

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи на тему
«Удосконалення системи завантаження залімістної шихти для виробництва агломерату основністю 1.35 продуктивністю, 4.7 млн т/рік.»: с., табл., 8 рис., джерел, додатки.

Об'єкт дослідження: система завантаження агломераційної та залізовмісної агломераційної шихти.

Предмет дослідження: процеси формування та розподілу шихти при її подачі на агломераційну машину.

Мета роботи: удосконалення конструкції завантажувального пристрою та впровадження аеродинамічної сепарації.

Методи дослідження: техніко-економічний аналіз, патентний аналіз, розрахункові методи.

Результати роботи: розроблено технічне рішення для удосконалення системи завантаження, яке забезпечує рівномірний розподіл вуглецю по висоті шару шихти, знижує питому витрату твердого палива та підвищує продуктивність агломераційного процесу.

ЗАЛІЗОМІСТНА АГЛОМЕРАЦІЙНА ШИХТА, СИСТЕМА ЗАВАНТАЖЕННЯ,
ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ШИХТИ, ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА
СИСТЕМА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА

ЗМІСТ

ВСТУП.....	1
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ	РОЗДІЛ
1.1. Сутність та значення агломераційної шихти у металургійному виробництві	
1.2. Сучасні методи та технології завантаження агломераційної шихти	
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЗАВАНТАЖЕННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ТА ЗАЛІМІСТНОЇ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ.	
Розрахунок параметрів шихти та технологічного обладнання	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Металургійна промисловість є однією з ключових галузей економіки, яка забезпечує виробництво основних матеріалів для багатьох інших секторів, таких як машинобудування, будівництво, енергетика та інші. В умовах сучасної глобалізації та зростаючої конкуренції на світовому ринку, підвищення ефективності виробництва та покращення якості продукції стають критично важливими завданнями для металургійних підприємств.

Одним з найважливіших етапів у виробництві чавуну є підготовка та завантаження агломераційної шихти, яка складається з залізовмісних матеріалів та допоміжних компонентів. Ефективність цього процесу безпосередньо впливає на якість кінцевої продукції, економічні показники виробництва, екологічні аспекти та безпеку праці. Традиційні методи завантаження шихти часто супроводжуються значними втратами матеріалу, високими енерговитратами, утворенням пилу та іншими проблемами, що потребують вирішення.

Актуальність даної теми полягає у необхідності пошуку нових підходів до модернізації існуючих систем завантаження агломераційної шихти, що дозволить підвищити конкурентоспроможність підприємств, забезпечити стабільний розвиток галузі та відповідати вимогам сучасного ринку. Удосконалення системи завантаження агломераційної шихти є важливим кроком на шляху до сталого розвитку металургійної промисловості та впровадження передових технологій у виробничий процес.

Мета і задачі даної роботи є удосконалення системи завантаження залізовмісної агломераційної шихти, для підвищення ефективності виробничого процесу, покращення якості продукції, зниження витрат на обслуговування та експлуатацію, а також мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

1.Удосконалення системи завантаження агломераційної шихти

1.1. Сутність та значення агломераційної шихти у металургійному виробництві

Агломерація - спосіб термічного окускування пилюватих дрібних руд, концентратів і металовмісних відходів шляхом їх спікання. Найбільш широко агломерація застосовується для підготовки залізорудної сировини для металургійного виробництва чавуну.

Агломерація залізорудного концентрату, є заключною операцією в комплексі заходів із підготовки залізних руд до доменної плавки. Головна мета цієї операції полягає в тому, щоб перетворити дрібний рудний концентрат на більші шматки - агломерат, використання якого в доменній плавці забезпечує формування шару шихти хорошої газопроникності, що є неодмінною умовою високопродуктивної роботи доменної печі.

Руда в цьому процесі – центральний компонент. До неї приєднуються та спікаються інші елементи шихти. Інгредієнти надходять у приймальні бункери на рудному дворі, куди залізницею чи самоскидами привозять сировину. З бункерів матеріали в певному співвідношенні подаються в барабани-змішувачі. Це схоже на блендер.

Барабанний живильник (рис.1) являє собою циліндроконічну камеру відкриту з обох сторін і обладнану внутрішньою перегородкою для подачі подрібнюваного матеріалу у млин.

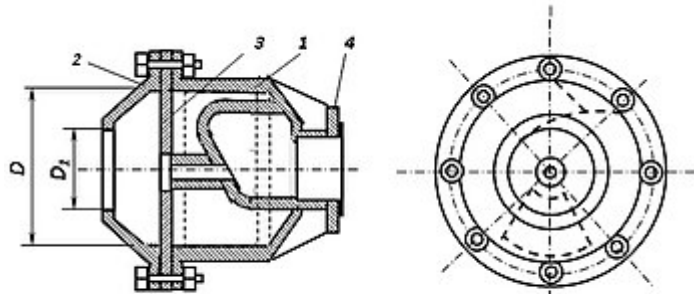


Рис. – Барабанний живильник. 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – діафрагма; 4 – фланець.

Корпус 1 живильника відливається з чавуну або зварюється із сталевих листів. Збоку завантаження матеріалу до корпусу болтами кріпиться кришка 2 у формі зрізаного конуса з круглим отвором при меншій основі для прийому матеріалу.

Між корпусом і кришкою встановлюється діафрагма 3 з листової сталі з секторним отвором для пропуску матеріалу на спіраль корпусу. Живильник кріпиться фланцем 4 до завантажувальної цапфи барабана млина.

Барабанні живильники застосовуються для завантаження матеріалу крупністю до 70 мм на рівні осі млина.

Шихту перемішують і зволожують у спеціальних агрегатах. Поступово вона скочується в грудочки, стає зернистою та пухкою, що підвищує її газопроникність.

Тобто газ легше з'єднується з частинками палива, дозволяючи масі рівномірно спікатися.

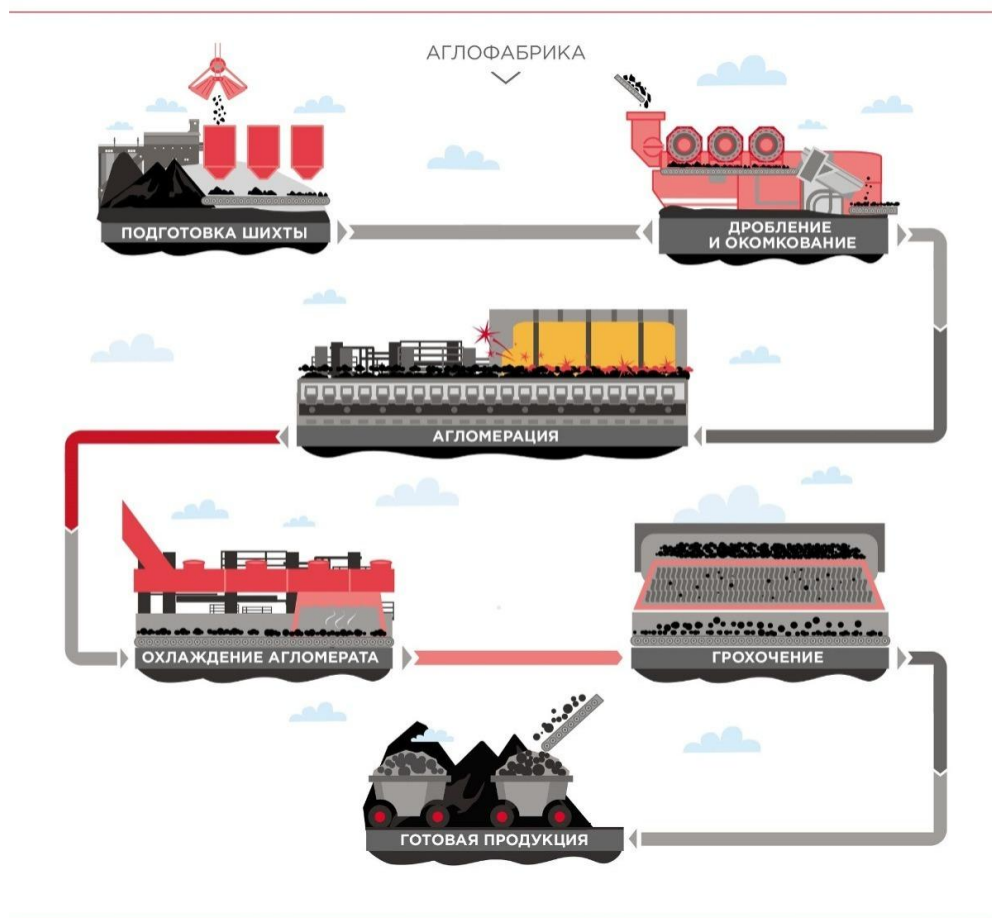


Рис 2 Виробництво агломерату

Для шихты стелять подстилку из некондиции или больших шматочков шихты, что залишилась от попередньої партії агломерату.

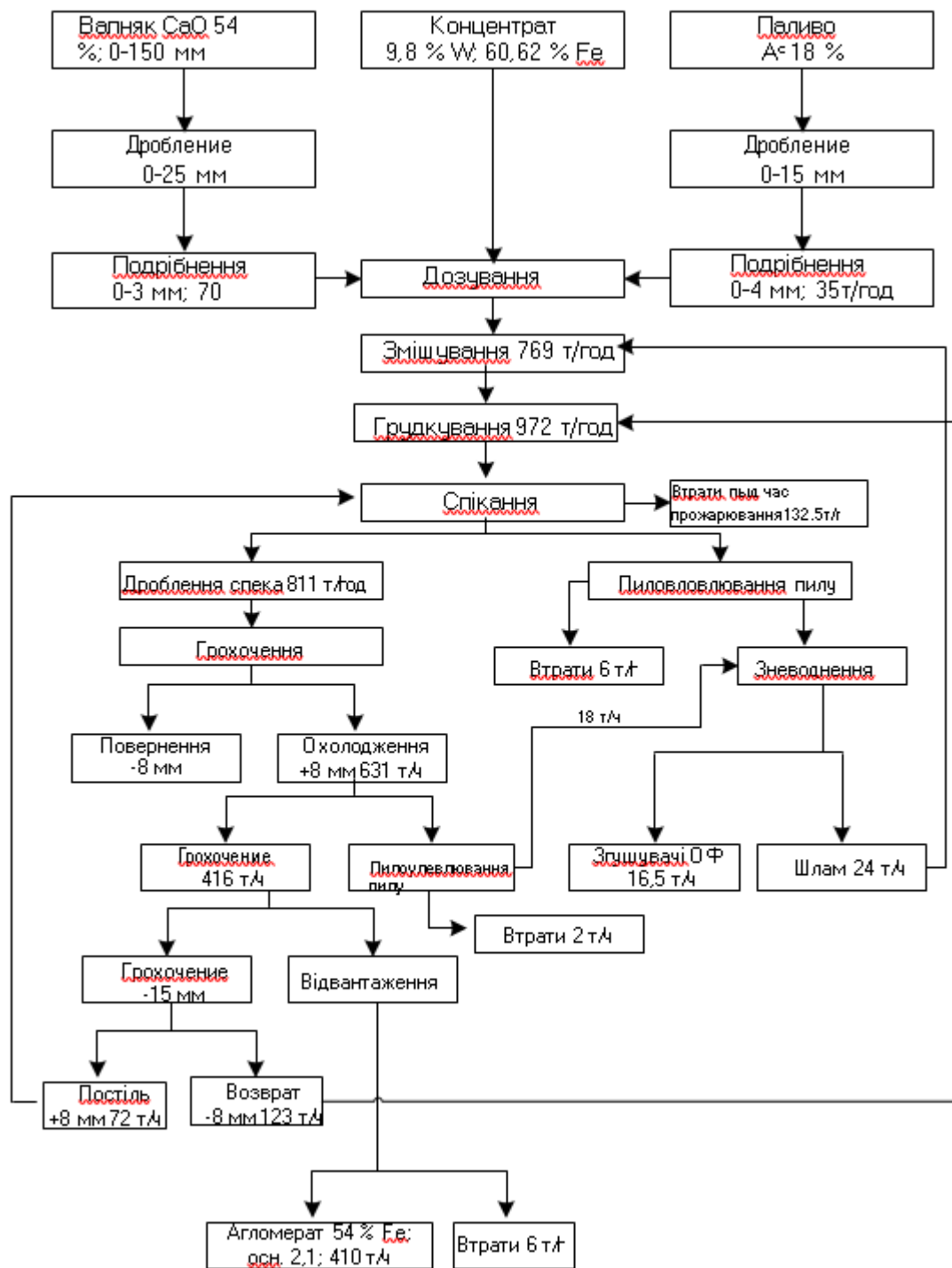
Тут, як і у звичайній печі, теж є колосники – ґрати, на які вкладається аглоруда й паливо. На металургійних заводах переважно працюють агломашины стрічкового типу. Це безперервний ланцюг спікальних візків із дном із колосникових ґрат.

Процес спікання починається в горні агломашины – там запалюють суміш природного газу та повітря. Температура в горні досягає 1400 °С.

Під впливом високої температури вогонь переходить на верхній шар шихты. Зона горіння поступово просувається зверху донизу. Весь процес займає 10-20 хвилин. Пропеченому «коржу» треба охолонути у спеціальному місці. Воно так і називається – зона охолодження.

Гарячий агломерат охолоджують до 400-600 ° С у вакуумному режимі. Готовий продукт скидають у кінці машини з візків, дроблять, відсівають на грохотах,

охолоджують повітрям або водою та відправляють у доменний цех. Дрібні шматочки агломерату повертають до змішувача для підготовки шихти – вони підуть у хід при приготуванні іншої порції агломерату.



