

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Хоцкіна Валентина Борисівна

УДК 622.755

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ
КОМПЛЕКСОМ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД З ВИКОРИСТАННЯМ
МОДЕЛЕЙ МЕРЕЖ ПЕТРІ**

Спеціальність: 05.13.07 – автоматизація процесів керування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі інформатики та інформаційних технологій Криворізького економічного інституту Державного вищого навчального закладу «Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор, **Хорольський Валентин Петрович**, професор кафедри інноваційного менеджменту та управління бізнес-процесами Криворізького економічного інституту Державного вищого навчального закладу «Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, професор **Кочура Євген Віталійович**, завідувач кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України;

доктор технічних наук, професор **Положаєнко Сергій Анатолійович**, завідувач кафедри комп'ютеризованих систем управління Одеського національного політехнічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Захист відбудеться „_20___», ___квітня_____ 2012 р. о _13___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий „____», _____ 2012 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 08.080.07

О. В. Остапчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Україна входить до восьми країн світу – найбільших виробників сталі, і має власний розвинутий гірничо-металургійний комплекс. Сировинною базою Криворізького басейну є гірничо-збагачувальні комбінати з виробництва залізородного концентрату. В останні роки Криворізькі гірничо-збагачувальні підприємства, в процесі реструктуризації галузі, значно покращили споживчі якості залізородного концентрату та зменшили на 10-15% енерговитрати. Водночас металургійні заводи України і Західної Європи висувають підвищені вимоги до якості концентрату, вмісту кремнезему та дисперсії масової частки заліза в концентраті.

Стабілізація цих важливих показників може бути досягнута за рахунок упровадження сучасних систем автоматизованого керування технологічними процесами збагачення руд, систем контролю параметрів збагачення засобами інтелектуального керування збагачувальним процесом.

Автоматизовані системи керування технологічними процесами (АСКТП) збагачення руди працюють в умовах невизначеності, пов'язаної з оцінкою текстурних властивостей руди, що надходить на збагачення, зміни в часі динамічних характеристик об'єктів керування (кульових млинів, магнітних сепараторів, гідроциклонів).

Неоднозначна оцінка виробничих ситуацій диспетчером збагачувальної фабрики відносно типів руд, що надходять на збагачення, перерозподіл навантаження між технологічними секціями вимагає постійної корекції уставок локальних систем керування кульовими млинами першої стадії збагачення та ідентифікації в часі зміни збуджень, що виникають у процесі переробки руди. За окреслених умов підвищити ефективність виробництва концентратів заданої якості можливо шляхом зменшення невизначеності за рахунок використання знань і навичок операційного персоналу, побудови АСКТП з інтелектуальними підсистемами керування технологічними секціями і робастно-адаптивних систем керування з нечіткою логікою і правилами продукції мереж Петрі, призначених для визначення моменту зміни типу сирової руди, що надходить на збагачення. Таким чином, виникає завдання створення системи, яка використовує адаптивне та робастне керування і виконує вибір типу керування, реалізованого мережами Петрі, що дозволить створити ефективні АСКТП із нечіткою логікою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. В дисертаційній праці представлено результати досліджень відповідно до планів науково-дослідних робіт Криворізького економічного інституту ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана» «Цифрова модель месторождения в операционной системе Windows» (№ держ. реєстрації 0105U004418) та Криворізького технічного університету «Розробка багаторівневої системи узгодженого управління технологічними процесами збагачувальних фабрик» (№ держ. реєстрації 0106U011358).

Мета і завдання наукового дослідження. Метою дисертації є встановлення причино-наслідкової залежності режимів роботи кульових млинів

та властивостей руд із правилами продукції вхідних і вихідних матриць мереж Петрі, що підвищує оперативність виявлення у часі моменту зміни властивостей руди та дозволяє переналаштувати системи автоматичного керування технологічними комплексами магнітного збагачення залізних руд.

Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

- встановити та реалізувати в математичних моделях вплив технологічних характеристик вхідної сировини на основні вихідні параметри концентрату;
- дослідити складний технологічний процес виробництва концентрату як об'єкт побудови автоматизованої системи керування;
- обґрунтувати можливості побудови АСКТП на базі нечіткої логіки та обґрунтувати реалізацію керування збагачувальним процесом в розрізі АСКТП з нечіткою логікою на базі мереж Петрі;
- розробити алгоритм процесів системи керування завантаженням млинів першої стадії збагачення руди, програмне забезпечення моделювання режимів роботи першої стадії збагачення руди, правила продукції вхідних і вихідних матриць для підвищення оперативності виявлення моменту зміни властивостей вхідної руди і прийняття рішень щодо вибору ефективного керування.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси виробництва магнітного концентрату збагачувальних фабрик.

Предмет дослідження – керування процесом збагачення руди на основі моделей мереж Петрі та моделей багатофакторної регресії.

