

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Щокін Вадим Петрович

УДК 621.3.029.4:622.785

АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕСУ СПІКАННЯ
АГЛОМЕРАТУ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ НИЗЬКОЇ ЧАСТОТИ

Спеціальність 05.13.07 – автоматизація технологічних процесів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Кривий Ріг – 1999

Міністерство освіти України

Науковий керівник -

Доктор технічних наук, професор,
Толмачов Станіслав Трохимович
Криворізький технічний університет,
завідувач кафедри електромеханіки.

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор,

Качан Юрій Григорович

**Запорізька державна інженерна
академія,**

завідувач кафедри електроенергетики

Кандидат технічних наук, доцент,

Назаренко Михайло Володимирович

Криворізький технічний університет,

**кафедра інформатики, автоматички та
систем управління.**

Провідна установа -

“Київський інститут автоматики”

науково-виробнича корпорація,

Міністерство промислової політики

України, м. Київ.

Захист відбудеться «05» жовтня **1999 р.** о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д09.052.03 в Криворізькому технічному університеті за адресою: 324099, м.Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Криворізького технічного університету (324099, м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37).

Автореферат розісланий «31» серпня **1999 р.**

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Гор
бачов Ю.Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Автоматизація агломераційних фабрик є важливою умовою збільшення їх продуктивності, підвищення якості агломерату, зниження його собівартості та поліпшення умов праці робітників. Протягом багатьох років силами підприємств і науково-дослідних організацій вирішується задача створення комплексного автоматизованого агломераційного виробництва, що передбачає автоматичне управління процесами підготовки, транспортування і спікання агломераційної шихти.

Загальний підхід до розв'язання проблеми створення автоматичної системи управління технологічним процесом агломерації базується на надійному контролі технологічних параметрів локальних процесів. Як основний показник повинен використовуватися такий параметр оптимізації, який найбільш повно відображає суть або ефективність процесу, володіє однозначністю та статистичною ефективністю.

Найбільш інформативним на агломераційних фабриках є процес спікання агломерату, автоматичний контроль якого пов'язаний з рядом труднощів, котрі не дозволяли отримати досить повну інформацію про хід технологічного процесу, вихідною величиною якого є ступінь спікання шихти в певних точках по довжині аглострічки.

Варіація вхідних збурюючих впливів технологічного процесу спікання агломерату простежується через зміну вертикальної швидкості спікання шихти, котра може розглядатися як узагальнений результат підготовки шихти до спікання. Отже надійний контроль вертикальної швидкості спікання може бути закладений в основу при створенні комплексної системи автоматичного управління агловиробництвом в цілому.

Питанням розробки методів контролю і на їх базі систем автоматизованого управління процесом спікання агломерату присвячені роботи багатьох дослідників: О.Г.Астахова, К.К.Бубена, О.Л.Галатонова, М.М.Гордона, М.Д.Громова, В.І.Губанова, Ю.О.Гирдимова, В.В.Даньшина, В.О.Конева, В.І.Коротича, М.З.Нестерова, В.І.Плескача, В.П.Пузанова, Р.І.Сігуа, М.Ф.Таравського, М.В.Федоровського, Л.І.Хараша, Д.Г.Хохлова, та інш. вітчизняних і зарубіжних вчених. В той же час проведений аналіз відомих систем автоматичного управління

процесом спікання агломерату, які базуються на раніш запропонованих методиках автоматичного контролю вертикальної швидкості спікання агломерату, свідчить про відсутність універсального і ефективного методу автоматичного контролю, котрий враховує специфічні особливості технологічного процесу. Отже відсутність ефективного способу контролю вертикальної швидкості спікання агломерату є однією з причин значного відставання в розробці автоматизованого управління процесом спікання агломерату.

Особливістю запропонованих раніше методів автоматичного контролю, котрі базуються на електромагнітному випромінюванні, є розгляд шару спеченого агломерату ($0\text{мм} \leq h \leq 240\text{мм}$) в діапазоні частот із найбільшою потужністю електромагнітного випромінювання

(надвисока частота (НВЧ) $P = 2,93 \cdot 10^{-4}, \text{Вт}$, для $f_{\text{нвч}}, \text{Гц} = [3 \cdot 10^9; 3 \cdot 10^{11}]$, інфрачервоне випромінювання $P = 3927, \text{Вт}$, для $f_{\text{іч}}, \text{Гц} = [3 \cdot 10^{11}; 3 \cdot 10^{14}]$, видиме світло $P = 14, \text{Вт}$, для $f_{\text{вс}}, \text{Гц} = [3 \cdot 10^{14}; 3 \cdot 10^{15}]$).

