрахунок опору пересуванню візка

Опір пересуванню візка з номінальним вантажем при сталому режимі роботи визначається по формулі [5]

$$\begin{aligned} W_{cm} &= Q_m k_p (fd + 2\mu) / D_k + W_{ук} + W_g = \\ &= 83,3 \cdot 2,5 (0,015 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,0003) / 0,32 + 0,001 \cdot 83,3 = 1,25 \text{ кН}, \end{aligned}$$

де Q_m – вага візка, $Q_m = m_m g = 8500 \cdot 9,8 = 83300 \text{ Н} = 83,3 \text{ кН}$;

D_k – діаметр ходового колеса візка. Для даного випадку заздалегідь вибираємо діаметр колеса, користуючись рекомендаціями. Приймаємо двохребордні колеса з циліндровим профілем ободу діаметром $D_k = 320$ мм з шириною робочої доріжки 80 мм (ГОСТ 3569—60);

d – діаметр цапфи,

$$d = (0,25 \div 0,30) D_k = (0,25 \div 0,30) 320 = 80 \div 96 \text{ м}$$

прийmemo $d = 80$ м

f – коефіцієнт тертя в підшипниках коліс, підшипники вибираємо сферичні дворядні $f = 0,015$;

μ – коефіцієнт тертя кочення колеса по плоскій рейці $\mu = 0,0003$ м.

k_p – коефіцієнт, що враховує опір від тертя реборд коліс об рейки і від тертя струмозійомників об троліі, $k_p = 2,5$;

$W_{ук}$ – опір пересуванню від ухилу шляху, $W_{ук} = Q_m \alpha$;

α – розрахунковий ухил підкранового шляху, $\alpha = 0,001$ – для шляхів, що укладаються на металевих балках із залізобетонним фундаментом [5];

W_g – опір пересуванню від дії вітрового навантаження. При розрахунку мостових кранів, що працюють в закритих приміщеннях, приймають $W_g = 0$.

2.3.3 Розрахунок приводу подрібнювача

Потужність приводу, що витрачається на подолання сил тертя об диск і розгінні поверхні

$$N_o = Q_m f (r_{\text{ром.}} - r_0) \left(g + \frac{\omega^2 (r_{\text{ром.}} - r_0) - 2gf}{\sqrt{1 + f^2} + f} \right) =$$

$$= 3 \cdot 0,5 (0,11 - 0,37) (9,8 + \frac{70^2 (0,4 - 0,37) - 2 \cdot 9,8 \cdot 0,5}{\sqrt{1 + 0,5^2} + 0,5}) = 4,2 \text{ кВт},$$

де r_0 – радіус приймального диску ротора, $r_0 = 0,37$ м.

Потужність, що витрачається на виконання вентиляційних втрат

$$N_o = Q_m f (r_{\text{ром.}} - r_0) \left(g + \frac{\omega^2 (r_{\text{ром.}} - r_0) - 2gf}{\sqrt{1 + f^2} + f} \right) =$$

$$= 3 \cdot 0,5 (0,11 - 0,37) (9,8 + \frac{70^2 (0,4 - 0,37) - 2 \cdot 9,8 \cdot 0,5}{\sqrt{1 + 0,5^2} + 0,5}) = 4,2 \text{ кВт},$$

де $h_{i\dot{a}}$, H – висота ребер обичайки і ротора, $H = 0,05$ $h_{i\dot{a}} = 0,02$;

c – коефіцієнт втрат, для прямокутного перетину, $c = 0,05 \div 0,09$.

Потужність витрачається в процесі подрібнення матеріалу в калібруючій щілині

$$N_{\dot{e}} = m_i R_o^2 \omega_o n_{\dot{a}\dot{e}} f 10^{-3} = 0,1 \cdot 0,5^5 \cdot 70^3 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 1,6 \text{ Вт}$$

де m_M – маса матеріалу в калібраторі,

$$m_M = \pi R_o^2 l_k v \gamma K_p = \pi 0,5^2 \cdot 0,03 \cdot 0,01 \cdot 2000 \cdot 0,1 = 0,10 \text{ кг};$$

l_k – довжина (глибина) калібруючої щілини);

K_p – коефіцієнт розпушування матеріалу в щілині;

$n_{б.к}$ – коефіцієнт бічного ротора; $n_{д.е} = 1,2 \cdot 1,4$.

Вибрана схема роздільного приводу обичайки і ротора від двох двигунів.

Вибираємо по каталогу електродвигуни змінного типу струму типу АМУ 132М4 з потужністю $N = 7,5$ кВт і частотою обертання $n = 1500$ об/хв.

2.3.4 Розрахунок приводу механізму пересування

Двигун для пересування візків і кранів обирається виходячи з пускового моменту. Пусковий момент має бути таким, щоб не виникало пробуксовування провідних коліс незавантаженого візка відносно рейок, при цьому коефіцієнт запасу зчеплення необхідно забезпечити на рівні не менше 1,2. Для попереднього вибору двигуна розраховуємо опір руху завантаженого візка в період пуску [7]

$$W_0 = W_{cm} + (1,1 \div 1,3) m_m a = 1250 + 1,1 \cdot 8500 \cdot 0,1 = 2185 \text{ Н} = 2,185 \text{ кН},$$

де a – середнє прискорення візка при пуску, $a = 0,1$ м/с².

Потужність заздалегідь вибраного двигуна повинна бути

$$N = W_0 V_m / \eta \psi_{cp} = 2,185 \cdot 0,5 / 0,85 \cdot 1,7 = 0,756 \text{ кВт},$$

де ψ_{cp} – середня кратність пускового моменту, $\psi_{cp} = 1,7$.

По каталогу заздалегідь приймаємо електродвигун з короткозамкнутим ротором, кран типу МТК 0,11-6 потужністю $N = 1,7$ кВт при ПВ 15%), з частотою обертання $n = 775$ об/хв, моментом інерції ротора $J_p = 0,0204$ кгм²
 $M_{н. max} = 42$ Нм.

Визначаємо частоту обертання колеса

$$n_k = 60 v_m / \pi D_k = 60 \cdot 0,5 / \pi 0,32 = 29,86 \text{ об/хв.}$$

Знаходимо передавальне число редуктора

$$i_p = n / n_k = 775 / 29,86 = 25,96.$$

По каталогу приймаємо редуктор типу ВКН-280-31,5 з передавальним числом $i_p=31,5$.

Фактична частота обертання колеса

$$n_k = n / i_p = 775 / 31,5 = 24,6 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість пересування візка з номінальним вантажем

$$v_m = \pi D_k n_k = \pi 0,32 \cdot 24,6 / 60 = 0,41 \text{ м/с.}$$

Для забезпечення запасу зчеплення $k_{цл}=1,2$ при пуску візка прискорення його повинне бути не більшим за значення, обчислене за формулою

$$a \left[\frac{Q_{цл}}{Q_m} \left(\frac{\varphi}{k_{цл}} + \frac{fd}{D_k} \right) - \frac{2\mu + fd}{D_k} k_p \right]_{nmax}$$

$$= \left[\frac{41,6}{83,3} \left(\frac{0,2}{1,2} + \frac{0,0015 \cdot 0,08}{0,32} \right) - \frac{(2 \cdot 0,0003 + 0,015 \cdot 0,08)}{0,32} \right] 9,81 = 0,7 \text{ м/с}^2,$$

де φ – коефіцієнт зчеплення провідного колеса з рейкою, для кранів, що працюють в закритих приміщеннях;

$Q_{цл}$ – зчїпна вага візка; у загальному випадку за допомогою рівнянь статички визначається навантаження на приводні колеса незавантаженого візку, приймаємо $Q_{цл} = 41,6 \text{ кН}$.

Статичний момент опору пересуванню візка, приведений до валу двигуна [7]

$$M_{ст} = W_{ст} D_k / 2 i_p \eta = 1,25 \cdot 0,32 / 2 \cdot 31,5 \cdot 0,85 = 0,007 \text{ кНм.}$$

Момент інерції рухомих мас візка, приведений до валу двигуна

$$\begin{aligned} J_{пр.} &= \delta J_{р.м} + m_m (v_m / \omega)^2 1 / \eta = \\ &= 1,2 \cdot 0,0204 + 8500 (0,41 / 77,5)^2 1 / 0,85 = 0,29 \text{ кгм}^2. \end{aligned}$$

Середній пусковий момент визначуваний по формулі

$$M_{н.ср} = M_{ст} + J_{пр.} \omega / t_n = 7 + 0,29 \cdot 77,5 / 0,59 = 45 \text{ Нм.}$$

Розрахункова потужність

$$N = \frac{M_{н.ср} \omega}{\psi_{ср}} = \frac{0,045 \cdot 77,5}{1,7} = 2,05 \text{ кВт},$$

$$\text{де } \psi_{ср} = \frac{\psi_{\max} + \psi_{\min}}{2} = \frac{2,3 + 1,1}{2} = 1,7.$$

Оскільки двигуну серії МТК такої потужності в каталозі немає, то остаточно приймаємо двигун МТК 012-6 потужністю $N=2,2$ кВт при ПВ 15%, з частотою обертання $n = 830$ об/хв, моментом інерції ротору $J_p = 0,028$ кгм².

Номинальний момент двигуну

$$M_n = \frac{N}{\omega} = \frac{2,2}{86,9} = 0,026 \text{ кНм},$$

де ω – кутова швидкість, $\omega = \pi n / 30 = \pi 830 / 30 = 86,9 \text{ с}^{-1}$.

