

В.П. Щокін, канд. техн. наук

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний університет),

В.М. Нечитайло, канд. техн. наук, С.М. Мисько, А.І. Шнирко

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький інститут автоматики),

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ШИХТОПІДГОТОВКИ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ГЗК ВАТ «МІТТАЛ СТІЛ КРИВИЙ РІГ»

Технологічний процес виробництва агломерату є складним, багатофакторним об'єктом керування і реалізується за безперервною схемою, містить у собі три послідовних процеси: дозування компонентів і підготовка шихти; спікання; охолодження спека. Всі три процеси об'єднані в загальний, за допомогою поточно-транспортної системи.

Розробка локальних підсистем управління окремими технологічними ланцюгами [1,2] не привела до створення комплексної автоматичної системи управління технологічним процесом, оскільки ТП включає в собі ряд багатомісних об'єктів з великою кількістю керуючих каналів, схильних до впливу чинників, які не підлягають безперервному контролю.

Базуючись на сучасні розробки [1, 2, 3] присвячені автоматизації окремих технологічних ліній агломераційного процесу, стає можливим синтез автоматичної системи управління, яка матиме ієрархічну структуру. Подібна система складається з трьох рівнів: перший – об'єднує локальні підсистеми управління окремими технологічними лініями, другий – забезпечує взаємозв'язок у роботі окремих підсистем, третій рівень об'єднує АСУ окремих технологічних ланцюгів в єдиний комплекс управління агловиробництвом.

Автоматизована система управління технологічним процесом агломерації повинна включати: систему хімічної ідентифікації сировини, що поступає в шихту; систему автоматичного управління режимом завантаження і вивантаження сировини з бункерів шихтового відділення; автоматичну систему шихтопідготовки; систему автоматичного управління процесом завантаження шихти на аглострічку; систему автоматичного управління процесом спікання шихти на аглострічці.

Система комплексної автоматизації технологічного процесу агломерації повинна вирішувати задачі дозування компонентів шихтових матеріалів, контроль і регулювання вологості, контроль ходу і закінчення технологічного процесу спікання агломерату. При цьому інформація про хід технологічного процесу повинна бути доступна всім локальним підсистемам, отже необхідним є створення єдиного інформаційного поля пов'язаного з інформаційно-вимірjuвальними комплексами окремих технологічних ліній.

Забезпечення жорстких вимог до якості агломерату можливо тільки при повній автоматизації контролю й керування параметрами технологічного процесу всього агломераційного комплексу.

Основним завданням розробленої й впроваджуваної інтегрованої інформаційно-керуючої системи виробництва агломерату є підвищення продуктивності агломераційного комплексу, з компенсацією збурень по всій технологічній лінії, що забезпечить задані показники якості.

При виробництві агломерату якісна підготовка шихти являється одним з найважливіших етапів виробничого процесу, що безпосередньо впливає на якість вихідного продукту. Тому задача автоматизації функцій контролю і управління технологічним процесом шихтопідготовки при виробництві агломерату, що забезпечує стабільність хімічного складу шихти, а також підвищення продуктивності агломераційних машин, займає важливе місце в стратегії покращення ефективності агломераційного виробництва.

Технологічний процес шихтопідготовки як об'єкт автоматизації. Технологічний процес виготовлення агломераційної шихти полягає в змішуванні її компонентів у заданих співвідношеннях, що визначаються на основі розрахунку шихти, виходячи із кінцевої мети – отримання заданого вмісту заліза і заданої основності $R=CaO/SiO_2$ в агломераті.

В якості компонентів шихти як правило використовують залізний концентрат, легуючі добавки, вапняки, тверде паливо (коксівий дріб'язок, антрацитовий штиб), аглоруду.

Всі системи управління процесом дозування аглошихти базуються на різних видах двох способів дозування – спосіб об'ємного дозування і спосіб дозування по масі.

При об'ємному дозуванні об'ємні витрати Q_i i -го компонента шихти визначають на основі площі поперечного перерізу вихідного отвору бункера, з якого дозується i -й компонент і середньої швидкості руху його потоку V_i , виходячи з формули

$$Q_i = S_i V_i \quad (1)$$

Із формули видно, що регулювання об'ємними витратами компонентів Q_i можна проводити змінюючи S_i , та V_i , або їх комбінації. Якщо фізичні властивості дозованого компонента (гранулометричний склад, вологість) достатньо стабільні, то по значеннях S_i і V_i можна з допустимою точністю побічно визначити продуктивність дозатора по масі. Але на практиці часто фізичні властивості компонентів змінюються, окрім цього мають місце випадки налипання матеріалу на стінки бункера і раптове його обрушення, а також зменшення (заростання) вихідного отвору бункера. Все це в значній мірі знижує точність дозування. Так при об'ємному дозуванні відхилення фактичних витрат компонентів від заданих складають в середньому 15-20%.

