

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний стан підприємств гірничої галузі промисловості України характеризується гострою необхідністю вирішення цілого комплексу проблем. В умовах зносу основних засобів виробництва на деяких гірничозбагачувальних комбінатах (ГЗК) до 70-90% і неможливості їхнього швидкого відновлення однією з основних проблем є те, що переорієнтація на світові ринки збуту вимагає постійного підвищення конкурентноздатності продукції, що випускається, зниження її енергоємності.

На сьогоднішній день збагачення залізної руди на ГЗК Кривбасу ведеться кількома стадіями. З них найбільш важливою є перша. Це пов'язано з тим, що втрати заліза в хвостах на цій стадії найбільші і досягають 30-55%. Як показують розрахунки, зниження втрат корисного компонента в хвостах збагачення на 1% за умови стабілізації якості магнітних продуктів проміжних стадій дає економічний ефект приблизно 0,40-0,48 грн. на тону концентрату. Крім того, це тісно пов'язано з ефективністю процесу здрібнювання, що, як відомо, є найбільш енергоємною операцією на збагачувальній фабриці (40-45% всієї електроенергії, що витрачається на процес збагачення). У зв'язку з цим стає досить актуальним завдання управління технологічними процесами збагачення з метою зниження втрат заліза у хвостах.

Світовий досвід свідчить, що в таких умовах найбільш ефективним шляхом підвищення якості продукції і зниження собівартості є комплексна автоматизація основних технологічних процесів, заснована на застосуванні сучасних інформаційних технологій і мікропроцесорної техніки. Це, насамперед, створення автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) у складі комп'ютерно-інтегрованого виробництва (КІВ), де всі операції з інформаційними потоками для усіх етапів виробничої діяльності підприємства автоматизовані на основі комп'ютерних технологій.

За структурою КІВ є органічним сполученням автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) і автоматизованих систем управління підприємством (АСУП). Питання, пов'язані з побудовою КІВ, є досить актуальними на сучасному етапі розвитку науки і техніки.

Як показує попередній аналіз, ряд питань автоматизованого управління процесами подрібнювання й сепарації (оптимальне співвідношення твердого до рідкого або Т:Р), а також окремі проблеми взаємодії АСУТП, АСУП, інформаційних систем і мереж (як елементів КІВ) на підприємствах гірничовидобувної й гірничообробної галузей

промисловості України поки ще недостатньо розроблені. Тому усі зазначені проблеми актуальні й для гірничої галузі промисловості в цілому.

Зв'язок із державними програмами, планами, темами науково-дослідних робіт. Актуальність теми роботи підтверджується її відповідністю тематичним координаційним планам науково-дослідних робіт на 1997-1999 роки з пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки, таким як «Перспективні інформаційні технології, прилади комплексної автоматизації, системи зв'язку» та ін. (тема 41-Д-168, наказ Міністерства України від 13.02.1997р. №37).

Метою роботи є обґрунтування і розробка принципів побудови інтегрованої системи управління технологічними процесами першої стадії магнітного збагачення залізної руди з мінімізацією втрат корисного компонента (заліза) у хвостах.

Завдання дослідження:

- дослідження характеристик з метою обґрунтування створення екстремальної системи регулювання, встановлення регулювальних змінних і одержання управляючих впливів;
- розробка узагальненого критерію побудови АСУТП збагачення залізної руди і магістральної мережі з урахуванням кількох окремих критеріїв на основі аналізу показників якості функціонування існуючих систем аналогів;
- аналіз обсягів технологічної й організаційно-керуючої інформації в системі управління ТП збагачення залізної руди і побудова моделі інформаційних потоків;
- розробка структурної моделі магістральної частини АСУТП збагачення залізної руди на основі аналізу існуючих систем із використанням узагальненого критерію і з урахуванням параметрів інформаційних потоків у системі.

Об'єкт дослідження – процес збагачення залізної руди (перша стадія: здрібнювання, класифікація, магнітна сепарація) в умовах збагачувальної фабрики.

Предмет дослідження – автоматизована система управління збагаченням залізної руди в 1-й стадії на основі створення екстремальної системи регулювання співвідношення “руда-вода” (тверде/рідке, Т:Р) у складі комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Методи дослідження. При одержанні характеристик процесів здрібнювання, класифікації і сепарації в першій стадії магнітного збагачення від параметрів крупності вихідної руди та вмісту заліза в магнітному продукті і хвостах використовувався метод пасивного

експерименту. Для апроксимації дослідних даних використовувався метод найменших квадратів. При виборі критеріїв побудови магістральної частини АСУТП – методи теорії проектування мереж, теорії обчислювальних систем, теорії надійності і живучості. Для побудови узагальненого критерію – методи теорії прийняття рішень і дослідження операцій. Математичний апарат диференційного числення для дослідження залежності узагальненого критерію. Для аналізу інформаційних потоків і побудови моделі інформаційних потоків використовувалися методи і положення теорії інформації й інформатики. Системний аналіз, матрична алгебра застосовані при побудові структурної моделі магістральної частини АСУТП.

Вірогідність досліджень підтверджується коректною математичною постановкою завдань, що охоплюють раніше виконані дослідження в галузі розробки інтегрованих АСУТП; обґрунтованим використанням окремих положень методів аналітичного й імітаційного моделювання, теорії випадкових процесів, теорії систем масового обслуговування, теорії черг; адекватністю розроблених моделей реальним технологічним параметрам; задовільною збіжністю результатів теоретичних досліджень; використання достатнього за обсягом статистичного матеріалу, що забезпечило погрішність в межах 15%.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Уточнено закономірності формування управляючого впливу для побудови системи екстремального регулювання співвідношення “руда-вода” (тверде/рідке, Т:Р), де, на відміну від існуючих, управління здійснюється шляхом зміни витрати води в процесах подрібнювання і магнітної сепарації на основі даних про вміст заліза у хвостах і магнітному продукті на виході першої стадії збагачення й апріорної інформації про крупність і різновид вхідної руди, що дозволяє мінімізувати втрати заліза у хвостах.