Середній пусковий момент двигуна МТК 012-6

$$M_{n.cp} = \psi_{cp} M_n = 1,7 \cdot 0,026 = 0,045 \text{ кНм.}$$

Фактичний час пуску двигуна візка

$$t_n = \frac{J_{np} \omega}{M_{n.cp} - M_{cm}} = \frac{0,29 \cdot 86,9}{45 - 7} = 0,73 \text{ с.}$$

Фактичний запас зчеплення приводних коліс з рейками

$$k_{cц} = \frac{\varphi}{\left[\frac{V_m}{t_n g} + \frac{W_\varepsilon}{G_m} + \frac{(fd + 2\mu)k_p}{D_\kappa} \right] \frac{Q_m}{Q_{cц}} - \frac{fd}{D_\kappa}} =$$

$$\frac{0,2}{\left[\frac{0,41}{0,73 \cdot 9,81} + \frac{(0,015 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,0003)2,5}{0,32} \right] \frac{83,3}{41,65} - \frac{0,015 \cdot 0,08}{0,32}} = 1,27 > 1,2.$$

Фактичне прискорення при розгоні візка $a_n = 0,4/0,73 = 0,56 \text{ м/с}^2$.

2.3.5 Розрахунок приводу механізму підйому

Як привід застосовуємо лебідку.

Початкові дані для вибору лебідки:

- маса фурми з кришкою, $m_\phi = 2900 \text{ кг}$;
- режим роботи механізму – легкий;
- швидкість підйому фурми з кришкою $V_\phi = 0,2 \text{ м/с}$.

Вибираємо лебідку стандартну типу ЛЕ – 3,2

Технічна характеристика лебідки:

- тягове зусилля, кН

	55
– швидкість навивки каната, м/с	0,2
– діаметр каната, мм	18,5
– потужність двигуна, кВт	7,5
– маса лебідки з пусковою апаратурою, кг	2300
– потужність електродвигуна, кВт	7,5

Визначимо діаметр направляючого блоку по дну канавки

$$D \geq (e - 1)d = (20 - 1)18,5 = 351,5 \text{ мм},$$

де e – коефіцієнт, залежний від режиму роботи і типу вантажопідійомної машини, для легкого режиму $e = 20$.

Приймаємо $D = 360 \text{ мм}$.

Визначимо необхідну потужність двигуна лебідки

$$N_p = \frac{m_\phi g v_\phi}{1000\eta} = \frac{2900 \cdot 9,8 \cdot 0,2}{1000 \cdot 0,85} = 6,68 \text{ кВт}.$$

Розрахункова потужність двигуна менше встановленою, отже, лебідка відповідає умовам роботи $N_p = 6,68 \text{ кВт} < N_p = 7,5 \text{ кВт}$.

2.3.6 Силевий і кінематичний аналіз механізму

Параметри установки для обробки чавуну:

– час підйому фурми з крайнього нижнього положення $t_1 = \frac{h}{v} = \frac{3,2}{0,2} = 16 \text{ с}$.

– час помелу необхідного добового об'єму вапна

$$t_2 = \frac{n_k q 100}{1000Q} = \frac{56 \cdot 7,8 \cdot 100}{1000 \cdot 3} = 14,6 \text{ год}.$$

2.3.7 Розрахунок і вибір гальма механізму пересування

При гальмуванні візка допустиме максимальне прискорення, при якому забезпечується запас зчеплення коліс з рейками 1,2, визначають по формулі

$$a_m = \left[\frac{Q_{сц}}{Q_m} \left(\frac{\varphi}{1,2} - \frac{fd}{D_k} \right) + \frac{(fd + 2\mu)}{D_k} \right] g =$$

$$\left[\frac{41,65}{83,3} \left(\frac{0,2}{1,2} - \frac{0,015 \cdot 0,08}{0,32} \right) + \frac{0,015 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,0003}{0,32} \right] 9,81 = 0,855 \text{ м/с}^2.$$

У формулі прийнято $k_p = 1$, що йде в запас при визначенні a_m . Час гальмування візка повинен бути не менше $t_m = v_m/a_m = 0,41/0,855 = 0,48 \text{ с}$.

Величина гальмівного шляху, що допускається

$$S_m = v_m^2/5400 = 24,6^2/5400 = 0,13 \text{ м},$$

де $v_m = 24,6 \text{ м/хв}$.

Мінімальний допустимий час гальмування повинно бути

$$t_m = 2S_m/v_m = 2 \cdot 0,13/0,41 = 0,634 \text{ с}.$$

Час гальмування візка в загальному вигляді знаходиться по формулі

$$t_m = \frac{J_{np}\omega}{M_{cm} + M_m}.$$

Звідки гальмівний момент [5]

$$M_m = \frac{J_{np}\omega}{t_m} - M_{cm} = \frac{0,29 \cdot 86,9}{0,48} - 13 = 37,15 \text{ Нм},$$

де M_{cm} – статичний момент опору пересуванню візка при гальмуванні, приведений до валу двигуна, Нм.

Статичний момент опору пересуванню візка при гальмуванні, приведений до валу двигуна

$$M_{ст} = \frac{W_{cm} R_{\kappa} \eta}{i_p} = \frac{30,37 \cdot 0,16 \cdot 0,85}{31,5} = 0,13 \text{ кНм};$$

$$\begin{aligned} W_{cm} &= Q_m \left(\frac{fd + 2\mu}{D_{\kappa}} - \alpha \right) = \\ &= 83,3 \left(\frac{0,015 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,0003}{0,32} - 0,002 \right) = 30,37 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Приймаємо гальмо колодки з гідроштовхачем типу ТТ-160 з найбільшим гальмівним моментом 100 Нм, діаметр гальмівного шківів 160 мм, ширина колодки 75 мм; тип гідштовхачу ТЕГ 15 з тяговим зусиллям 160Н.

Гальмо необхідно відрегулювати на необхідний гальмівний момент.

2.3.8 Розрахунок ремінної передачі

У відповідності з ОН1432-61 вибраний ремінь типу Б; Z=3; N=7,8кВт. Діаметр малого шківів прийнятий $d = 240 \text{ мм}$; передавальне відношення $i = 2$.

Міжосьова відстань $A = 2,4d = 2,4 \cdot 240 = 576 \text{ мм}$.

Діаметр великого шківів $D = id = 2 \cdot 240 = 480 \text{ мм}$.

Довжина ременя

$$\begin{aligned} l &= 2A + \frac{\pi}{2}(d + D) + \left(\frac{D - d}{4A} \right)^2 = 2 \cdot 576 + \frac{\pi}{2}(240 + 480) + \left(\frac{480 - 240}{4 \cdot 576} \right)^2 = \\ &= 1570 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Приймаємо $l = 1600$ мм.

Уточнимо міжцентрову відстань

$$A = \frac{2l - \pi(d + D) + \sqrt{\left(2l - \frac{\pi}{D + d}\right)^2 - 8(D - d)}}{8} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1600 - \pi(240 + 480) + \sqrt{\left(2 \cdot 1600 - \frac{\pi}{240 + 480}\right)^2 - 8(240 - 480)}}{8} =$$

$$= 632 \text{ мм.}$$

Визначаємо сили, що діють на вал, враховуючи, що напруга, що допускається, в ремені $[\sigma] = 150 \cdot 10^5$ Па, а перетин вибраного ременя $F = 1,38$ см² сила, діюча на вал

$$P_p = 2nF[\sigma] = 2 \cdot 2 \cdot 1,38 \cdot 10^{-4} \cdot 1200 = 12420 \text{ Н} \approx 0,66 \text{ кН.}$$

2.3.9 Розрахунок валу ротора

Початкові дані:

- обурююча сила від дисбалансу ротора, $P_s = 4$ кН;
- сила від дії ремінної передачі, $P_p = 0,66$ кН.

Визначаємо реакції опор (рис.2.10)