Методи дослідження. Дослідження статистичних і динамічних характеристик процесу виробництва концентрату в умовах збагачення важкозбагачуваних руд (сировини) проводились із застосуванням методів пасивного і активного експериментів в умовах моделювання збагачувальних процесів із використанням аналогових, цифрових засобів вимірювання та комп'ютерної техніки. Крім того, для побудови моделей багатофакторної регресії першої стадії збагачення руди використовувались методи множинної регресії, кореляційно-регресійного аналізу, мови програмування та системи керування базами даних.

Наукові положення, що виносяться на захист.

1. Причинно-наслідкова залежність технологічних змінних комплексів збагачення від фізико-механічних властивостей руд визначається правилами продукції вхідних і вихідних матриць мереж Петрі, що, на відміну від побудови нейромережових моделей, не потребує часу навчання і підвищує оперативність виявлення у часі моменту зміни властивостей руди, що забезпечує якість керування.

2. Елементи матриці зміни логіко-функціональних блоків мереж Петрі визначають характер та напрямок зміни керуючих впливів на технологічний процес збагачення руд, що на відміну від стабілізації керуючих впливів дозволяє автоматично корегувати завдання системи стабілізації при зміні властивостей руди, що підвищує якість залізородного концентрату.

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблена модель процесу першої стадії здрібнення, класифікації і

магнітної сепарації, яка, на відміну від відомих регресійних моделей, ураховує як фактор впливу на якість концентрату першої стадії та процесу флотації (огрудкування) вміст важкозбагачуваних фракцій руди;

– розроблено алгоритм процесів системи керування завантаженням млинів першої стадії збагачення руди, що, на відміну від систем із заданою структурою, включає підсистему зі змінною структурою робастного або адаптивного керування стадіями та лініями збагачувальної фабрики, які працюють на фабрику огрудкування (флотації);

– доведено, що для умов роботи технологічної секції, яка працює на фабрику огрудкування, оцінка різновидів руд, на відміну від масової долі заліза, є найбільш важливим чинником при прийнятті рішень щодо визначення продуктивності млинів першої стадії, а регулювання по каналу продуктивність – вміст готового класу $-0,056$ мм буде ефективним в діапазоні важкозбагачуваних руд від 50 до 70%;

– вперше розроблено моделі прийняття управлінських рішень в адаптивних системах керування стадіями збагачення на основі маркованих мереж Петрі, які, на відміну від нейромережових моделей, дозволяють у динамічному режимі надавати інформацію про зміни виробничих ситуацій щодо подрібнення та керувати послідовністю переключень системи автоматизованого керування (САК) завантаженням руди в млин першої стадії, а у випадку перевантаження кульового млина змінити структуру керування стадіями збагачення-подрібнення-класифікації;

– запропоновано нові принципи побудови систем керування першою стадією збагачення руди з корекцією систем на основі мереж Петрі та вибором заданих уставок локальним системам автоматичного регулювання продуктивності млина і щільності пульпи зливу класифікатора.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються:

1. Використанням апробованих методів дослідження, теорією ймовірності, математичної статистики для побудови моделей процесу збагачення; теорією і практикою магнітного збагачення руд, теорією автоматичного управління, теорією нечітких множин, що дозволяє максимально повно враховувати наявну у розпорядженні оператора нечітку і неоднорідну інформацію про стан кульового млина та стан технологічного процесу; теорією мереж Петрі, які дозволяють у динамічному режимі розпізнавати момент зміни текстурних характеристик вхідної руди в реальному часі; теорією експерименту щодо оцінки факторів ідентифікації моделей подрібнення як передумови стабілізації режимів роботи флотації або огрудкування; моделями багатофакторної регресії на основі мереж Петрі з коефіцієнтами множинної кореляції τ , що належить діапазону $0,9 \leq \tau < 1$, які дозволяють оптимізувати першу стадію збагачення руди та використовуються для ефективного алгоритму керування процесом збагачення.

2. Зіставленням результатів моделювання об'єкту керування з результатами промислових експериментів та позитивними результатами використання теорії нечітких множин і мереж Петрі при розробці системи керування збагачувальною фабрикою.

3. Високими коефіцієнтами множинної детермінації та кореляції (від 0,9 до 1) розроблених моделей для першої стадії збагачення руди.

4. Актами промислових випробувань та довідкою щодо економічного ефекту.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Обґрунтований вибір мереж Петрі для створення умов найшвидшого розпізнавання проблемних ситуацій, пов'язаних зі зміною типів руд, що надходять на збагачення, і, як результат, визначення моменту корекції завантаження рудою кульового млина першої стадії збагачення.

2. Розроблена система керування виробничим процесом, яка дає можливість поєднувати робастне та адаптивне керування, і на цій основі виконувати корекцію щільнісних режимів 1-ї, 2-ї та 3-ї стадій збагачення руди, зменшуючи цим самим дисперсію коливань класу $-0,056$ мм у магнітному концентраті, що надходить на огрудкування (флотацію).

За результатами дисертації розроблено технічні пропозиції, методики та рекомендації з керування технологічними процесами збагачувальних фабрик, що використані ВАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат» та ВАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат». Основні результати роботи у вигляді проектних рішень впроваджені на підприємствах ВАТ «Інгулецький ГЗК» та ВАТ «Центральний ГЗК», що дозволило отримати економічний ефект у розмірі 80 тис. грн. на рік на одну технологічну секцію.