Застосування способів дозування по масі дозволяє значно підвищити точність дозування. Тому при створенні систем управління дозування аглошихти вони знайшли більш широке застосування.

Найбільш поширеними являються два типи систем дозування аглошихти по масі – групові і індивідуальні. При індивідуальному дозуванні по масі регу-

люють витрати кожного компонента шихти за результатами зважування, забезпечуючи мінімальне їх відхилення від заданих значень.

В групових адаптивних системах дозування, підтримуються постійні співвідношення між компонентами шихти. В таких системах один із компонентів являється ведучим (як правило – це залізорудний концентрат), а всі інші компоненти – ведені. Якщо $P_{ш}$ – маса шихти, а $P_{к}, P_{р}, P_{в}, P_{л}, P_{н}$ – маси її компонентів, відповідно концентрату, руди, вапняку, легуючих добавок і палива, то справедливі наступні формули:

$$P_{к} = K_{к} P_{ш}; P_{р} = K_{р} P_{ш}; P_{в} = K_{в} P_{ш}; P_{л} = K_{л} P_{ш}; P_{н} = K_{н} P_{ш}, \quad (2)$$

де $K_{к}, K_{р}, K_{в}, K_{л}, K_{н}$ – коефіцієнти співвідношення витрат відповідно концентрату, руди, вапняку, легуючих добавок і палива в шихті.

Враховуючи, що $P_{ш} = P_{к} + P_{р} + P_{в} + P_{л} + P_{н}$, або $K_{к} + K_{р} + K_{в} + K_{л} + K_{н} = 1$, то у відношенні до ведучого компоненту – залізорудного концентрату задані витрати всіх інших компонентів шихти можна визначити за формулами:

$$P_{р} = (K_{р}/K_{к}) P_{к}; P_{в} = (K_{в}/K_{к}) P_{к}; P_{л} = (K_{л}/K_{к}) P_{к}; P_{н} = (K_{н}/K_{к}) P_{к}. \quad (3)$$

Разом з перевагами, спосіб дозування аглошихти по масі компонентів має і негативні сторони, що знижують точність дозування. Як правило у всіх системах, де використовується даний спосіб, не враховуються інтервали часу, зв'язані з транспортним запізненням збірного конвеєра, а також динаміка приводів живильників. Враховуючи, що відстань від кожного з ведених компонентів до бункера ведучого компонента різна, а при випадкових провалах або піках в видачі залізорудного концентрату миттєво формуються сигнали на відпрацювання коригування витрат усіх ведених компонентів, то в результаті отримують аглошихту з нерівномірним розподілом компонентів в межах її елементарного об'єму, що призводить до коливань процесу спікання шихти і в кінцевому результаті негативно впливає на якість агломерату. Окрім цього, у цих системах процес коригування витрат компонентів прив'язують тільки до часу і не враховують за цей період часу критичну масу компонентів, при якій можливо забезпечити задану якість перемішування.

Автори даної статті разом зі спеціалістами дільниці автоматики цеху шихтопідготовки ГЗК ВАТ «Міттал Стіл Кривий Ріг» розробили і впровадили АСУ ТП шихтопідготовки, що входить до складу розробленої за участю авторів і впроваджуваної поетапно інтегрованої інформаційно-керуючої системи виробництва агломерату [4].

В АСУ ТП шихтопідготовки використано запатентований спосіб дозування аглошихти по масі її компонентів, що дозволяє усунути вказані вище недоліки. Спосіб полягає в тому, що вимірюють величину витрати кожного компонента шихти, контролюють відхилення поточних витрат від заданих, змінюють витрати кожного компонента в залежності від розбіжності заданої і поточної величини витрати кожного компонента, додатково визначають похибку дозування шихти в межах партії складових компонентів, роз-

мір якої визначають за умови забезпечення якості перемішування компонентів шихти. Якість перемішування контролюють, а сигнал на коригувальну дію витрат кожного компонента формують з врахуванням динаміки приводів комплексу механізмів шихтопідготовчого відділення [4].