При цьому недостатньо дослідженими залишаються наступні питання, важливі з точки зору технологічного застосування наддовгого електромагнітного випромінювання:

- дослідження потужності електромагнітного випромінювання спеченого агломерату в діапазоні низьких частот $f_{\text{нч}}, \text{Гц} = [3 \cdot 10^2; 3 \cdot 10^4]$;
- аналіз особливостей впливу фізико-хімічного складу шихти на потужність випромінювання;
- розробка та оцінка якості системи автоматичного управління процесом спікання агломерату, заснованої на автоматичному контролі наддовгого електромагнітного випромінювання спеченого агломерату.

Рішення поставлених задач сприятиме створенню системи комплексної автоматизації агломераційного виробництва, що дозволить підвищити продуктивність агломераційного обладнання, знизити витрати паливно-енергетичних ресурсів, сировини та матеріалів.

Актуальність і доцільність вирішення сформульованих задач є підставою для включення наукового проекту за темою “Система автоматичного контролю процесу спікання агломерату” в Перелік інноваційних пріоритетів держави, План науково-технічного розвитку України на 1999-2000 рр., на основі Постанови Кабінету

Міністрів України від 14.12.98р. №1971 “Про додаткові заходи щодо припинення спаду виробництва і забезпечення збільшення його обсягів у 1999-2000 рр.”.

Об'єктом і предметом дослідження є стадія спікання агломерату, в якій відбувається вплив коливань швидкості аглострічки, зміни загального розрідження під аглострічкою, варіювання фізико-хімічних властивостей шихти, відхилення висоти шару і міри ущільнення шихти, зміни умов запалювання та інших технологічних факторів на потужність електромагнітного випромінювання шару спеченого агломерату в діапазоні низьких частот.

Мета і основні задачі наукового дослідження. Основна мета дисертації полягає в підвищенні продуктивності агломераційних машин при підтримці заданої якості агломерату за рахунок розробки і впровадження нової системи автоматичного контролю процесу спікання, що дозволяє отримати достовірну інформацію про контрольований параметр на ранніх стадіях ТП.

Досягнення вказаної мети вимагає вирішення таких задач:

- статистичного аналізу вхідних параметрів процесу спікання агломерату;
- дослідження основних закономірностей розподілу впливів вхідних параметрів процесу спікання на потужність електромагнітного випромінювання спеченого шару агломерату в діапазоні низьких частот;
- розробки електротехнічного комплексу автоматичного контролю потужності наддовгого електромагнітного випромінювання агломерату;
- розробки математичної моделі процесу спікання агломерату;
- розробки і дослідження системи автоматичного регулювання процесом спікання агломерату, що базується на запропонованому методі автоматичного контролю вертикальної швидкості спікання агломерату;
- практичної перевірки і впровадження отриманих результатів.

Ідея роботи. Підвищення ефективності процесу спікання за рахунок використання в системі автоматичного контролю залежності потужності електромагнітного випромінювання агломераційної шихти в діапазоні низьких частот від величини шару спеченого агломерату.

Методи досліджень базуються на використанні основних положень теорії квантової оптики; елементів теорії та методів

пасивних і активних експериментів; методів кореляційного аналізу та теорії імовірності; елементів теорії аналітичної геометрії на площині; теорії управління.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше встановлено та науково обґрунтовано функціональний зв'язок між потужністю електромагнітного випромінювання в діапазоні низьких (5-7 кГц) частот і товщиною шару спеченого агломерату, що закладено в основу принципово нового підходу до розробки системи автоматичного контролю процесу спікання агломерату.
2. Встановлено математичну залежність між фізико-хімічними властивостями шихти та часом реєстрації випромінювання, на базі якої проведена ідентифікація процесу спікання як об'єкта управління.
3. Використання залежності потужності низькочастотного випромінювання від товщини шару спеченого агломерату дозволяє, на відміну від існуючих систем автоматичного контролю, отримати достовірну інформацію про контрольований параметр на ранніх стадіях процесу, за рахунок чого досягається підвищення (в 2-2,5 рази) швидкодії і фільтруючих здібностей системи автоматичного управління, що зумовлює збільшення продуктивності агломераційних машин (5-10 %) при підтримці заданої якості агломерату.

