Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

на тему *«Розробка системи хімічного очищення технологічних газів агломераційного виробництва від сірчаного ангідриду»*

Виконав: студент *2* курсу, групи *8.1833*

спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища
освітньої програми
Технології захисту навколишнього середовища
спеціалізації
_____
(шифр і назва)
Д.Р. Рубан

Керівник *доцент, к.ф.-м. н. Вагін А.В.*

Рецензент *доцент, к.т.н. Бєлоконь К.В.*
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра _____*металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*_____

Рівень вищої освіти _____*другий магістерський рівень*_____
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність ___*183 Технології захисту навколишнього середовища*_____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма ___*Технології захисту навколишнього середовища*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____*МТЕТБ*_____
_____ *Ю.О. Бєлоконь*__

«____» _____2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ *Рубан Дмитро Романович* _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)_« *Розробка системи хімічного очищення технологічних газів агломераційного виробництва від сірчаного ангідриду*»_____
_____

керівник роботи_____*Вагін Андрій Вікторович*_____*к.ф.-м.н., доцент*____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від *"__"*_____ 2024 року *№* _____

2. Строк подання студентом роботи _____*06.12.2024*_____

3. Вихідні дані до роботи розробити системи очищення технологічних газів від сірчаного ангідриду.в умовах агломераційного цеху_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)*вступ, характеристика аглофабрики. технологія виробництва агломерату, екологія агломераційного виробництва, охорона праці та техногенна безпека, економіка і організація виробництва, висновки, перелік джерел посилань.*_____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
*презентаційний матеріал на 10 слайдах (на 10 сторінках)*_____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 2	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 3	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 4	*Вагін А.В., доцент*	
Нормоконтроль	*Вагін А.В., доцент*	

7. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Вступ*		
2	*Розділ 1*		
3	*Розділ 2*		
4	*Розділ 3*		
5	*Розділ 4*		
6	*Презентація*		

Студент _____ *Дмитро РУБАН*

Керівник роботи _____ *Андрій ВАГІН*

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ *Андрій ВАГІН*

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 84 стор., 13 табл., 11 рис., 15 джерел.

АГЛОМЕРАЦІЯ, АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА, МОКРИЙ ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, КАТАЛІТИЧНИЙ РЕАКТОР, ТЕПЛООБМІННИК, СКРУБЕР-ПОГЛИНАЧ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ГАЗИ, ДИСПЕРСНИЙ СКЛАД ПИЛУ, ШУМ, ВІБРАЦІЯ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Об'єкт дослідження – ділянка газоочищення агломераційного цеху.

Предмет дослідження – система хімічного очищення агломераційних газів від сірчаного ангідриду.

Мета роботи – розробка системи очищення технологічних газів від сірчаного ангідриду.в умовах агломераційного цеху.

У кваліфікаційній роботі розглянуто процес здобуття агломерату, фізико-хімічні процеси, що відбуваються при агломерації. Описано конструкцію агломераційної машини, а також приведено характеристику пилегазового викиду на аглофабриці: CO_2 3,5-5,5%, O_2 13-17 %, CO 0,1-0,3%, SO_2 0,07-0,08%, NO_x 0,01%, запиленість газів складає 2-6 г/м^3. Описано існуючі методи очищення газів від сірчистого ангідриду. Обрано схему газоочистки, яка складається з каталітичного реактора, теплообмінника, скрубера-поглинача й двох мокрих трубчастих електрофільтрів. Хімічне очищення дозволяє досягнути ступеня очищення більше 90%, одержана сірчана кислота може використовуватися у прокатному виробництві. Розглянуто потенційно небезпечні і шкідливі фактори виробничого середовища. Виконано розрахунок необхідного часу для евакуації робітників спікального корпуса агломераційного цеху. Здійснено розрахунок техніко-економічних показників роботи цеху. Термін окупності складає 4 роки, річний економічний прибуток 258,999 млн. грн, економічна ефективність капітальних вкладень 0,21.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1 ХАРАКТЕРИСТИКА АГЛОФАБРИКИ. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА АГЛОМЕРАТУ 9

1.1 Загальні відомості 9

1.2 Пристрій агломераційного устаткування 12

1.3 Характеристика аглофабрики 28

1.4 Технологія виробництва агломерату 31

2 ЕКОЛОГІЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА . . . 37

2.1 Відхідні гази агломашини. Характеристика пилогазового викиду на аглофабриці 37

2.2 Огляд існуючих способів хімічного очищення газів від SO_2 39

2.3 Вибір і обґрунтування способу й технологічної схеми очищення газів 44

2.3.1 Розрахунок очисних апаратів 46

2.3.2 Аеродинамічний розрахунок 51

2.3.3 Вибір димососа 52

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 56

3.1 Характеристика ступеня безпеки обраних технологічних процесів, рівня їхньої механізації й автоматизації 56

3.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища 58

3.3 Технічні рішення по виробничій санітарії 61

3.4 Заходи щодо техніки безпеки 66

3.5 Міри пожежної безпеки 67

4 ЕКОНОМІКА І ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА 73
4.1 Організація виробництва 73
4.2 Економічна частина 76

ВИСНОВКИ 82

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 83

ВСТУП

Агломераційне виробництво, що почало розвиватися у другій половині XIX століття, отримало широке поширення у чорній металургії для огрудкування пилуватих залізних руд та їх концентратів.

Агломерація являє собою процес спікання суміші пилуватих руд з подрібненим паливом у тверді пористі грудки (агломерат). Суміш нагрівають до температури розм'якшення і часткового розплавлення, а після охолодження вона твердіє. У процесі агломерації відбувається видалення значної кількості сірки й інших домішок з руди й ошлакування порожньої породи. Застосування агломерату підвищує відновність залізорудної частини шихти в процесі доменної плавки.

Як відомо, показники роботи доменної печі в значній мірі залежать від ситового складу завантажувальної залізної руди, коксу та інших шихтових матеріалів. Коефіцієнт використання корисного об'єму доменної печі знаходиться у прямій залежності від змісту заліза в рудній частині шихти та від величини і міцності грудків. Тому велике значення має у доменному виробництві підготовка сировинних матеріалів до плавки.

Сучасними методами такої підготовки є: сортировка і дроблення залізних руд на рудопідготовчих фабриках; збагачення залізних руд на збагачувальних фабриках; усереднення усіх сировинних матеріалів на рудниках і складах; агломерація пилуватих усереднених залізних руд та їх концентратів на агломераційних фабриках. Подальший розвиток виробництва високоякісного офлюсованого агломерату потрібно для збільшення продуктивності доменних печей.

Найбільше поширення мають спікальні машини неперервної дії стрічкового типу. Перевагою таких машин є простота конструкції, безперервність процесу спікання, велика продуктивність і низька собівартість агломерату.

На частку підприємств чорної металургії припадає близько 34,5% загальних шкідливих викидів в атмосферу, найбільша кількість викидів припадає на частку агломераційної фабрики. Агломераційні фабрики викидають в атмосферу величезні маси пилу, кислих газів (діоксиду вуглецю, з'єднань сірки, оксидів азоту і ін.), оксиду вуглецю і оксидів металів, різних органічних речовин. Найбільш ефективним засобом боротьби з викидами пилу і шкідливих газоподібних компонентів в повітряний басейн підприємствами є установки газоочисних апаратів, що в результаті зменшує та стабілізує шкідливі викиди при одночасному зростанні об'єму і інтенсифікації промислового виробництва.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА АГЛОФАБРИКИ. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА АГЛОМЕРАТУ

1.1 Загальні відомості

Агломерація відбувається шляхом спікання. Процес агломерації пов'язаний також з певними змінами хімічного складу й структури спікаємих матеріалів. Зокрема, у ході агломерації із шихти видаляється багато шкідливих домішок, у тому числі й сірка.

Агломерація (спікання дрібної порошковатої залізної руди й колошникового пилу) знаходить широке застосування в доменному процесі.

Техніко-економічне значення агломерації в металургії дуже велике. Значна частина залізної руди, що добувається, складається із дріб'язку з грудками, діаметром менш 10 мм. Робота доменних печей на рудному дріб'язку пов'язана із частими розладами їхнього ходу, приводить до зниження їхньої продуктивності, обумовлює додаткову витрату руди через різкий підвищений винос її у вигляді колошникового пилу, збільшується витрата коксу й флюсів.

Підвищення продуктивності доменних печей, забезпечення високих техніко-економічних показників їхньої роботи значною мірою обумовлені поліпшенням підготовки залізорудної сировини до плавки, зокрема агломерацією. Безпосереднє завантаження рудного дріб'язку або, тим більше концентрату, у доменну піч не практикується й не може бути рекомендована за перерахованими нижче причинами.

Шихта, завантажена на колошник доменної печі, безупинно опускається, проходячи всю висоту її робочого простору в середньому за 5...6 годин, поступово перетворюючись у шлаки, чавун і газ. Назустріч шихті рухаються пічні гази - продукти горіння коксу у фурм доменної печі й газоподібні продукти ряду складних реакцій, що відбуваються в нижніх частинах печі. Швидкість газів настільки велика, що вони проходять простір

печі за 3...4 сек, при звичайному тиску газу на колошнику 107,9 кПа й за 5...6 сек при підвищеному тиску 245 кПа. Висхідний потік газів має значну піднімальну силу й виносить із печі частки шихти, розміри яких не перевищують 3...4 мм. Таким чином, при завантаженні значна частина пилуватої руди виноситься газом з печі й потім осаджується в пиловловлювачах [1].

При роботі печі на пилуватій шихті значно зростає тиск дуття на фурмах і втрати напору дуття в стовпі шихти. Це, у свою чергу, приводить до вповільнення опускання шихти (тугий хід печі).

Додаткові ускладнення створює прагнення газів проходити через стовп шихтових матеріалів, переважно на ділянках з найменшим аеродинамічним опором, де переважають відносно великі грудки руди й коксу. Створюється положення, при якому значна частина пилуватої шихти слабо обробляється газами. У той же час, ступінь використання хімічної й теплової енергії газу виявляється незадовільною. У багатьох випадках при роботі на пилуватій шихті газ прориває стовп шихти в одному або декількох місцях, і в "канали", що утворилися, спрямовується весь пічний газ. У цих умовах не може бути й мови про нормальну експлуатацію печі, про високопродуктивну й економічну роботу доменних цехів. Очевидно, що більша частина перерахованих труднощів усуваються попереднім згрудкуванням рудного дрібняку, концентрату, колошникового пилу. Значні капітальні й експлуатаційні витрати на будівництво фабрик згрудкування рудної сировини порівняно швидко компенсується економією коксу й збільшенням виплавки чавуну на попередньо згрудкованій сировині. Якщо допустити, що доменні печі працювали б тільки на незгрудкуваній руді, то додаткова її витрата (також, як і вугілля, у зв'язку зі збільшенням витрати коксу) склав би кілька мільйонів тонн у рік, що неприпустимо.

В середньому по доменних печах залізорудна частина шихти складалася з 4% грудкових залізних руд, 74% агломерату й 22% окатишів.

Процеси грудкування безупинно вдосконалюються, з'являються нові способи й методики, з кожним роком росте абсолютна кількість грудкуваних руд і концентратів. Оптимальна крупність грудків руди, агломерату й окатків для доменних печей малих і середніх розмірів лежить у межах від 5 до 40 мм, а для найбільш великих печей у межах від 15 до 40 мм .

Таким чином, основним методом грудкування рудної сировини є агломерація. Рудна частина агломераційної шихти складається з пилуватих залізних руд, колошникового пилу, концентратів збагачення руд і звороту.

Зворот являє собою дрібний, часто недостатньо спечений агломерат розміром менш 10 мм, у якому містяться залишки коксика (0,4...1 %), що не згоріли по різних причинах у ході процесу спікання, залишки вапняку, вапна, а також грудочки руди. У цілому зворот має набагато кращу газопроникність, ніж руда або концентрат, тобто добавка звороту дозволяє значно поліпшити газопроникність шихти й підвищити продуктивність агломашини.

У процесі агломерації відбувається видалення значної кількості сірки й інших домішок з руди й ошлакування порожньої породи. Застосування агломерату підвищує відновність залізорудних матеріалів в процесі доменної плавки.

Великий вплив на продуктивність агломашини робить добавка до шихти обпаленого вапна. Стикаючись із вологою шихти, вапно утворює гідроокис кальцію $Ca(OH)_2$. Це з'єднання входить до складу силікатного зв'язування агломерату, реагуючи з порожньою породою, а також надає більшу міцність грудочкам аглошихти [1].

Переваги ведення доменної плавки на офлюсованому агломераті полягає в наступному. Розкладання вапняку проходить у доменній печі зі значними витратами тепла. Виведення вапняку з доменної шихти дозволяє зменшити витрати коксу на плавку. При спіканні аглошихти, що містить вапняк, необхідно витратити таку ж кількість тепла, як у доменній печі, але це тепло одержують при горінні набагато більш дешевого палива (коксовий дріб’язок, антрацитовий штиб, тоще вугілля, газ).

1.2 Пристрій агломераційного устаткування

Сучасна спікальна машина являє собою безупинно рухливий ланцюг колосникових візків, що утворюють у верхній галузі робочу частину машини, завантажену шихтою,що спікається (рис. 1.1). У нижній галузі ненавантажені візки становлять холосту стрічку машини. На верхній галузі, що перебуває над вакуум-камерами, відбувається процес спікання шихти. У головній частині (до вакуум-камер) іде завантаження шихти, а після вакуум-камер - розвантаження готового агломерату.

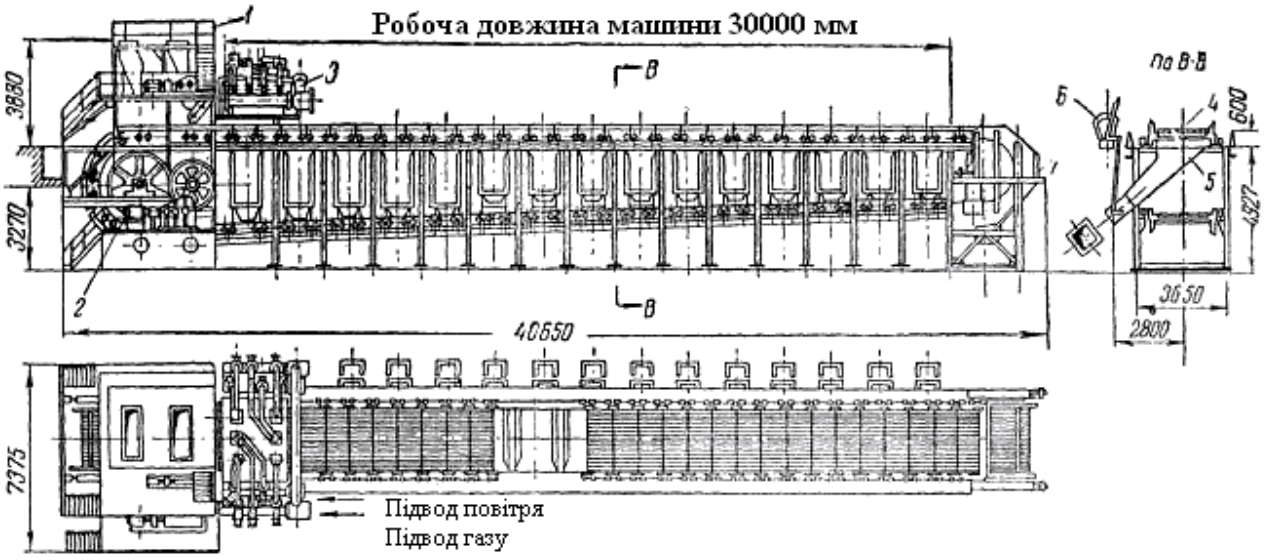


Рисунок 1.1 – Агломераційна машина з площею просмоктування 75 м^2: 1-живильники для постілі шихти; 2-привод машини; 3-горн для запалювання; 4-спікальні візки; 5-камери розрядження; 6-затворки для регулювання вакууму; 7-розвантажувальна (хвостова) частина машини.

Про потужності спікальної машини судять по площі просмоктування повітря через шихту. Площа просмоктування машини дорівнює площі колосникових візків, що перебувають над вакуум-камерами.

У табл. 1.1 приводиться технічна характеристика спікальної машини типу АКМ1-75.

Каркас агломераційної машини являє собою просторову металеву раму і є опорою для установки механічних деталей спікальної машини й напрямних рейкових шляхів для руху візків. Довжина каркасу 35600 мм, висота 4947 мм, а в головній частині 10470 мм, ширина 3300- 3600 мм [2].

Таблиця 1.1 – Характеристика спікальної машини типу АКМ1-75

Показники	Площа спікання машини, 75 м^2
1. Максимальна продуктивність для шихти з насипною масою 1,9 т/м^3 при виході агломерату 65 %, т/год	365
2. Швидкість руху візків, м/хв	1,5-4,5
3. Довжина робочої поверхні машини,м	30,0
4. Ширина робочої поверхні, м	2,5
5. Максимальна висота шару шихти, м	0,35 – 0,5
6. Тиск води у шлангах ущільнення, кг/см^2	0,35 – 0,85
7. Величина розриву між візками, мм	100 – 150
8. Потужність електродвигуна, КВт: • приводу машини • живильників • смазочної станції САГ – 100-200	 13,1 3,1 0,8
9. Загальна вага машини без електродвигуна, т	410,0
10. Габарити спікальної машини: • довжина, м • ширина, м • висота, м	 40,65 7,38 8,8

Колосниковий візок (рисунок 1.2) являє собою сталевий корпус у вигляді ящика, змонтований на чотирьох роликових опорах і обмежений із двох сторін знімними бортами.

Корпус візка являє собою з'єднану із двох половин раму із поперечними й поздовжніми ребрами. Призначення поперечних ребер -

додати міцність візку; поздовжні ребра служать для вставки й підтримки колосників.