Цільові функції системи. В загальному виді цільова функція управління всім агломераційним комплексом формулюється як задача управління, при якій прибуток має максимальне значення [3]. Прибуток Π_a визначається оптовою ціною агломерату Π_a , собівартістю витрат на виробництво C_a і масою P_a виготовленого за одиницю часу агломерату

$$\Pi_a = (\Pi_a - C_a) P_a \quad (4)$$

Нижче приведені цільові функції інтегрованої АСУ ТП:

$$\begin{aligned} P_a &= f_p(V_p, Z) \rightarrow \max \\ C_a &= f_c(V_c, Z) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (5)$$

де V_p, V_c – вектори мети; Z – вектор якісних показників агломерату.

Області визначення векторів: $V_p \in \Omega, V_c \in \Omega, Z \in \Omega$ (3), де $\Omega_p, \Omega_c, \Omega_z$ – області припустимих значень відповідно векторів V_p, V_c, Z .

Для АСУ ТП шихтопідготовки функція мети визначається виразом:

$$Z_i^u = Z_i^m \text{ зад}, \quad (6)$$

де Z_i^u і $Z_i^m \text{ зад}$ – відповідно поточне і задане значення i -го якісного показника шихти.

Критерії управління можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} \int |\Delta Z_i^u| dt &\rightarrow \min \\ \int |\Delta P_i^u| dt &\rightarrow \min \end{aligned} \quad (7)$$

де ΔZ_i^u – різниця між поточним і заданим значенням i -го показника якості шихти; ΔP_i^u – різниця між поточним і заданим значенням витрат i -го компонента шихти.

Виходячи із вищенаведених цільових функцій, були сформовані вимоги до АСУ ТП шихтопідготовки, як самостійної системи і одночасно складової частини інтегрованої АСУ виробництва агломерату. Окрім цього, для формування вимог до створюваної системи на стадії її проектування були проведені дослідження на існуючій системі дозування, в процесі яких було визначено наступне:

- коефіцієнти витрат палива в шихті при одночасній роботі різної кількості агломашин;
- точність дозування шихтових компонентів і якість стабілізації їх витрат;
- алгоритми управління процесом завантаження бункерів дозування;
- динамічні характеристики механізмів дозування – живильників, масовимірвачів, шибєрів, транспортерів, електродвигунів.

Структура і функції АСУ ТП шихтопідготовки. Структура АСУ ТП шихтопідготовки приведена на рис.1. Структурно система представляє собою три рівневу розподільну систему.

Нижній рівень представляють датчики, виконавчі механізми, контролери технологічних відділень приймання, підготовки, транспортування і дозування шихти.

Середній рівень являє собою сукупність автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативного-технологічного персоналу цеху шихтопідготовки – операторів і майстрів-технологів дільниці приймання, підготовки і транспортування шихти, операторів і майстрів-технологів дільниці дозування шихти, дозувальників. Для реалізації вказаних АРМ використовуються промислові комп'ютери.

Верхній рівень становлять АРМ (офісні комп'ютери) фахівців і курівництва цеху шихтопідготовки.

З метою забезпечення необхідної надійності роботи системи використано принцип дублювання вхідних каналів вводу сигналів, управляючих контролерів, комп'ютерів АРМ оперативного-технологічного персоналу, серверів, ліній зв'язку.

Нижній рівень системи виконує функції:

- збір і первинна обробка сигналів від датчиків рівня шихти в бункерах, маси компонентів шихти, технічного стану механізмів, сигналів положення механізмів і ін.;

- керування механізмами технологічних відділень приймання, підготовки, транспортування і дозування шихти;

- розподіл шихтових компонентів по приймальних бункерах з вирішенням задач усереднення, резервного нагромадження, конфігурування потоків;

- оперативний запуск і зупинення агрегатів;

- вибір для роботи необхідної кількості одночасно працюючих дозуючих агрегатів;

- контроль технічного стану дозуючих агрегатів і інших механізмів(автостел, конвеєрів);

багатоканальна сигналізація з коментаріями виникаючих технологічних відхилень.

Функції середнього рівня системи:

- циклічне опитування контролерів і логічний контроль прийнятої інформації;

- обчислення параметрів відхилень в процесі управління, результатів логічних виразів при контролі роботи потоково-транспортних систем і інших механізмів;

- передача інформації між комп'ютерами АРМ системи;

- контроль виходу значень аналогових параметрів за дві пари граничних значень (перед-аварійні і аварійні) і контроль зміни дискретних параметрів для ідентифікації подій (технологічних, аварійних);

