

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 БАКЛАВРА**

Верещагіна Кристина Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Модернізація барабанного змішувача СБ-3,2×8 Агломераційного цеху №3  
Агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

за матеріалами

Агломераційного цеху №3 Агломераційного департаменту ПАТ «Арселор-  
Міттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., проф.

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Засельський В. Й.

(прізвище, ініціали)

**Робота допущена до захисту в ЕК**

Протокол засідання кафедри

від 14 червня 2025 р № 14

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

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

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ Перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ 133 «Галузеве машинобудування» \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ ІГМ \_\_\_\_\_

  
(підпис)

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

« 14 » \_\_\_\_\_ квітня \_\_\_\_\_ 2025 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

*Верещагіна Кристина Сергіївна*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра  
*Модернізація барабанного змішувача СБ-3,2×8 Агломераційного цеху №3  
Агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 242-ст

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри 07.06.2025

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра  
*Умови виробництва Агломераційного цеху №3 Агломераційного департаменту  
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика  
барабанного змішувача СБ-3,2×8, інформація про недоліки конструкції.*

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







4.1 Аналітична частина;

4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
*1 аркуш формату А1 кресленик загального виду: змішувач барабанний ЗБ-3,2х8*

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Засельський В. Й., проф.	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Засельський В. Й., проф.	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Засельський В. Й., проф.	 14.04.25	 14.04.25

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач (ка)

  
(підпис)

Верещина К. С.  
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

  
(підпис)

Засельський В. Й.  
(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Заново розроблена			
5						
6	A1	КРБ.133.25.06.00.00.000.В0	Кресленик загального виду	1	-	
7	A4	КРБ.133.25.06.ПЗ	Пояснювальна записка	41	-	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

					<b>133.25.06.КРБ</b>			
Зм.	Арк.	№ документа	Подп.	Дата	Змішувач барабанний ЗБ-3,2x8	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Верещагіна	<i>[Підпис]</i>	04.06.25		Б		1
Перевірив		Засельський	<i>[Підпис]</i>	04.06.25	Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра	ННТІ ДУЕТ кафедра ІГМ гр. М0-22ск		
Н.контр.		Засельський	<i>[Підпис]</i>	13.06.25				
Затвердив		Засельський	<i>[Підпис]</i>	14.06.25				

Копіював

Формат А4

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 41 стор., 6 рис., 2 табл., 1 додаток, 9 джерел.

Об'єкт розробки — барабанний змішувач шихти.

Мета розробки — покращення якості суміші агломераційної шихти.

Метод досліджень — аналітичний – аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції барабанного змішувача шихти.

Запропонований додатковий вихровий пристрій змішування шихтового матеріалу в порожнині барабану. Визначена необхідна потужність двигуна для роботи пристрою.

Запропонована модернізація машини дозволить підвищити якість підготовки шихтового матеріалу до агломерації без необхідності збільшення довжини барабану.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації барабанного змішувача шихти.

*Ключові слова:* змішувач, вихрове змішування, якість суміші, агломерація.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>9</b>
1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини .....	9
1.2 Технічна характеристика машини-прототипу .....	9
1.3 Опис конструкції машини-прототипу.....	11
1.4 Аналіз недоліків .....	14
1.5 Передбачувані причини недоліків .....	14
1.6 Постановка задачі .....	15
<b>РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>16</b>
2.1 Літературно-патентний огляд.....	16
2.2 Пропозиції по модернізації.....	23
2.3 Переваги пропонованої конструкції .....	25
2.4 Розрахунки по модернізації.....	26
<b>РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА</b> .....	<b>33</b>
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників.....	33
3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників .....	35
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>38</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>40</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>41</b>

## ВСТУП

У сучасному металургійному виробництві процес підготовки сировини до плавки залишається одним із найважливіших та незамінних етапів. Якість вихідної сировини безпосередньо визначає можливість отримання металу високих експлуатаційних характеристик. Однією з ключових стадій цього процесу є змішування компонентів, що забезпечує їх однорідність і стабільність складу, необхідні для подальших технологічних операцій.

Серед різноманітних типів обладнання, яке використовується для виконання цієї задачі, особливе місце займають барабанні змішувачі. Їх популярність зумовлена універсальністю, здатністю ефективно змішувати матеріали різної гранулометрії та вологості, а також високою надійністю в експлуатації. Завдяки інтенсивному контакту між компонентами суміші у процесі обертання барабана забезпечується достатня рівномірність перемішування, що є важливим для стабільності якості готової продукції. Окрім того, простота конструкції та легкість у технічному обслуговуванні сприяють тривалому терміну служби цих агрегатів і знижують витрати на ремонт.

Проте, незважаючи на очевидні переваги, традиційні барабанні змішувачі мають і певні недоліки. Одним із головних є великі габаритні розміри, особливо довжина агрегатів, що обмежує можливості їх розміщення у виробничих приміщеннях. Ще однією проблемою є недостатній час перебування матеріалу в зоні змішування, що інколи призводить до нерівномірності у складі шихти. Крім того, висока маса рухомих частин зумовлює значні енергетичні витрати, а зношення внутрішніх поверхонь барабана з часом негативно впливає на якість змішування.

Враховуючи вказані проблеми, існують різні напрями для удосконалення барабанних змішувачів. Зокрема, перспективним є удосконалення конструкції барабана з метою зменшення його габаритів без втрати об'єму обробки матеріалу, а також інтеграція внутрішніх лопатевих систем або спіральних вставок, які б сприяли інтенсивнішому перемішуванню. Крім того, доцільним

є застосування систем регулювання швидкості обертання барабана залежно від властивостей суміші, що дозволить покращити однорідність продукту та зменшити енергоспоживання. Використання зносостійких матеріалів для внутрішньої футерівки може значно продовжити термін служби обладнання, а автоматизація процесу контролю параметрів змішування забезпечить стабільність якості на всіх етапах виробництва.

Таким чином, подальший розвиток конструкцій барабанних змішувачів спрямовується на підвищення ефективності змішування, скорочення енерговитрат, зменшення габаритів обладнання та поліпшення якості готової сировини, що є надзвичайно важливим для забезпечення високого рівня металургійного виробництва.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### **1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини**

Барабанний змішувач є різновидом обладнання, яке призначене для підготовки та обробки сипких матеріалів, зокрема шляхом їх змішування, зволоження. Такі агрегати широко застосовуються у металургійній промисловості, де вони є важливим елементом технологічних ліній, зокрема при підготовці сировини для виробництва агломерату, залізорудних окатишів різного розміру.

Конструктивною особливістю барабанних змішувачів є можливість регулювання кута нахилу барабана та швидкості його обертання. Це дає змогу змінювати тривалість перебування матеріалу всередині робочої зони, забезпечувати необхідну інтенсивність змішування та адаптувати обладнання під вимоги різної продуктивності. Завдяки таким регулюванням можна ефективно обробляти широкий спектр матеріалів та отримувати кінцеві продукти з заданими характеристиками.

Хоча сфера застосування барабанних змішувачів не обмежується лише металургійною галуззю, саме у металургії вони відіграють важливу роль не тільки у процесах змішування, але й при зволоженні та формуванні шихти перед подальшими стадіями виробництва. Це свідчить про універсальність та ефективність даної конструкції, що дозволяє успішно виконувати різноманітні технологічні задачі в умовах інтенсивного промислового виробництва. [1]

#### **1.2 Технічна характеристика машини-прототипу**

Технічна характеристика барабанного змішувача СБ-3,2×8 наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

## Технічна характеристика барабанного змішувача СБ-3,2×8

Найменування параметру	Один. вимір.	Значення
Продуктивність	т/год	850
Ступінь заповнення барабану	%	13
Діаметр барабану	м	3,2
Довжина барабану	м	8
Кут нахилу	град	2° 3'
Швидкість обертання	об/хв	4,22/6,55/9,84
Час перебування шихті в барабані - 4,22/6,55/9,84	с	116/87/58
Габаритні розміри - довжина - ширина - висота	мм	13117 6123 5167
Маса	кг	64700
<b>Привод обертання барабану</b>		
Електродвигун - тип - частота обертання - потужність	об/хв кВт	АО114-12/8/6/4 60/90/120/200 485/740/985/1480
Редуктор двоступінчастий циліндричний - передавальне число		17,775
Відкрита зубчаста передача - передавальне число		8,46
Загальне передавальне число		150,38
<b>Привод очисного пристрою</b>		
Електродвигун - тип - частота обертання - потужність	об/хв кВт	АО62-8 735 4,5
Редуктор - тип - передавальне число		РМ-500 31,5
Число подвійних ходів	шт	23
Величина ходу шкребків	мм	200
<b>Установка для зволоження</b>		
Кількість форсунок	шт	66
Витрата води	м <sup>3</sup> /год	25
Тиск води	МПа	0,25-0,4

Джерело: розроблено із використанням [2]

### 1.3 Опис конструкції машини-прототипу

Барабанний змішувач (рис. 1.1) складається з наступних основних вузлів: циліндричного барабану 1, опорних 8 та упорних 14 роликів, приводу, установки для зволоження шихти з форсунками 21, очисного пристрою, завантажувального пристрою, розвантажувальної камери й системи змащення.