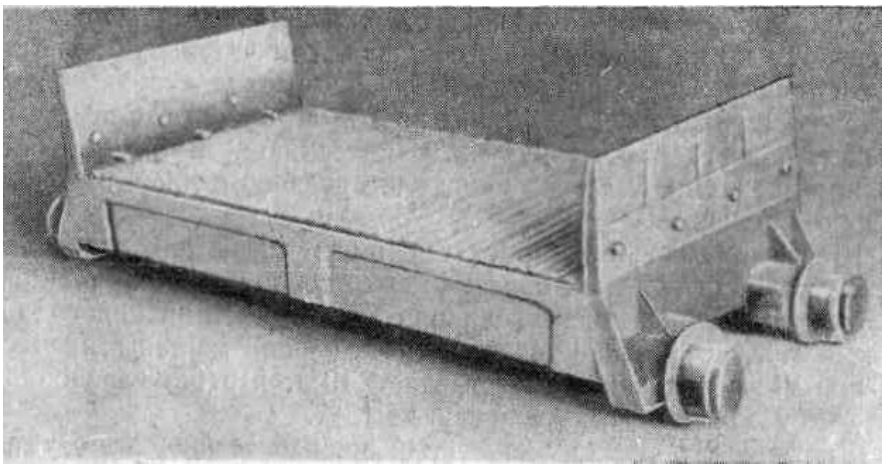


Рисунок 1.2 – Колосниковий візок з колосниками машини АКМ1-75

По краях, у нижній частині рами, є чотири припливи, що служать місцем скріплення осей з роликами. Одне ціле із цими припливами становлять спеціальні стовщення, що мають форму "кулаків", призначених для сприйняття ударів при падінні візка з агломератом у хвостовій частині машини. Іноді до цих «кулаків» з метою збереження їх від зношування приварюють спеціальні пластинки зі сталініту, які в міру зношування можуть бути замінені новими. З поперечних сторін рама має вгорі припливи з обробленими гніздами, до яких прикріплюють борта візка. До нижньої грані візка по її ширині пригвинчують сталеві пластини, що сковзають по чавунних полозах, покладеним на рамах вакуум-камер. Візки відливають зі сталі у вигляді двох симетричних половин, з'єднаних посередині болтами.

Візки котяться по рейках на чотирьох опорах, поставлених на вісь (на роликопідшипниках) і сприймають навантаження від ваги візка й матеріалу. Підшипники з торця закриті сталевими кришками. Ролики сприймають зусилля від зірочок приводу при пересуванні й підйомі візків з нижньої холостої стрічки на верхню робочу галузь. Тому крок зачеплення зубів

коліщаток відповідає відстані, утвореної опорними роликами візків. Ролики і їхні деталі виготовляють зі сталі.

Колосники візків виготовляють двох типів: штучні й секційні. Штучні колосники більш економічні секційних, через можливість індивідуальної заміни негідного колосника. У секційному ж колоснику, у випадку навіть незначного прогару одного ребра, доводиться викидати всю секцію. Тому поширення одержали штучні колосники.

Колосники є досить відповідальною деталлю візка, і витрати по їхній експлуатації становлять значну частку вартості виробництва агломерату. Середня витрата чавунних колосників становить від 0,3 до 0,5 кг на тону агломерату. Середня тривалість роботи чавунних колосників 5-6 міс. Заміну їх роблять на ходу, але іноді це пов'язане із простоями спікальної машини.

Штучні колосники (рисунок 1.3) мають пази для закріплення між ребрами візка, створюючи між собою щілину шириною 6 мм. Від розміру щілини залежить величина живого перетину колосникового візка.

Покладені у візок колосники при роботі машини можуть переміщатися відносно один одного на 5-10 мм, завдяки чому відбувається очищення зазорів від рудного дріб’язку, шматочків агломерату й пилу, що дозволяє зберегти живий перетин колосникових ґрат [2].

Руйнування колосників відбувається головним чином від різких змін температури. Під час спікання, особливо у хвостовій частині машини, температура колосників піднімається до 1000°С, а після розвантаження агломерату падає до 50°С. Найбільша руйнівна дія на колосники робить утворення місцевих очагів горіння із температурою від 1100 до 1250°С у зоні спікаємого матеріалу. Виникнення таких очагів горіння відбувається через наявність у них великих часточок палива (розміром більше 3 мм). Застосування постілі перешкоджає утворенню зон з високою температурою в безпосередній близькості до колосників і подовжує строк їхньої служби.

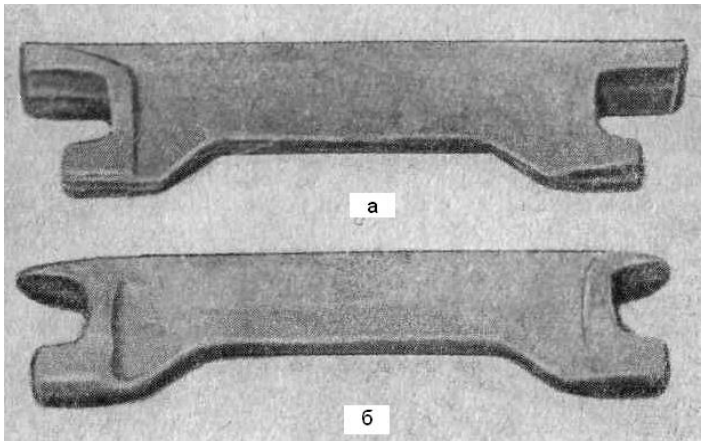


Рисунок 1.3 – Окремі колосники: а) новий колосних; б) зношенний колосник

Найбільше поширення одержали колосники із сірого чавуну й менше з легованого, тому що останній удвічі дорожче сірого.

Борти візків руйнуються раніше основного корпуса, тому їх виготовляють знімними. Вони являють собою чавунну з ребрами виливку прямокутної форми довжиною 1000 мм, висотою 300 мм і товщиною до 12 мм. Знімний борт прикріплюють до візка 2-3 болтами діаметром 25 мм і через нижню його грань пропускають три шпильки, що закріплюють крайні колосники в їхніх гніздах.

Рейкові шляхи для руху колосникових візків. Горизонтальна ділянка. Конструкція шляху горизонтальної ділянки цілком залежить від конструкції затвора ущільнюючого пристрою. Спікальна машина має на горизонтальній ділянці рейковий шлях, по якому рухаються візки на роликах. У той же час сталеві пластини, прикріплені до візків, сковзають по чавунних рухливих полозах, які встановлені на рамах вакуум-камер.

Хвостова ділянка шляху При своєму русі візка з горизонтальної ділянки надходять на бруски (шинки) довжиною 400 мм, які є перехідною сходинкою від горизонтальної ділянки до закруглення хвостової частини з радіусом R=1076 мм. При переході візків з верхньої стрічки машини на нижню між ними передбачається зазор від 150 до 350 мм.

Похила ділянка шляху. Опорою для похилої ділянки шляху у хвостовій частині служать рейки, встановлені на кронштейнах, прикріплених до стійок каркасу машини. Кут нахилу рейкового шляху дорівнює 3°. Цей кут нахилу при наявності роликопідшипників у ходових роликів дає можливість візкам рухатися під дією сили власної ваги.

Запобіжна рейка. При русі візків між ними в холостій частині іноді утворюється розбіжність. Вона досягає 20-30 мм і є результатом перекосу візків стосовно осі вала головних коліщаток. Причиною розбіжності (перекосу) служить у більшості випадків попадання шматків агломерату між візками. Це ненормальне явище досить небезпечно, тому що ось ролика візка попадає в цьому випадку не в западину між зубами головного коліщатка, а на тіло зуба, у результаті чого візок може зруйнуватися. Для попередження аварій на стику між рейкою похилого шляху й головною частиною спікальної машини вставляють шматок запобіжної рейки довжиною 300 мм, укріпленого шарнірно до рами приводу машини. Другою опорою для рейки служить важіль із контргрузами вагою 300-400 кг, що дозволяє рухливій рейці опускатися вниз на 20-40 мм і пропускати без ушкоджень візка, що мають перекіс. Запобіжна рейка має також метою зм'якшити первісне зачеплення коліщаток з роликами візка, охороняючи візок від поломки.

Головна ділянка шляху руху візків складається із гнутої рейки, по якій візки направляються до повного зачеплення із коліщатками, які поступово піднімають візки, переводячи їх з похилого шляху на горизонтальний [1].

Шкребок. Для запобігання пластин від передчасного зношування, у візків і полозів вакуум-камер ковзні пластини затворів необхідно охороняти від налипання на них агломераційного пилу. Для цього в головній частині спікальної машини по обидва боки встановлюють ножі (шкребки), що очищають пил, що осів на пластини візків. Ножі виготовляють із червоної міді. Їхня верхня кромка завдяки контргрузу увесь час стикається із пластинами візків і очищає з них пил.

Живильники. Для подачі шихти зі змішувального барабана на візки спікальної машини застосовують живильники трьох видів: маятниковий, барабанний і челноковий.

Маятниковий живильник складається з металевої рами, загальної з барабанним живильником, бункера із засувкою й маятниковим рукавом.

Маятниковий живильник не може регулювати кількість шихти, тому що він повністю передає бункеру ту кількість, що одержує. Регулювання шихти роблять засувкою, установленої над тарілчастим живильником. Правильність роботи маятникового живильника легко перевірити по коливаннях рукава й роботі кривошипного механізму. Рукав робить 10 хитань у хвилину в межах до 50°. Величина кута регулюється кривошипним механізмом.

Барабанний живильник для шихти встановлений під бункером маятникового живильника й складається із загальної з ним рами, барабана, приводу з передачею й електродвигуном і металевої лійки-бункера із шибером.

Барабанний живильник має призначення рівномірно подавати шихту на візки. Його барабан діаметром 1200 мм і довжиною 2016 мм має гладку циліндричну поверхню. Барабан, обертаючись зі швидкістю 2 об/хв, захоплює за собою шар шихти, що лежить над ним зверху в бункері. Кількість шихти, що видається з бункера, регулюється шибером. Шихта з барабанного живильника надходить на напрямний жолоб з бортами (рис.4), звідки вона скачується на колосники й утворює шар шихти на візках. За жолобом перебуває шибер із гладилкою, що вирівнює поверхню шару шихти. Гладилка складається з 7 окремих рухливих чавунних пластин, що укріплені на осі й ковзають по зовнішній поверхні шихти. Підйом і опускання шибера із гладилкою виробляються разом з жолобом, одночасно із двох сторін, за допомогою гвинтового пристрою. Висоту шару шихти в жолобі варто тримати вище спікаємого шару шихти не більше ніж на 100-150 мм, щоб уникнути сегрегації й ущільнення шихти, що знижують її газопроникність.

Барабанний живильник для подачі постільного матеріалу влаштований однотипно з приведеним вище. Шматочки повернення для утворення постелі на візках надходять у бункер, що опирається на каркас рами спікальної машини. Нижній отвір бункера закритий барабаном живильника. Барабан, маючи діаметр 600 мм і довжину 2016 мм, при русі захоплює за собою кусочки повернення в щілину між барабаном і засувкою, укріпленої на передній вертикальній стінці бункера. Підйомом або опусканням цієї засувки (через черв'ячну передачу зі штурвалом) збільшують або зменшують висоту шару постелі на візках.

Нижній край воронки, встановлений похило, входить між бортами візків на глибину 150-100 мм і служить для передачі постільного матеріалу на візки спікальної машини [2].

Спікальник повинен уважно стежити за тим, щоб постіль надходила на колосники рівномірним шаром товщиною 30-40 мм. При цьому пилеутворювання усувається змочуванням шматочків звороту в бункері. Іноді надмірно вологий пил, налипаючи на барабан, порушує подачу рівномірного шару постілі, тому барабан необхідно періодично очищати.

Запальний горн. Для запалювання палива шихти на візках спікальних машин застосовують газ, що володіє достатньою калорійністю й дає температуру запалювання 1200-1350°С, що забезпечує ефективне запалення верхнього шару шихти.

Запальний горн, що працює на газі (рисунок 1.4), складається з корпуса, опорних конструкцій і обмуровування. Він обладнаний 14 газовими пальниками й допоміжною арматурою. Металевий корпус горна являє собою коробку, виготовлену з листового заліза, що має форму пустотілого напівциліндра, зверненого відкритою своєю частиною до візків машини. Робоча площа горна при запалюванні захоплює одночасно поверхню машини, рівну $2{,}0 \times 1{,}2 = 2{,}4$ м^2.

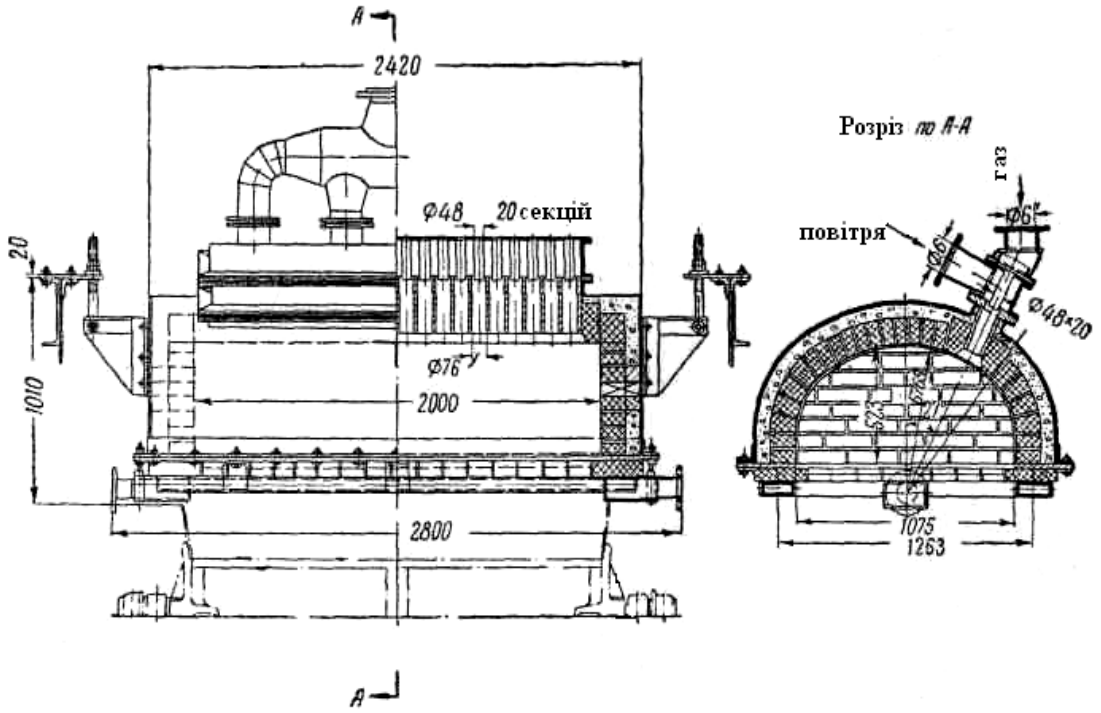


Рисунок 1.4 – Запалювальний газовий горн

Горн установлюють на стійках з металевими кронштейнами так, щоб відстань між кромками його й осями роликів візка спікальної машини дорівнювала 555 мм. Обмуровування горна роблять вогнетривкою цеглою із зазором між цеглою й кожухом горна в 50 мм, що засипає ізоляційною масою. Цей прошарок поглинає температурне розширення матеріалів. Повітря й газ підводять до горна роздільно, через камеру для змішання, звідки суміш подається в пальники. Подача повітря й газу автоматично регулюється спеціальними засувками, установленими на газоповітряпроводах біля горна. Приводимо технічну характеристику газового горна спікальної машини АКМ1-75 у таблиці 1.2.

Привод. Привод спікальної машини служить для підйому візків з нижньої стрічки машини на верхню й просування їх від головної до хвостової частини машини.

Швидкість руху візків регулюють двома способами: 1) установкою електродвигуна постійного струму з регульованим числом обертів; 2) установкою дискового стрічкового варіатора [1].

Таблиця 1.2 – Характеристика газових горнів для машини АКМ1-75

Показники	Машина АКМ1-75
Кількість газу, що спалюється, $м^3$/год	4000 - 7000
Об’єм топочного простору, $м^3$	7,5
Площа дзеркалу запалювання, $м^2$	5,63
Тиск газу, КПа	1
Тиск повітря, КПа	1,5
Продуктивність одного пальника, $м^3$/год	600 -1000
Напруженість топочного простору, кал/$м^3$·год	$1 \cdot 10^6$ - $3 \cdot 10^6$
Кількість пальників	14
Вага горна з футеровкою, т	26,5
Робоча температура в горні, °С	До 1350

Система привода, з установкою електродвигуна постійного струму з регульованим числом обертів, надійна в роботі, компактна, проста й зручна в експлуатації завдяки відсутності пасової передачі й мінімальній кількості відкритих зубчастих коліс.

Привод спікальної машини типу АКМ1-75 складається з електродвигуна, редуктора, двох пар зубчастих передач, барабана із двох половин, що скріплює два коліщатка, рами приводу з робочою площадкою.

Електродвигун застосовується потужністю 11-13 КВт із числом обертів у хвилину від 330 до 990. Це забезпечує зміну швидкості руху візків машини від 1,4 до 4,2 м/хв. Електродвигун за допомогою еластичної сполучної муфти надає руху редуктору.

Редуктор (рисунок 1.5) складається із чотирьох пар зубчастих передач, з них перша передача виготовлена з ялинковим зачепленням, а три інші мають циліндричні фрезеровані зубці.

Матеріалом для виготовлення редуктора служить чавун (корпус редуктора) і сталь (вали і шестерні). Привод разом з редуктором має загальне передаточне число $i = 2732$, а редуктор $i = 209$.

