

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА
Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
на тему «Аеродинамічна установка для фракціонування сипких матеріалів
у виробництві керамічної цегли»

Виконав: здобувач вищої освіти
3 курсу, групи ГМ 2023-1у
напряму підготовки (спеціальності)
133 – Галузеве машинобудування
Чоломбитько Р.М

(прізвище та ініціали)

Керівник Куласько О.О
(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)

Рецензент Блажко В.В.
(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)

Харків – 2026

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури**

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Галузі знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри АКІТ

 **БАРАНОВ О. О.**

«19» червня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Чоломбитько Роман Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)

1. Тема роботи Аеродинамічна установка для фракціонування сипких матеріалів у виробництві керамічної цегли

затверджені наказом університету від « 22 » травня 2026 року № 440-03

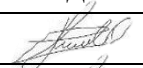
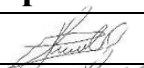
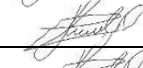
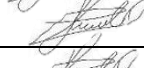
Керівник роботи Кулаєнко О.О., доцент

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

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «22» 06 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: Продуктивність лінії виробництва керамічної цегли – **25 млн шт./рік.**; Продуктивність аеродинамічної установки – **12 т/год.**; Матеріал, що підлягає фракціонуванню – шлак теплоелектростанцій та інші високоабразивні сипкі добавки для керамічної шихти.; Насипна густина матеріалу – **1300 кг/м³.**; Вологість вихідного матеріалу – **до 8 %.**; Максимальний розмір частинок вихідного матеріалу – **5 мм.**; Граничний розмір частинок після сепарації – **1 мм.**; Вміст частинок розміром понад 1 мм у готовому продукті – **не більше 3 %.**; Температура навколишнього середовища – від **+5 °С до +40 °С.**; Швидкість повітряного потоку в робочій зоні установки – **12–20 м/с.**; Режим роботи обладнання – **двозмінний.**; Тривалість зміни – **8 годин.**; Коефіцієнт використання обладнання – **0,87.**; Матеріал основних елементів конструкції – сталь **Ст3** та зносостійка листовая сталь **09Г2С.**

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Аналіз питання; 2. Спеціальна частина; 3. Основна частина; 4. Охорона праці
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз питання	Кулаєнко О.О.		
Основна частина	Кулаєнко О.О.		
Спеціальна частина	Кулаєнко О.О.		
Охорона праці в галузі	Рогозін А.С.		

7. Дата видачі завдання «25» 05 2026р.

Керівник



Кулаєнко О.О.

Завдання прийняв до виконання


(підпис)

Чоломбитсько Р.М.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів	Примітка
1	РОЗДІЛ 1. Аналіз проблеми	02.06.2026	виконав
2	РОЗДІЛ 2. Основна частина	09.06.2026	виконав
3	РОЗДІЛ 3. Спеціальна частина	15.06.2026	виконав
4	РОЗДІЛ 4. Охорона праці в галузі	20.06.2026	виконав

Здобувач вищої освіти



Чоломбитсько Р.М.

Керівник



Кулаєнко О.О.

РЕФЕРАТ

У роботі розглядаються питання підвищення ефективності підготовки сировини у виробництві керамічної цегли шляхом застосування аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів. Проведено аналіз існуючих способів сепарації сипких матеріалів, досліджено принцип роботи аеродинамічної установки, виконано її тривимірне моделювання та визначено раціональні параметри роботи. Наведено результати досліджень процесу розділення матеріалу повітряним потоком та оцінено ефективність запропонованого технічного рішення.

Структура роботи представлена вступом, чотирма розділами, висновками і переліком посилань.

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків та переліку посилань. Повний обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра становить 77 сторінок, у тому числі: 17 рисунків; 10 таблиць; перелік посилань із 13 найменувань на 2 сторінках.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: аеродинамічна установка, фракціонування, сипкі матеріали, сепарація, керамічна цегла, розділення.

ABSTRACT

This paper examines ways to improve the efficiency of raw material preparation in the production of ceramic bricks by using an aerodynamic installation for bulk material fractionation. The paper focuses on analyzing existing methods for separating bulk materials, investigating the operating principle of the aerodynamic unit, performing a three-dimensional simulation, and determining optimal operating parameters. The results of research on the process of separating material using airflow are presented, and the effectiveness of the proposed technical solution is assessed.

The structure of the work is represented by an introduction, four chapters, sections, conclusions and a list of references.

The bachelor's thesis consists of an introduction, four sections, conclusions, appendices and a list of references. The full volume of the bachelor's final qualification work is 77 pages, including: 17 drawings; 10 tables; a list of links with 13 titles on 2 pages.

KEYWORDS: aerodynamic installation, fractionation, bulk materials, separation, ceramic bricks, sorting

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПИТАННЯ.....	10
1.1. Сировина для виробництва керамічної цегли	10
1.2. Характеристика способів виробництва керамічної цегли	12
1.3. Сутність процесу випалу	18
1.4. Розрахунок режиму роботи підприємства і розрахунок фондів робочого часу та матеріального балансу	21
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	
2.1. Формулювання проблеми та постановка задач дослідження	24
2.2. Стан питання з розробки обладнання для сепарації сипких матеріалів на прикладі цегельних виробництв.....	26
Висновки	35
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
3.1. Вибір методів організації та проведення ремонтів	36
3.2. Розробка схеми технологічного процесу проведення ремонту	38
3.3. Розрахунок і розстановка робочої сили при ремонті обладнання.....	47
3.4. Розробка технології відновлення деталі	49
3.5. Ремонт і технічне обслуговування обладнання. Карта змащення аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів.....	54
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ	
4.1. Виробнича санітарія	57
4.1.1. Забезпечення стандартних метеорологічних умов у робочій зоні під час роботи аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів.	57
4.1.2. Освітлення приміщень	58
4.1.3. Заходи безпеки від шуму і вібрації	60
4.1.4. Вентиляція та очищення повітря від пилу та шкідливих речовин.....	62
4.2 Заходи безпеки	63
4.2.1 Технічні й організаційні рішення з техніки безпеки при експлуатації аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів у виробництві керамічної цегли	63

4.2.2	Вимоги безпеки до організації роботи та експлуатації обладнання	65
4.2.3.	Пожежна безпека (ДБН В.2.2-15-2019)	69
4.2.3.1	Класифікація виробництва за вибухо- та пожежонебезпечністю	69
4.2.3.2	Протипожежні заходи (ДБН В.1.1-7:2016 та ДБН В.1.2-7:2021)	70
ВИСНОВКИ.....		74
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....		76
ДОДАТКИ		

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

Сучасне виробництво керамічної цегли потребує підвищення якості підготовки сировинних матеріалів та вдосконалення технологічних процесів. Одним із важливих етапів виробництва є фракціонування сипких матеріалів, від якого залежить однорідність гранулометричного складу сировини, ефективність процесів формування, сушіння та випалу виробів. Використання традиційних механічних способів сепарації не завжди забезпечує необхідну якість розділення високоабразивних матеріалів та супроводжується значним зношуванням робочих органів обладнання. У зв'язку з цим актуальним є розроблення та дослідження аеродинамічних установок, які дозволяють підвищити ефективність процесу фракціонування, зменшити експлуатаційні витрати та покращити якість готової продукції.

Мета дослідження – розробка та дослідження аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів у виробництві керамічної цегли з метою підвищення ефективності розділення матеріалу та покращення якості підготовки сировини.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Провести аналіз технології виробництва керамічної цегли та існуючих способів фракціонування сипких матеріалів.
- Дослідити принцип роботи аеродинамічних установок для сепарації сипких матеріалів.
- Розробити конструкцію та тривимірну модель аеродинамічної установки.
- Виконати моделювання процесу фракціонування та визначити раціональні параметри роботи установки.
- Оцінити ефективність роботи установки та розробити рекомендації щодо її експлуатації.

Об’єкт дослідження – процес фракціонування сипких матеріалів у технології виробництва керамічної цегли.

Предмет дослідження – конструктивні та технологічні параметри аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати роботи можуть бути використані під час проєктування та модернізації обладнання для підготовки сировини на підприємствах керамічної промисловості. Запропонована аеродинамічна установка забезпечує підвищення якості розділення сипких матеріалів, зниження вмісту крупних домішок у сировині, покращення фізико-механічних властивостей готової керамічної цегли та зменшення експлуатаційних витрат, пов’язаних зі зношуванням обладнання.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПИТАННЯ

1.1. Сировина для виробництва керамічної цегли

Виробництво керамічної цегли та фігурних стінових елементів випускається зараз в Україні за ДСТУ Б В.2.7 - 61: 2008 (EN 771-1: 2003, NEQ) «Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови».

Традиційним методом для виготовлення керамічної цегли є пластичне пресування на стрічкових пресах

Натуральні керамічні вироби, зокрема керамічна цегла, характеризуються високою стійкістю до впливу як підвищених температур, так і низькотемпературних умов. Вони здатні ефективно акумулювати тепло з подальшою його поступовою віддачею, що забезпечує стабілізацію температурного режиму будівельних конструкцій.

Місцева глина розглядається як основна сировина для виробництва керамічної цегли за умови, що її фізико-хімічні та технологічні властивості відповідають встановленим нормативним вимогам і забезпечують отримання продукції належної якості.

Хімічний склад глини наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад глини

SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO
60,8...61,8%	18...18,7%	3,45...4,15%	2,3...2,59%	0,5...0,7%
MgO	SO ₃	K ₂ O	в.п.п.	
2,9...2,95%	0,08...0,15%	4,9...5,1%	4,5...4,75%	

Вогнетривкість глини – 135⁰С.

Число пластичності – 15.

Гранулометричний склад глини в % по фракціях наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Гранулометричний склад глини

0,05 мм	0,05...0,01 мм	0,01...0,005 мм	0,005...0,001 мм	менш 0,001 мм
0,05%	23...29,1%	12,5...12,7%	27...28%	31,3...35,5%

У виробництві керамічної цегли основною сировиною є природні глинисті матеріали та різні мінеральні добавки, а саме:

- глина – є основним компонентом у виробництві керамічної цегли. Вона складається переважно з алюмосилікатних мінералів і характеризується пластичністю, що дозволяє формувати вироби різної форми;
- суглинок – містить значну кількість піщаних частинок і використовується як добавка для регулювання пластичності глиняної маси;
- кварцовий пісок – застосовується як добавка, яка зменшує пластичність глини та запобігає деформації виробів під час сушіння та випалу;
- вигоряючі добавки – матеріали органічного походження, які згорають під час випалу та утворюють пори у структурі виробу (тирса, деревне борошно, торф, подрібнена солома);
- мінеральні добавки – матеріали, що регулюють фізико-хімічні властивості глиняної маси (основні види: шамот (подрібнена випалена глина), зола, шлак, карбонатні породи);
- вода – використовується для регулювання вологості сировинної суміші. Вона забезпечує необхідні умови для формування та рівномірного перемішування компонентів.

Таблиця 1.3 – Типовий склад сировини для виробництва керамічної цегли при напівсухому формуванні.

№	Компонент	Вміст, %	Призначення
1	Глина	60–70	Основний формувальний матеріал
2	Суглинок	10–15	Регулювання пластичності маси
3	Кварцовий пісок	10–20	Зменшення усадки, стабілізація структури
4	Шамот (подрібнена випалена глина)	5–10	Підвищення термостійкості та міцності
5	Вигоряючі добавки (тирса, торф)	2–5	Поліпшення пористості та теплоізоляції
6	Вода	8–12	Регулювання вологості суміші

Примітка: склад сировини може змінюватися залежно від властивостей місцевої глини та технології виробництва.

Особливу роль у підготовці сировини відіграє аеродинамічна установка

для фракціонування сипких матеріалів. Вона забезпечує розділення подрібненої сировини на фракції за розміром частинок, що дозволяє отримати однорідну сировинну масу з оптимальним гранулометричним складом. Це підвищує стабільність процесу пресування та покращує якість готової керамічної цегли.

1.2. Характеристика способів виробництва керамічної цегли.

Процес виробництва керамічних будівельних виробів від давніх часів до сучасності зазнав незначних змін. Основні вдосконалення відбулися на стадіях формування та випалу, де застосування механізації й автоматизації забезпечує контроль форми виробів, їх маси та дотримання необхідного температурного режиму [4].

Видобуток сировини.

Глина видобувається в кар'єрі, розташованому поблизу заводу. За допомогою екскаватора сировина завантажується та транспортується конвеєром до складів. Перед початком розробки кар'єру виконують підготовчі роботи, які включають геологічну розвідку для визначення умов залягання, потужності корисного шару та запасів глини. Також проводять очищення поверхні від рослинного шару за один–два роки до початку видобутку та видалення порід, непридатних для виробництва.

Підготовка маси для виробництва.

Кар'єрна глина у природному стані, як правило, не відповідає вимогам виробництва керамічних виробів, тому її попередньо піддають підготовці. Спочатку сировина витримується у відвалах, після чого проходить механічну обробку на колісному млині. У процесі обробки великі грудки подрібнюються, що покращує змішування глини з водою. У результаті отримують однорідну пластичну масу, придатну для подальшого формування виробів.

Глиниста сировина.

Глиниста сировина утворюється внаслідок вивітрювання вивержених гірських порід. Наявність у її складі великої кількості дрібнодисперсних мінеральних частинок забезпечує здатність при змішуванні з водою утворювати

пластичну масу. Після висихання така маса зберігає надану форму, а після випалу набуває водостійкості та міцності. Пластичність і повітряна усадка залежать від вмісту глинистих частинок: чим їх більше, тим вищі ці показники. Властивості глинистої сировини визначаються поєднанням її хімічного, мінералогічного та гранулометричного складу. Основу глини становлять сполуки оксидів кремнію та алюмінію, а характерне червоно-цегляне забарвлення зумовлене наявністю оксидів заліза.

Формування виробів.

Підготовлена пластична маса подається до шнекового пристрою, де ущільнюється та видавлюється через формувальний отвір у вигляді безперервної стрічки. Отриману стрічку розрізають на заготовки необхідних розмірів і форми.

Розфарбовування.

Після сушіння керамічні вироби проходять стадію декоративної обробки – глазурування або ангобування. В обох випадках до складу покривних матеріалів вводять оксиди металів, які під час випалу забезпечують забарвлення поверхні. При ангобуванні барвник проникає у верхній шар виробу, а при глазуруванні на поверхні утворюється склоподібне покриття.

Випал виробів.

Випал є завершальним і одним із найвідповідальніших етапів у виробництві керамічних виробів. Цей процес включає три основні стадії: прогрівання сирцю, безпосередній випал та контрольоване охолодження. Під час нагрівання до температури близько 120 °C із сирцю видаляється фізично зв'язана волога, внаслідок чого маса втрачає пластичність. У межах температур 450-600 °C відбувається виділення хімічно зв'язаної води, руйнування глинистих мінералів і перехід матеріалу в аморфний стан. При подальшому підвищенні температури вигорають органічні домішки, а керамічна маса остаточно втрачає пластичні властивості.

За температури близько 800 °C починається інтенсивне зростання міцності виробу, що пов'язано з перебігом реакцій у твердій фазі на межах контакту окремих частинок. При нагріванні понад 1000 °C легкоплавкі компоненти

керамічної маси частково плавляться, утворюючи розплав, який заповнює пори між частинками, сприяє їх зближенню, ущільненню та загальній усадці матеріалу [5].

Після охолодження виріб набуває каменеподібної структури, високої міцності та водостійкості. Випал належить до енергоємних технологічних процесів, що суттєво впливає на собівартість продукції. Водночас саме цей етап значною мірою визначає якість готових виробів. У сучасному виробництві керамічної цегли процес випалу переважно автоматизований, що забезпечує стабільність технологічних параметрів, підвищення продуктивності та покращення якості продукції. Для випалу керамічних виробів широко застосовують кільцеві печі.

Декоративна обробка поверхні виробів.

Природний колір керамічних виробів – червоно-цегляний. Таке забарвлення зумовлене наявністю в глині оксидів заліза, тому додаткові барвники, як правило, не застосовуються. Для покращення зовнішнього вигляду виробів, а також підвищення їх водонепроникності поверхню покривають декоративним шаром – глазур'ю або ангобом.

Глазур.

Глазур являє собою склоподібне покриття, яке наносять на поверхню виробу перед випалом. Сировинну суміш попередньо подрібнюють до порошкоподібного стану, після чого наносять на виріб. У процесі випалу глазур закріплюється на поверхні, утворюючи щільний захисно-декоративний шар.

Ангоб.