Технологічна схема виробництва агломерату

1.2. Сучасні методи та технології завантаження агломераційної шихти

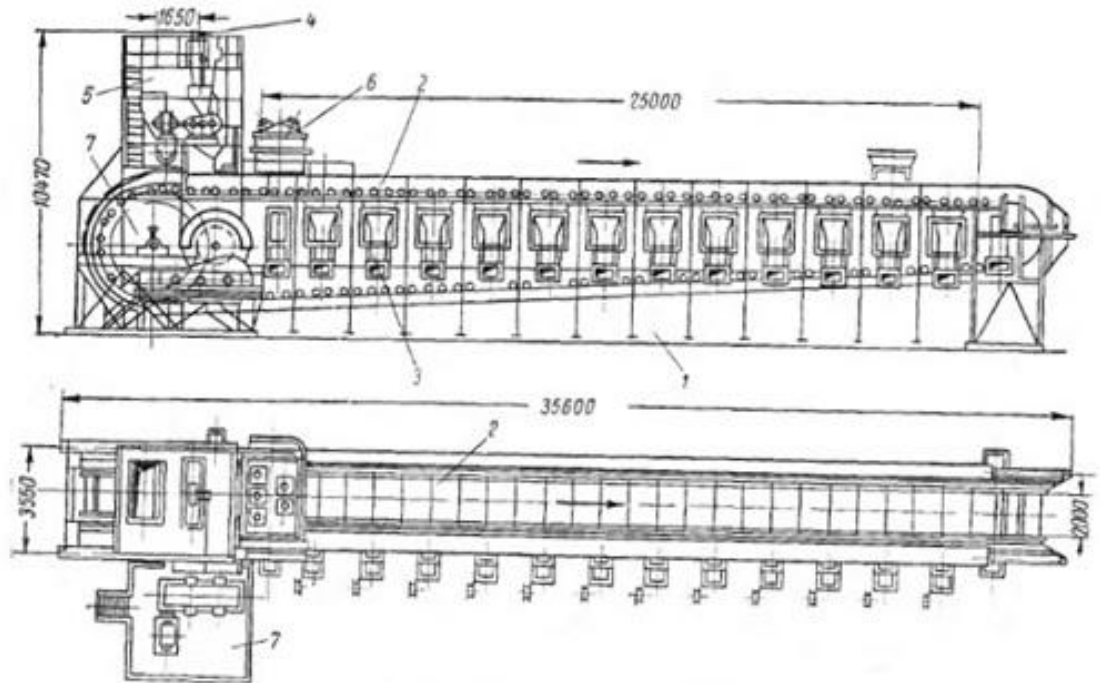


Рис. 3 Агломераційна машина 50 м²:

1 - каркас машини; 2 - візки; 3 - камери розрідження; 4 - завантаження шихти; 5 - завантаження постелі; 6 - піч запалювання; 7 - привід машини.

Шар шихти доводиться до певної високої температури завдяки невеликій печі, яка опалюється тільки вуглецевим паливом і знаходиться над машиною. Піч виділяє газу високої температури, які спрямовані на шар шихти, в результаті температура шару підвищується і в ньому починається процес окислення, пізніше спікання. Під решіткою, в газовій камері, створюється екстаустер, який подається в шар спікаемого матеріалу, за рахунок чого відбувається окислювальний процес.

Увесь готовий спіклий матеріал рухається на візку, швидкість якого становить до 4 метрів за хвилину, у хвіст машини, у підсумку від ударів візка один об одного та розриву підстави його від поїзда, відбувається скидання з решітки агломерату в бункер для приймання. Ширина решітки агломераційної машини становить 1-4 м, до ефективної довжини конструкції 6,6 - 75 м. Уся площа машини має 6,6-300 кв.м.

В першому розділі були розглянуті теоретичні аспекти, пов'язані з удосконаленням системи завантаження агломераційної шихти. Основні висновки цього розділу можна підсумувати наступним чином:

Ці теоретичні висновки створюють основу для подальших досліджень і практичних рішень, спрямованих на оптимізацію системи завантаження агломераційної шихти

стисненого газу в зону переміщення матеріалу, виконану у вигляді сопел, сполучених із газопідвідним колектором.

Недоліком відомого технічного рішення є високий ступінь забруднення поверхні приймального аркуша (секції) матеріалом, що вивантажується, його скупчення і систематичне обвалення на нижчу поверхню, що призводить до утворення нерівностей по висоті шару шихти. Забрудненість поверхні транспортування та налипання на ній шихти сприяє низькій якості формування шару матеріалу, що транспортується, по висоті та ширині спікального візка, за рахунок погіршення сегрегації шихти, результатом чого є нерівномірність її газопроникності.

Завдання, на здійснення якого спрямоване технічне рішення, - зниження ступеня забруднення транспортувальної поверхні та налипання на ній шихти. При цьому досягається отримання такого технічного результату, як поліпшення сегрегації матеріалу, що транспортується, і забезпечення рівномірності газопроникності шару шихти за рахунок збільшення її порозності.

Вищевказані недоліки виключаються тим, що в завантажувальному пристрої агломераційної машини, який містить бункер, живильник, поверхню, яка транспортує, виконану за довжиною у вигляді секцій, і систему подавання газу під надлишковим тиском у напрямі переміщення матеріалу (шихти), виконану у вигляді сопел, сполучених із колектором, який газопідводить газ, кожному з секцій поверхні, яка транспортує, закріплено шарнірно з можливістю переміщення у вертикальній площині та перекриття секції, яка розташована нижче, з утворенням проміжку, кожна із сопел виконана щілиною.

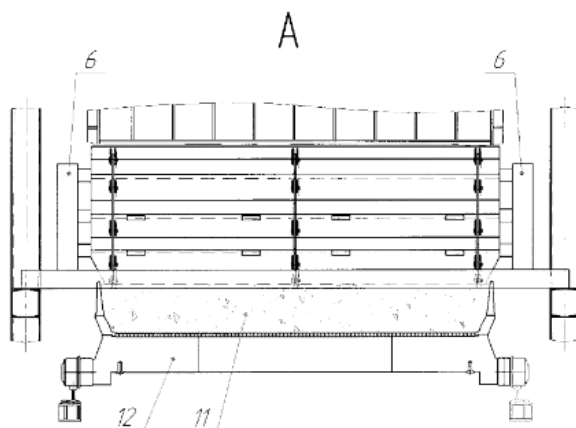


Рис 5 розріз А
Завантажувального
пристрою

Порівняльний аналіз запропонованого технічного рішення з прототипом показує, що технічне рішення, що заявляється, відрізняється від відомого своїм конструктивним виконанням поверхні транспортування і взаємним розташуванням секцій останньої та щілин сопел системи подачі газу під надлишковим тиском.

Порівняльний аналіз запропонованого технічного рішення не тільки з прототипом, а й з іншими технічними рішеннями не дав змоги виявити суттєві ознаки, притаманні пропонованому технічному рішення. Таким чином, пропонована сукупність суттєвих відмінностей забезпечує отримання вищевказаного технічного результату.

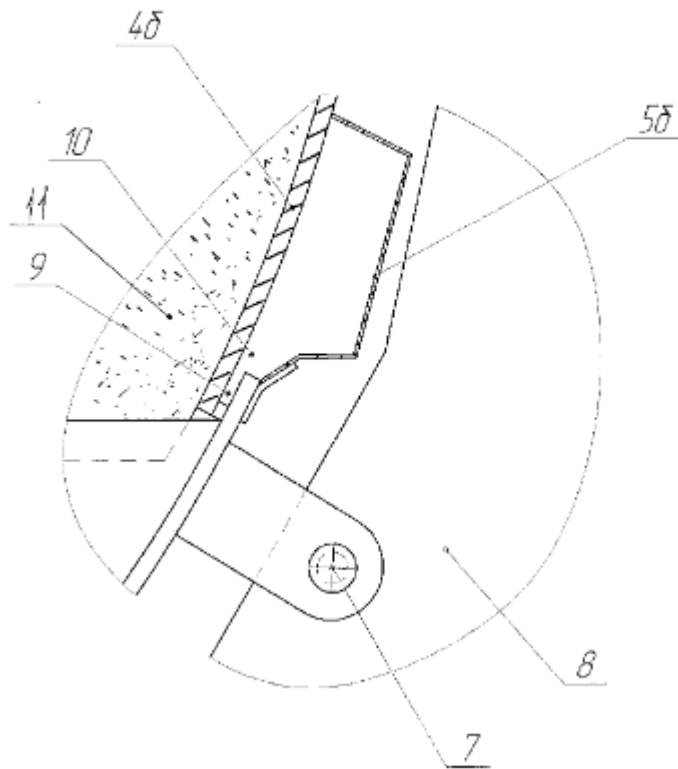
Запропоноване технічне рішення буде зрозуміле з наступного опису та доданих до нього креслень:

На Рис.4 - зображено загальний вигляд запропонованого завантажувального пристрою агломераційної машини;

На Рис.5 - зображено вигляд А.

На Рис.6 - зображено фрагмент - Б .

Б



Завантажувальний пристрій агломераційної машини містить розвантажувальний бункер 1, барабанный живильник 2, похилий лоток 3 - стабілізатор потоку шихти, поверхню для транспортування, виконану по довжині у вигляді секцій 4а, 4б, 4в, 4г. Завантажувальний пристрій містить також систему подачі газу під надлишковим тиском у напрямі переміщення матеріалу, яка виконана у вигляді щілинних сопел 5а, 5б, 5в, сполучених із газопідвідним колектором 6. Кожна зі згаданих секцій 4а, 4б, 4в, 4г транспортувальної поверхні закріплена шарнірно за допомогою осей 7 на основі 8 з можливістю переміщення у вертикальній площині та з можливістю перекриття нижчої секції з утворенням зазору 9. При цьому щілини 10 сопел 5а, 5б, 5в зорієнтовані в напрямку згаданих зазорів 9.

Завантажувальний пристрій агломераційної машини працює таким чином.

Матеріал 11 (шихта), що завантажується, з бункера 1 за допомогою барабанного живильника 2 надходить на похилий лоток 3 - стабілізатор потоку матеріалу і, сповзаючи по ньому, потрапляє на транспортувальну поверхню, переміщуючись секціями 4а, 4б, 4в, 4г, з якої вивантажується на палети спікальних візків 12. Від колектора 6 газ (повітря) під надлишковим тиском подається на сопла 5а, 5б, 5в, щілини 10 яких зорієнтовані в напрямі зазорів 9 між секціями 4а, 4б, 4в, 4г транспортувальної поверхні, а також у напрямі переміщення завантажуваного матеріалу 11 (шихти).

Під час подавання газу (повітря) під надлишковим тиском через щілинні сопла 5а, 5б, 5в у зазори 9 секцій 4а, 4б, 4в, 4г транспортувальної поверхні в режимі псевдозрідження відбувається процес поділу (сепарації) часток матеріалу, що транспортується, залежно від їхньої крупності та питомої ваги. Легші (тверде паливо) і дрібніші частинки шихти в цьому разі опиняються у верхній частині шару, що рухається поверхнею транспортування. При цьому великі частинки шихти укладаються на палетах у нижні горизонти шару, а дрібні частинки і більша частина твердого палива - у верхні горизонти шару. Вібрація, що передається секціям 4а, 4б, 4в, 4г транспортувальної поверхні від переміщення рухомих спікальних візків 12, сприяє запобіганню забивання зазорів 9 між згаданими секціями великими грудками шихти.

В агломераційному виробництві пристрій був в промислових масштабах з приймального бункера на барабанний живильник діаметром 1200 мм і шириною 4000 мм подавали шихту, яку шаром завтовшки 420÷450 мм укладали на палети спікальних візків. Зі щілинних сопл у зазори між секціями транспортувальної поверхні подавалося повітря з напором 3150÷6200 Па і з витратою 10000÷15000 м³/год.

Використання даного пристрою забезпечує зниження ступеня забруднення транспортуючої поверхні і налипання на ній шихти. У зв'язку з цим поліпшується сегрегація матеріалу, що транспортується, забезпечується рівномірність газопроникності шару шихти за рахунок збільшення її порозності. Як показали дослідні випробування пропонованого пристрою, разом із цим у середньому на 1,3% збільшилася продуктивність агломації, а питома витрата палива зменшилася на 1,2 кг/т агломерату.

Звідси можна зробити висновок, що завдання, на розв'язання якого спрямоване технічне рішення, виконується, при цьому досягається отримання вищевказаного технічного результату.

2.2 Енергоефективний завантажувач агломераційної шихти

Винахід відноситься до окускування металургійної сировини і може бути використаний у чорній та кольоровій використано в чорній і кольоровій металургії для завантаження шихти на конвеєрну агломераційну машину. раційну машину

Винахід належить до окускування металургійної сировини і може бути використано в чорній і кольоровій металургії для завантаження шихти на конвеєрну агломераційну машину.

Мета винаходу - зниження витрат твердого палива і підвищення продуктивності процесу.досягнення цього пристрій для завантаження шихти на агломераційну машину, що містить накопичувальний бункер з вікном видачі шихти, барабанний живильник, завантажувальний лоток і стабілізатор шихти з

пристроєм аеродинамічної сепарації шихти, сполученим із колектором подачі повітря. забезпечений розташованим на відстані 1.0-1.6 висоти вікна видачі від розвантажувального кінця стабілізатора, між ними, завантажувальним лотком, подільником потоку шихти із приводом, виконаним у вигляді циліндра,

сполученого трубопроводом із дуттьовою камерою, та поршня, з'єднаного з подільником.

Застосування винаходу забезпечує укладання шихти на агломераційну машину з оптимальним розподілом вуглецю по висоті шару.

лением вуглецю по висоті шару. [посилання]1 іл.забезпечує укладання шихти на агломераційну машину з оптимальним розподілом. ційну машину з оптимальним розподілом вуглецю по висоті шару лением вуглецю по висоті шару.

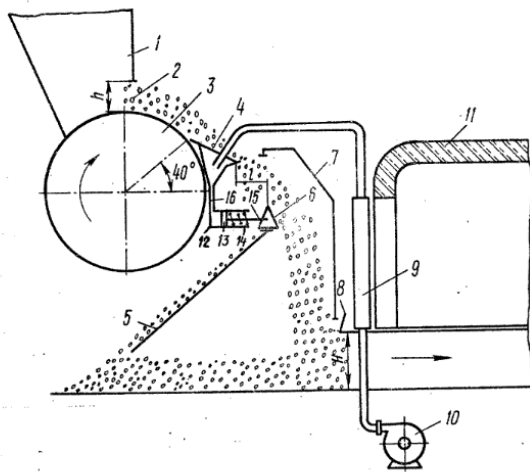


Рис 6

При відстані 1 менше 1.0 дільник розділяє потік шихти на дві частини без аеродинамічної сепарації,

що не забезпечує отримання позитивного ефекту.

Збільшення відстані 1 більше 1,5

призводить до додаткових енергетичних витрат на сепарацію, а також надмірного накопичення вуглеводню в

верхньому шарі шихти (більше ніж у 1,5 раза порівняно із середнім його вмістом по шару)

Повітря для аеродинамічної сепарації може бути нагрітим до температури не нижче 60°C.