2. Дістав подальшого розвитку узагальнений критерій побудови АСУТП збагачення залізної руди і магістральної частини (мережі) системи, що включає технологічні, технічні й економічні показники, де, на відміну від існуючих, всі окремі критерії приводяться у вартісну форму і нормуються відносно часу, а потім синтезується інтегральна залежність на основі приведених питомих витрат, що дозволяє комплексно враховувати кілька факторів при створенні такої системи.

3. Набула подальшого розвитку модель інформаційних потоків у системі управління технологічним процесом збагачення залізної руди, в якій, на відміну від існуючих, для підрахунку вхідної інформації

розроблені узагальнені показники, що дозволяє знизити загальну трудомісткість підрахунку в межах припустимої точності.

4. Удосконалена структурна модель реалізації магістральної частини системи управління технологічним процесом збагачення залізної руди, де, на відміну від існуючих, враховуються обсяги технологічної інформації (інформаційні потоки) між окремими підрозділами ГЗК, що входять до складу АСУТП як елементи комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Наукове значення роботи полягає в тому, що отримано нові, більш досконалі керуючі впливи, критерії та моделі побудови АСУТП в складі КІВ, які враховують параметри інформаційних потоків, обґрунтована можливість екстремального управління процесами першої стадії магнітного збагачення залізної руди з мінімізацією втрат заліза у хвостах.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблено нові способи, методики, схеми і технічні рішення, які забезпечують зменшення втрат корисного компоненту (заліза) у хвостах першої стадії збагачення і стабілізацію якості магнітного продукту наступних стадій. Запропонована методика оцінки параметрів інформаційних потоків в АСУТП може бути застосована для обґрунтування впровадження інших АСУ, заснованих на сучасних інформаційних технологіях, у гірничо-виробництво.

Результати дисертаційної роботи використані:

- при складанні технічних завдань “Розробка геоінформаційної системи для роботи відділів Рудника ВАТ “ІнГЗК” і “Розробка автоматизованої системи керування роботою відділів і провідних спеціалістів РЗФ-1 ВАТ “ІнГЗК”;
- при впровадженні АСУ дробарної фабрики Інгuleцького ГЗК на базі локальної обчислювальної мережі.

Запропоновані принципи побудови моделі інформаційних потоків знайшли відображення в розробленому методичному посібнику “Методика аналізу технологічних і управляючих потоків в інтегрованих АСУТП та вибору архітектури магістральної мережі гірничого підприємства”, що переданий НДПІ “Механобрчормет”, ВАТ “Інгuleцький ГЗК” та підприємству “Кривбасакадемінвест”.

Матеріали дисертаційної роботи використані підприємством “Кривбасакадемінвест” у технічних пропозиціях ВАТ “Інгuleцький ГЗК”, “Південний ГЗК”, а також при складанні навчальних робочих програм з дисциплін “Керування та автоматизація технологічними процесами й комплексами”, “Розробка розгалужених інформаційних систем”, “Автоматизація систем організаційного управління” для студентів спеціальностей 7.092208, 7.091401 у Криворізькому технічному університеті.

Особистий внесок здобувача. Наукові результати роботи отримані автором самостійно. Практичне впровадження результатів роботи здійснювалося з особистою участю автора.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи були докладені й обговорені на 11-ти наукових конференціях, форумах, нарадах, семінарах, секціях ученої і технічної рад, у тому числі: “Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті” (м.Харків, 1998р.), “Автоматика-98” (м.Київ, 1998р.), “Прилади, засоби і системи автоматизації технологічних процесів при дробленні і збагаченні руд” (м.Кривий Ріг, 1998р.), “Контроль і управління в складних системах (КУСС-99)” (м.Вінниця, 1999р.), “Автоматика-99” (м.Харків, 1999р.), “Якість-99” (м.Ялта, 1999р.), “Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення – 4-99” (м.Севастополь, 1999р.), “Проблеми і перспективи використання геоінформаційних технологій у гірничій справі” (м.Дніпропетровськ, 2000р.), “Автоматика-2000” (м.Львів, 2000р.), “Автоматизація технологічних об’єктів та процесів. Пошук молодих” (м.Донецьк, 2001р.), “Автоматизація: проблеми, пошуки, рішення”(м.Дніпропетровськ, 2001р.).

Публікації. За обраним науковим напрямком опубліковано 12 робіт, подано 2 заявки на винахід, найбільш близьких до теми дисертації – 11 робіт, з них 3 у спеціалізованих виданнях ВАК України.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із переліку умовних позначень, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи – 140 сторінок машинописного тексту, що включає 28 ілюстрацій, 12 таблиць, 9 додатків на 12 сторінках, список використаної літератури із 117 найменувань на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У “Вступі” обґрунтована актуальність теми дисертаційного дослідження; її зв’язок з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету і завдання дослідження; показано об’єкт та предмет дослідження; наведено, якими методами воно виконувалось, показано наукову новизну, апробацію результатів дисертації та вказано на наукову та практичну цінність отриманих результатів.

Розділ 1 містить результати критичного аналізу літературних джерел за темою дослідження.

Проблеми комплексної автоматизації технологічних процесів в умовах ГЗК вивчаються досить давно. Відомі різні схеми, моделі та критерії побудови цих систем. В той же час залишаються недостатньо вивченими питання встановлення оптимального співвідношення “руда-вода” (тверде/рідке, Т:Р) на вході млина і щільності зливу класифікатора (живлення магнітного сепаратора); критерії і моделі (інформаційні та

структурні) побудови інтегрованих АСУТП в цілому та їх окремих частин у складі комп'ютерно-інтегрованих виробництв (КІВ).