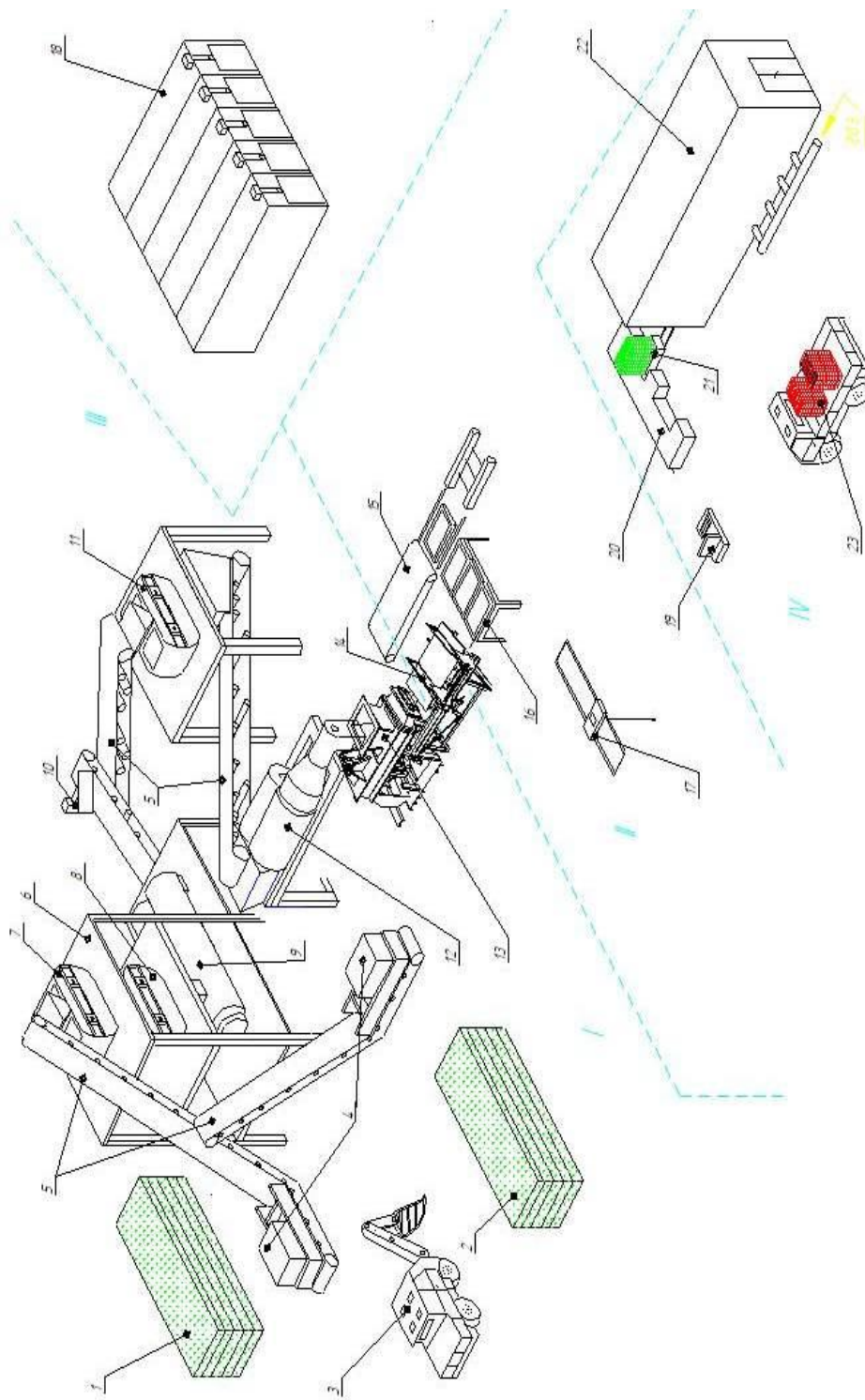
Ангобування полягає у нанесенні на висушений виріб тонкого шару білої або кольорової глини. Після випалу утворюється матове декоративне покриття. За своїми властивостями ангоб близький до основного матеріалу виробу та відзначається високою стійкістю кольору.

Технологічна схема виробництва цегли способом пластичного пресування наведена на рисунку 1.1.

Сировина з відкритих складів 1 і 2 за допомогою одноківшового

екскаватора подається до приймального бункера 4. Далі матеріал надходить у вальці грубого подрібнення 7, де проходить первинне подрібнення. Для забезпечення рівномірного подавання сировини на технологічній лінії застосовується живильник. Після цього матеріал проходить через вальці середнього подрібнення 8 та надходить до двовального лопатевого глинозмішувача 9, у якому відбувається його перемішування. Для досягнення необхідної дисперсності використовують вальці тонкого подрібнення 11.

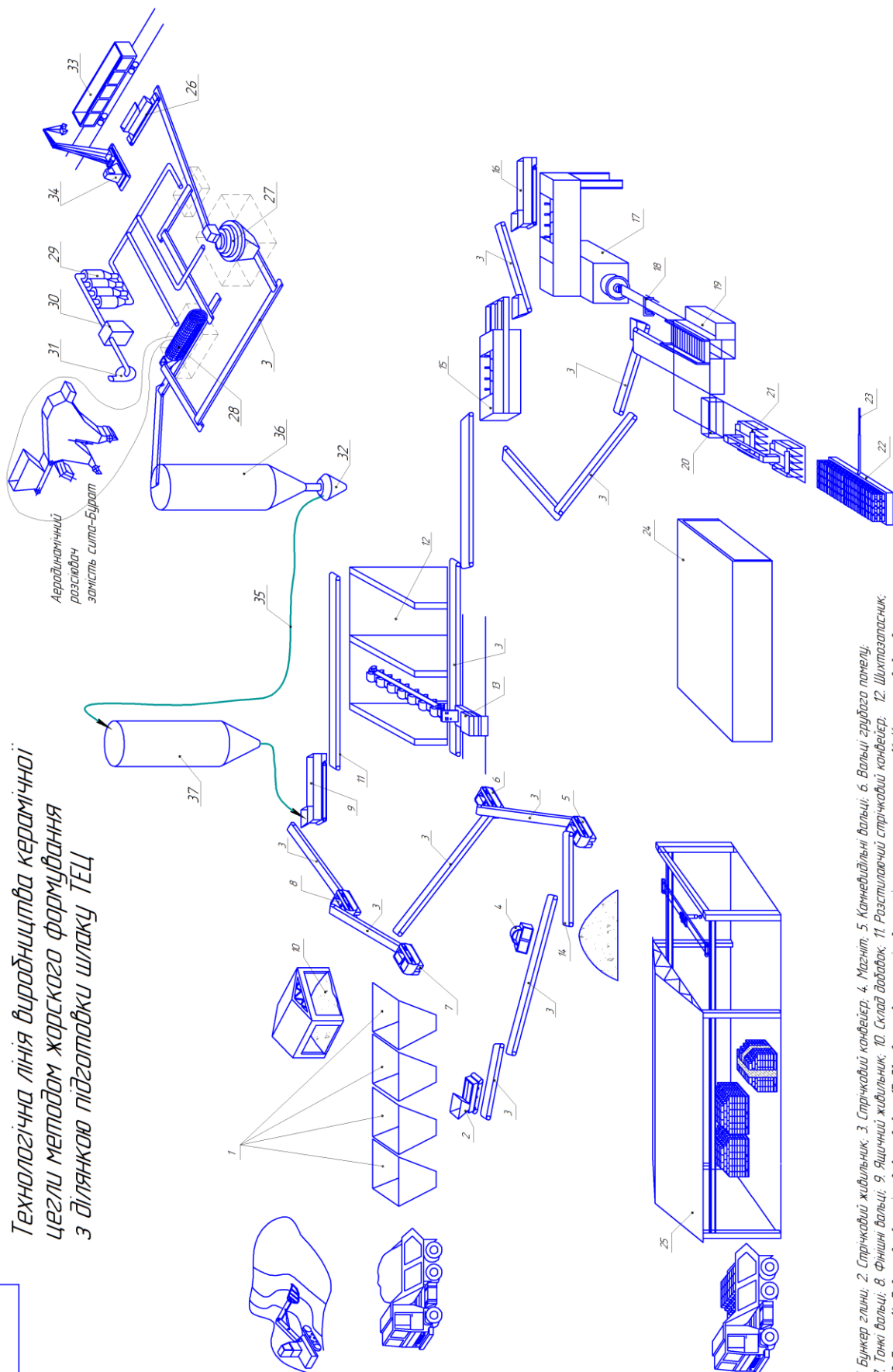
Підготовлена маса після сушіння подається до преса поршневого екструзійного формування 13, обладнаного двовальним змішувачем і фільтрувальною головкою. Сформований брус розрізають різальником 14 на заготовки встановлених розмірів. Вироби-сирець укладають на рамки та направляють у тунельну сушарку 18, а потім – у тунельну піч 22 для випалу. Після завершення технологічного циклу готова продукція надходить на склад готових виробів, звідки відправляється споживачеві [5].



1 – склад глини (місцевої); 2 – склад глини (якісної); 3 – одноковшевий автотранспортувач; 4 – ящик – живильник; 5 – стрічковий конвеєр; 6 – естакада; 7 – вальці грубого подрібнення; 8 – вальці середнього подрібнення; 9 – глинозмішувач лопатевий двовальний; 10 – плужковий скидач; 11 – вальці тонкого подрібнення; 12 – двовальний лопатевий змішувач з фільтруючою головою; 13 – прес поршневий для формування черепиці; 14 – резчик; 15 – конвеєр транспортування сировини; 16 – подача сушильних рамок; 17 – кран балка; 18 – сушарки тунельні; 19 – електропередавальний візок; 20 – електротранспортувач; 21 – візок з виробом; 22 – тунельна піч; 23 – автотранспорт

Рис. 1.1 – Технологічна схема виробництва традиційним пластичним пресуванням

Технологічна лінія виробництва керамічної
цегли методами жорсткого формування
з ділянкою підготовки шлаку ТЕЦ



1. Бункер глини; 2. Спріжковий живильник; 3. Спріжковий конвейєр; 4. Маснит; 5. Канвеєрний вальці; 6. Вальці грубого помелу;
7. Танки вальці; 8. Фіншні вальці; 9. Ящикний живильник; 10. Склад додавок; 11. Розстиплювач стрічковий конвейєр; 12. Шхитзапасник;
13. Базер; 14. Редукційний стрічковий конвейєр; 15. Двохвальний глинозмішувач з фільтруючими ґратами; 16. Колісниковий живильник;
17. Пресовий агрегат; 18. Одноступінчастий різальник; 19. Багатоступінчастий різальник; 20. Конвеєр; 21. Садчик; 22. Пичий в'язок; 23. Трунчак;
24. Пекти; 25. Склад готової продукції; 26. Гусеничний живильник; 27. Молоткова дробарка; 28. Сило-Будат; 29. Батарея циклонів;
30. Бак із водою для очищення від пилу; 31. Вентилятор; 32. Пневмокамерний насос; 33. Запілюючий вазон з непереробленим шлаком;
34. Грейферний кран; 35. Трубопровід пневмотранспорту; 36, 37. Силоли підвішеного шлаку ТЕЦ.

Розробка об'єкту для розробки		Дата	Вісник	Вісник
Діагностика (об'єкту розробки)		Дата	Вісник	Вісник
Відомості про розробку		Дата	Вісник	Вісник
Відомості про розробку		Дата	Вісник	Вісник

Рис. 1.2 – Технологічна схема виробництва жорстким пластичним пресуванням

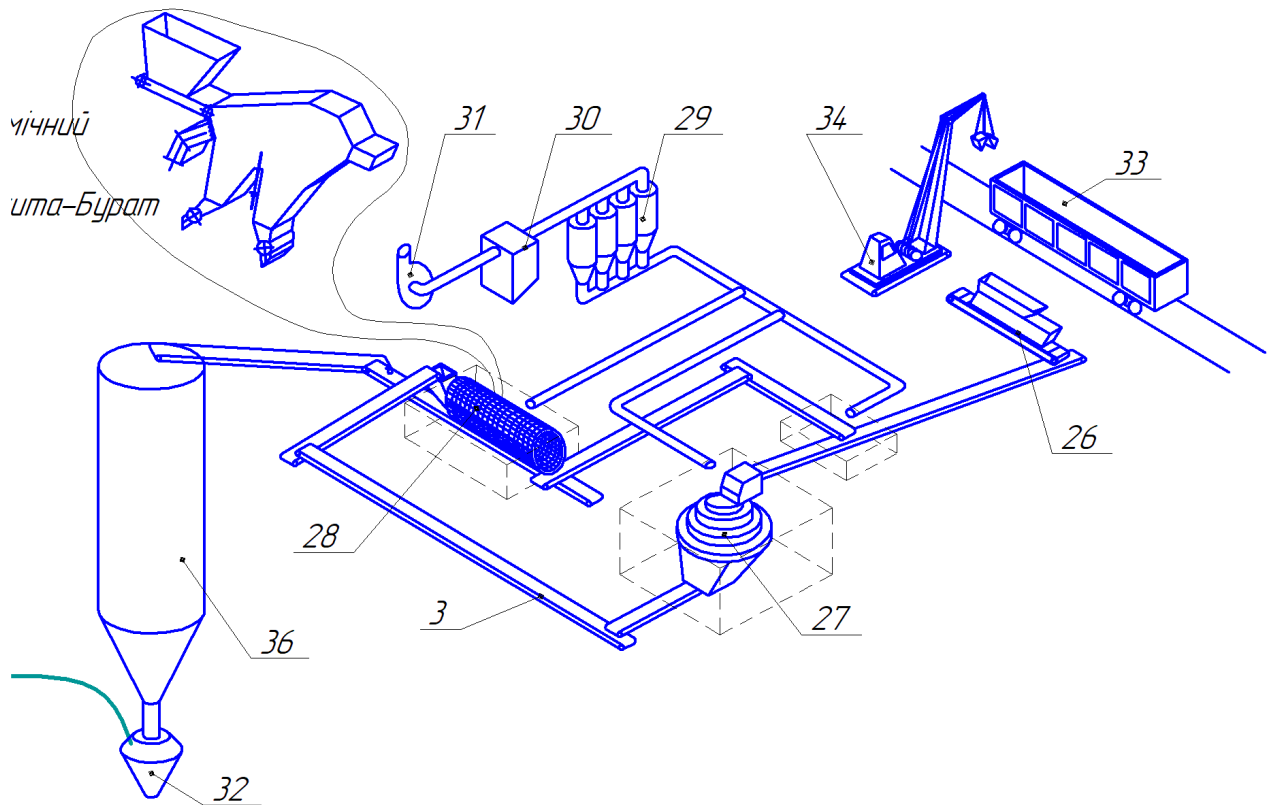


Рис. 1.3 – Технологічна схема приготування вигоряючої добавки

1.3. Сутність процесу випалу

Найважливіші фізико-хімічні властивості керамічних виробів, зокрема міцність, щільність і морозостійкість, формуються саме в процесі випалу. Під час випалювання одночасно відбуваються процеси тепло- та масообміну, які супроводжуються складними фазовими й хімічними перетвореннями. Характер перебігу цих процесів залежить від властивостей глинистої сировини. За сприятливих умов випал проходить без порушення цілісності виробів, однак для глин, чутливих до температурного впливу, можливе виникнення деформацій, тріщин або викривлень.

Обпалювання виробів здійснюють у кільцевих або тунельних печах [7].

У виробництві керамічної цегли важливу роль відіграє аеродинамічна установка для фракціонування сипких матеріалів, яка забезпечує розподіл сировини за розмірами частинок та видалення надлишкових дрібнодисперсних домішок. Використання такої установки дозволяє отримати більш однорідну

глиняну масу, що позитивно впливає на процес сушіння та випалу виробів. Рівномірність фракційного складу сприяє однаковому прогріванню цегли-сирцю по всьому об'єму, зменшує внутрішні напруження та запобігає утворенню тріщин і деформацій під час термічної обробки.

На початковому етапі випалу, при температурі до 200 °С, із виробів видаляється залишкова волога. Даний процес повинен відбуватися поступово, оскільки інтенсивне випаровування води може призвести до руйнування структури сирцю. Завдяки попередньому фракціонуванню сипких матеріалів забезпечується рівномірний розподіл пористості та вологості в матеріалі, що покращує умови сушіння й початкового нагрівання.

У температурному інтервалі 200-600 °С відбувається вигорання органічних домішок та видалення хімічно зв'язаної води з глинистих мінералів. У цей період формується внутрішня структура матеріалу, а також змінюються його фізичні властивості. Однорідний гранулометричний склад, отриманий за допомогою аеродинамічного фракціонування, забезпечує стабільність перебігу цих процесів у всьому об'ємі виробу.

Основний етап випалу проходить при температурах 900–1050 °С. У цей період відбувається спікання частинок глини та утворення міцної керамічної структури. Легкоплавкі компоненти частково переходять у рідку фазу, яка заповнює пори між зернами матеріалу та забезпечує їх з'єднання. У результаті значно підвищуються міцність, щільність, морозостійкість і довговічність керамічної цегли. Використання аеродинамічної установки дозволяє досягти рівномірного розподілу фракцій у сировинній суміші, що сприяє стабільності температурного режиму та покращує якість спікання матеріалу.

Після завершення високотемпературної обробки проводиться поступове охолодження виробів. Різке зниження температури є неприпустимим, оскільки може викликати появу внутрішніх напружень і тріщин. Контрольоване охолодження забезпечує стабілізацію структури матеріалу та збереження отриманих експлуатаційних характеристик.

У промислових умовах загальна тривалість процесу випалу зазвичай становить від 24 до 72 годин.

Вироби повинні бути якісно випалені за температури 900-1050 °C та після випалу мати щільну й однорідну структуру. Для підвищення водовідштовхувальних властивостей, морозостійкості та міцності, а також для зменшення водопоглинання застосовують обробку гідрофобізувальними речовинами. З цією метою вироби просочують 5 %-м водно-спиртовим розчином метилсиліконату натрію або іншими полімерними складами. Обробка здійснюється шляхом занурення виробів у розчин на 10–20 с або методом пульверизації [8].

Висушування.

Сушіння проводять для повного видалення вологи замішування та гігроскопічної води, а також для рівномірного прогрівання напівфабрикату до температури

100–200 °C. Найінтенсивніше видалення вологи відбувається в інтервалі 80–120 °C. Саме на цьому етапі необхідно суворо дотримуватися режиму сушіння, оскільки надто швидке випаровування води може спричинити розтріскування сирцю.

Підігрів.

Подальше нагрівання виробів до температури близько 800 °C, тобто до початку пружних деформацій, спочатку здійснюється димовими газами, а потім, безпосередньо за рахунок спалювання палива. На початковій стадії цього процесу, приблизно при 300 °C, починається вигорання органічних домішок. За повільного підвищення температури цей процес завершується близько 450 °C, а за інтенсивнішого нагрівання – у межах 700-800 °C.

Швидкість підвищення температури визначається властивостями сировини, що випалюється, а також конструктивними особливостями печі. У різні періоди випалу вона може коливатися від 150 до 800 °C за годину, при цьому середнє значення становить близько 300 °C/год.

Узвар.

Етап узвару характеризується досягненням максимально допустимої температури випалу, дозріванням керамічного черепка та витримкою виробів, яка зазвичай здійснюється при температурі 900-1050 °С. Підвищення температури на цій стадії повинно відбуватися поступово й обережно, оскільки в інтервалі 800-900 °С виникають пружні деформації, пов'язані з руйнуванням кристалічної решітки глинистих мінералів і суттєвими структурними змінами матеріалу.

Короткочасна витримка при максимальній температурі сприяє інтенсивнішому перебігу перетворень кремнезему та утворенню муліту, хоча повне завершення цих процесів відбувається вже за вищих температур, ніж температура випалу виробів. Зростання міцності керамічного черепка, яке починається приблизно при 800–850 °С і триває до завершення випалу в межах 900-1050 °С, зумовлюється переважно дією розплаву. Під впливом сил поверхневого натягу він зближує та з'єднує між собою більші частинки маси – зневоднені частинки глинистої речовини та зерна кварцу. Після охолодження утворена склоподібна фаза забезпечує високу міцність виробу, яка може досягати 490-588 МПа.