Це попереджає охолодження шихти, якщо вона попередньо нагріта, до оптимальної температури

(близько 60°), що виключає конденсацію вологи в шарі, що спікається, або забезпечує деякий її підігрів.

У природі переміщення дільника потоку шихти кінематичний зв'язок його з поршнем, циліндр якого з'єднаний з дуттьовою камерою.

камерою. забезпечує автоматичне підтримання оптимального режиму аеродинамічного поділу шихти на два

потоки шляхом переміщення дільника потоку шихти в межах $1 = (1.0 - 1.5)$

пропорційно тиску повітря в дуттьовій камері, При збільшенні тиску повітря на поршень шток, долаючи опір пружини, переміщує дільник у бік збільшення відстані При зниженні - під дією стиснутої пружини, дільник переміщується в протилежний бік, зменшуючи відстань На кресленні представлена принципова схема пристрою для завантаження шихти на агломераційну машину,

Пристрій містить накопичувальний бункер 1 з вікном 2 видачі шихти висотою В, барабанний живильник 3,

стабілізатор 4 потоку шихти, виконаний у вигляді дуттьової камери зі щілиною на розвантажувальному кінці,

завантажувальний потік 5, дільник 6 потоку шихти, камеру 7 осадження, обмежувач 8 висоти шару,

підігрівач 9,

повітродувку 10, запальний горн 11 і привід переміщення дільника 6 потоку шихти,

виконаний у вигляді циліндра 12, поршня 13, штока 14, пружини 15 і трубопроводу 16.

Пристрій для завантаження шихти на агломераційну машину працює таким чином

Підготовлену шихту піде в накопичувальний бункер 1. і звідти через вікно видачі 2 дозують барабанним живильником 3.

За допомогою стабілізатора 4 шихта знімаються з барабана і рухається до розвантажувального кінця стабілізатора.

Від повітродувки 10 повітря подають у підігрівач 9, а потім у дуттьову камеру стабілізатора.

У момент розвантаження шихти зі стабілізатора в неї зсипають по всьому фронту на плоский

повітряний струмінь підігрітого повітря, що виходить через щілину дуттьової камери стабілізатора 4,

Шляхом відхилення траєкторії падіння гранул шихти різної маси і розмірів на різну

величину від вертикальної площини здійснюють аеродинамічну сепарацію потоку шихти.

Дільником 6 потоку шихти відокремлюють більш дрібну і збагачену частину шихти і шляхом вільного падіння в

камері 7 осадження укладають у верхню частину шару на спікальні візки.

Іншу частину шихти подають на завантажувальний лоток 5 і далі в нижню частину шару.

Формування шару шихти заданої висоти Н забезпечують висотою розташування обмежувача 8 від колосників

спікальних візків

Нагрівання повітря в підігрівачі 9 здійснюють за рахунок тепла запального горна 11 агломераційної машини.

Переміщення дільника 6 потоку шихти в межах $l = (1,0 - 1,6)$ здійснюють автоматично за допомогою приводу шляхом подачі повітря трубопроводом 16 із дуттьової камери стабілізатора 4 у циліндр 12 переміщення поршня 13, штока 14 з пружиною 16 і кінематично пов'язаного з ним дільника 6 потоку шихти,

Застосування винаходу забезпечує укладання шихти на агломераційну машину з оптимальним розподілом вуглецю по висоті шару, що забезпечує зниження питомої витрати твердого палива і підвищення продуктивності процесу.

Пристрій для завантаження шихти на агломераційну машину, що містить накопичувальний бункер з вікном видачі шихти, барабанний живильник, завантажувальний лоток і стабілізатор потоку з пристроєм аеродинамічної сепарації шихти, сполученим із повітряним колектором, що відрізняється тим, що, з метою зниження витрат твердого палива і підвищення продуктивності, пристрій забезпечений встановленими між завантажувальним лотком і стабілізатором на відстані від стабілізатора, що дорівнює $1,0-1,6$ висоти вікна видачі, дільником потоку шихти з приводом у вигляді циліндра з поршнем, при цьому циліндр сполучений трубопроводом з дуттям.

з'єднаний трубопроводом із дуттьовою камерою, а шток поршня з'єднаний із дільником.

2.3 Нерівномірне ущільнення

Винахід належить до металургії, зокрема до окускування дрібних матеріалів методом агломерації на конвеєрних машинах, може бути використаний також у будівельній промисловості під час виробництва аглопориту. Прискорене завершення процесу спікання шихти біля бортів візка агломераційної машини призводить до марного засмоктування у вакуум камери повітря крізь готовий агломерат і в проміжок, що утворився, що загальмовує процес спікання шихти в

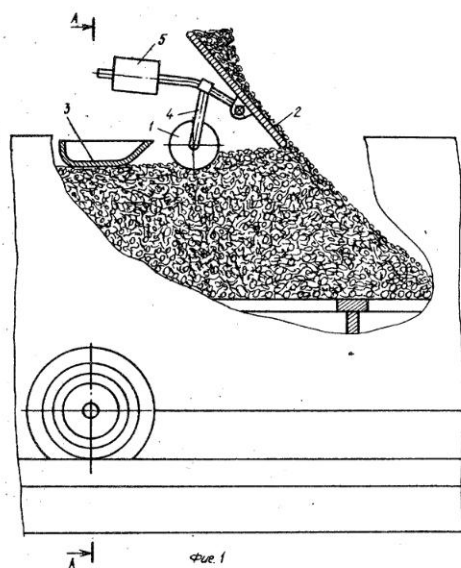
центральної частини машини та погіршує якість агломерату. Відомий спосіб спікання, в якому зміною геометрії бортів спікального візка подовжується шлях проходження газів і внаслідок цього досягається приблизно одночасне завершення процесу спікання по ширині агломашини, що дає змогу за незмінної площі колосникових ґрат збільшити робочу площу агломашини, знизити шкідливі бортові підсмоктування повітря і, як наслідок, збільшити продуктивність агломашин на 14,4-23,1 %, проте використання цього винаходу пов'язане з великим переобладнанням агломашин, не дає змоги враховувати зміни компонентного складу шихти, пов'язані із змінами в якості агломерату, що може призвести до його переробки. Удосконалень в режимі грануляції, а також не усуває поперечної усадки спека утворенням зазору, хоча і знижує шкідливий його вплив. Відомий спосіб завантаження агломераційної конвеєрної машини, який полягає в укладанні на машину постелі з випуклою поверхнею та подальшому завантаженні на постіль шару шихти змінного перерізу. Товщина шару з боків конвеєра більша, ніж усередині. Підвищення газодинамічного опору шару шихти біля бортів досягається за рахунок завантаження тут більшої кількості шихти, що має меншу газопроникність порівняно з постіллю, виділеною 25 з агломерату 21. Однак спосіб пов'язаний з великими додатковими витратами на спорудження циклу виділення постілі на грохотах, а також окремого тракту подачі на агломашину і разом з цим викликає погіршення умов праці. Крім того, спосіб не усуває, а навпаки, посилює утворення зазору між бортами візка і спеком унаслідок того, що усадка шихти під час формування агломерату завжди більша, ніж постелі, а товщина шару біля бортів вища, ніж у центральній частині агломашини. Найбільш близьким рішенням за технічною сутністю і результатом, що досягається, є спосіб завантаження шихти на агломераційну машину, що включає подавання її живильниками проміжного бункера, вільне скочування похилою поверхнею завантажувального лотка, вирівнювання поверхні запалювання та ущільнення шихти за допомогою

гладилок різної конструкції 3. Однак за умови рівномірного за шириною спікального візка ущільнення 26 шихти загальний газодинамічний опір шару зростає, відносна величина шкідливих бортових підсмоктувачів збільшується, а також збільшується товщина борту, а також зберігається висока газопроникність шару. Це зберігає високу газопроникність шару в центральних частинах палет, знижує непотрібні підсоси повітря в зоні вздовж 35 бортів і забезпечує підвищення продуктивності агломашини. Можливе збільшення висоти шару, що спікається, за рахунок зниження бортових підсмоктувань дає змогу поліпшити якість агломерату і знизити витрату твердого палива. Вибір ширини зони ущільнення, що становить 0,05-0,2 ширини спікального візка, пояснюється розмірами зони шихти з підвищеною газопроникністю. Якщо зона ущільнення більша за 0,2 ширини візка, то частина шихти переущільнюється, що призводить до недопіка в цій ділянці та погіршення якості агломерату. За ширини зони ущільнення менше 0,05 ширини візка основна частина шихти з підвищеною газопроникністю не ущільнюється, і величина усадкового зазору між бортами й аглоспеком залишається значною. Це не забезпечує рівномірний розподіл газового потоку по ширині агломашини і не дає змоги досягти максимального позитивного ефекту. Збільшення висоти шару біля бортів на 15-20 пояснюється необхідністю забезпечення горизонтальної поверхні запалювання і однакової порозності та газопроникності шару. Збільшення висоти шару наприкінці зони ущільнення на 4-6 є мінімальною величиною, що піддається регулюванню під час завантаження шихти на палети. Внаслідок сегрегації шихти в завантажувальному бункері добре гранульована кускова її частина зосереджується в максимальних кількостях біля бортів спікального візка з поступовим переходом на середній гранулометричний склад у міру віддалення від бортів. Для надання шару однакової газопроникності при збереженні горизонтальної поверхні запалювання, ущільнення шихти по ширині зони роблять нерівномірним, що досягається укладанням шихти на агломашину

шаром різної первісної висоти (максимальна - біля бортів візка) з подальшим її ущільненням до горизонтальної поверхні. Зниження висоти шару біля бортів візка більше, ніж 0,85-0,90 початкової висоти, що досягається додатком зовнішнього зусилля, що перевищує 150 г/см, призводить до руйнування частини гранул, переущільнення шихти і різкого уповільнення процесу спікання. При меншому зниженні початкової висоти шару біля бортів не досягається рівномірний розподіл газового потоку; Зменшення висоти шару в кінці зони ущільнення до 0,95-0,96 початкової висоти пояснюється малою відмінністю гранулометричного складу та газопроникності шихти в кінці зони й центральній зоні спікального візка; Створення горизонтальної поверхні запалювання необхідне для того, щоб зберегти попередню (оптимальну) відстань поверхні, що нагрівається, від пальників запалювального горна та забезпечити якісне запалювання; На фіг.1 зображено збільшене завантаження шихти біля бортів візка досягається, наприклад, збільшенням вікна видачі шихти з проміжного бункера, а також вкороченням на периферії завантажувального листа 2. При русі візка покладена на ньому шихта потрапляє біля бортів під ущільнювальний каток 1, а потім поверхня вирівнюється гладилкою 3. За допомогою важільної системи 4 і контр-вантажу 5 регулюється зусилля ущільнення, а також забезпечується нормальна робота пристрою за умови коливання висоти шару шихти, На агломашині, обладнаній спікальними візками шириною 2,8 м, проводять випробування способу 15 за спікання шихти у шарі заввишки 320 мм і розрідженні 850 мм вод. Шихта має склад: концентрат 40, аглоруда 17, вапняк 12, вапно 2,1, повернення 22, паливо 4,0, інші 20компоненти 2,9. Прибортова частина шару на ширину 500 мм спочатку має висоту 380 мм біля бортів візка і 330 мм на відстані 500 мм від бортів з поступовим зниженням висоти. Після такого укладання шихта ущільнюється котком із зусиллям 120 г/см у борту візка і 35 г/см в кінцізони ущільнення, що формує горизонтальну поверхню запалювання шихти.

Порівняльні дані отримують при спіканні цієї ж шихти в шарі заввишки 320 мм без завантаження збільшеної її кількості біля бортів і з ущільненням поверхні шихти рівномірно повсюди по всій ширині звичайною гладилкою. У результаті розрідження в колекторі спікання збільшилося на 110 мм вод.ст. На зламі агломераційного спеку спостерігається рівномірне спікання шихти по ширині спікального візка. Практично повністю ліквідується утворення зазору між бортами візка й аглоспіком, шкідливі підсмоктування повітря знижуються на 12. За однакової температури газів, що відходять, у колекторі спікання, що становить 125 фС, швидкість руху аглоленти зростає з 1,90 до 2,04 м/хв, або на 7,4, що забезпечує підвищення продуктивності агломашины на 8,3. Вміст дрібниці 5-0 мм у скіповому агломераті знижується на 0,7 абс. Використання запропонованого способу не вимагає великих капіталовкладень і дає змогу зменшити шкідливі бортові підсмоктування повітря на 8-12, зрівняти газопроникність шихти по ширині агломашины, підвищити продуктивність на 5-8 і поліпшити якість агломерату. Формула винаходуСпосіб завантаження шихти на агломераційну машину, що включає подавання її живильником із проміжного бункера, вільне скочування похилою поверхнею завантажувального лотка, вирівнювання поверхні запалювання та ущільнення шихти, який впливає з того, що з метою зменшення бортових підсмоктувачів повітря, підвищення продуктивності й поліпшення якості агломерату шихту укладають на конусі на конусі, а не на конус, а також на конус, де її укладають на конус, шихту укладають на колосникову решітку зі збільшенням висоти шару на 15-20 біля бортів і 4-6 наприкінці зони ущільнення на відстані від бортів спікального візка, що становить 0,050,2 його ширини, й ущільнюють із зусиллям, яке забезпечує поступове по ширині зони ущільнення, зниження висоти шару шихти до 0,85-0,90 початкової висоти біля бортів візка й 0,95-0,96 початкової

висоти наприкінці зони ущільнення зі збереженням горизонтальної поверхні запалювання.