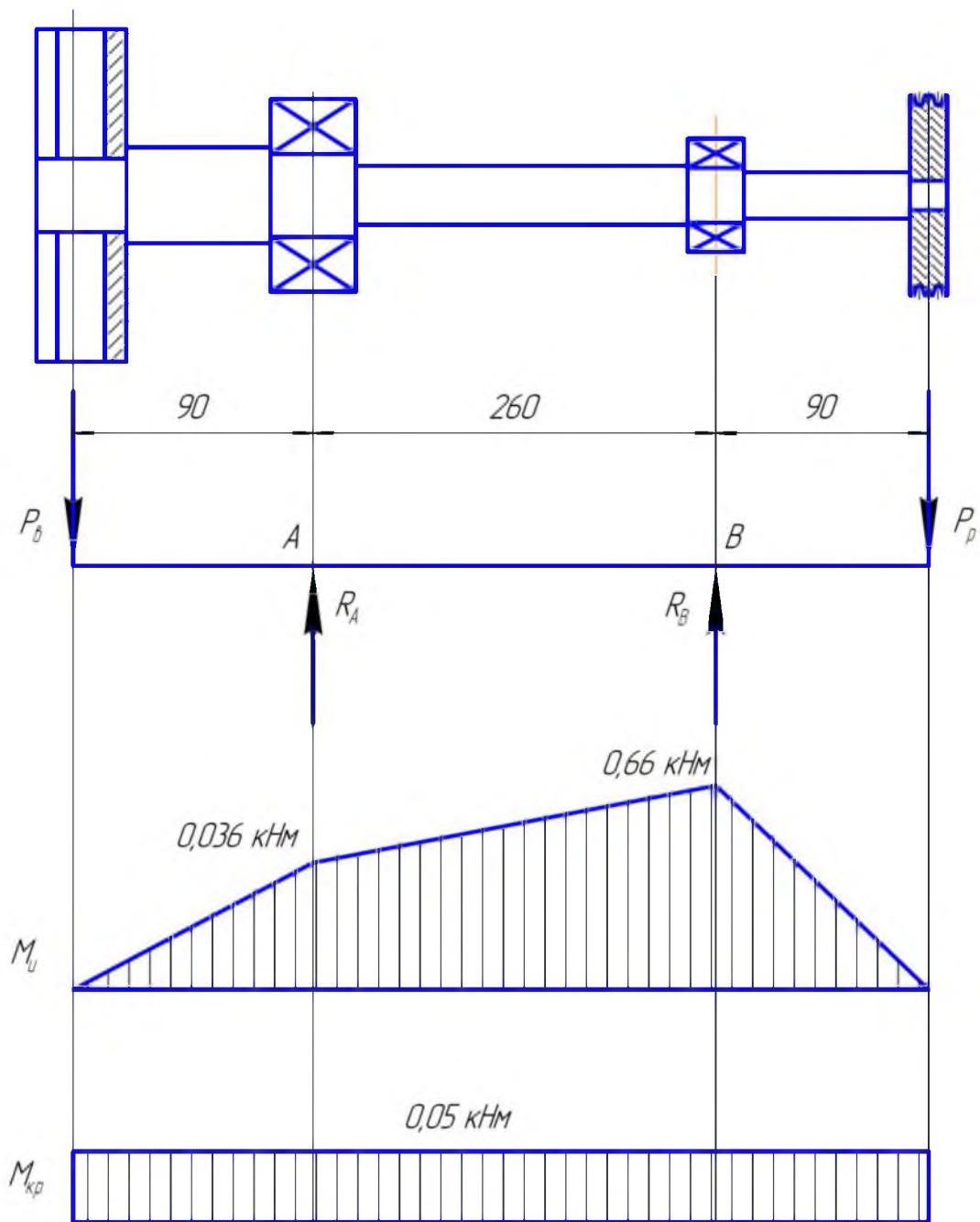


Рис. 2.10 До розрахунку валу на міцність

Джерело: розроблено із використанням [5]

$$\Sigma M_a = -0,09 P_\delta - 0,26 R_\delta + 0,35 P_p = 0;$$

$$R_\delta = \frac{0,35 P_p - 0,09 P_\delta}{0,26} = \frac{0,35 \cdot 0,66 - 0,09 \cdot 4}{0,26} = -0,5 \text{ кН};$$

$$\Sigma M_B = -0,35 P_e + 0,26 R_A + 0,09 P_p = 0;$$

$$R_A = \frac{0,35 P_e - 0,09 P_p}{0,26} = \frac{0,35 \cdot 4 - 0,09 \cdot 0,66}{0,26} = 5,16 \text{ кН.}$$

Моменти, що вигинають

$$M_1 = 0,09 \cdot 4 = 0,036 \text{ кНм}; \quad M_2 = 0,09 P_p = 0,09 \cdot 0,66 = 0,06 \text{ кНм.}$$

Момент, що крутить

$$M_{кр} = \frac{Ni}{\omega \eta} = \frac{7,5}{157 \cdot 0,98} = 0,05 \text{ кНм.}$$

Напряга вигину в небезпечному перетині

$$\sigma_u = \frac{M_{из}}{0,1 d^3} = \frac{0,06 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,03^3} = 22,2 \text{ МПа.}$$

Напряга кручення в небезпечному перетині

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{0,2 d^3} = \frac{0,05 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 0,03^3} = 9,3 \text{ МПа.}$$

Сумарна напряга від вигину і кручення в небезпечному перетині

$$\sigma = \sqrt{\sigma_u^2 + 3\tau_{кр}^2} = \sqrt{22,2^2 + 3 \cdot 9,3^2} = 27,4 \text{ МПа} < [\sigma] = 80 \text{ МПа.}$$

2.4 Монтаж, ремонт, змашення

2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту

Установку та вирівнювання технологічного обладнання здійснюють шляхом поєднання осей машин із монтажними осями, закріпленими на фундаментах під відповідне обладнання. При цьому потрібно дотримуватись проєктних вимог щодо розмірів у вертикальній площині між рівнем переміщення оброблюваного матеріалу та рівнем чистої підлоги цеху або іншою визначеною позначкою [8].

На планах цехів зазначають основні подовжні та поперечні осі машин, які прив'язують до подовжніх і поперечних осей колон будівлі цеху. Висотні позначки вказують на кресленнях розрізів цеху.

Під час монтажу всі висотні вимірювання виконують на основі спеціальних позначок, що називаються реперами. Монтажні осі у плані та висотні реperi поділяють на контрольні (основні) та робочі. Робочі осі та реperi своєю чергою класифікують на основні й допоміжні. Сукупність усіх осей і висотних позначок прийнято називати геодезичним обґрунтуванням монтажу. Основою геодезичного обґрунтування є контрольні осі та контрольні реperi. Усі подальші операції з визначення робочих осей і висотних реперів на фундаментах виконуються з опорою на контрольні осі та реperi, закладені в межах відповідного цеху.

Контрольні осі, як правило, суміщають з осями колон будівель цехів або інших споруд. Будівлі цехів і конструкції прив'язують до осей робочої координатної сітки заводу, позначеної на генеральному плані, а в реальних умовах закріпленої спеціальними знаками в точках перетину цих осей.

Координатну сітку створюють через кожні 100 або 200 метрів, вказуючи її положення відносно точки, визначеної як початок координат. Ця

сітка геодезично пов'язана з найближчими полігонометричними точками. Кожну контрольну вісь закріплюють за допомогою двох плашок або скоб, встановлених на окремих бетонних стовпах, розташованих зовні фундаментів під обладнання або на основах колон.

Абсолютні відмітки висотних реперів визначаються на основі даних полігонометричних знаків, орієнтованих відносно рівня моря, та переносяться на територію заводу. Ці відмітки, перераховані щодо рівня підлоги цеху або вершини залізничної рейки, зазначаються у будівельній документації. У технологічних планах підлога цеху фіксується як нульова відмітка, незалежно від її абсолютного значення. Контрольні реperi розміщують на спеціально виготовлених залізобетонних стовпах перетином 500×500 мм і більше, які виступають на 200 мм над рівнем чистої підлоги. Вони розташовуються зовні фундаментів під обладнання. Відмітки контрольних реперів узгоджуються з відмітками найближчих реперів опорної сітки заводу. У разі, якщо реперу задано абсолютну відмітку, для визначення його висоти відносно підлоги цеху потрібно відняти абсолютну відмітку підлоги.

На кожному фундаменті виконують розмітку двох основних робочих осей – подовжньої та поперечної, а також встановлюють один основний репер поблизу базової машини. Усі подальші роботи з розбиття та нівелювання допоміжних робочих осей і реперів здійснюють відносно цих базових орієнтирів. Кількість допоміжних осей і реперів залежить від особливостей облаштуваного обладнання.

Робочі осі на фундаментах закріплюють за допомогою двох металевих пластин, які розміщують у місцях, що залишаються відкритими і незаповненими конструкціями машин. Це дозволяє надалі встановлювати на пластини утримувачі для осей.

Пластина виготовляється з відрізка швелера або балки розмірами не менше 80×80 мм. Вона закладається у бетон та фіксується приварюванням до арматури фундаменту або, у разі її відсутності, до попередньо передбаченої сталеві пластини. Після цього пластину заливають бетонним розчином високої міцності. На її поверхні керном виконують невелике заглиблення діаметром до 2 мм для позначення положення осі. Додатково навколо нього прокернують розпізнавальний трикутник, який фарбують білою фарбою для кращої видимості [8].

Розташування осьового керна щодо контрольної або основної робочої осі перевіряють за допомогою схилу, опущеного з розтягнутої струни-орієнтира. Лінійні розміри вимірюють сталеву рулеткою, а точність виконання кернування перевіряють за допомогою теодоліта. Допустиме відхилення основної робочої осі від контрольної, а також допоміжних осей від основної, становить ± 1 мм.

Відповідно до плану розташування обладнання в цеху, створюється розбивочне креслення, на якому зазначаються положення основних осей устаткування у вигляді конкретних координат, лінійних розмірів і висотних відміток. Для цього використовуються геодезичні знаки: репери та плашки. Робочі репери перевіряються щодо контрольного репера цеху, який встановлений на спеціальному фундаменті. У кожній зоні обслуговування машин основний репер закріплюється біля базової деталі обладнання та зводиться до контрольного з точністю до $\pm 0,5$ мм. Після збирання та встановлення машини для скачування шлаку проводиться її ретельне вивіряння відповідно до встановлених норм точності. Найточнішими методами вивіряння вважаються оптико-геодезичний і лазерний методи. Схема геодезичного забезпечення монтажу приводу скіпової лебідки наведена на рисунку 2.11.