1.4. Розрахунок режиму роботи підприємства і розрахунок фондів робочого часу та матеріального балансу

Вихідні данні:

$D = 365$ – число днів в обліковому періоді;

$t_d = 24$ – число годин в добу;

$D_H = 104$ – число неробочих днів в обліковому періоді;

$t_z = 8$ – тривалість зміни;

$D_{CT} = 6$ – число предісходних днів;

$t_{CT} = 2$ – час на яке скорочується тривалість зміни;

$t_B = 24+12$ – неминучі витрати робочого часу по поважних причинах;

$k_Y = 0,87$ – коефіцієнт використання обладнання.

Розрахунок:

Кількість робочих днів в році визначається за формулою:

$$Д-Д_{\text{н}} = 365 - 104 = 261 \quad (1.1)$$

Календарний фонд робочого часу для одиниці обладнання (одного працівника), рік:

Одна зміна $n_3 = 1$

$$F_{k.1} = Д \cdot t_{\text{д}} \cdot n_3 / 3 = 2920 \quad (1.2)$$

Дві зміни $n_3 = 2$

$$F_{k.2} = Д \cdot t_{\text{д}} \cdot n_3 / 3 = 5840 \quad (1.3)$$

Три зміни $n_3 = 3$

$$F_{k.3} = Д \cdot t_{\text{д}} \cdot n_3 / 3 = 8760 \quad (1.4)$$

Номінальний (режимний) фонд часу, рік:

Одна зміна $n_3 = 1$

$$F_{\text{н.1}} = [(Д-Д_{\text{н}}) \cdot t_3 - Д_{\text{СТ}} \cdot t_{\text{СТ}}] \cdot n_3 = 2076, \quad (1.5)$$

Дві зміни $n_3 = 2$

$$F_{\text{н.2}} = [(Д-Д_{\text{н}}) \cdot t_3 - Д_{\text{СТ}} \cdot t_{\text{СТ}}] \cdot n_3 = 4152, \quad (1.6)$$

Три зміни $n_3 = 3$

$$F_{\text{н.3}} = [(Д-Д_{\text{н}}) \cdot t_3 - Д_{\text{СТ}} \cdot t_{\text{СТ}}] \cdot n_3 = 6228, \quad (1.7)$$

n_3 – прийнятий режим змінності роботи відділення.

Дійсний фонд часу працівника, рік:

$$F_{\text{д}} = F_{\text{н.1}} - t_{\text{в}} = 2040 \quad (1.8)$$

Дійсний фонд часу обладнання, рік:

Одна зміна:

$$F_{\text{обор.1}} = F_{\text{н.1}} \cdot k_y = 1806 \quad (1.9)$$

Дві зміни:

$$F_{\text{обор.2}} = F_{\text{н.2}} \cdot k_y = 3612 \quad (1.10)$$

Три зміни:

$$F_{\text{обор.3}} = F_{\text{н.3}} \cdot k_y = 5418 \quad (1.11)$$

Розрахунок матеріального балансу дає можливість визначити потребу в сировині, матеріалах і допоміжних компонентах, а також встановити кількість готової продукції, втрати під час сушіння, випалу та транспортування.

Розрахунок матеріального балансу виконується за посібником О.Г. Савченко [6].

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Формулювання проблеми та постановка задач дослідження

У виробництві керамічної цегли важливу роль відіграє якісна підготовка сипких матеріалів, оскільки гранулометричний склад сировини безпосередньо впливає на процеси формування, сушіння та випалу виробів. Наявність крупних домішок і неоднорідних частинок ускладнює технологічний процес, погіршує фізико-механічні властивості готової продукції та підвищує кількість браку.

Для сепарації сипких високоабразивних матеріалів фракцією близько 3 мм на виробництві традиційно використовують обертові сита (барабанні грохоти). Таке обладнання свого часу застосовувалося на Харківському цегельному заводі №15 для розділення твердопаливного шлаку, який використовувався як заповнювач. Однак барабанні грохоти не забезпечують отримання матеріалу з необхідним низьким вмістом крупної фракції понад 1 мм. Зменшення розмірів отворів сит призводить до значного зниження продуктивності, а застосування більш продуктивних віброгрохотів супроводжується інтенсивним зношуванням сит через високу абразивність матеріалу.

Існуючі способи механічного розсіювання характеризуються простотою конструкції та невеликими експлуатаційними витратами, проте не дозволяють забезпечити необхідну ефективність розділення матеріалу (рис. 2.1). У зв'язку з цим перспективним напрямом є використання пневматичного або аеродинамічного способу фракціонування сипких матеріалів.

Пневморозсіювання, у порівнянні з механічними методами, має суттєві переваги, оскільки дозволяє одночасно виконувати процеси сепарації та підсушування матеріалу. Крім того, відсутність сит усуває проблему їх швидкого зношування, а використання повітряних потоків дає можливість забезпечити межу розділення менше 1 мм.

Метою дослідження є розробка ефективного способу та конструкції аеродинамічної установки для розділення сипких високоабразивних матеріалів у виробництві керамічної цегли.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі *задачі*:

- провести аналіз існуючих способів фракціонування сипких матеріалів;
- дослідити принцип роботи аеродинамічної установки;
- із використанням систем автоматизованого проєктування створити 3D-модель установки;
- виконати моделювання руху повітряних потоків і частинок матеріалу;
- визначити раціональні конструктивні та технологічні параметри установки;
- оцінити ефективність процесу розділення матеріалу на фракції;
- встановити можливість отримання продукту з мінімальним вмістом крупних частинок.

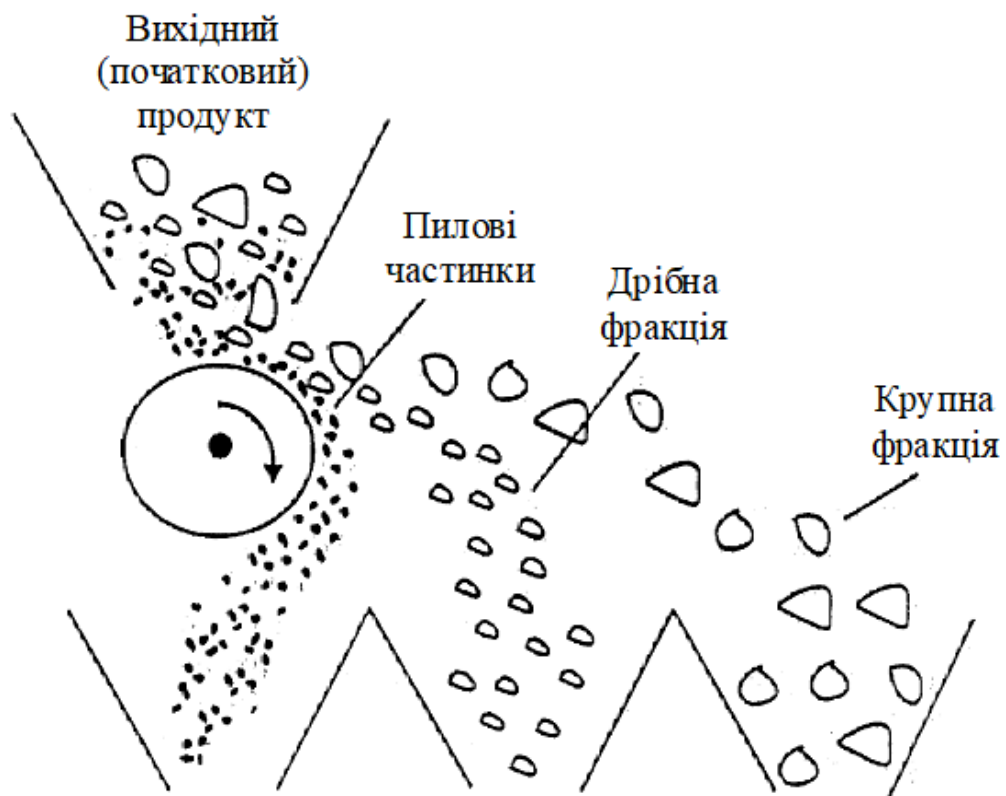


Рисунок 2.1 – Гравітаційно-інерційний розсів зернистого матеріалу

2.2. Стан питання з розробки обладнання для сепарації сипких високоабразивних матеріалів на прикладі цегельних виробництв

Високоабразивні сипкі матеріали широко застосовуються у різних технологічних процесах будівельної галузі. Особливу увагу їх підготовці приділяють у виробництві керамічної цегли, де якість сировинної суміші безпосередньо впливає на характеристики готової продукції.

Керамічна цегла залишається одним із найефективніших матеріалів для облицювання зовнішніх стін завдяки високій довговічності, міцності та архітектурній виразності. Разом із тим процес її виготовлення супроводжується значними енергетичними витратами, особливо на етапах сушіння та випалу. У зв'язку зі зростанням вартості енергоносіїв підвищуються вимоги до вдосконалення технологічних процесів і підготовки сировини.

Згідно з ДСТУ Б А.1.1-13-94, керамічною називають цеглу, яку виготовляють із легкоплавких глин із додаванням спеціальних компонентів шляхом формування, сушіння та подальшого випалу. Окрім стандартної одинарної цегли, виробляють також модульні, потовщені та інші види керамічних каменів різних розмірів.

Поверхня керамічної цегли може бути гладкою, рельєфною, фактурною, двошаровою, ангобованою або глазурованою. Лицювальна керамічна цегла широко застосовується для зовнішнього оздоблення будівель, оскільки характеризується високою довговічністю, естетичним зовнішнім виглядом і ефективністю порівняно з іншими облицювальними матеріалами, такими як силікатна цегла, штукатурка, фасадна плитка чи фарбування.

Провідні українські підприємства, зокрема Слобожанська Будівельна Кераміка, Керамейя, Євротон, Біла Церква та FP KLINKER, продовжують виробництво керамічної цегли та клінкерних виробів, використовуючи сучасні технології пластичного пресування, автоматизованого сушіння та тунельного випалу [2].

Пластичний спосіб формування передбачає видавлювання суцільного глиняного бруса через екструдер із подальшим його розрізанням струнами на

окремі цеглини. Для цього глиняну сировину попередньо готують у вигляді пластичної маси з вологістю 17–25 %, яка забезпечує якісне формування без дефектів на шнекових пресах. Сьогодні підвищення якості керамічної цегли є одним із важливих напрямів розвитку українських підприємств галузі

Серед багатьох напрямів підвищення якості керамічної цегли важливе місце займає вдосконалення складу керамічної шихти та покращення її підготовки шляхом використання спеціальних добавок. Для покращення технологічних характеристик у шихту вводять структуроутворюючі компоненти, які позитивно впливають на процес екструзії, формування та сушіння виробів. Такі добавки підвищують зчеплення частинок маси, запобігають розшаруванню шихти та зменшують імовірність утворення тріщин під час формування.

Подібні компоненти також називають опіснюючими добавками. До них належать крупнозернистий пісок, шамот, подрібнена бита цегла, шлак, зола та інші техногенні матеріали. Деякі добавки мають комплексний вплив. Наприклад, шлаки ТЕС і відходи вуглезбагачення не лише покращують структуру шихти, а й сприяють зниженню температури випалу, що дозволяє скоротити витрати палива [3].

Особливу увагу приділяють використанню шлаків ТЕС, оскільки вони є доступними в більшості регіонів України та забезпечують низку переваг:

- зменшення вологості шихти приблизно на 3÷4 % (при вмісті у шихті – 15 %);
- покращення показників шихти щодо випалювання;
- підвищення властивостей шихти при формуванні та сушці сирцю.

Разом із позитивними властивостями введення шлакових добавок у керамічну шихту має і певні недоліки. Основним із них є поява так званих «відстрілів», через які значна частина продукції (близько 10 %) переводиться з категорії лицьової цегли у рядову. Причини виникнення цього дефекту досі повністю не встановлені. Спостереження за процесом випалу через оглядове вікно печі показали, що до температури приблизно 750 °С «відстріли» не виникають. Це дає підстави вважати, що дефект може бути пов'язаний із надто швидким охолодженням виробів у певному температурному діапазоні.

Спостереження показали, що збільшенню кількості цегли з дефектами сприяють два основні фактори:

- нерівномірний розподіл шлаку в шихті;
- наявність надто великих частинок шлаку.

Особливо помітно це проявляється при подачі шлаку на конвеєр безпосередньо перед формуванням за тимчасовою схемою. У такому випадку через нерівномірне подавання шихти вміст шлаку може змінюватися більш ніж на 5 %, що свідчить про неефективність такого способу подачі.

Щодо впливу крупних частинок, то встановлено, що фракції шлаку розміром понад 2 мм суттєво погіршують якість виробів, тому їх наявність у шихті необхідно виключити. Для частинок розміром $1\div 2$ мм чіткої залежності з кількістю «відстрілів» не виявлено, однак допустимим вважається їх вміст на рівні приблизно 5–10 %.

Пилоподібні фракції шлаку розміром (менше 0,1 мм) не мають суттєвого позитивного впливу на процеси формування та сушіння керамічної маси, хоча й не завдають значної шкоди [3]. Тому їх вміст у шихті рекомендується обмежувати на рівні $10\div 20$ %.

Отже, для структуроутворюючих добавок, що використовуються у виробництві керамічної цегли методом пластичного формування, висувуються досить жорсткі вимоги до гранулометричного складу. Для тенеситу – оптимальний розмір частинок становить 0,5...2,0 мм, а для шлаків ТЕС – 0,5–1,5 мм. Частинки меншого розміру практично не забезпечують необхідного структуроутворюючого ефекту, тому витрати енергії, матеріалів і праці на їх отримання є неефективними.

Особливо небажаним є утворення пилу під час подрібнення матеріалу. Дрібні частинки розміром менше 0,16 мм негативно впливають на якість готових виробів та ускладнюють організацію виробництва через необхідність боротьби з пилом у місцях транспортування й завантаження матеріалу. Надто великі зерна також погіршують якість продукції, зокрема зовнішній вигляд цегли, а їх позитивний вплив на структуру шихти значно зменшується [3].

Дипломна робота присвячена розробці та дослідженню аеродинамічної установки для фракціонування структуроутворюючих добавок, що використовуються у виробництві керамічної цегли методом пластичного формування.

Для виробництва керамічної цегли методом пластичного формування перспективним є застосування аеродинамічного способу фракціонування сипких матеріалів, який поєднує переваги механічних методів розділення та водночас усуває їх основні недоліки. Принцип дії аеродинамічної установки для фракціонування структуроутворюючих добавок подібний до пилоосаджувальної камери (рис. 2.2).

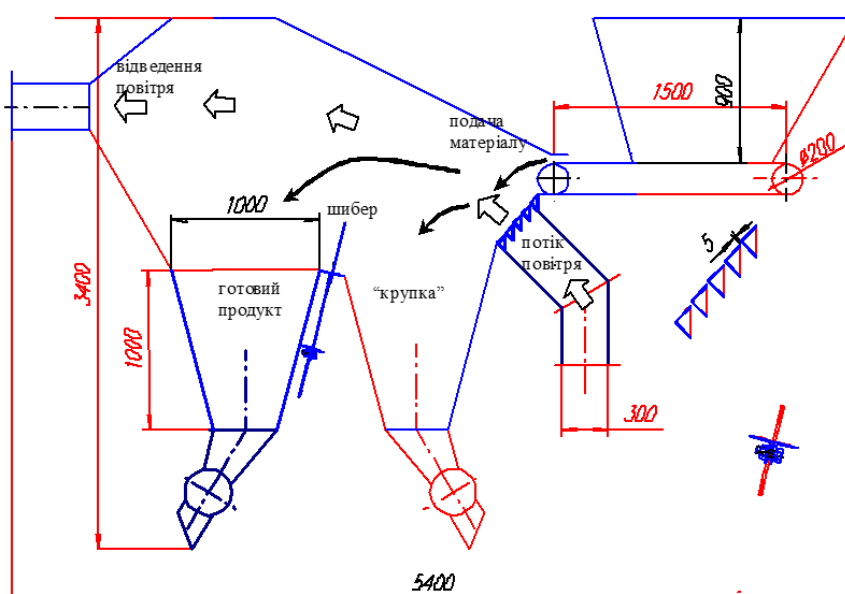


Рисунок 2.2 – Варіант установки для фракціонування з двома бункерами (ескіз)

Установка працює таким чином: сипкий матеріал безперервно подається живильником у робочу камеру, де взаємодіє з потоком повітря, що надходить від вентилятора через пристрій формування ламінарного потоку. Під дією повітряного потоку частинки переміщуються всередині камери та поступово втрачають швидкість руху. Залежно від розміру й маси частинок змінюється дальність їх переміщення, у результаті чого матеріал розділяється на фракції та потрапляє в окремі приймальні бункери. Дрібні частинки, придатні для

використання у керамічній шихті, відокремлюються від крупніших зерен («крупки»).

Регулювання межі розділення здійснюється зміною положення шибер, що дозволяє налаштовувати установку під необхідний гранулометричний склад добавок. Повітряний потік із залишковим пилом після процесу фракціонування проходить через систему очищення та лише після цього виводиться в атмосферу.

У разі встановлення валкової дробарки для попереднього подрібнення шлаку перед аеродинамічною установкою фракціонування сипких матеріалів технологічна ділянка може бути організована за схемою, наведеною на рис. 2.3. Така схема забезпечує підготовку матеріалу необхідної крупності перед подачею до системи повітряної класифікації.

На рис. 2.4 представлено конструктивний варіант вагового дозатора безперервної дії, який використовується для рівномірного подавання матеріалу в аеродинамічну установку.

У межах дипломної роботи проведено моделювання процесу пневморозсіювання із застосуванням комп'ютерної системи аналізу руху повітряних потоків для конструкції установки, зображеної на рис. 2.2.