7

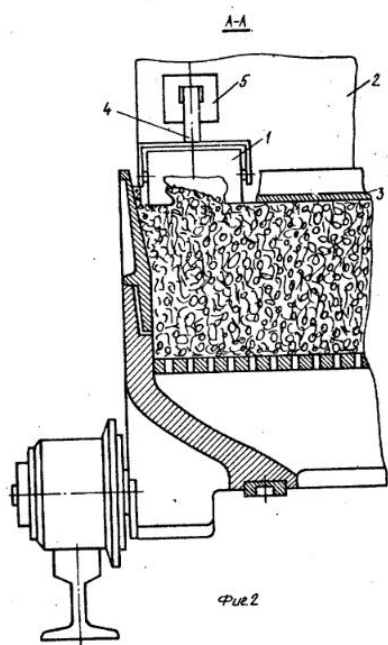


Рис 8

2.4 Підігрів шихти в киплячому шарі

Винахід належить до пристроїв для завантаження шихти на агломераційну машину і може бути використаний під час агломерації руд і концентратів чорних, кольорових металів або неметалевих копалин, які перед наступним переділом піддають агломерації руд і концентратів чорних, кольорових металів, які перед подальшим переділом піддають агломерувальному випалюванню. Відомі пристрої для підігріву агломераційної шихти безпосередньо на агломераційному заводі перед спіканням

Однак у даних пристроях займається частина корисної площі агломації і доводиться здійснювати підігрів стаціонарного шару, що є нецільовим для низькотемпературного (100°C) підігріву. Відомий підігрів шихти в барабані-грудкувальнику. Однак унаслідок теплових втрат температура шихти до укладання на спікальні візки зменшується на $10-12^{\circ}\text{C}$, що відповідає, за досвідченими даними (для шихт різного складу й інтервалу їхніх кінцевих температур $60-50^{\circ}\text{C}$), зниженню провідності в середньому на $6-8$. Найближчим до пропонованого за технічною сутністю і досяжним Результатом є пристрій для завантаження агломераційної машини, що містить апарат киплячого шару (КС) і похилу газорозподільчу решітку, яка ділить його на надреагентні і підрешітні камери, а також сполучену газопроводами з піпосаджувальним циклоном і джерелом газоподібного теплоносія бункер (21). (Однак зазначений пристрій має такі суттєві недоліки: по-перше, у звичайних Умовах роботи агломації, на яку завантажуються волога шихта, температура газів, які відходять з вакуум-камери під гірником, перевищує за майже 100 -ве насичення газів вологою початкову температуру шихти, тобто приблизно $10-30^{\circ}\text{C}$ за відсутності підігріву в перед випалюванням. Тому пристрій видається непрацездатним без автономного джерела високотемпературного теплоносія. По-друге, апарат КС призначений суто для сушіння гранульованого матеріалу і не може бути використаний у пропонованому вигляді для підігріву

агломераційної шихти до температур, які в максимальному ступені запобігають Формування в шарах у процесі спікання еони перезволоження (80-82 С), оскільки в разі підігріву вологої огрудкованої шихти тільки димовими газами спостерігається суттєве підсушування її та руйнування гранул, що знижує газопроникність шару і продуктивність, а в разі підігріву парою відбувається менше перезволоження шару, ніж в процесі спікання. підігріві парою відбувається незначне перезволоження шихти. По-третє, не гарантована герметичність вузла розвантаження решітки та укладання шихти на колосникову решітку агломашини, Мета винаходу - Підвищення ефективності, зазначена мета досягається тим, що в пристрої для завантаження агломераційної машини, що містить апарат із киплячим шаром із похилими газорозподільними ґратами, а також сполучений газопроводами із пилоусмоктувальним циклоном і джерелом газоподібного теплоносія бункер, камера апарата під газорозподільною решіткою з'єднана з автономним джерелом високотемпературного теплоносія, надрешітна камера безпосередньо сполучена з бункером куледромашини через розвантажувальний поріг, виконаний із регульованою за висотою горизонтальною щілиною в нижній його частині, а стінки та склепіння камери забезпечені паровими форсунками, розміщеними у стінках на висоті 0,2-0,6 висоти киплячого шару. Введення пари в киплячий шар шихти дає змогу частково або повністю компенсувати підсушування шихти за рахунок 35 конденсації пари, а також за рахунок поліпшення умов теплообміну інтенсифікувати підігрів. У дослідях з підігрівом шихт різного складу, особливо шихт з великим вмістом 4 тонкоподрібнених концентратів, димовими газами часто не вдається без часткового руйнування гранул і помітного зниження ступеня огрудкування нагріти шихту до температури вище 50 ОС. Виконані на основі дослідних даних розрахунки показують, що під час підігріву 1 т шихти до 70-85 С необхідний Робочий об'єм димових газів, наприклад, із температурою 600 ОС, у 8-17 разів більший за об'єм пари (150 С), що

витрачається додатково на підігрів. Отже, при швидкості фільтрації того ж порядку площа, через яку Фільтруються димові гази, також повинна бути в 8-17а з розширенням температурних меж підігріву і температур теплоносія приблизно в 4-19 разів більшою, ніж площа фільтрації пари. Звідси на довжині камери 1000 мм при розкритті факела до 50 мм достатньо-, точно встановити в обох стінках камери від однієї до чотирьох форсунок 100020), 50 4-1 шт. з інтервалом на ділянці відповідно від 500 до 200 мм або об'єднати в один блок. мм або в загальному вигляді. Е- мм0020 Кф (де 0 - довжина похилої газорозподільної решітки (ділянки, через яку подається ожигаючий шар теплоносія): 0,2-0,5-, коефіцієнт, що виражає співвідношення робочих пари та газу для підігрівання шихти; 0,01 - коефіцієнт, що дорівнює оберненій величині розкриття факела (смуги підігрівання парою). Остаточна відстань між форсунками за їхнього встановлення на одному рівні має бути 0(0,004-0,00) О4 (або для апарата завдовжки 1000 мм, у 200-500 мм. слід пояснити, що інтервал 500 мм у наведеному вище прикладі дається в межах метрової ділянки, тобто на довжині 2000 мм розбіжність є. на довжині 2000 мм відстань між форсунками становить 1000 мм, з іншого боку, при нерівномірному розміщенні форсунок по довжині апарату, наприклад, встановленні їх на другій половині або останній третині довжини, припустимо інтервал між форсунками близько 100-150 мм, так. як в разі розташування форсунок по висоті в шаховому порядку в межах 0,2-0,6 Н може бути практично виключено накладення полів дії парових факелів. інтервал 100-150 мм є, та.., ким чином, необхідним і достатнім для неікотемпературного (з 100 С) підігріву аглошихи до температур 85-90 ЮС з мінімальним висушуванням або перезволоженістю шихти. При відстані менше 100 мм можливе небажане накладення факелів пари, що не викликається технологічною необхідністю. Найбільше значення інтервалу виходить при установці на стінці камери однієї форсунки. Зрозуміло, що вона може бути встановлена в будь-якому місці на довжині 1 м залежно від властивостей шихти

Формула винаходу

28

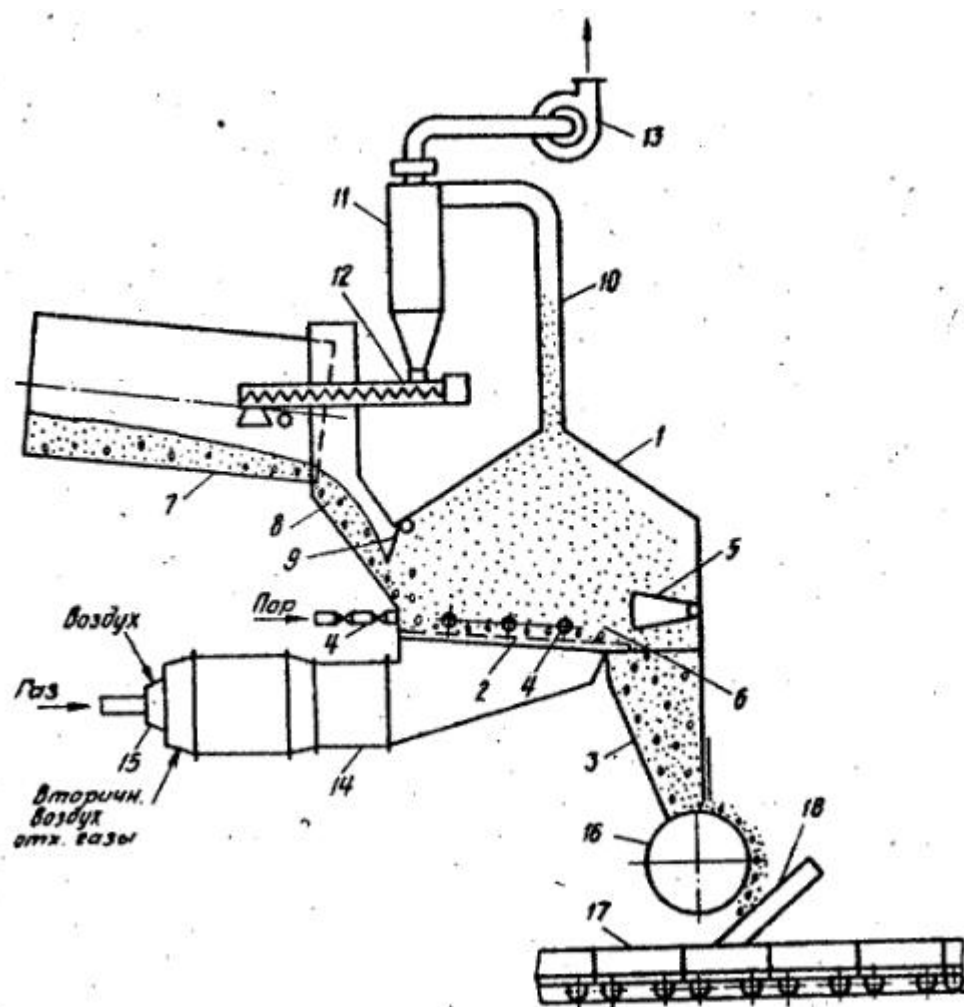


Рис 9

На підставі вище викладеного можна запропонувати такі пристрої

1. За ефективністю

Підігрів у киплячому шарі дає найбільший комплексний ефект:

- підвищення температури шихти до 85-90°C;
- зростання продуктивності на 6-8%;
- енергоефективність (економія теплоносія)

2. За універсальністю

Нерівномірне ущільнення простіший у впровадженні і вирішує ключову проблему бортових підсосів без складного обладнання.

3. За інноваційністю

Аеродинамічна сепарація пропонує найбільш точний контроль складу шихти, але потребує тонкого налаштування.

Підсумковий висновок: найкращим варіантом є підігрів шихти в киплячому шарі, оскільки він:

- Максимально підвищує ККД агломації за рахунок попереднього нагрівання;
- Гнучко адаптується під різні типи шихти (вологі/сухі);
- Забезпечує значну економію ресурсів.

Альтернатива: Для підприємств з обмеженим бюджетом оптимальний Нерівномірне ущільнення за рахунок простоти і швидкої окупності.

Рекомендація: Для максимального ефекту можна комбінувати Підігрів шихти в киплячому шарі з Укладанням - це дасть синергетичний ефект +10-15% до продуктивності.

3.Розрахунок параметрів шихти та технологічного обладнання

1) Хімічний склад компонентів агломераційної шихти наведений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад компонентів агломераційної шихти, %

Матеріали	Fe _{заг}	Mn	P	S	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ЗР концентрат	65,50	0,021	0,014	0,042	12,50	80,85	6,53
Аглоруда	51,24	0,415	0,036	0,396	0,76	72,35	17,59
Сталеплавильний шлак	31,15	0,736	0,035	0,031	38,64	1,57	12,54
Вапняк	0,05	0,008	0,139	0,02	0,02	0,22	0,64
Доломітизований вапняк	0,52	0,069	0,012	0,024	0,24	0,47	1,14
Зола коксового дріб'язку	17,25	0,97	0,179	1,149	0	24,64	41,32
Зола антрацитового штибу	15,28	0,64	0,21	1,141	0	21,83	40,21

Продовження таблиці 3.1

Матеріали	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	C _{нел}
ЗР концентрат	0,27	0,18	0,09	0,027	0,032	0,105	0
Аглоруда	3,48	0,96	0,57	0,805	0,082	0,99	0
Сталеплавильний шлак	1,25	42,81	0,42	0,845	0,083	0,078	0
Вапняк	0,18	54,93	0,62	0,01	0,2	0,05	0
Доломітизований вапняк	0,92	42,35	9,54	0,08	0,04	0,06	0
Зола коксового дріб'язку	25,46	3,14	1,05	1,01	0,42	2,96	0
Зола антрацитового штибу	21,59	8,51	3,58	0,64	0,48	2,8	0

Продовження таблиці 3.1

Матеріали	Інші	ВПП	Сума	Вологість
ЗР концентрат	0,326	0,39	100	9,86
Аглоруда	0,483	1,93	100	6,43
Сталеплавильний шлак	0,974	0,79	100	3,21
Вапняк	0,27	42,86	100	3,84
Доломітизований вапняк	0,97	44,19	100	3,9
Зола коксового дріб'язку	0	0	100	0
Зола антрацитового штибу	0,36	0	100	0

2) Співвідношення залізовмісних складових у рудній частині агломераційної шихти:

залізорудний концентрат – 75 %;
 аглоруда – 20 %;
 сталеплавильний шлак – 5 %.

3) Співвідношення флюсових складових у флюсовій частині агломераційної шихти:

вапняк звичайний – 50 %;
 вапняк доломітизований – 50 %.

4) Співвідношення паливних складових у паливній частині агломераційної шихти:

коксівий дріб'язок – 55 %;
 антрацитовий штиб – 45 %.

5) Технічний аналіз паливних складових агломераційної шихти наведений у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічний аналіз паливних складових агломераційної шихти, %

Матеріали	Вологість	Зола	Сірка	Леткі	Вуглець	Сума
Коксовий дріб'язок	15,14	12,84	1.1	0.62	70.3	100
Антрацитовий штиб	12,04	12	2,1	3,64	70,22	100

6) Основність агломерату складає 1.35.