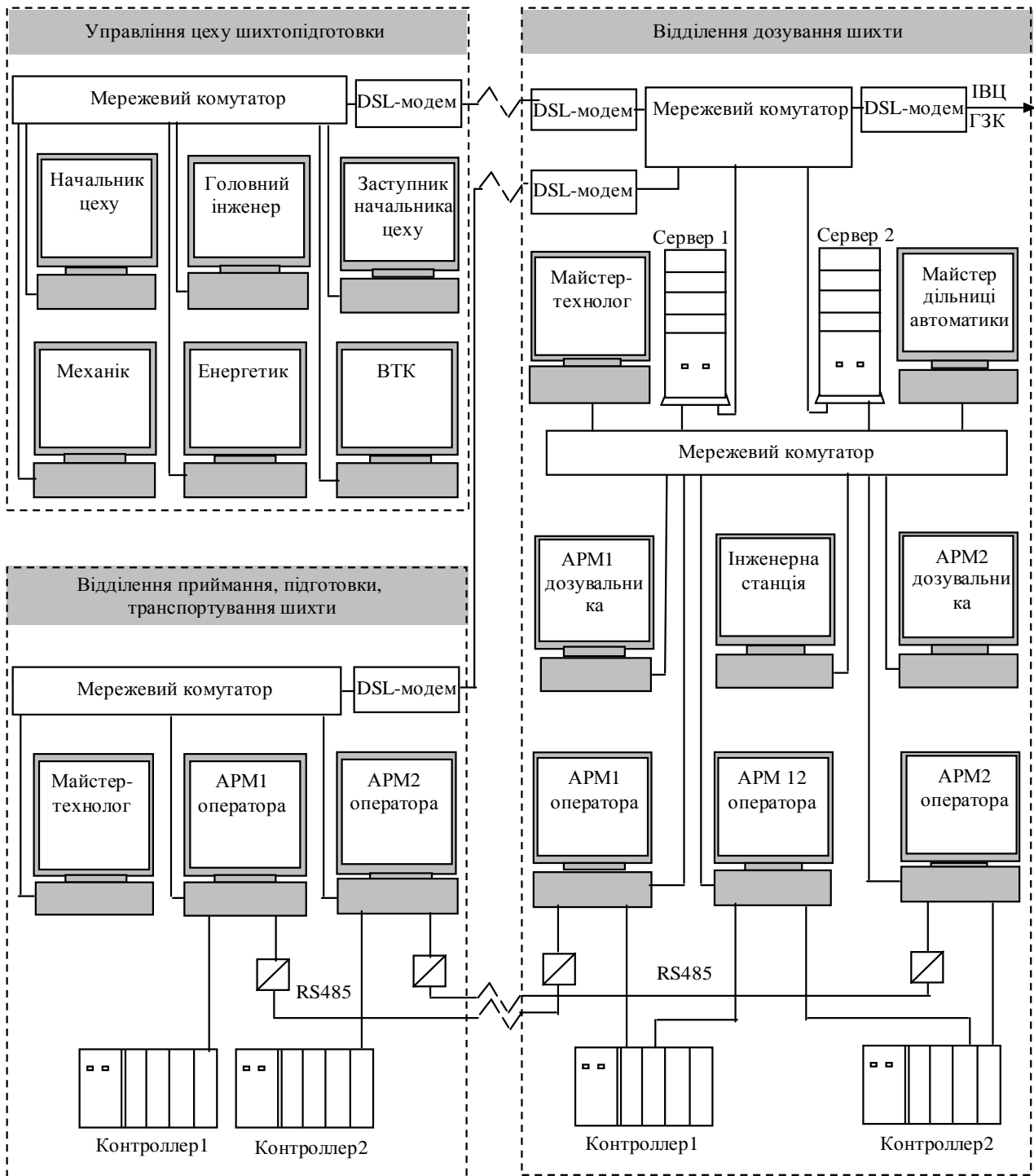


Рис.1. Структура АСУ ТП шихтопідготовки агломераційного виробництва

- сигналізація (звукова, дисплей) при виникненні аварійних або нестандартних подій;
- ведення архіву значень контрольованих параметрів та журналу подій (оперативний архів на АРМ операторів, довгостроковий – на серверах);
- облік витрат компонентів шихти за будь-який інтервал часу в межах глибини архіву;
- облік напрацювання годин і простоїв основного обладнання з фіксацією причин простоїв;
- аналіз ефективності роботи бригад дозувальників;

– відображення поточних і архівних значень параметрів в виді самописців і на фоні мнемосхем технологічних відділень приймання, підготовки, транспортування і дозування шихти;

– розрахунок компонентів шихти на основі заданих значень вапняку або концентрату і аглоруди;

– видача оператором управляючих команд для відпрацювання контролерами нижнього рівня системи;

– видача на друкування на принтері поточної і архівної інформації;

– адміністрування доступу до інформації системи за допомогою паролів;

– допомога по технологічних операціях (розрахунок уставок на дозування компонентів шихти, налагодження регульовальних характеристик живильників).