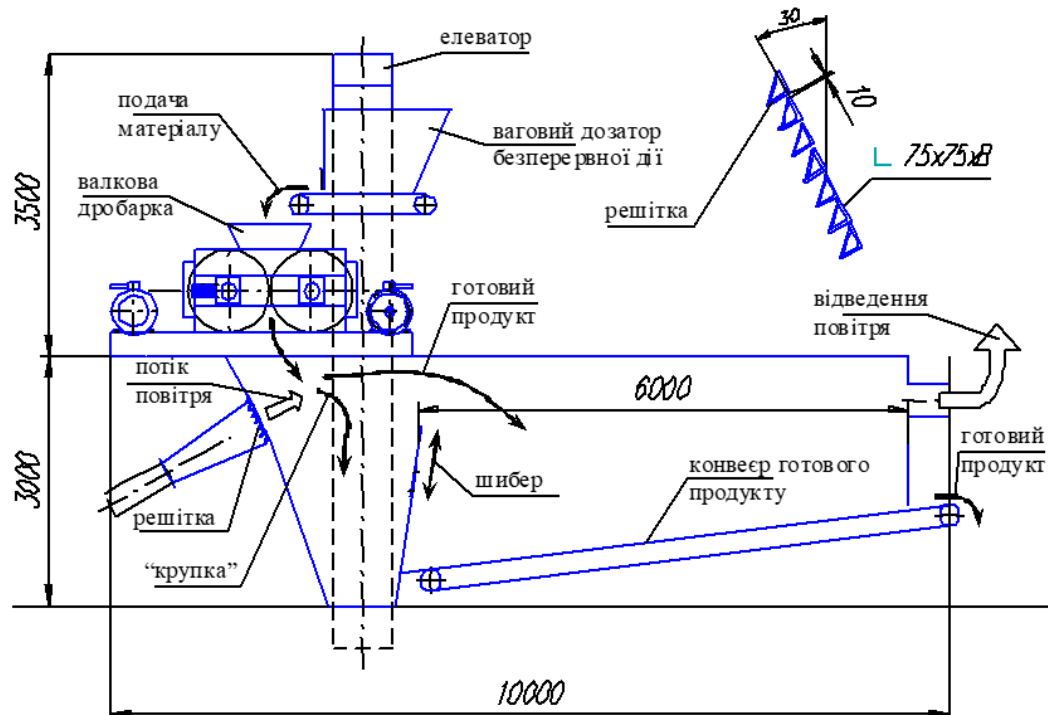
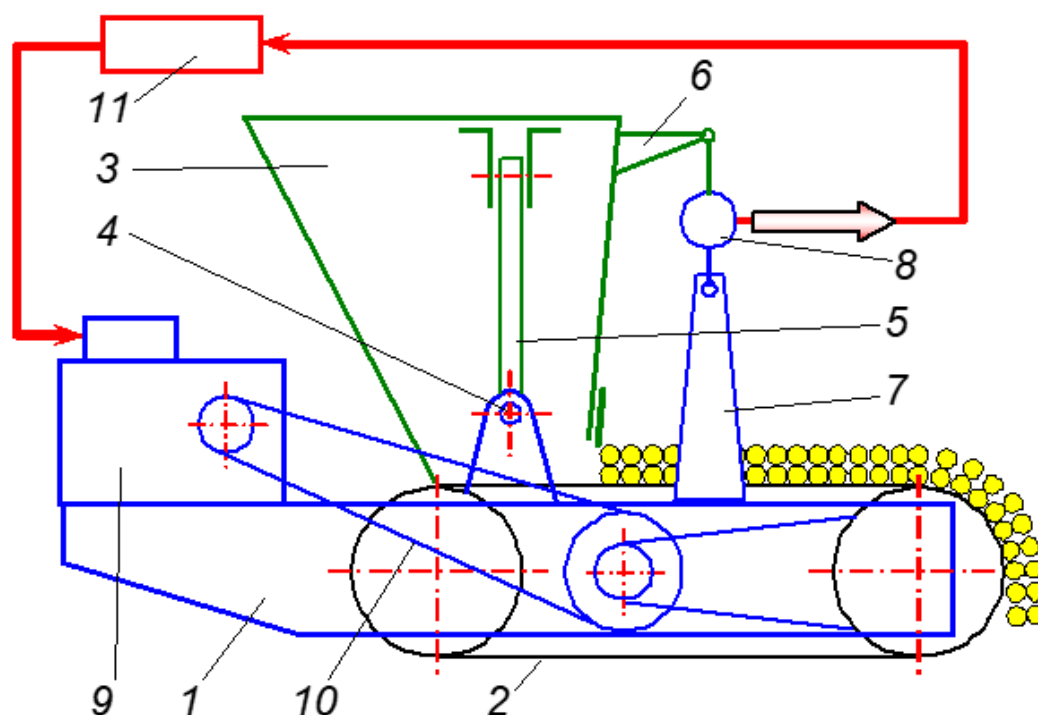


Рисунок 2.3 – Схема встановлення вальців тонкого подрібнення у складі аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів за крупністю



- 1 – рама; 2 - стрічковий живильник; 3 – бункер (закріплений на металокаркуні);
 4, 5 – вісь та тяга шарнірного підвісу рами; 6, 7 – кронштейни; 8 – датчик ваги
 (наприклад, тензодатчик); 9 – привод із системою автоматичного керування
 швидкості; 10 – передача від привода до барабана живильника;
 11 – система автоматичного керування (приводить швидкість обертання привода у
 відповідність до показання датчика ваги 8)

Рисунок 2.4 – Схема стрічкового вагового дозатора

Для забезпечення ефективної роботи аеродинамічної установки важливо створити рівномірний розподіл швидкості повітряного потоку на вході до зони фракціонування. Саме стабільне та однорідне поле швидкостей визначає точність розділення частинок за фракціями та впливає на якість підготовки сировини.

З цією метою в конструкції установки передбачено спеціальний вузол подачі повітря, який об'єднує вентилятор, перехідний елемент та пристрій вирівнювання повітряного потоку в єдину складальну одиницю – «роздувач» (рис. 2.5). Такий вузол забезпечує стабілізацію повітряного потоку перед його надходженням до робочої камери та створює необхідні умови для рівномірного розподілу повітря по всій площі перерізу установки.

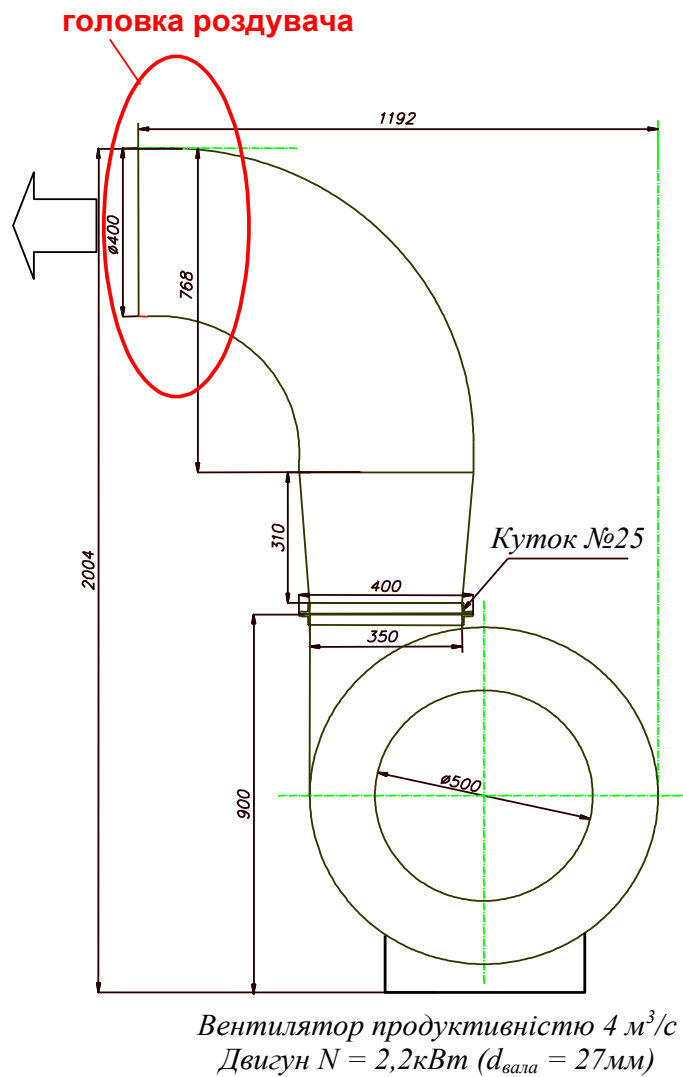


Рисунок 2.5 – Роздувач

Основним елементом «роздувача» є «головка роздувача» (рис. 2.6). Її конструкція передбачає наявність восьми направляючих лопаток, закріплених на бокових стінках корпусу шарнірним способом, що дозволяє окремо регулювати положення кожної лопатки та змінювати висоту утворених між ними щілин.

Завдяки такій конструкції забезпечується формування повітряних струменів із заданими параметрами та можливість коригування швидкості руху повітря по висоті розподільчого вузла. Канали, утворені лопатками, можуть мати паралельну форму, а також виконуватись зі звуженням або розширенням, що дозволяє регулювати напрям і швидкість потоку залежно від фізико-механічних властивостей матеріалу та необхідної межі розділення (рис. 2.7).

Застосування такого конструктивного рішення в аеродинамічній установці дозволяє підвищити рівномірність повітряного потоку, покращити стабільність процесу фракціонування сипких матеріалів і забезпечити отримання більш однорідного гранулометричного складу сировини для виробництва керамічної цегли.

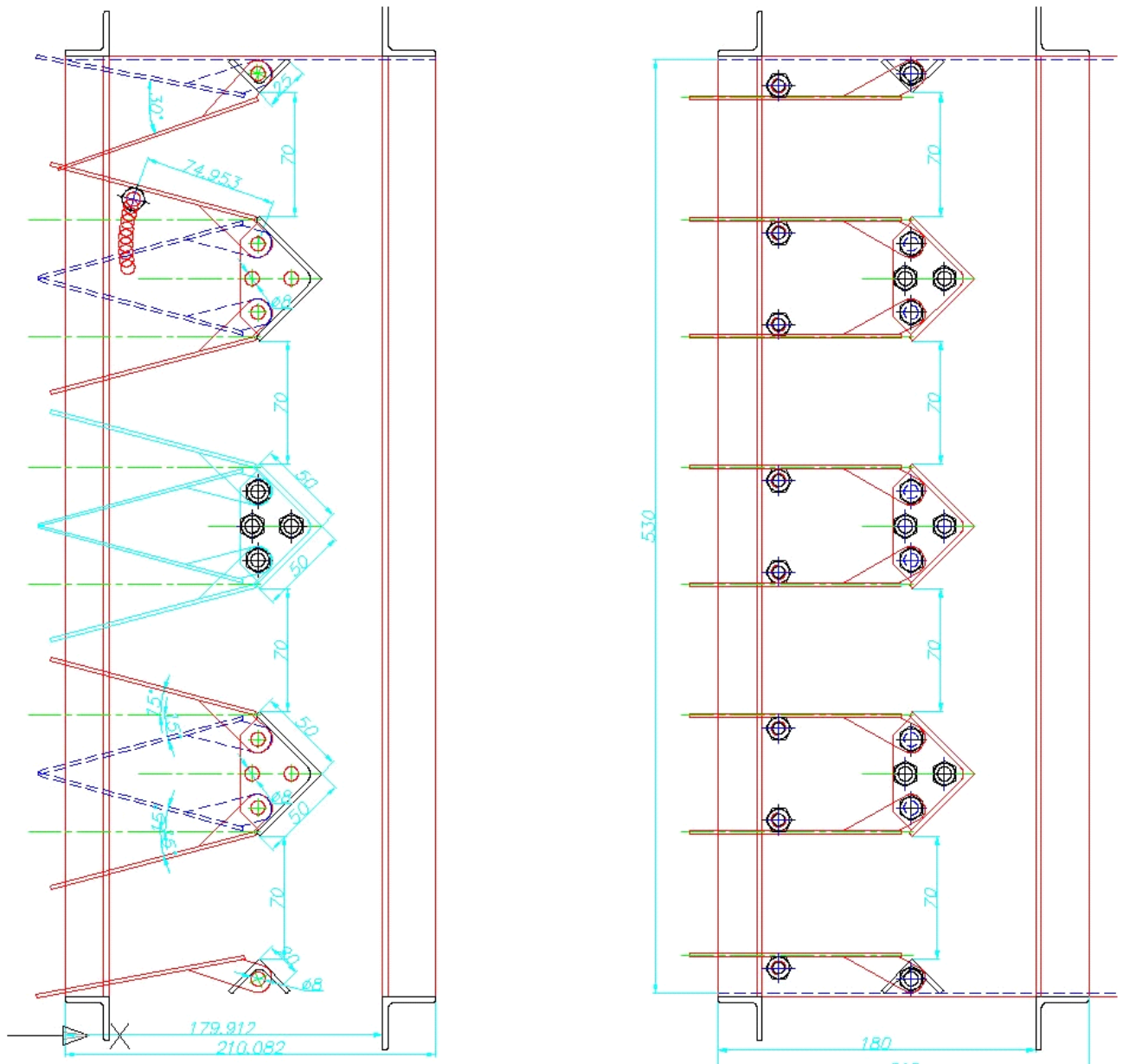


Рисунок 2.6 – Складові головки роздувача

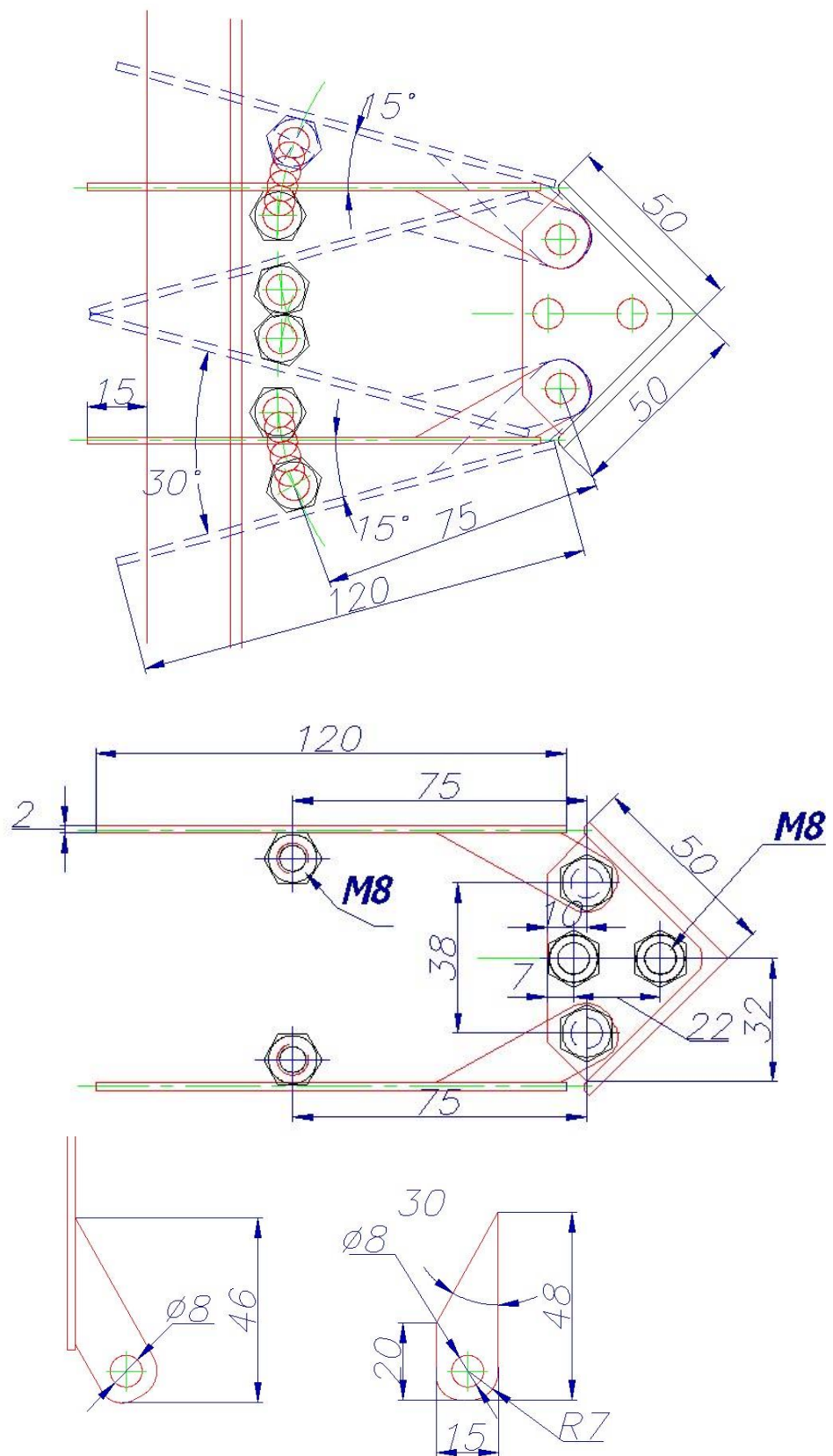


Рисунок 2.7 – Складові головки роздувача; шарнірне кріплення лопаток

Висновки

1. Розроблено конструктивну модель аеродинамічної установки, призначену для підготовки сировини у виробництві керамічної цегли. Запропонована конструкція може бути використана для підвищення однорідності сировинної маси.

2. Для забезпечення стабільної роботи установки запропоновано конструкцію вузла подачі повітря у вигляді роздувача, який формує рівномірне поле швидкостей перед входом у робочу зону фракціонування. Конструкція передбачає систему направляючих лопаток із можливістю регулювання їх положення, що дозволяє змінювати параметри повітряного потоку відповідно до технологічних вимог процесу.

3. Ефективність роботи аеродинамічної установки підтверджена аналізом розподілу швидкостей повітряного потоку в робочій зоні та порівнянням отриманих швидкісних характеристик. На основі розрахунків визначено орієнтовні граничні розміри частинок, що відокремлюються у відповідних камерах установки. Побудовано схему розподілу турбулентної енергії по перерізу робочої камери, що дозволило оцінити характер руху повітря та ефективність процесу фракціонування.

4. Як критерій оцінювання ефективності роботи аеродинамічної установки запропоновано використовувати співвідношення максимального та мінімального значень швидкості повітряного потоку в робочому перерізі. Використання цього показника дає можливість оцінити рівномірність розподілу повітря та визначити ефективність роботи установки під час фракціонування сипких матеріалів.

РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Вибір методів організації та проведення ремонтів.

Організація ремонтного обслуговування установки визначається виробничою потужністю підприємства, кількістю встановленого обладнання, особливостями технологічного процесу та складністю конструкції установки.

Вибір методу організації ремонтів залежить від конструктивних особливостей обладнання, умов його експлуатації, технічного оснащення ремонтної бази підприємства, а також чисельності та кваліфікації ремонтного персоналу.

На підприємствах промисловості будівельних матеріалів застосовуються централізований, децентралізований і змішаний методи організації ремонтів.