Барабан являє собою пустотілий циліндр, що складається із трьох секцій із фланцями, з'єднаних між собою болтами.

Завантажувальний кінець барабану має торцеву стінку 22 з концентричним отвором і відбійним конусом, що перешкоджає висипанню шихти з барабану. На внутрішній поверхні барабана встановлені поздовжні ребра, що сприяють утворенню гарнісажу, який захищає стінки барабана від стирання.

Обертання барабану передається через сталевий, зубчастий вінець 19, закріплений на фланцях у місці стику першої й другої секцій. Зубчастий вінець виконаний із двох половин, з'єднаних між собою болтами.

Двома сталевими бандажами 4, увареними в обичайки крайніх секцій, барабан опирається на чотири опорних ролики 8. У поздовжньому напрямку барабан утримується від зсуву двома упорними конічними роликами 14, які обхоплюють із двох сторін бандаж, розташований з боку розвантажувальної частини барабана.

Привод обертання барабана складається з трьох швидкісного електродвигун 6 змінного струму й циліндричний редуктор 16, з'єднаний муфтами 10 й 12 з електродвигуном і вузлом проміжного валу 5. На проміжний вал насаджена шестірня, що перебуває в зачепленні із зубчастим вінцем 19 барабану. Проміжний вал опирається на сферичні роликотішипники, установлені в литому корпусі.

Зубчастий вінець 19, муфти 10 та 12 закриті кожухами, відповідно 9, 11 та 13. Кожен вузол опорного ролика складається зі сталевого ролика, напресованого на вісь, що опирається на сферичні роликотішипники, установлені в чавунному литому корпусі. Регулювання положення опорного ролика щодо

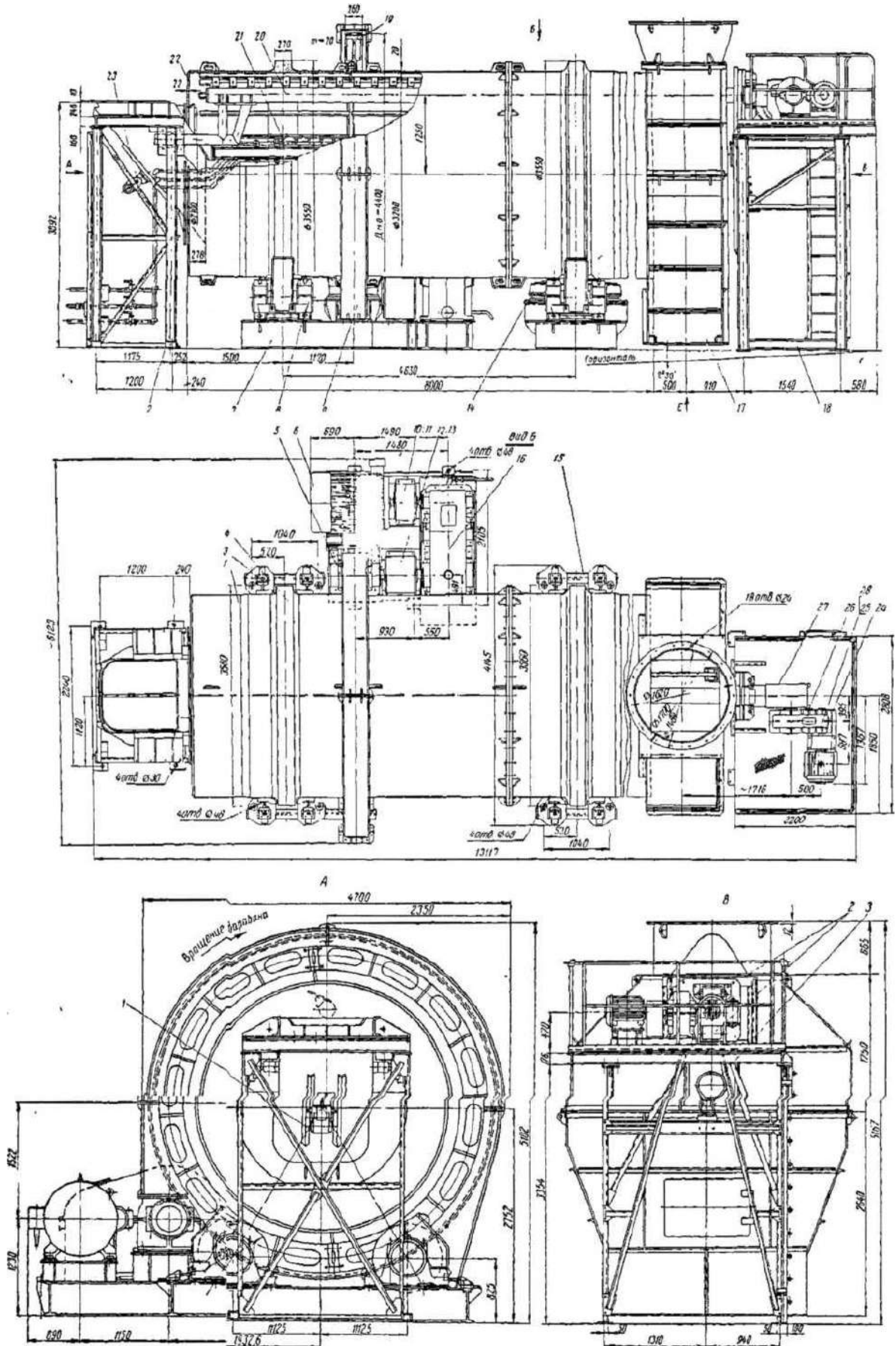


Рис. 1.1. Загальний вигляд барабанного змішувача

Джерело: розроблено із використанням [3]

осі барабану й фіксація його в цьому положенні здійснюються за допомогою стаціонарних упорів 3, встановлених на рамі із зовнішньої сторони корпусу ролика.

Упорні ролики і два опорних ролики 8 установлені на окремій звареній рамі 15, а на іншій звареній рамі 7 установлені два опорних ролики й привод обертання барабану.

Установка для зволоження шихти складається із трьох водопостачальних труб, розташованих всередині барабану, на яких встановлені турбулентні форсунки 21. На кожній трубі магістралі, що підводить, розміщуються сітчасті фільтри й запірні крани.

Для зрізання шару налиплого матеріалу із внутрішньої поверхні барабану слугує очисний пристрій, що складається з труби із закріпленими на ній шкребками. Труба зі шкребками, встановлена всередині барабана, робить зворотно-поступальний рух у напрямних роликах від спеціального приводу, що складає з електродвигуна 24 змінного струму, циліндричного редуктора 26, кривошипне-шатунного механізму 27 і муфти 25, закритої кожухом 28. Привод очисного пристрою встановлюється на стойці 18.

Матеріал завантажується в барабан з бункера, встановленого на стойках 2 таким чином, що його нижня частина входить в отвір торцевої стінки 22 барабану. На стінці бункера встановлений вібратор 23 типу 3-840 з електродвигуном.

Розвантаження барабана здійснюється через зварну розвантажувальну камеру 17, виконану з двох частин — верхньої й нижньої з розніманням, розташованим по осі барабану.

До фланця патрубку верхньої частини камери приєднуються труби аспіраційної системи, а нижня частина камери, яка звужується донизу, кінчається прямокутним отвором.

Стінки нижньої частини камери захищені від зношування футеруванням з листової сталі. Розвантажувальна камера встановлюється безпосередньо на фундаменті. [3]

#### **1.4 Аналіз недоліків**

Багаторічний досвід експлуатації барабанного змішувача СБ-3,2×8, який є ключовим елементом технологічної схеми підготовки шихти в агломераційному цеху №3 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», виявив суттєвий недолік у його роботі — нестабільна та недостатня однорідність отриманої суміші. Зокрема, спостерігаються значні коливання вологості та нерівномірний розподіл дрібних фракцій компонентів агломераційної шихти, що підтверджується результатами періодичних лабораторних аналізів.