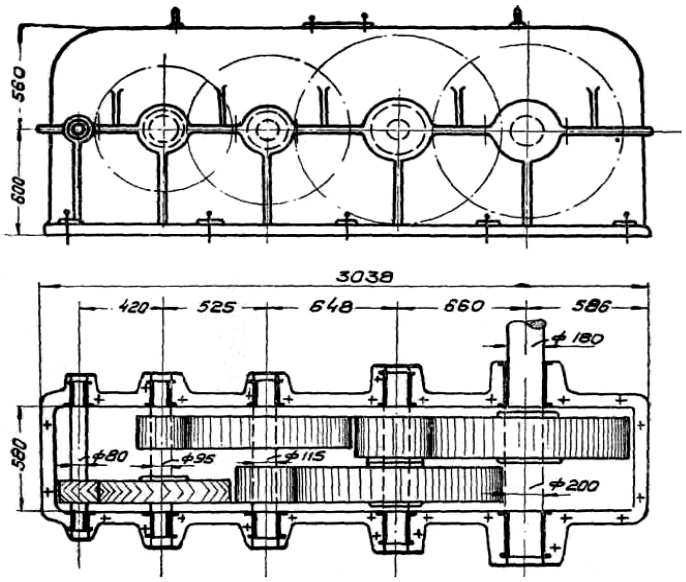


Рисунок 1.5 – Редуктор приводу агломашини

Допоміжні пристрої. До допоміжних пристроїв спікальної машини відносяться: ковпак над розвантажувальною зоною хвостової частини машини зі знімним кожухом над вакуум-камерою № 13; пристрій для охолодження водою агломерату на машині; ніж для очищення пирога агломерату з візка; напрямні площини; бункер для зберігання дріб'язку агломерату (провалу) у хвостовій частині машини; бункера для збору агломерату й пилу в головній і хвостовій частині машини, запобіжні кожухи над пластинами візків холостої галузі.

Головним місцем виділення пилу й газів є хвостова частина спікальної машини. Виділення газів і пилу відбувається в момент перекидання візка зі спеченим пирогом від горизонтальної стрічки до холостої і під час падіння пирога з візка в дробарку або на колосниковий гуркіт. Для вловлювання часток, що виділяються, пилу й газів і їхньої аерації вся хвостова частина машини закрита суцільним ковпаком, що з'єднується в одне ціле з кожухом, що прикриває вакуум-камеру № 13. Угорі він переходить у витяжну трубу, через яку запилені гази викидаються в атмосферу. Більша частина пилу осаджується водяною завісою й стікає через відстійник у каналізацію [1].

Іноді для зниження температури готового агломерату й зменшення пилоутворення під кожухом над камерою № 13 в 4-5 рядів встановлюють бризкала для обприскування водою або форсунки для утворення водяного туману.

При охолодженні агломерату водою виходить велика кількість пари, що надходить у згаданий вище ковпак і через витяжну трубу викидається в атмосферу.

При розвантаженні агломерату з візка в окремих випадках пиріг після проходження зони розвантаження залишається на візку. У цьому випадку пиріг відривається від візка спеціальним ножем, встановленим під кутом 45° до закруглення хвостової частини. Для кращого очищення візків від грудків агломерату, що пристали до колосників, нижче ставлять другий ніж. Завдяки шарнірному закріпленню цей ніж має вільний хід для проходу окремих грудків міцно припікшегося агломерату до колосників візка. Ці грудки після остигання візків у хвостовій вітці відпадають або ж зчищаються вручну.

Пиріг агломерату вагою від 500 до 800 кг при розвантаженні падає з візка з висоти 2-4 м. Для напрямку цієї маси агломерату у відповідне місце дробарки або гуркоту влаштовують напрямні площини з жаротривкої сталі (товщиною до 30 мм). Кут нахилу площин встановлюють для кожного окремого випадку, але він не може бути менше 45-50°, щоб уникнути застрягання агломерату.

При відриванні пирога від візка окремі його грудки попадають у відстань між візками й накопичуються в спеціально встановленій сідлообразній лійці, звідки через зсипні рукави вони попадають на гуркіт або прямо в залізничний вагон.

Частина дріб'язку при випаданні пирога затримується на візках холостої стрічки й інших деталях машини. Для збору грудків агломерату й пилу під холостою частиною машини встановлюють бункера провалу. З

них матеріал спускається по жолобах на транспортери, призначені для збирання агломераційного пилу.

Дробарка для агломерату. Одержанню агломерату потрібного ситового складу сприяє його дроблення.

При відсутності дроблення грудки агломерату досягають 200-600 мм і більше. При транспортуванні в доменний цех і перевантаженнях вони тією чи іншою мірою руйнуються, утворюючи дріб'язок. Для забезпечення доменних печей однорідним по згрудкованості агломератом і для зниження змісту в ньому дріб'язку (особливо фракції -5 мм) на фабриках встановлюють зубчасті дробарки одновалкові й двовалкові; при цьому більше поширення одержали дробарки одновалкові.

Пристрій одновалкової дробарки, виготовленої НКМЗ, представлений на рис.6.

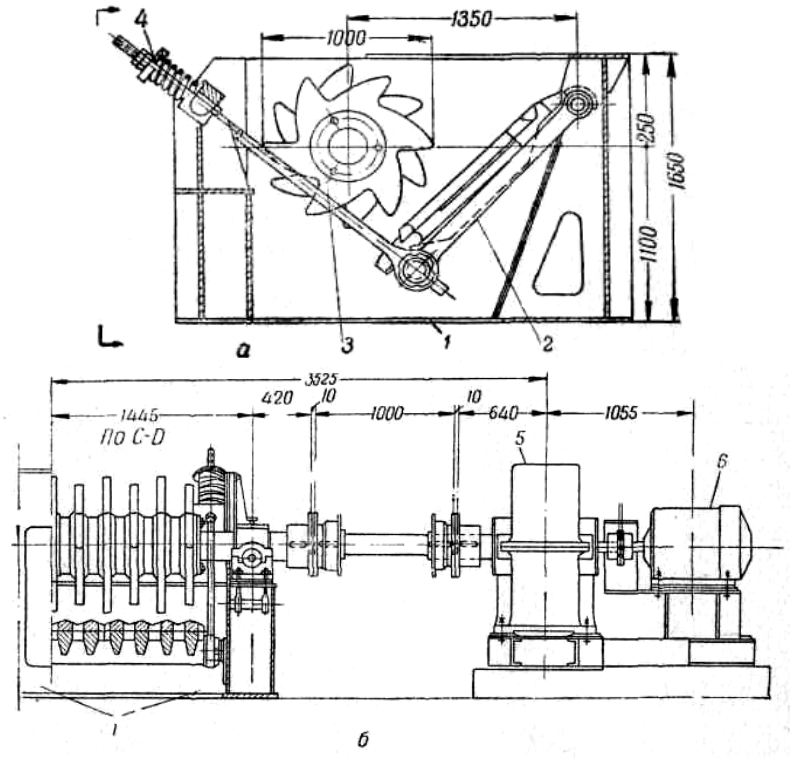


Рисунок 1.6 – Одновалкова дробарка для дроблення агломерату:
а-схема зубчатого валу з плитою; б-схема корпусу дробарки з приводом;
1-корпус дробарки; 2-плита; 3-зубчатий вал; 4-натяжний пристрій;
5-редуктор; 6-електродвигун

Ребриста сталева плита 2 закріплена шарнірно на корпусі дробарки й має натяжний пристрій 4 з амортизаційними пружинами для регулювання зазору між її ребрами й зубцями обертового вала 3. Зубчастий вал одержує обертання від електродвигуна через редуктор з постійною швидкістю 14 об/хв. Пиріг агломерату, що падає з візка в дробарку, може мати максимальні розміри по розмірі візка 250 х 1000 х 2000 мм. Потрапляючи між зубцями вала й ребрами плити, він розламується на окремі грудки до 200 мм. Це якість дроблення не цілком задовольняє вимогам доменників, що встановили граничний розмір проплавляємих грудків для доменної печі в 75 мм [1].

При експлуатації дробарки необхідно стежити за тим, щоб вона не перевантажувалася й у неї не попадали грудки металу та інші сторонні предмети, які можуть поламати зубці; температура агломерату не повинна перевищувати 400-600°С; натяг пружин амортизаторів повинен бути однаковим.

Колосниковий гуркіт. Гуркотіння агломерату, що падає з візків спікальної машини, може вироблятися колосниковим, роликовим, барабанним або вібраційним гуркітами.

На вітчизняних фабриках для просівання агломерату застосовують нерухомий колосниковий гуркіт. Він відрізняється простотою конструкції й зручністю експлуатації. Пристрій елемента колосникового гуркіту вказано на рисунку 1.7. Загальна площа гуркіту становить 8 м^2 (4×2 м). Колосники покладені в чотири ряди, довжина кожного з них дорівнює 970 мм. Колосники застосовують штучні й секційні, в експлуатації краще зарекомендували себе литі сталеві секційні колосники.

Регулювання живого перетину колосникового гуркіту роблять зміною відстані між двома суміжними штучними колосниками в межах 20-40 мм. Ця відстань між колосниками визначає розмір одержуваного грудка агломерату. Наприклад, при відстані між двома суміжними колосниками, рівному 25 мм, забезпечується вихід грудків агломерату крупніше 25 мм у поперечнику. Однак цей гуркіт не забезпечує повного відділення дріб’язку, що у тій або

іншій кількості залишається в агломераті, збільшуючись по шляху від агломераційної фабрики до доменних печей за рахунок додаткового подрібнення агломерату. Збільшення живого перетину полотна гуркіту сприяє більше повному відділенню дріб'язку.

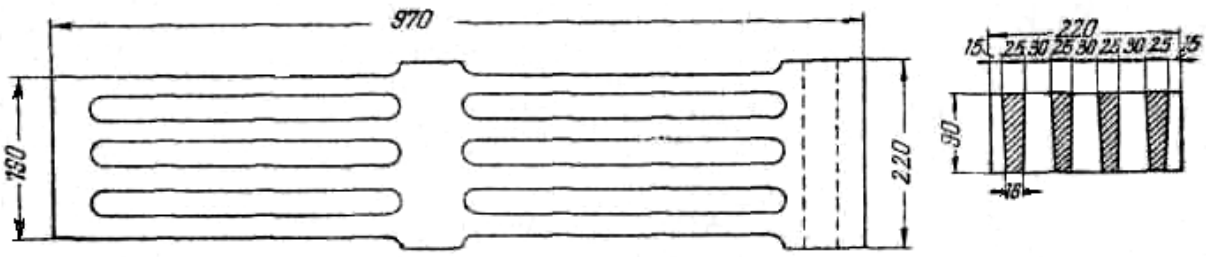


Рисунок 1.7 – Секція колосникового гуркіту

Ефективність просівання на колосниковому гуркіту недостатньо висока. На якість роботи гуркіту впливають кут нахилу й площа живого перетину полотна, що залежить від конструкції колосників і величини отворів між ними. Гуркіт із секційними колосниками має живий перетин до 44%; з рейками воно знижується до 30%, а секційний колосник із шаховим розташуванням отворів має 25%. Чим більше живий перетин полотна, тим ефективніше працює гуркіт і тим менше зворот попадає в агломерат. Оптимальний кут нахилу гуркіту для кожного роду матеріалу визначають практичним шляхом. Для агломерату він коливається в межах 30-40°.

У цей час для просівання дробленого агломерату застосовують вібраційні самобалансні гуркіти, що забезпечують ефективне виділення звороту (навіть фракції -5,0 мм).

Змішувач для підготовки шихти. Для змішування шихти застосовують змішувач й огрудковувач.

Змішувач призначений для кінцевої підготовки шихти шляхом її перемішування й згрудкування; він установлюється над кожною спікальною машиною.

Шихту з бункера подають через тарілчастий або стрічковий живильник у завантажувальну лійку змішувача й виводять із останнього через розвантажувальну лійку. Для кращого згрудкування шихта додатково воложиться при надходженні її в змішувач [2].

Продуктивність змішувача досягає 200 т/годину. Внутрішній діаметр барабана 2500 мм, довжина його 4000 – 5000 мм. Барабан робить 6 об/хв. Потужність електродвигуна дорівнює 40 кВт при 750 об/хв. Кут нахилу барабана до 10°, найкращий 4°.

Відвід продуктів горіння й їх очищення. Ексгаустер. Ексгаустером (рисунок 1.8) називається повітродувна машина, що створює розрядження в газовідсосній системі до 1,1 КПа, одночасно просмоктуюча свіже повітря через шихту й яка відводить продукти горіння.

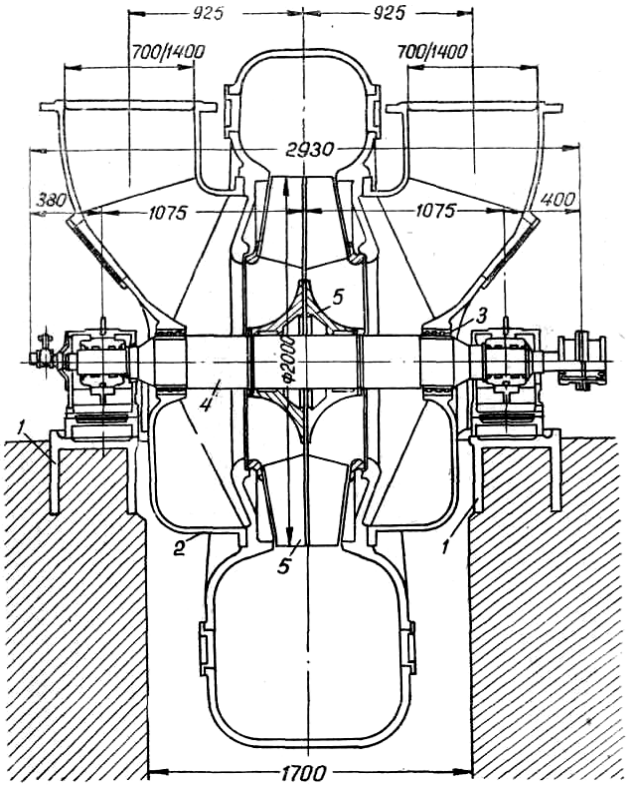


Рисунок 1.8 – Ексгаустер: 1 - опорна рама; 2 - корпус; 3 - лабіринтове ущільнення; 4 - вал; 5 - ротор

Він складається із чавунного корпуса й ротора з електроприводом. Ротор складається із трьох сталевих дисків, між якими укріплені у два ряди лопатки, посаджені на вал по тангенціальній кривій. Одні з них доходять до обода ротора, а інші вкорочені. Така конструкція лопаток підвищує продуктивність ексгаустера й знижує витрату споживаної потужності з 1300 до 1000 КВт. Для створення необхідного ущільнення між чавунним корпусом і валом на місці виходу останнього з корпуса встановлені ущільнюючі лабіринтові кільця. У корпусі є люки для спостереження за зношуванням сталевих знімних плит, що захищають внутрішні поверхні корпуса ексгаустера. Вал спочиває на двох підшипниках і за допомогою еластичної муфти з'єднується з електродвигуном.

Ексгаустер типу Д-3500-12 просмоктує через шихту, що спікається, до 3500 $м^3$/хв при розрідженні в системі до 1,1 КПа. Обертання ротора здійснюється електродвигуном потужністю 1300 КВт зі швидкістю 2900 об/хв. У підшипники ексгаустера й електродвигуна безупинно подається під тиском охолоджене масло. Між боровом димаря й ексгаустером установлюють засувку з подвійним приводом - ручним і електричним. Тривалість терміну служби ротора ексгаустера 6-8 міс. Його безаварійна робота залежить головним чином від якості очищення газів, що відходять, до змісту 50 мг/$м^3$ і від строгого дотримання правил експлуатації. При очищенні газів до змісту пилу менше 50 мг/$м^3$ газу, регулярному очищенню від пилу елементів і пилових мішків, заміні елементів, що зносилися, термін служби ротора подовжується до 1,5-2 років.

1.3 Характеристика аглофабрики

Необхідні для одержання агломерату залізна руда й концентрат доставляються з рудного двору й надходять у шістнадцять бункерів обсягом 45$м^3$ кожний (рис. 1.9). Коксовий дріб’язок, штиб і колошниковий пил надходять відповідно у дванадцять бункерів такого ж обсягу. Бункера

розміщені у два ряди й обладнані тарілчастими живильниками. Для дроблення вапняку на аглофабриці застосовується три молоткові дробарки продуктивністю 150...200 т/год й дванадцять гуркітів, які повністю забезпечують потреби фабрики у вапняку фракцією до 3 мм. Паливо дробиться в 6-ти чотирьохвалкових дробарках, що забезпечують крупність часток палива до 3 мм. Здрібнені матеріали подаються транспортерами в шихтове відділення, що складається із тридцяти двох бункерів корисним обсягом 175 м^3 кожний, обладнаних електроживильниками. За допомогою ваг і живильників проводиться дозування по масі компонентів шихти, виходячи з їхніх фізико-хімічних властивостей і вимог, пропонованих до агломерату.

Дозовані шихтові матеріали подаються на два паралельні збірні конвеєри й доставляються в корпус спікання. Завантаження шихтою бункерів агломашини здійснюються автостелами. Обсяг кожного бункера 36 м^3.

Усі компоненти у строгому масовому співвідношенні направляються в барабанний змішувач, де частково зволожуються й ретельно перемішуються, потім шихтові матеріали подають на додаткове зволоження й згрудкування у барабанний грудковувач. При зволоженні пилинки злипаються в невеликі (0,5...1,5 мм) грудочки й газопроникність спікаємого шару значно збільшується. Гарна газопроникність і грудкованість шихти досягається при змішуванні зі зволоженням (додається 7...9 % води від маси шихти). Шихта стає зернистою й пухкою [1].

З грудкувального барабана аглошихта надходить у проміжний бункер. Рівень шихти підтримується постійним, що забезпечує безперебійне й рівномірне надходження шихти на стрічку агломашини.

Запалювання палива шихти відбувається під горном, обладнаному чотирнадцятьма пальниками, встановленими на його зводі. Витрата природного газу становить 600...800 м^3/годину, повітря - 1300...1400 м^3/год. При даній витраті газу досягається температура, необхідна для запалювання палива в шихті (1250° С).