Результати роботи реалізовано у вигляді розробленої системи керування, бази даних і програмного забезпечення з автоматизації технологічних процесів збагачення руд, в тому числі знайшли використання:

- методи розробки управлінських рішень в робастних і адаптивних системах керування першою стадією збагачення;

- практичні рекомендації щодо ефективного керування першою стадією збагачення руди на основі створеного алгоритму та програмного забезпечення.

Ці технічні пропозиції, методики, алгоритми і рекомендації можуть бути використані в умовах збагачувальних фабрик ВАТ «Південний ГЗК», ВАТ «Північний ГЗК», ВАТ «Центральний ГЗК» і ВАТ «Інгулецький ГЗК» при розробці систем керування якістю концентрату, а також проектними та науково-дослідними організаціями України при проектуванні сучасних АСКТП збагачувальних фабрик.

Особистий внесок здобувача. Автор самостійно сформулював мету, завдання дослідження, наукові положення і результати, виконав теоретичну і практичну частину роботи, брав пряму участь у проведенні лабораторних і промислових експериментів щодо побудови моделей та відповідної бази даних. Автором розроблено алгоритм та програмне забезпечення «Моделювання першої стадії збагачення руди» на сучасній мові програмування Visual Basic.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати роботи доповідались на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика управління організацією з погляду тисячоліть» (м. Київ, 2001р), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми і прогресивні напрямки управління економічним розвитком вітчизняних підприємств» (м. Кривий Ріг, 2009р), I Міжнародній науково-практичній

конференції «Сучасні соціально-економічні системи: тенденції розвитку» (м. Кривий Ріг, 2011р), II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми і прогресивні напрямки управління економічним розвитком вітчизняних підприємств» (м. Кривий Ріг, 2011р).

Публікації. Матеріали роботи викладено в 13 наукових працях, з них 9 – статей у фахових виданнях, 4 – матеріали конференцій.

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 197 сторінок, із них 154 сторінки – основна частина, 15 сторінок – список використаних джерел із 146 найменувань, 28 сторінок – додатки, рисунків – 66 (із них 22 на 16 повних сторінках), таблиць – 7.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання дослідження та методи аналізу, визначено об'єкт та предмет роботи, відображено наукову новизну й основні результати, визначено практичну цінність проведеного дослідження.

У **першому розділі** дисертації визначено основні характеристики складних процесів переробки руди в концентрат та операцій здрібнення, класифікації і попередньої сепарації. Показано, що найбільш важливу роль у технологічній лінії збагачення руд відіграють процеси здрібнення і класифікації. Результати ґрунтовних досліджень у галузі автоматизації та оптимізації процесів збагачення залізних руд опубліковані в роботах професорів Б.Б. Зобніна, Ю.Г. Качана, В.З. Козіна, Є.В. Кочури, О.М. Марюти, В.С. Моркуна, В.М. Назаренка, Є.В. Прокоф'єва, О.М. Тихонова, А.Е. Тропа, В.П. Хорольського.

В останні роки вивчення технологічної лінії викликане необхідністю: скоординувати роботу збагачувальних машин, і насамперед, найбільш енергомістких – кульових млинів з урахуванням властивостей руд, що надходять на збагачення. Відсутність дорогих засобів контролю на збагачувальних фабриках зумовлює необхідність використовувати майстерність та досвід персоналу в зв'язку з вимогами споживачів збільшити вміст масової частки заліза в концентраті до 66,5 – 67,8%. З метою підвищення ефективності автоматизації складних технологічних процесів та методів збагачення на підприємствах (ВАТ «Північний ГЗК», ВАТ «Інгулецький ГЗК», ВАТ «Південний ГЗК», ВАТ «Центральний ГЗК») виникла необхідність проведення нових досліджень впливу типів руди на вихідні показники роботи збагачувальних фабрик.

У зв'язку з погіршенням якості руди задля досягнення необхідних показників виникає потреба побудови сучасних систем керування технологічними процесами збагачення руд. Цьому сприяють теоретичні роботи академіка В.М. Глушкова, в яких проаналізовано методи математичного опису процесів збагачення та керування за допомогою розпізнавання технологічних ситуацій в АСКТП.

Отже, аналіз сучасних підходів до автоматизації збагачувальних фабрик вимагає розробити ряд нових теоретичних і практичних рішень при проектуванні АСКТП, що працюють у діалоговому режимі та мають змогу приймати ефективні рішення в умовах переробки важкозбагачуваних руд.

У **другому розділі** розглянуто загальні принципи автоматизації процесів переробки руди в концентрат; побудовано цільові функції керування; досліджено впливи вхідних збурених факторів на кінцеві параметри технологічних підсистем ліній переробки руди; визначено статистичні характеристики збурень руди, що надходить на збагачення.