Верхній рівень системи виконує функції:

– облік руху сировини (вхідна сировина, по складах, вихідний продукт);

– облік цехових витрат по статтях витрат;

– облік якості сировини і шихти;

– формування і відображення інформації на екранах АРМ керівництва і фахівців цеху;

– формування вихідних документів;

– зв'язок з АСУ гірничо-збагачувального комплексу (ГЗК).

Керування технологічними агрегатами цеху шихтопідготовки здійснюють контролери нижнього рівня системи.

Контролери відділення приймання, підготовки і транспортування шихти керують роботою живильників вивантаження сировини, подачі концентрату, подачі вапняку на подрібнення, на грохочення і на дозування, подачі палива на подрібнення і на дозування, а також трьома автостелами.

Контролери відділення дозування виконують пропорційне дозування компонентів шихти, здійснюючи керування 64-ма живильниками, 6-ма автостелами, 10-ма конвеєрами.

Видачу команд контролерам нижнього рівня здійснюють оператори з клавіатури своїх АРМ. На екранах дисплеїв АРМ оператори і дозувальники шихти отримують повну інформацію (поточну, архівну, аналітичну) про хід технологічного процесу і технічний стан обладнання у виді мнемосхем, віртуальних самописців і інших форм відображення. На основі отримуваних даних оператори можуть видавати контролерам команди на виконання наступних операцій по керуванню механізмами: запуск або зупинка; переведення в резерв або виведення із резерву; переведення в місцевий або в дистанційний режим керування; дозвіл або заборону на роботу. Оператор відділення дозування шихти, крім цього, вводить для контролерів нижнього рівня уставки співвідношення дозування компонентів, які розраховуються на комп'ютері АРМ дозувальника, а також значення максимальної маси партії шихти $M_{\text{доп}}$, при якій можливо забезпечити задану якість перемішування її компонентів. Значення $M_{\text{доп}}$ визначено експериментально на стадії розробки системи і воно може коригуватися по фактичних результатах процесу дозування. Контролери контролюють маси

компонентів і підтримують задані співвідношення їх витрат. За час дозування партії шихти $M_{\text{доп}}$ накопичуються похибки дозування усіх компонентів. Коли сумарна маса віддозованих компонентів досягає значення $M_{\text{доп}}$, проводиться коригування витрат компонентів на величину накопичених похибок дозування, причому сигнали на коригуючу дію відповідних живильників видаються з затримкою у часі, яка для кожного i -го компонента вираховується за формулою

$$t_i = l_i / V_{\text{тр}} - \tau_i, \quad (8)$$

де l_i – відстань від бункера i -го компонента до початку збірної конвеєра; $V_{\text{тр}}$ – швидкість руху конвеєрної стрічки збірної конвеєра; τ_i – стала часу приводу живильника i -го компонента.

Інформація з оперативного рівня системи архівується на серверах і по запитах користувачів у відповідності з правами доступу передається по мережі на АРМ керівників і фахівців цеху, а також в АСУ ГЗК.

Висновки. Впровадження АСУ ТП шихтопідготовки дозволило підвищити оперативність і ефективність контролю та управління технологічним процесом шихтопідготовки, покращити якість шихти, контролювати переробку сировини і проводити облік вихідного продукту. В даний час проводяться роботи по розвитку і вдосконаленню системи, які передбачають підключення нових користувачів, а також розширення функціональних можливостей, наприклад, керування поверненням агломерату і узгодження в автоматичному режимі продуктивності шихтового і спікаючого відділень агловиробництва.

Список літератури

1. Федоровский Н.В., Даньшин В.В., Губанов В.И., Сигуа Р.И. Автоматизация фабрик окускования железных руд и концентратов. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.
2. Гончаров Ю.Г., Дримбо А.В., Ищенко А.Д. Автоматизация процессов окускования железных руд. – М.: Металлургия, 1983. – 192 с.
3. Щокін В.П., Мисько С.М., Міщенко П.Д. Інтегрована інформаційно-керуюча система виробництва агломерату //Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2005. – № 4/2(16). – С. 8 – 10.
4. Нечитайло В.М., Мисько С.М., Міщенко П.Д., Шнипка А.І. і ін. Спосіб дозування агломеративної шихти //Деклараційний патент України на корисну модель № 7785, бюл.№7, 2005.