Ця нестабільність якості шихти має прямий негативний вплив на подальші етапи агломераційного процесу. Нерівномірний розподіл компонентів призводить до погіршення формування шару шихти на палетах агломераційної машини, зниження його газопроникності та, як наслідок, до зменшення продуктивності агломераційної машини. Крім того, неоднорідність шихти спричиняє нерівномірне спікання матеріалу, що негативно позначається на міцності та металургійній цінності готового агломерату. Це, в свою чергу, може призводити до збільшення утворення дріб'язку та підвищення витрат сировини через необхідність повторної переробки неякісного агломерату.

#### **1.5 Передбачувані причини недоліків**

У результаті аналізу конструкції пристрою і записів агрегатного журналу можна зробити висновок, що існуючий недолік пов'язаний з недостатнім часом знаходження шихти в порожнині барабану через малу його довжину.

Вирішення цього недоліку за рахунок збільшення довжини барабану є не раціональним через:

- збільшення маси машини, що призведе до підвищення необхідної потужності привода;

- збільшення габаритних розмірів, що унеможливить використання змішувача в існуючій технологічній схемі;
- зміни продуктивності тракту.

## 1.6 Постановка задачі

Метою роботи є підвищення якості підготовки шихтових матеріалів, стабілізація речового складу шихти.

Для досягнення поставленої мети передбачається виконання наступних етапів:

- ідентифікація та оцінка існуючих технічних рішень: буде проведено ретельний пошук та вивчення наявних технологічних підходів, здатних забезпечити вирішення визначеної проблеми;
- аналітичне дослідження знайдених рішень: отримані технічні рішення будуть детально проаналізовані з точки зору їхньої практичної застосовності для усунення раніше виявлених недоліків;
- проектування нової конструкції агрегату: на основі результатів аналізу буде розроблено модифіковану конструкцію обладнання;
- виконання необхідних розрахунків: для визначення оптимальних параметрів запропонованої конструкції будуть проведені всі необхідні інженерні розрахунки;
- створення конструкторської документації: результатом етапу розрахунків стане розробка комплексу креслень нової конструкції барабанного змішувача;
- розробка заходів з організації безпечного виробництва: буде підготовлено комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці при експлуатації розробленого обладнання.

## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

#### 2.1 Літературно-патентний огляд

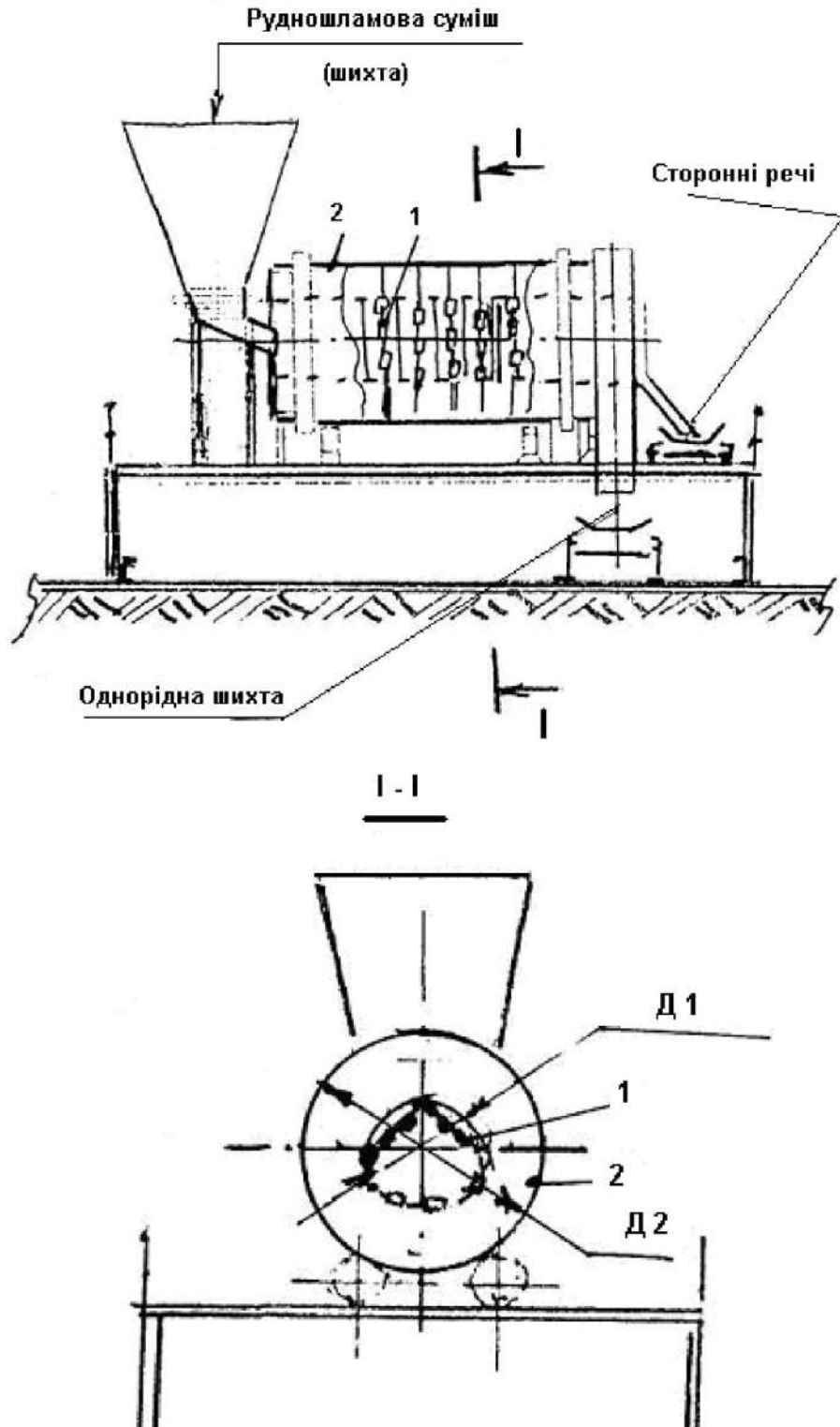
Запропонований барабанний змішувач (рис. 2.1) для шихти складається з циліндричного корпусу 2, оснащеного приводом обертання (не показано на ілюстраціях), та сортувальної поверхні 1, яка коаксіально розміщена всередині корпусу 2. Важливою особливістю є співвідношення діаметрів: діаметр сортувальної поверхні ( $D_1$ ) становить від 28 % до 64 % внутрішнього діаметру корпусу змішувача ( $D_2$ ). Сама сортувальна поверхня виконана у вигляді набору профільованих кільцевих елементів, між якими встановлені ланцюгові елементи.

Принцип роботи пристрою полягає в наступному.

Під час обертання циліндричного корпусу 2 разом із сортувальною поверхнею 1, шихтовий матеріал завантажується всередину сортувальної поверхні. Дрібні фракції шихти проходять крізь отвори між елементами сортувальної поверхні та потрапляють на внутрішню стінку корпусу змішувача, де відбувається їх перемішування. Крупніші частинки залишаються всередині сортувальної поверхні.

Вибір діаметра сортувальної поверхні ( $D_1$ ) в межах від 0,28 до 0,64 від діаметра корпусу ( $D_2$ ), наприклад,  $0,5 \cdot D_2$  (що при  $D_2 = 2,8$  м становить 1,4 м), забезпечує специфічний режим руху матеріалу всередині сортувальної поверхні. Завдяки діючим силам, грудки шихти руйнуються, а утворена дрібна фракція просівається в робочу зону змішувача для подальшого перемішування та транспортування на наступні етапи обробки. Сторонні предмети, що випадково потрапили до шихти, виводяться за межі барабана.