Проблеми автоматизації технологічних процесів магнітного збагачення залізних руд (подрібнювання, класифікації, магнітної сепарації) і встановлення керуючих впливів при побудові АСУТП, їх статичні і динамічні характеристики, технологічні критерії досліджувалися в роботах Б.О.Ареф'єва, В.А.Олевського, О.М.Тихонова, О.М.Марюти, Ю.Г.Качана, Є.В.Кочури, В.О.Бунька, А.Г.Астахова, М.В.Федоровського та ін. Вивчення різного співвідношення Т:Р при роботі агрегатів подрібнювання й класифікації на різних стадіях докладно розглядалися А.Г.Савицьким (кульове подрібнювання) і В.М.Ніценком (рудне самоподрібнювання). У відомих роботах оптимальні діапазони зміни вмісту твердого і щільності зливу від хвостів не встановлювались або обґрунтовані тільки для одного типу усередненої руди (шихти).

Дослідження (на прикладі різновидів Інгuleцького родовища) показали, що необхідна побудова залежностей вмісту заліза у хвостах від вмісту твердого і щільності зливу для окремих різновидів руди. Тоді можливе подальше екстремальне управління за рахунок зміни витрат води у завантаження млина та злив класифікатора.

Проблеми вибору критеріїв оптимізації на етапах проектування інформаційно-обчислювальних мереж та їх аналогів досліджувалися в роботах Г.Ф.Янбиха, В.К.Морозова (приватні критерії оптимізації ІОМ); Б.Я.Советова, С.А.Яковлева (критерії побудови мереж інтегрального обслуговування); Е.Г.Петрова, В.В.Євсєєва (синтез інтегрованих критеріїв на основі конструктивного підходу) та ін.

Аналіз цих робіт показав, що в загальному випадку завдання побудови інтегрованих систем і мереж є багатокритеріальним. Ефективність функціонування системи описується набором характеристик (окремих критеріїв) $k_i(x)$, $i = \overline{1, n}$. Найбільш важливими критеріями є: економічні (приведені або питомі витрати, ефективність); технологічні; надійності та життєздатності; часові (середній час затримки повідомлень).

У роботах Б.Я.Советова, С.А.Яковлева пропонується зводити багатокритеріальну задачу до однокритеріальної (маргінальний підхід). Недоліками такого підходу є те, що він не дозволяє одночасно враховувати декілька факторів (наприклад, економічних), а також допускає можливість компенсації одних критеріїв іншими.

Відомі також конструктивний (Е.Г.Петров, В.В.Євсєєв), Парето-оптимальний та інші менш поширені підходи.

Дослідження показали, що доцільна побудова узагальненого критерію шляхом приведення всіх окремих залежностей до єдиної форми

(вартісної) та нормування відносно часу, а потім одержання інтегральної залежності на основі питомих витрат. Це дозволяє комплексно врахувати декілька показників ефективності побудови такої системи в умовах ГЗК і не вимагає рішення задачі параметричної ідентифікації.

Інформаційні моделі і потоки на виробництві досліджувалися в роботах Г.В.Лавинського (АСУП взагалі), Ю.П.Астаф'єва (АСУ гірничого підприємства), С.Л. Каграманяна (АСУП, аналітичні моделі в галузі кольорової металургії) та ін.

Необхідно відзначити, що ці моделі мають загальний характер. Аналітичні дослідження інформаційних потоків на рівні конкретного підприємства, його основних технологічних підрозділів не проводилися. Відомі методики і способи визначення обсягу інформації в системі, які пропонуються в цих роботах, мають велику трудомісткість.

Дослідження показали, що для побудови моделі необхідно ввести поняття узагальненого показника, що дозволяє спростити розрахунки, знизити трудомісткість у межах допустимої точності.

Структурні моделі побудови аналогічних систем частково розглядалися в роботах Б.С.Бусигіна (принципи побудови структурних моделей відомчих інформаційних систем в умовах гірничого підприємства), В.Ф.Горнева (загальні моделі АСУ у складі КІВ абстрактного віртуального підприємства), Б.Я.Советова, С.А.Яковлева (структурні моделі побудови мереж інтегрального обслуговування).

Але питання взаємодії окремих підсистем АСУТП у складі КІВ розглянуті недостатньо. А саме, при формуванні обмежень на параметри мережі не враховувались інформаційні потоки в системі, конкретні структурні моделі реалізації такої мережі також не розглядалися.

Дослідження показали, що можлива побудова структурної моделі на основі узагальненого критерію з урахуванням параметрів потоків технологічної й організаційно-управляючої інформації.

У розділі 2 розглянуто залежності збагачуваності початкової руди (на прикладі різновидностей Інгулецького родовища) і на їх основі отримані залежності вмісту заліза у хвостах від якості промпродукту першої стадії, співвідношення “руда-вода” на вході млина, щільності пульпи у зливні класифікатора. На підставі цього була обґрунтована можливість екстремального управління, розроблена структурна схема та алгоритм системи екстремального регулювання (СЕР).

Аналіз залежностей збагачуваності різновидів руди Інгулецького родовища (О.Ф.Богун, З.Н.Стороженко, К.І.Шостак та ін.) показав, що більшість залежностей вмісту заліза у хвостах від виходу готового класу (-0,074...-0,07мм) має екстремальний вигляд (рис.1).