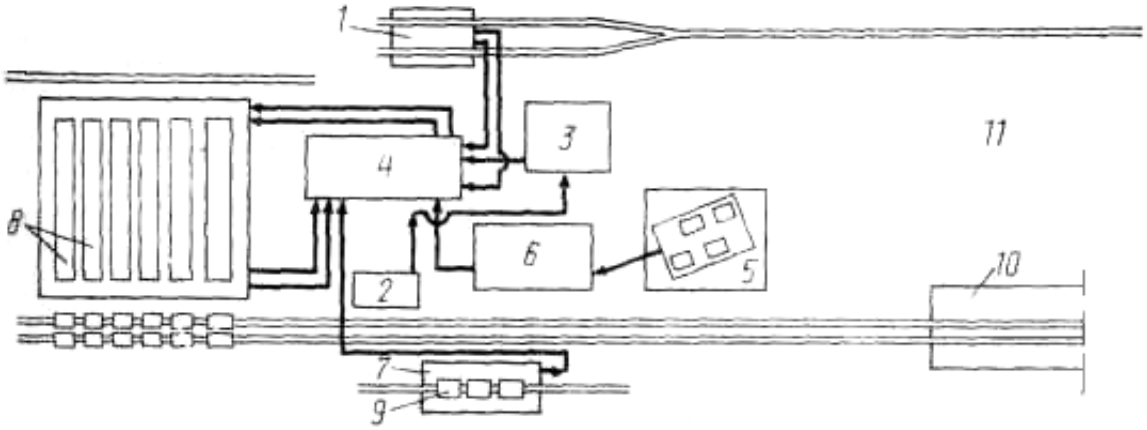


Рисунок 1.9 – Схема розміщення ділянок аглофабрики: 1-бункера для прийому руди; 2-бункера для прийому коксу; 3-корпус для дроблення кокса; 4-шихтові бункера; 5-приймальні воронки для вапняка; 6-корпус для дроблення вапняка; 7-бункера для прийому колошникового пилу; 8-агломераційні машини; 9-вагони агломерату; 10-бункера доменного цеху; 11-рудний двір

Стрічка агломашини рухається безупинно, з постійною швидкістю 1,0...1,5 м/хв. Через шар запаленої шихти постійно, зверху вниз, просмоктується повітря, що необхідне для підтримки процесу горіння палива, а також для охолодження спеченої в агломерат шихти.

Просмоктування повітря через шар шихти й відсос газів, що утворюються при спіканні, робиться ексгаустером.

Гази, що відсмоктують, через димар надходять в атмосферу, попередньо проходячи газоочистку. Отриманий агломерат з агломашини попадає в одновалкову дробарку й проходить через гуркіт, у якому відбувається відділення готового агломерату від звороту. Готовий агломерат (грудки розміром більше 12 мм) загружають у залізничні вагони для відправлення у доменний цех.

1.4 Технологія виробництва агломерату

Агломерацією називається процес кускування матеріалів спіканням їх за рахунок спалювання палива в самому матеріалі або підводі тепла з боку. Технологічна схема здобуття агломерату представлена на рис. 1.10.

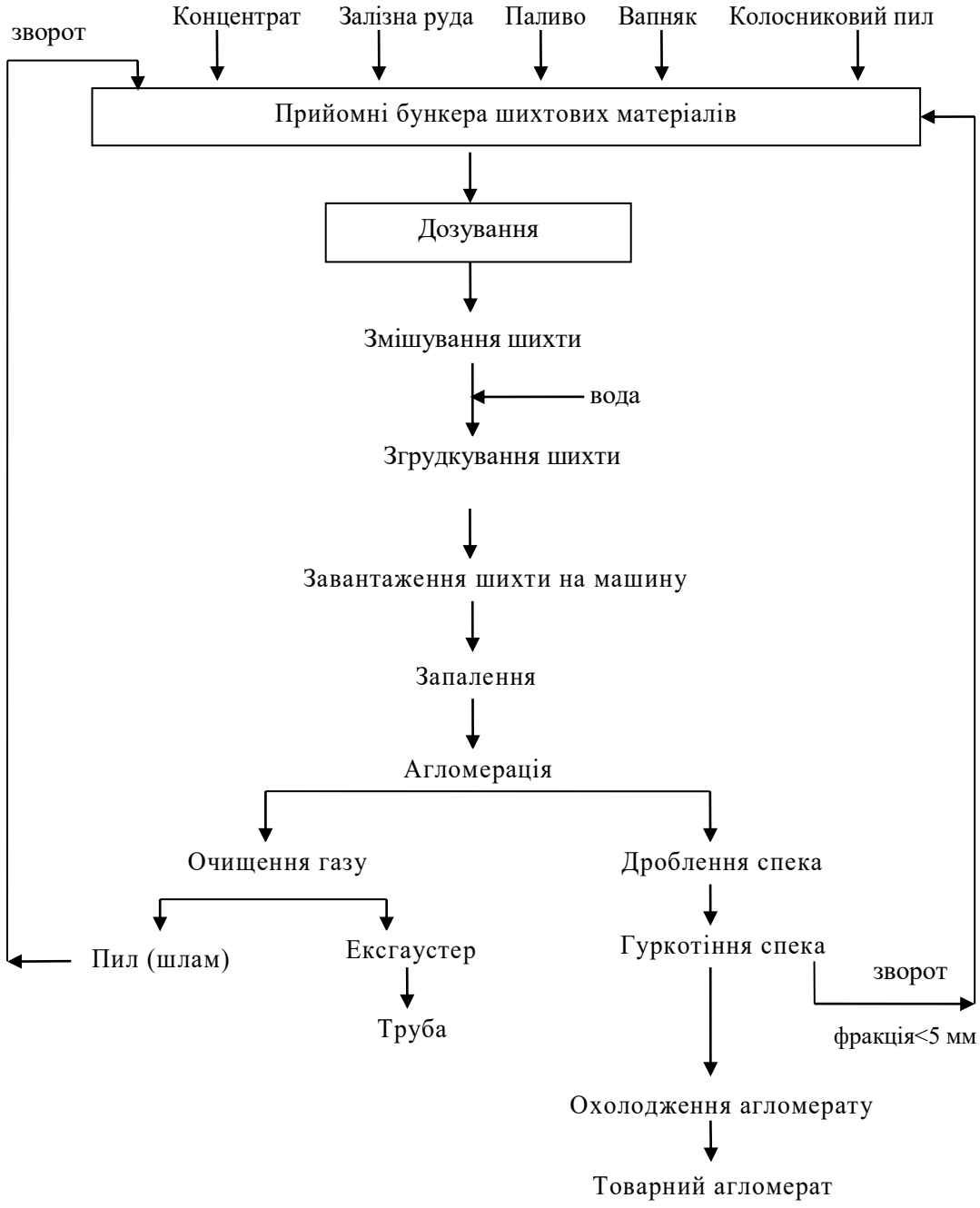


Рисунок 1.10 - Технологічна схема виробництва агломерату

Багаточисельні методи агломерації залежно від способу нагріву матеріалу можна розбити на дві групи. До першої групи відносяться способи, в яких тепло, необхідне для нагріву матеріалу, вноситься до його об'єму у вигляді гарячих газів, нагрітих поза цим об'ємом. До найбільш відомих методів, агломерації першої групи відноситься процеси здобуття агломерату в зваженому стані і в трубчастих печах, що обертаються. Унаслідок великого пилеуноса і підвищеної витрати тепла ці методи в даний час в металургійній практиці не застосовуються [2].

До другої групи відносяться способи, в яких тепло утворюється при горінні твердого палива усередині самого о шару, що спікається. Мається на увазі агломерація просмоктуванням. Спосіб агломерації просмоктуванням в даний час є основним в світовій практиці агломерації. Принцип агломерації методом просмоктування полягає в тому, що через шар залізорудних матеріалів, змішаних з невеликою кількістю дрібного твердого палива, просмоктується повітря. Завдяки цьому відносно вузька (20-40 мм) зона горіння, де відбуваються розм'якшення, плавлення матеріалу і формування агломерату, поступово переміщається в напряму руху газового потоку по висоті шару шихти і залишає за собою шар готового агломерату, що охолоджується [3].

До основних компонентам агломераційної шихти відносяться:

– залізорудний концентрат крупністю 0,074 мм;

– залізна руда або агломераційна руда крупністю до 12 мм (фракції 5-12 мм приблизно 20%, фракції менше 5 мм приблизно 80%);

– паливо (4-6%): коксик, відходи виробництва та штиб, крупність палива менше 5 мм;

– зворот – відходи агломераційного виробництва (30%), крупність менше 5 мм;

– флюсуючі добавки — вапняк і доломіт (~10%), крупність менше 3 мм;

– колошниковий пил, крупністю менше 1 мм.

Змішування шихти до однорідної маси здійснюється у барабані-змішувачі. Після цього шихта поступає на грудкування, яке здійснюється у барабані-згрудковувачі. Агломераційну шихту ретельно перемішують, зволожують (для поліпшення газопроникності шару додаючи 7-9% вологи від маси шихти). Після згрудкування шихта готова до спікання і її завантажують у проміжний бункер, який знаходиться на агломераційній стрічці. З бункерів, за допомогою живильників, шихта рівномірним шаром завантажується по всій ширині агломераційної стрічки шаром 400 мм [1].

Після гладилки шихта проходить під запалювальний горн (температура у горні 1250°С), де суміш природного та доменного газу підігріває поверхню шихти до 1000°С, для того щоб виникло запалювання палива у шарі шихти. Включається ексгаустер — вентилятор, що працює на відсмоктування. Під колосниковими гратами створюється розрідження 8-10 кПа, завдяки чому через шар просмоктується повітря, забезпечуючи займання і стійке горіння твердого палива або створення зони горіння. Процес спікання в нижче розташованих горизонтах здійснюється в результаті перенесення тепла з верхніх горизонтів і виділення необхідного тепла від горіння палива на даному горизонті [2].

Особливістю агломераційного процесу методом просмоктування є дуже швидке підвищення температури і невеликий час (1-2 хв) існування високих температур в шарі шихти. За цей час повинні здійснитися основні фізико-хімічні і мінералогічні перетворення, що забезпечують здобуття агломерату необхідної якості, зокрема вигорання сірки, дисоціація карбонатних з'єднань, нагрів частинок до температур плавлення і їх злипання і ін [2].

Спікання протікає таким чином. На колосникові грати (рисунок 1.11) завантажують тонкий шар постілі, тобто шар раніше отриманого агломерату, крупностью10-20 мм, який не дає шихті просипатися вниз. Потім в чашу завантажують агломераційну шихту шаром заввишки 200-350 мм. Після цього включають ексгаустер, який створює під колосниковими гратами розрідження

в 8000-10 000 Па і просмоктує через шар неперервний потік повітря. Якщо тепер над чашею на короткий час помістити, наприклад, газовий пальник, то частки палива, що знаходяться в шихті, запалали і горітимуть порівняно тонким шаром заввишки 15-30 мм. Цей шар безперервно опускатиметься вниз, нагріваючи і спікаючи шихту в агломерат. Процес закінчується, коли зона горіння досягає постілі.

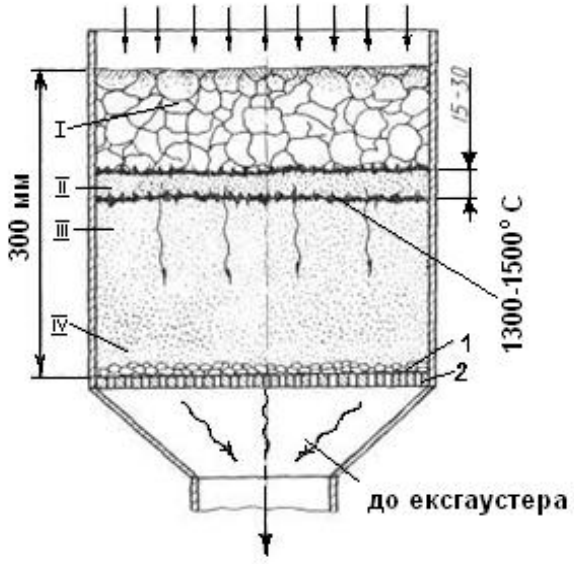


Рисунок 1.11 – Схема процесу спікання: 1 - постіль; 2 - колосникові грати. Зони спекаємого шару: I - підігрівання повітря і охолоджування агломерату; II - горіння і спікання; III - підігрівання шихти; IV - перезволоження

Спікаємий шар можна розбити на декілька зон, що характеризуються певними процесами. У верхній зоні I, що є вже спеченим горячим агломератом, відбувається підігрівання безперервно просмоктуваного зверху вниз повітря, яке, підігріваючись, охлолоджує агломерат. Тому зону I називають зоною підігрівання повітря і охолоджування агломерату. Під цією зоною знаходиться зона горіння і спікання II. У ній температура досягає 1300-1600°С, частково розплавляється руда і флюс, що призводить до спікання і утворення агломерату [1].

Гази, що виходять із зони спікання, потрапляють в шихту і нагрівають її – відбувається процес теплообміну між газом і шихтою. Зону III називають

зоною підігрівання шихти. Тут волога випаровується і водяні пари разом з газами переміщується в нижні шари. Оскільки температура в цих шарах нижча, то тут пари конденсуються і шихта перезволожується. Зона IV називається зоною перезволоження. При конденсації води шихта підігрівається до точки роси (60-70°С), далі пари води, що опускаються, вже не конденсуються і віддаляються з газами.

Таким чином весь об'єм шихти послідовно підігрівається до 1300-1600° з при вельми малій витраті палива (4-6% від маси шихти).

Основними хімічними процесами є процеси відновлення оксидів заліза. Умови для відновлення в зоні спікання - висока температура й наявність СО. Процеси відновлення протікають:

$$2Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2 + 37{,}1 \text{ МДж},$$

$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2 - 20{,}9 \text{ МДж},$$

$$FeO + CO = Fe + CO_2 + 13{,}6 \text{ МДж}.$$

Концентрація відновника не достатня, тому відновлення протікає головним чином, до Fe_3O_4 і в набагато меншій ступені до Fe. Відновлення ж до металічного заліза майже не відбувається.

Відновленні у зоні спікання оксиди заліза охолоджуються повітрям у зоні охолодження агломерату. Це створює умови для зворотного окислювання за реакцією:

$$4Fe_3O_4 + O_2 = 6Fe_2O_3,$$

у результаті чого в агломераті з'являється гематит, який називається гематитом вторинного походження.

Агломераційна шихта містить значну кількість карбонатів, внесених у шихту для офлюсування агломерату. При достатньому здрібнюванні флюсу

готовий агломерат не містить карбонатів, тому що в ході спікання відбувається їхнє інтенсивне розкладання.

Як відомо, дисоціація карбонатів протікає за схемою:

$$MeCO_3 = MeO + CO_2 \quad -Q,$$

Таблиця 1.3 - Значення Q і t для деяких карбонатів

Параметр	$CaCO_3$	$MgCO_3$	$FeCO_3$
Q, МДж	177,988	110,803	103,980
t, °С	905 - 920	640 - 660	380 - 400

Велике значення має поводження шкідливих домішок при агломерації. У процесі спікання руд з газами видаляється до 95 % сірки. Фосфор при агломерації не видаляється, а повністю переходить в агломерат. Миш'як видаляється всього на 10-12%, а цинк і свинець практично не видаляються [2].

Головним фізико-хімічним процесом у спікаємому шарі є процес спікання. У загальному виді він представляється так. У зоні спікання при нагріванні шихти до досить високої температури утворюються рідкі фази, які, розтікаючись по твердих частках, обволікають і склеюють їх. При охолодженні цього шару рідина кристалізується, утворюючи твердий міцний кістяк, який скріплює частки, що спікаються, в агломерат. Важливими факторами, що визначають цей процес, є фізичні й фізико-хімічні властивості рідких фаз - температура їх плавлення, змочування твердих часток, поверхневий натяг і ін. Міцність мінералів, що утворилися в результаті спікання, дуже впливає на міцність агломерату [1].

Горіння вуглецю в шарі, що спікається, протікає по реакціях:

$$C + O_2 = CO_2 \quad + 400{,}4 \text{ МДж},$$

$$C + 1/2O_2 = CO \quad +117{,}8 \text{ МДж}.$$

2 ЕКОЛОГІЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1 Відхідні гази агломашини. Характеристика пилогазового викиду на аглофабриці

Джерелами забруднення повітряного басейну на аглофабриках є агломераційні стрічки, барабанні й чашкові охолоджувачі агломерату, випалювальні печі, вузли пересипання, транспортування, сортування агломерату й компонентів, що входять до складу шихти для готування агломерату (руди, коксу, вапняку й інших матеріалів). Також достатня кількість пилу виділяється при розтріскуванні агломерату при русі й вібрації конвеєра. Найбільше поширення, а, отже, і найбільше пиловиділення відбувається при скиданні агломерату зі стрічки конвеєра у хвостовій частині агломашини – 600 г/т агломерату [3].

Про величину викидів по різних камерах агломашини (по її довжині) дають представлення дані таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Величини викидів по різних камерах агломашини

Вакуум-камери	1	2	6-26	28	30	32
Витрата газу, тис.м^3/год	28,5	18,5	10-14	17,0	17,0	23,0
Кількість пилу в газі, г/м^3	10,0	3,5	0,2-0,6	4,0	8,1	18,2

При більших швидкостях руху стрічки відбувається інтенсивне розтріскування агломерату, у тріщинах збирається пересушена маса, що є додатковим джерелом пилу і яка виноситься газами, що відходять, наприклад, при збільшенні швидкості руху конвеєра від 120 до 150 м/год кількість пилу в газах, що відходять, підвищується від 150 до 450 мг/м^3 [2]

При одержанні 1 т агломерату вихід агломераційних газів може становити 2500 – 4800 м^3. Середня температура агломераційних газів у

колекторі зон спікання 1500ºС, у колекторі зон охолодження 250 – 3000ºС. Викиди пилу з аглогазами залежать від кількості дрібних фракцій у шихті, її вологості й ступеню підготовки й можуть коливатися в межах 5 – 20кг/т агломерату. Запиленість звичайно становить 2 – 6 г/м^3. Зміст газоподібних компонентів, хімічний і дисперсний склади пилу агломашины АКМ1-75 наведені в таблицях 2.2, 2.3, 2.4 відповідно (по даним «Запоріжсталі»).