Зазначені конструктивні параметри та їх взаємодія забезпечують ефективну роботу запропонованої моделі. Таким чином, розроблена конструкція барабанного змішувача сприяє підвищенню однорідності шихти, що містить



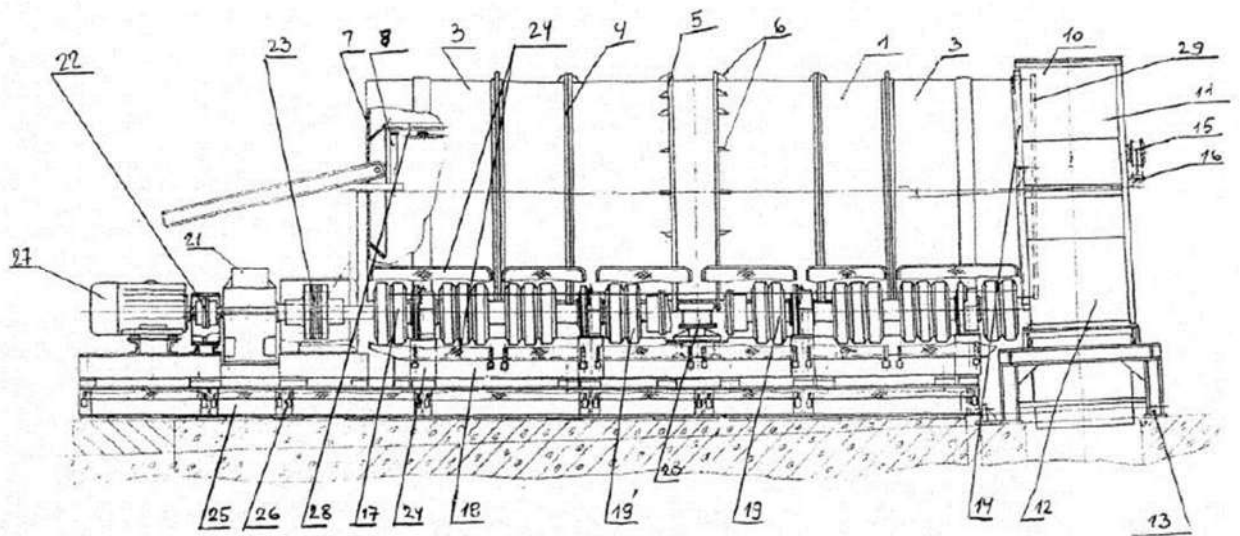
**Рис. 2.1. Барабанный змішувач**

Джерело: розроблено із використанням [4]

відходи металургійного виробництва, та дозволяє досягти економічного ефекту за рахунок збільшення продуктивності агломераційних машин. [4]

У патенті [5] запропонована конструкція барабанного змішувача (рис. 2.2), яка полягає у наступному.

Змішувач включає зварений барабан 1, виготовлений з товстолистової сталі, що складається з центральної частини 2 та двох кінцевих частин 3. Центральна частина 2 барабана 1 по краях оснащена кільцевими фланцями 4, а ближче до середини має два опорних кільця 5, посилені ребрами жорсткості 6. Обидві кінцеві частини з одного торця мають кільцеві фланці 4. Кінцева частина з боку привода має торцеве кільце 7 з отвором 8 для завантаження шихти. До внутрішньої сторони торцевого кільця 7 приварена конічна воронка 9, яка забезпечує рівномірний розподіл шихти по всьому об'єму барабана під час завантаження. Розвантажувальна камера 10 складається з верхньої 11 та нижньої 12 частин і призначена для переміщення шихти з барабана 1 на транспортерну стрічку. Розвантажувальна камера 10 встановлена на рамі 13. З одного боку камери виконано отвір 14 для введення барабана, а з іншого боку на кронштейні 16 закріплено прожектор 15. Установка приводних котків 17 включає раму 18 з розміщеними на ній блоками опорних приводних та неприводних котків 19, а також упорним роликком 20. На рамі 18 встановлено два послідовно з'єднаних блоки приводних котків 19. Блоки приводних котків 19 з'єднані з редуктором 21 та між собою за допомогою зубчастої 22 та пружної 23 муфт. Кожен блок являє собою вал, що обертається на двох підшипникових опорах 24, на якому закріплені металеві котки 19. Привод змішувача змонтовано на окремій рамі 25, яка кріпиться до фундаменту спеціальними болтами 26. Привод змішувача складається з асинхронного електродвигуна змінного струму 27, з'єданого через зубчасту муфту 22 з редуктором 21, який, у свою чергу, через пружну муфту 23 з'єднаний з блоком приводних котків 19, що передає обертальний момент на барабан 1. Система для зволоження шихти 28 обладнана сітчастими фільтрами 29 для очищення води.



**Рис. 2.2. Барабанный змішувач**

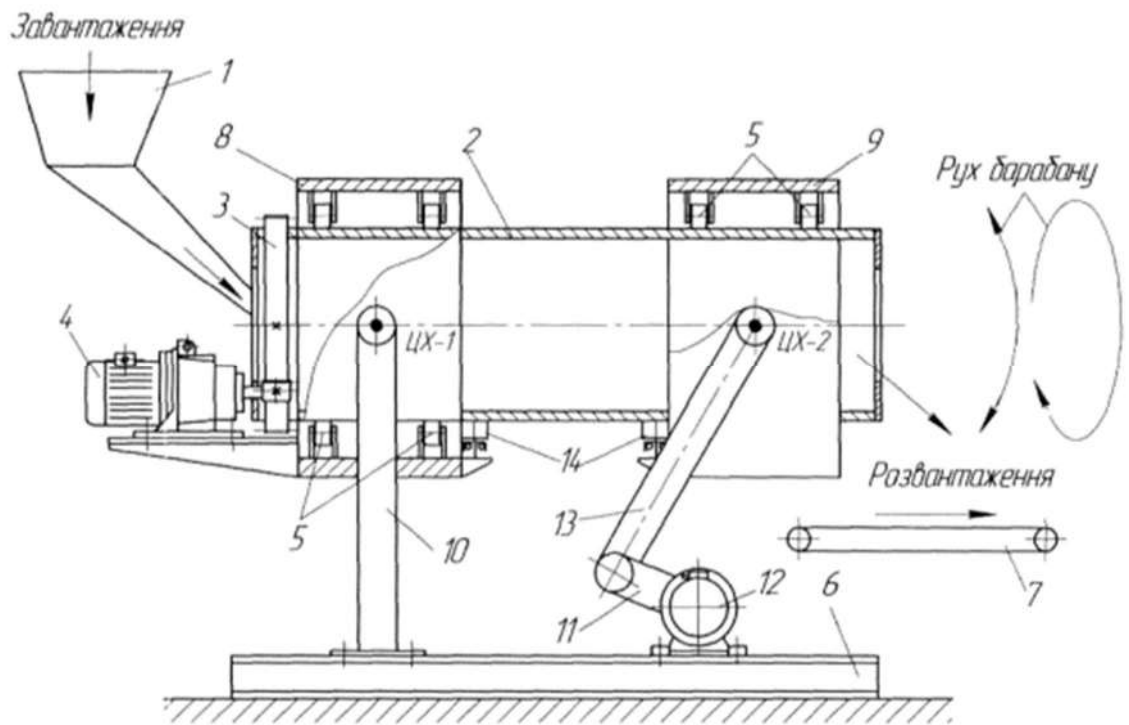
Джерело: розроблено із використанням [5]

Функціонує пристрій наступним чином.

Завантаження шихти в горловину барабана 1 здійснюється безпосередньо конвеєром. Асинхронний електродвигун змінного струму 27 привода змішувача через зубчасту муфту 22 запускає редуктор 21, який за допомогою пружної муфти 23 приводить в рух блок приводних котків 19, що передає обертання на барабан 1. Барабан 1 починає обертатися. З установки для зволоження шихти 28 подається вода для її зволоження. Розпочинається процес змішування шихти. Змішана шихта з барабана 1 через розвантажувальну камеру 10 потрапляє на транспортерну стрічку.

Ряд рішень для утримання шихти в барабані розглядається і для конструкцій барабанних огрудковувачів, який висвітлений в патенті [6].

Барабанний огруднювач (рис. 2.3) для підготовки шихти агломераційних машин включає завантажувальний пристрій 1 для вхідної шихти, обертовий барабан 2, зубчасте колесо 3, встановлене на барабані 2, приводний механізм 4, опорні ролики 5, несучу раму 6 та вузол 7 для вивантаження огрудненої шихти. Характерною особливістю конструкції є роздільне виконання опорних роликів 5 у завантажувальній та розвантажувальній частинах барабана 2, які розміщені у незалежних корпусах 8 та 9 відповідно. При цьому корпус 8 опорних роликів у завантажувальній зоні жорстко інтегрований з приводом обертання барабана 4 та з'єднаний з рамою 6 за допомогою шарнірного з'єднання 10. Корпус 9 опорних роликів у розвантажувальній зоні барабана 2 кінематичне пов'язаний з рамою 6 через шарнірний чотириланковий механізм, де кривошип 11 приводиться в обертання мотор-редуктором 12. Важливо зазначити, що осі обертання шарнірів, які з'єднують корпуси 8 та 9 опорних роликів 5 з рамою 6 та шатуном 13 чотириланкового механізму, розташовані у центрах хитання барабана, позначених як ЦХ-1 та ЦХ-2. Для запобігання осьовому зсуву барабана 2 під час його коливальних рухів передбачені додаткові опорні ролики 14.