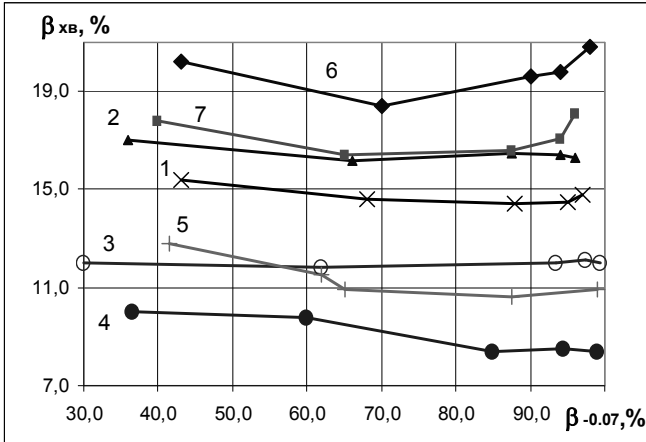


Рис.1. Залежності вмісту заліза у хвостах від виходу готового класу (на прикладі різновидів Інгулецького родовища)

Використовуючи ці залежності, дані по виходу заліза у хвостах, вмісту заліза у вхідній руді з окремих різновидів із використанням балансової формули (1) і методології пасивного експерименту були отримані залежності (рис.2) вмісту заліза у хвостах від якості промпродукта на першій стадії збагачення:

$$\beta_{nn} = \frac{\gamma_{ucx} \beta_{ucx} - \gamma_{xв} \beta_{xв}}{\gamma_{nn}}, \quad (1)$$

де β_{nn} - вміст заліза в промпродукті, %; γ_{ucx} - вихід вхідного продукту; β_{ucx} - вміст заліза у вхідному продукті, %; $\gamma_{xв}$ - вихід заліза в хвостах, %; $\beta_{xв}$ - вміст заліза в хвостах, %; γ_{nn} - вихід промпродукта, %.

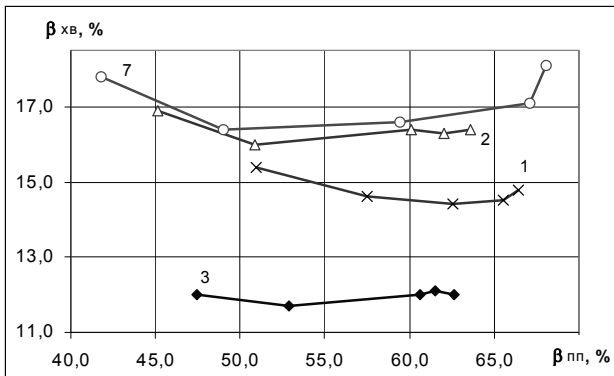


Рис.2. Вплив якості промпродукта на вміст заліза у хвостах збагачення для окремих різновидів руди

Аналіз залежностей (рис.2) показав, що вони мають екстремальний вигляд і можуть бути апроксимовані поліномами 2-го або 3-го порядку за допомогою методу найменших квадратів. У роботі оцінено адекватність апроксимації і довірчі інтервали для перебування екстремуму.

Роботи А.Г.Савицького, В.М.Ніценка показали, що залежності виходу готового класу від вмісту твердого в розвантаженні млина і вмісту заліза у хвостах від щільності пульпи в зливів класификатора також мають екстремальний вигляд. Це дозволило отримати регулювальні характеристики (рис.3) шляхом апроксимації і лінеаризації в районі екстремуму.

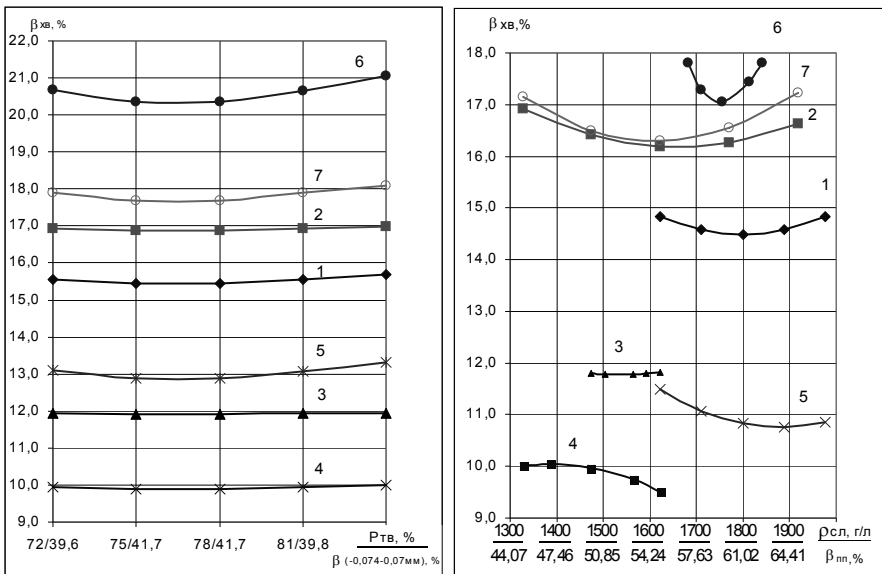


Рис.3. Регулювальні характеристики вмісту заліза у хвостах (β_{xv}) від вмісту твердого в розвантаженні млина ($P_{тв}$) і щільності пульпи в зливів класификатора першої стадії (ρ_{ct})

Екстремальний характер отриманих залежностей складає передумови щодо побудови системи екстремального регулювання (СЕР) технологічних процесів подрібнення і магнітної сепарації руди на першій стадії з метою мінімізації втрат корисного компоненту у хвостах.

У роботі було отримано алгоритм функціонування СЕР і розроблена структурна схема, що дозволяє реалізувати зазначений алгоритм.

У розділі 3 розглянуті головні критерії формування інтегрованих систем, інформаційних обчислювальних мереж та їх аналогів. Розроблена вартісна форма окремих критеріїв побудови магістральної частини

АСУТП. Отримано узагальнений критерій на основі питомих витрат ГЗК на створення системи.