Міра достовірності наукових положень, висновків підтверджена коректним використанням класичних методів і положень теорії випадкових функцій і математичної статистики; адекватністю результатів математичних розрахунків експериментальним матеріалам, отриманим шляхом промислового випробування в умовах агломераційних фабрик ВАТ "Південний гірничо-збагачувальний комбінат" (ПГЗК) м. Кривий Ріг, (імовірність відхилень контрольованого показника ТП не перевищує 5 - 7 %).

Наукове значення роботи полягає у встановленому взаємозв'язку ступеню спікання агломерату, а також кількісного і якісного співвідношення фізико-хімічних властивостей агломераційної шихти і потужності електромагнітного випромінювання в діапазоні низьких частот. На основі даної функціональної залежності розроблено математичну модель об'єкта управління і визначені її параметри.

Практичне значення роботи.

- розроблено та реалізовано новий спосіб автоматичного контролю ступеню спікання агломерату, який підвищує ефективність та надійність роботи автоматичних систем управління технологічним процесом спікання агломерату, що дозволяє підвищити продуктивність агломераційних машин на 5-10 %;
- доведена можливість розробки адаптивної системи управління агломераційним виробництвом, яка включає дуальне управління технологічними процесами підготовки, транспортування і спікання агломераційної шихти;
- *комплекс контролю потужності електромагнітного випромінювання в діапазоні низьких частот доведений до рівня, придатного для розробки технічної документації з метою серійного виготовлення.*

Реалізація результатів роботи.

1. Система автоматичного контролю процесу спікання агломерату успішно витримала промислові випробування на ВАТ “Південний гірничо-збагачувальний комбінат” м. Кривий Ріг.
2. Наукова розробка за темою “Система автоматичного контролю процесу спікання агломерату”, внесена в Перелік інноваційних пріоритетів держави, План науково-технічного розвитку України на 1999-2000рр., пункт 129, розділ 2.4 (гірничорудна промисловість) на підставі Постанови Кабінету Міністрів України від 14.12.98 р. № 1971 п.10, затвердженої Міністерством України в справах науки і технологій, Держіннофондом України від 29.12.98р. №13/2-1-4494.

Випробування результатів дисертації. Основні результати роботи доповідались та обговорювались на науковій конференції “Проблеми оперативного контролю якості мінеральної сировини і шляхи їх вирішення” (Якість-98) (м. Кривий Ріг, 1998 р.), на міжнародній науково-технічній конференції “Комп’ютерні технології в навчанні, наукових дослідженнях і промисловості” (м. Дніпропетровськ, 1998 р.), на П’ятій міжнародній науково-технічній конференції “Контроль і управління в складних системах” (КУСС-99) (м. Вінниця, 1999 р.).

Публікація результатів наукових досліджень. Результати виконаних досліджень за темою дисертації викладені у п’яти друкованих працях та одержано рішення НДЦПЕ України про

видачу патенту. Всі теоретичні дослідження зроблені автором самостійно, експериментальні роботи - за особистою участю автора.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури з 72 найменувань і восьми додатків на 18 сторінках. Загальний об'єм роботи - 166 сторінок друкарського тексту, що включає 18 таблиць та 61 рисунок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність проблеми, описані об'єкти і міра дослідження тематики дисертації, сформульована мета і задачі роботи, визначені методи досліджень, викладені основні положення, наукова новизна, практична цінність і реалізація отриманих результатів.

У **першому розділі** розглянуті технологічні і функціональні характеристики агломераційного процесу та виявлені його характерні особливості як об'єкта управління, котрі дозволили зробити висновок про необхідність при розробці автоматизованого управління приділити особливу увагу поточності технологічного процесу агломерації і взаємопов'язаності більшості технологічних параметрів, що пред'являє жорсткі вимоги до контролю і управління технологічним процесом.

Згідно задач управління агломераційним виробництвом та з урахуванням можливості автоматичного контролю товщини шару спеченого агломерату, удосконалено алгоритм управління процесом агломерації (рис. 1), реалізація якого передбачає створення адаптивної системи управління з ієрархічною структурою, що ґрунтується на підсистемах автоматичного контролю і управління локальними технологічними процесами.

Аналіз технологічних ліній процесу агломерації показав, що результат агломераційного виробництва багато в чому залежить від надійної автоматизації процесу спікання агломерату, складність якого, як об'єкта управління, визначається його багатофакторністю та перешкодонасиченістю.

На основі розглянутих вимог до систем автоматичної стабілізації процесу спікання агломерату проведено аналіз існуючих систем автоматичного контролю процесу спікання.