**Рис. 2.3. Барабанный оgridкувач**

Джерело: розроблено із використанням [6]

Функціонування барабанного огруднювача здійснюється наступним чином:

Агломераційна шихта подається через завантажувальний вузол 1 у внутрішній простір барабана 2, де відбувається її грануляція перед транспортуванням на спікальні візки агломераційної машини. Обертання барабана 2 забезпечується приводним механізмом 4, що взаємодіє із зубчастим колесом 3. У процесі обертання шихта піддається впливу води, яка подається через форсунку (не показана на кресленні), з'єднану гнучким шлангом з трубопроводом. Опорні ролики 5, розміщені у корпусах 8 та 9 у відповідних зонах барабана, забезпечують його обертальний рух. Корпус 8 опорних роликів у завантажувальній частині, завдяки жорсткому з'єднанню з приводом 4 та шарнірному кріпленню 10 до рами 6, забезпечує стабільне обертання барабана 2 навколо власної осі та його коливальний рух відносно центру хитання ЦХ-1. Корпус 9 опорних роликів у розвантажувальній частині барабана 2, з'єднаний з рамою 6 через шарнірний чотириланковий механізм, відповідає за здійснення коливань барабана 2 у вертикальній площині.

Шарнірний чотириланковий механізм, утворений кривошипом 11 та шатуном 13, приводиться в дію мотор-редуктором 12, що забезпечує періодичне зміщення центру хитання ЦХ-2 барабана 2. Комбінація обертального руху барабана 2 з його коливаннями у вертикальній площині сприяє поверненню некондиційних фракцій огрудненої шихти у завантажувальну зону. Це дозволяє інтенсифікувати процес огруднення та підвищити якість кінцевого продукту без збільшення габаритних розмірів барабана. З розвантажувального вузла 7 на конвеєр надходить лише кондиційна огруднена шихта зі стабільним гранулометричним складом та високою міцністю. Опорні ролики 14 забезпечують стабільне положення барабана 2, запобігаючи його осьовому зсуву під час коливань.

Застосування запропонованої конструкції барабанного огрудковувача сприятиме підвищенню ефективності процесу підготовки шихти перед агломерацією, що, в свою чергу, позитивно вплине на продуктивність агломера-

ційної машини та якість агломерату. Очікується, що покращення якості агломерату призведе до підвищення продуктивності доменних печей та зниження питомої витрати коксівного палива.

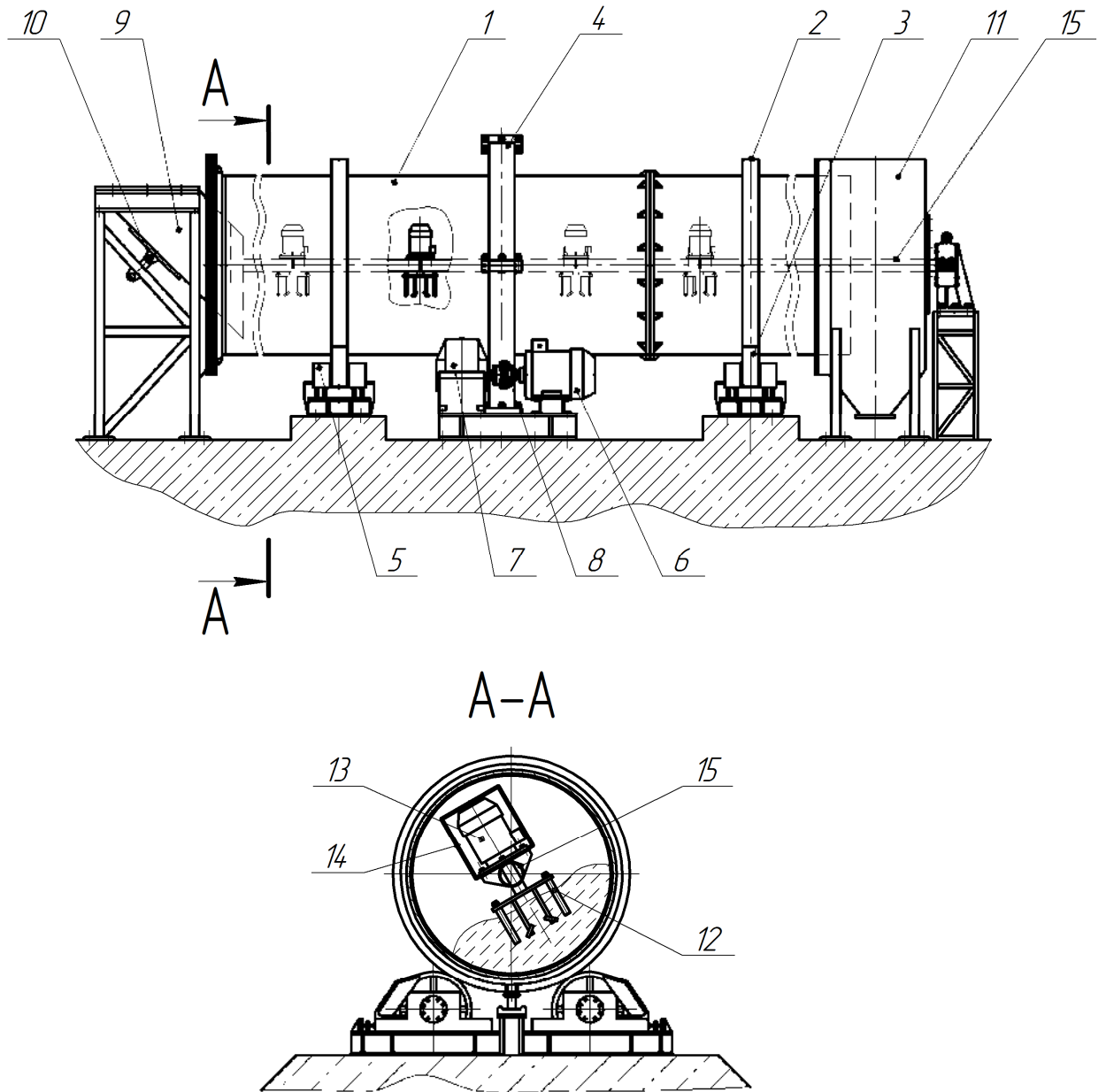
## 2.2 Пропозиції по модернізації

З метою усунення зазначених недоліків на підставі проведеного літературно-патентного пошуку пропоную наступну конструкцію барабанного змішувача.

Змішувальний агрегат барабанного типу (рис. 2.4) являє собою циліндричний барабан 1, оснащений бандажами 2, що забезпечують його опору на роликах 3. Осі обертання роликів 3 встановлені на підшипниках кочення. Для передачі обертального моменту на зовнішній поверхні одного з бандажів закріплено зубчастий вінець 4. З метою запобігання осьовому зміщенню барабана передбачені упорні ролики 5.

Приводна система барабана включає електродвигун 6, циліндричний редуктор 7 та зубчасту муфту, яка з'єднує вихідний вал редуктора з валом приводної шестірні, що знаходиться в зачепленні із зубчастим вінцем 4 барабана. Електродвигун 6 з'єднаний з редуктором 7 за допомогою втулково-пальцевої муфти 8.

Завантаження матеріалу шихти здійснюється через приймальну воронку 9, до нижньої зовнішньої частини якої прикріплений маятниковий електровібратор 10, призначений для запобігання утворенню заторів та зависання шихти у завантажувальному отворі. Вивантаження змішаного матеріалу з барабана відбувається через розвантажувальну камеру 11, верхня частина якої підключена до системи вентиляції для відведення пилу та аероактивних фракцій. Зволоження шихти в процесі змішування забезпечується бризкальною трубою з отворами або форсунками, встановленими всередині барабана. Зубчастий вінець 4 барабана захищений захисним кожухом.



**Рис. 2.4. Барабанный змішувач**  
(розроблено автором)

Для видалення налиплих шарів матеріалу з внутрішньої поверхні барабана передбачено очисний пристрій, що складається з труби з закріпленими на ній скребками. Цей пристрій встановлений всередині барабана та здійснює зворотно-поступальний рух за допомогою направляючих роликів і спеціального привода, який включає електродвигун, циліндричний редуктор, муфту та кривошипне-шатунний механізм.