На підставі аналізу робіт з АСУТП гірничої промисловості та теорії побудови ІОМ у якості критеріїв оптимізації системи запропоновані:

- *критерій мінімуму приведених витрат*

$$K' = E_n K + C_s \Rightarrow \min, \quad (2)$$

де K' - сумарні приведені витрати на створення системи; C_s - поточні (експлуатаційні) витрати на обслуговування; E_n - нормативний галузевий коефіцієнт використання обладнання; K - капітальні витрати на створення магістральної частини АСУТП;

- *технологічний критерій*

$$S_\beta = \sum_i \beta_{x_{\beta i}} \gamma_{x_{\beta i}} c_i \Rightarrow \min, \quad (3)$$

де S_β - вартісний показник, що характеризує збитки ГЗК, викликаних втратами корисного компонента у хвостах, тис.грн; $\beta_{x_{\beta i}}$ – середній вміст заліза у хвостах збагачення за і-й період, %; $\gamma_{x_{\beta i}}$ - усереднений вихід хвостів, %; c_i - питома вартість 1% корисного компонента в і-му періоді;

- *критерій надійності системи*

$$S_y = (1 - K_1) A \cdot K_{ГК} (1 - K_2) Q_k \cdot T \Rightarrow \min, \quad (4)$$

де S_y - збитки, які може понести комбінат у разі можливого відмовлення окремого сегмента магістральної частини чи всієї АСУТП у цілому (грн.); K_1, K_2 - коефіцієнти, що характеризують частки витрат за рахунок зниження якості продукції, що випускається, і її кількості відповідно (через відмови в АСУТП); $K_{ГК}$ - коефіцієнт готовності функціонування ГЗК; A - вартість одиниці продукції (грн./т); Q_k - планова продуктивність ГЗК (т/годину); T - час роботи комбінату на рік (годин);

- *критерій мінімуму середньої затримки повідомлень у вигляді штрафної функції (S_f) типу*

$$S_f = \begin{cases} 0, & \sum_{i=1}^{NS} \left[\frac{|\bar{T}_i - T_i^{don.}| + (\bar{T}_i - T_i^{don.})}{2} \right]^2 = 0 \\ \infty, & \sum_{i=1}^{NS} \left[\frac{|\bar{T}_i - T_i^{don.}| + (\bar{T}_i - T_i^{don.})}{2} \right]^2 > 0 \end{cases} \Rightarrow \min, \quad (5)$$

де \bar{T}_i - середній час затримки повідомлень в і-му сегменті магістральної частини (мережі) АСУТП; $T_i^{don.}$ - допустимий час затримки при передачі інформації по і-му сегменту; NS – число сегментів мережі.

В умовах багатокритеріальності при створенні інтегрованих систем доцільна побудова узагальненого критерію (Е.Г.Петров, В.В.Євсєєв та ін.). Дослідження показали, що в якості інтегрального показника ефективності створення АСУТП слід використовувати критерій мінімуму питомих витрат за термін служби системи, що приходиться на одиницю продукції

$$W = \frac{K' + S_{\beta} + S_y + S_f}{V_{ГК}} \Rightarrow \min, \quad (6)$$

де $V_{ГК}$ - річна виробнича потужність ГЗК, тис.т.

Згідно досліджень А.І.Анчішкіна, С.Л.Каграманяна зміна основних параметрів виробництва в результаті заходів науково-технічного прогресу описується виробничою функцією Коббе-Дугласа:

$$V_{ГК} = q \cdot \Phi^{\alpha} M^{1-\alpha} \exp(\lambda \cdot t), \quad (7)$$

де Φ - вартість основних виробничих фондів, тис.грн; M - чисельність трудящих; q, α, λ - коефіцієнти, що характеризують ступінь впливу факторів на результати виробництва (рис.1). На підставі (7) в роботі отримано значення коефіцієнтів для різних умов. Наприклад, для Інгулецького ГЗК за 1998-1999 рр. $\lambda \approx 0,04343$ ($\alpha=2,0$; $q=0,0000525$).

З урахуванням (2-7), а також того, що після впровадження системи вартість основних виробничих фондів зростає на величину капітальних витрат (K), залежність для узагальненого критерію набуває вигляду:

$$W = \frac{E_n K + C_3 + S_{\beta} + S_f}{q(\Phi_o + K)^{\alpha} M^{1-\alpha} \exp(\lambda \cdot T_c)} + K_3 \cdot A \cdot K_{ГК} \Rightarrow \min, \quad (8)$$

де $t=T_c$; $V=V_{ГК}=Q_k \cdot T_c$; $K_3=(1-K_1)(1-K_2)$.

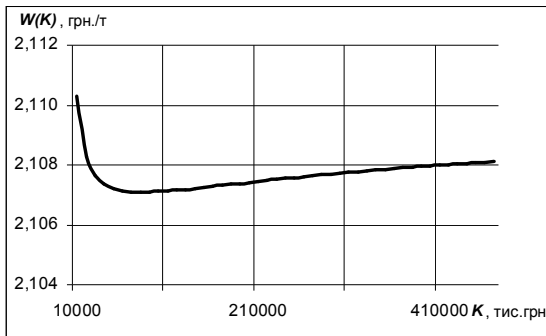


Рис.4. Залежність узагальненого критерію (W) від капітальних витрат (K) для однофакторної моделі

Дослідження однофакторної моделі залежності (8), коли зафіксовані всі змінні, крім тих, які можна виразити через величину капітальних витрат K показує, що така функція може мати екстремальний вигляд (рис.4). Це дозволило визначити критичне значення капітальних витрат (K) на створення системи.

У розділі 4 проведено аналіз потоків технологічної та управляючої інформації в АСУТП (рис.5). На підставі кількісного та якісного аналізу була отримана модель інформаційних потоків. Отримано структурну модель побудови магістральної частини АСУТП збагачення залізної руди на основі узагальненого критерію з урахуванням параметрів інформаційних потоків. Наведені типові схеми (шаблони) побудови системи на різних рівнях інтеграції.

Кількісна оцінка інформаційних потоків у системі, на відміну від відомих аналогів, проводилася на основі спеціально розробленого узагальненого показника (уз. пок.), що поєднує цифрові та текстові дані. Як показали дослідження, це дозволяє комплексно враховувати різномірну інформацію і знижує трудомісткість оцінки обсягів інформації.