Централізований метод – передбачає виконання всіх видів ремонтних робіт і монтажу силами ремонтно-механічного цеху (РМЦ) підприємства. У його складі формуються спеціалізовані ремонтні бригади, за якими закріплюються окремі виробничі ділянки. Працівники виконують технічне обслуговування, поточні та капітальні ремонти обладнання.

Такий метод доцільно застосовувати на підприємствах із невеликою кількістю обладнання або при наявності великої кількості однотипних машин. Для аеродинамічної установки цей метод забезпечує якісне виконання ремонтних робіт, але потребує достатнього матеріально-технічного забезпечення ремонтної служби.

Децентралізований метод – полягає у виконанні технічного обслуговування та планових ремонтів силами ремонтного персоналу виробничого цеху під керівництвом механіка. Ремонтно-механічний цех у цьому випадку забезпечує виготовлення запасних частин, спеціального оснащення, а також виконує ремонт складних вузлів.

Застосування такого методу є ефективним на підприємствах із великою кількістю різнотипного обладнання, де потрібне оперативне усунення несправностей без зупинки технологічного процесу. Для аеродинамічної

установки це дозволяє швидко виконувати регулювання системи подачі матеріалу, очищення сепараційної камери та усунення незначних пошкоджень.

Змішаний метод – поєднує переваги двох попередніх. Щоденне технічне обслуговування та поточний ремонт виконуються силами цехової ремонтної бригади, під керівництвом механіка цеху, а капітальний ремонт здійснюється силами РМЦ або за участю спеціалізованих ремонтних організацій.

Використання змішаного методу забезпечує підтримання працездатності установки, своєчасне усунення несправностей, скорочення простоїв обладнання та підвищення ефективності процесів.

Після визначення на підприємстві методу організації ремонтного обслуговування для кожної окремої машини обирають найбільш доцільний спосіб проведення ремонту. Вибір методу залежить від конструктивних особливостей обладнання, умов його експлуатації, технічного стану вузлів, організації ремонтного виробництва та можливостей ремонтної бази підприємства. Залежно від наявного обладнання, його конструкції, номенклатури деталей, умов експлуатації та забезпечення запасними частинами застосовують наступні методи ремонту:

- індивідуальний,
- знеособлений,
- змішаний методи.

Індивідуальний метод ремонту – передбачає встановлення після ремонту деталей і складових частин на ту саму одиницю обладнання, з якої вони були демонтовані. У цьому випадку аеродинамічна установка перебуває в ремонті до повного відновлення всіх її вузлів і подальшого монтажу на робоче місце. Перевагою такого методу є точне збереження взаємного припрацювання деталей, однак він супроводжується більшою тривалістю простою обладнання.

Знеособлений метод ремонту – полягає у відновленні обладнання шляхом встановлення раніше відремонтованих або нових вузлів і деталей із резервного фонду підприємства. Використання цього методу дозволяє скоротити тривалість

ремонту, знизити трудомісткість робіт і підвищити ефективність технічного обслуговування.

Змішаний метод ремонту – поєднує індивідуальний та знеособлений способи. При цьому частина вузлів ремонтується та встановлюється на своє місце після відновлення, а частина замінюється деталями з оборотного фонду. Такий підхід забезпечує раціональне використання ремонтних ресурсів та скорочує час простою обладнання.

У даній роботі для аеродинамічної установки приймається децентралізований метод організації ремонтів, за якого технічне обслуговування та поточні ремонтні роботи виконуються силами ремонтного персоналу виробничого цеху.

Для проведення капітального ремонту установки доцільно застосовувати змішаний метод ремонту, оскільки він найбільш повно відповідає конструктивним особливостям обладнання, забезпечує зменшення трудомісткості ремонтних робіт, скорочення тривалості простою та підвищення ефективності роботи установки в технологічному процесі фракціонування сипких матеріалів.

3.2. Розробка схеми технологічного процесу проведення ремонту.

Ремонт машин – є виробничим процесом, що складається з комплексу організаційно-технічних заходів і безпосереднього технологічного процесу відновлення працездатності обладнання.

Виробничий процес – являє собою сукупність заходів, у результаті виконання яких відновлюється технічний стан окремих деталей, вузлів та установки в цілому відповідно до вимог технічної документації та умов експлуатації.

До організаційних заходів належать – підготовка технічної документації, забезпечення необхідними матеріалами та запасними частинами, підготовка вантажопідіймального й транспортного обладнання, доставка окремих вузлів до

місця ремонту, забезпечення інструментами та пристроями, а також формування ремонтної бригади й розподіл обов'язків між працівниками.

Технологічний процес ремонту – являє собою комплекс послідовно виконуваних операцій, спрямованих на відновлення працездатності аеродинамічної установки та забезпечення її стабільної роботи в процесі фракціонування сипких матеріалів.

Для забезпечення високої якості ремонту та скорочення часу простою обладнання, перед початком робіт проводять технічну підготовку.

Конструкторська підготовка передбачає забезпечення ремонтного персоналу необхідною технічною документацією: робочими кресленнями установки, окремих вузлів і деталей, технічними умовами на проведення ремонту, інструкціями з експлуатації та схемами розміщення основних елементів конструкції та інше.

Технологічна підготовка включає розробку технологічних карт (схем) розбирання і складання вузлів машин, визначення послідовності виконання ремонтних операцій, складання маршруту переміщення вузлів у процесі ремонту, а також підготовку спеціального інструменту, пристроїв і допоміжного оснащення, необхідного для демонтажу, контролю технічного стану, відновлення та монтажу деталей.

Правильна організація технологічного процесу ремонту забезпечує надійну роботу установки, зменшує тривалість простою обладнання та сприяє стабільності технологічного процесу у виробництві.

У процесі діагностики та ремонту технологічного обладнання для сипких матеріалів важливе значення має своєчасне виконання підготовчих робіт, особливо у випадках, коли ремонт здійснюється безпосередньо на місці експлуатації обладнання. У такому випадку ремонтний майданчик повинен бути організований як робоча зона, оснащена необхідними механізмами, пристроями та інструментами, що забезпечують виконання розбірно-складальних і ремонтних операцій.

У загальному вигляді підготовка до проведення капітального ремонту включає комплекс організаційно-технологічних заходів:

1. Складання попередньої дефектної відомості та визначення технічного стану вузлів установки;
2. Уточнення потреби в запасних частинах і перевірка їх наявності;
3. Підготовка технічної документації на ремонт;
4. Визначення необхідного інструменту, допоміжного оснащення та засобів механізації;
5. Організація ремонтного майданчика;
6. Планування послідовності виконання ремонтних робіт;
7. Розподіл обов'язків між членами ремонтної бригади.

Для складних вузлів або при проведенні повного капітального ремонту розробляється проєкт виконання робіт ППР. У ньому визначаються способи проведення ремонту, послідовність технологічних операцій, перелік необхідних пристроїв і засобів механізації, місця їх встановлення, а також потреба в трудових ресурсах.

Підготовчі роботи доцільно починати для основної частини технологічного обладнання з випробування на холостому та робочому ходу. Це дозволяє оцінити технічний стан обладнання, виявити несправності, перевірити рівномірність подачі матеріалу, стабільність повітряного потоку та роботу основних вузлів.

На основі результатів перевірки складається дефектна відомість, уточнюється перелік ремонтних робіт, визначається необхідність заміни окремих деталей і вузлів. Одночасно перевіряється наявність креслень, технологічних схем, інструкцій з експлуатації та інших документів, потрібних для виконання ремонту.

Окрему увагу приділяють підготовці ремонтного майданчика: визначають місця розміщення демонтованих вузлів, встановлення інструменту та обладнання, організовують безпечні проходи й робочі зони, а також складають оперативний графік виконання робіт.

Важливим етапом підготовки є правильне визначення потреби в запасних частинах та комплектуючих. Від цього безпосередньо залежать строки проведення ремонту, якість виконаних робіт та безперервність технологічного процесу.

Підготовка до ремонту обладнання починається з моменту введення його в експлуатацію. На підприємстві повинна бути наявна технічна документація, що містить креслення, схеми, характеристики обладнання, а також вимоги до технічного обслуговування та ремонту.

Ремонтна документація оформлюється окремо для поточного та капітального ремонту. У ній визначаються перелік робіт, технічні вимоги до вузлів після ремонту, методи контролю та порядок перевірки працездатності установки.

Своєчасна й правильно організована підготовка обладнання до капітального ремонту забезпечує підвищення продуктивності праці ремонтного персоналу, покращує якість виконання ремонтних операцій, скорочує тривалість простою та сприяє стабільній роботі обладнання.

Основними технологічними операціями, що виконуються під час капітального ремонту установки, є розбирання обладнання на вузли та окремі деталі, очищення елементів конструкції, дефектація, комплектування відремонтованих або нових деталей, складання установки та перевірка її працездатності.

У ремонтному виробництві значна увага приділяється технологічному процесу розбирання обладнання, оскільки ці операції займають істотну частину загального обсягу робіт під час капітального ремонту (це приблизно 10÷15%). Послідовність розбирання визначається конструктивною будовою установки, взаємним розташуванням вузлів та особливостями їх кріплення.

Розбирання установки виконують у визначеній технологічною документацією послідовності. У разі складної конструкції попередньо складають схему демонтажу, яка визначає порядок зняття окремих вузлів і деталей. Роботи

починають із демонтажу тих елементів, без зняття яких неможливий доступ до інших частин конструкції.

Під час розбирання взаємне положення окремих деталей і вузлів позначають спеціальними мітками або фарбою. Це дає змогу під час складання встановити елементи в початковому положенні, забезпечити точність монтажу та зберегти їх взаємне притирання.

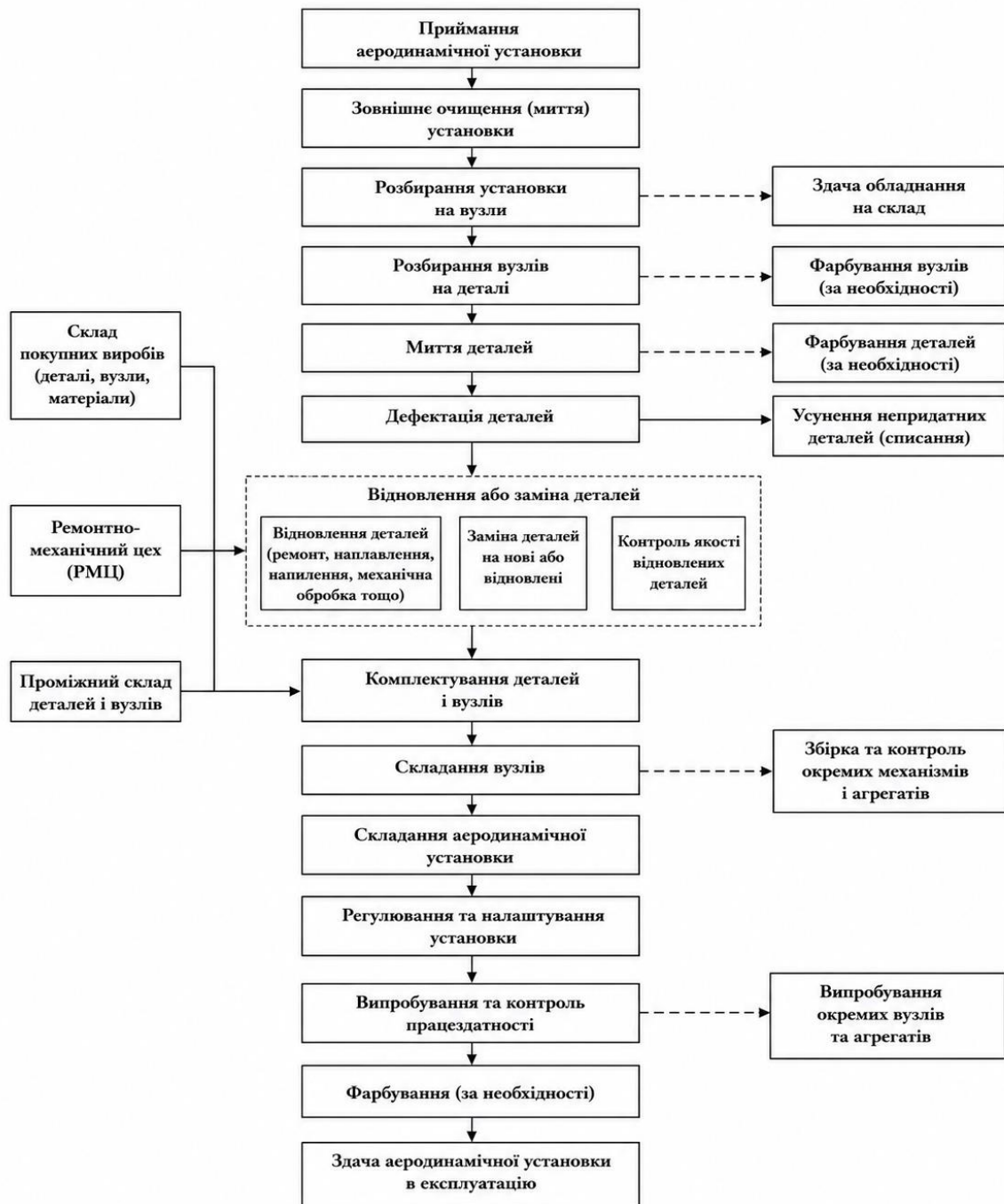


Рисунок 3.1 – Технологічна схема проведення капітального ремонту обладнання змішаним методом

Під час розбирання взаємне положення окремих деталей і вузлів позначають спеціальними мітками або фарбою. Це дає змогу під час складання встановити елементи в початковому положенні, забезпечити точність монтажу та зберегти їх взаємне притирання.

Розбірні операції часто супроводжуються демонтажем посадок із натягом і щільних з'єднань, що потребує використання спеціального обладнання та допоміжних пристроїв. Для виконання таких операцій застосовують знімачі, пресове обладнання, а також монтажні пристосування, що забезпечують безпечне зняття деталей без пошкодження поверхонь.

Під час розбирання різьбових з'єднань використовують гайкові та торцеві ключі, тріскачкові механізми, а також електричний або пневматичний інструмент, що підвищує продуктивність ремонтних робіт.

Після розбирання вузлів і перед проведенням дефектації всі деталі установки очищають від пилу, залишків сипкого матеріалу та експлуатаційних забруднень. Якісне очищення є необхідною умовою для правильної оцінки технічного стану деталей.

У ремонтному виробництві застосовують декілька способів очищення деталей: мийку, механічне очищення, виварювання та обробку спеціальними мийними розчинами.

Мийку деталей виконують у спеціальних ємностях із використанням мийних засобів або гарячої води. Для деталей із підвищеним рівнем забруднення застосовують струменеве очищення, яке забезпечує ефективне видалення пилу, залишків сировини та інших сторонніх частинок із поверхонь деталей.

Механічне очищення використовують для видалення налиплого пилу, твердих частинок і поверхневих відкладень. Для цього застосовують щітки, скребки та інший ручний або механізований інструмент.

Очищення методом виварювання проводять у стаціонарних ваннах із застосуванням лужних або синтетичних мийних розчинів за температури близько 40 °С протягом 6–20 годин, залежно від ступеня забруднення поверхонь. Після завершення виварювання деталі промивають гарячою водою або лужним

розчином у спеціальних мийних ємностях чи струменевих мийних установках. Для підвищення ефективності очищення застосовують струменевий, вібраційний та ультразвуковий способи, що забезпечують якісне видалення пилю, налиплих частинок і технологічних забруднень.

Очищені від забруднень деталі та їхні з'єднання піддають контролю з метою оцінки технічного стану та визначення можливості подальшої експлуатації або необхідності відновлення. Такий контроль називають дефектацією. У процесі дефектації встановлюють ступінь зношування деталей, виявляють тріщини, деформації та інші пошкодження, після чого деталі поділяють на придатні до подальшої експлуатації, такі, що підлягають ремонту, та непридатні до використання.

Причинами вибракування деталей найчастіше є різні види зношування, які спричиняють зміну розмірів, форми, шорсткості (чистоти) поверхні та появу інших дефектів, що унеможливають подальшу експлуатацію деталей без відновлення або заміни.

На початковому етапі дефектації виконують зовнішній огляд деталей, під час якого виявляють видимі дефекти: тріщини, задирки, деформації та інші. За необхідності проводять більш точний контроль робочих поверхонь із застосуванням вимірювального інструменту. Для цього використовують лінійки, штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутроміри, штангенрейсмуси, універсальні штативи з індикаторами, перевірочні плити та інші вимірювальні прилади.

Перевірку деталей на наявність тріщин можна здійснювати капілярним методом із використанням гасу. Для цього деталь змочують гасом протягом 10-30 хвилин, після чого поверхню витирають насухо та наносять тонкий шар крейди. Після висихання крейдяного покриття гас, що виходить через капілярні тріщини, зволожує поверхню, чітко вказуючи місце дефекту. Завдяки простоті та доступності цей спосіб широко застосовують у ремонтній практиці. Контроль прихованих дефектів здійснюють гідравлічним, пневматичним, магнітним,

люмінесцентним і ультразвуковим методами, а також із використанням рентгенівського та гамма-випромінювання.

Придатні, відновлені та нововиготовлені деталі надходять на комплектування. Комплектування являє собою сукупність робіт, пов'язаних із контролем, підбором і приганянням повного комплексу деталей, що входять до складу вузла або агрегату, з метою забезпечення необхідного виду сполучення під час складання (аеродинамічні установки дуже чутливі до геометрії та вібрацій). У комплект відбирають деталі, які відповідають технічним умовам, тому їх групують за встановленими показниками, зокрема за розмірами, масою та іншими параметрами.

У ремонтному виробництві застосовують три основні способи комплектування деталей: підбір, селективний та змішаний.

Підбір – це спосіб, який передбачає добір деталей до базової деталі вузла або агрегату таким чином, щоб забезпечити необхідний зазор або натяг у сполученні.

При селективному способі – поля допусків розмірів сполучених деталей поділяють на кілька однакових інтервалів, а деталі сортують відповідно до цих груп. Комплектування при цьому виконують за принципом взаємозамінності в межах окремої розмірної групи або шляхом додаткового підбору. Для сортування застосовують спеціальні пристрої та калібри, а деталі маркують цифрами, літерами, фарбою.

Змішаний спосіб комплектування поєднує елементи методів підбору та селективного. Найбільш критично важливі деталі комплектують селективним способом, а менш відповідальні – за допомогою звичайного підбору.