З метою інтенсифікації процесу змішування всередині барабана 1 встановлені ротори 12, які приводяться в обертання індивідуальним фланцевим електродвигуном 13, що розміщений у захисному кожусі 14 та охолоджується повітрям зсередини. Двигун 13 через фланець закріплений на балці 15, що проходить вздовж усієї довжини змішувача, і через яку може подаватися повітря для охолодження електродвигуна 13.

### **2.3 Переваги пропонованої конструкції**

Перевага пропонованої конструкції є підвищена інтенсивність змішування, яка зумовлена інтеграцією додаткових роторних елементів безпосередньо в робочий простір барабанного змішувача. Ці ротори, які мають незалежний привод, генерують інтенсифіковані турбулентні потоки всередині обертового барабану. На відміну від конвенційних змішувальних пристроїв, де змішування матеріалу досягається виключно за рахунок обертання корпусу, наявність внутрішніх роторів забезпечує багаторазове просторове перемішування оброблюваної шихти. Це сприяє ефективній дезінтеграції частинок, рівномірному розподілу складових шихти за фракційним складом та хімічним вмістом, а також інтенсифікації міжфазної взаємодії (зокрема, при введенні рідкої фази для зволоження). Як наслідок, досягається підвищення ступеня змішування кінцевої суміші, що є критичним параметром для подальших технологічних операцій, таких як агломерація, де однорідність підготовленої шихти впливає на якість одержуваного агломерату. Збільшення інтенсивності змішування також потенційно скорочує тривалість обробки матеріалу в змі-

шувальному барабані, що позитивно впливає на загальну продуктивність технологічного процесу.

## 2.4 Розрахунки по модернізації

Визначення інтегрального моменту опору обертанню барабана для оцінки споживаної потужності електродвигуна [8]

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.1)$$

де  $M_1$  - момент від сил тертя в підшипниках опорних роликів і від сил тертя кочення бандажів по опорних роликах, Н·м;  $M_2$  - момент від сил тертя в підшипниках упорних роликів і від сил тертя кочення бандажів по упорним роликам, Н·м;  $M_3$  - момент від ваги шихти в обертаючому барабані, Н·м;  $M_4$  - момент від сил опору зрізання гарнісажу очисним пристроєм, Н·м.

Під дією сили тяжіння формується основне навантаження на опорні ролики, яке складається з сили тяжіння барабана  $G_6$ , сили тяжіння шихти в барабані  $G_{ш}$  і сили тяжіння гарнісажу  $G_r$ .

Тоді сила тяжіння шихти в барабані

$$G_{ш} = \frac{\pi \cdot D_{вн}^2}{4} \cdot L \cdot \gamma \cdot g \cdot K_3 =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 2,9^2}{4} \cdot 8 \cdot 2,2 \cdot 9,8 \cdot 0,12 = 136,64 \text{ кН}, \quad (2.2)$$

де  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння.

Визначення величини навантаження, яке несе кожен опорний ролик

$$P_p = \frac{G_6 + G_{ш} + G_r}{z \cdot \cos \alpha} = \frac{63 + 136,6 + 5,2}{4 \cdot \cos 30} = 59,1 \text{ кН}, \quad (2.3)$$

де  $z = 4$  – число опорних роликів;  $\alpha = 30^\circ$  – половина центрального кута між роликами.

Встановлення значень моментів, що протидіють обертанню барабана через тертя в підшипниках опор та тертя кочення між бандажами і роликами

$$M_1 = P_p \cdot \frac{2 \cdot k \cdot \mu \cdot d_{ц.о}}{d_{р.о}} \cdot R_б \cdot z =$$

$$= 59,1 \cdot \frac{2 \cdot 0,0005 + 0,02 \cdot 0,25}{0,5} \cdot 1,8 \cdot 4 = 0,7092 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.4)$$

де  $k = 0,001$  – коефіцієнт тертя кочення опорного ролика по бандажу;  $\mu = 0,02$  – коефіцієнт тертя в підшипниках роликів.

Розраховуємо сумарний момент опору обертанню, зумовлений дисипацією енергії в підшипниках упорних роликів та контактній зоні кочення бандажа по упорному елементу

$$M_2 = (G_б + G_{ш} + G_r) \cdot \sin\beta \cdot \frac{2 \cdot k + \mu \cdot d_{ц.у}}{d_{р.у}} \cdot R_{б.у} =$$

$$= (63 + 136,6 + 5,2) \cdot \sin 2,5 \cdot \frac{2 \cdot 0,0005 + 0,02 \cdot 0,25}{0,36} \cdot 1,9 =$$

$$= 0,1082 \text{ кН}. \quad (2.5)$$

Визначаємо центральний кут сегмента матеріалу

$$\frac{\theta - \sin\theta}{2 \cdot \pi} = k_3, \quad (2.6)$$

при цьому  $\theta \leq 2,3$  рад.

Визначаємо відстань від осі барабана до центру ваги кругового сегмента шихти

$$R_{\text{ш}} = \frac{2 \cdot R_{\text{вн}} \cdot \sin^3 \frac{\theta}{2}}{3 \cdot \left( \frac{\theta}{2} - 0,5 \sin \theta \right)} =$$

$$\frac{2 \cdot 1,45 \cdot \sin^3 \frac{1,89}{2}}{3 \cdot \left( \frac{1,89}{2} - 0,5 \cdot \sin 1,89 \right)} = 1,047 \text{ м.} \quad (2.7)$$

Встановлення значення моменту, що генерується силою тяжіння шихти всередині обертового барабану.

$$M_3 = G_{\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}} \cdot \sin \delta = 136,64 \cdot 1,047 \cdot \sin 45 = 101,1 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.8)$$

де  $\delta = 45^\circ$  – кут нахилу;

Визначаємо окружну складову сили різання на одному різці очисного пристрою

$$P_{\text{окр}} = p \cdot \Delta_c \cdot b_c = 200 \cdot 0,02 \cdot 0,15 = 0,6 \text{ кН}, \quad (2.9)$$

де  $p = 200$  кПа – питомий опір різання для дрібної руди і концентрату.

Розрахунок крутного моменту, необхідного для видалення налиплих відкладень очисним пристроєм

$$M_4 = P_{\text{окр}} \cdot R_{\text{вн}} \cdot z_p = 0,6 \cdot 1,45 \cdot 30 = 26,1 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.10)$$

Тоді за формулою (2.1)

$$M = 0,7092 + 0,1082 + 101,1 + 26,1 = 127,9, \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Розрахунок потужності електродвигуна, що забезпечує обертання барабана в безперервному режимі, вимагає попереднього визначення кутової швидкості останнього  $\omega_6$ , яка визначається за формулою

$$\omega_6 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 6}{30} = 0,62 \text{ с}^{-1}. \quad (2.11)$$

Знаходимо потужність двигуна приводу барабана

$$N_{\text{дв}} = \frac{K_{\text{п}} \cdot M \cdot \omega_6}{\eta} = \frac{127,9 \cdot 1,2 \cdot 0,62}{0,98} = 97 \text{ кВт}, \quad (2.12)$$

де  $K_{\text{п}} = 1,2$  – коефіцієнт запасу.

З умови  $N_{\text{дв.розр}} \leq N_{\text{дв.табл}}$  приймаємо для експлуатації двигун АО-114-6, потужністю 150 кВт.

Враховуючи запас по потужності між розрахунковим та прийнятим, можна зробити висновок, що при встановленні додаткових змішувальних механізмів супротив від роботи перемішувачів буде компенсований, таким чином, не виникає потреба в встановленні приводу більшої потужності.

Відповідно до даних, наведених у джерелі [8], співвідношення між товщиною шару сипкого залізородного матеріалу та діаметром барабана при значенні коефіцієнта внутрішнього тертя  $f = 0,35$  становить:

$$\frac{h_c}{D_{\text{вн}}} = 0,0053 \dots 0,0063, \quad (2.13)$$

де  $h_c$  – висота шару матеріалу, що зсипається.

Для підвищення інерційних властивостей барабанного змішувача ступінь його заповнення матеріалом необхідно забезпечити на рівні 20...30 %, що є оптимальним для барабанних змішувачів [8].