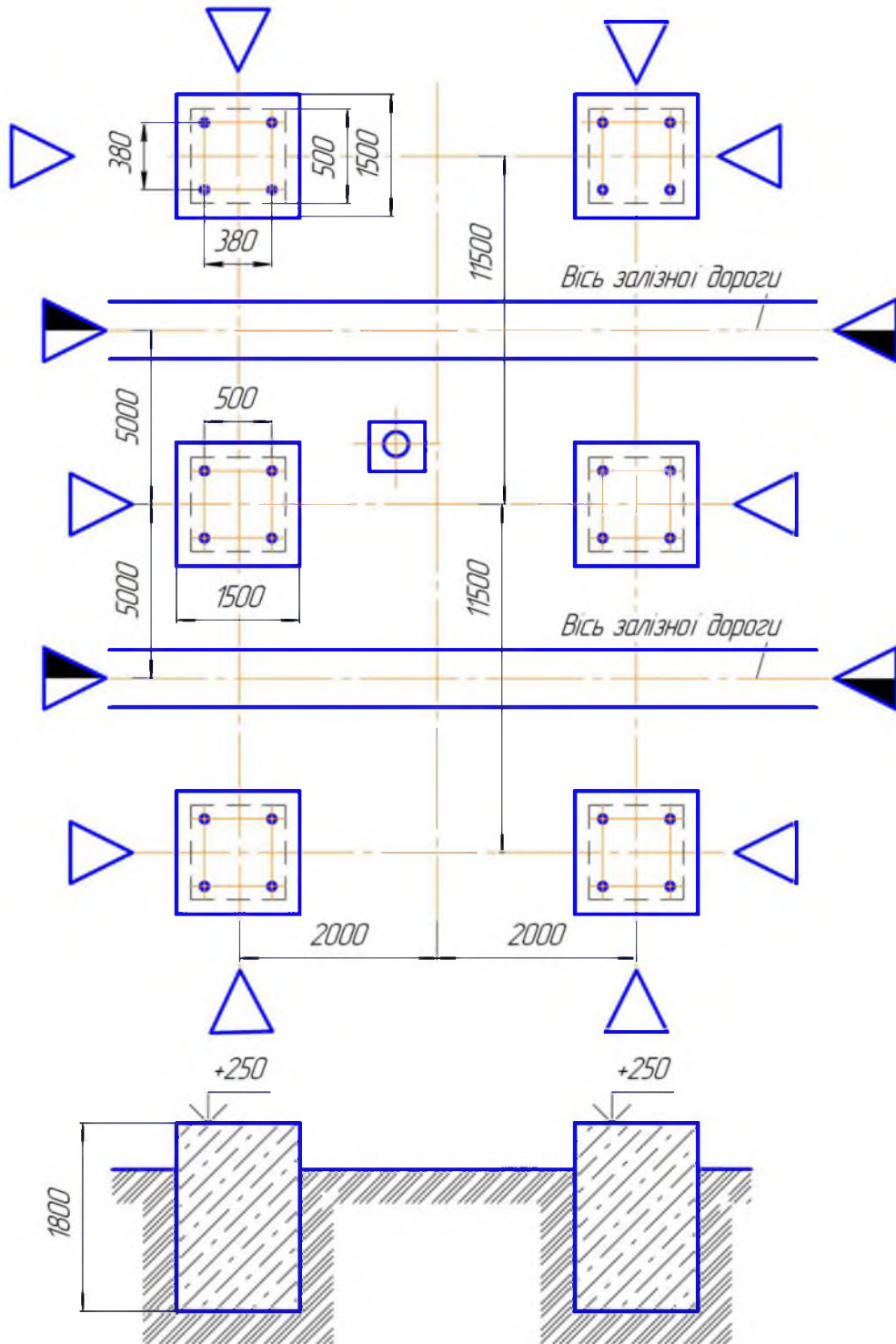


Рис. 2.11 Геодезичне обґрунтування монтажу установки для обробки чавуну

- ▲ – головні вісі; ▷ – допоміжні вісі;
 ⊠ – висотний репер; ↯ – висотна відмітка

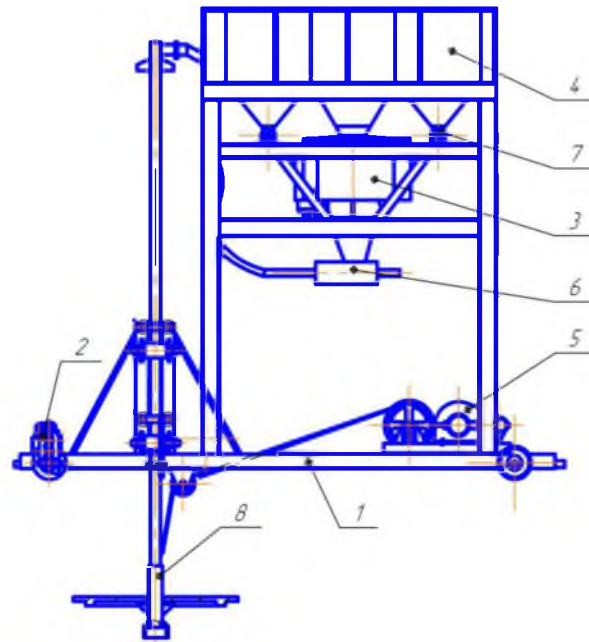
Джерело: розроблено із використанням [8]

2.4.2 Технологічна карта монтажу

Включіть такі документи: 1. Монтажне креслення зі специфікацією (рисунок 2.12).

2. Графік виконання робіт із зазначенням їх обсягу, вартості, а також потреби в робочій силі за кваліфікацією та розрядами (таблиця 2.1).

3. Список монтажного обладнання, інвентарю та пристосувань [9].



№ поз	Найменування	К-ть	Об	Заз
			Маса, кг	
1	Рама візка з колесами	1	1100	1100
2	Механізм пересування	1	800	800
3	Подрібновач	1	1050	1050
4	Бункер	3	150	450
5	Лебідка	1	350	350
6	Ежектор	1	65	65
7	Живильник	3	120	360
8	Фурма	4	1500	1500

Рис. 2.12 Монтажна схема візка установки для обробки чавуну

Джерело: розроблено із використанням [9]

Таблиця 2.1

Технологічна карта монтажу візка установки для обробки чавуну

№ п/п	Опис робіт по монтажу в технологічній послідовності	Калькуляція						Сас-тавлан-ки	Три-ва-лість опе-ра-ції, год								
		Од-виміру	Об'єм робіт	На одиницю		На весь об'єм				4	8	12	16	20	24	28	32
				Норма часу, год	Рас-цінки	Норма часу, год	Сума зарпл, грн										
1	Встановити раму візка 1 на рейки порталу і зафіксувати	Шт	1	4	1280	4	1280	6/5/5/5	4								
2	Встановити на раму візка 1 механізм пересування 2 і закріпити	Шт	1	4	1280	4	1280	6/5/5/5	4								
3	Встановити на раму візка 1 подрібнювач 3 і закріпити	Шт	1	4	1280	4	1280	6/5/5/5	4								
4	Встановити на раму візка 1 дункери 4 і закріпити	Шт	3	1,3	426	4	1280	6/5/5/5	4								
5	Встановити на раму візка 1 ледідку 5 і закріпити	Шт	1	4	1280	4	1280	6/5/5/5	4								
6	Встановити на раму візка 1 ежектор 6 і закріпити	Шт	1	4	640	4	1280	6/5/5/5	4								
7	Встановити на раму візка 1 живильники 7 і закріпити	Шт	3	1,3	426	4	1280	6/5/5/5	4								
8	Встановити на раму візка 1 фурму 8 і закріпити	Шт	1	0,5	160	2	640	6/5/5/5	4								

Джерело: розроблено із використанням [9]

Перелік монтажного інструменту:

1. Ключі: S=17; 22; 32; 36; 41; 46; 50; 60; 75; 85
2. Кувалда 3. Молоток 4. Свердлувальна машина
5. Шліфувальна машина 6. Мітчики: М-12; М-20; М-24
7. Троса парні, О 28,5 мм 8. Троса парні, О 17,5 мм
9. Рулетка
10. Рівні
11. Набір інструментів
12. Індикатори

Таблиця 2.2

Ліміт матеріалів і напівфабрикатів

Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість	
		за проектом	фактично
Кисень	м ³	5,0	
Карбід кальцію	кг	5,0	
Гас	кг	5,0	
Масло машинне	кг	4,0	
Солідол	кг	0,5	
Кінці обтиральні	кг	1,2	
Серветки обтиральні	м ²	1,0	
Папір прокладний	м ²	1,0	

Джерело: розроблено із використанням [10]

Таблиця 2.3

Перелік устаткування, інвентарю і пристосувань

Найменування і характеристика	Одиниці вимірювання	Кількість	
		за проектом	фактично
Кран мостовий Q =20/5 т	шт.	1	
Апарат електрозварювання СТЕ – 34	шт.	1	
Ацетиленовий генератор Пг –1	шт.	1	
Контрольна лінійка l= 3 м	шт.	1	
Індикатор цифрової	шт.	2	
Схил 0,4 кг	шт.	4	
Рівень з ціною ділення 0,006 м на 1м	шт.	1	

Джерело: розроблено автором

2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення

У подрібнювачі ротори розмельної камери зазнають значного абразивного зношування. Деталі, що піддаються стиранню під час роботи, є частиною конструкції, тому їх знос допустимий лише в межах запасу міцності. Якщо розміри деталей зменшуються до значень, що перевищують допустимі межі міцності, подальша експлуатація машини може призвести до аварійної ситуації.

Окрім того, до швидкозношуваних елементів подрібнювача належать підшипники ротора та обичайки. Основною причиною виходу з ладу підшипників є динамічні навантаження, спричинені дисбалансом матеріалу. Також спостерігається зношування ходових коліс рами.

Ремонт валів і муфт передбачає усунення наступних дефектів, які виникають у результаті зносу:

- зміна діаметра та форми шийок і цапф;
- поява подряпин, рисок або задирів на поверхні шийок і цапф;
- вигин чи скручування валу;
- знос, деформація або пошкодження робочих поверхонь шпонкових і шліцевих канавок;
- зношування або руйнування різьби.