Таблиця 2.2 – Хімічний склад аглогазів %:

CO_2	O_2	CO	SO_2	NO_x
3,5-5,5	13-17	0,1-0,3	0,07-0,08	0,01

Таблиця 2.3 – Хімічний склад агломераційного пилу, %

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	$FeO_{заг}$	P_2O_5	MnO	S	C
6,1	0,96	7,26	0,72	57,7	0,12	0,3	0,26	2,25

Таблиця 2.4 – Дисперсний склад агломераційного пилу:

Розмір, мкм	0-4	4-10	10-25	25-40	40-100	100-400	400-100	>1000
Зміст, %	1,2	11,9	23,3	16,2	20,6	13,4	8,1	5,8

Поряд із джерелами організованих викидів на аглофабриці мають місце так звані неорганізовані викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Неорганізовані викиди - це викиди в атмосферу шкідливих речовин безпосередньо від місць їх виділення без спеціально призначеного газовідвідного тракту. Пиловиникнення відбувається на різних стадіях підготовки шихти – при вивантаженнях компонентів шихти, перевантаженнях, дробленні, здрібнюванні, а також дозуванні. Рясне пиловинекнення спостерігається в процесі сортування агломерату на самобалансових віброгуркітах, також при навантаженні агломерату у вагони.

У повітряно-пиловому потоці над відкритим вагоном коливається від 2,5 до 4,9 г/м^3 [2].

2.2 Огляд існуючих способів хімічного очищення газів від SO_2

На металургійних підприємствах більше 80% сірчистих з'єднань проникає в атмосферу разом з газами агломераційних фабрик. Велика кількість сірчистого ангідриду викидається при переробці сірчистих руд. В області хімічної промисловості основні джерела отрутних викидів – підприємства, що роблять сірку, сірчану кислоту й переробні ці продукти.

Для витягу сірчистого ангідриду з газів застосовуються такі методи:

– абсорбційні (використаються рідкі поглиначі);

– адсорбційні (використаються тверді поглиначі);

– каталітичні методи (окислювання сірчистого ангідриду в присутності каталізатора до сірчаного ангідриду SO_3 із поглинанням останнього водою й утворенням сірчаної кислоти, а також окислювання в рідкій фазі до сірчаного ангідриду, що потім перетворюється в сірчану кислоту за допомогою перекису водню, азотної кислоти й інших окислювачів) [5].

Найпоширеніші **абсорбційні способи**. Абсорбція являє собою процес розчинення газоподібного компонента в рідкому розчиннику. Абсорбційні системи розділяють: водні й неводні. У другому випадку застосовують звичайно малолетючі органічні рідини. Рідину використають для абсорбції тільки один раз або ж проводять її регенерацію, виділяючи забруднювач у чистому виді. Схеми з однократним використанням поглинача застосовують у тих випадках, коли абсорбція приводить безпосередньо до одержання готового продукту або напівпродукту. Наприклад, одержання мінеральних кислот (абсорбція SO_3 у виробництві сірчаної кислоти й абсорбція оксидів азоту у виробництві азотної кислоти), одержання солей (абсорбція оксидів азоту лужними розчинами з одержанням нітрит-нітратних лугів, абсорбція

водяними розчинами вапна або вапняку з одержанням сульфату кальцію), інших речовин (абсорбція NH_3 водою для одержання аміачної води й ін.).

Схеми з багаторазовим використанням поглинача (циклічні процеси) поширені ширше. Їх застосовують для вловлювання вуглеводнів, очищення від SO_2 димових газів ТЕС, очищення вентгазів від сірководню залізно-содовим методом з одержанням елементарної сірки, моноетаноламінове очищення газів від CO_2 в азотній промисловості.

Залежно від способу створення поверхні зіткнення фаз розрізняють поверхневі, барботажні й розпилюючи абсорбційні апарати.

У першій групі апаратів поверхнею контакту між фазами є дзеркало рідини або поверхня текучої плівки рідини. Сюди ж відносять насадочні абсорбенти, у яких рідина стікає по поверхні завантаженої в них насадки з тіл різної форми. У другій групі абсорбентів поверхня контакту збільшується завдяки розподілу потоків газу в рідину у вигляді пухирців і струменів. Барботаж здійснюють шляхом пропущення газу через заповнений рідиною апарат або в апаратах колонного типу з тарілками різної форми.

У третій групі поверхня контакту створюється шляхом розпилення рідини в масі газу. Поверхня контакту й ефективність процесу в цілому визначається дисперсністю розпиленої рідини [4].

Найбільше поширення одержали насадочні (поверхневі) і барботажні тарілчасті абсорбери. Для ефективного застосування водних абсорбційних середовищ видаляє компонент, що, повинен добре розчинятися в абсорбційному середовищі й часто хімічно взаємодіяти з водою, як, наприклад, при очищенні газів від HCl, HF, NH_3, NO_2. Для абсорбції газів з меншою розчинністю (SO_2, Cl_2, H_2S) використають лужні розчини на основі NaOH або $Ca(OH)_2$. Добавки хімічних реагентів у багатьох випадках збільшують ефективність абсорбції завдяки протіканню хімічних реакцій у плівці. Для очищення газів від вуглеводнів цей метод на практиці використають значно рідше, що обумовлено, насамперед , високою вартістю

абсорбентів. Загальними недоліками абсорбційних методів є утворення рідких стоків і громіздкість апаратурного оформлення [6].

Менш поширені адсорбційні методи. Їх можна рекомендувати для випадків, коли в газах присутній не більше 0,1-0,15% SO_2, немає пилу й домішок, що забруднюють або руйнує адсорбенти. Адсорбентами служать активоване вугілля, срібно-марганцеві композиції, складні сорбенти на основі окислів алюмінію, заліза, кобальту й ін.

Каталітичні способи (найчастіше із застосуванням ванадієвих каталізаторів) прийнятні тільки для газів, що не містять пил і каталізаторних отрут. Вони мало придатні для газів енергетичних і металургійних підприємств. Окислювання здійсненне й у розчині при наявності каталізатора й перекису водню, озону, азотною кислотою й ін.

Найбільше поширення одержали каталітичні методи знешкодження газів, що відходять, у нерухомому шарі каталізатора. Можна виділити два принципово різних методи здійснення процесу газоочистки – стаціонарному й у штучно створюваному нестаціонарному режимах.

Стаціонарний метод. Прийнятні для практики швидкості хімічних реакцій досягаються на більшості дешевих промислових каталізаторів при температурі 200 – 600° С. Після попереднього очищення від пилу (до 20 мг/м^3) і різних каталітичних отрут (As,Cl_2 і ін.) гази звичайно мають значно більше низьку температуру.

Підігрів газів до необхідних температур можна здійснювати за рахунок уведення гарячих димових газів або за допомогою електронагрівача. Після проходження шару каталізатора очищені гази викидаються в атмосферу, що вимагає значних енерговитрат. Домогтися зниження енерговитрат можна, якщо тепло газів, що відходять, використати для нагрівання газів, що надходять в очищення. Для нагрівання служать звичайно рекуперативні трубчасті теплообмінники. За певних умов, коли концентрація горючих домішок у газах, що відходять, перевищує 4-5 г/м^3, здійснення процесу за схемою з теплообмінником дозволяє обійтися без додаткових

витрат. Такі апарати можуть ефективно працювати тільки при постійних концентраціях (витратах) або при використанні зроблених систем автоматичного керування процесом.

Ці труднощі вдаються перебороти, проводячи газоочистку в нестаціонарному режимі [6].

Нестаціонарний метод (процес). Реверс-процес передбачає періодичну зміну напрямків фільтрації газової суміші в шарі каталізатора за допомогою спеціальних клапанів. Процес протікає в такий спосіб. Шар каталізатора попередньо нагрівають до температури, при якій каталітичний процес протікає з високою швидкістю. Після цього в апарат подають очищений газ із низькою температурою, при якій швидкість хімічного перетворення надзвичайно мала. Від прямого контакту із твердим матеріалом газ нагрівається, і в шарі каталізатора починає з помітною швидкістю йти каталітична реакція. Шар твердого матеріалу (каталізатора), віддаючи тепло газу, поступово прохолоджується до температури, рівній температурі газу на вході. Оскільки в ході реакції виділяється тепло, температура в шарі може перевищувати температуру початкового розігріву. У реакторі формується теплова хвиля, що переміщається в напрямку фільтрації реакційної суміші, тобто в напрямку виходу із шару. Періодичне перемикання напрямку подачі газу на протилежне дозволяє удержати теплову хвилю в межах шару як завгодно довго.

Перевага цього методу в стійкості роботи при коливаннях концентрацій горючих сумішей і відсутність теплообмінників.

Основним напрямком розвитку термокаталітичних методів є створення дешевих каталізаторів, що ефективно працюють при низьких температурах і стійких до різних отрут, а також розробка енергозберігаючих технологічних процесів з малими капітальними витратами на встаткування. Найбільш масове застосування термокаталітичні методи знаходять при очищенні газів від оксидів азоту, знешкодженні й утилізації різноманітних сірчистих з'єднань, знешкодження органічних сполук і CO.

Метод нестаціонарної конверсії діоксиду сірки призначений для переробки слабосірчаних газів, що відходять, металургійних виробництв у сірчану кислоту. Основна ідея нестаціонарного способу окислювання діоксиду сірки полягає в тому, що каталізатор виконує не тільки свою основну функцію – прискорення реакції, але також і функцію регенератора тепла. Процес здійснюється в контактному апарату, що працює в нестаціонарному режимі, що забезпечується періодичною зміною напрямку подачі газу.

Контактний апарат являє собою виконану з листової сталі вертикальну циліндричну камеру, усередині якої на ґратах між двома шарами кварцу розташовані два шари каталізатора. Засипання кварцу призначене для підігріву газу перед шарами каталізатора. У центрі апарата розташована труба з вікнами для виходу газу. Труба виконує функції змішувача газу, що сприяє кращому розподілу газового потоку по шарах каталізатора. Процес здійснюється в такий спосіб: на розігрітий у пусковому режимі до 400 – 450°С шари ванадієвого каталізатора подається сірчистий газ із температурою 40 – 60°С. Потрапляючи на гарячий каталізатор, газова суміш нагрівається до температур початку реакції й реагує виділяючи тепло. Внаслідок того, що каталізатор нагріває газ, а сам прохолоджується, гаряча зона (зона реакції) зміщається уздовж шару контактної маси в напрямку фільтрації газової суміші. Коли температура частини шару каталізатора знижується, перемикається напрямок подачі реакційної суміші на протилежне. Для перемикання напрямку газового потоку контактний вузол оснащений схемою автоматичного й ручного керування. Схема ручного керування передбачає перемикання положення задерикуватих клапанів як дистанційно, так і вручну на що підводять стиснене повітря трубопроводах. Схема автоматичного керування роботою перемикаючих клапанів передбачає зміну положення запірного органа перемикача або по заданій температурі в шарах контактної маси, або за часом за допомогою приладу КЕП-12У. По заданій температурі перемикання виробляється до досягненні заданої

мінімальної температури на одній із двох термопар, розташованих в обох шарах каталізатора [6].

Апарат нестаціонарної конверсії діоксиду сірки в сірчану кислоту відрізняється від застосовуваних у цей час багатополицевих контактних апаратів автотермічністю й значно меншою металоємністю. Впровадження процесу нестаціонарного окислювання дозволяє здійснювати переробку слабосірчаних газів з концентрацією діоксиду сірки 1 – 4%, заощаджувати 2,9 тис.т умовного палива в рік.

2.3 Вибір і обґрунтування способу й технологічної схеми очищення газів

У кваліфікаційній роботі пропонується очищення технологічних газів від шкідливих компонентів (сірчистий ангідрид), що утворюється у виробництві агломерату. Далі представлені недоліки різних методів, які можуть бути застосовні для очищення газів від SO_2, а також пропозиція свого методу, що має ряд переваг.

Недоліком абсорбційних методів є висока витрата абсорбентів, утворення рідких стоків, що важко утилізуються, а також громіздкість апаратурного оформлення.

Основний недолік адсорбційного методу полягає у великій енергоємності стадій десорбції й наступного поділу, що значно ускладнює його застосування для багатокомпонентних сумішей.

При застосуванні каталітичних методів у металургії одним з недоліків є необхідність підігріву газів до температури запалювання каталізатора, порядку 200 – 300°С. Це веде до збільшення енерговитрат, з огляду на, що більшість газів після пилоочищення мають температуру 50 – 150°С.

Перспективним методом очищення слабосірчанних газів є нестаціонарне каталітичне окислювання сірчистого ангідриду, у результаті переробки якого виходить сірчана кислота. Основна ідея нестаціонарного

способу окислювання діоксиду сірки полягає в тому, що каталізатор виконує не тільки свою основну функцію – прискорення реакції, але також і функцію регенератора тепла. Процес здійснюється в контактному апарату, що працює в нестаціонарному режимі, що забезпечується періодичною зміною напрямку подачі газу [5].

Даний метод можна використати для очищення гарячих, слабосірчаних газів агломераційного виробництва, з температурою до 150°С. Схема очищення наведена на кресленні.

Процес обраного хімічного очищення агломераційних газів здійснюється в такий спосіб. Після пилеочищення гази надходять у відділення хімічного очищення, де головну роль грає реактор каталітичного окислювання. Гази підігріваються при першому запуску пальником до температури запалювання каталізатора. Відбувається окислювання по реакції:

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

Ця реакція – екзотермічна, іде з виділенням тепла – відбувається нагрівання газів. Гази після реакції проходять через шар насадки й нагрівають її. Далі гази надходять у теплообмінник, де прохолоджуються очищеним газом до температури 80-100°С і попадають у скрубер, де зрошуються. Зрошення відбувається залежно від вмісту SO_3 і пар води в основному водою. Відбувається абсорбція з одержанням сірчаної кислоти, що надходить у циркуляційний бак і потім частина кислоти виводиться, а інша частина попадає на зрошення знову. Очищені гази, містять краплі рідини, що зрошує, і надходять у краплеуловлювач. У якості, якого застосовуємо мокрий електрофільтр. Після очищення газ надходить у теплообмінник, де підігрівається газами, що відходять, вище температури крапки роси й через димар викидається в атмосферу.

Даний метод має такі переваги:

– ступінь очищення досягає більше 90%, і зміст сірки на виході з димаря не перевищує норматив ПДВ;

– одержання сірчаної кислоти, яку можна використати на інших ділянках підприємства, наприклад, у прокатці [5].

2.3.1 Розрахунок очисних апаратів

Каталітичний реактор. При розрахунку каталітичного реактора площа фільтрації визначається з умов сталості швидкості фільтрації й визначається в такий спосіб, м^2:

$$S=\frac{V_г}{U_г}=\frac{38,9}{1}=38,9$$

де $V_Г$ – витрата газів, що очищують, м^3/с;

$V_Г$=140000 м^3/годину або 38,9 м^3/с;

$U_Г$ – задана швидкість фільтрації, м/с;

$U_Г$ =1 м/с.

Вибираємо каталізатор типу СВД (з температурою запалювання 380 – 640°С) [7].

Об’єм каталізатора розраховується з умови сталості об'ємної швидкості процесу по формулі, м^3:

$$V_{кат}=\frac{V_г}{W}=\frac{38,9\cdot 3600}{4000}=35$$

де $V_Г$ – витрата газів, що очищують, при нормальних умовах, м^3/год;

W – об'ємна швидкість, год$^{-1}$;

W=4000 год$^{-1}$.

Маса каталізатора визначається по формулі, т:

$$M_{кат}=0,6\cdot V_{кат}=0,6\cdot 35=21.$$

де 0,6 – насипна вага каталізатора, т/м^3.

Висота шару каталізатора визначається по формулі, м:

$$H_{кат}=\frac{V_{кат}}{S}=\frac{35}{38,9}=0,9$$

Діаметр каталізатора:

$$D=\sqrt{\frac{4S}{\pi n}}=7 \text{ м};$$

Висота каталізатора:

$$H=S/D=5,56 \text{ м}.$$

Скрубер-поглинач.

$$Q=\frac{(C_н-C_к)\cdot V_г}{1000}=\frac{(1,25-0,06)\cdot 140000}{1000}=167 \text{ кг/годину}$$

$$\Delta P=\frac{(p_1''-p_2'')\cdot(p_2'-p_1')}{2,3\lg\frac{p_1'-p_2''}{p_2'-p_1''}}=1,55\cdot 10^2 \text{Па}$$

Площа насадки:

$$F=\frac{Q}{k\cdot\Delta P}=\frac{167}{2{,}8\cdot1{,}55\cdot10^{2}}=3850\ м^2$$

Площа із запасом:

$$F'=1{,}2\cdot F=1{,}2\cdot3850=4620\ м^2$$

Загальний обсяг насадки, $м^3$:

$$V_н=\frac{F'}{d}=\frac{4620}{60}=77,$$

де d=60 – діаметр кілець.

Внутрішній діаметр холодильника, м:

$$Д_в=\sqrt{\frac{4V}{\pi w3600}}=\sqrt{\frac{4140000}{3{,}14\cdot1\cdot3600}}=7\ м.$$

Висота насадки, м:

$$H=\frac{4V_н}{\pi Д^2}=\frac{4\cdot77}{3{,}14\cdot49}=2.$$

Мокрий електрофільтр. Щільність газів при робочих умовах:

$$\rho_г=\rho_0\frac{(P_{бар}-P_г)}{P_{бар}}\cdot\frac{273}{(273+T)}=1{,}31\cdot\frac{(101{,}3-2)}{101{,}3}\cdot\frac{273}{(273+60)}=1{,}05\ кг/м^3$$

Витрата газів при робочих умовах, $м^3/с$:

$$V_г=\frac{V_0}{3600}\cdot\frac{\rho_0}{\rho_г}=\frac{1400}{3600}\cdot\frac{1,31}{1,05}=48,52$$

Необхідна площа поперечного перерізу активної зони електрофільтра, м^2, або швидкість газу в апарату $w_г$=2,5 м/с:

$$F=\frac{V_г}{w_г}=\frac{48,52}{2,5}=19,4.$$

Вибираємо 2 електрофільтра ШМК-9,6, що має площу поперечного переріза F=9,6м^2 і загальну площу осадження осаджуючих фільтрів $F_е$=530м^2. Тоді фактична швидкість газу в електрофільтрі, м/с:

$$w_г=\frac{V_г}{F}=\frac{48,52}{9,6\cdot2}=2,5.$$

Відносна щільність при стандартних умовах ($P_{ст}$=101,3 кПа, $T_{ст}$=20°С):

$$\beta=\frac{(P_{бар}-P_г)}{P_{бар}}\cdot\frac{T_{ст}}{(273+T)}=\frac{(101,3-2)}{101,3}\cdot\frac{(273+20)}{(273+60)}=0,86.$$

Критична напруженість електричного поля ,В/м:

$$E_{кр}=3,04\left(\beta+0,0311\sqrt{\frac{\beta}{R_1}}\right)\cdot10^6=3,04\left(0,86+0,0311\sqrt{\frac{0,86}{3}}\right)\cdot10^6=2665094,$$

де R1 – радіус коронуючого електрода, R_1=3 мм.