Розрахунок середньозваженого хімічного складу рудної частини агломераційної шихти

На підставі даних про співвідношення залізовмісних складових у рудній частині агломераційної шихти виконуємо перерахунок хімічного складу рудної частини. Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Середньозважений хімічний склад рудної частини агломераційної шихти, %

Матеріали	Fe _{заг}	Mn	P	S	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ЗР концентрат	49,125	0,016	0,011	0,032	19,763	49,275	4,898
Аглоруда	10,248	0,083	0,007	0,079	0,152	14,470	3,518
Сталеплавильний шлак	1,558	0,037	0,002	0,002	1,932	0,079	0,627
Залізовмісна суміш	60,931	0,136	0,020	0,113	11,459	75,187	9,043

Матеріали	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃
ЗР концентрат	0,203	0,135	0,068	0,020	0,024	0,079
Аглоруда	0,696	0,192	0,114	0,161	0,016	0,198
Сталеплавильний шлак	0,063	2,141	0,021	0,042	0,004	0,004
Залізовмісна суміш	0,962	2,468	0,203	0,223	0,044	0,281

Продовження таблиці 2.3

Матеріали	C _{нел}	Інші	ВПП	Сума	Вологість
ЗР концентрат	0,000	0,245	0,293	75,00	7,395
Аглоруда	0,000	0,097	0,386	20,00	1,286
Сталеплавильний шлак	0,000	0,049	0,040	5,00	0,161
Залізовмісна суміш	0,000	0,391	0,719	100,00	8,842

Розрахунок середньозваженого хімічного складу флюсової частини агломераційної шихти

Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Середньозважений хімічний склад флюсової частини агломераційної шихти, %

Матеріали	Fe _{заг}	Mn	P	S	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
Вапняк	0,025	0,004	0,070	0,012	0,012	0,132	0,32
Доломітизований вапняк	0,26	0,028	0,005	0,010	0,096	0,188	0,57
Флюсова суміш	0,285	0,032	0,075	0,022	0,108	0,320	0,89

Продовження таблиці 2.4

Матеріали	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃
Вапняк	0,09	27,465	0,31	0,006	0,120	0,030
Доломітизований вапняк	0,46	21,175	4,77	0,032	0,016	0,024
Флюсова суміш	0,55	48,64	5,08	0,038	0,136	0,054

Продовження таблиці 2.4

Матеріали	C _{нел}	Інші	ВПП	Сума	Вологість
Вапняк	0	0,162	21,43	60,00	2,304
Доломітизований вапняк	0	0,388	22,095	40,00	1,560

Флюсова суміш	0	0,550	43,525	100,00	3,864
---------------	---	-------	--------	--------	-------

Розрахунок середньозваженого хімічного складу золи паливної частини агломераційної шихти

Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Середньозважений хімічний склад золи паливної частини
агломераційної шихти, %

Матеріали	Fe _{заг}	Mn	P	S	FeO	Fe ₂ O ₃
Зола коксового дріб'язку	9,488	0,534	0,098	0,632	0,000	13,552
Зола антрацитового штибу	6,876	0,288	0,095	0,513	0,000	9,824
Зола суміші твердого палива	16,364	0,822	0,193	1,145	0,000	23,376

Продовження таблиці 2.5

Матеріали	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅
Зола коксового дріб'язку	22,726	14,003	1,727	0,578	0,556	0,231
Зола антрацитового штибу	18,095	9,716	3,830	1,611	0,288	0,216
Зола суміші твердого палива	40,821	23,719	5,557	2,189	0,844	0,447

Продовження таблиці 2.5

Матеріали	SO ₃	C _{нел}	Інші	ВПП	Сума
Зола коксового дріб'язку	1,628	0,000	0,00	0,00	55,00
Зола антрацитового штибу	1,260	0,000	0,16	0,00	45,00
Зола суміші твердого палива	2,888	0,000	0,16	0,00	100,00

Розрахунок середньозваженого технічного аналізу складових та паливної суміші

Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Середньозважений технічний аналіз складових паливної
суміші, %

Матеріали	Вологість	Зола	Сірка	Леткі	Вуглець	Сума
Коксовий дріб'язок	8,33	7,06	0,61	0,34	38,66	55,00
Антрацитовий штиб	5,42	5,40	0,95	1,64	31,60	45,00
Паливна суміш	13,75	12,46	1,56	1,98	70,26	100,00

Складання рівняння переходу компонентів з агломераційної шихти в агломерат

Для зручності подальших розрахунків потрібно ввести наступні змінні: Р – витрата рудної частини шихти на 100 кг агломерату; Ф – витрата флюсової частини шихти на 100 кг агломерату; П – витрата паливної частини шихти на 100 кг агломерату.

Розрахунок ведеться на 100 кг агломерату.

В ході агломераційного процесу з агломераційної шихти видаляється 90 % сірки, а також видаляється увесь CO_2 карбонатів. Увесь вуглець твердого палива, що надходить у агломераційну шихту, повністю використовується для здійснення корисної роботи утворення агломерату. На підставі вищенаведених міркувань виконуємо розрахунок переходу компонентів з агломераційної шихти в агломерат за формулою:

$$T_i = 0,01 \cdot (100 - 0,9 \cdot \omega_i(S) - \omega_i(\text{ВПП}) - \omega_i(C)), \left[\frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right] \quad (2.1)$$

де $\omega_i(S)$ – вміст сірки у i-тій суміші, %;

$\omega_i(\text{ВПП})$ – втрати при прожарюванні i-тої суміші, %;

$\omega_i(C)$ – вміст вуглецю у i-тій суміші, %.

З рудної частини агломераційної шихти в агломерат переходить, за формулою (2.1):

$$T_p = 0,01 \cdot (100 - 0,9 \cdot 0,113 - 0,719) = 0,9918 \text{ кг/кг.}$$

З флюсової частини агломераційної шихти в агломерат переходить, за формулою (2.1):

$$T_\phi = 0,01 \cdot (100 - 0,9 \cdot 0,022 - 43,595) = 0,5647 \text{ кг/кг.}$$

З паливної частини агломераційної шихти в агломерат переходить, за формулою (2.1):

$$T_\Pi = 0,01 \cdot (100 - 0,9 \cdot 1,56 - 1,98 - 70,26) = 0,2636 \text{ кг/кг.}$$

В ході агломераційного процесу здійснюється окиснення заліза. Приймаємо, що вміст FeO в агломераті складає 12 %.

Розрахунок приросту маси від окиснення заліза виконується за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{9} \left(\frac{\omega_p(\text{FeO})}{100} \cdot P + \frac{\omega_\phi(\text{FeO})}{100} \cdot \Phi - \varphi \right), \left[\frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right] \quad (2.2)$$

де $\omega_p(\text{FeO})$ – вміст FeO у рудній частині шихти, %;

$\omega_\phi(\text{FeO})$ – вміст FeO у флюсовій частині шихти, %;

φ – вміст FeO у агломераті, %.

Розрахунок приросту маси від окиснення заліза виконується за формулою (2.2):

$$T_{\text{ок.}} = \frac{1}{9} \cdot \left(\frac{11,459}{100} \cdot P + \frac{0,108}{100} \cdot \Phi - 12,0 \right) = 0,01273P + 0,00012\Phi - 1,333.$$

На підставі розрахованих величин переходу складаємо рівняння переходу компонентів із агломераційної шихти в агломерат.

$$0,9918 \cdot P + 0,5658 \cdot \Phi + 0,1668 \cdot \Pi + 0,0127 \cdot P + 0,00012 \cdot \Phi - 1,333 = 100.$$

Виконавши перетворення, отримаємо:

$$1,0045 \cdot P + 0,5647 \cdot \Phi + 0,2636 \cdot \Pi = 101,333.$$

Це є перше рівняння для розрахунку агломераційної шихти.

Складання рівняння балансу основності

На підставі знань про середньозважені хімічні склади складових агломераційної шихти виконуємо складання рівняння балансу основності.

$$O = \frac{(CaO + MgO) \cdot P + (CaO + MgO) \cdot \Phi + (CaO + MgO) \cdot \frac{Z}{100} \cdot \Pi}{(SiO_2 + Al_2O_3) \cdot P + (SiO_2 + Al_2O_3) \cdot \Phi + (SiO_2 + Al_2O_3) \cdot \frac{Z}{100} \cdot \Pi}, \quad (2.3)$$

де O – основність агломерату, ч. од.;

Z – середньозважений вміст золи у складових паливної суміші, %;

CaO і MgO – відповідно вміст CaO і MgO у рудній, флюсовій і паливних

частинах шихти, %;

SiO_2 і Al_2O_3 – відповідно вміст SiO_2 і Al_2O_3 у рудній, флюсовій і паливних частинах шихти, %.

За умовою, 4. агломерату складає 1,35 складемо рівняння основності на підставі формули (2.3):

$$1,35 = \frac{(2,468 + 0,203) \cdot P + (48,64 + 5,08) \cdot \Phi + (5,557 + 2,189) \cdot \frac{12,46}{100} \cdot \Pi}{(9,043 + 0,962) \cdot P + (0,89 + 0,55) \cdot \Phi + (40,821 + 23,719) \cdot \frac{12,46}{100} \cdot \Pi}.$$

Після перетворень отримуємо рівняння балансу основності:

$$12,459P - 55,692\Phi + 11,526\Pi = 0.$$

Це є друге рівняння для розрахунку агломераційної шихти.

Складання рівняння теплового балансу агломераційного процесу. Згоряння вуглецю.

Розрахунок надходження тепла від згоряння вуглецю здійснюється за наступною формулою (розмірність наступної і послідовних складових надходження і витрати тепла $\left[\frac{\text{ккал}}{100 \text{ кг агломерату}}\right]$):

$$q_{\text{зг.вуг.}} = 0,45 \cdot \frac{C}{100} \cdot 7980 \cdot П + 0,55 \cdot \frac{C}{100} \cdot 2340 \cdot П, \quad (2.4)$$

де 0,45 – частка вуглецю який згоряє по реакції: $C + O_2 = CO_2 + 7980 \text{ ккал}$;

0,55 – частка вуглецю який згоряє по реакції: $C + \frac{1}{2}O_2 = CO + 2340 \text{ ккал}$;

C – вміст вуглецю у складових паливної суміші, %.

За формулою (2.4) розрахуємо надходження тепла від згоряння вуглецю:

$$q_{\text{зг.вуг.}} = 0,45 \cdot \frac{70,26}{100} \cdot 7980 \cdot П + 0,55 \cdot \frac{70,26}{100} \cdot 2340 \cdot П = 3906,4 \cdot П.$$

Завдяки використанню технології підігріву шихти перед спіканням, температура шихти складає 60 °С. Приймаємо, що зворот у агломераційній шихті міститься у кількості 25 %. Розрахунок тепловмісту шихти виконується за наступною формулою:

$$q_{\text{ш}} = C_{\text{ш}} \cdot t_{\text{ш}} \cdot \left(P + \Phi + П + \frac{25}{100 - 25} \cdot (P + \Phi + П) \right), \quad (2.5)$$

де $C_{\text{ш}}$ – теплоємність шихти, $(0,25, \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}})$;

25 – доля звороту, кг/100 кг агломерату;

$t_{\text{ш}}$ – температура шихти, °С.

Розрахуємо тепловміст шихти за формулою (2.5):

$$\begin{aligned} q_{\text{ш}} &= 0,25 \cdot 60 \cdot (P + \Phi + П + 0,333 \cdot (P + \Phi + П)) \\ &= 19,995P + 19,995\Phi + 19,995П. \end{aligned}$$

Згоряння сірки

Розрахунок надходження тепла від згоряння сірки виконується за наступною формулою:

$$q_{зг.сш.} = 0,9 \cdot \frac{S_{ш.і.} \cdot (\Pi + P + \Phi)}{100} \cdot 2216, \quad (2.6)$$

де 0,9 – доля сірки яка згоряє до SO_2 , ч. од.;

$S_{ш.і.}$ – вміст сірки у компонентах шихти, %;

2216 – тепловий ефект горіння сірки, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$.

Надходження тепла від згоряння сірки виконаємо за формулою (2.6):

$$q_{зг.с.} = 0,9 \cdot \frac{1,56\Pi + 0,113P + 0,022\Phi}{100} \cdot 2216 = 31,06\Pi + 2,255P + 0,439\Phi.$$

Запалювання шихти

Приймаємо надходження тепла від згоряння газового палива рівним 2000 ккал на 100 кг агломерату. Така кількість тепла на запалення була прийнята згідно зі спеціальною темою даного дипломного проекту (див. розділ 3).

Теплота гарячого повітря, яке надходить у запалювальний горн і укриття за горном

Розрахунок надходження тепла від нагрітого повітря виконується за наступною формулою

$$q_{\text{пов.}} = V_{\text{пов.}} \cdot t_{\text{пов.}} \cdot c_{\text{пов.}}, \quad (2.7)$$

де $V_{\text{пов.}}$ – об'єм повітря, яке просмоктується крізь шар матеріалу, $\text{м}^3/100$ кг агломерату;

$t_{\text{пов.}}$ – температура повітря яке надходить до шару, $^{\circ}\text{C}$;

$c_{\text{пов.}}$ – теплоємність повітря при 150 і 300 $^{\circ}\text{C}$ складає 0,291 і 0,394 ккал/($\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{K}$) відповідно [5];

$q_{\text{пов.горн}}$ – тепло повітря, яке подається на спалювання у горн,
 $\frac{\text{ккал}}{100 \text{ кг агломерату}};$

$q_{\text{пов.укриття}}$ – тепло повітря, яке подається в укриття за горном,
 $\frac{\text{ккал}}{100 \text{ кг агломерату}};$

$q_{\text{не нагрітого пов.}}$ – загальне тепло повітря, яке необхідно для спікання,
 $\frac{\text{ккал}}{100 \text{ кг агломерату}}.$

Пропонується забирати нагріте повітря з-під укриття головної частини лінійного охолоджувача агломерату над 1–2 дуттєвими камерами, і направляти його в запалювальний горн у кількості 6,25 $\text{м}^3/\text{с}$ (22500 $\text{м}^3/\text{год}$) з температурою 300 $^{\circ}\text{C}$, нагріте повітря зібране над 3-4 камерою охолоджувача з температурою 150 $^{\circ}\text{C}$ у кількості 23,1 $\text{м}^3/\text{с}$ (83160 $\text{м}^3/\text{год}$) по окремому трубопроводу подавати під укриття агломераційної машини безпосередньо за горном. На агломераційній фабриці рекомендуються до встановлення агломераційні машини типу АКМ–312 продуктивність такого агрегату 450–540 т/год (приймаємо 350 т/год, так як частка тонкоздрібнених концентратів у шихті складає $\approx 58,8\%$), таким чином питома витрата нагрітого повітря складе приблизно 6,43 $\text{м}^3/100$ кг агломерату, питома витрата нагрітого повітря, яке буде надходити в укриття машини за горном складе 23,76 $\text{м}^3/100$ кг агломерату. Розрахуємо кількість тепла, котре надходить з

повітрям, відібраним у охолоджуваного агломерату. Для цього виконаємо підстановку у формулу (2.7):

$$\begin{aligned}q_{\text{пов.горн}} &= 6,43 \cdot 300 \cdot 0,394 = 760,026. \\q_{\text{пов.укриття}} &= 23,76 \cdot 150 \cdot 0,291 = 1037,124.\end{aligned}$$

Так як вказаної кількості нагрітого повітря ($V_{\text{нагр. пов.}}=105660 \text{ м}^3/\text{год}$) не вистачає на спікання шихти, питома витрата повітря складає $\approx 0,4 \text{ м}^3/\text{кг}$ сухої шихти, а в свою чергу на виробництво 100 кг агломерату необхідно витратити $\approx 130\text{--}150 \text{ кг}$ шихти, тому об'єм повітря, необхідний для отримання 100 кг агломерату приймемо рівним 60 м^3 ($30,19 \text{ м}^3$ надходить з нагрітим повітрям, таким чином кількість повітря, якої не вистачає для отримання 100 кг агломерату, рівне $29,81 \text{ м}^3$). Температуру в цеху приймемо рівною $25 \text{ }^\circ\text{C}$, а теплоємність повітря при такій температурі рівна $0,202 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$. Виконаємо підстановку у формулу (2.7):

$$q_{\text{не нагрітого пов.}} = 29,81 \cdot 25 \cdot 0,202 = 150,5405.$$

Загальну кількість тепла що надійшла в процес від повітря знайдемо за формулою:

$$q_{\text{пов.}} = q_{\text{пов.горн}} + q_{\text{пов.укриття}} + q_{\text{не нагрітого пов.}} \quad (2.8)$$

Виконавши підстановку у (2.8) отримаємо:

$$q_{\text{пов.}} = 760,026 + 1037,124 + 150,5405 = 1947,924.$$

Статті витрат тепла

Випаровування вологи

У барабані вторинного змішування здійснюється процес зволоження шихти до оптимальної для процесу огрудкування вологості. Приймаємо, що оптимальною є вологість агломераційної шихти 8,5 %. Тоді, розрахунок витрати тепла на випаровування даної вологи виконується за формулою:

$$q_{\text{вип.вол.}} = S \cdot Q_{\text{води}}, \quad (2.9)$$

де S – витрати вологи на зволоження шихти (приймаємо 8,5), кг;

$Q_{\text{води}}$ – теплота випаровування 1 кілограму H_2O (приймаємо 539,4), ккал.