Проведений аналіз статистичних характеристик збагачення руд та досвід роботи гірничо-збагачувальних комбінатів Криворізького та інших родовищ дають можливість узагальнити особливості виробничого процесу збагачення руди, у вигляді математичних моделей, в яких установлюється зв'язок між вхідними та вихідними параметрами. На основі даних ВАТ «Центральний ГЗК», що спостерігались у часі від 6.00 до 11.45 з інтервалом 15 хвилин, використовуючи регресійний аналіз (метод найменших квадратів), отримано такі моделі:

1. $Y_1 = -0,156Q_{мл} + 0,002x_1 + 0,122x_2 - 0,011x_3 + 0,137x_4 - 99,408;$
2. $Y_1 = -0,148Q_{мл} + 0,036x_5 + 0,127x_2 - 0,018x_3 + 0,134x_4 - 106,019;$
3. $Q_{мл} = -1,354Y_1 + 0,176x_1 + 0,273x_2 + 0,083x_3 + 0,336x_4 - 490,640;$
4. $Q_{мл} = -1,405Y_1 - 0,083x_5 + 0,491x_2 - 0,142x_3 + 0,302x_4 - 440,237,$

де Y_1 – масова частка класу у промпродуктах класифікації, %;

$Q_{мл}$ – продуктивність млина, т/год.;

x_1 – вміст твердого в розгрузці млина, г/літр;

x_2 – вміст твердого в промпродукті зливу класифікатора, г/літр;

x_3 – кількість поданої води в завантаження млина, м³/год.;

x_4 – витрати води в завантаження класифікатора, м³/год.;

x_5 – вміст важкозбагачуваних руд, %.

Перші дві моделі демонструють залежність масової частки класу від інших факторів. Відмінністю є те, що за другий вхідний параметр у першій моделі виступає параметр x_1 (вміст твердого в розгрузці млина, г/літр), а у другій моделі – параметр x_5 (вміст важкозбагачуваних руд, %). У даних моделях між продуктивністю та масовою часткою класу спостерігається обернений зв'язок.

Стосовно третьої та четвертої моделей вирішується обернена задача, тобто знаходиться залежність продуктивності млина ($Q_{мл}$) від вхідних факторів. Додатні або від'ємні коефіцієнти кожної моделі показують характер зв'язку кожного коефіцієнта в моделі. Дослідження проводились для кількості вхідних факторів від 1 до 5. При чому максимальний коефіцієнт детермінації та кореляції мав місце лише при включенні всіх п'яти вхідних факторів. Коефіцієнти кореляції для кожної з моделей належать діапазону від 0,9 до 1, що свідчить про максимальний зв'язок між вхідними та вихідними параметрами, і дає можливість зробити точний прогноз для оптимального моделювання першої стадії збагачення руди.

Для умов роботи технологічної секції, яка працює на фабрику огрудкування, оцінка різновидів руд є найбільш важливим чинником при

прийнятті рішень щодо визначення продуктивності млинів першої стадії, а регулювання по каналу продуктивність – вміст готового класу $-0,056$ мм буде ефективним у діапазоні важкозбагачуваних руд від 50 до 70%.

У **третьому розділі** досліджено основні положення теорії нечітких множин з метою розв'язання проблемних ситуацій; проведено дослідження теорії мереж Петрі як основи для створення системи автоматичного керування для всього збагачувального процесу і для окремої стадії збагачення; на основі мереж Петрі розроблено правила продукції, за допомогою яких виконуються режими контролю та прийняття рішень щодо коригування технологічних параметрів процесу.

У випадках керування виробничим процесом виникає необхідність використовувати методи, що ґрунтуються на теорії нечітких множин.

Характеристики руди, що надходить на подрібнення, залежать від хімічних і текстурно-структурних властивостей руди, які змінюються в часі випадковим чином; змінними також є міцність руди та її щільність, а також мінеральний склад. Основним способом рудопідготовки на збагачувальних фабриках, що працюють на відділення флотації або огрудкування, є подрібнення і класифікація з метою керування гранулометричним складом руди. Враховуючи високі вимоги відділу флотації (фабрики огрудкування) щодо характеристик магнітного концентрату, потрібно вже в першій стадії подрібнення-класифікації-збагачення знайти такі методи керування процесами рудопідготовки, які б давали можливість одержати оптимальний фракціональний склад сировини.

З точки зору ефективності першої стадії подрібнення руди в кульових млинах їх продуктивність залежить від крупності різних розмірів шматків руди та їх типів, фракційного складу руди, що надходить на збагачення в магнітних сепараторах. Якщо сировина недоподрібнена, то вихід і вміст заліза у магнітному концентраті буде меншим, ніж при звичайному розкритті мінеральної сировини. І навпаки, якщо сировина надподрібнена, то збільшується вміст заліза в хвостах, а вихід концентрату теж зменшується. Отже, досягти оптимальних характеристик концентрату магнітного збагачення можливо лише в тому випадку, якщо оператор буде чітко знати моменти надходження (зміни) в часі руди з різними текстурними характеристиками. Унікальним математичним апаратом оцінки моменту зміни типу руди, що надходить на подрібнення, є марковані мережі Петрі, які дозволяють у динамічному режимі надавати інформацію оператору про зміни виробничої ситуації, щодо подрібнення та зміни властивостей руди, оцінки робастного режиму керування і переходу до адаптивного керування.