Рис. 1 Функціональна схема управління процесом агломерації.

Встановлено, що питання автоматичного контролю і управління стадією спікання агломерату потребує додаткового дослідження з метою розробки принципово нового методу автоматичного контролю, який задовольнятиме вимогам технологічного процесу: однозначність і статистична ефективність параметру оптимізації ТП; мінімальний час запізнення сигналу САК; оптимальний канал регулювання.

У **другому розділі** на підставі досліджень фізико-технічної суті процесу спікання агломерату з метою його автоматизації, доведена можливість розгляду даного технологічного процесу базуючись на законах квантової оптики.

Застосування закону Планка, який описує потужність випромінювання чорного тіла як функцію температури і довжини хвилі, дозволило отримати вираз для визначення потужності електромагнітного випромінювання спеченого шару агломерату (діапазон температур 800-1200⁰С) з урахуванням коефіцієнту випромінювання агломерату:

$$dP_{об} = \varepsilon \cdot \frac{2 \cdot \bullet \cdot c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{A}{e^{\bullet \cdot c / k \cdot \lambda \cdot T} - 1} \cdot d\lambda$$

(1)

де P_λ (Вт)- потужність, що випромінюється в інтервалі довжин хвиль; $\bullet = 6.63 \cdot 10^{-34}$ (Джс)- постійна Планка; $c = 3 \cdot 10^8$ (м/с)- швидкість світла у вакуумі; λ (м)- довжина хвилі випромінювання; $d\lambda$ - ширина спектрального інтервалу, $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ (Дж/К)- постійна Больцмана; $A = S_{біч} + 2S_{осн} = 2R(H+R)$ (м²)- площа поверхні, що випромінює (як математичну модель контрольованого об'єму спеченого агломерату прийнятий циліндр радіусом R (м), висотою H (м), де $S_{біч}$ (м²)- площа бічної поверхні, $S_{осн}$ (м²)- площа основи циліндру); T (К)- температура тіла; $\varepsilon = 0.76$ - коефіцієнт випромінювання агломерату.

Стосовно до процесу спікання аналіз виразу (1) дозволив зробити такі висновки: існує електромагнітне випромінювання шару спеченого агломерату, що знаходиться в технологічному процесі, яке має широкий діапазон частот; потужність електромагнітного випромінювання зростає відповідно до збільшення шару спеченого агломерату (рис.2); фонове електромагнітне випромінювання під час процесу спікання шихти, яке залежить від температури і не залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу що спікається, характеризує енергетичну світність об'єму спеченого агломерату.

-б-

Рис.2 Розподіл потужності електромагнітного випромінювання в діапазоні низьких частот (а) та шару спеченої шихти (б) по довжині аглострічки при швидкості аглострічки $v_{cm} = 2$ м/хв.

Аналіз впливу вхідних факторів ТП на швидкість спікання агломерату дозволив синтезувати вираз взаємозв'язку вхідних параметрів і потужності електромагнітного випромінювання спеченого агломерату в певних точках по довжині аглострічки.

$$dP_{об} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r \cdot \varepsilon \cdot c^2 \cdot \left(l_{кон} \frac{(7.644 \cdot Fe + 0.908 \cdot P + 7.571 \cdot CaO - 2.062 \cdot C + \dots)}{0.6 \cdot s \cdot L \cdot \rho \cdot K_{agl} \cdot v_{cm}} \right)}{\lambda^5 \cdot \left[\left(e^{\frac{hc}{k \cdot \lambda T}} \right) - 1 \right]}$$

(2)

де Fe (%) - вміст заліза в залізорудній частині шихти; P (%) - вміст руди в залізорудній частині шихти; CaO (%) - вміст вапна у флюсах; C (%) - вміст вуглецю в шихті; W (%) - вміст повернення в шихті; W (%) - вологість шихти; s (м) - ширина стрічки; L (м) - довжина стрічки; (m/m^3) - насипна маса шихти; v_{cm} (м/хв) - вертикальна швидкість спікання; K_{agl} (%) - вихід готового агломерату; h_{cm} (м) - висота спеченого шару шихти; $l_{кон}$ (м) - точка контролю показника процесу по довжині аглострічки; v_{cm} (м/хв) - швидкість аглострічки.

Аналіз одержаної залежності (2) дозволив теоретично вивчити характер взаємозв'язку вхідних збурюючих впливів і потужності електромагнітного випромінювання в діапазоні низьких частот, а також провести математичний прогноз подальших експериментальних досліджень.