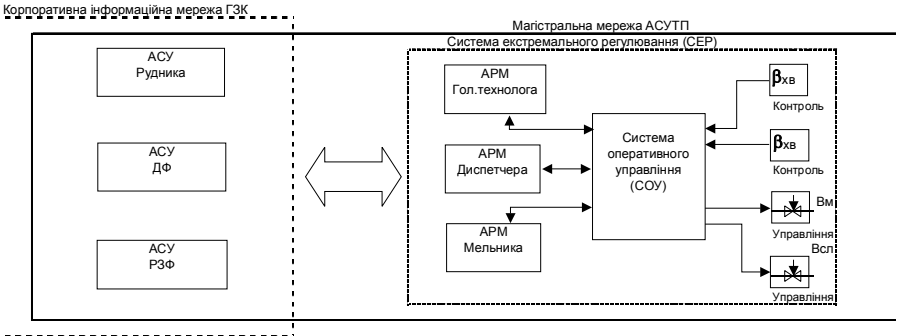


Рис.5. Структурна схема АСУТП першої стадії збагачення

Обсяг вхідної технологічної інформації в системі за період часу t розраховується за формулою

$$Q_{ax} = \sum_i K_i^t \cdot Q_{axi}, \quad (9)$$

де $Q_{ax,t}$ - кількість узагальнених показників по i -му вхідному параметру; K_i^t - коефіцієнт приведення i -го параметра до періоду часу t .

Загальний обсяг технологічної інформації в системі визначено як

$$H_t = I(Q_{ax} + Q_{вих}), \quad (10)$$

де H_t - сумарний обсяг інформації в системі (за час t), біт; I - кількість інформації в одному узагальненому показнику, біт/уз.пок; $Q_{вих}$ - об'єм вихідної інформації в системі, що розраховується аналогічно (9).

На підставі аналізу з використанням (9-10) розроблена модель інформаційних потоків в АСУТП у вигляді квадратної матриці

$$\|H_t\| = [h_{ij}^t], \quad (i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}), \quad (11)$$

де N - кількість підсистем (вузлів), що можуть взаємодіяти з АСУТП у складі КІВ; i, j - номери вузлів; $h_{ij}^t (i \neq j)$ - обсяг інформації (трафік) між

вузлами i і j за час t або $h_{ij}^t(i=j)$ - загальний обсяг внутрішньої інформації підрозділу. Встановлено, що для умов Інгuleцького ГЗК за річний термін:

$$\|H_r\| = \begin{bmatrix} - & 18,16 & 12,04 & 15,49 \\ 18,16 & 88,46 & 0,033 & 0,076 \\ 12,04 & 0,033 & 30,45 & 0,07 \\ 15,49 & 0,08 & 0,03 & 49,72 + 12,2 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

де вузол №1 - інформаційна система ГЗК; 2 - рудник; 3 - ДФ; 4 - РЗФ (АСУП+АСУТП).

Аналіз моделі (12) дозволив встановити співвідношення обсягів внутрішніх і зовнішніх інформаційних потоків в АСУТП. Зокрема, 60-80% інформації, яка обробляється, є внутрішньою, 20-40% - зовнішньою.

На підставі (11, 12), критерію (8) та відомих аналогів розроблена структурна модель магістральної частини АСУТП, що включає:

Розташування кінцевих вузлів мережі у вигляді матриці $\|L\|=[l_{ij}]$, де l_{ij} - відстань між i -м і j -м вузлами схеми в заданій метриці.

Режими комутації в системі у вигляді вектора $R^c=\{KP; KK; KC\}$, де елементи відповідають: комутації пакетів, каналів, повідомлень.

Вимоги користувачів до якості доставки інформації

$$\|Q^k\| = [q_{ij}^k] = [t_{ij}^{don.}] = \begin{cases} 0,1c, & i = j \\ 1c, & i \neq j \end{cases}, \quad (13)$$

де $q_{ij}^k=t_{ij}^{don.}$ - елементи вектора, що означають граничні значення показників якості (допустимий час затримки повідомлень у системі).

Обмеження на параметри елементів системи у вигляді:

- вектора допустимих швидкостей передачі даних у сегментах

$$V^o = \{v_i^o(h_i^t)\}, \quad (14)$$

де h_i^t - сумарний обсяг зовнішнього потоку інформації i -го вузла мережі;

- допустимих обсягів пам'яті обчислювального устаткування

$$m_i^o \geq h_i^t / (1 + k_u \cdot T_{LAN}), \quad (15)$$

де k_u - коефіцієнт, що враховує зростання обсягу інформації за розрахунковий період; T_{LAN} - номінальний термін служби системи;

- обмежень на продуктивність обладнання, які визначаються показниками ефективної пропускної здатності

$$u_i^o \geq 1/k_s \cdot \frac{h_i^t}{t}, \quad (16)$$

де k_s - коефіцієнт, що враховує ефективність технології.

Функції вартості сегментів, обчислювального і комунікаційного обладнання мережі має вигляд

$$D^c = \sum_{i=1}^{N_c} d_i^c(l_i, c_i, h_i) + \sum_{j=1}^{N_o} d_j^c(m_j, u_j, h_j), \quad (17)$$

де l_i - довжина i -го сегмента; c_i - швидкість передачі даних у сегменті; h_i - очікуваний обсяг інформації в сегменті; m_j - місткість пам'яті j -го вузла комутації; u_j - продуктивність відповідного обладнання; h_j - обсяг інформації, що обробляється j -м обладнанням; N_c - кількість сегментів у проєктованій мережі; N_o - загальна кількість обладнання.

На відміну від аналогів обмеження моделі (14-16) і функції вартості (17) побудовані з урахуванням інформаційних потоків, що дозволяє вже на етапі проєктування проводити структурну оптимізацію системи.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі викладені науково-технічні рішення, які полягають у дослідженні управляючих впливів, критеріїв та моделей побудови інтегрованої системи управління технологічними процесами першої стадії магнітного збагачення залізної руди, що дозволяє мінімізувати втрати заліза у хвостах.