Моделювання процесу збагачення руди полягає у розстановці датчиків на кожний елемент системи. При виникненні проблемної ситуації відбувається спрацювання відповідного датчика, після чого миттєво приймається рішення щодо налагодження роботи даної системи.

Структура мережі Петрі являє сукупність позицій і переходів. У

відповідності з цим граф мережі Петрі має два типи вузлів: кружок «O» є позицією, а планка «|» – переходом. Орієнтовані дуги (стрілки) з'єднують позиції і переходи, при цьому деякі дуги направлені від позицій до переходів, а інші – від переходів до позицій. Дуга, яка направлена від позиції p_i до переходу t_j , визначає позицію, яка являється входом переходу. Вихідна позиція вказується дугою від переходу до позиції. Для представлення процесу роботи системи до мережі Петрі додається маркер. Причому, умови, які описують стан системи, моделюються позиціями, а події, які мають місце в системі, – переходами. При цьому входи переходу є передумовами відповідної події; виходи – післяумовами. Виникнення події рівносильне запуску відповідного переходу. Для наочного представлення технологічного процесу з використанням мереж Петрі на рис. 1. наведено схему-модель першої стадії збагачення руди.

В даній моделі 1, 2, 3, 4, 5, 6 – технологічні апарати (1 – кульовий млин, 2 – класифікатор, 3 – зумпф, 4, 5, 6 – магнітні сепаратори), де вихідними показниками є: продуктивність стадії, масова частка заліза в промпродукті, магнітне залізо в хвостах. Із точки зору мереж Петрі $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6$ характеризують умови роботи технологічних апаратів збагачення руди. Наприклад, умови для роботи кульового млина (p_1) – це характеристика його продуктивності в діапазоні 180-250 т/год, яка вимірюється відповідним датчиком. Переходами в даній моделі зображено події $t_1 - t_{19}$. Так t_1 – це подія надходження руди до кульового млина з відповідними текстурними характеристиками.

На відповідному переході мережі Петрі встановлюються датчики: DSR – щільномір для вимірювання вмісту твердого в розгрузці млина, DQ – щільномір для вимірювання вмісту твердого в промпродукті зливу класифікатора; ДП – датчик ваги для вимірювання продуктивності млина; ДВ(1), ДВ(2) – датчики витрат води, відповідно для завантаження млина та для завантаження класифікатора; ДР – гранулометр для вимірювання масової частки класу у зливі класифікатора; ДС – датчик скрапу.

Ці датчики чутливі до змін властивостей руди. Так, при збільшенні кількості важкозбагачуваних руд (понад 60%) змінюються: щільнісні режими (щільність пульпи) у зливах кульового млина та класифікатора; різко зростає циркуляційне навантаження. Це може привести до переповнення кульового млина, погіршення роботи першої стадії сепарації, збільшенню втрат магнітного заліза у хвостах, що призводить до зменшення продуктивності млина як за рудою, так і за виходом готового класу -0,056 мм.

Отже, головна мета мереж Петрі даної роботи – це виявлення моменту часу зміни властивостей руди. Крім того вони використовуються для створення правил продукції, які на основі причинно-наслідкових зв'язків формують набір простих рекомендацій для ефективної роботи системи. Дані рекомендації подано у вигляді матриць із коефіцієнтами -1, 0, 1. Коефіцієнт -1 свідчить про зменшення показника на певний крок, 1 – про збільшення, 0 – показник залишається на попередньому рівні.