Допустиме зменшення діаметра шийок трансмісійних валів визначається залежно від типу навантаження: до 10% номінального діаметра при статичному навантаженні та до 5% при динамічному навантаженні. Вали підлягають списанню у разі виявлення тріщин або скручування, що перевищує кут у 10° . Після оцінки ступеня зносу шийок приймається рішення щодо доцільності ремонту та вибору відповідної методики. Якщо вали працюють у підшипниках кочення, а конструкція не допускає зменшення розміру шийок, відновлення їхнього діаметра до номінальних параметрів здійснюється методом металізації або наплавлення.

Ремонт шийок валів із доведенням до ремонтного розміру здійснюється наступним чином:

- перевіряють стан центрових отворів і, за потреби, коригують їх на центрувальному або токарному верстаті;

- зношені шийки обробляють до заданого ремонтного розміру на токарному чи круглошліфувальному верстаті.

Повернення шийок валів до номінального розміру виконують у такій послідовності:

- методом металізації або автоматичного вібродугового наплавлення нарощують діаметр шийки валу до величини, що перевищує номінальний розмір, враховуючи припуск на подальшу обробку;

- перевіряють стан осі валу, у разі потреби виконують її вирівнювання. Невеликі вигини виправляють на токарному верстаті за допомогою ручного гвинтового преса, методом чеканки чи місцевим нагрівом. У разі значних вигинів використовують правильні преси, проводячи корекцію в холодному стані. Значення прогину не повинно перевищувати 0,2–0,3 мм на кожен метр довжини валу;

- перевіряють та, при необхідності, коригують центрові отвори;

- відновлений шар обробляють до номінальних розмірів.

Канавки під шпон на валах ремонтують кількома способами: обробкою до ремонтного розміру, наплавленням із наступною механічною обробкою або фрезеруванням нових канавок під кутом 90° , 135° або 180° відносно старих. Для обробки канавок до ремонтного розміру зазвичай використовують довбальні верстати або виконують їх фрезерування на новому місці. Під час монтажу призматичних шпонок між неробочою стороною шпонки та нижньою частиною паза шпон передбачається зазор розміром 0,2–0,5 мм. Зношення в сполучних муфтах здебільшого спостерігається на посадках сполучних елементів, насамперед у отворах для болтів і пальців, а також у зонах контактів кулачків або зубів і канавках під шпон.

Зубчасті муфти допускають знос зубів по товщині в межах 30% від номінального розміру, а перекіс осей валів не більше $1,5^\circ$, за умови відсутності радіального зміщення осей. Якщо перекосів немає, дозволяється радіальне зміщення осей, після чого проводять обробку за шаблоном за допомогою напилка або строгання на верстаті [11].

Ремонт зубчастих передач і редукторів включає усунення різних типів зносу. Найчастіше зустрічаються такі види пошкоджень:

- Стирання робочої поверхні зубів із поступовою деформацією робочого профілю, особливо ніжки зуба. Важливо розрізнити припрацьований (нормальний) знос, який припиняється після згладжування поверхонь та встановлення режиму рідинного мастила, і прогресивний знос, що виникає внаслідок недостатньої кількості мастила або його низької в'язкості.

- Вифарбовування робочих поверхонь зубів (осповідний знос, лущення та вм'ятини), яке виникає через дію змінних і високих контактних навантажень, явища втоми матеріалу та неправильний вибір мастила.

Вифарбовування деталей може бути як припрацьованим, так і прогресивним, часто супроводжуючись пошкодженнями зубів. Зубчасті колеса та шестерні потребують заміни, якщо площа пошкодженої поверхні зубів внаслідок вифарбовування перевищує 30% контактної поверхні, пошкодження доходять до головки зуба або ямки мають глибину, що досягає 10% товщини зуба.

Серед основних дефектів, які впливають на працездатність:

- задирання зубів, представлене як подовжні подряпини на робочих поверхнях головок і ніжок зубів, що виникає у результаті короточасних значних перевантажень або ударів;

- заїдання робочих поверхонь зубів через утворення і руйнування металевих зв'язків. Це зазвичай трапляється в механізмах із недостатньою приробкою передач, низькою в'язкістю мастильного масла та високим питомим тиском;

- абразивний знос робочих поверхонь, що спостерігається при попаданні абразивних частинок (рудний пил, пісок, окалина тощо) в зону зацеплення;

- викривлення або наволочення (напливи), що виникає через пластичну деформацію контактної зони при виготовленні шестерень із м'яких сталей. Це супроводжується утворенням брижів на робочих поверхнях, характерних для зубів із твердою поверхнею та м'якою серцевиною;

- відшарування поверхневих плівок у зубів, підданих недостатньо глибокому азотуванню або цементації;

- поломка чавунних або твердих сталевих зубів під впливом ударних навантажень чи перекосу осей коліс. Причинами можуть бути висока напруга вигину, виникнення мікротріщин у зоні переходу зуба до обода колеса та їх поступове розповсюдження в тіло зуба.

У високоточних передачах використовують виключно заміну зношених пар шестерня–колесо на нові.

Ремонт основних компонентів.

Основними деталями металургійних машин є здебільшого масивні литі, зварні або зварно-литі конструкції: станини, корпуси, плити, рами тощо.

Основні типи зношування литих базових деталей включають:

- локальні пошкодження та тріщини, що виникають під дією навантажень, зазвичай у місцях, де в матеріалі деталі є внутрішні дефекти або залишкові напруження від лиття;

- зношення поверхонь тертя, по яких пересуваються або на яких встановлені вузли машини;

- зношення гладких і різьбових отворів у тілі базової деталі, спричинене багаторазовим монтажем та демонтажем.

Відновлення основних деталей здійснюється методами механічної обробки, зварювання та заливки.

Попередній підігрів деталей перед зварюванням запобігає утворенню тріщин, що виникають через усадку металу при охолодженні великих об'ємів, а також спрощує подальшу обробку шва. Для цього деталі нагрівають у печах до температури приблизно 300 °С і підтримують її під час виконання зварювальних робіт.

Відпустка і відпал деталей виконуються для зниження залишкових напружень і підвищення їхньої ударної в'язкості.

Газове зварювання чавунних деталей здійснюється у гарячому стані (700-800°С) із застосуванням чавунних електродів.

При ремонті контактних поверхонь ходових коліс механізмів пересування проводяться такі роботи:

- У випадку зношування бочки ролика виконується наплавлення зношеної поверхні, її проточка для відновлення номінальних розмірів, а також перевірка стану посадкових місць під підшипники.

- Якщо виявлено зношування посадкових поверхонь під підшипники, вони наплавляються і обробляються до заданих розмірів.

- Під час розбирання підшипникових вузлів проводиться перевірка стану підшипників кочення, і, при необхідності, здійснюється їх заміна.

- Контролюється стан посадкових поверхонь підшипникових вузлів. У разі виявлення зносу або недопустимих змін розмірів, зношені поверхні наплавляються та обробляються до проектних параметрів.

Відновлювальні роботи виконуються ручним або автоматизованим електродуговим зварюванням шляхом наплавлення матеріалу. Після цього контактні поверхні ходових коліс піддаються механічній обробці, зокрема діаметри робочих частин повертаються до проектних значень. Після завершення ремонту ходові колеса обов'язково піддаються балансуванню на спеціальному балансувальному обладнанні.

Перед процесом наплавлення поверхня деталі ретельно зачищається, нагрівається до температури 600-700°С, вкривається шаром бури товщиною

0,2-0,3 мм, після чого наноситься шар сплаву завтовшки 3-5 мм. По завершенні роботи деталь охолоджується повільно та рівномірно.

Рекомендується наносити не більше трьох шарів сплаву, висота кожного шару повинна складати не більше 1,5 мм. Сормайт випускається у вигляді електродів двох марок: сормайт-1 і сормайт-2 із товщиною покриття від 0,5 до 2,5 мм, при цьому загальна товщина наплавленого шару не має перевищувати 8 мм.

2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів

Таблиця 2.4

Графік планово – попереджувальних ремонтів

Місяць	Січень			Лютий			Березень			Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень			Жовтень			Листопад			Грудень		
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ремонт	-	T	-	T	-	-	-	T	-	T	-	-	-	T	-	-	T	-	-	T	-	-	T	-	-	T	-	-	T	-	-	T	-	-	K	-

Джерело: розроблено автором

2.4.5 Змащення

У наявній конструкції машини змащуванню підлягають такі вузли тертя: лебідка відповідно до інструкції з її експлуатації, підшипники коліс візка, редуктор механізму пересування, підшипники гвинтових живильників, підшипники ротора подрібнювача та підшипники електродвигуна подрібнювача [12].

Підшипники електродвигунів, гвинтових живильників і колес візка змащуються консистентним мастилом через періодичне набивання. Для підшипників подрібнювача використовується централізована система змащування консистентним мастилом за допомогою ручної станції типу СРГ.