Виходячи із цього виконані розрахунки, які зведені в табл. 2.1

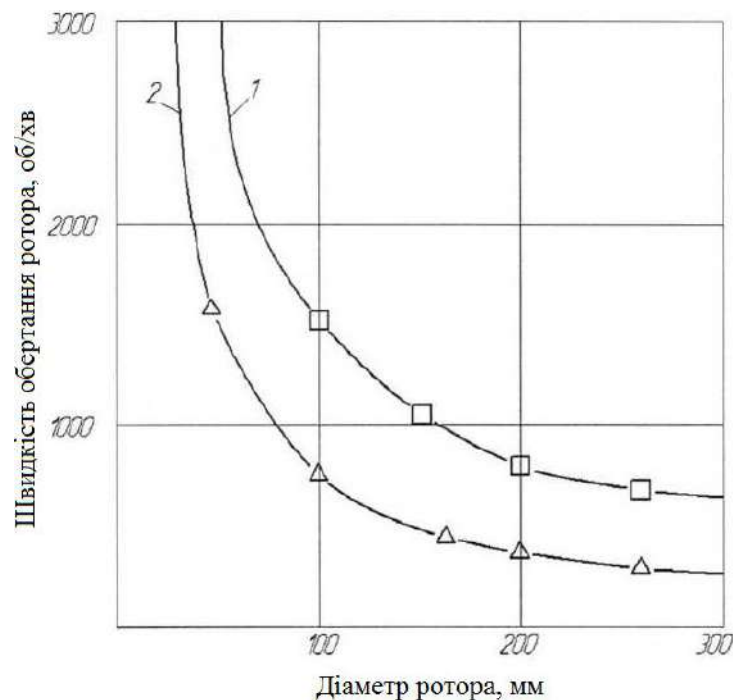
Таблиця 2.1

**Параметри шару матеріалу, що змішується в барабанному змішувачі**

Ступінь Заповнення, %	Центральний кут, град	Товщина шару, що зсипається, м	Товщина шару матеріалу, м	Обсяг матеріалу в барабані, м <sup>3</sup>	Час перебування у змішувачі, год
10	93	0,172...0,24	0,5	6,45	0,71...0,85
20	121	0,224...0,32	0,81	12,9	1,42...1,7
30	143	0,272...0,394	1,09	19,3	2,12...2,55

Джерело: розроблено із використанням [8]

Експериментальні дослідження показали, що оптимальна інтенсивність перемішування із застосуванням зануреного ротора досягається за умов турбулентного руху оброблюваного матеріалу. Забезпечення такого режиму вимагає надання ротору визначеної швидкості обертання. Зокрема, для дрібнодисперсних сипучих середовищ, окружна швидкість роторів, що індукує турбулентний рух, знаходиться в діапазоні 4...8 м/с [8]. На основі цих даних на рис. 2.5 представлено графічну залежність між швидкістю обертання ротора та його діаметром.



**Рис. 2.5.** Залежність швидкості обертання ротора від його діаметру

Джерело: розроблено із використанням [8]

Виходячи з представленої на графіку залежності, для гвинтових лопатей роторів змішувача діаметром 170 мм рекомендований діапазон швидкостей обертання становить 450...950 об/хв. На цій підставі в якості привода обрано електродвигун з номінальною швидкістю 730 об/хв. Враховуючи, що найбільш інтенсивне змішування відбувається у верхній частині шару матеріалу, що обсипається, а також можливі коливання ступеня заповнення барабану, довжину перемішувальних пальців роторів встановлено на рівні 200 мм. Зважаючи на високу абразивність оброблюваної суміші, діаметр пальців прийнято рівним 30 мм, а діаметр самого ротора становить 300 мм. Шляхом інтегрального обчислення розподіленого навантаження від матеріалу, що перемішується, по робочій поверхні одного пальця ротора, визначено рівнодійну силу, що діє на нього.

Визначаємо навантаження на одиницю поверхні пальця

$$\Delta P = \sqrt{5 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}} = \sqrt{5 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,3 \cdot 730}{60}} = 0,0757 \text{ МПа}, \quad (2.14)$$

де  $5 \cdot 10^{-7}$  – коефіцієнт, який враховує щільність матеріалу, що перемішується;  $D = 0,3$  м – діаметр ротора;  $n = 730$  об/хв – частота обертання ротора.

При глибині занурення пальця в шар матеріалу, що перемішується  $h = 0,15$  м рівнодіюче зусилля дорівнює

$$P = \frac{1}{3} \cdot \Delta P \cdot d \cdot h = \frac{1}{3} \cdot 0,0757 \cdot 0,03 \cdot 0,15 = 113,6 \text{ Н}, \quad (2.15)$$

де  $d = 0,03$  м – діаметр пальця.

Необхідна потужність двигуна для обертання ротора з однією парою пальців визначається по формулі

$$N = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot n}{9750} = \frac{2 \cdot 113,6 \cdot 0,15 \cdot 730}{9750} = 2,55 \text{ кВт}, \quad (2.16)$$

де  $L = 0,15$  м – радіус обертання ротора.

Приймаємо двигун 4АМУ3288 потужністю 4 кВт із урахуванням запасу потужності, затрачуваною центральною гвинтовою лопатою. Кількість двигунів - 4 шт.

Електродвигун повинен бути захищений кожухом, що не допускає влучення усередину його матеріалу, що змішує.

## РОЗДІЛ 3

### ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

#### 3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

На агломераційній фабриці при виконанні технологічних процесів по виробництву агломерату, а також при виконанні робіт з ремонту, обслуговуванню й експлуатації обладнання діють нижче наведені небезпечні й шкідливі виробничі чинники:

- обертіві частини обладнання;
- електричний струм;
- роботи з негашеним вапном;
- вантажно-розвантажувальні роботи;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- підвищений шум.

Пил — найпоширеніше шкідливий чинник в період перевантаження й переміщення компонентів шихти. Пил негативно діє на організм людини, головним чином на органи дихання. Пил не тільки негативно діє на організм, але й погіршує виробничу атмосферу (видимість, орієнтування) робочої зони й одночасно призводить до швидкого зношування частин машин, що труться. Крім цього, може бути вибухонебезпечним та являти собою джерело статичних зарядів електрики.

Гранично-допустима концентрація пилу –  $6,0 \text{ мг/м}^3$  (за ГОСТІ2.1.005-88 [9]), фактичний вміст пилу в зоні роботи змішувача становить  $6,7 \text{ мг/м}^3$ .

На агломераційній фабриці наявний широкий спектр газів, які утворюються внаслідок виробничої діяльності. Найпоширеніший — природний і супутній газ. Горюча частина цих газів складається з метану ( $\text{CH}_4$ ), етану ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), пропану ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), бутану ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), водню ( $\text{H}_2$ ), окису вуглецю ( $\text{CO}$ ) і деяких важких вуглеводнів. До негорючої частини газів належить азот ( $\text{N}$ ), вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ), водна пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ), та кисень ( $\text{O}_2$ ).

Складові частини газів і деякі домішки в ньому, потрапляють в організм людини та згубно впливають на фізіологічні процеси: душать і отруюють. Задушлива дія обумовлена недостатньою кількістю кисню в повітрі. При зниженні вмісту кисню в повітрі до 16 % починається задишка й збільшується серцебиття, до 12 % - сильно ускладнюється дихання, а при 8 % людина непритомніє.

Перелік газонебезпечних місць із розподілом на групи в кожному цеху визначається самостійно залежно від видів газу, які виникають у виробничому процесі, і від можливості його витоку, а також від результатів систематичного відбору й аналізу проб повітря на загазованість.

Мікроклімат приміщень фабрики в значній мірі залежить від метеорологічних умов і температури навколишніх поверхонь.

Показники температури повітря в робочій зоні по висоті й по горизонталі, а також протягом робочої зміни не повинні виходити за межу нормативних величин оптимальної температури для даної категорії робіт. Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання, огорожень, конструкцій не повинна виходити за межі оптимальних величин температур повітря для даної категорії робіт більш ніж на 2 °С згідно ГОСТ 12.1.005-88 та СН 2527-82 [9].

Джерелами шуму є редуктори, вентилятори, ручний ударний інструмент, транспортні системи, який має наступні значення: привод, конвеєрів – 109 дБ, інерційний грохот – 115 дБ, конвеєра – 104 дБ, віброживильники шихти – 111 дБ, барабанний живильник – 101 дБ, живильник-грохот електровібраційний - 114 дБ.

Норми шуму та вібрації відображені у СН 3228-85 [9].

Тривала дія шуму або вібрації на організм призводять до зниження гостроти зору, слуху, до підвищення тиску, розладу нервової й серцево-судинної систем, а також опорно-рухомого апарату. Функціональні зміни серцево-судинної й нервової систем, важкі форми вібраційної хвороби ведуть до часткової або повної втрати працездатності.

Освітлення виробничих приміщень може бути природним, штучне або змішане (при використанні природного й штучного освітлення).

Виробниче освітлення нормується відповідно до БНіП П-4-79 [9], де вказані нормативні значення освітленості при природному, штучному й змішаному освітленні на робочих місцях для виробничих приміщень.