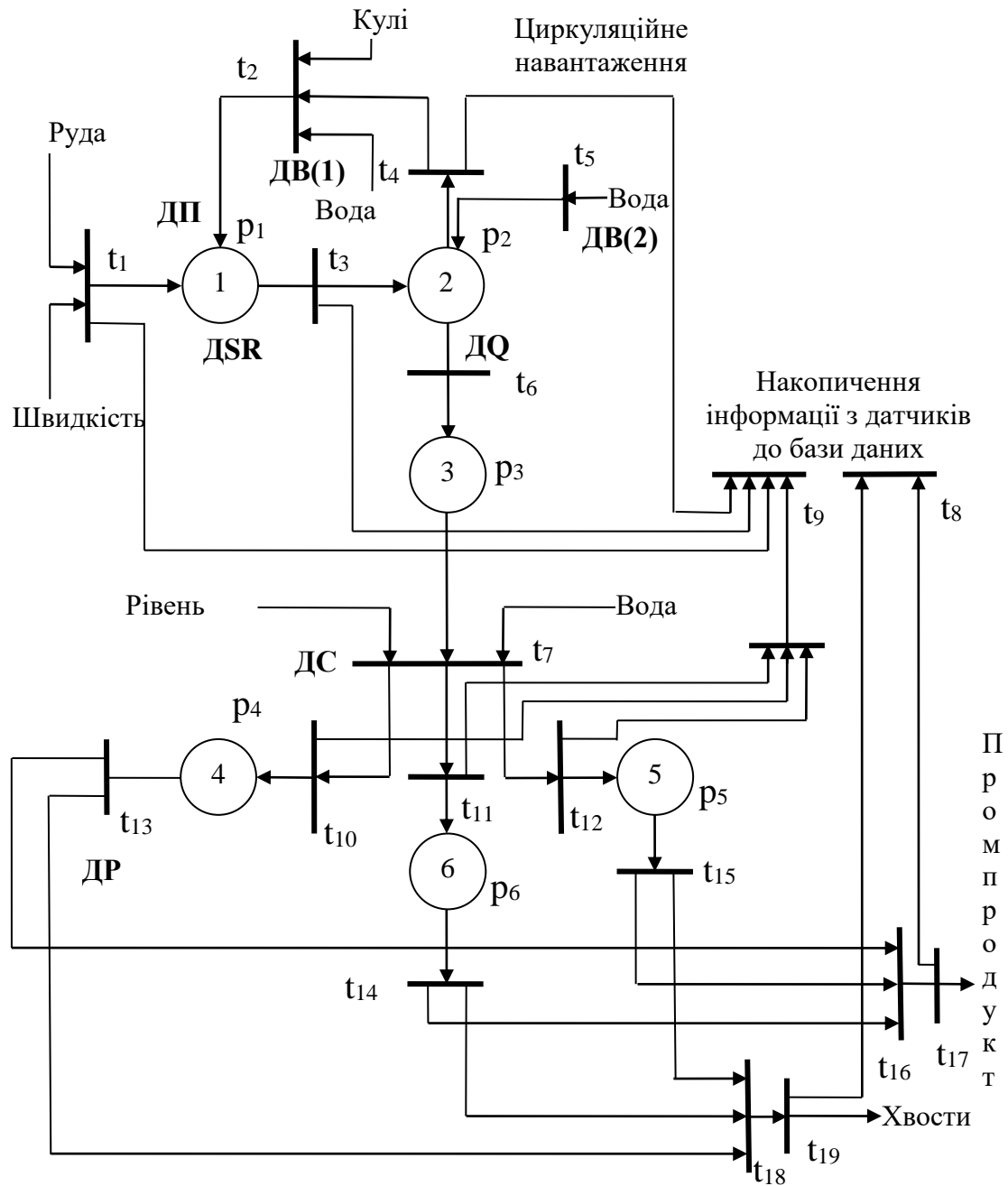


Рис. 1. Схема-модель першої стадії збагачення руди

Оператор за допомогою використання мереж Петрі виявляє проблемну ситуацію та отримує рекомендації у вигляді «правил-продукції» (матриця з коефіцієнтами -1, 0, 1).

На рис. 2. представлена мережа Петрі правил продукції, яка характеризується матрицею.

На даному рисунку операції у системі представлено подіями: t_1 – руда надходить на подрібнення; t_2 – здійснюється процес класифікації; t_3 – промпродукт повертається на першу стадію подрібнення, а умови системи позиціями: P_1 – перша стадія подрібнення; P_2 – промпродукт після класифікації; P_3 – злив; P_4 – хвости.

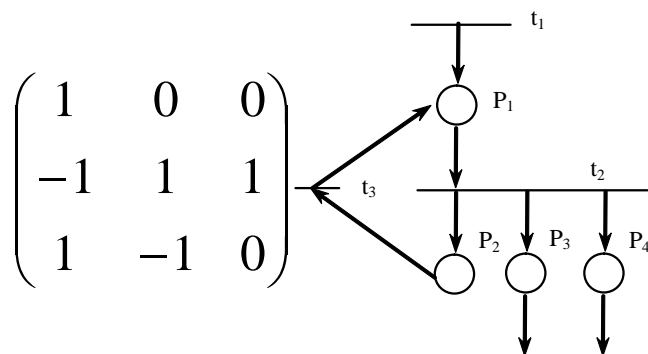


Рис. 2. Приклад використання правил продукції

При нормальній роботі мережі Петрі системи першої стадії збагачення, інформація, що отримується з датчиків записується до бази даних за такими показниками: масова частка класу у промпродуктах класифікації, % (ДР); продуктивність млина, т/год. (ДП); вміст твердого в розгрузці млина, г/літр (ДСR);

вміст твердого в промпродукті зливу класифікатора, г/літр (ДQ); кількість поданої води в завантаження млина, м³/год. (ДВ(1)); витрати води в завантаження класифікатора, м³/год. (ДВ(2)); чинник вмісту важкозбагачуваних руд, %.

Ця інформація є базисом для побудови кореляційно-регресійних моделей, за якими оператором буде прийматись більш виважене рішення щодо зміни вхідних параметрів моделі.

У **четвертому розділі** досліджено інформаційне поле технологічного процесу, складено список вхідних і вихідних показників для кожного каналу керування, розроблено алгоритм та програмне забезпечення ефективного керування першою стадією збагачення руди на основі побудови моделей багатofакторної регресії, розроблено систему керування на основі мереж Петрі.