Критичне напруження корони для електрофільтра, В:

$$U_{кр}=E_{кр}\cdot R_1\cdot\left(\ln\frac{R_2}{R_1}\right)=2665094\cdot 0{,}003\cdot\left(\ln\frac{0{,}130}{0{,}003}\right)=30076,$$

де R_2 – радіус осаджуючого електрода, м;

Лінійна щільність струму корони, А/м: $i_0=2\pi R_2=2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}130=0{,}8164.$

Напруженість електричного поля, В/м:

$$E=\sqrt{\frac{8\cdot i_0\cdot R}{4\pi\cdot K\cdot\varepsilon_0\cdot D}}=\sqrt{\frac{8\cdot 0{,}8164\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}130}{4\cdot 3{,}14\cdot 0{,}26\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}\cdot 2{,}1\cdot 10^{-4}}}=3{,}74\cdot 10^{5},$$

де D – діаметр осаджуючого електрода, D=0,26;

ε_0 – діелектрична проникність вакууму, ф/м; $\varepsilon_0=8{,}85\cdot 10^{-12}$;

К – рухливість іонів у газах,$м^2/В\cdot с$, $К=2{,}1\cdot 10^{-4}$.

В'язкість компонентів:

$$\mu_{CO_2}=\mu_{0\,CO_2}\frac{273+C}{T+C}\sqrt{\left(\frac{273+T}{273}\right)^3}=0{,}22\cdot 10^{-4}\cdot\frac{273+254}{60+254}\sqrt{\left(\frac{273+60}{273}\right)^3}=0{,}5\cdot 10^{-4};$$

$$\mu_{O_2}=0{,}27\cdot 10^{-4}\cdot\frac{273+131}{60+131}\sqrt{\left(\frac{273+60}{273}\right)^3}=0{,}77\cdot 10^{-4};$$

$$\mu_{N_2}=0{,}231\cdot 10^{-4}\cdot\frac{273+114}{60+114}\sqrt{\left(\frac{273+60}{273}\right)^3}=0{,}69\cdot 10^{-4};$$

$$\mu_{H_2O}=10\cdot 10^{-6}\cdot\frac{273+961}{60+961}\sqrt{\left(\frac{273+60}{273}\right)^3}=0{,}24\cdot 10^{-4};$$

Відносна молекулярна маса, кг/моль:

$$\mu=\sum a_i\cdot\mu_i=(0,05\cdot44+18\cdot0,074+32\cdot0,14+28\cdot0,7359)=28,6172.$$

Швидкість, з радіусом крапель r=25мкм, м/с:

$$w_д=\frac{0,118\cdot10^{-10}\cdot E^2}{\mu}r=\frac{0,118\cdot10^{-10}\cdot\left(3,74\cdot10^5\right)^2}{0,229\cdot10^{-4}}r=7,2\cdot10^4r=3,6.$$

Питома поверхня осадження, м^2·с/м^3: $f=\frac{F_e}{V_г}=\frac{530}{48,52}=10,92.$

Коефіцієнт очищення:

$$\eta_i=1-e^{-f_{w_д}};$$

$$\eta=1-e^{-10,92}=0,98.$$

Агрегат живлення електрофільтра. Номінальний струм і напруга, які подаються на електрод (U_k), струм на одне поле:

$$I=i_0+l_e\cdot П_{пр}\frac{L_п}{S}=0,8164\cdot339\cdot3=830A=0,830\ мА,$$

де l_e – довжина 1-го електрода;

$П_{пр}$ – кількість проходів;

$L_п$- довжина 1-го поля.

Таким чином, приймаємо агрегат живлення типу АТФ-1000 (АТПОМ-1000).

Виходячи з особливостей очищення й обраних апаратів, підбираємо теплообмінник з габаритними розмірами: діаметр 2м, висота 8м.

2.3.2 Аеродинамічний розрахунок

Головні розрахункові формули для розрахунку аеродинаміки:

– щільність газів $$\rho_г = \rho_0 \frac{273(B_а + P_г)}{(273 + t_{рд}) \cdot 101,3},$$

де $t_{рд}$ – температура розрахункової ділянки.

– діаметр газоходу $$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi w}}$$

де Q – витрата газів при робочих умовах;

w – швидкість газу.

– опір ділянки $$\Delta P_l = \lambda \frac{l \cdot W^2}{d \cdot 2} \rho_г,$$

де λ – коефіцієнт опору тертю, приймаємо 0,02;

l - довжина розрахункової ділянки,м;

– місцеві опори $$\Delta P_м = \sum \zeta \frac{W^2}{2} \rho_г,$$

де ζ – коефіцієнт місцевих опорів.

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.5.

2.3.3 Вибір димососа

Димосос вибираємо на основі аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту. Продуктивність димососа $Q_у$ приймаємо із запасом

10% [7] незалежно від температури газів, але з виправленням на барометричний тиск $p_{бар}$:

$$Q_g = 1{,}1 \cdot Q_p \frac{101{,}3}{p_{бар}}$$

На четвертій розрахунковій ділянці, де встановлюємо димосос, Q_p=31,6 м^3/с=113760 м^3/год при робочих умовах.

$$Q_g = 1{,}1 \cdot 113760 \frac{101{,}3}{100} = 125136$$

Створюваний димососом тиск (розрідження), наведене до умов каталогу, по якому вибирається димосос $\Delta P_{кат}$, приймається рівним:

$$\Delta P_{кат} = 1{,}2 \cdot \Delta P_p \cdot K,$$

де 1,2 – коефіцієнт запасу;

ΔP_p – сумарний опір газовідвідному тракту, отримане в результаті аеродинамічного розрахунку;

К – коефіцієнт перерахування. $\cdot \Delta P_p$=3580Па [табл. 2.5];

$$K = \frac{(273 + t_г) \cdot 101{,}3 \cdot \rho_{ог}}{(273 + t_{кат}) \cdot p_{бар} \cdot \rho_{ов}}$$

Газ близький по складу з повітрям, тому $\rho_{ïâ} = \rho_{ïâ}$, $t_{кат}$ =100°С [7].

Середня температура газу на четвертій розрахунковій ділянці $\bar{t}_{ä}$=80°С.

$$K = \frac{(273+80)\cdot 101{,}3\cdot 1{,}293}{(273+100)\cdot 100\cdot 1{,}293} = 0.96$$

$$\Delta P_к = 1{,}2\cdot 3580\cdot 0{,}96 = 4124{,}16$$

Приймаємо до установки димосос ДН-21 [7] з наступними характеристиками:

- витрата газу 130 000 м^3/годину;
- створюваний тиск (розрідження) 530 мм в. ст. = 5787,9 Па;
- коефіцієнт корисної дії η=0,83;
- число оборотів n=980 об/хв.

Потужність димососа

$$N = \frac{Q_{кат}\cdot p_{кат}\cdot 10^{-3}}{\eta_{кат}\cdot K} = \frac{130000\cdot 5787{,}9\cdot 10^{-3}}{3600\cdot 0{,}83\cdot 1{,}01} = 246{,}4 \text{ кВт}$$

Димосос комплектується двигуном ДАМСО 157-8. Потужність електродвигуна 320 кВт. Напруга в мережі 6000 В.

Таблиця 2.5 – Основні дані аеродинамічного розрахунку

№ ділянки	Найменування	Витрата, $м^3/с$	Щільність газу, $кг/м^3$	Діаметр газоходу, м	Швидкість газу, м/с	Довжина ділянки, м	Опір	Втрати по довжині, Па	Місцеві опори, Па	Загальні, Па
1	Початок-каталізатор	38,89	0,78	1,6	19,35	10,5	пов.90º:3x1,5	19,2	657,25	675,45
2	З каталізатору - у теплообмінник	49,73	0,61	1,6	24,75	10,5	пов.90º:3x1,5=4,5 Конфузор:0,4	24,52	915,2	939,72
3	Теплообмінник-скрубер	31,27	0,97	1,4	20,32	5	пов.90º:1,5	14,3	80,132	94,432
4	Скрубер - перший електрофільтр	29,62	1,024	1,4	19,25	11	пов.90º:1,5 конфузор:0,55	35	389	424
5	Розгалуження - другий електрофільтр	14,81	1,024	1	18,87	12	пов.90º:1,5 диффузор:0,24	43,75	317,22	360,97
6	Вихід з електрофільтру - трійник	14,175	1,07	1	18,06	5	пов.90º:1,5 конфузор:0,55	13,42	357,7	371,12
7	Трійник-теплообмінник	28,35	1,07	1,3	21,37	15		56,38		56,38
8	Теплообмінник-димосос	31,6	0,96	1,4	20	5	пов.90º:1,5	13,7	288	301,7
9	Дим.труба	31,6	0,96	1,4	20	25	пов.90º:1,5	68,57	288	356,57
										3580

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика ступеня безпеки обраних технологічних процесів, рівня їхньої механізації й автоматизації

Безпека агломераційного процесу залежить від швидкості руху агломераційної стрічки, від характеру й змісту шихтових матеріалів і готового агломерату, від щільності укладання (газопроникності) шихти й характеру її розподілу. Таким чином, нормованими параметрами агломераційного процесу є маса вихідних матеріалів, що переробляють, і готового агломерату, швидкості їхнього переміщення, обсяг, тиск і температура на різних стадіях агломераційного процесу.

Агломерація залізорудних матеріалів характеризується різноманіттям операцій по підготовці й грудкуванню вихідної сировини. До основних з них відносяться: усереднення, дроблення, змішування, згрудкування, спікання. У кожній з перерахованих операцій можуть виникнути виробничі фактори, вплив яких може привести до травм. До таких факторів ставляться рушійні машини й механізми, вироби, заготівлі, матеріали, транспортери подачі сировини, випалювальні машини, дробильні засоби, вантажно-розвантажувальні пристрої, електрокари, рухливі поїзди тощо. Травмування ними можливо при порушенні правил безпеки.

При агломерації підвищену небезпеку створює робота з гарячим поверненням (600°С), що охолоджується в спеціальних охолоджувачах. Для персоналу, що обслуговує цю технологічну лінію, існує підвищена небезпека одержати термічні опіки від безпосереднього зіткнення з гарячим поверненням або побічно через паротворення при несправному обладнанні або порушенні інструкції з техніки безпеки [8].

При роботі з гарячим поверненням травмування персоналу можливо при викиді повернення з живильника. Крім того, у результаті влучення шихти, що не спеклася, в бункер гарячого повернення відбувається

інтенсивне паротворення, що спричиняє викид великої кількості пари через вікна видачі й повернення. Частота травмування працівників із цієї причини невелика, але одержувані при цьому травми (опіки) відносяться, як правило, до розряду важких і смертельних.

Аналіз рівня безпеки агломераційного процесу. Рівень безпеки оцінюється долями часу, при яких технологічний процес протікає без порушень безпеки.

Рівень безпеки процесу:

$$U_n = 1 - \frac{\sum t + \sum \tau + \sum \varphi}{T},$$

де $\sum t$ – загальна тривалість часу, коли процес проходить із порушеннями параметрів безпеки, відповідно в зоні з високою або низькою інтенсивністю процесу, години;

$\sum \tau$ – загальна тривалість екстремальних відхилень процесу, години;

$\sum \varphi$ – загальна тривалість часу, коли процес проходив з порушенням параметрів безпеки внаслідок дії зовнішніх факторів або поломки агрегату або його окремих частин, години;

T – час роботи агрегату, години.

Вихідні дані:

Порушення параметрів агломерації, год:

– наявність гнізд неспеченої шихти - 14;

– ріст розрідження й спаду температури газів, що відходять, - 9;

– широка зона розплаву агломерату - 8;

– наявність язиків полум'я на зламі агломерату - 5;

Усього: 36 год.

Екстремальні відхилення параметрів, год:

– сильне оплавлення верхнього шару пирога агломерату - 12;

– більша частина шару шихти зовсім не спікається - 14;

Усього: 26 год.

Порушення параметрів безпеки внаслідок дії зовнішніх факторів або поломки агломераційної машини, год:

– пухкий пиріг агломерату - 21;

– у шихті недостатньо палива - 24;

– низька температура запалювання шихти - 21;

Усього: 66 год.

Час безперервної роботи агломераційної машини – 720 год.

$$U_n=1-\frac{36+26+66}{720}=0,822 \text{ або } 82,2\%$$

Рівень безпеки процесу є високим.

Для того щоб підвищити безпеку агломераційного процесу, проводяться заходи щодо поліпшення роботи механізмів і обладнання, що забезпечують виробництво агломерату [8].

3.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Основними шкідливими й небезпечними факторами на аглофабриках є пил, гази, шум, тепловиділення. Оцінка факторів виробничого середовища й трудового процесу, а також їх фактичні й нормативні значення показані в таблиці 3.1.

Пил. Багато технологічних процесів (дроблення, перевантаження компонентів шихти й агломерату, їхнє перемішування й т.д.) супроводжується виділенням пилу, що негативно впливає на організм людини й в основному на його органи дихання, що іноді погіршує виробничу обстановку (видимість, орієнтування) у межах робочої зони й, що приводить до швидкого руйнування тертьових частин машини. Крім того, пил може бути вибухонебезпечної й бути джерелом статичних зарядів електрики [9, 10].

Постійно запиленими на аглофабриках є приміщення циклу повернення, дроблення, рудосортування, спікальних стрічок, шихтового відділення. Найбільш інтенсивне виділення пилу спостерігається при високому ступені здрібнювання, крихкості, малому змісті вологи й високій температурі. Аглопил є нетоксичним пилом і ПДК пилу становить 4мг/м^3.

Гази. Технологічні гази, що відходять від агломашини, містять такі шкідливі компоненти як сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, оксиди азоту, аміаку, їдкі луги, оксиди марганцю, тому невеликі кількості цих шкідливих речовин можуть надходити в повітря робочої зони. Концентрації таких шкідливих речовин як оксиди марганцю, їдких лугів і діоксида азота перевищують ПДК і становлять відповідно 5,8 мг/м , 1,9 мг/м , 4 мг/м (ПДК відповідно 0,05 мг/м ,0,5 мг/м , 2 мг/м).

Шум. Найбільш високі рівні шуму відзначаються на робочих місцях машиністів конвеєрів, машиністів чашевих огрудковувачів, гуркотів, машиністів вентиляторів і нагрівачів. Джерелами шуму на аглофабриках є ексгаустери, млини, дробарки, редуктори, вентилятори, компресори й насоси, ручний ударний інструмент, потік газу або рідини по трубопроводах, що транспортують системи й так далі.

На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств припустимий рівень звуку встановлений 75...80 дБА, для якого ймовірність ушкодження слуху практично дорівнює "0" при будь-якому стажі роботи, фактичний же рівень шуму на розглянутій ділянці становить 91 дБА, що перевищує норму [11].

Тепловиділення. При одержанні агломерату виділяється велика кількість надлишкового тепла від розпеченого пирога агломерату, при теплообміні з навколишнім середовищем нагрітих поверхонь горна й трубопроводів газоповітряних трактів, а також за рахунок витоку гарячих газів з горна, що пробиваються через щілини й нещільності в технологічному обладнанні.

При наявності відритих джерел тепла припустима наступна інтенсивність теплового опромінення працюючих 140 Вт/м^2. У робочому приміщенні теплове опромінення працюючих набагато перевищує норму й становить 3270 Вт/м^2.

Таблиця 3.1 – Оцінка факторів виробничого середовища й трудового процесу. Цех: агломераційний. Професія: агломератчик.

№	Фактори виробничого середовища й виробничого процесу	Норма-тивне значен-ня	Фактич-на вели-чина	3 клас – шкідливі й небезпечні умови й характер праці			
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	Час дії, %
1	Шкідливі хімічні речовини, мг\м^3:						
	1 клас небезпеки						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,064			6,4 р	90
	Бензапирен	0,01015	0,00025	1,6			90
	Марганцю оксиди	0,05	0,36			7,2 р	90
	2 клас небезпеки						
	Фенол	0,3	0,54	1,8			90
	Луги їдкі	0,5	1,29	2,58			94
	3 клас небезпеки						
	Ангідрид сірчистий	10	13,21	1,3			94
	Азоту діоксид	2	2,09	1,04			94
	Азоту оксид	5,0	23,4		4,7		90
	Аміак	20	23,06	1,15			94
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг\м^3: кремнію діоксид кристалічний при змісті в пилу від 2 до 10%	4	467,2			116,8 р	94
3	Вібрація (загальна й локальна), дБ	92	96		4		
4	Шум, дБ	80	91		11		94
5	Мікроклімат у приміщенні:						
	Температура, °С	26	30,2		4,2		94
	Швидкість руху повітря,м/с	0,2…0,6	0,32				94
	Відносна вологість повітря, %	55	44				
	Інфрачервоне випромінювання, ,Вт/м^2	140	3270			3270	94
6	Вага й напруженість праці	Середньої ваги 2б					

Таким чином, з таблиці 3.1 видно, що робоче місце має в наявності 6 факторів 1 ступеня, 4 фактора 2 ступеня, 4 фактора 3 ступеня. По показниках

робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо тяжкими умовами праці.