Виконавши розрахунок за формулою (2.9) отримаємо значення:

$$q_{\text{вип.вол.}} = 8,5 \cdot 539,4 = 4584,9.$$

Дисоціація карбонатів

У агломераційній шихті містяться карбонати кальцію та магнію, на дисоціацію яких витрачається тепло. Розрахунок витрати тепла на протікання ендотермічних реакцій дисоціації карбонатів виконується за наступною формулою:

$$q_{\text{дис.карб.}} = \frac{\text{CaO}_p}{100} \cdot \frac{44}{56} \cdot 966 \cdot P + \frac{\text{MgO}_p}{100} \cdot \frac{44}{40} \cdot 552 \cdot P + \frac{\text{CaO}_f}{100} \cdot \frac{44}{56} \cdot 966 \cdot \Phi + \frac{\text{MgO}_f}{100} \cdot \frac{44}{40} \cdot 552 \cdot \Phi, \quad (2.10)$$

де CaO_p і MgO_p – відповідно вміст CaO і MgO у рудній суміші, %;

CaO_f і MgO_f – відповідно вміст CaO і MgO у флюсовій суміші, %;

966 – тепловий ефект дисоціації CaCO_3 , $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$;

552 – тепловий ефект дисоціації MgCO_3 , $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$;

$\frac{44}{56}$ і $\frac{44}{40}$ – стехіометричні коефіцієнти.

Визначимо тепло, яке витрачене на дисоціацію карбонатів за формулою (2.10):

$$q_{\text{дис.карб.}} = \frac{2,468}{100} \cdot \frac{44}{56} \cdot 966 \cdot P + \frac{0,203}{100} \cdot \frac{44}{40} \cdot 552 \cdot P + \frac{48,64}{100} \cdot \frac{44}{56} \cdot 966 \cdot \Phi + \frac{5,08}{100} \cdot \frac{44}{40} \cdot 552 \cdot \Phi = 19,958P + 393,246\Phi.$$

Розрахунок об'єму газів, утворених при агломерації

Об'єм газів, утворених при згорянні вуглецю

При згорянні вуглецю утворюються діоксид вуглецю та монооксид вуглецю. Утворення останнього можливе лише за умови нестачі повітря. В умовах агломераційного процесу надлишок повітря складає 1,2. В такому випадку, при згорянні вуглецю утворюється 80 % діоксиду вуглецю та 20 % монооксиду вуглецю. Розрахунок об'єму діоксиду вуглецю виконується за наступною формулою:

$$V_{\text{CO}_2\text{зг.вуг.}} = \frac{45}{100} \cdot \frac{C}{100 \cdot 12} \cdot (22,4 + 0,2 \cdot 22,4 + 1,2 \cdot 3,76 \cdot 22,4) \cdot P, [\text{л}] \quad (2.11)$$

де $\frac{45}{100} = 0,45$ – частка вуглецю який згоряє по реакції: $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$, ч. од.;
 12 – атомна маса вуглецю;
 C – вміст вуглецю у складових паливної суміші, %.

За формулою (2.11) розрахуємо кількість утвореного CO_2 :

$$V_{\text{CO}_2\text{зг.вуг.}} = \frac{45}{100} \cdot \frac{70,26}{100 \cdot 12} \cdot (22,4 + 0,2 \cdot 22,4 + 1,2 \cdot 3,76 \cdot 22,4) \cdot P = 3,907P.$$

Розрахунок об'єму монооксиду вуглецю виконується за наступною формулою:

$$V_{\text{COзг.вуг.}} = \frac{55}{100} \cdot \frac{C}{100 \cdot 12} \cdot (22,4 + 0,1 \cdot 22,4 + 2,25 \cdot 22,4) \cdot P, [\text{л}] \quad (2.12)$$

де $\frac{55}{100} = 0,55$ – частка вуглецю який згоряє по реакції: $\text{C} + 0,5\text{O}_2 = \text{CO}$, ч. од.;
 12 – атомна маса вуглецю;
 C – вміст вуглецю у складових паливної суміші, %.

За формулою (2.12) розрахуємо кількість утвореного CO:

$$V_{\text{COзг.вуг.}} = \frac{55}{100} \cdot \frac{70,26}{100 \cdot 12} \cdot (22,4 + 0,1 \cdot 22,4 + 2,25 \cdot 22,4) \cdot P = 2,754P.$$

Об'єм водяної пари

Вся волога, що надійшла із шихтою, в ході агломераційного процесу випаровується. Розрахунок об'єму водяної пари виконується за наступною формулою:

$$V_{H_2O} = \frac{S}{18} \cdot 22,4, [\text{л}] \quad (2.13)$$

де S – витрати води на зволоження шихти (прийняли рівним 8,5), кг;

18 – молекулярна маса води, г/моль;

22,4 – молярний об'єм газів при нормальних умовах, л/моль.

За формулою (2.13) визначимо об'єм водяної пари:

$$V_{H_2O} = \frac{8,5}{18} \cdot 22,4 = 10,577.$$

Розрахунок об'єму діоксиду вуглецю, утвореного при дисоціації карбонатів

Умови здійснення агломераційного процесу є сприятливими для протікання реакції дисоціації карбонатів кальцію та магнію. Дисоціація карбонатів супроводжується виділенням діоксиду вуглецю.

Розрахунок об'єму діоксиду вуглецю, утвореного при дисоціації карбонатів, виконується за наступною формулою:

$$V_{CO_2 \text{ дис.}} = \frac{CaO_P}{100} \cdot \frac{22,4}{44} \cdot P + \frac{MgO_P}{100} \cdot \frac{22,4}{44} \cdot P + \frac{CaO_\Phi}{100} \cdot \frac{22,4}{44} \cdot \Phi + \frac{MgO_\Phi}{100} \cdot \frac{22,4}{44} \cdot \Phi, \quad (2.14)$$

де $\frac{22,4}{44}$ – стехіометричний коефіцієнт перерахунку.

Визначимо об'єм діоксиду вуглецю який утворився при дисоціації карбонатів за формулою (2.14):

$$V_{CO_2 \text{ дис.}} = \frac{2,468}{100} \cdot \frac{22,4}{44} \cdot P + \frac{0,203}{100} \cdot \frac{22,4}{44} \cdot P + \frac{49,898}{100} \cdot \frac{22,4}{44} \cdot \Phi + \frac{4,188}{100} \cdot \frac{22,4}{44} \cdot \Phi \\ = 0,0140P + 0,273\Phi.$$

Загальний об'єм утворених газів

Загальний об'єм газів, утворених в ході агломераційного процесу, розраховується за формулою:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{CO}_2\text{зг.вуг.}} + V_{\text{COзг.вуг.}} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{CO}_2\text{дис.}}, \text{ л} \quad (2.15)$$

Виконавши підстановку у формулу (2.15) отримаємо:

$$\begin{aligned} V_{\text{заг}} &= 3,907\text{П} + 2,754\text{П} + 10577 + 0,0140\text{Р} + 0,273\Phi \\ &= 0,0140\text{Р} + 0,273\Phi + 6,661\text{П} + 10,577. \end{aligned}$$

Тепловміст відходячих газів

На виході з агломераційного процесу газів в середньому мають температуру 150 °С.

Розрахунок тепловмісту відходячих газів виконується за наступною формулою:

$$q_{\text{відх.г.}} = 150 \cdot 0,375 \cdot (V_{\text{заг}}) : 0,5, \quad (2.16)$$

де 150 – температура відходячих газів, °С;

0,375 – теплоємність відходячих газів, ккал/м³;

0,5 – коефіцієнт який враховує підсоси.

Виконаємо підстановку у формулу (2.16) і отримаємо:

$$\begin{aligned} q_{\text{відх.г.}} &= 150 \cdot 0,375 \cdot (0,0140\text{Р} + 0,273\Phi + 6,661\text{П} + 10,577) : 0,5 = \\ &= 1,575\text{Р} + 30,712\Phi + 742,1625\text{П} + 1190,00. \end{aligned}$$

Тепловміст спеку

На виході з агломераційного процесу тепло витрачається також і зі спеком агломерату.

Розрахунок витрати тепла зі спіком виконується за формулою:

$$q_{\text{сп.}} = 10000 \cdot 1,25, \quad (2.17)$$

де 10000 – тепловміст аглоспіку, ккал/100 кг агломерату;

1,25 – коефіцієнт, враховуючий частку звороту.

Виконавши підстановку у формулу (2.17) отримуємо:

$$q_{\text{сп.}} = 10000 \cdot 1,25 = 12500.$$

Тепловий баланс агломераційного процесу

При складанні теплового балансу агломераційного процесу потрібно враховувати 2 % надходження тепла від мінералоутворення і 10 % від загальної витрати тепла на процес, як втрати тепла.

Складаємо тепловий баланс:

$$(q_{\text{зг.вуг.}} + q_{\text{ш}} + q_{\text{зг.с.}} + q_{\text{зап}} + q_{\text{пов.}})/0,98 = \frac{q_{\text{вип.вол.}} + q_{\text{дис.карб.}}}{0,9} + \frac{q_{\text{відх.г.}} + q_{\text{сп.}}}{0,9} \quad (2.18)$$

де 0,98 – коефіцієнт який враховує надходження тепла від мінералоутворення;

0,9 – коефіцієнт який враховує втрати тепла на прогрів палет та ін.

Склавши тепловий баланс за формулою (2.18) отримаємо:

$$\begin{aligned} & \frac{3906,79\text{П} + 19,995\text{Р} + 19,995\Phi + 19,995\text{П}}{0,98} + \frac{33,107\text{П} + 2,23\text{Р}}{0,98} \\ & + \frac{0,438\Phi + 2000 + 1947,924}{0,98} \\ & = \frac{4584,9 + 19,958\text{Р} + 400,023\Phi}{0,9} + \frac{1,575\text{Р} + 30,712\Phi + 742,1625\text{П}}{0,9} \\ & + \frac{1190,00 + 12500}{0,9}; \end{aligned}$$

Перетворюючи даний вираз, отримаємо:

$$-1,525\text{Р} + (-445,161\Phi) + 3245,8\text{П} = 16276,95.$$

Це є третє рівняння для розрахунку агломераційної шихти.

Визначення норми витрати компонентів агломераційної шихти

Отримавши із попередніх розрахунків три рівняння, складаємо систему з трьох рівнянь з трьома невідомими:

$$\begin{cases} 1,0045P + 0,5647\Phi + 0,2636\Pi = 101,333; \\ 12.459p - 55.692\phi + 11.526\Pi = 0; \\ -1,525P - 445,8\Phi + 3245,8\Pi = 16276,95. \end{cases}$$

Для визначення змінних Р, Ф та П використовується прикладна програма Mathematica 5.2.

Розраховані змінні:

Р = 100.95 кг/100 кг агломерату;

Ф = 20.12 кг/100 кг агломерату;

П = 8.14 кг/100 кг агломерату.

Склад агломераційної шихти (сухої), потрібної для виробництва 1 т агломерату наведений у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Норма витрачання сировинних матеріалів (сухих) на виробництво 1 т агломерату

№ п/п	Матеріали	Норма витрачання, кг/т
1	ЗР концентрат	759,6
2	Аглоруда	201,9
3	Сталеплавильний шлак	50,5
4	Вапняк	100,6
5	Доломітизований вапняк	100,6
6	Коксовий дріб'язок	44,8
7	Антрацитовий штиб	36,6
Всього		1294,6

Перевірка правильності розрахунку агломераційної шихти

Для перевірки правильності розрахунку агломераційної шихти потрібно звести тепловий баланс. Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Тепловий баланс агломераційного процесу, ккал/100 кг. агломерату

Надходження			Витрата		
Статті	ккал	%	Статті	ккал	%
Згоряння вуглецю	31806	80,3	Випаровування води	4585	11,6
Тепловміст шихти	2583	6,5	Дисоціація карбонатів	9924	25,1
Згоряння сірки	486	1,2	Тепловміст відхідних газів	8084	20,4

Запалювання шихти	2000	5,1	Тепловміст спіку	12500	31,6
Тепло повітря	1948	4,9	Теплові втрати	3960	10,0
Мінералоутворення	777	2,0			
Всього	39600	100,0	Всього	39053	100,0

Похибку балансу розрахуємо за формулою :

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{надход.}} - Q_{\text{витрат.}}}{Q_{\text{надход.}}} \cdot 100, [\%] \quad (2.19)$$

де $Q_{\text{надход.}}$ – надходження тепла у агломераційний процес, ккал;

$Q_{\text{витрат.}}$ – витрати тепла у агломераційному процесі, ккал.