Скомплектовані вузли та агрегати, за потреби, забезпечують відповідною технічною документацією, на підставі якої виконують складання. Процес складання полягає в послідовному з'єднанні деталей між собою відповідно до креслень і технічних умов на ремонт установки. Для складних складальних одиниць додатково розробляють спеціальні схеми складання, у яких визначають послідовність встановлення деталей.

Розрізняють чотири методи збирання: індивідуального пригону, повної взаємозамінності, обмеженої взаємозамінності та комбінований. Вибір методу залежить від конструктивних особливостей вузлів, вимог до точності складання та умов виробництва.

Складання методом індивідуального пригону передбачає додаткову обробку деталей безпосередньо під час монтажу з використанням верстатного або слюсарного оброблення. Цей метод є найбільш трудомістким і застосовується переважно в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва.

Метод повної взаємозамінності полягає у складанні деталей без додаткового пригону, притирання чи підбору. У цьому випадку всі елементи з'єднання повинні відповідати встановленим розмірам і технічним вимогам. Такий метод є найбільш ефективним у серійному та масовому виробництві, однак потребує високої точності виготовлення деталей.

Складання із застосуванням обмеженої взаємозамінності використовують у випадках:

1. забезпечення необхідної точності досягається шляхом додаткової обробки однієї з деталей під час складання,
2. використання компенсаторів
3. часткового підбору сполучених деталей.

Якість складання за цього методу значною мірою залежить від кваліфікації складальників і комплектувальників та точності виконання контрольних операцій.

Комбінований метод поєднує елементи повної та обмеженої взаємозамінності. У цьому випадку деталі попередньо сортують за групами, а потім комплектують найбільш оптимальними варіантами із застосуванням точних контрольних і вимірювальних приладів.

Особливістю складання під час проведення ремонту є використання трьох груп деталей: відремонтованих, нових і тих, що були в експлуатації (вживаних). Така неоднорідність складових потребує виконання додаткових операцій пригону та контролю, а також високої кваліфікації складальників.

Після завершення складання проводять випробування установки спочатку на холостому ходу, а потім під навантаженням відповідно до встановлених технічних вимог. Під час випробувань перевіряють правильність роботи механізмів, надійність з'єднань і відповідність експлуатаційних показників нормативним параметрам.

Заключним етапом є передача установки приймальній комісії та оформлення акту прийому-здавання, що підтверджує готовність обладнання до подальшої експлуатації.

3.3. Розрахунок і розстановка робочої сили при ремонті обладнання.

Повна трудомісткість ремонтних робіт з КР механічної частини машини визначається за ППР або СТОІР (Таблиця 3.1).

$$Q_{\text{загал.}}^{\text{табл.}} = 322 \text{ люд.год}$$

Якщо обладнання опрацювало на підприємстві більше 20 років, трудомісткість ремонту збільшується на 10%.

$$Q_{\text{загал.}} = K_{\text{врем.}} \cdot Q_{\text{загал.}}^{\text{табл.}} = 1,1 \cdot 322 = 352 \text{ люд.год}$$

Розподіл трудомісткості КР за видами робіт:

Слюсарна трудомісткість

$$Q^{\text{ст.}} = Q_{\text{загал.}} \cdot K_{\text{ст.}} = 352 \cdot 60 = 211,2 \text{ люд.год}$$

K – коефіцієнти, що враховують частку слюсарних робіт у загальній трудомісткості КР машини. $K_{\text{сл.}} = 60\%$,

1. Розрахунок простою обладнання в ремонті:

$$n_0 = \frac{Q_{\text{обц.}}}{K_n \cdot \eta \cdot t_{\text{см}}} K_{\text{в}} \cdot (\text{змін})$$

$$n_0 = 352 \cdot 18 / 50 \cdot 1,15 \cdot 8 \cdot 2 = 6,9$$

де $K_n = 50$ - коефіцієнт норм простою обладнання в ремонті;

$K_{\text{в}} = 18$ при 2^х змінній роботі норма часу на одиницю коефіцієнта;

η – коефіцієнт переробки норм – 1,15;

$t_{\text{см}}$ - тривалість зміни – 8 годин.

Порозрядного складу ремонтної бригади слюсарів.

Робоча сила попередньо розраховується виходячи зі складу бригади слюсарів.

Потрібна кількість слюсарів розраховується за слюсарної трудомісткості.

Слюсарна трудомісткість, яка повинна бути виконана протягом доби, без урахування неробочих днів у період ремонту визначається:

$$Q_{\text{добов.}} = \frac{Q_{\text{слюс.}}}{n_0 - c} \cdot K_m = (211/6,9-2) 0,9 = 38,7 \text{ люд.год}$$

де $Q_{\text{слюс.}}$ - слюсарна трудомісткість ремонту обладнання;

n_0 - плановий час простою;

c – кількість вихідних і святкових днів за період простою в ремонті;

K_m - коефіцієнт, що враховує метод проведення КР.

Отримана добова слюсарна вироблення розподіляється по змінах при двозмінній роботі - $K_{\text{сI}}$ - 60%; $K_{\text{сII}}$ – 40%, Необхідна кількість розрядів в зміну визначається:

$$m = \frac{Q_{\text{см.}}}{S_{\text{уд.}} \cdot \eta} = 38,7/2,3 = 16,8$$

$$m_1 = 17 \cdot 0,6 = 11$$

$$m_2 = 17 \cdot 0,4 = 7$$

$S_{\text{уд.}}$ – питома норма на одиницю розряду, $S_{\text{уд.}} = 2$.

Виходячи з кількості розрядів в зміну і складності виконуваних слюсарних робіт формується бригада. У більшості випадків чисельність ремонтної бригади в зміну не повинна бути менше 2-х і більше 10 чоловік. Розряд бригадира не повинен бути нижче шостого. Він забезпечує організацію робіт на всіх змінах.

Результати зводяться в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Результати

Змін-ність	Числь-ність бригади	Порозрядний склад бригади							Число одиниць розрядів за зміну	Трудомісткість робіт	
		I учен	II допом.	III	IV	V	VI	VII		За зміну	За період ремонту
1	3			2		1			11	24	115
2	2			1	1				7	16	77

3.4. Розробка технології відновлення деталі.

Технологічний процес відновлення конуса ежектора аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів умовно можна поділити на три основні етапи:

- підготовчі,
- відновлювальні,
- заключні операції.

На підготовчому етапі визначають основні дефекти деталі, характер і ступінь зношування, величину відхилення від номінальних розмірів, а також обирають раціональний метод відновлення та спосіб підготовки поверхні. На цьому ж етапі встановлюють необхідну товщину відновлюваного шару матеріалу.

До відновлювальних операцій входять, за необхідності, термічна обробка деталі перед нанесенням відновлювального шару, безпосередній процес відновлення зношеної поверхні, а також додаткова термічна обробка після завершення основного технологічного впливу.

Механічна обробка може виконуватися як перед термічною обробкою, так і після неї – на завершальному етапі. У разі виробничої необхідності допускається суміщення окремих технологічних операцій.

Основним документом, який визначає послідовність технологічного процесу відновлення деталі, є технологічна маршрутна карта. Вона містить відомості про послідовність виконання операцій, тривалість їх проведення, а також дані щодо використання обладнання, інструментів і необхідних пристосувань.

Практика експлуатації аеродинамічних установок показує, що найбільшому зносу піддаються робочі органи, які безпосередньо взаємодіють із матеріалом і перебувають під постійним впливом повітряного потоку.

Одним із найбільш навантажених елементів є конус ежектора. У процесі роботи його поверхня зазнає абразивного зношування внаслідок безперервного

руху повітряно-матеріального потоку, що призводить до зміни геометричних параметрів деталі та зниження ефективності роботи установки.

Вихідні дані для розроблення технологічного процесу відновлення:

- матеріал деталі – сталь 45;
- вид навантаження – спокійний (без різких ударів, поштовхів чи сильних вібрацій).

Прийняті технологічні параметри наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Технологічні параметри

Позиція	Вел. зносу на бік	Прийнятий спосіб відновлення	Вид підготовки поверхні	Прийнятий діаметр під відновлення	Діаметр після відновлення	Номінальний розмір	Розмір Попередньої обробки		Вид обробки під ном. розмір
							токарна	фрезерна	
IA	0,5	Ручна наплавка	Токарна обробка	Ø18,0	Ø 21,2	Ø 19,0	Ø 19,2	-	Шліфівка ø 19,+0,1

Із наявних способів відновлення деталей, з урахуванням умов експлуатації, конструктивних особливостей конуса ежектора та характеру його зношування, для відновлення прийнято ручне електродугове наплавлення. Даний спосіб широко застосовується для відновлення деталей із рівномірним і нерівномірним зношуванням та забезпечує відновлення початкових геометричних розмірів і експлуатаційних характеристик.

Перевагою ручного електродугового наплавлення є можливість нанесення шару металу необхідної товщини з урахуванням величини зношування поверхні деталі. Товщину наплавленого шару визначають під час розроблення технологічної маршрутної карти відновлення залежно від технічного стану деталі та необхідних параметрів її подальшої механічної обробки.

Після вибору способу відновлення визначають штучно-калькуляційний час, необхідний для виконання операцій з наплавлення та механічної обробки.

1. Оновити зношену поверхню ручним наплавленням. Роботи виконує зварювальник IV розряду.

$$T_{\text{шт}} = \frac{60 \cdot Q_n \cdot k_n}{a \cdot I_{\text{св}}} \cdot k_B = \frac{60 \cdot 0,50 \cdot 1,25}{0,008 \cdot 160} \cdot 1,5 = 43,9 \text{ хв.}$$

де $Q_n = 0,5$ кг – маса наплавленого з урахуванням втрат на угар ($k_n = 1,25 \div 1,5$);

$a_n = 0,008 \frac{\text{кг}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$ – коефіцієнт наплавлення;

$I_{\text{св}} = 100 \div 160$ – величина зварювального струму, А;

k_B – коефіцієнт втрати часу на організаційно-технічне обслуговування, $k_B = 1,5$.

2. Виконати відпал наплавленої поверхні деталі. Роботи виконує токар IV розряду.

$$T_{\text{шт}} = D \cdot k_B = 24 \cdot 1,5 = 36 \text{ хв.}$$

3. Провести чорнову токарну обробку поверхонь, яка наплавляється. Роботи виконує токар IV розряду.

$$T_{\text{шт}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \cdot k_B = \frac{130 \cdot 3}{300 \cdot 0,2} \cdot 1,5 = 6,5 \text{ хв.}$$

де L – Повна розрахункова довжина шляху переміщення різця, мм. Приймається більше довжини проточки на 10-15мм;

i – число проходів різця рівна z / t (z – припуск на обробку на сторону,

t – глибина різання, мм, при чорновій обробці приймається від 0,6-1,5 мм);

$$n = z/t = 3/1 = 3$$

n – число обертів оброблюваної заготовки 300-400 об / хв.

S – подача, мм /об (при чорновій обробці 0,1-0,2)

k_B – коефіцієнт втрати часу на організаційно-технічне обслуговування, $k_B = 1,5$.

4. Провести чистове шліфування відновлення поверхні під номінальний розмір. Роботи виконує токар IV розряду.

$$T_{\text{шт}} = \frac{L \cdot h \cdot k}{n_3 \cdot S \cdot t} \cdot k_B = \frac{200 \cdot 0,2 \cdot 1,5}{900 \cdot 0,1 \cdot 0,2} \cdot 1,2 = 4 \text{ хв.}$$

де L – довжина прокольного ходу столу, шліфувального чи кола (приймається більше довжини обр. поверхні на 50-80 мм);

$h = 0,2$ мм – на припуск на шліфування на бік;

$n_3 = 900$ об/хв. – число оборотів заготовки;

S – поздовжня подача, мм (при чистовому шліфуванні – 0,008 - 0,1);

t – глибина шліфування або поперечна подача, мм (приймається 0,05-0,6);

k – поправочний коефіцієнт на точність (при чистового шліфуванні 1,2-1,6);

k_v – коефіцієнт втрати часу на організаційно-технічне обслуговування (приймається 1,2 - 2,4).

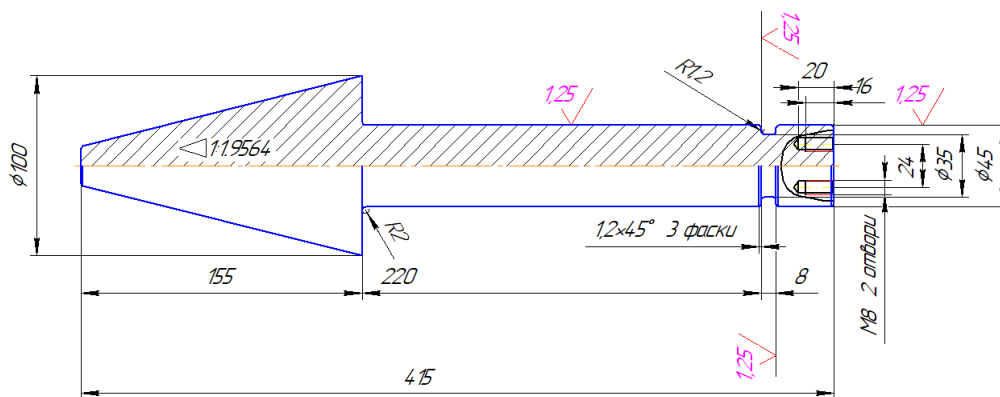
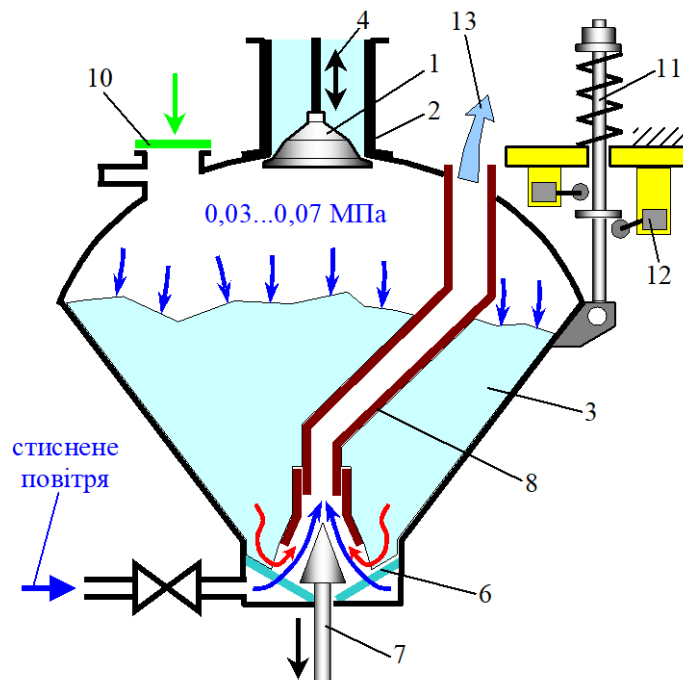


Рисунок 3.2 – Запирний конус



"Витискання" цементу з камери в трубу видачі цементу і транспортування цементу по трубі

Рисунок 3.3 – Запирний конус у складі пневмокамерного насоса

Таблиця 3.3. Маршрутна карта відновлення запірного конуса

№ операції	Назва	№ Операції	Назва та зміст операції	Обладнання (код, назва, інвентар)	Оснащення	розряд	час (хв.)
I,	Знос поверхні деталі	1	Електронаплавлення поверхонь	Токарний верстат типу ІК62, зварювальний апарат	Ручна наплавка, електрод ЦС - 1	IV	43,9
		2	Токарна обробка поверхонь (чорнова)	Токарний верстат типу ІК62	Вимірювальний верстатний інструмент, прохідний різець	IV	10,25
		3	Шліфування поверхонь (чистова)	Круглошліфувальний верстат типу 312А	Вимірювальний та верстатний інструмент	IV	4

Результати розрахунку оптимального режиму різання на ПК

Введені значення :

$$L = 115.000 \text{ мм} \quad D = 20.000 \text{ мм} \quad t = 2.300 \text{ мм}$$

$$N_{\min} = 12.000 \text{ об/хв} \quad N_{\max} = 2000.000 \text{ об/хв} \quad N = 20.000 \text{ КВт}$$

$$S_{\min} = 0.060 \text{ мм} \quad S_{\max} = 0.300 \text{ мм}$$

$$X_v = 0.180 \quad Y_v = 0.660 \quad K_v = 0.875 \quad C_v = 600.000$$

$$Y_p = 0.750 \quad X_p = 1.000 \quad K_p = 0.124$$

$$C_p = 200.000 \quad N_p = 0.750 \quad E = 20000.000$$

$$m = 0.125 \quad KPD = 0.750 \quad T = 60.000 \quad K_g = 3.450$$

ОПТИМАЛЬНЕ РЕШІННЯ:

Оптимальне число оборотів $N_{\text{опт.}} = 272.000 \text{ об/хв}$

Оптимальна подача $S_{\text{опт.}} = 0.290 \text{ мм}$

У зв'язку з відсутністю вібродугового наплавлення застосовуємо ручну наплавку з припуском $z = 3 \text{ мм}$.

Згідно з отриманими даними розрахуємо час різання:

$$T_p = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \cdot K_B = \frac{115 \cdot 1}{272 \cdot 0,290} \cdot 1,5 = 4,18 = 4,2 \text{ хв}$$

Як бачимо, обробка деталі в оптимальному режимі знижує час різання з 6,5 хв. до 4,2 хв.

3.5 Ремонт і технічне обслуговування обладнання. Карта змащення аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів

У процесі експлуатації аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів необхідно постійно контролювати технічний стан основних вузлів і механізмів, а також дотримуватись установленого порядку технічного обслуговування.

Під час роботи установки необхідно контролювати:

1. Рівномірність подачі сипкого матеріалу та стан транспортних каналів;
2. Тиск і температуру повітряного потоку в аеродинамічній системі;
3. Стан повітропроводів, з'єднувальних елементів та герметичність системи;
4. Технічний стан ежектора, робочої камери та елементів сепарації;
5. Тиск стисненого повітря, його витрату та температуру;
6. Роботу електродвигуна, вентилятора та приводного механізму установки.