Головні теоретичні й експериментальні висновки з роботи зводяться до наступного:

1. Зв'язок між вмістом корисного компонента у хвостах від якості промпродукта на першій стадії збагачення, підтверджений в результаті дослідження характеристик збагачувальності окремих різновидів магнетитових кварцитів Кривбасу (на прикладі Інгулецького родовища), має екстремальний вигляд, що дозволяє визначити регульовані змінні і впливи щодо управління процесами подрібнювання і магнітної сепарації з метою зниження втрат заліза у хвостах та стабілізації якості промпродукта на виході 1-ої стадії збагачення залізної руди.

2. Уточнено, що регулюючі залежності вмісту масової частки заліза у хвостах від вмісту твердого в розвантаженні млина й щільністю зливу класификатора для першої стадії збагачення залізної руди мають вигляд поліномів 2-го та 3-го ступеня, що дозволяє визначати й витримувати екстремальні значення даних показників в алгоритмі екстремального керування процесами здрібнювання і магнітної сепарації.

3. Узагальнений критерій, отриманий для інтегральної оцінки ефективності побудови АСУТП 1-ої стадії збагачення залізної руди і магістральної частини системи, містить економічні, технологічні і технічні показники та побудований на основі питомих витрат ГЗК для створення системи, що дозволяє комплексно враховувати декілька різнорідних окремих критеріїв.

4. Інформаційна модель технологічних потоків в АСУТП збагачення залізної руди в умовах ГЗК набула подальшого розвитку за рахунок застосування узагальнених показників, що дозволяє знизити загальну трудомісткість підрахунку інформації в межах припустимої точності.

5. Уточнені співвідношення між обсягами зовнішніх і внутрішніх потоків інформації для основних технологічних підрозділів ГЗК, які отримано в результаті якісних досліджень моделі інформаційних потоків, сягають 60-80% внутрішньої інформації та 20-40% - зовнішньої.

6. Структурна модель побудови магістральної частини АСУТП збагачення залізної руди уточнено урахуванням інформаційних потоків у системі управління ТП та узагальненого критерію, що дозволяє вже на етапі проектування проводити структурну оптимізацію системи.

Список опублікованих здобувачем робіт за темою дисертації

1. Купін А.І., Назаренко В.М. Критерії і моделі побудови магістральної мережі АСУТП збагачення залізної руди в умовах ГЗК//Сб. научн. трудов НГА України №11, Т. 2.-Днепропетровск, НГАУ, 2001.-С.14-18.
2. Назаренко В.М., Купин А.И. Имитационная модель отказов корпоративной информационной сети ГОКа для оценки ее надежности// Системный анализ, управление и информационные технологии: Вестник Харьковского гос. политехн. университета. Вып. 73.- Харьков, ХГПУ, 1999.- С.123-129.
3. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Купин А.И. Применение ГИС-технологий для автоматизации диспетчерского управления технологическим транспортом в карьере//Сб. научн. трудов НГА Украины № 9, Т. 1.- Днепропетровск, НГАУ, 2000.- С.190-194.
4. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Купин А.И. Влияние информационных и компьютерных технологий на качество и себестоимость железорудного сырья на примере Ингулецкого и Южных ГОКов//Сб. научн. трудов 2-го межд. симпозиума «Оперативный контроль и управление качеством минерального сырья при добыче и переработке».- Ялта, 1999г., С.110-117.
5. Назаренко В.М., Елисеев А.К., Назаренко М.В., Купин А.И. Некоторые аспекты формирования корпоративных информационных сетей в условиях горно-обогатительного производства//Академический вестник Криворожского территориального отделения Международной Академии компьютерных наук и систем, 1998.- №1.- С.18-23.
6. Назаренко В.М., Гвоздик В.С., Назаренко М.В., Савицкий А.И., Купин А.И. АСУТП и информационные системы на горнообогатительных комбинатах: проблемы создания и интеграции (на примере АСУТП 12-й секции РОФ-2 ЮГОКа)//Академический вестник Криворожского

территориального відділення Міжнародної Академії комп'ютерних наук і систем, 1999.- №1.- С.18-23.

7. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Купин А.И. Особливості структурного синтезу розподілених інформаційних мереж гірничообогатительних підприємств//Академічний вісник Криворізького територіального відділення Міжнародної Академії комп'ютерних наук і систем, 1998.- №2.- С.10-16.

8. Назаренко М.В., Купин А.И. Метод для вибору архітектури побудови локального сегмента корпоративної інформаційної мережі ГОКа з використанням критеріїв цінності і старіння інформації// Академічний вісник Криворізького територіального відділення Міжнародної Академії комп'ютерних наук і систем, 1999.- №1.- С.18-23.

9. Назаренко В.М., Купин А.И. Інформаційні мережі гірничообогатительних комбінатів, критерії їх оптимізації і проблеми автоматизованого проектування//Матеріали 5-ї міжнар. конф. "Контроль і управління в складних системах"(КУСС-99).-Том 2.- Вінниця: "УНІВЕРСУМ-Вінниця", 1999.- С.51-56.

10. Назаренко В.М., Купин А.И. Обобщенный критерий формирования корпоративной информационной сети горнообогатительного комбината// Праці Міжнародної конференції з управління "Автоматика-2000".-Том 7.- Львів: Державний НДІ інформаційної інфраструктури, 2000.-С.117-119.

11. Купин А.И., Назаренко В.М. Модель інформаційних потоків в комп'ютерно-інтегрованої системі управління технологічним процесом обогачення в умовах ГОКа//Зб. наук. праць I Всеукр. конф.«Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих».- Донецьк, ДонДТУ, 2001.- С.127-129.

Особистий внесок автора у роботи, написані у співавторстві:

[1, 11] - структура моделі інформаційних потоків; [2] - наукова ідея побудови імітаційної моделі відмов корпоративної інформаційної мережі ГЗК для оцінки її надійності; [3] - принципи інтеграції автоматизованої системи оперативного диспетчерського управління і корпоративної інформаційної мережі ГЗК; [4] - аналіз інформаційних потоків в умовах ІнГЗК; [5, 9] - окремі критерії формування інформаційної мережі в умовах ГЗК; [6] - принципи інтеграції АСУТП і корпоративної інформаційної мережі в умовах ПГЗК; [7] - структурні моделі реалізації корпоративної інформаційної мережі ГЗК на різних рівнях інтеграції; [8] - наукова ідея методу вибору архітектури побудови локального сегмента мережі з використанням критеріїв цінності і старіння інформації; [10] - наукова ідея побудови узагальненого критерію на ґрунті економічної ефективності.