У **третьому розділі** висвітлені результати досліджень характеристик операційних підсилювачів і існуючих на їх базі електронних приладів контролю, котрі дозволили розробити автоматичний інтегруючий вимірювальний комплекс потужності електромагнітного випромінювання агломерату в діапазоні низьких частот, як вихідний параметр використано час інтегрування потужності випромінювання $t_{им}, c = f(P)$.

Запропонований підхід дозволив розробити систему адекватного автоматичного контролю процесу спікання агломерату (рис.3), яка в порівнянні з відомими раніше системами має досить високу точність і перешкодозахищеність, дає можливість контролю вертикальної швидкості спікання агломерату на початку процесу (п'ята вакуум-камера), що приводить до мінімального часу запізнення ($t_3 \approx 4xв$ при $v_{cm} \approx 2м/хв$).

У даному розділі розроблена периферія датчика автоматичного контролю процесу спікання, яка дозволяє аналізувати спектр вихідного сигналу на ЕОМ і, таким чином, стає можливою розробка системи автоматичного управління технологічним процесом агломерації.

Рис.3 Функціональна схема САК ТП спікання агломерату.

На рис.3 прийняті такі позначення: 1 – перетворювач електромагнітного випромінювання в напругу; 2 – частотнофазовий детектор; 3 – підсилювач диференційний; 4 – фільтр полосно-загороджувальний з регулюванням смуги пропускання; 5 – індикатор (мікроамперметр); 6 – дільник напруги; 7 – самопишучий прилад; 8 – інтегратор–обмежувач швидкості зміни напруги; 9 – таймер.

У **четвертому розділі** на основі аналізу технологічних варіацій вхідних параметрів процесу спікання агломерату отримані їх статистичні характеристики, знання яких є необхідною умовою для проведення подальших виробничих експериментів по відсіванні факторів, що не впливають на контрольну ознаку (час інтегрування потужності електромагнітного випромінювання), набору статистичного матеріалу, а також для вибору структури автоматизованої системи управління ТП спікання агломерату.

Проведені виробничі експерименти розробленої системи автоматичного контролю на агломашинах ВАТ “ПГЗК” (м. Кривий Ріг) з використанням теорії планування експерименту (методу відсівання факторів, які несуттєво впливають на параметр оптимізації, за допомогою дробового факторного експерименту) дозволили підтвердити теоретичні висновки другого розділу про вплив шару спеченого агломерату на потужність низькочастотного електромагнітного випромінювання, коли варіації фізико-хімічних властивостей шихти здійснюють побічний вплив на контрольований параметр шляхом впливу на вертикальну швидкість спікання агломерату (рис.4).

Внаслідок обліку кількісних та якісних характеристик вхідних факторів та статистичного дослідження експериментального матеріалу визначені: коефіцієнти кореляції часу інтегрування потужності випромінювання і вхідних параметрів процесу спікання агломерату (таб.1); математична модель процесу спікання агломерату (3), яка дозволяє за вмістом вхідних параметрів процесу спікання побудувати контрольний показник процесу.

Рис. 4 Схема відсівання факторів,

де 1- ранжировочна крива; 2- довірчий інтервал; x_1 (м)- шар спеченої шихти; x_2 (м/хв) - швидкість стрічки; x_3 (м) - загальна висота шихти на аглострічці; x_4 (%) - вологість шихти; x_5 (%) - вміст руди в шихті; x_6 (%) - вміст вапну у флюсах; x_7 (%) - вміст палива в шихті.

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції

Вхідні параметри	Час інтегрування ЕМВ
Fe	-0,935
P	-0,743
CaO	-0,859
C	0,719
B	-0,726
W	-0,893

Рівняння множинної регресії в натуральному масштабі:

$$\bar{x}_{1,234567} = -1,652 \cdot Fe - 9,59 \cdot P - 8,642 \cdot CaO + 10,367 \cdot C - 3,291 \cdot B - 8,258 \cdot W \quad (3)$$

Запропонована математична модель процесу спікання може бути застосована в адаптивній системі управління ТП агломерації, що використовує для контролю вертикальної швидкості спікання агломерату запропонований принцип

вимірювання потужності електромагнітного випромінювання в діапазоні низьких частот.

У **п'ятому розділі** дослідження експериментального графіку залежності запропонованого показника процесу від шару спеченого агломерату (рис.5) дозволили отримати градієнт часу інтегрування потужності електромагнітного випромінювання, який є суттєво нелінійним. Згідно з проведеними дослідженнями властивості об'єкту управління представлені відповідним числом статичних характеристик: розподіл часу інтегрування потужності по довжині аглострічки при варіації швидкості стрічки, спікання, точки контролю.