Обслуговуючий персонал має безпосередню справу з мастильними матеріалами, випаровування яких негативно впливають на організм людини. Гранично-допустима концентрація випаровування мастильних матеріалів за ГОСТ 12.1. 005-88 [9] становить  $5,0 \text{ мг/м}^3$ , а фактична концентрація становить  $5,3 \text{ мг/м}^3$ .

На всіх ділянках агломераційної фабрики є велика кількість електродвигунів, панелей, електричних приладів і ін. Небезпеку ураження електричним струмом не можна визначити ні по яких зовнішніх ознаках. Ця небезпека проявляється раптово, і, як правило, супроводжується важкими наслідками

### **3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників**

На підставі аналізу наявних шкідливих і небезпечних чинників розроблені комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці виробничого середовища, попередженню травматизму, професійних захворювань.

Заходи щодо зниження впливу шуму й вібрації:

- провести заміну сталевих частин, що сполучаються, деталями, виготовленими з інших матеріалів, таких як: пластмас, текстоліт, а також застосувати кращій рівень обробки й пригону частин обладнання, що сполучаються;
- забезпечити фундаменти віброізолюючими елементами, такими як ізолюючі прокладки й амортизатори;
- застосувати звукоізолюючі кожухи;

- використання індивідуальних засобів захисту від шуму й вібрацій (амортизуючи підставки, взуття з гумовими підощвами, антивібраційні рукавиці, антифони для захисту органів слуху).

Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов здійснюється за допомогою комплексу методів і способів, які включають будівельно-планові, організаційно-технологічні, санітарно-технічні й інші методи колективного захисту.

Нормовані параметри мікроклімату на робочих місцях повинні бути досягнуті, у першу чергу, за рахунок раціонального планування виробничих приміщень і оптимального розміщення в них обладнання з тепло-, холодо- і вологовиділенням. Для зменшення термічних навантажень на робітників передбачувати максимальну механізацію, автоматизацію й дистанційне керування технологічним процесом і обладнанням.

У виробничих приміщеннях з надлишком явного тепла використовувати природну вентиляцію (аерацію). Аераційні ліхтарі й шахти розміщувати безпосередньо над основними джерелами тепла на одній осі. У випадку неможливості або неефективності аерації встановлювати примусову загальну вентиляцію. На даху споруджень виконати отвори в поздовжніх стінах: нижній для притоку повітря в теплу пору року, верхній - взимку й влітку. Це розміщення отворів необхідне для того щоб збільшити обмін повітря влітку (відкриваючи обидва ряди отворів), а взимку, закриваючи нижні отвори, зменшити його й підігрівати повітря теплом приміщення, перед тим як повітря дійде до робочих місць.

Одиночні джерела тепловиділення обладнати місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних всмоктувачей, витяжних парасолів і ін.

Для попередження можливого переохолодження робітників у холодний період у приміщеннях, де на робочих місцях мікрокліматичні умови нижче допустимих величин, улаштувати повітряні або повітряно-теплові завіси біля воріт, технологічних і інших отворів у зовнішніх стінах, а так само тамбури-шлюзи, виділити спеціальні місця для обігріву, установити пристрої для

швидкого й ефективного обігрівання верхніх і нижніх кінцівок, установити такий режим праці й відпочинку, який передбачає можливість перерв для обігріву.

Для зменшення запиленості повітря на трактах подачі сировини забезпечити установку герметичних укрить в місцях завантаження й вивантаження. Локалізація виділення пилу на цих ділянках може бути досягнута за рахунок створення закритих металевих укрить або укрить з гумовими стінками, з'єднаних з аспіраційним вентилятором. Для зменшення запиленості робочої зони зробити герметизацію агрегатів, які пилять, і транспортних пристроїв по всьому циклу виробничого процесу. Герметизацією виробничого обладнання в де яких випадках вдається повністю запобігти виділенню пилу й просипу її в навколишній простір.

Постійно виконувати видалення пилу з підлог, стін, конструкцій і обладнання гідрозмивом або промисловими пиłosосами.

Для очищення запиленого повітря застосовувати: сухе очищення в пилоосаджувальних циклонах.

## ВИСНОВКИ

Барабанний змішувач є різновидом обладнання, яке призначене для підготовки та обробки сипких матеріалів, зокрема шляхом їх змішування, зволоження. Такі агрегати широко застосовуються у металургійній промисловості, де вони є важливим елементом технологічних ліній, зокрема при підготовці сировини для виробництва агломерату, залізорудних окатишів різного розміру.

Багаторічний досвід експлуатації барабанного змішувача виявив суттєвий недолік у його роботі — нестабільна та недостатня однорідність отриманої суміші. Зокрема, спостерігаються значні коливання вологості та нерівномірний розподіл дрібних фракцій компонентів агломераційної шихти, що підтверджується результатами періодичних лабораторних аналізів.

У результаті аналізу конструкції пристрою і записів агрегатного журналу можна зробити висновок, що існуючий недолік пов'язаний з недостатнім часом знаходження шихти в порожнині барабану через малу його довжину. Усунення цього недоліку за рахунок нарощування довжини барабану є не раціональним через: збільшення маси машини, що призведе до підвищення необхідної потужності привода; збільшення габаритних розмірів, що унеможливить використання змішувача в існуючій технологічній схемі; зміну продуктивності тракту.

На підставі проведеного літературно-патентного огляду пропоную в порожнині барабану розмістити додаткові механізми змішування, які за допомогою фланців встановлюються на несучій балці. Механізми складаються з індивідуальних приводів у вигляді асинхронного двигуна та мішалки, що закріплена на його валу. Двигун захищений від потрапляння шихти кожухом, а вентиляція відбувається через співвісні з мішалкою, більші за її діаметр отвори в балці.

Запропонована модернізація забезпечує багаторазове просторове перемішування оброблюваної шихти. Це сприяє ефективній дезінтеграції части-

нок, рівномірному розподілу складових шихти за фракційним складом та хімічним вмістом, а також інтенсифікації міжфазної взаємодії, зокрема, при введенні рідкої фази для зволоження. Як наслідок, досягається підвищення ступеня змішування кінцевої суміші, що є критичним параметром для подальших технологічних операцій, таких як агломерація.

Економічний ефект планується досягти за рахунок підвищення якості агломерату, скорочення витрат коксу при доменній плавці та підвищення продуктивності доменної печі.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Сировинні матеріали та їх підготовка до металургійних процесів: підручник / С.А. Воденніков, С.О. Гаврилко, В.М. Очинський та ін., за редакцією професора Червоного І.Ф.; Запорізька державна інженерна академія. Запоріжжя: ЗДІА, 2013. - 408 с.
2. Гребеник В.М., Иванченко Ф.К. Механическое оборудование металлургических заводов. Учеб. пособие – К.: Вища школа, 1990. - 288 с.
3. Ручкін Е.А. Виробництво залізородних окатишів / Е.А. Ручкін – М.: Металлургия, 1976. - 184с.
4. Барабанний змішувач шихти: пат. 22081 Україна: С22В1/24. № u200612511; заявл. 28.11.2006; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 4/2007.
5. Змішувач барабанний: пат. 5978 Україна: С22В1/14 С21В3/00. № u2004031625; заявл. 05.03.2004; опубл. 15.04.2005, Бюл. № 4/2005.
6. Барабанний огрудковувач: пат. 85686 Україна: С22В1/14. № u201307279; заявл. 10.06.2013; опубл. 25.11.2013, Бюл. № 22/2013.
7. Расчёт металлургических машин. Оборудование обжиговых и агломерационных цехов: Руководство для инженеров-конструкторов/ В.И. Большаков, А.Д. Учитель, В.И. Засельский, Д.В. Пополов, С.А. Учитель, В.В. Коноваленко; Под ред. А.Д. Учителя. - Кривой Рог: Дионис, 2012. - 338 с.
8. Лукашин Н. Д., Кохан Л. С., Якушев А. М. Конструкція й розрахунок машин і агрегатів металургійних заводів: Підруч. для вузів. Київ: ІКЦ "Академкнига", 2003. 456 с.
9. Шеремет В.О. Охорона праці на гірничо-метелургійному комбінаті: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Пороги, 2003. – 387 с.

## **ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти**

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

Я, *Верецагіна Кристина Сергіївна*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «*Модернізація барабанного змішувача СБ-3,2×8 Агломераційного цеху №3 Агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»*» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

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

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

07.06.2025



---



---

(ініціали, прізвище, власноруч)