АНОТАЦІЯ

Купін А.І. Інтегрована система управління процесами першої стадії збагачення залізної руди з мінімальними втратами у хвостах.- Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – Автоматизація технологічних процесів.- Криворізький технічний університет, Кривий Ріг, 2001.

Обґрунтована можливість побудови екстремальної системи автоматичного регулювання співвідношення “руда-вода” першої стадії магнітного збагачення залізної руди. Розглянуті головні критерії формування інтегрованих систем і мереж та їх аналогів. Отримані вартісні аналоги окремих критеріїв. Отримано узагальнений критерій побудови АСУТП і магістральної частини на основі питомих витрат. Проведено аналіз потоків технологічної та організаційно-управляючої інформації в умовах ГЗК. На основі аналізу отримана модель інформаційних потоків. Синтезовано структурну модель побудови магістральної частини АСУТП збагачення залізної руди на основі узагальненого критерію з урахуванням параметрів інформаційних потоків. Наведені типові схеми реалізації такої системи на різних рівнях інтеграції.

Ключові слова: автоматизована система управління технологічним процесом, інформаційні потоки, комп’ютерно-інтегроване виробництво, магістральна частина, система екстремального регулювання, узагальнений критерій, структурна модель.

АННОТАЦИЯ

Купин А.И. Интегрированная система управления процессами первой стадии обогащения железной руды с минимальными потерями в хвостах.- Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – Автоматизация технологических процессов.- Криворожский технический университет, Кривой Рог, 2001.

В работе проанализированы характеристики обогатимости различных руд Криворожского месторождения, что позволило установить их экстремальный характер. На примере отдельных разновидностей магнетитовых кварцитов Ингулецкого месторождения с использованием методологии пассивного эксперимента были получены зависимости содержания массовой доли железа в хвостах от качества промпродукта, соотношения “руда-вода” в мельнице, плотности слива классификатора. Обоснована возможность построения экстремальной системы автоматического регулирования соотношения “руда-вода” первой стадии

магнитного обогащения железной руды. Разработана структурная схема интегрированной АСУТП и алгоритм экстремального управления.

Рассмотрены основные критерии формирования интегрированных систем и сетей и их аналогов. Получены стоимостные аналоги отдельных критериев. Разработан обобщенный критерий построения АСУТП и магистральной части на основе удельных затрат ГОКа на создание интегрированной АСУТП. Исследования однофакторной модели обобщенного критерия с использованием дифференциального исчисления позволили установить экстремальный характер интегральной зависимости от капитальных затрат.

Проведен анализ потоков технологической и организационно-управляющей информации в условиях ГОКа на основании специально разработанного метода с применением обобщенных показателей. На основе анализа была получена модель информационных потоков. Проведен качественный анализ информационной модели, что позволило установить соотношения внешних и внутренних информационных потоков интегрированной АСУТП. Синтезировано структурную модель построения магистральной части АСУТП обогащения железной руды на основе обобщенного критерия с учетом параметров информационных потоков. На основе структурной модели сформулирована задача оптимизации магистральной сети. Приведены типовые схемы реализации такой системы на корпоративном и технологическом уровнях интеграции.

На основе выполненных исследований разработано методическое пособие «Методика анализа технологических и управляющих потоков в интегрированных АСУТП и выбора архитектуры магистральной сети горного предприятия», предназначенное для структурной оптимизации таких систем на начальной стадии проектирования, которое принято к использованию научными и проектно-конструкторскими организациями, промышленными предприятиями. Это позволит усовершенствовать проектирование интегрированных систем управления и их составляющих в условиях горного производства.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическим процессом, алгоритм экстремального управления, информационные потоки, компьютерно-интегрированное производство, магистральная часть, система экстремального регулирования, обобщенный показатель, обобщенный критерий, структурная модель.

ABSTRACT

Kupin A.I. The integrated control system of processes of the first stage of enrichment of iron ore with the minimal losses in tails.- Manuscript.

Thesis for the application of the Candidate of Technical Sciences degree on speciality 05.13.07.- Automation of technological processes.-Krivoy Rog technical university, Krivoy Rog, 2001.

The opportunity of construction of extreme system of automatic control of a ratio "ore - water" of the first stage of magnetic enrichment of iron ore is proved. The basic criteria of formation of the integrated systems and networks and their analogues are considered. Cost analogues of separate criteria are received. The generalized criterion of ACSTP construction and the main part is received on the basis of specific expenses. The analysis of streams of the technological and organizational - managerial information is carried out in conditions of GOK. The model of information streams was received on this analysis. Structural model of construction of the main part ACSTP of enrichment of iron ore is synthesized on the basis of the generalized criterion in view of parameters of information streams. Typical circuits of realization of such system at different levels of integration are given.

Key words: the automated control system of technological process, information streams, computer-integrated manufacturing, the main part, system of the extreme regulation, the generalized criterion, structural model.

Купін Андрій Іванович

Інтегрована система управління процесами першої стадії збагачення залізної руди з мінімальними втратами у хвостах

(Автореферат)

Підписано до друку 2.11.2001 р. Формат 60х90/16.
Папір СоруРех. Умовн.друк.арк.1,0. Обл.-видавн.арк. 1,0.
Тираж 100 прим. Зам. №167

Виготовлено на різнографі комп'ютерного центру редакції газети "Нова молодь"

Адреса:50024, Кривий Ріг, вул.Харітонова, 1а.
Свідоцтво про держреєстрацію ДП №522 від 24.02.98.