Параметри змащувальних матеріалів приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Властивості змащувальних матеріалів

Найменування змащувального матеріалу	Температурні межі °С	В'язкість при $t = 50^{\circ}\text{C}$, сСтюкс
Жирова 1-13 ОСТ 38.01145 - 80	-20°С ÷ +110°С	25÷35
Індустріальне 45 ГОСТ 20799 - 75	-10°С ÷ +90°С	38÷52
ІІІ-Л ГОСТ-23510-79	-10°С ÷ +65°С	42÷66
ЦІАТІМ-201 ГОСТ 6267 - 74	-60°С ÷ +80°С	24÷28

Джерело: розроблено автором

Розрахуємо витрати мастила для змащення підшипників ролика. Для цього використаємо методику, розроблену інститутом металургійного машинобудування (ВНІІметмаш). Ця методика, заснована на статистичному аналізі реальних вузлів тертя, пропонує таку формулу для визначення норми витрат густого мастила.

$$q = 11k_1k_2k_3k_4k_5 = 11 \cdot 1,05 \cdot 1,015 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 15,5$$

де 11 – мінімальна норма витрати мастила для підшипників діаметром

$$d \leq 100 \text{ мм при } n \leq 100 \text{ об/хв};$$

k_1 – коефіцієнт, що враховує залежність норми витрати мастила від

діаметру підшипника, при $d = 150 \text{ мм}$

$$k_1 = 1,0 + (d - 100)10^{-3} = 1,0 + (150 - 100)10^{-3} = 1,05;$$

k_2 – коефіцієнт, що характеризує залежність норми витрати мастила від частоти обертання, при $n = 115 \text{ об/хв}$

$$k_2 = 1,0 + (n - 100)10^{-3} = 1,0 + (115 - 100)10^{-3} = 1,015;$$

k_3 – коефіцієнт, що враховує вплив якості поверхонь, що труться на норму витрати мастила. При хорошій якості (сумарна площа дефектів не перевищує 5% контактної поверхні) $k_3 = 1,0$, а при задовільному $k_3 = 1,3$. Приймаємо $k_3 = 1,0$;

k_4 – коефіцієнт, залежний від робочої температури підшипника T_p .

Якщо $T_p < 75^\circ\text{C}$, то $k_4 = 1,0$, а якщо $T_p = 75 \div 150^\circ\text{C}$, то $k_4 = 1,2$.

Приймаємо $k_4 = 1,2$.

k_5 – коефіцієнт, що враховує вплив величини навантаження; $k_5 = 1,1$

$k_5 = 1,0$, коли робоче навантаження відповідно перевищує і не перевищує проектне значення. Приймаємо $k_5 = 1,1$.

Об'єм густого мастила, що періодично подається в підшипник кочення

$$Q = qFT = 15,5 \cdot 0,041 \cdot 2 = 1,27$$

де F – площа контактної поверхні підшипника

$$F = \pi db = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,086 = 0,041 \text{ м}^2$$

b – ширина підшипника 3534, $b = 86$ мм

T – тривалість циклу змазування (період між двома послідовними подачами мастила), $T = 2$ год.

Карта змащення приведена в таблиці 2.6.

Точки змащування приведені на рис. 2.13.

Таблиця 2.6

Карта змащення вузлів тертя машини для скачування шлаку

Т-ка	Найменування точки змащування	К-ть точок, шт	Вживане мастило	К-ть на 1 точку, см ³	Терміни заміни	Додаткові вказівки
1	Підшипники електродвигунів	12	1 - 13	400	1 раз у 6 міс	Набивання
2	Редуктор механізму пересування	1	Індустріальне 45	12 л	По контролю	Долив
3	Підшипники кочення колес	4	ЦИАТИМ-201	400	1 раз у 6 міс	Набивання
4	Підшипники кочення подрібнювача	4	ЦИАТИМ-201	1,5	1 раз у 2 год.	Централізована
5	Підшипники кочення живильників	4	ЦИАТИМ-201	1,5	1 раз у 2 год	Централізована

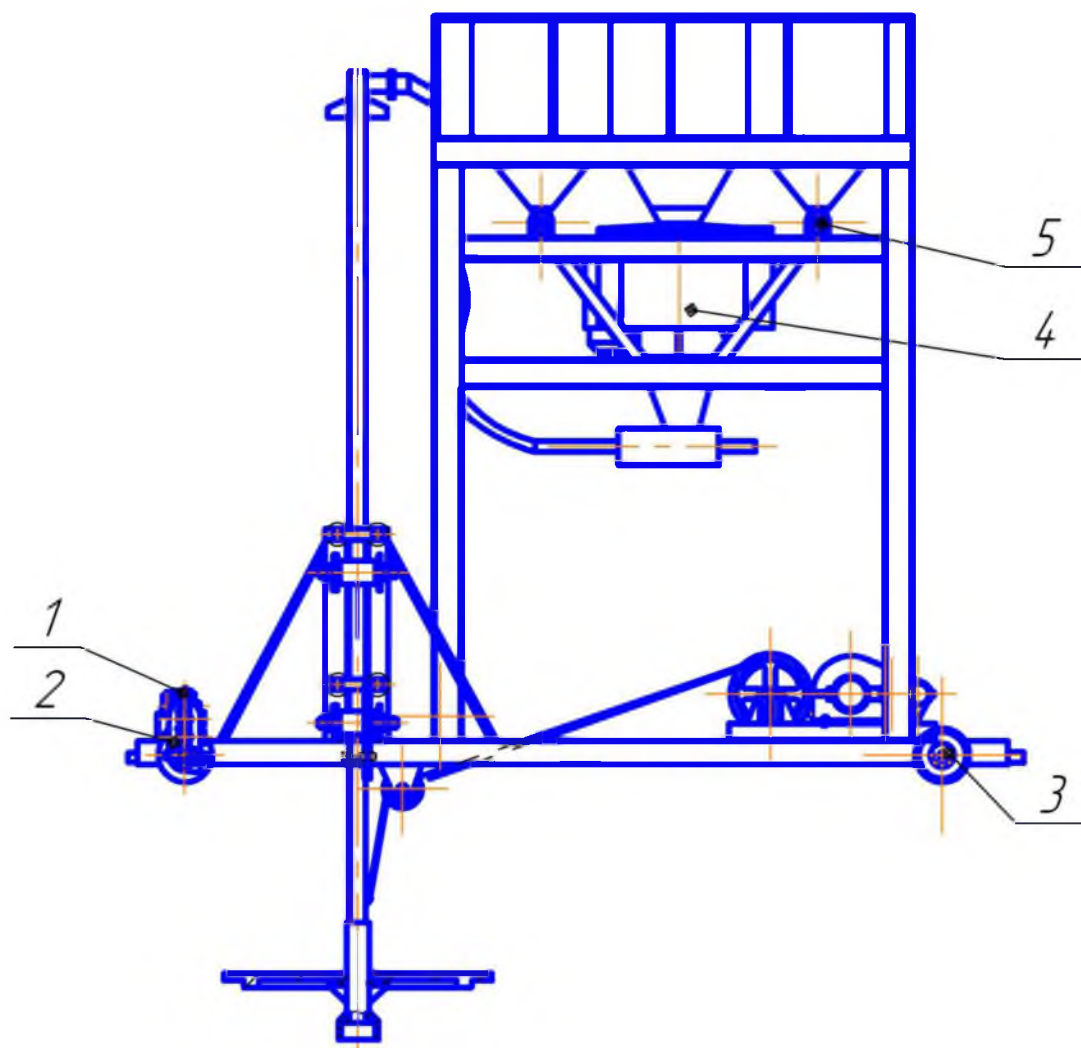


Рис. 2.13 Схема точок змащування установки для обробки чавуну
 1– підшипники електродвигунів; 2 – редуктор механізму пересування;
 3 – підшипники колес; 4 – підшипники подрібнювача;
 5 – підшипники живильників

Джерело: розроблено із використанням [12]

3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей

Машини для подачі реагентів у чавуновозні ковші розташовані в міксерному відділенні конвертерного цеху. Умови праці в цьому середовищі супроводжуються низкою шкідливих чинників, таких як запиленість, загазованість, вплив теплового випромінювання та шум [13].

У міксерному відділенні здійснюються основні технологічні операції з рідким чавуном, які включають транспортування, перевантаження, зважування та інші процеси. До цих операцій належать:

- злив рідкого чавуну з чавуновозного ковша, який постачається з доменного цеху, у міксер через спеціальне заливне вікно;
- зливання чавуну з міксера в чавуновозний ківш для подальшого передавання його до конвертерного прольоту;
- витримка рідкого чавуну в міксері для тимчасового зберігання та досягнення однорідності хімічного складу й температури;
- видалення шлаку з чавуновозних ковшів і міксера.

Основним джерелом забруднення повітряного середовища міксерного відділення є графітний пил. Розміри його часток значно варіюються: великі частки швидко осідають, у той час як дрібний пил довго залишається в повітрі. Такий тип забруднення може спричинити хвороби органів дихання, а при тривалому впливі – призводити до запалення очей (кон'юнктивіту).

Ще одним суттєвим фактором, що впливає на санітарно-гігієнічні умови, є загазованість. Вона зумовлена виділенням газів (зокрема, окису вуглецю та вуглекислого газу) під час зливання чавуну або шлаку в ковші чи під час заливання їх у міксер. Ці речовини потрапляють у робочу зону, забруднюючи атмосферу цеху.

У міксерному відділенні основним джерелом теплового випромінювання є рідкий чавун із температурою 1250-1300 °С. При його

роботі відбувається викид тепла в навколишнє середовище, що спричиняє підвищення температури повітря. Через надмірне теплове навантаження може порушуватися нормальна терморегуляція організму людини. Перегрів тіла супроводжується підвищенням температури, пришвидшеним диханням та серцебиттям, а також припливом крові до голови. У випадку значного перегріву можливе настання теплового удару, який призводить до втрати свідомості.

Під час роботи з нагрітим металом існує ризик отримання опіків.

Операції, такі як транспортування, перевантаження, зважування та інші технологічні процеси з рідким чавуном, виконуються за допомогою механізмів і машин. Серед них: чавуновозні ковші, міксери, крани для міксерів, машини для видалення шлаку тощо. Зазначене обладнання є джерелом значного шуму.