Рис.5 Графік залежності часу інтегрування потужності електромагнітного випромінювання від шару спеченого агломерату.

З метою аналізу характеристик запропонованого показника в перехідному процесі при зміні швидкості аглострічки (з 2,5м/хв до 2м/хв) на рис.6 представлений теоретичний і експериментальний графік розподілу часу інтегрування ЕМ випромінювання (контроль здійснюється над п'ятою вакуум-камерою при вертикальній швидкості спікання 0,018 м/хв.).

Адекватність статичних і динамічних характеристик об'єкта підтверджено шляхом проведення промислових випробувань, котрі свідчать про достатню інформативність часу інтегрування потужності електромагнітного випромінювання в діапазоні низьких частот як показника процесу спікання агломерату.

Проведені дослідження дозволили зробити вибір прийнятного способу впливу на процес. В результаті зроблений висновок про доцільність каналу регулювання (час інтегрування потужності

електромагнітного випромінювання - швидкість аглострічки) в системі автоматичного управління процесом спікання.

Рис.6 Теоретична (1) та експериментальна (2) характеристики часу інтегрування потужності електромагнітного випромінювання в перехідному процесі.

Відповідно до вищевикладеного розроблено одноконтурну систему автоматичного регулювання швидкості аглострічки. В систему входить: ПІ-регулятор; об'єкт регулювання, який відносно регулюючого впливу апроксимується інтегруючою ланкою з відсічкою; датчик автоматичного контролю, інерційність якого врахована завдяки введенню ланки запізнення.

Удосконалений на базі законів аналітичної геометрії на площині (для використання в розрахунках обчислювальної техніки) графоаналітичний метод, заснований на критерії стійкості Найквіста-Михайлова, дозволив визначити оптимальні настройки регулятора і на основі даного розрахунку розглянути фільтруючі властивості системи за її амплітудно-частотними характеристиками (рис.7) відносно двох класів збурюючих впливів. Перший клас впливає на загальний об'єм шихти, котра знаходиться на аглострічці, об'єкт при цьому апроксимується інтегруючою ланкою з відсічкою, другий клас впливає на окремі об'єми шихти, апроксимація пропорційною ланкою з запізненням.

На основі проведеного аналізу зроблений висновок про доцільність використання запропонованого методу автоматичного контролю в системах автоматичного регулювання, які в порівнянні із запропонованими раніше відрізняються підвищеною якістю управління технологічним процесом спікання агломерату за рахунок надійного контролю з мінімальним часом запізнення $t_3 = 4x\epsilon$, при швидкості аглострічки $v_{cm} = 2m / x\epsilon$.

Рис.7 Амплітудно-частотні характеристики $A_{св1}()$ та $A_{св2}()$ САР при апроксимації об'єкту управління відповідно інтегруючою ланкою з відсічкою та пропорційною з запізненням.

У шостому розділі відповідно до виразу, що представляє характер зміни шару спеченого агломерату на виході агломашини (вихід готового агломерату) при гармонічному збурюючому впливі

$$h_{сн} = \frac{L}{v_{сн.}} \cdot v_{сн.ср.} - \frac{L}{v_{сн.}} \cdot \Delta v_{сн.макс.} \cdot \sin \left[2 \cdot \pi \cdot \frac{v_{сн.}}{L} \left(t - \frac{L}{v_{сн.}} \right) \right] \text{ м,}$$

(4)

визначена продуктивність агломашин після впровадження системи автоматичного управління ТП спікання агломерату, яка на 15 % перевищила продуктивність базового періоду.

На основі дослідження проведено розрахунок очікуваного економічного ефекту від розробки і подальшого застосування САР процесом спікання агломерату.

Відзначено і підтверджено актом, що впровадження у виробництво системи автоматичного управління технологічним процесом спікання, заснованої на автоматичному контролі потужності електромагнітного випромінювання спеченого агломерату в діапазоні низьких частот, є економічно доцільним.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз відомих систем автоматичного управління процесом спікання агломерату, заснованих на системах автоматичного контролю вертикальної швидкості спікання агломерату, методи контролю яких базуються на розгляді шару спеченого агломерату в діапазоні частот з найбільшою потужністю електромагнітного випромінювання (надвисока частота (НВЧ) - $2.93 \cdot 10^{-4} \text{ Вм}$, інфрачервоне випромінювання - 3927 Вм , видиме світло - 14 Вм),

свідчить про відсутність універсального і ефективного методу автоматичного контролю, котрий враховує специфічні особливості технологічного процесу.