За формулою (2.19) визначимо похибку теплового балансу агломерації:

$$\varepsilon = \frac{37576 - 37574}{37576} \cdot 100 = 0,005 \, \%.$$

Балансові дані

Виконуємо розрахунок витрати кожного компонента агломераційної шихти та перехід в агломерат хімічних речовин. Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Балансова таблиця розрахунку агломераційної шихти

Матеріали	Fe _{заг}		S		FeO	
	%	кг	%	кг	%	Кг
ЗР концентрат	65,50	497,54	0,042	0,32	12,50	94,95
Аглоруда	51,24	103,45	0,396	0,80	0,760	1,53
Сталеплавильний шлак	31,15	15,73	0,031	0,02	38,640	78,01
Вапняк	0,05	0,05	0,020	0,02	0,020	0,01
Доломітизований вапняк	0,52	0,52	0,024	0,02	0,240	0,24
Коксовий дріб'язок	2,563	1,15	1,71	0,52	0,000	0
Антрацитовий штиб	2,787	1,02	1,141	0,51	0,000	0
Всього шихти		619,46		2,21		174,74
Приріст або зменшення						-54,74
Агломерат						120

Продовження таблиці 2.9

Матеріали	Fe ₂ O ₃		SiO ₂		Al ₂ O ₃	
	%	кг	%	кг	%	Кг
ЗР концентрат	80,85	614,14	6,53	49,60	0,27	2,05
Аглоруда	72,35	146,07	17,59	35,51	3,48	7,03
Сталеплавильний шлак	1,57	0,79	12,54	6,33	1,25	0,63
Вапняк	0,22	0,22	0,64	0,64	0,18	0,18
Доломітизований вапняк	0,47	0,47	1,14	1,15	0,92	0,93
Коксовий дріб'язок	3,662	1,64	6,140	2,75	3,783	1,69
Антрацитовий штиб	21,830	7,99	40,210	14,60	21,590	7,90
Всього шихти	59,58	771,32	8,54	110,58	1,58	20,41
Приріст або зменшення		+133,33				
Агломерат		904,65				120

Продовження таблиці 2.9

Матеріали	CaO		MgO		MnO	
	%	кг	%	кг	%	Кг
ЗР концентрат	0,18	1,37	0,09	6,84	0,027	0,21
Аглоруда	0,96	1,94	0,57	1,15	0,805	1,63
Сталеплавильний шлак	42,81	21,62	0,42	0,21	0,845	0,43
Вапняк	54,93	55,26	0,62	0,62	0,01	0,01
Доломітизований вапняк	42,35	42,60	9,54	9,60	0,08	0,08
Коксовий дріб'язок	0,467	0,21	0,156	0,07	0,150	0,07
Антрацитовий штиб	8,510	3,11	3,580	1,31	0,640	0,23
Всього шихти	0,94	126,11	1,53	19,8	0,21	2,66
Приріст або зменшення						
Агломерат						

Продовження таблиці 2.9

Матеріали	P ₂ O ₅		SO ₃		Снел	
	%	кг	%	кг	%	Кг
ЗР концентрат	0,032	0,24	0,105	0,80	0,00	0
Аглоруда	0,082	0,17	0,99	2	0,00	0
Сталеплавильний шлак	0,083	0,04	0,078	0,04	0,00	0
Вапняк	0,20	0,20	0,05	0,05	0,00	0
Доломітизований вапняк	0,04	0,04	0,06	0,06	0,00	0
Коксовий дріб'язок	0,062	0,03	0,440	0,20	83,42	37,37
Антрацитовий штиб	0,480	0,17	2,800	1,02	76,02	27,82

Всього шихти	0,07	0,89	0,322	4,17	5,04	65,19
Приріст або зменшення				-3,753		-65,19
Агломерат				0,417		0

Продовження таблиці 2.9

Матеріали	Інші		ВПП		Σ	Мех. втрати, %
	%	кг	%	кг		
ЗР концентрат	0,326	2,47	0,39	2,96	759,6	1,50
Аглоруда	0,483	0,98	1,93	3,90	201,9	1,50
Сталеплавильний шлак	0,974	0,49	0,79	0,40	50,5	1,50
Вапняк	0,27	0,27	42,86	43,12	100,6	1,50
Доломітизований вапняк	0,97	0,98	44,19	44,46	100,6	1,50
Коксовий дріб'язок	0,000	0	0,42	0,19	44,8	1,50
Антрацитовий штиб	0,360	0,13	0,00	0	36,6	1,50
Всього шихти	0,41	5,32	7,34	95,03	1294,6	1,50
Приріст або зменшення				-95,03		
Агломерат				0	1 025,06	

Продовження таблиці 2.9

Матеріали	Витрата сухих мат., кг/т.	Вологість, %	Витрата вологих мат., кг/т.
ЗР концентрат	759,6	9,86	834,5
Аглоруда	201,9	6,43	214,9
Сталеплавильний шлак	50,5	3,21	52,1
Вапняк	100,6	3,84	104,5
Доломітизований вапняк	100,6	3,90	104,5
Коксовий дріб'язок	44,8	15,14	51,6
Антрацитовий штиб	36,6	12,04	41,0
Всього шихти	1294,6		1403,1
Приріст або зменшення			
Агломерат			

Хімічний склад агломерату

На підставі даних таблиці 2.9 визначаємо хімічний склад агломерату і зводимо результати до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10. – Хімічний склад агломерату у відсотках

Компонент	Fe _{заг}	S	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
Відсотки	75,24	0,021	12,00	69,00	9,72	1,79	11,07

Продовження таблиці 2.10

Компонент	MgO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	Інші	ВПП	Сума
Відсотки	1,20	0,23	0,079	0,037	0,468	0,00	100,00

Перевірку основності виконаємо за наступною формулою:

$$\beta = \frac{CaO_{\text{аглом.}} + MgO_{\text{аглом.}}}{SiO_{2\text{аглом.}} + Al_2O_{3\text{аглом.}}}, [\text{ч. од.}] \quad (2.21)$$

де $CaO_{\text{аглом.}}$ – вміст CaO у агломераті, %;

$MgO_{\text{аглом.}}$ – вміст MgO у агломераті, %;

$SiO_{2\text{аглом.}}$ – вміст SiO₂ у агломераті, %;

$Al_2O_{3\text{аглом.}}$ – вміст Al₂O₃ у агломераті, %.

Виконаємо розрахунок за формулою (2.21) отримаємо:

$$\beta = \frac{11,07 + 1,2}{9,72 + 1,79} = 1,349 \text{ ч. од.}$$

Вибір та розрахунок основного технологічного обладнання

За умовами проекту продуктивність агломераційної фабрики за товарним агломератом складає 4700000 т/рік. Для забезпечення такої продуктивності потрібно розрахувати річну потребу у шихтових матеріалах. Далі на підставі відомостей про продуктивності стандартного обладнання потрібно розрахувати необхідну кількість основного технологічного обладнання. Головним показником у виборі кількості змішувачів вторинного змішування, дробарок та грохотів гарячого звороту є кількість агломераційних машин.

Визначення виробничої програми агломераційної фабрики

Для зручності подальших розрахунків необхідно визначити виробничу програму агломераційної фабрики, що спирається на дані про питому витрату

шихтових матеріалів на виробництво агломерату. Такі дані є результатом розрахунку агломераційної шихти.

Продуктивність агломераційної фабрики за агломератом згідно з умовою складає 4700000 т/рік.

Добова продуктивність агломераційної фабрики за агломератом розраховується за формулою:

$$P_{\text{аглом.}}^{\text{доб.}} = \frac{Q_{\text{аглом.фабр.}}}{0,9 \cdot 365}, \left[\frac{\text{т}}{\text{добу}} \right] \quad (2.22)$$

де $Q_{\text{аглом.фабр.}}$ – продуктивність агломераційної фабрики (згідно умови), т/рік;

0,9 – коефіцієнт використання обладнання;

365 – кількість днів в році, діб.

За формулою (2.22) розрахуємо добову продуктивність агломераційної фабрики:

$$P_{\text{доб}} = \frac{4700000}{0,9 \cdot 365} = 14307 \text{ т/добу}$$

Годинна продуктивність агломераційної фабрики за агломератом розраховується за формулою:

$$P_{\text{аглом.}}^{\text{год.}} = \frac{P_{\text{аглом.}}^{\text{доб.}}}{24}, \left[\frac{\text{т}}{\text{год.}} \right] \quad (2.23)$$

де 24 – кількість годин у добі, год.

За формулою (2.23) розрахуємо годинну продуктивність агломераційної фабрики:

$$P_{\text{год}} = \frac{14307}{24} = 596 \text{ т/год}$$

Розрахунок виробничої програми виконується з використанням прикладної програми MS Excel 2016 пакету MS Office 2016. Результати розрахунку зводимо у таблицю 2.11.

Годинна витрата розраховується за формулою:

Годинна витрата = Питома витрата вологих матеріалів $\times$ Годинна продуктивність фабрики

Розрахунок для прикладу:

ЗР концентрат: $717,2 \text{ кг/т} \times 596 \text{ т/год} \div 1000 = 427,5 \text{ т/год}$

Аглоруда: $184,4 \text{ кг/т} \times 596 \text{ т/год} \div 1000 = 109,9 \text{ т/год}$

Таблиця 2.11 – Виробнича програма агломераційної фабрики за шихтовими матеріалами

Матеріали	Питома витрата вологих матеріалів, кг/т	Годинна витрата, т/год.	Добова витрата, т/добу	Річна витрата, т/рік
ЗР концентрат	834,5	497,4	11938	3,921,940
Аглоруда	214,9	128,1	3074	1,009,810
Сталеплавильний шлак	52,1	31,1	746	245,070
Вапняк	104,5	62,3	1495	491,150
Доломітизований вапняк	104,5	62,3	1495	491,150
Коксовий дріб'язок	51,6	30,8	739	242,820
Антрацитовий штиб	41,0	24,4	586	192,590
Всього шихти	1403,1	836,4	20073	6,594,530

Вибір та розрахунок кількості вагоноперекидачів

Для розвантаження залізничних вагонів у приймальному відділенні рекомендовано до встановлення стаціонарний роторний вагоноперекидач типу ВРС–93–110. Технічна характеристика даного вагоноперекидача наведена у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Технічна характеристика стаціонарного роторного вагоноперекидача ВРС–93–110

Параметри	Значення
Вантажопідйомність люльки, т	150
Продуктивність, вагон./год.	30
Найбільший кут повороту люльки, град.	175
Переміщення ротора мостом вагоноперекидача, м	11
Швидкість переміщення ротора, м/хв.	29,3
Кількість електродвигунів привода, шт.	2
Потужність електродвигуна, кВт	144

Частота обертання електродвигуна, об./хв.	580
---	-----

Кількість вагоноперекидачів на складі визначають за формулою:

$$z = \frac{M k_n}{t m Q n}, [\text{шт.}] \quad (2.24)$$

де M – річне надходження матеріалів, т;

k_n – коефіцієнт нерівномірності прибуття составів для розвантаження ($k_n \cong 1,4$);

t – кількість годин роботи вагоноперекидача на добу із врахуванням простоїв на профілактику ($t \cong 20$ год.);

m – кількість робочих днів на рік, діб;

Q – вантажопідйомність одного вагона, т;

n – середня кількість розвантажуваних вагоноперекидачем вагонів за годину.

Виконаємо підстановку у (2.24):

$$z = \frac{6025480 \cdot 1,4}{20 \cdot 365 \cdot 62 \cdot 30} = 0,588 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо кількість вагоноперекидачів 1 шт.

Розрахунок кількості бункерів шихтового відділення

Кількість бункерів для сипких матеріалів розраховується за наступною формулою:

$$n = \frac{G_{\text{год}} \cdot \tau_3}{\gamma \cdot v \cdot 0,85}, [\text{шт.}] \quad (2.25)$$

де $G_{\text{год}}$ – годинна витрата сипкого матеріалу, т/год.;

τ_3 – потрібний запас сипкого матеріалу, год (приймаємо $\tau_3 = 8$ год);

γ – щільність сипкого матеріалу, т/м³;

v – об'єм бункера, м³ (вибирається із ряду 100, 130, 200 м³).

Дані про щільність сипких матеріалів, що входять у склад агломераційної шихти наведені нижче.

Насипні маси компонентів шихти наступні (т/м³):

- залізовмісні $\gamma_{\text{з.к.}} = 2,23$; $\gamma_{\text{р.}} = 1,95$; $\gamma_{\text{к.п.}} = 1,82$;
- подрібнений флюс $\gamma_{\text{в.}} = 1,51$; $\gamma_{\text{д.в.}} = 1,56$;

- подрібнений флюс $-\gamma_{\text{в}} = 0,98; \gamma_{\text{д.в}} = 1,03;$
- подрібнене тверде паливо - $\gamma_{\text{к.д.}} = 0,63; \gamma_{\text{а.ш.}} = 0,68;$
- подрібнене тверде паливо - $\gamma_{\text{к.д.}} = 0,53; \gamma_{\text{а.ш.}} = 0,61;$
- дроблена бентонітова глина - $\gamma_{\text{б}} = 1,26;$
- подрібнена бентонітова глина - $\gamma_{\text{б}} = 0,93.$

Кількість бункерів для концентрату:

$$n_{\text{з.к.}} = \frac{427,5 \cdot 8}{2,23 \cdot 200 \cdot 0,85} = 9,02 \text{ бунк.}$$

Приймаємо 10 бункерів.

Кількість бункерів для аглоруди:

$$n_{\text{р}} = \frac{109,9 \cdot 8}{1,95 \cdot 200 \cdot 0,85} = 2,65 \text{ бунк.}$$

Приймаємо 3 бункери.

Кількість бункерів для колошникового пилу:

$$n_{\text{к.п.}} = \frac{26,5 \cdot 8}{1,82 \cdot 200 \cdot 0,85} = 0,68 \text{ бунк.}$$

Приймаємо 1 бункер.

Кількість бункерів для вапняку:

$$n_{\text{в.}} = \frac{103,1 \cdot 8}{1,51 \cdot 200 \cdot 0,85} = 3,21 \text{ бунк.}$$

Приймаємо 4 бункери.

Кількість бункерів для доломітизованого вапняку:

$$n_{\text{д.в.}} = \frac{44,2 \cdot 8}{1,56 \cdot 200 \cdot 0,85} = 1,33 \text{ бунк.}$$

Приймаємо 2 бункера.

Кількість бункерів для коксового дрібняку:

$$n_{\text{к.д.}} = \frac{29,7 \cdot 8}{0,63 \cdot 200 \cdot 0,85} = 2,21 \text{ бунк.}$$

Приймаємо 3 бункера.