Тривала дія шуму негативно впливає на центральну нервову систему, викликаючи загальне виснаження, порушення роботи серця та системи дихання, а також уповільнення психічних реакцій. Це може стати причиною травматизму, професійних захворювань та різних помилок у роботі.

Механічні травми на виробництві можливі внаслідок використання таких механізмів:

- обладнання міксера;
- приводи машин для видалення шлаку;
- вантажопідйомні пристрої;
- залізничний транспорт та інші машини й механізми.

Санітарно-гігієнічна оцінка умов праці робітників представлена в таблиці 3.1.

Аналіз значень гранично допустимих рівнів (ГДР) та фактичних показників шкідливих виробничих чинників на робочих місцях механослужби, наведених у таблиці 3.1, вказує на необхідність запровадження заходів для їх зменшення.

Фактичний рівень шуму становить 82 дБА за допустимого значення у 80 дБА, тобто перевищено допустиму норму на 2 дБА. Мікроклімат міксерного відділення в літній період переважно характеризується як нагрівальний, а взимку – як охолоджувальний. Це може бути пов'язано з відсутністю відповідних засобів, здатних регулювати ці процеси. Водночас мікроклімат у приміщенні (температура, швидкість руху повітря, відносна вологість) відповідає встановленим санітарним нормам [13].

Таблиця 3.1

Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці робітників

Ділянка, професія	Фіз-фактор		Метеофактори								Шкідливі речовини, мг/м ³			
	Шум, дБ(А)		Швидкість руху повітря, м/с		Відносна вологість повітря, %		Температура				Запиле- ність		Загазо- ваність (СО)	
							Холодний період, t°С		Теплий період, t°С					
ГДР	Факт	ГДР	Факт	ГДР	Факт	ГДУ	Факт	ГДР	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт	
Конвер- терний цех, міксерне відділення, слюсарь- ремонтник	80	82	0,3	0,3	75	71	15– 21	6	20– 27	27	6	7	20	11

Джерело: розроблено із використанням [13]

У виробничому цеху використовується електричне обладнання, яке живиться від джерел напругою 380 В (технологічне устаткування) та 220 В (освітлення). Існує потенційна загроза електротравм для працівників.

Ризик ураження електричним струмом може виникнути в таких випадках:

- при контакті з оголеними проводами, тролейними кранами чи передавальними візками;

- при дотику до корпусів машин чи щитів управління, які внаслідок несправності опинилися під напругою та не мають заземлення;

– під час виключення роз'єднувача під навантаженням або контактора без дугогасильного обладнання.

Електричний струм силою понад 0,15 А, хоча і не спричиняє опіків, впливає на нервову систему та м'язи. Це може призвести до паралічу дихальних м'язів та серцевого м'яза.

Агрегат для скачування шлаку включає різноманітне обладнання як електричне, так і механічне, яке створює додаткові небезпеки. Заподіяння травм можливе при контакті з рухомими частинами обладнання, особливо у випадках, коли на обертових деталях є виступаючі болти чи шпонки. Додатковий ризик виникає, якщо рухомі частини механізму обертаються у протилежних напрямках, формуючи захоплюючу або втягуючу зону.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей

Для зниження рівня шуму рекомендується виконати такі заходи:

- використовувати спеціальні фундаменти для обладнання, незалежні від будівельних конструкцій, що мають значну масу, облаштовані акустичними швами, а також ізолюючі прокладки й амортизатори;
- забезпечити оптимальне з'єднання повітропроводів із повітродувними машинами та кріплення трубопроводів на опорах із використанням амортизуючих прокладок;
- встановлювати звукоізолюючі кожухи для ізоляції обладнання з високим рівнем шуму від виробничих приміщень;
- застосовувати звукоізоляційні та звукопоглинаючі матеріали;
- використовувати індивідуальні засоби захисту від шуму та вібрацій.

Схеми управління електродвигунами механізмів і машин розробляють так, щоб запобігти їхньому самовільному запуску після появи напруги у разі раптового відключення. Освітлювальні мережі під'єднують до ввідного автомата, причому відключення автомата не призводить до зняття напруги в мережі освітлення [13].

Для зменшення тепловиділень у повітрі та усунення зайвого тепла доцільно організувати припливну вентиляцію.

Для очищення запиленого повітря рекомендується застосовувати такі методи: сухе очищення за допомогою пилоосаджувальних камер, циклонів, мультициклонів, інерційних і матерчатих фільтрів; мокре очищення у різноманітних скруберах; електричне очищення в сухих і мокрих електрофільтрах, а також часткова чи повна герметизація виробничого обладнання.

Надмірний шум негативно впливає на здоров'я працівників, підвищує ризик травматизму та знижує продуктивність праці.

Щоб попередити шкідливий вплив ультразвуку на працівників, використовуються заходи звукоізоляції обладнання та його розміщення у спеціальних звукоізоляційних камерах.

Для захисту від шуму та вібрацій впроваджуються наступні дії:

- заміна шумних і вібраційних виробничих процесів на менш галасливі;
- спорудження окремих фундаментів, які не пов'язані з конструкцією будівлі;
- застосування ізоляційних матеріалів і поглиначів вібрації;
- використання звукоізоляційних та вібропоглинаючих матеріалів;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту від шуму і пилу.

Для запобігання ураженню електричним струмом всі електроприлади на підприємстві заземлені. Розетки для підключення переносних ламп працюють на напрузі 12 В. Електричні шафи й розподільчі щити мають відповідні попереджувальні позначення.

Коллективні засоби захисту від ураження електричним струмом охоплюють: захисні, запобіжні і гальмівні пристрої, системи сигналізації, дистанційне керування та розташування знаків безпеки.

Незадовільне освітлення може стати причиною травматизму, негативно впливати на зорові функції працівників та знижувати їхню продуктивність.

Тому важливо забезпечити робочі місця достатнім рівнем освітлення як вдень, так і в темний час доби.

Розглянемо розрахунок освітлення у міксерному відділенні. Приміщення має розміри 90×30 м, а згідно з нормативами необхідний рівень освітленості становить 200 лк. Освітлення в приміщенні організовано світильниками прямого світла, підключеними до електромережі з напругою 220 В. Для цього використовуються електролампи потужністю 1500 Вт.

Щоб створити загальне рівномірне освітлення у приміщенні, необхідно визначити потужність освітлювальної системи та кількість ламп. Розрахунок буде виконано за методом ватів.

Потужність освітлювальної установки розраховується за такою формулою:

$$W_1 = \frac{ESK}{1000E_{cp}} = \frac{200 \cdot 2700 \cdot 1,5}{1500 \cdot 5,3} = 101,88 \text{ кВт},$$

де E – нормована освітленість, $E = 200$ лк;

S – площа освітленої ділянки, $S = 90 \cdot 30 = 2700$ м²;

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення ламп и освітлювальної арматури, при середніх виділеннях кіптяви, пилу и диму, $K = 1,5$;

E_{cp} – середня горизонтальна освітленість, визначаємо по таблиці при $U = 220$ В і потужності лампи $W_2 = 1,5$ кВт, $E_{cp} = 5,3$ лк.

Необхідна кількість ламп

$$n = \frac{W_1}{W_2} = \frac{101,88}{1,5} = 67,92 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість ламп $n = 68$ шт., що забезпечує рівень освітлення згідно СН 2527 – 82.

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

Відповідно до вимог СНіП №539 від 28.10.2003 р., кожен працівник забезпечується спеціальним одягом і засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

Працівники виробничих цехів отримують ЗІЗ згідно з діючими нормативами:

- засоби для захисту дихальних органів від шкідливих речовин (респіратори, пилозахисні маски типу «Пелюстка»);
- спеціальний одяг (комбінезони, куртки, штани тощо), що захищає тіло від хімічних, термічних та механічних впливів;
- спеціальне взуття, яке запобігає механічним травмам ніг;
- рукавички для захисту рук від механічних пошкоджень;
- засоби для захисту голови від ударів (каска з амортизаторами, повсякденні шоломи для захисту від теплового випромінювання);
- захисні пристрої для обличчя від теплових випромінювань (сітчасті або прозорі щитки для захисту від сторонніх часток);
- прилади для захисту від іскор, пилу, розплавленого металу під час зварювання (фіброзні щитки із захисними скельцями);
- засоби для поглинання шуму та захисту органів слуху (навушники, спеціальні шоломи, заглушки, вкладиші);
- окуляри для попередження механічних, хімічних, енергетичних пошкоджень очей і їх захисту від засліплення електродугою.

Перелік видів ЗІЗ, які надаються працівникам цеху, а також річна потреба та періодичність їх видачі наведені в таблиці 3.2.

Виробничий процес у конвертерному цеху відповідно до санітарно-гігієнічної характеристики належить до групи 2б згідно з нормативами БНіП 2.09.04-87. Для цієї групи передбачено наявність таких побутових приміщень: душові, умивальні, пункти харчування, санвузли, пункти питного водопостачання, а також здоров'я пункт. Гардеробні приміщення служать для зберігання особистого та спеціального одягу працівників і розраховуються з урахуванням кількості працюючих, забезпечуючи при цьому 5% резерв шаф.

Кожний працівник має персональну шафу для зберігання свого одягу. Інші побутові приміщення плануються та розраховуються на основі кількості працівників у найбільш численній зміні [13].

Таблиця 3.2

Річна потреба і періодичність видачі ЗІЗ

Професія або посада	Кількість людей за професією	Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту	Терміні носіння, міс.	Загальна кількість на рік, шт.
Слюсар - ремонтник	48	Костюм бавовняний	12	48
		Черевики	12	48
		Чоботи кирзові	12	48
		Валянки	36	48
		Рукавиці	1	528
		Окуляри	6	96
		Каска	36	48
		Підшоломник	12	48
		Куртка ватяна	36	48

Джерело: розроблено із використанням [13]

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Кількість душових сіток визначена із розрахунку: одна сітка на трьох працівників. Для умивальників прийнята норма – один кран на 20 осіб. Душові й умивальні розташовуються поруч із вбиральнями [13].