Використовуючи статистичні дані, одержані в умовах збагачувальної фабрики ВАТ «Центральний ГЗК», досліджено значущість кожного вхідного випадкового параметра.

Після досліджень інформаційного поля відбувається перехід до формалізації та переробки інформації в підсистемах АСКТП збагачувальних фабрик в умовах нечіткої інформації про процес збагачення.

У випадку, коли за допомогою мереж Петрі розпізнається проблемна ситуація, починає свою роботу розроблене програмне забезпечення «Моделювання першої стадії збагачення руди», яке відіграє роль «помічника диспетчера».

Вхідною інформацією для даної програми є база даних, в якій накопичується інформація з датчиків при нормальній роботі системи першої стадії збагачення. На рис. 3. представлено алгоритм розробки програми.

Після спрацювання відповідного датчика виникає проблемна ситуація, на яку відразу реагує мережа Петрі, що характеризує різні варіанти розвитку процесу збагачення та видає матрицю, кожен коефіцієнт якої відповідає -1, 0 або 1. Дані коефіцієнти характеризують відповідно: зменшення (коефіцієнт -1), збільшення (коефіцієнт 1) або залишення у поточному стані (коефіцієнт 0) відповідного показника.

Після цього відбувається корегування вхідної інформації, представленої на рисунку блоками 2-3. Таким чином мережа Петрі реагує відразу на проблемну ситуацію та змінює вхідні дані моделі.

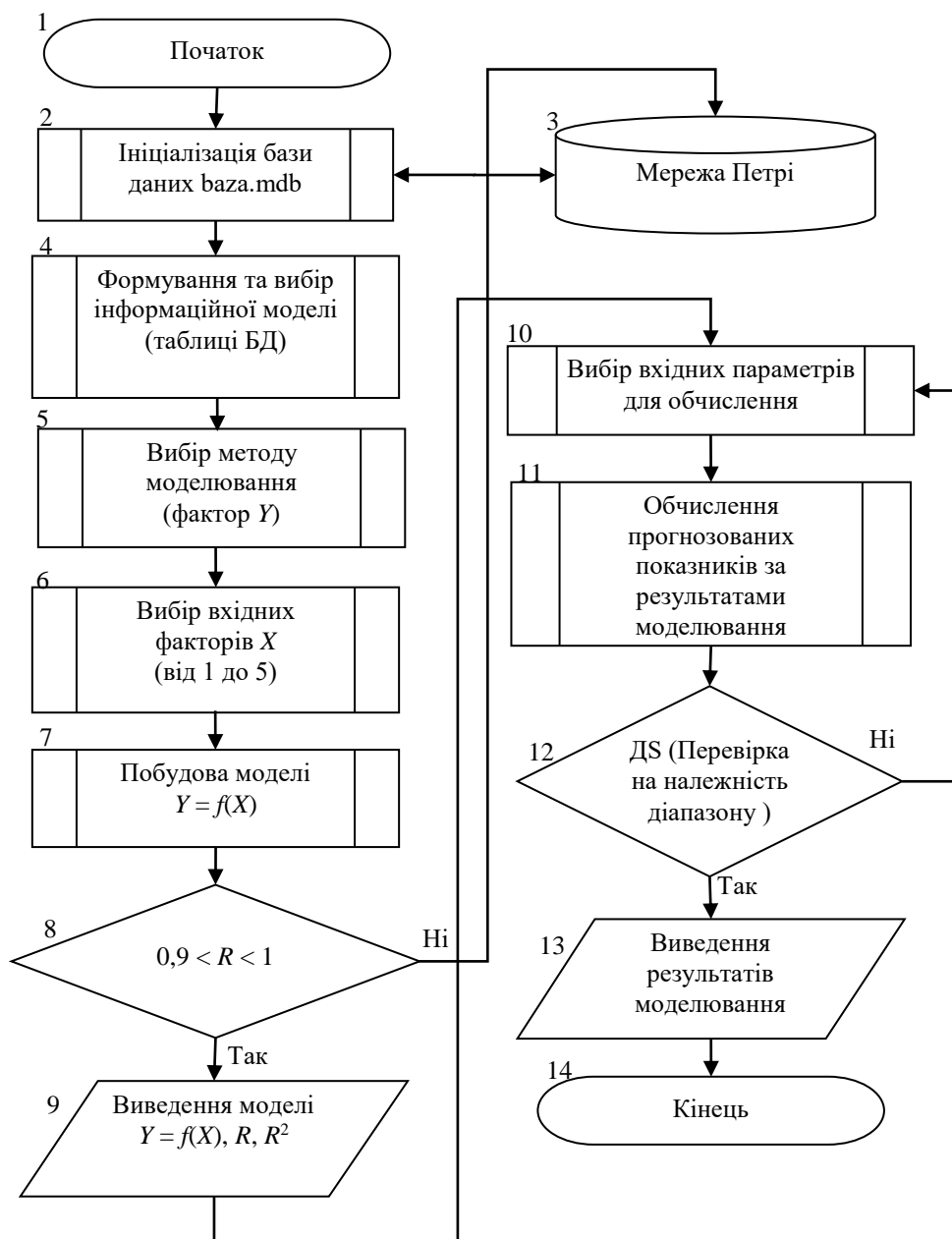


Рис. 3. Алгоритм розробки програми «Моделювання першої стадії збагачення руди»