Під час технічного обслуговування виконують такі роботи:

1. Проводять зовнішній огляд вузлів і механізмів установки, а також захисних огорожень.
2. Контролюють температуру нагрівання підшипників електродвигуна та вентилятора.
3. Не рідше одного разу на 10 днів перевіряють болтові з'єднання та наявність мастильного матеріалу в точках змащування.
4. Перевіряють технічний стан бункера завантаження, повітропроводів та робочої камери.
5. Виявлені дефекти усувають або вносять до плану найближчого ремонту.
6. Виконують роботи зі змащування відповідно до карти змащення.

Поточний ремонт передбачає виконання таких робіт:

1. Заміну ущільнювальних елементів (за потреби).
2. Виконання регламентних робіт технічного обслуговування.
3. Заміну пошкоджених ділянок повітропроводів або з'єднувальних елементів.
4. Усунення дефектів, виявлених у деталях і вузлах установки.

Під час капітального ремонту виконують:

1. Повний комплекс робіт технічного обслуговування.
2. Розбирання установки на основні складові вузли.
3. Ремонт або відновлення зношених деталей.
4. Заміну ущільнювальних елементів і зношених комплектуючих.
5. Складання, регулювання та перевірку роботи установки після завершення ремонту.

Карта змащення відображена в таблиці 3.4:

Таблиця 3.4 – Карта змащення аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів

Збірна одиниця	Змащувана деталь	Спосіб змазки	Режим змазки	Марка змазки	ГОСТ
1. Електродвигун	Підшипники	Набивка	Періодична	Мастило Літол-24	21150–87
2. Вентилятор	Підшипники вала	Набивка	Додавання 1 раз у 5–7 днів	Мастило Літол-24	21150–87
3. Компресор	Підшипники	Набивка	Додавання 1 раз у 3–4 дні	Мастило Літол-24	21150–87
4. Завантажувальний бункер	Шарнірні з'єднання	Змащування вручну	Періодична	Солідол жировий	1033–79
5. Ежектор	Напрямні та рухомі елементи	Змащування вручну	Періодична	Індустріальне масло І-20А	20799–88
6. Приводний механізм	Вал та опори	Набивка	Періодична	Мастило Літол-24	21150–87
7. Регулювальний механізм	Різьбові з'єднання	Змащування вручну	За потреби	Індустріальне масло І-20А	20799–88

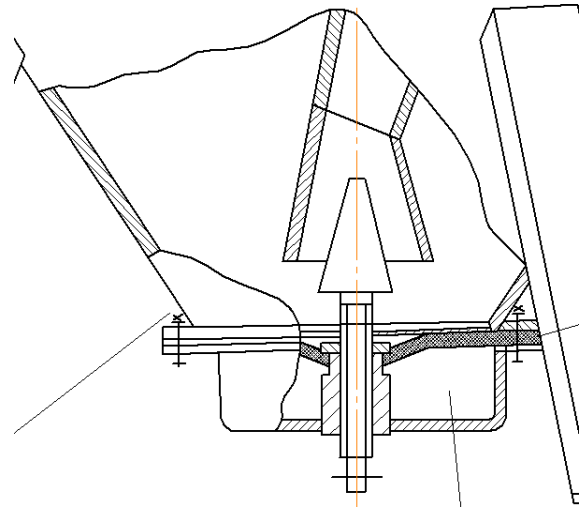
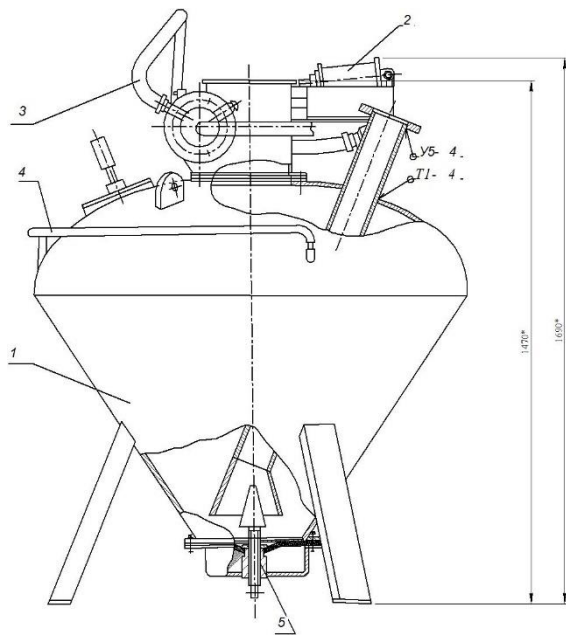


Рисунок 3.4 – Схема змащення установки

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ

4.1 Виробнича санітарія.

4.1.1 Забезпечення стандартних метеорологічних умов у робочій зоні під час роботи аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів.

Метеорологічні умови на робочому місці, що формують мікроклімат виробничої зони, визначаються сукупністю фізичних факторів навколишнього середовища. Найважливішими з них є температура повітря, відносна вологість, рух повітря та атмосферний тиск.

Відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99, у теплий період року температура всередині виробничих приміщень повинна підтримуватися в межах 16-25 °С, відносна вологість – в межах 30-70 %, а швидкість руху повітря – приблизно 0,2 м/с.

У холодну пору року необхідні параметри мікроклімату підтримуються завдяки роботі системи опалення разом із штучною вентиляцією, що забезпечує нормальні умови праці персоналу.

Побутові приміщення.

Виробничий комплекс з виготовлення залізобетонних виробів має бути забезпечений необхідними допоміжними приміщеннями, до яких належать санітарно-побутові приміщення (гардеробні, душові, умивальні), медичний пункт, приміщення громадського харчування, а також приміщення культурно-побутового та фізкультурного призначення. До останніх належить кімната відпочинку, яка також може використовуватися для проведення виробничих нарад та інших організаційних заходів.

Необхідні допоміжні приміщення розташовуються в окремих зонах з метою зменшення впливу шуму, вібрації та інших шкідливих виробничих факторів на персонал. Склад цих приміщень, їх розміщення, розміри та обладнання регламентуються положеннями СНіП 2.09.04-87 (ДБН В.2.2-28:2010). Для забезпечення зручного та безпечного доступу працівників до допоміжних приміщень слід розташовувати їх якомога ближче до робочих місць,

уникаючи при цьому маршрутів через виробничі зони зі шкідливими викидами, неопалюваних ділянок будівель або відкритих майданчиків на відкритому повітрі.

4.1.2 Освітлення приміщень.

Правильне освітлення виробничих зон та робочих місць є важливим фактором створення безпечних та ефективних умов праці. Достатнє освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, покращує безпеку експлуатації та зменшує втому працівників. За недостатнього освітлення працівникам може бути важко чітко бачити навколишні об'єкти та орієнтуватися у виробничому середовищі, що збільшує зорове навантаження та вимагає додаткових зусиль під час виконання робочих завдань.

Штучне освітлення у виробничих приміщеннях може бути організовано як загальне освітлення, яке забезпечує рівномірне освітлення всієї робочої зони; місцеве освітлення, коли джерела світла спрямовані спеціально на окремі робочі місця; та комбіноване освітлення, яке поєднує як загальне, так і місцеве освітлення для досягнення необхідних умов освітлення.

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2006 «Природне та штучне освітлення», система освітлення у виробничих приміщеннях має забезпечувати нормативні рівні освітленості на робочих місцях, рівномірну яскравість у межах робочої зони, відсутність надмірних відблисків та різких тіней, стабільне освітлення в часі та правильний напрямок світлового потоку.

Рівень освітленості на робочих місцях та у виробничих зонах слід перевіряти щорічно. Освітленість вимірюють за допомогою люксметра, такого як Ю-16, Ю-116 або Ю-117.

Фактичний рівень освітленості у виробничому цеху для залізобетонних виробів повинен відповідати або перевищувати встановлені нормативні значення. Норми освітленості робочих місць визначаються відповідно до чинних будівельних та санітарних норм.

Розрахунок освітлення виробничої лінії керамічної цегли.

Розрахунок штучного освітлення методом коефіцієнтів використання світлового потоку.

Вихідні дані:

1. Нормативне освітлення - $E_n = 80$ Лк.
2. Площа, яку необхідно освітити $A = 40$ м, $B = 18$ м.
3. Висота підвісу світильників - $h = 4$ м.
4. Коефіцієнт відбиття – $P_n = 30\%$, $P_c = 10\%$.
5. Коефіцієнт запасу на непрозорість повітря $\kappa_z = 1.5$.
6. 36 світильників типу Л.

Визначаємо площу приміщення:

$$S = A \cdot B = 40 \cdot 18 = 720 \text{ (м}^2\text{)}$$

де A, B - довжини сторін приміщення, м

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{720}{4(40 + 18)} = 3,1$$

де h – розрахункова висота світильників над робочою поверхнею, м

Приймаємо $i = 3$

Для розрахунку штучного освітлення виробничого приміщення коефіцієнт використання світлового потоку приймаємо $\eta = 0,55$, що відповідає промисловим світильникам загального освітлення в умовах виробничого цеху (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 Коефіцієнт використання світлового потоку залежно від типу світильника

Тип світильника	Коефіцієнт використання η
Відкриті світильники з люмінесцентними лампами	0,45–0,55
Світлодіодні промислові світильники	0,50–0,65
Підвісні світильники прямого світла	0,40–0,50
Світильники з відбивачами	0,55–0,70

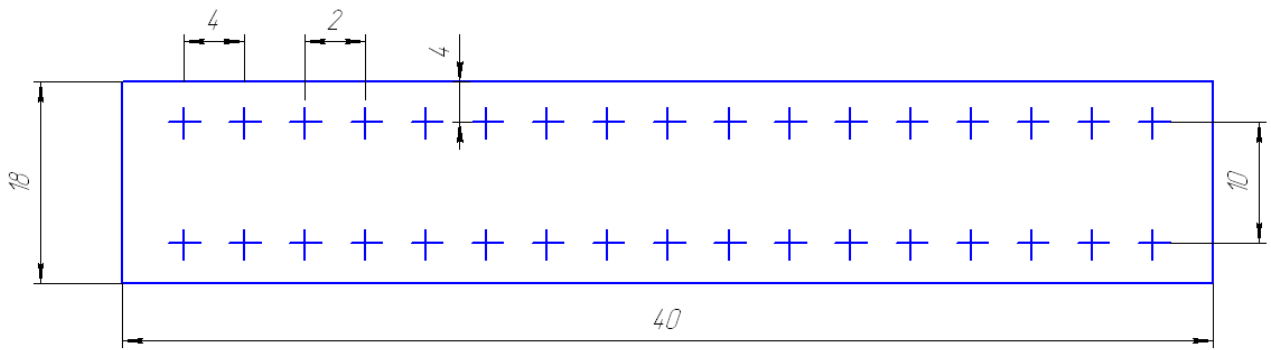


Рис. 4.1 Розміщення освітлювальних ламп в робочому приміщенні.

Визначаємо величину світлового потоку:

$$F_{\text{розрах.}} = \frac{E_n \cdot \kappa \cdot S \cdot z}{n \cdot N_n \cdot \eta} = \frac{80 \cdot 1.5 \cdot 720 \cdot 1.2}{1 \cdot 36 \cdot 0.55} = 5236,4 \text{ (лм)}$$

де z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,2$;

n – кількість ламп у світильнику, $n = 1$;

N_n - число світильників, залежно від конфігурації приміщення $N_n = 36$.

Вибираємо лампу напругою 80 Вт, типу ЛД, $F_{\text{табл}} = 5520$ лм.

Проводимо уточнений розрахунок:

$$N_{\text{розрах.}} = \frac{E_n \cdot \kappa \cdot z \cdot S}{\eta_{\phi} \cdot F_{\text{табл}}} = \frac{80 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 720}{0,55 \cdot 5520} = 34 \text{ (шт.)}$$

$$N_n \geq N_{\text{розрах.}}$$

4.1.3 Заходи безпеки від шуму та вібрації

Виробництво керамічної цегли супроводжується виникненням шуму та вібрації. Основними джерелами шуму та вібрації є технологічне обладнання, яке використовується на різних етапах виробництва:

- дробарки та подрібнювачі глини;
- глиномішалки та змішувачі;
- стрічкові конвеєри;
- вакуумні преси та формувальні машини;
- вентилятори та димососи сушильних камер і печей;
- насоси, компресори та інше допоміжне обладнання.

Шум виникає внаслідок роботи електродвигунів, ударних процесів під час подрібнення сировини, руху механізмів та роботи вентиляційного обладнання. Вібрація обумовлена обертанням і коливаннями рухомих частин машин, нерівномірністю навантажень, а також роботою пресового обладнання.

Для зниження рівнів шуму та вібрації застосовують звукоізоляцію, віброгасні опори, шумопоглинальні матеріали, регулярне технічне обслуговування та балансування обертових вузлів обладнання. Відповідно до вимог охорони праці, рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати встановлених нормативних значень.

Розробка ефективних заходів боротьби з шумом має починатися з джерела шуму. Недотримання вимог технічного обслуговування та експлуатації може призвести до того, що обладнання, спочатку розроблене для роботи з низьким рівнем шуму, стане значним джерелом шумового забруднення.

Значного зниження шуму можна досягти завдяки якісному встановленню окремих компонентів аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів, належному динамічному балансуванню обертових деталей й своєчасному профілактичному обслуговуванню. Також необхідно регулярно перевіряти роботу підшипників з метою усунення ударів, вібрацій та биття деталей, спричинених надмірними зазорами в з'єднаннях.

Однак, під час роботи аеродинамічної установки певний рівень шуму та вібрації неминучий, оскільки ці ефекти є невід'ємною частиною технологічного процесу фракціонування.

Допустимий рівень шуму в цеху не повинен перевищувати 80 дБА. Для забезпечення належних умов праці оператора слід впроваджувати як колективні, так і індивідуальні заходи захисту від шуму та вібрації. Ці заходи включають використання шумо- та віброзахисних матеріалів і пристроїв, які допомагають зменшити вплив шкідливих фізичних факторів на персонал.

Індивідуальними заходами захисту органів слуху є шолом та беруші. Індивідуальними заходами захисту від вібрації є взуття з м'якою підошвою (ДНАОП 0.00-4-26-96).

Колективними заходами захисту є встановлення амортизаторів і нанесення віброгасного покриття в зонах з найбільшими амплітудами вібрацій відповідного обладнання.

4.1.4 Вентиляція та очищення повітря від пилу та шкідливих речовин

Для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов праці відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 виробниче приміщення має бути оснащено ефективною системою вентиляції, яка забезпечує достатній повітрообмін і видаляє забруднене повітря з цеху. У процесі фракціонування повітря переважно забруднюється частинками пилу, що утворюються з глиняної сировини, щебню, піску та інших сипких матеріалів.

Під час виробничого процесу пил потрапляє в атмосферу робочого місця у вигляді дрібних твердих частинок, які можуть зависати в повітрі тривалий час. Пилоутворення також відбувається під час транспортування глини, піску, цементу, вапняку, тощо.

Згідно з санітарними нормами (СН 245-71), гранично допустима концентрація (ГДК) пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати 4 мг/м³.

Заходи захисту від пилу

Для запобігання забрудненню виробничих приміщень пилом та захисту персоналу від його шкідливого впливу впроваджуються такі заходи:

- широка автоматизація та механізація виробничих процесів для мінімізації кількості працівників, які піддаються впливу запиленого середовища,
- транспортування цементу з використанням герметичного обладнання,
- встановлення ефективних аспіраційних систем для вловлювання пилу в місці його утворення та запобігання його поширенню у виробничу зону у пунктах перевантаження та завантаження матеріалів,
- оснащення вентиляційних систем повітроочисними пристроями для забезпечення ефективного пиловидалення та очищення повітря.

Працівники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту (включаючи респіратори та захисний одяг) для зменшення впливу пилу

Впровадження цих заходів забезпечує дотримання вимог охорони праці та сприяє безпечним і комфортним умовам праці на виробничому об'єкті.

4.2 Заходи безпеки.

4.2.1 Технічні й організаційні рішення з техніки безпеки при експлуатації аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів у виробництві керамічної цегли.

Під час експлуатації аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів у виробництві керамічної цегли необхідно дотримуватися вимог охорони праці відповідно до ДСТУ 12.3.002-75 та інших чинних нормативних актів, що регулюють промислову безпеку та охорону праці.

Експлуатацію, технічне обслуговування, налаштування та ремонт обладнання може виконувати лише навчений та кваліфікований персонал, який пройшов відповідний інструктаж та має достатні знання з вимог електро- та механічної безпеки.

Для забезпечення безпечної експлуатації установки необхідно впроваджувати такі заходи:

1. Все електрообладнання, включаючи корпус електродвигуна та панель керування, має бути надійно заземлене відповідно до норм електробезпеки.

2. Перед проведенням технічного обслуговування, огляду, очищення або ремонту установку необхідно відключити від електроживлення. На контрольних пристроях повинні бути розміщені попереджувальні знаки «Не вмикати – працюють люди».

3. Під час роботи необхідно постійно контролювати технічний стан електрообладнання, кабелів та проводки. Необхідно запобігати механічним пошкодженням, перегріву та дефектам ізоляції.

4. Якщо виявлено аномальний шум, надмірну вібрацію або інші ознаки несправності обладнання, роботу агрегату необхідно негайно припинити. Роботу можна відновити лише після виявлення та усунення причини несправності.

5. Під час використання електроінструментів слід використовувати лише обладнання, яке перебуває у справному стані та успішно пройшло необхідні перевірки та випробування. Персонал повинен носити відповідні засоби індивідуального захисту, включаючи діелектричні рукавички, діелектричні калоші та ізоляційні гумові килимки, розміщені на робочих місцях.

6. Електроінструменти слід підключати до електричної мережі за допомогою гнучкого кабелю, оснащеного спеціальним заземлювальним або захисним нульовим провідником, та підключати через належним чином заземлену вилку-розетку.

7. Для проведення оглядових та технічних робіт всередині аеродинамічної фракційної камери та в інших обмежених або важкодоступних місцях слід використовувати переносне низьковольтне освітлення, щоб мінімізувати ризик ураження електричним струмом.

Під час експлуатації, технічного обслуговування та ремонту обладнання суворо забороняються такі дії:

- Запуск або продовження роботи при виявленні будь-якої несправності, дефекту або аномального стану;
- Експлуатація обладнання зі знятими, пошкодженими або неправильно встановленими захисними пристроями та кожухами;
- Виконання робіт з розбирання, складання, технічного обслуговування, ремонту, встановлення або демонтажу без попереднього відключення обладнання від електромережі та забезпечення захисту від випадкового увімкнення живлення;
- Допуск неавторизованому або некваліфікованому персоналу до виконання робіт з експлуатації, технічного обслуговування, ремонту або встановлення;
- Виконання регулювань, затягування болтових з'єднань, змащування, очищення або ремонтних робіт під час роботи обладнання;

- Самостійна модифікація, обхід, відключення або втручання в системи аварійного вимкнення, запобіжні блокування або інші захисні пристрої, передбачені виробником.