Кількість бункерів для антрацитового штибу:

$$n_{a.ш.} = \frac{23,2 \cdot 8}{0,68 \cdot 200 \cdot 0,85} = 1,61 \text{ бунк.}$$

Приймаємо 2 бункера.

Данні про кількість бункерів, що рекомендовані до встановлення на проектованій агломераційній фабриці

Дані про кількість бункерів, що рекомендовані для встановлення на проектованій агломераційній фабриці, наведені у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Кількість бункерів шихтового відділення

Тип бункера	Кількість бункерів, шт
Для ЗР концентрату	10
Для аглоруди	3
Для сталеплавильного шлаку	1
Для вапняку	4
Для доломітизованого вапняку	2
Для коксового дріб'язку	3
Для антрацитового штибу	2
Всього	25

Кількість необхідного дозуючого обладнання приймаємо рівною кількості бункерів.

Вибір та розрахунок кількості дробильного обладнання

Гранулометричний склад агломераційної шихти має бути представлений класом 0–3 мм. Клас +3 негативно впливає на агломераційний процес. Серед сировинних матеріалів, що складають шихту, лише залізорудний концентрат, аглоруда та сталеплавильний шлак не потребують дрібнення. Інші компоненти шихти надходять із різною крупністю, і тому необхідною операцією є їхнє дрібнення до заданого класу крупності.

Вибір типу дробильного обладнання визначається фізико-механічними властивостями матеріалів та необхідним ступенем їх дрібнення.

Вибір та розрахунок кількості обладнання для дрібнення твердого палива

Для дрібнення твердого палива рекомендовано використовувати чотиривалкову дробарку 900x700. Продуктивність її 16 т/год.

Для розрахунку кількості дробарок для твердого палива є всі дані. При розрахунку потрібно враховувати, що одна дробарка має бути в якості резервної.

$$n_{900 \times 700} = \frac{30,6 + 24,1}{16} = 3,42 \approx 4 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо кількість чотиривалкових дробарок 900x700 для палива рівним 5 штукам.

Вибір та розрахунок кількості обладнання для дрібнення флюсів

Для дрібнення флюсових складових агломераційної шихти рекомендовано застосовувати молоткові дробарка ДМРИЭ-1,45x1,3. Продуктивність її складає 250

Для розрахунку кількості дробарок для флюсів є всі дані.

При розрахунку потрібно враховувати, що одна дробарка має бути в якості резервної.

$$n_{\text{ДМРИЭ-1,45x1,3}} = \frac{77,0 + 51,3}{250} = 0,51 \approx 1 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість молоткових дробарок для флюсу 2 шт(1 робоча + 1 резервна).

Вибір та розрахунок кількості агломераційних машин

Питома продуктивність агломераційної машини залежить від частки дрібних фракцій (концентрату та колошникового пилу) в залізорудній суміші. У нашому випадку:

- Частка концентрату = 75%
- Частка колошникового пилу = 0%
- Загальна частка дрібних фракцій = 75%

Згідно з таблицею 3.1 методички, при вмісті концентрату 75% питома продуктивність агломашини становить приблизно 1,35 т/м²·год.

Сумарна площа спікання, що забезпечує задане виробництво агломерату:

$$S_{\Sigma} = \frac{Q_{\text{год}}}{q_{\text{шт}}} = \frac{596}{1,35} = 441,5 \text{ м}^2$$

Вибираємо агломераційну машину АКМ-312 з площею спікання 312 м².

Кількість агломераційних машин:

$$n_{AKM} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{AKM}} = \frac{441,5}{312} = 1,42 \approx 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо 2 агломашини АКМ-312.

Продуктивність однієї агломашини:

$$Q_{AKM}^{год} = \frac{596}{2} = 298 \text{ т/год}$$

Вибір і розрахунок огрудкувачів аглошихти

Коефіцієнт виходу 1 т агломерату з вологої шихти:

$$K_{вих} = \frac{1000}{1282,1} = 0,78$$

Кількість шихти для забезпечення годинного виробництва однією машиною:

$$G_{ш}^{AKM} = \frac{298}{0,78} = 382,1 \text{ т/год}$$

Вибираємо барабанний огрудкувач ОБ2-3,2×12,5 продуктивністю 450 т/год.

Кількість огрудкувачів на одну агломашину:

$$n_{огр}^{AKM} = \frac{382,1}{450} = 0,85 \approx 1 \text{ шт.}$$

Загальна кількість огрудкувачів:

$$n_{огр} = 2 \times 1 = 2 \text{ шт.}$$

Вибір і розрахунок кількості змішувачів

Для первинного змішування вибираємо барабанний змішувач СБ1-3,2×8 продуктивністю 400 т/год.

Кількість змішувачів первинного змішування:

$$n_{зм1} = \frac{382,1}{400} = 0,96 \approx 1 \text{ шт. на АКМ}$$

Загальна кількість: 2 шт.

Для вторинного змішування використовуються ті ж огрудкувачі.

Вибір і розрахунок обладнання для обробки аглоспеку

Дробарки для дроблення гарячого агломерату:

Вибираємо одновалкову зубчасту дробарку ДОЗ 1300×3200 продуктивністю 450 т/год.

Годинне виробництво спеку з урахуванням вороття (32%) та постелі (85 кг/т):

$$G_{спек}^{год} = 298 \times \frac{(1000 + 320,1 + 85)}{1000} = 418,6 \text{ т/год}$$

Кількість дробарок:

$$n_{доз} = \frac{418,6}{450} = 0,93 \approx 1 \text{ шт.}$$

Грохоти для класифікації агломерату:

Вибираємо вібраційний грохот ГСТ 81 3000×6400 продуктивністю 450 т/год.

Кількість грохотів:

$$n_{гροх} = \frac{418,6}{450} = 0,93 \approx 1 \text{ шт.}$$

Охолоджувачі агломерату:

Вибираємо прямолінійний охолоджувач ОП-315 продуктивністю 370 т/год.

Кількість охолоджувачів:

$$n_{охол} = \frac{596}{370} = 1,61 \approx 2 \text{ шт.}$$

Охолоджувачі вороття:

Вибираємо барабанний охолоджувач ОВ-1,8×4,9 продуктивністю 60 т/год.

Кількість охолоджувачів вороття:

$$n_{охол.вор} = \frac{190,7}{60} = 3,18 \approx 4 \text{ шт.}$$

Таблиця 2.16 – Основне технологічне обладнання агломераційної фабрики

Найменування обладнання	Кількість, шт	Тип	Продуктивність
Вагоноперекидач	1	ВРС-93-110	30 вагонів/год
Витратні бункери концентрату	9	200 м³	-
Витратні бункери аглоруди	3	200 м³	-
Витратні бункери сталеплавильного шлаку	1	200 м³	-
Витратні бункери вапняку	4	200 м³	-
Витратні бункери доломітизованого вапняку	2	200 м³	-
Витратні бункери коксового дріб'язку	3	200 м³	-

Витратні бункери антрацитового штибу	2	200 м³	-
Молоткові дробарки для флюсів	2	ДМРИЭ-1,45×1,3	250 т/год
Чотиривалкові дробарки для твердого палива	5	900×700	16 т/год
Барабанні змішувачі первинного змішування	2	СБ1-3,2×8	400 т/год
Барабанні огрудкувачі	2	ОБ2-3,2×12,5	450 т/год
Агломашины	2	АКМ-312	298 т/год
Дробарки для гарячого агломерату	2	ДОЗ 1300×3200	450 т/год
Грохоти для класифікації	2	ГСТ 81 3000×6400	450 т/год
Охолоджувачі агломерату	2	ОП-315	370 т/год
Охолоджувачі вороття	4	ОВ-1,8×4,9	60 т/год

Основні техніко-економічні показники

Таблиця 2.17 - Основні техніко-економічні показники агломераційної фабрики

Показник	Одиниця виміру	Значення
Річна продуктивність агломераційної фабрики	т/рік	4 700 000
Добова продуктивність	т/добу	14 307
Годинна продуктивність	т/год	596
Коефіцієнт використання обладнання	ч.од.	0,9
Кількість агломераційних машин	шт	2
Тип агломераційних машин	-	АКМ-312
Площа спікання однієї машини	м²	312
Загальна площа спікання	м²	624
Питома продуктивність агломашины	т/м²·год	1,35
Питома витрата сухої шихти	кг/т агл.	1177,1
Питома витрата вологої шихти	кг/т агл.	1282,1
Питома витрата палива	кг/т агл.	77,1
Питома витрата вуглецю	кг/т агл.	54,2
Вміст заліза в агломераті	%	53,58

Основність агломерату (CaO+MgO)/(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)	ч.од.	1,341
Основність агломерату CaO/SiO ₂	ч.од.	1,400
Вихід придатного агломерату	%	68
Вихід вороття	%	32
Ступінь десульфурації	%	90

(Основність повинна бути 1.35)

Матеріальний баланс агломераційного виробництва

Таблиця 2.18 - Матеріальний баланс агломераційного виробництва

Надходження	кг/т агл.	%	Витрати	кг/т агл.	%
Шихтові матеріали:			Продукція:		
Залізорудний концентрат	741,0	44,50	Придатний агломерат	1000,00	60,05
Аглоруда	190,9	11,46	Вороття (на переробку)	470,59	28,26
Сталеплавильний шлак	46,0	2,76	Втрати:		
Вапняк	129,2	7,76	Механічні втрати	17,66	1,06
Доломітизований вапняк	86,1	5,17	Винос пилу	20,00	1,20
Коксовий дріб'язок	51,4	3,09	Втрати з газами:		
Антрацитовий штиб	40,5	2,43	- CO ₂ від карбонатів	88,68	5,33
Додаткові матеріали:			- Волога	8,50	0,51
Постіль	85,00	5,10	- SO ₂	1,87	0,11
Вода на зволоження	8,50	0,51	- CO і CO ₂ від палива	55,03	3,31
Повітря (розрахунково)	286,50	17,20	- Леткі	4,66	0,28
Всього надходження	1665,1	100,00	Всього витрат	1666,99	100,00

Повітря розраховане орієнтовно як $0,4 \text{ м}^3/\text{кг}$ сухої шихти $\times 1,29 \text{ кг/м}^3 \times 1178,2/2 = 286,5 \text{ кг/т}$ агл.

Енергетичні показники

Таблиця 2.19 - Питомі витрати енергоресурсів

Показник	Одиниця виміру	Значення
Питома витрата електроенергії	кВт·год/т агл.	45-50
Питома витрата природного газу на запалювання	м³/т агл.	5-7
Питома витрата технічної води	м³/т агл.	0,15-0,20
Питома витрата стисненого повітря	м³/т агл.	15-20
Питома витрата теплоти	ккал/т агл.	381 080

Питома витрата теплоти розрахована як $38108 \text{ ккал/100 кг агл.} \times 10 = 381\,080 \text{ ккал/т агл.}$

Висновки

- Виконано комплексний розрахунок агломераційної шихти** для отримання агломерату із заданими характеристиками. Визначено оптимальні витрати компонентів шихти на виробництво 1000 кг агломерату.
- Розраховано хімічний склад агломерату:**
 - Вміст Fe загального - 53,58%
 - Вміст FeO - 12,00%
 - Основність $(\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3) - 1,341 \text{ ч.од}$
 - Основність $\text{CaO/SiO}_2 - 1,400 \text{ ч.од.}$
- Проведено тепловий баланс агломераційного процесу:**
 - Загальне надходження тепла - 37 576 ккал/100 кг агл.
 - Загальні витрати тепла - 37 574 ккал/100 кг агл.
 - Похибка балансу - 0,005%
- Розраховано технологічну схему виробництва** з визначенням матеріальних потоків на всіх стадіях процесу.
- Виконано вибір та розрахунок основного технологічного обладнання:**
 - Агломераційні машини АКМ-312 - 2 шт.
 - Витратні бункери - 24 шт.
 - Дробильне обладнання - 7 шт.
 - Змішувально-огрудкувальне обладнання - 4 шт.
 - Обладнання для обробки спеку - 10 шт.
- Проект забезпечує виробництво 4,7 млн т агломерату на рік** з коефіцієнтом використання обладнання 0,9, що відповідає сучасним вимогам металургійного виробництва.

Висновки

У процесі виконання дипломної роботи на тему "Удосконалення системи завантаження агломераційної шихти, залімістної агломераційної шихти, для виробництва агломерату на агломашині" були досягнуті наступні результати та зроблені наступні висновки:

1. Аналіз існуючих систем завантаження агломераційної шихти:
 - Проведено детальний аналіз існуючих систем завантаження агломераційної шихти, включаючи механічні, пневматичні, гідравлічні, автоматизовані та роботизовані системи.
 - Визначено основні переваги та недоліки кожної з систем, а також проблеми, які виникають під час їх експлуатації.
2. Сутність та значення агломераційної шихти у металургійному виробництві:
 - Визначено, що агломераційна шихта є ключовим компонентом у виробництві чавуну та сталі, оскільки вона забезпечує необхідні фізичні та хімічні властивості матеріалу для ефективного агломераційного процесу.
3. Сучасні методи та технології завантаження агломераційної шихти:
 - Розглянуто сучасні методи та технології завантаження агломераційної шихти, включаючи використання автоматизованих та роботизованих систем, які дозволяють значно підвищити ефективність та точність процесу завантаження.
4. Характеристика поточної системи завантаження агломераційної шихти на прикладі конкретного підприємства:
 - На прикладі конкретного підприємства проведено характеристику поточної системи завантаження агломераційної шихти, визначено її основні технічні параметри та ефективність.
5. Вибір та модернізація технічного обладнання:
 - На основі проведеного аналізу та вивчення сучасних технологій розроблено рекомендації щодо вибору та модернізації технічного обладнання для завантаження агломераційної шихти.
 - Запропоновано впровадження інноваційних підходів та технологій, які дозволять знизити енерговитрати, підвищити продуктивність та покращити екологічні показники виробництва.
6. Практична значущість отриманих результатів:
 - Впровадження запропонованих удосконалень дозволить значно підвищити ефективність та надійність процесу завантаження агломераційної шихти, знизити витрати на експлуатацію та

обслуговування обладнання, а також покращити умови праці та екологічні показники на підприємстві.

Таким чином, результати даної роботи можуть бути використані для подальшого розвитку та вдосконалення технологічних процесів у металургійному виробництві, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності та ефективності підприємств галузі.