3.3 Технічні рішення по виробничій санітарії

Агломераційний цех відноситься до групи гарячих цехів. Гарячі цехи розміщають по можливості в одно - і двопрольотних будинках. В основних одноповерхових виробничих будинках варто застосовувати прольоти 24, 30 і 36 м. Крок основних колон по крайніх і середніх осях будинків з мостовими кранами рекомендується приймати рівним 12м. Обсяг виробничих приміщень на одного працюючого приймають не менш 15м^3, а площа не менш 4,5 м. Висоту приміщення від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного проходу людей приймають не менш 2 м, а в місцях нерегулярного проходу людей не менш 1,8 м.

Підлоги в спікальному відділенні агломераційного цеху мають рівну неслизьку поверхню, що відповідає гігієнічним і експлуатаційним вимогам. Підлоги втримуються в справному й чистому стані. Конструкції стін, колон і інших елементів будинків забезпечують можливість очищення їх від пилу.

Входи в будинки цеху розташовують так, щоб було зручно й безпечно проходити до робочих місць. При в'їзді транспорту й вході людей в приміщення, де працюють вантажопідйомні крани, у воротах, проходах і у дверях влаштовують світлову сигналізацію, що попереджає про небезпеки або забороняє в'їзд транспорту або прохід людей.

Прорізи для виїзду або в'їзду в цех транспорту всіх видів забезпечують воротами із хвіртками для проходу людей. Відкривання й закривання важких і більших воріт механізують. Виходи з будинків розташовані так, що вони були спрямовані у бік залізничних колій або автомобільних доріг.

При проектуванні будинків і споруджень, як правило, приймають типові конструкції й вироби. По периметру зовнішніх стін будинку

передбачають вимощення шириною не менш 0,5м з перевищенням виносу карниза не менш чим на 0,2 м и с ухилом 0,03...0,1 від будинку [10].

Між підприємством і житловим районом створюється санітарно-захисна зона, ширина якої залежить від кількості шкідливих речовин, що викидає підприємство у повітряний басейн. Санітарні норми проектування промислових підприємств установлюють ширину санітарно-захисної зони для першого класу підприємства рівну 1000 м.

В агломераційному цеху природна вентиляція здійснюється шляхом аерації – організованого регульованого природного повітрообміну, що підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища. У цеху доцільно застосовувати місцеву приточну вентиляцію для створення потоку повітря, спрямованого на робоче місце. Такий потік повітря має задані кліматичні параметри, так що на робочому місці створюються сприятливі умови повітряного середовища. Повітряні душі можна застосовувати й для зменшення концентрації газу й пилу на робочих місцях. Значення параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень наведені в таблиці 3.2. Системи опалення не передбачається, тому що в процесі виробництва агломерату виділяється дуже велика кількість тепла.

Таблиця 3.2 – Значення прийнятих припустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень

<table>
<tr><td rowspan="4">Характеристика виробничих приміщень по надлишковим тепловиділенням</td><td rowspan="4">Категорія роботи по вазі</td><td colspan="3">Період року</td><td rowspan="4">Температура повітря поза постійними робочими місцями,°С</td></tr>
<tr><td colspan="3">На постійних робочих місцях</td></tr>
<tr><td>Температура повітря,°С</td><td>Відносна вологість повітря, %</td><td>Швидкість руху повітря, м/с</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Більше23 Вт/м^3</td><td rowspan="2">Середньої ваги</td><td colspan="3">Холодний і перехідний період року</td><td rowspan="2">15...24</td></tr>
<tr><td>16...22</td><td>не > 75</td><td>не > 0,5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Середньої ваги</td><td colspan="3">Теплий період року</td><td rowspan="2">не > ніж на 5°С вище</td></tr>
<tr><td>не > 28</td><td>не > 55</td><td>0,5...1</td></tr>
</table>

Природне освітлення. Одним з найважливіших параметрів виробничої обстановки є освітлення. При природному освітленні необхідно передбачити мінімальну кількість віконних прорізів, що забезпечують нормативну освітленість у цеху, і максимальну доступність для очищення й заміни стекол. Відмовлятися зовсім від природного світла не треба, тому що це приводить до погіршення самопочуття працюючих і знижує їх продуктивність.

Для створення природної освітленості в будинках використовують світлові прорізи в стінах (вікна) і світлові прорізи (ліхтарі) на даху [8].

Штучне освітлення. Електричне освітлення необхідно для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення. Для освітлення головних прольотів основних відділень агломераційного цеху у зв'язку з великою висотою цих прольотів і відносно високими рівнями освітленості найбільш доцільні ртутні лампи високого тиску з поліпшеною передачею кольору (типу ДРЛ).

До числа побутових відносяться приміщення для задоволення санітарних і побутових потреб трудящих під час перебування їх на роботі: приміщення для прийому їжі, гардеробні, душові, убиральні, умивальні, курильні, пральні, обігрівання працюючі й питного водопостачання.

У вбиральнях, умивальних, і душових улаштовують водонепроникну підлогу, з ухилом до стічного трапа. Стіни на висоту не менш 1,5 м покривають вологостійким матеріалом. Побутові приміщення розміщають ближче до робочих місць.

Допоміжні відділення цехів, розташовані на деякій відстані від головного будинку, мають свої побутові приміщення, що складаються з роздягальної, душової, кімнати для прийому їжі й теплої вбиральні. На території підприємства створюють упорядженні озеленені площадки для відпочинку робітників. Їх розміщають на ділянках території між будинками, вільних від використання у виробничих цілях, і в зоні з найменшим впливом виробничих шкідників. Обов'язковий пристрій місць відпочинку на робочих

площадках. Їх улаштовують у вигляді альтанок або кабін для відпочинку, у яких установлюють лави зі спинками. Крім того, у ці кабіни (альтанки) подають охолоджене або кондиціоноване повітря, а також питну або газовану підсолену воду. Робітників постачають також підсоленою газованою водою (0,5% солі), з розрахунку 4,5дм^3 на одну людину в зміну [11].

Шум. Найбільш високі рівні шуму відзначаються на робочих місцях машиністів конвеєрів, машиністів чашевих огрудковувачів, гуркоту, машиністів вентиляторів і нагрівачів. Джерелами шуму на аглофабриках є ексгаустери, млини, дробарки, редуктори, вентилятори, компресори й насоси, ручний ударний інструмент, течія газу або рідини по трубопроводах, що транспортують системи й так далі. Шкідливий вплив шуму виражається в порушенні функції слуху й змінах нервової системи в результаті її перенапруги. Робота в умовах сильного шуму може викликати головний біль, запаморочення, ослаблення уваги до навколишнього оточення, нерідко знижує гостроту, сприйняття сигналів. Особливу небезпека являє собою спільний вплив шуму й вібрації, що може привести до захворювань серцево-судинної системи, розширенню вен, захворюванню плечових суглобів і до інших порушень.

На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях і на території підприємств припустимий рівень звуку встановлений 75...80 дБА, для якого ймовірність ушкодження слуху практично дорівнює "0" при будь-якому стажі роботи, фактичний же рівень шуму на розглянутій ділянці становить 91 дБА, що перевищує норму [12].

Для захисту робітників від шуму варто рекомендувати, насамперед , звукоізолювати вбудовані приміщення – головні пости керування, приміщення обчислювального центра, кімнати відпочинку. Для створення комфортних умов по шуму в зазначених приміщеннях необхідно облицювати стіни й стелі звуковбирними матеріалами, вікна встановити з подвійним склом і пружними прокладками по контуру, вхідні двері з тамбуром. Над шумливим обладнанням підвішують штучні звукопоглиначі – плоскі або

об’ємні звуковбирні елементи. Ослаблення шуму повітря-газопроводів досягають плавністю руху повітряного потоку, плавними переходами в місцях зміни напрямку трубопроводу, застосуванням глушителів. Для зниження шуму агрегатів використовують звукоізолюючі кожухи, у які вміщують або весь агрегат, або його шумливі вузли [10].

Тепловиділення. При одержанні агломерату виділяється велика кількість надлишкового тепла від розпеченого пирога агломерату, при теплообміні з навколишнім середовищем нагрітих поверхонь горна й трубопроводів газоповітряних трактів, а також за рахунок витоку гарячих газів з горна, що пробиваються через щілини й нещільності в технологічному обладнанні. При наявності відритих джерел тепла припустима наступна інтенсивність теплового опромінення працюючих 140 Вт/м^2. У робочому приміщенні теплове опромінення працюючих набагато перевищує норму й становить 3270 Вт/м^2.

В організмі людини залежно від роду діяльності щодоби виробляється від 500 до 6000 ккал тепла. Оскільки температура тіла постійна, то надлишки тепла віддаються в навколишнє середовище випромінюванням, конвекцією й випаром поту. При температурі повітря 20°С організм людини в стані спокою втрачає тепловипромінюванням приблизно 44%, конвекцією – 33% і випаром вологи – 23% тепла. Картина теплообміну істотно міняється, коли температура навколишнього середовища стає вище температури тіла, що нерідко спостерігається в літню пору на аглофабриках. При цих умовах уже навколишнє середовище буде нагрівати організм тепловипромінюванням і конвекцією. Тоді майже єдиним засобом тепловіддачі залишається випар вологи з поверхні тіла. Однак і цей сильний засіб боротьби організму з перегріванням має свої межі. При подальшому підвищенні температури середовища терморегуляція організму порушується й температура тіла починає підвищуватися, що може послужити причиною теплового удару, що приводить до втрати свідомості, а у важких випадках навіть до смерті

людини. При теплових ударах температура тіла підвищується до 41 – 42°С и вище [14].

3.4 Заходи щодо техніки безпеки

В агломераційному цеху використовуються чотирьохпровідникові електричні мережі із глухозаземленою нейтралью змінного струму й менше 1000В двухпровідні електричні мережі постійного струму.

У ланцюгах змінного струму використається напруга 36, 220, 380, 6000В. Напруга 36В використовується для живлення переносних освітлювальних ліхтарів, напруга 220В – для загального й локального освітлення, напруга 380, 6000В – для живлення електродвигунів і ексгаустерів.

У ланцюгах постійного струму використається напруга 65, 220В. Напруга 65В використовується для проведення зварювальних робот. Напруга 220В – для живлення двигунів постійного струму [8].

Виробничі приміщення агломераційного цеху по небезпеці поразки електричним струмом відносяться до особливо небезпечних приміщень, тому що вони мають чотири ознаки, властивих приміщенням з підвищеною небезпекою. Виробничі приміщення аглоцеха є:

- жаркими (під дією теплових випромінювань температура повітря перевищує 30°С);

- запиленими, зі струмопровідним пилом (за умовами технологічного процесу виділяється струмопровідний вугільний і залізорудний пил);

- с струмопровідними підлогами (металеві й залізобетонні підлоги);

- у приміщеннях можливий одночасний дотик людини до маючих з’єднання із землею металоконструкціям будинків, технологічним апаратам, механізмам з одного боку, і металевим корпусам електрообладнання з іншої.

Застосування чотирьохпровідної електричної мережі із глухо-заземленої нейтралью, а не трьохпровідної з ізольованою нейтралью, обґрунтовано наступними моментами:

- по технологічних вимогах чотирьохпровідна мережа дозволяє використати дві робочі напруги – лінійну й фазну. Наприклад, від чотирьопровідної мережі 380 В можна живити як силове навантаження – трифазну або однофазну, включаючи її між фазними проводами на лінійну напругу 380В, так і освітлювальну, включаючи її між фазним і нульовим проводами, тобто на фазну напругу 220В. При цьому досягається значне здешевлення електроустановки в цілому завдяки застосуванню меншого числа трансформаторів, меншого перетину проводів і т.п. Трифазна ж мережа дозволяє використати тільки одну напругу. За умовами безпеки в період нормального режиму роботи, за умовами дотику до фазного проведення, більше безпечна трьохпровідна мережа з ізольованою нейтралью. В аварійний період роботи безпечніше мережа із глухозаземленою нейтралью.

Застосування трьохпровідних мереж з ізольованої нейтралью доцільно в тих випадках, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції провідників мережі щодо землі. Такими є порівняно короткі мережі, не піддані впливу агресивного середовища й, що перебувають під постійним наглядом електротехнічного персоналу.

Виробниче середовище агломераційного цеху не задовольняє цим умовам. Електричні мережі в цеху піддаються впливу агресивного середовища, мають більшу довжину, через яку неможливо швидко відшукати або усунути пошкодження ізоляції, що робить доцільним застосування чотирьохпровідних електричних мереж із глухозаземленою нейтралью [8].

3.5 Міри пожежної безпеки

Процеси випалу вапняку й спікання агломерату є вибухопожежонебезпечними процесами, тому що для їхнього проведення

використовується природний газ. Природний газ має здатність проникати через незначні нещільності, тріщини або затвори у виробничі приміщення й може утворювати вибухонебезпечну газоповітряну суміш.

Підвищену пожежну небезпеку має процес транспортування твердого палива за допомогою конвеєрів. Транспортування палива характеризується одночасною наявністю великої кількості горючих матеріалів, можливістю утворення пилу, появи джерела запалювання й швидкого поширення вогню по самих матеріалах і транспортерних комунікаціях.

Джерелами виникнення пожежі під час використання транспортерів можуть бути: нагрівання стрічки в результаті тертя об провідний барабан (особливо інтенсивно підвищується температура у випадку заклинювання стрічки), розряди статичної електрики, самозаймання пилу [9].

Вибухова суміш дає вибух (запалюється) при наявності джерела запалення, яким може бути: відкритий вогонь, іскра, розпечений предмет або ж нагріванні суміші до температури самозапалювання.

Концентраційна межа вибуховості природного газу: 5,0....16,0%, температура самозапалювання 650°С.

Агломераційне виробництво відноситься до вибухопожежонебезпечних виробництв і має категорію Б.

В агломераційному цеху є склад для зберігання горючо – мастильних матеріалів. У приміщенні складу зберігаються легко займисті (бензин) і горючі рідини (масла, мазут). Приміщення має категорію небезпеки А (вибухопожежонебезпечна). Небезпека виникає у випадку розливу рідини й утворення над її поверхнею вибухонебезпечної пароповітряної суміші. Всі основні будівельні конструкції виконані з неспаленних матеріалів.

У будинках агломераційного цеху розміщаються виробничі приміщення різних категорій небезпеки: Б, Г, Д.

До категорії Б відносяться приміщення випалу вапняку на випалювальних машинах КМ-14 і ОПР, приміщення спікання агломерату.

До категорії Г відносяться приміщення шихтового відділення, відділення агломерації й гарячого повернення.

До категорії Д відносяться всі інші виробничі приміщення цеху.

Для запобігання пожеж виробничі приміщення різних категорій відділені друг від друга, а також від галерей транспортерів, коридорів і сходових маршів протипожежними стінами. Передбачені проектом прорізи в протипожежних стінах захищені протипожежними дверима, обладнаними пристроями для самозакривання.

В агломераційному цеху у виробничих будинках передбачені евакуаційні виходи, призначені для забезпечення безпечної евакуації людей, що перебувають у будинку, у випадку виникнення пожежі або аварії.

У всіх виробничих приміщеннях агломераційного цеху передбачені мінімум два евакуаційних виходи [10].

В агломераційному цеху, у приміщеннях складу пально-мастильних матеріалів і станції консистентного змащення застосована автоматична система пінного пожежогасіння. Систему пожежогасіння пускає в хід автоматична сигналізація. У якості оповіщувача застосований тепловий пожежний оповіщувач ТРВ-2.

В агломераційному цеху у випадку виникнення пожежі, для її гасіння застосовуються вода, хімічна піна, порошок, вуглекислота, пісок.

Евакуація людей при пожежі. У кожній будівлі необхідно забезпечити можливість швидкої і безпечної евакуації людей в разі виникнення пожежі. Безпека вимушеної евакуації людей при пожежі має первинне значення при розробці заходів протипожежного захисту. Для забезпечення безпеки людей при пожежах в будівлях і спорудах передбачаються евакуаційні дороги, по яких люди можуть досягти безпечного місця.

Евакуаційні виходи і сходи повинні задовольняти наступним умовам: найбільша відстань від робочого місця (по лінії вільних проходів) до евакуаційного виходу має бути не більше встановленого нормами; ширина

виходів і сходів повинна відповідати нормам; сумарна ширина виходів має бути не менше нормованою; число виходів і сходів - не менше два.

Ширіна евакуаційного виходу (дверей) має бути не менше 0,8 м. Двері на дорозі евакуації повинні відкриватися у напрямі виходу з приміщень [9].

Забезпечення захисту від диму здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв. Вони призначені для видалення диму, зниження температури і концентрації продуктів горіння в зоні пожежі і суміжних з ним приміщень з метою забезпечення необхідних умов для евакуації людей і роботи пожежних підрозділів. У агломераційному цеху передбачені як і природні – шахти димоусунення, так і примусові, - вентилятори і клапана димоусунення.

Визначення розрахункового й необхідного часу евакуації

Тому що самим протяжним є евакуаційний шлях N1 (див. креслення МФ Д2.090716.700 СК), то розрахунок будемо вести по ньому. Розглянемо даний шлях по ділянках:

Ділянка N1 – шлях від найбільш віддаленого робочого місця до звуження шляху; довжина ділянки l_1=30м, ширина ділянки δ_1=12м, число людей на ділянці N_1=3 чоловіка;

Ділянка N2 – звужена частина шляху; довжина ділянки l_2=5м, ширина ділянки δ_2=4м, число людей на ділянці N_2=3 чоловіка;

Ділянка N3 – шлях до коридору; довжина ділянки l_3=5м, ширина ділянки δ_3=12м, число людей на ділянці N_3=3 чоловіка;

Ділянка N4 – коридор, довжина ділянки l_4=22м, ширина ділянки δ_4=8м, число людей на ділянці N_4=3 чоловік;

Ділянка N5 – по коридору до дверного прорізу; довжина ділянки l_5=22м, ширина ділянки δ_5=8м, число людей на ділянці N5=6 чоловік, на цій ділянці відбувається злиття потоків людей, що евакуюються;

Ділянка N6 – дверний проріз, довжину ділянки приймаємо l_6=0,8м, ширина ділянки δ_6=3м, число людей на ділянці N_6=6 чоловік;

Ділянка N7 – сходовий марш (униз), довжина ділянки l_7=9,6м, ширина ділянки δ_7=3м, число людей на ділянці N_7=6 чоловік.