2. На основі досліджень розроблена математична модель процесу спікання агломерату яка, на відміну від раніше відомих передає сукупність вхідних збурюючих впливів загалом, а не його окремі непрямі показники. Модель, котра визначає суть варіювання потужності електромагнітного випромінювання спеченого агломерату, поєднує статистичний підхід з фізичними факторами, що дозволяє передати специфічні особливості об'єкту управління: варіація вхідних збурюючих впливів, зміна технологічних параметрів процесу, зміна потужності електромагнітного випромінювання спеченого шару агломерату.

3. Розроблена і реалізована система автоматичного контролю процесу спікання агломерату, яка у порівнянні з відомими раніше має високу точність, перешкодозахищеність і мінімальний час запізнення (4 хв). Система автоматичного контролю доведена до рівня, придатного для розробки технічної документації з метою серійного виготовлення.

4. Урахування функціональної залежності ступеню спікання агломерату, а також кількісного та якісного співвідношення фізико-хімічних властивостей агломераційної шихти і потужності електромагнітного випромінювання в діапазоні низьких частот дозволило розробити математичну модель процесу спікання як об'єкту управління, котра в порівнянні з відомими раніше володіє універсальністю і високою інформативністю. Останнє підтверджено шляхом зіставлення розрахункового значення контрольного показника і експериментальної інформації.

5. На основі дослідження фільтруючих здібностей одноконтурної системи регулювання швидкості аглострічки за її амплітудно-частотними характеристиками відносно збурюючих впливів зроблено висновки про доцільність використання запропонованого способу автоматичного контролю в системі автоматичного регулювання, яка в порівнянні із запропонованими раніше відрізняється підвищеними (в 2-2,5 рази) показниками якості управління (швидкодія і фільтруючі здібності) технологічним процесом спікання агломерату.

6. Використання системи автоматичного управління процесом спікання агломерату, заснованої на розробленому методі автоматичного контролю вертикальної швидкості спікання

агломерату, дозволяє отримати суттєвий економічний ефект (очікувана річна економічна ефективність 1175979 грн. на 1998р.) за рахунок підвищеної продуктивності технологічного обладнання (збільшення продуктивності агловиробництва - 5%), чим підтверджена практична цінність роботи.

7. Запропонована система автоматичного контролю процесу спікання агломерату витримала промислові випробування на ВАТ “Південний гірничо-збагачувальний комбінат” м. Кривий Ріг. Зроблені висновки про необхідність впровадження наукової розробки в виробництво.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ

1. Щекин В.П. Экспериментальное подтверждение теории электромагнитной светимости спекаемой шихты // Разработка рудных месторождений. –Кривой Рог. –1999.–№.67. –С.93-97.
2. Щекин В.П. Применение контроля сверхдлинного электромагнитного излучения агломерата в вопросе автоматизации процесса спекания аглошихт // Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины. –Днепропетровск. –1998.-№4. –С.174-178.
3. Щокін В.П. Алгоритм управління агломераційним процесом // Придніпровський науковий вісник. –Дніпропетровськ. –1998.–№124. – С.63-65.
4. Толмачев С.Т., Щекин В.П. Исследование технологических закономерностей управления процессом спекания агломерата в целях его автоматизации // Академический вестник. Международная Академия компьютерных наук и систем. Криворожское территориальное отделение. -1998. -№2.–С.41-50.
5. Рішення НДЦПЕ України про видачу пат. № 98063086. Україна, МПК 6С 22В 1/00; G 01К 5/00. Спосіб контролю процесу спікання агломерату / В.П. Щокін, С.Т. Толмачов (Україна); Заявл. 15.06.1998. Прийн. рішення 14.04.1999.
6. Толмачов С.Т., Щокін В.П. Система автоматичного контролю процесу спікання агломерату // Труды Міжнар. науково-технічної конф. “Контроль і управління в складних системах” (КУСС-99). – Том 3. -Вінниця: Вінницький державний технічний університет. –1999. –С. 31-40.

АННОТАЦИЯ

Щекин Вадим Петрович. Автоматический контроль процесса спекания агломерата на основе электромагнитного излучения низкой частоты. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – автоматизация технологических процессов. Криворожский технический университет, Кривой Рог, 1999 г.