4.2.2 Вимоги безпеки до організації роботи та експлуатації обладнання:

- Забороняється експлуатація обладнання, яке не відповідає вимогам охорони праці.
- Не допускається використання несправних машин.
- До обслуговування, ремонту та експлуатації обладнання допускаються лише працівники з відповідною кваліфікацією, які обізнані з правилами безпеки роботи з приводом та електроустановками.
- Під час роботи необхідно контролювати стан електрообладнання та кабельних ліній, запобігаючи їх механічному пошкодженню.
- Забороняється експлуатація обладнання зі знятими або пошкодженими захисними кожухами.
- Не допускається залучення до робіт осіб, які не мають відповідного допуску до ремонту обладнання.
- Забороняється самовільне втручання або зміна роботи аварійних блокувальних пристроїв.
- Не допускається блокування шляхів переміщення машин.

Захисне заземлення та заземлення нульової точки в електроустановках (згідно з ПУЕ) є критично важливими елементами електробезпеки, що забезпечують як захист персоналу, так і стабільну роботу обладнання. Якість їх реалізації безпосередньо впливає на загальні показники безпеки системи.

За нормальних умов експлуатації всі відкриті провідні частини електрообладнання залишаються знеструмленими. Однак, у разі пошкодження ізоляції або інших несправностей, ці металеві компоненти можуть опинитися під напругою і тому потребують надійного заземлення.

Захисне заземлення визначається як навмисне електричне з'єднання неструмопровідних металевих частин обладнання із землею. Ці частини не перебувають під напругою під час нормальної роботи, але можуть опинитися під напругою в умовах несправностей, таких як пробій ізоляції або дефекти проводки.

Принцип дії заземлення базується на обмеженні напруги дотику, що виникає, коли фазний провідник контактує з корпусом обладнання. Забезпечуючи шлях із низьким опором до землі, струм короткого замикання безпечно перенаправляється, знижуючи напругу на відкритих провідних частинах до рівня, який вважається безпечним для контакту з людиною.

У системах електробезпеки застосовується захисне заземлення нульового проводу (занулення), яке забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні пошкодження ізоляції та появи напруги на корпусі обладнання.

Найбільш поширені системи заземлення:

- **TN-C** – суміщення нульового робочого та захисного провідників (PEN-провідник)
- **TN-S** – розділення нульового робочого (N) і захисного (PE) провідників по всій системі
- **TN-C-S** – комбінована система з початковим PEN-провідником та подальшим розділенням на N і PE
- **TT** – незалежне заземлення споживача при заземленій нейтралі джерела живлення

У разі пошкодження ізоляції та появи фазної напруги на корпусі електрообладнання струм короткого замикання проходить через захисний провідник або заземлювальний контур. Це забезпечує швидке спрацювання автоматичних вимикачів або запобіжників і відключення пошкодженої ділянки мережі, що мінімізує ризик ураження електричним струмом.

Дана схема є невід'ємною частиною системи охорони праці та електробезпеки і застосовується для забезпечення надійного захисту персоналу під час експлуатації електроустановок.

Призначення захисного заземлення нульового дроту R_3 - уберегти від удару струмом при обриві проводки або замикання фази на корпус.

Всі металеві частини установки для фракціонування, зазвичай не перебувають під напругою, але деякі можуть опинитися під нею в результаті ушкодження ізоляції і повинні бути заземлені.

Величина максимального заземлення з ізольованою нейтраллю дорівнює $R = 4$ Ом.

На рисунку 4.2 наведена схема заземлювального пристрою (контуру заземлення), де показані:

- вертикальні електроди (металеві стрижні), які занурені в ґрунт
- горизонтальна з'єднувальна смуга (металевий провідник), що об'єднує електроди в єдиний контур
- ґрунт (зона заземлення), в який встановлено систему.

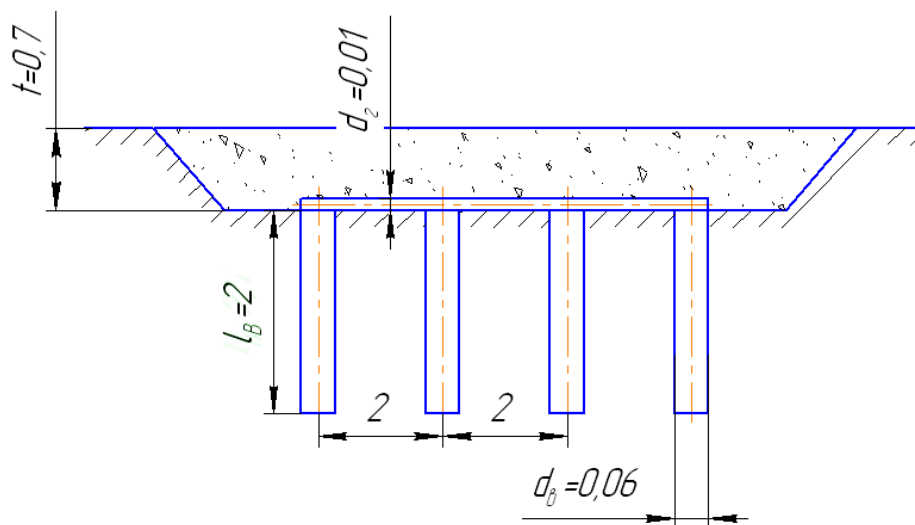


Рис. 4.2. Схема заземлювального пристрою (контуру заземлення)

Розміри становлять:

- глибина залягання $\approx 0,7$ м
- відстань між електродами ≈ 2 м
- діаметр/товщина електродів або смуги (позначення типу $d = 0,06$; $d = 0,01$) — залежно від елементів конструкції

Розрахунок схеми заземлення.

Вихідні дані:

$$R_3 \leq 4 \text{ Ом}, \quad \rho = 20 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad l_B = 2,5 \text{ м}, \quad d_B = 0,06 \text{ м}, \quad d_\Gamma = 0,01 \text{ м}$$

Опір розтіканню струму одиночного вертикального електрода розраховується формулі:

$$R'_B = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l_\epsilon} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l_\epsilon}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4t + l_\epsilon}{4t - l_\epsilon} \right) = 0,366 \cdot \frac{20}{2} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,06} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 7,14 \text{ Ом}$$

де l - довжина труби, м

d - діаметр труби, м

r - ґрунтовий опір, Ом м

t - глибина середньої точки залягання вертикального електрода:

$$t = \frac{l_B}{2} + t_0 = \frac{2}{2} + 0,7 = 1,7 \text{ м}$$

Далі розраховується опір розтікання струму з урахуванням розрахункового коефіцієнта його використання:

$$R_B = \frac{R'_B}{n \cdot \eta_B} = \frac{7,14}{4 \cdot 0,73} = 2,5 \text{ Ом}$$

де n - кількість вертикальних електродів розташованих у ряд, $n=4$;

$\eta_B = 0,73$ - коефіцієнт використання вертикальних електродів.

Довжина горизонтального електрода l_ϵ приймається при вертикальному розташуванні електродів у ряд, відповідно до формули:

$$l_\epsilon = 1,05 \cdot (n-1) \cdot a = 1,05 \cdot (4-1) \cdot 2 = 6,3 \text{ м}$$

$$R'_\epsilon = \frac{\rho}{l_\epsilon} \cdot \lg \frac{l_\epsilon^2}{d_\epsilon \cdot t_0} = \frac{20}{6,3} \cdot \lg \frac{6,3^2}{0,01 \cdot 0,7} = 11,9 \text{ Ом}$$

$$R_\Gamma = \frac{R'_\Gamma}{\eta_\Gamma} = \frac{11,9}{0,77} = 15,4 \text{ Ом}$$

Сумарний опір заземлення:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma} = \frac{2,5 \cdot 15,4}{2,5 + 15,4} = 2,15 \text{ Ом}$$

Висновок: Обрана схема захисного заземлення нульового дроту задовольняє вимогам техніки безпеки, тому що $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$.

4.2.3 Пожежна безпека (ДБН В.2.2-15:2019)

4.2.3.1 Класифікація виробництва за вибухо- та пожежонебезпечністю

Під час оцінки рівня вогнестійкості цеху та його конструктивних елементів враховується ймовірність виникнення пожежі або вибуху, потенціал його поширення, а також масштаб і тяжкість можливих наслідків аварії.

Загальна пожежна небезпека виробничого об'єкта визначається як технологічними процесами, так і архітектурно-планувальними рішеннями, що застосовуються в цеху. Технологічний процес, перш за все, визначає ймовірність займання або вибуху, швидкість розвитку пожежі та можливу інтенсивність інциденту. У свою чергу, на ступінь поширення вогню та спричинені ним пошкодження значною мірою впливають конструктивні та компонувальні рішення.

За властивостями матеріалів та умовами їх обробки будівельні норми (ДСТУ Б В.1.1-36:2016) класифікують виробничі об'єкти на шість категорій за вибухо- та пожежонебезпечністю: А та В – вибухонебезпечні; В, G та D – пожежонебезпечні; а Е класифікується як вибухо- та пожежонебезпечна.

Підприємство з виробництва керамічної цегли віднесено до категорії D, яка включає процеси, пов'язані з негорючими речовинами в холодному стані. Значна частина підприємств промисловості будівельних матеріалів підпадає під цю класифікацію.

Рівень пожежної безпеки будівель та споруд значною мірою визначається їх вогнестійкістю, яка залежить від горючості та вогнестійких властивостей їхніх основних конструктивних елементів.

На етапі проєктування будь-якої промислової будівлі або цеху враховуються потенційні сценарії пожежі та встановлюються відповідні вимоги до вогнестійкості конструкцій згідно з ДБН В.1.1-7-2002. Для виробництва цегли

напівсухим пресуванням, що класифікується як категорія «D», будівлі присвоюється IV ступінь вогнестійкості з межею вогнестійкості 1 година.

4.2.3.2 Протипожежні заходи (ДБН В.1.1-7:2016 та ДБН В.1.2-7:2021).

Впровадження заходів пожежної безпеки на підприємстві є прямою відповідальністю керівництва, включаючи директорів та керівників відділів і цехів. Для мінімізації ризику виникнення пожежних ситуацій застосовується комплекс профілактичних заходів, включаючи:

- встановлення автоматичних систем пожежної сигналізації та контролю у виробничих приміщеннях;
- розробку плану евакуації персоналу на випадок пожежі, який необхідно повідомляти та підкріплювати регулярними інструктажами з техніки безпеки.

Крім того, підприємство зобов'язане підтримувати інфраструктуру пожежної безпеки:

- пункт пожежної безпеки (протипожежний щит) у зоні цеху, обладнаний: відрами; лопатами; ємністю з піском; вогнегасниками (вуглекислотними типами BB2, BB5, BB8);
- встановлення вогнестійких перегородок, призначених для обмеження та запобігання поширенню вогню;
- автоматичні системи пожежної сигналізації та оповіщення для виявлення та повідомлення про пожежі;
- системи пожежогасіння, включаючи пожежні рукави діаметром 80 мм та гідранти;
- під'їзні шляхи для забезпечення безперешкодного в'їзду пожежних автомобілів, облаштовані належним чином;
- аварійні виходи для безпечної евакуації персоналу, що чітко позначені та доступні.

Протипожежні відстані між окремими будівлями встановлюються залежно від їхнього рівня вогнестійкості та ступеня пожежної небезпеки відповідно до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Залежність відстаней між будинками від ступеня їхньої вогнестійкості.

Ступінь вогнестійкості будинку або спорудження	Відстань між будинками при ступені вогнестійкості будинку або спорудження, м		
	I і II	III	IV і V
I і II	Не нормується для будинків і споруджень із виробництвами категорії “Д”	9	12
III	9	12	15
IV	12	15	18

Згідно з таблицею, визначаємо розрив будинків у 18 м.

Потреба у воді для внутрішніх пожежних гідрантів розраховується, виходячи з необхідності застосування одного або двох робочих водяних потоків, як зазначено в таблиці 4.3. Кожен потік має забезпечувати мінімальну витрату 2,5 л/с.

Внутрішні пожежні гідранти встановлюються у чітко видимих та легкодоступних місцях, таких як входи до будівель, сходові клітки та коридори. Стандартна довжина пожежних рукавів приймається на рівні 10 або 20 метрів, залежно від проєктних вимог.

Таблиця 4.3. Розрахунок витрат води

Ступінь вогнестійкості будинків	Категорії виробництва по пожежній небезпеці	Витрати води в л/с на 1 пожежу, при об'ємі будинку, тис. м ³						
		до 3	від 3 до 5	від 5 до 20	від 20 до 50	від 50 до 200	від 200 до 400	400
I і II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I і II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	-	-	-
III	В	10	15	20	30	2	2	-
IV і V	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-
IV і V	В	15	20	25	-	-	-	-

Найбільше поширення як первинні засоби пожежогасіння одержали різні ручні вогнегасники: пінні (типу ВП-5) (рис. 4.3) і газові вуглекислотні.



Рис. 4.3 – Пінний вогнегасник ВП-5

1–корпус; 2–кислотний стакан; 3–бокова ручка; 4–перехідник горловини;
5–горловина; 6–рукоятка; 7–штифт; 8–шток; 9–кришка; 10–ущільнююча прокладка
штока; 11–гумові прокладки(2 шт.); 12–пружина; 13–сприск;
14–клапан; 15–накидна гайка; 16–мембрана; 17–штуцер запобіжника;
18–тримач стакану; 19–дно; 20–нижня ручка

Необхідний запас води для пожежогасіння визначається для будівлі в цілому або для її окремих секцій, розділених вогнестійкими стінами, при цьому пріоритет надається зоні з найбільшим споживанням води.

Нормативна тривалість зовнішнього водопостачання для пожежогасіння зазвичай встановлюється на рівні 3-х годин.

Гасіння пожежі на початковому етапі може бути ефективно здійснене за допомогою доступних первинних засобів, включаючи внутрішні пожежні гідранти, переносні вогнегасники, пожежні ковдри та пісок.

Пінні вогнегасники призначені для гасіння пожеж, пов'язаних з твердими матеріалами, а також легкозаймистими рідинами.

Пісок переважно використовується для локалізованих розливів невеликої кількості легкозаймистих або горючих рідин.

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі бакалавра "Аеродинамічна установка для фракціонування сипких матеріалів у виробництві керамічної цегли" виконано розділи: технологічна частина, спеціальна частина, експлуатація та ремонт машин, охорона праці в галузі. Наведено характеристику продукції, що випускається; характеристику сировинних матеріалів для виробництва керамічної цегли; розглянуто методи та засоби контролю виробництва керамічної цегли, розглянуто основне обладнання, що застосовується у технологічній лінії.

Розроблено та реалізовано модель аеродинамічної установки для фракціонування сипких матеріалів. Запропоновано спосіб та пристрій для забезпечення рівномірного поля швидкостей потоку повітря у вигляді роздувача, що містить велику кількість лопаток, кут між якими може регулюватись. Ефективність установки фракціонування підтверджено візуалізацією швидкостей потоку та порівнянням діаграм швидкостей. З використанням моделі виконано приклад розрахунку граничних розмірів частинок, що уловлюються установкою. Побудовано картину розподілу турбулентної енергії по перерізу установки. Запропоновано як критерій ефективності роботи установки для розсіювання застосовувати відношення максимальної (м/с) та мінімальної швидкості.

Виконано вибір методів організації та проведення ремонтів аеродинамічної установки. Розроблено схеми технологічного процесу проведення ремонту. Виконано розрахунок і розстановку робочої сили при ремонті обладнання. Розроблено технологію відновлення деталей. Описано ремонт та обслуговування обладнання.

Розглянуто питання виробничої санітарії: забезпечення оптимальних метеорологічних параметрів при експлуатації аеродинамічної установки; освітлення приміщень; захист від шуму і вібрації; вентиляція та очистка повітря від пилу та шкідливих речовин.

Розглянуто заходи техніки безпеки: технічні й організаційні рішення з техніки безпеки при монтажі, експлуатації, ремонті установки. Оцінено вимоги безпеки при організації праці та експлуатації обладнання. Визначено категорії виробництва за вибухопожежонебезпечністю та запропоновано протипожежні заходи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ:

1. Системний аналіз технічних об'єктів: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / [І.І. Назаренко, В.М. Гарнець, А.Т. Свідерський та ін.]; за заг. ред. І.І. Назаренка. – К.: КНУБА, 2009. – 164 с.
2. Швайка Д.И. Справочник мастера по производству стеновой керамики. – К.: Будивэльнык, 1990. - 184 с.
3. Моделювання аеродинамічного розсіювання сипкого матеріалу у вільному просторі. Лаптії Євгенія Дмитрівна, гр. М-11. Керівник: д-р техн. наук, проф. Крот О.Ю. Матеріали 75 студентської наукової конференції присвяченої 90-річчю Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тези доповідей. – Харків: ХНУБА. – 2020р. с. 453-454.
4. Комар А. Г. Будівельні матеріали і вироби. – К.: Вища школа, 2005.
5. Савченко О. Г. Технологія будівельної кераміки : навч. посіб. Харків : ХНУБА, 2018. 256 с.
6. Савченко О. Г. Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібноштучних стінових виробів : навчальний посібник. Харків : Тимченко, 2012. 214 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 44 с.
8. ДСТУ Б А.1.1-13-94. Система стандартизації та нормування в будівництві. Вироби керамічні. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994. 18 с.
9. Блажко В. В. Процеси та апарати матеріалообробки : навч.-метод. посіб. / В. В. Блажко. – Харків: ХНУБА, 2016. – 137 с.
10. Клевцова Л.Г., Нестеренко О.В., Юрченко В.О. «Методичні вказівки до виконання розділу „Охорона праці” в дипломному проектуванні для студентів освітньо-кваліфікаційних рівнів „бакалавр”, „спеціаліст”, „магістр” для усіх напрямів підготовки» – Харків: ХНУБА, 2015. – 40 с.

11. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42. Київ, 1999. 42 с.
12. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
13. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Чинний від 01.01.2017. Київ : Мінрегіон України, 2016. 31 с.