Знаходимо розрахунковий час евакуації по наступним формулам.

Щільність потоку на ділянці, м^2/м^2:

$$D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \delta},$$

де N – число людей на ділянці, чол..;

f – площа горизонтальної проекції людини; для дорослої людини приймаємо f=0,1;

l – довжина ділянки, м;

δ – ширина ділянки, м.

По величині D по додатку 16 [8] знаходимо швидкість руху людей на ділянці v і інтенсивність руху q.

Час евакуації на цій ділянці, хв:

$$\tau = \frac{l}{v},$$

Результати розрахунків розрахункового часу евакуації людей представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунковий час евакуації людей.

№ ділянки	Щільність потоку на ділянці, м^2/м^2	Швидкість руху людей на ділянці, м/хв	Інтенсивність руху, м/хв:	Час евакуації на цій ділянці, хв
1	0,001	100	1	0,3
2	0,015	100	1	0,05
3	0,005	100	1	0,05
4	0,002	100	1	0,22
5	0,003	100	1	0,22
6	-	80	8	0,001
7	-	100	0,89	0,096

Загальний розрахунковий час евакуації складе, хв:

$$\tau_Д = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 + \tau_7,$$

$$\tau_Д = 0,3 + 0,05 + 0,05 + 0,22 + 0,22 + 0,001 + 0,096 = 0,94 \text{ хв}$$

Знаходимо необхідний час евакуації по наступній формулі, хв:

$$\tau_{í} = \tau_{ï} + \tau_{ê} + \tau_{c},$$

де $\tau_{ï}$ - час, необхідний для евакуації з виробничого приміщення; для даного приміщення приймаю $\tau_{ï}$ =0.75 хв [9];

$\tau_{ê}$ - час, необхідне для евакуації по коридорах; $\tau_{ê}$ =1хв [9];

τ_{c} - час, необхідний для евакуації по сходам, τ_{c}=1 хв [9].

Необхідний час евакуації становить:

$$\tau_{í} = 0{,}75 + 1 + 1 = 2{,}75 \text{ хв}$$

Розрахунковий час евакуації $\tau_{Ð}$=0,94 хв вийшов менше необхідного часу евакуації $\tau_{í}$ =2,75 хв, то евакуаційний шлях обраний правильно.

4 ЕКОНОМІКА І ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Організація виробництва

Структура управління виробництвом повинна забезпечити оперативність, надійність, повноту контролю і керівництва ходу технологічного процесу.

Начальник цеху відповідає за своєчасне забезпечення цеху необхідними матеріалами, вдосконалення техніки і впровадження прогресивної технології, науковій організації праці, за стан техніки безпеки і охорони праці.

Заступник начальника цеху спільно з планово-розподільним відділом заводу складає оперативні графіки виробництва (тижневі, добові, змінні), видає завдання ділянкам цеху, здійснює системний контроль за їх виконанням, аналізує роботу цеху за добу і за місяць і на підставі цього спільно з економічними службами розробляє заходи щодо поліпшення техніко-економічних показників.

Начальник зміни є оперативним керівником і організатором роботи в зміні, його розпорядження обов'язкові для всього змінного персоналу. Він зобов'язаний забезпечити виконання змінного завдання виготовлення агломерату відповідно до добово-змінного графіка .

Функції контролю за виконанням суміжними цехами графіків постачання цеху сировиною, напівфабрикатами, транспортом, контроль і облік виконання змінних графіків, і надання допомозі ділянкам цеху в попередженні і усуненні причин відхилень від заданого режиму роботи покладені на змінних диспетчерів.

Ремонтну службу цеху очолює заступник начальника цеху по устаткуванню, що відповідає за стан і ремонт всього устаткування цеху.

Механік цеху під керівництвом помічника по устаткуванню складає графіки профілактичних оглядів устаткування, проводить ремонт його

відповідно до графіків, стежить за наявністю запасних частин на складі, особисто виробляє періодичний огляд механічного устаткування.

Електрик й енергетик цеху керують експлуатацією і ремонтом відповідно електроустаткування і енергоустаткування. Вони мають ті ж права і обов'язки, що і механік цеху.

Інженер-економіст здійснює техніко-економічне планерування, проводить аналіз роботи цеху і облік виконання плану основними агрегатами, ділянками і бригадами.

Безпосереднім керівником і організатором роботи на своїй ділянці є майстер. Майстер повинен забезпечити повне завантаження устаткування, економне витрачання сировини, матеріалів, палива і підвищення якості продукції, що випускається.

В агломераційному цеху 3-х змінний 5-ти бригадний графік виходів (безперервне виробництво), з тривалістю зміни 8 годин. Щодобово працює 3 бригади, 2 відпочивають.

Виробничу потужність агрегату визначаємо за формулою [13, 14]:

$$П = Н_т \cdot Т_{еф} \cdot N,$$

де $Н_т$ – продуктивність одиниці обладнання на одиницю часу (добу);

$Т_{еф}$ – річний ефективний фонд часу роботи одиниці устаткування, година;

N – кількість одиниць однотипного устаткування.

Ефективний фонд часу роботи устаткування за рік:

$$Т_{еф} = (Т_к – Т_{ппр}) \cdot 24,$$

де $Т_к$ – календарний фонд часу;

$Т_{ппр}$ – тривалість планово-попереджувальних ремонтів.

$$Т_{еф} = (365 – 5) \cdot 24 = 8640 \text{ годин} = 360 \text{ діб}$$

Визначаємо виробничу потужність агрегату:

$$П = 4320 \cdot 360 \cdot 4 = 6420800 \text{ т.}$$

Розрахунок явочної змінної чисельності основних робітників цеху проводимо з обліком норми чисельності:

$$Ч_{яв.\ зм.} = m \cdot Н_{ч},$$

де m – кількість агломераційних машин, що обслуговуються;

$Н_{ч}$ – норма чисельності (кількість робітників,які необхідні для обслуговування однієї агломераційної машини).

$$Ч_{яв.\ зм.} = 4 \cdot 9 = 36 \text{ чоловік.}$$

При п’ятибригадному графіку роботи штатна добова чисельність основних робочих рівняється:

$$Ч_{шт.\ доб.} = 5 \cdot Ч_{яв.\ зм.} = 5 \cdot 36 = 180$$

Для визначення списочної чисельності робітників використовуємо коефіцієнт списочності, який для п’ятибригадного графіку з восьмигодинним робочим днем дорівнює 1,179. Тоді списочна чисельність основних робітників дорівнює:

$$Ч_{сп} = Ч_{шт.\ доб.} \cdot К_{сп},$$

$$Ч_{сп} = 180 \cdot 1{,}179 = 212 \text{ чоловік}$$

Результати розрахунків представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Штатний розклад основних робітників цеху

Спеціальність	Розряд	Тарифна ставка, грн	Графік роботи	Чисельність по бригадам, чоловік					$Ч_{шт\ доб}$, чоловік	Резерв, чоловік	$Ч_{сп}$, чоловік
				1	2	3	4	5			
Змінний майстер	7	13,75	8 год 5ти бр	4	4	4	4	4	20	1	21
Агломератчик	6	11,96	8 год 5ти бр	8	8	8	8	8	40	2	42
Помічник агломератчика	5	10,40	8 год 5ти бр	12	12	12	12	12	60	1	61
Бункеровщик	6	11,96	8 год 5ти бр	6	6	6	6	6	30	1	31
Машиніст ексгаустера	5	10,40	8 год 5ти бр	6	6	6	6	6	30	1	31
Усього				36	36	36	36	36	180	6	186

Штатний розклад керівників та спеціалістів цеху наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Штатний розклад керівників та спеціалістів цеху

Посада	Кількість, чол..
Начальник цеху	1
Старший майстер	1
Зам. начальника цеху по виробництву	1
Економіст	1
Ст. інженер по охороні праці	1
Інженер бюро організації труда	1
Майстер зміни	5
Старший механік	1
Майстер механік	1
Старший електрик	1
Майстер електрик	1
Усього	15

4.2 Економічна частина

Капітальні вкладення у будівництво будівелі ділянки хімічної очистки агломераційного цеху [15]:

$$КВ_{БУДІВ} = Ц_{БУД} \cdot V_{БУД},$$

де $Ц_{БУД}$ – середня ціна 1 $м^3$ будівлі, грн;

$V_{БУД}$ – об'єм будівлі.

Капітальні витрати на обладнання:

$$КВ_О = Ц_О \cdot (1+К_{Т-П}+К_{Б-М})\cdot m,$$

де $Ц_О$ – ціна купівлі одиниці обладнання, грн;

$К_{Т-П}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-підготовчі витрати (0,1 від ціни обладнання);

$К_{Б-М}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на будівельно-монтажні роботи (0,15 від ціни обладнання);

m – кількість одиниць обладнання.

Для встановлення на ділянці хімочистки агломераційного цеху потрібне обладнання: мокрий електрофільтр, 2 шт.; димотяг, 1 шт.; реактор, 1 шт.; теплообмінник 1 шт; скрубер, 1 шт.

Амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$А = КВ \cdot Н_а,$$

де А – річна сума амортизаційних відрахувань, грн;

$Н_а$ – норма амортизації за рік, %.

Витрати на утримування та експлуатацію обладнання рахуємо укрупнюваним методом і приймаємо у розмірі 110% від величини амортизаційних відрахувань на обладнання.

Загальновиробничі витрати рахуємо укрупнюваним методом і приймаємо у розмірі 10% від величини амортизаційних відрахувань на обладнання:

У агломнраційному цеху по виробництву агломерату передбачається зниження собівартості продукції за рахунок встановлення в цеху системи хімічного очищення газів каталітичним способом, що надає можливість найбільш ефективно вловити SO_2, а отже отримати сірчану кислоту, яка надалі може використовуватися на інших ділянках підприємства, наприклад, у прокатці.

Розрахунок економічного ефекту від очищення газів від SO_2 робиться на підставі об'єму отриманої кислоти за рік, у процесі очищення, і відпускних цін, грн.:

$$Е_{кисл} = К_{ут} \cdot Ц_{ут},$$

де $К_{ут}$ - кількість кислоти, що отримали, т;

Ц - відпускна ціна за 1 т, грн.

Для розрахунку економічних показників газоочисної установки беремо усереднені значення основних робочих параметрів:

- технічна норма продуктивності газоочисної установки в проектному варіанті,$м^3$/год 140000;
- початкова концентрація SO_2 у проектному варіанті, г/$м^3$ 1;
- кінцева концентрація SO_2 у проектному варіанті, г/$м^3$ 0,06;
- питома витрата на зрошення у проектному варіанті, л/$м^3$ 5,25.

Річна виробнича потужність очисної установки, $м^3$:

$$М = Н_т \cdot Т_{еф},$$

де $Н_т$ – технічна норма продуктивності газоочисної установки, $м^3$/год;

$Т_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи газоочисної установки, год.

$$М = 140000 \cdot 8640 = 1209,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Кількість уловленого продукту знаходимо по реакціях:

$$SO_2+O_2=SO_3$$

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

Кількість сірчаної кислоти з 1г SO_2:

$$Q_{SO_2} = \frac{1 \cdot 80}{64} = 1{,}25\ г,$$

де 1- початкова концентрація SO_2;

80-молярна маса SO_3;

64-молярна маса SO_2.

$$Q_K = \frac{98 \cdot 1{,}25}{80} = 1{,}53\ г,$$

де 1,25- маса SO_3;

80-молярна маса SO_3;

98-молярна маса H_2SO_4.

У такий спосіб з 1 г SO_2 виходить 1,53 г сірчаної кислоти.

Кількість уловленого продукту в рік:

$$Q_{улов.л}^{прод} = m_{прод} \cdot T_{еф},$$

$$Q_{улов.л}^{прод} = 1{,}53 \cdot 140000 \cdot 8640 = 1850{,}688\ т$$

У кваліфікаційній роботі пропонується використати кислоту на інших ділянках підприємства.

В агломераційному цеху планується ввести в експлуатацію 4 агломераційні машини АКМ1-75 для спікання агломерату. Знаючи

собівартість продукції, можна визначити прибуток від вводу нового обладнання:

$$П = (Ц – С + Е) \cdot В,$$

де Ц – ціна одиниці продукції, грн;

С – собівартість продукції, гр.;

Е – зниження собівартості агломерату за рахунок відповідно скорочення тривалості плавки та утилізації пилу, грн;

В – річний обсяг виробництва, т.

Чистий прибуток визначають по формулі:

$$П_ч = П – (П \cdot (25\ \%/100\%)),$$

де 25% - податок на прибуток.

Визначаємо рентабельність цеху:

$$Р = (П_ч / С_р)\cdot 100\ \%,$$

де $С_р$ – собівартість річного обсягу виробництва, грн.

Розраховуємо економічну ефективність капітальних вкладень:

$$Е_р = П_ч / КВ_\Sigma,$$

$$Е_р = 258\ 999\ 000 / 1\ 209\ 655\ 060 = 0{,}21.$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$Т = 1 / Е = 1 / 0{,}21 = 4 \text{ роки}.$$

Основні показники роботи агломераційного цеху для спікання агломерату зведенні в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні показники роботи агломераційного цеху для спікання агломерату

№ п/п	Найменування показника	Одиниці виміру	Величина показника
1	Річний обсяг випуску агломерату	тонн	6 500 000
2	Річна виробнича потужність газоочисної установки	млн.м^3/рік	1209,6
3	Вміст SO_2 у агломераційних газах: - до очищення - після очищення	г/м^3	 1 0,06
4	Кількість утилізованого продукту (сірчаної кислоти)	т	1850,688
5	Річний прибуток (чистий)	млн. грн.	258,999
6	Рентабельність продукції	%	6,689
7	Величина капітальних вкладень	млн. грн.	1 209 655 060
8	Економічна ефективність капітальних вкладень	грн./грн.	0,21
9	Період окупності капітальних вкладень	років	4

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі розглянуто агломераційне виробництво з 4 агломераційними машинами типу АКМ1-75, що призводить до зменшення виробничих, енергетичних та економічних затрат на обслуговування агрегатів, процес здобуття агломерату, всі фізико-хімічні процеси, що відбуваються при агломерації. Описано конструкцію агломераційної машини, а також приведено характеристику пилегазового викиду на аглофабриці: CO_2 3,5-5,5%, O_2 13-17 %, CO 0,1-0,3%, SO_2 0,07-0,08%, NO_x 0,01%, запиленість газів складає 2-6 г/м^3.

2. Описано існуючі методи очищення газів від сірчистого ангідриду, представлені їхні недоліки. Обрано й обґрунтовано найбільш оптимальний по технічних параметрах метод очищення агломераційного газу. Обрано схему газоочистки, яка складається з каталітичного реактора, теплообмінника, скрубера-поглинача й двох мокрих трубчастих електрофільтрів. Хімічне очищення дозволяє досягнути ступеня очищення більше 90%, і вміст сірки на виході з димаря не перевищує норматив ПДВ, а одержана сірчана кислота може використовуватися на інших ділянках підприємства, наприклад, у прокатному виробництві.

3. Розглянуто потенційно небезпечні і шкідливі фактори виробничого середовища. Виконано розрахунок необхідного часу для евакуації робітників спікального корпуса агломераційного цеху.

4. Розроблено схему управління агломераційного цеху, розраховано штатну списочність, кількість робітників складає 186 чоловік. Здійснено розрахунок техніко-економічних показників роботи цеху. Вибраний метод є економічно доцільним. Термін окупності складає 4 роки, річний економічний прибуток 258,999 млн. грн, економічна ефективність капітальних вкладень 0,21.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Воденнікова О. С. Металургія чорних металів : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Металургія» освітньо-професійної програми «Металургія». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 144 с.

2. Фізико-хімічні основи і реалізація технології спікання агломерату основністю 1,6 з застосуванням руди родовища Суха балка / Я. В. Мяновська, Ю. С. Пройдак, Л. В. Камкіна та ін. Теорія і практика металургії. 2018. №6. С. 81–92. https://doi.org/10.34185/tpm.6.2018.11

3. Плотніков В.В., Саітгареєв Л.В. Інтенсифікація агломераційного процесу за рахунок вдосконалення технології комбінованого огрудкування і завантаження шихти. Вісник ПГТУ. Вип 25. 2018. С. 41–46.

4. ТІ 226-ОА-02-2019. Технологічна інструкція. Виробництво афлюсованого агломерату. Запоріжжя : ПАТ «Запоріжсталь». 2019. 34 с.

5. Кушакова Н. О. Металургійний комплекс України: загальна характеристика та сучасний стан розвитку. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2019. №23. С. 162–165.

6. Самойленко Н. М., Аверченко В. І., Байрачний В. Б. Системи технологій та промислова екологія : навчальний посібник. Харків : Лідер, 2020. 212 с.

7. Павлюк Ю.С. Методичні вказівки до розрахунку газового тракту газоочисної системи в курсових проєктах спецдисцеплін і дипломному проєктуванні для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 7.090409. Запоріжжя, 2002. 21с.

8. Тарасов В.К. Безпека технологічних процесів і устаткування. Запоріжжя, ЗДІА, 2008. 164с.

9. Геврик Є.О. Охорона праці: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

10. Ткачук К.Н. Филипчук В.Л., Каштанов С.Ф. Виробнича санітарія. Рівне : НУВГП, 2012. 443 с.

11. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. Основи охорони праці. Київ : Основа, 2006. 448 с.

12. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник. Львів, Афіша, 2000 352с.

13. Єгупов Ю.А. Організація виробництва на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 488 с.

14. Беренда Н.В., Малишева І.В. Організація виробництва. Методичні вказівки до виконання організаційної частини дипломного проекту для студентів ЗДІА професійного напрямку “Металургія” денної та заочної форми навчання. Запоріжжя, 2006. 38с.

15. Іващенко О.В. Методичні рекомендації до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401. Запоріжжя, 2004. 32 с.