Для забезпечення харчування працівників передбачено їдальню, місткість якої розрахована з показника: одне посадкове місце на чотирьох осіб. Оскільки найбільша кількість працівників задіяна в денну зміну, кількість місць у їдальні визначається відповідно до числа зайнятих у цій зміні.

$$n = \frac{C_d}{5} = \frac{685}{5} = 137,$$

Таким чином, їдальня має бути розрахована на 137 посадкових місць.

Для відновлення водного балансу та запасів мінеральних солей у цеху встановлені питні фонтанчики та автомати із підсоленою газованою водою. Джерела питного водопостачання розташовуються не далі 75 метрів від робочих місць. Їхня кількість визначається за нормою: один питний пристрій на 100 осіб.

Вбиральні також знаходяться на відстані не більше 75 метрів від робочих місць. Кількість санітарних приладів у них розраховується за нормативом: один прилад на 15 осіб.

Працівники, які працюють цілодобово, мають можливість користуватись послугами здоров'я пункту II категорії [13].

3.3 Пожежна профілактика

Забезпечення протипожежній безпеці об'єкта є можливим завдяки комплексному підходу, який включає систему запобігання пожежам, пожежний захист та організаційні заходи. У будь-яких умовах необхідно гарантувати не лише безпечність об'єкта, але й захист людей. Основними умовами запобігання пожежам є виключення можливості утворення горючого середовища та усунення джерел займання [13].

Пожежний захист реалізується за рахунок використання негорючих або важкогорючих матеріалів, обмеження кількості легкозаймистих речовин, ізоляції горючого середовища, а також шляхом недопущення поширення вогню. Додатково застосовуються ефективні засоби гасіння пожеж, забезпечується безперешкодна евакуація людей, використовуються колективні та індивідуальні засоби захисту, протидимові системи, сигналізація та засоби зв'язку, а також організовується пожежна охорона об'єкта.

До організаційних заходів для забезпечення протипожежної безпеки належать:

- створення на об'єкті спеціальних пожежних формувань;
- розробка та впровадження правил і норм пожежної безпеки, дотримання протипожежного режиму, а також підготовка заходів для швидкої ліквідації можливих надзвичайних ситуацій;
- навчання працівників і населення правилам забезпечення пожежної безпеки.

Виробничий процес у міксерному відділенні за вибуховою, вибуховопожежною та пожежною небезпекою класифікується за БНіП 2.09.02-85 як категорія «Г». Це зумовлено обробкою негорючих матеріалів, таких як розжарений рідкий чавун.

Цехова будівля виготовлена з негорючих матеріалів, зокрема металоконструкцій, цегли, залізобетону і скла, та має II ступінь вогнестійкості відповідно до БНіП 2.01.02-85.

Основними причинами можливих пожеж у міксерному відділенні можуть бути:

- загоряння електроустаткування через перевантаження, перегрів або коротке замикання (клас пожежі – Е);
- займання паливно-мастильних матеріалів унаслідок попадання іскор електричного чи механічного походження, нагріву гарячих об'єктів або відкритого полум'я (клас пожежі – В);
- самозаймання промасленого дрантя (клас пожежі – А).

Для зменшення ризику виникнення пожеж у конвертерному відділенні впроваджено такі заходи:

- обладнання систем автоматичного управління електроустаткуванням пристроями захисту від перевантажень і плавкими запобіжниками;
- обмеження кількості горючих мастильних матеріалів до добової норми споживання, із зберіганням залишків у спеціально обладнаних пожежобезпечних складах;
- розміщення трансформаторних кіосків поза межами виробничих приміщень;

– збір використаного промасленого дрантя в металеві ящики з герметичними кришками та вивезення його наприкінці зміни для спалювання у спеціально відведених місцях;

– відведення статичних зарядів через заземлювальну мережу.

Ймовірність удару блискавки по будівлі знижена завдяки застосуванню системи захисту від блискавки II категорії, яка відповідає СІ 305-77.

Аби загасити можливі займання у цеху, облаштовано первинні засоби пожежогасіння, відповідно до «Правил пожежної безпеки в Україні».

У таблиці 3.3 наведено комплектацію пожежних щитів первинних засобів пожежогасіння для змішувального відділення. Пожежний щит розміщений на позначці + 8180 мм біля пульта керування змішувачем.

Для придушення вогню водою задіюється пожежний водогін, з'єднаний із виробничим. На його мережі у приміщенні ділянки змонтовано пожежні крани з полотняними рукавами та відводами.

Зовні споруди по її периметру у підземних криницях розміщено пожежні гідранти.

Таблиця 3.3

Перелік інвентарю пожежного щита

Найменування інвентарю	Кількість, шт
Вогнегасники: повітряно-пінний ВПП-5, вуглекислотний ВВ-5, хімічний пінний ВХП-10	3
Ящики з піском	1
Покривало з матеріалу, що не згорає	1
Багри	2
Ломи	2
Лопати	2
Сокири	2

Джерело: розроблено із використанням [13]

Для підходу на покрівлю споруди застосовуються пожежні драбини, закріплені на стінах.

Системи автоматичного гасіння займань та сповіщення чинними нормативами не плануються.

ВИСНОВОК

Недоліки існуючої установки при її застосуванні в сталеплавильному цеху включають такі аспекти:

– у разі тривалого зберігання мелкодисперсного меленого вапна у бункері великого об'єму відбувається його поступова гідратація через вологість повітря, що призводить до утворення комків та спричиняє труднощі під час пневмотранспортування. Додатково, цей процес ускладнюється тим, що подрібнення й використання вапна здійснюються у різних місцях, а саме вапно піддається перевантаженням і транспортується в автоцементовозах;

– установка придатна лише для зберігання та подачі одного типу порошкових матеріалів;

– для подрібнення вапна у вапняних цехах застосовуються кульові млини, які характеризуються значними витратами електроенергії, високою вартістю, металомісткістю, складністю конструкції й потребують спеціального фундаменту для монтажу.

У межах данної кваліфікаційної роботи пропонується вдосконалена схема розташування обладнання для підготовки та подачі вапна й інших матеріалів у чавуновізний ковш із застосуванням відцентрового млина.

Планується встановити обладнання в міксерному відділенні мартенівського цеху замість однієї з наявних машин для знімання шлаку, яка наразі не виконує своєї основної функції. Ключовим елементом установки стане відцентровий млин для високошвидкісного помелу вапна та інших сипучих матеріалів, які використовуються як домішки.

Розташування установки саме в сталеплавильному цеху, а не в доменному, дасть змогу оперативно регулювати якість передільного чавуну, що надходить із доменних цехів.

Очікується, що впровадження установки для підготовки та подачі вапна й інших сипучих матеріалів позитивно вплине на якість передільного чавуну і зменшить кількість браку у виробництві сталі.

Розроблений комплекс устаткування сприятиме покращенню якості продукції, збільшенню виходу придатного металу на 395 тонн у рік та зниженню браку на 0,01% на кожну тонну сталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Криворізький державний гірничо-металургійний комбінат "Криворіжсталь". Кривий Ріг, 1997. 26 с.
2. Усачов В.П. "Технологічні лінії та комплекси металургійних цехів". У 2-х ч. Ч. 2. Технологічні основи компоновки ліній металургійних виробництв. Підручник для вузів: К.: ІСДО, 1994. 415с.
3. Лукашкін М.Д., Кохан Л.С., Якушев А.М. Конструкція та розрахунок машин і агрегатів металургійних заводів. 2003. 456 с.
4. Машини та агрегати металургійних заводів. В 3-х томах. Т. 2. Машини та агрегати сталеплавильних цехів. А.І. Целіков, П.І. Полухін, В.М. Гребеник та ін. 2-е вид. перероб. і доп. Металургія, 1988. 432 с.
5. Анур'єв В.І. Довідник конструктора-машинобудівника в 3-х т.-5-е вид. перероб. і доп. Машинобудування, 1979. Т.1-728 с.; Т.2-559 с.; Т.3-557 с.
6. Чернавський С.А., Іцкович Г.М., Кисильов В.А. та ін. Проектування механічних передач. Навч. посібник. Машинобудування, 1978. 608 с.
7. Розрахунок та проектування деталей машин, ч. 2. Киркач Н.Ф., Валасанян Р.А. Х. Вища шк., 1987. 144 с.
8. Плахтін В.Д. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин. Металургія, 1983. 415 с.
9. Притикін В.Д. Надійність, ремонт і монтаж металургійного обладнання. Металургія, 1985. 368 с.
10. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин. Київ: Вища школа, 1976. 228 с.
11. Касаткін М.Л. «Ремонт і монтаж металургійного обладнання» Вид-во «Металургія», 1970р, 2-е вид., 312с.
12. Автоматизовані мастильні системи та пристрої. Машинобудування, 1982. 176 с.

13. 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 р. 850 с.

ДОДАТКИ

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій

про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

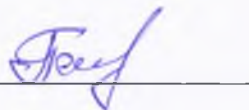
Я, *Педченко Роман Сергійович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна магістерська робота *«Механічне обладнання Конверторного цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»*. Розробка комплексу підготовки та подачі реагентів в *чавуновозний ківш»* 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



Педченко Р.С.

(ініціали, прізвище, власноруч)