В научной работе на основе анализа технологического процесса агломерации установлены оптимальные направления усовершенствования автоматизированного управления данного технологического процесса с целью повышения производительности, качества готовой продукции и снижения ее себестоимости.

На основе рассмотренных задач, предъявляемых к системам автоматической стабилизации процесса спекания агломерата, проведен анализ существующих систем автоматического контроля процесса спекания. Установлено, что вопрос автоматического контроля и управления стадии спекания агломерата нуждается в дополнительном исследовании с целью разработки принципиально нового метода автоматического контроля, удовлетворяющего требованиям технологического процесса и обеспечивающего надежность системы автоматического регулирования.

Предложен и исследован метод автоматического контроля процесса спекания агломерата, базирующийся на контроле сверхдлинного электромагнитного излучения спеченного слоя агломерата в динамике. Техническое решение метода опробовано в промышленных условиях на I, II аглофабриках ОАО “Южный горно-обогатительный комбинат” (ЮГОК) г. Кривой Рог с положительным отзывом. Научная новизна предложенного способа защищена регистрацией даты подачи материалов на патент в научно-исследовательском центре патентной экспертизы Украины от 15.06.1998 г. №98063086.

Разработана методика определения контрольного показателя (времени интегрирования мощности электромагнитного излучения) как функции слоя спеченного агломерата. В соответствии с проведенными промышленными исследованиями подтверждена адекватность расчетных и экспериментальных данных

Предложена система автоматического регулирования процесса спекания агломерата, основанная на разработанном методе автоматического контроля. Исследованы особенности данной системы, произведена оценка качества системы по виду частотных характеристик.

Разработана методика определения производительности агломашины и определена предполагаемая технико-экономическая эффективность при внедрении системы автоматического управления процессом спекания агломерата.

Ключевые слова: спекание агломерата, электромагнитное излучение, время интегрирования, показатель технологического процесса.

АНОТАЦІЯ

Щокін Вадим Петрович. Автоматичний контроль процесу спікання агломерату на основі електромагнітного випромінювання низької частоти. - Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.13.07 - автоматизація технологічних процесів. Криворізький технічний університет, Кривий Ріг, 1999 р.

Дисертація присвячена питанням розробки і проектування систем автоматичного контролю і управління процесом спікання агломерату.

У науковій роботі розвивається новий напрямок в автоматичному управлінні агломерації, заснований на автоматичному контролі наддовгого електромагнітного випромінювання спеченого шару агломерату. Розроблена методика визначення контрольного показника часу інтегрування потужності електромагнітного випромінювання як функції шару спеченого агломерату. У відповідності з проведеними промисловими дослідженнями підтверджена адекватність розрахункових і експериментальних даних. Запропонована система автоматичного управління процесу спікання агломерату заснована на розробленому методі автоматичного контролю.

Досліджені особливості даної системи, зроблена оцінка якості системи згідно з видом частотних характеристик. Основні результати роботи знайшли промислове застосування в проектуванні нових систем автоматичного управління агломераційним процесом з поліпшеними технологічними

характеристиками.

Ключові слова: спікання агломерату, електромагнітне випромінювання, час інтегрування, показник технологічного процесу.

ANNOTATION

Shchokin Vadym Petrovich. Automatic control process baking agglomeration on base of electromagnetic radiation of low frequency.

- Manuscript. Dissertation on competition learned candidate degree of technical sciences on specialty 05.13.07 - automation of technological processes. Krivoy Rog Technical university, Krivoy Rog, 1999 y.

This dissertation dedicated to questions of elaboration and designing systems of automatic control and management of baking process agglomerate.

The new direction develops in automatic management of agglomeration in this work, founding automatic control of overlong electromagnetic radiation of baked layer agglomerate. The determination method of control integration time index the power of electromagnetic radiation is worked up as function of baked layer agglomerate. According to the industrial researches, which were conducted the adequacy of calculation and experimental data. The offered system of automatic baking process of management is agglomerate founded on worked up method of automatic control. The peculiarities of given system are explored and the system qualities estimation on appearance of frequency descriptions is made. The basic results found an industrial application in designing of new systems of automatic management by agglomeration process with made better technical characteristics descriptions.

Key words: baking agglomerate, electromagnetic radiation, integration time, index of technological process.

АВТОРЕФЕРАТ.

Підписано до друку 20.08.1999 р. Формат 6084/16. Папір писальний
Друк офсетний. Ум.-друк.арк. 0,93. Тираж 100 прим. Зам. № 128.

Видавництво “Мінерал” АГН України.
324099, м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37.