У випадку виникнення проблемної ситуації мережа Петрі має декілька варіантів розвитку процесу. Кожен із цих варіантів підставляється у якості вхідних даних та розраховується по моделі багатофакторної регресії. При цьому аналізується кореляція як окремо взятого фактору (аналіз вхідних факторів від фактору часу), так і кореляція розрахованого показника моделі.

Саме вибір максимального коефіцієнта кореляції (в діапазоні від 0,9 до 1) дозволяє говорити про вибір оптимального варіанту розвитку процесу збагачення при моделюванні мережею Петрі.

Після вибору оптимального варіанту у даній програмі будуються дві багатофакторні моделі з урахуванням їх модифікацій:

1. Залежність масової частки класу у промпродуктах класифікації, % (Y) від вхідних факторів (Продуктивність млина, т/год. (x_1), вміст твердого в розгрузці млина, г/літр (x_2), вміст твердого у промпродукті зливу класифікатора, г/літр (x_3), кількість поданої води в завантаження млина, м³/год. (x_4), витрати води в завантаження класифікатора, м³/год. (x_5)).

2. Залежність продуктивності млина, т/год. (Y) від вхідних факторів (Вміст твердого в розгрузці млина, г/літр (x_1), вміст твердого в промпродукті зливу класифікатора, г/літр (x_2), кількість поданої води в завантаження млина, м³/год. (x_3), витрати води в завантаження класифікатора, м³/год. (x_4), масова частка класу у промпродуктах класифікації, % (x_5)).

Щодо модифікації даних моделей передбачено заміну одного вхідного параметру (параметру x_2 першої моделі або параметру x_1 другої моделі) на показник вмісту важкозбагачуваних руд у %.

Розроблене програмне забезпечення є гнучким та дозволяє отримати моделі продуктивності та масової частки класу від будь-якої кількості факторів. При збільшенні вхідної кількості факторів для побудови моделі, збільшувався коефіцієнт кореляції. Це дає можливість зробити висновок про те, що саме всі вхідні фактори впливають на результат та адекватність моделі є максимальною при включенні всіх п'ятьох факторів.

Оператором обчислюється (прогнозується) розрахований показник моделі – масова частка класу, або продуктивність млина від заданих ним вхідних параметрів. Якщо розрахований показник не належить відповідному діапазону, на екран виводиться повідомлення про корекцію вхідних параметрів для подальшого ведення технологічного процесу. Отримані результати дозволяють оператору визначити режим роботи технологічної лінії, який буде найбільш оптимальним відносно до типу руди, що переробляється.

Практичне використання розроблених моделей на основі мереж Петрі та оптимізації за допомогою алгоритмів керування з нечіткою логікою дозволяє покращити функціонування об'єктів збагачувальної фабрики. Про це свідчать результати досліджень диспетчерського керування технологічними секціями, які працюють на фабрику огрудкування. Дослідження системи керування першої стадії технологічної секції ВАТ «Центральний ГЗК» проведено протягом 52 год. за таким планом:

- підготовка системи до роботи: в цей період інженер формує правила продукції та створює відповідну базу даних;

- період оцінки проблемних ситуацій: диспетчер працює з локальними системами нижнього рівня керування, система виконує розпізнавання проблемних ситуацій $\{S_n\}$, зміни типів руд в часі;

- підготовка системи до роботи: диспетчер завантажує програмне забезпечення, алгоритм роботи якого представлено на рис. 3. Система обирає тип керування та відпрацьовує уставки локальних систем завантаження кульових млинів першої стадії збагачення, а саме:

- включення системи керування;
- перехід на робастне керування;

– перехід на адаптивне керування.

На рис. 4. наведено результати досліджень роботи технологічної секції ЗФ ВАТ «Центральний ГЗК», що працює на відділення огрудкування. Представлено зміни в часі таких параметрів: продуктивність млина ($Q_{мл}$, т/год.), вміст твердого в промпродукті зливу класифікатора (X_2 , г/літр), масова частка класу $\beta_{-0,056}$ у промпродуктах класифікації (Y_1 , %).

Аналіз графіка свідчить, що перехід на робастне і адаптивне керування (з урахуванням типів руд), а також розпізнавання проблемної ситуації $\{S_n\}$ дають наступні результати – зменшується: дисперсія коливань масової частки заліза в концентраті магнітного збагачення (на 18%); вміст магнітного заліза в хвостах збагачувальної фабрики (на 5%); питомі витрати води (на 6%); збільшується: продуктивність кульових млинів першої стадії збагачення (на 3%); вихід концентрату (на 4,5%).

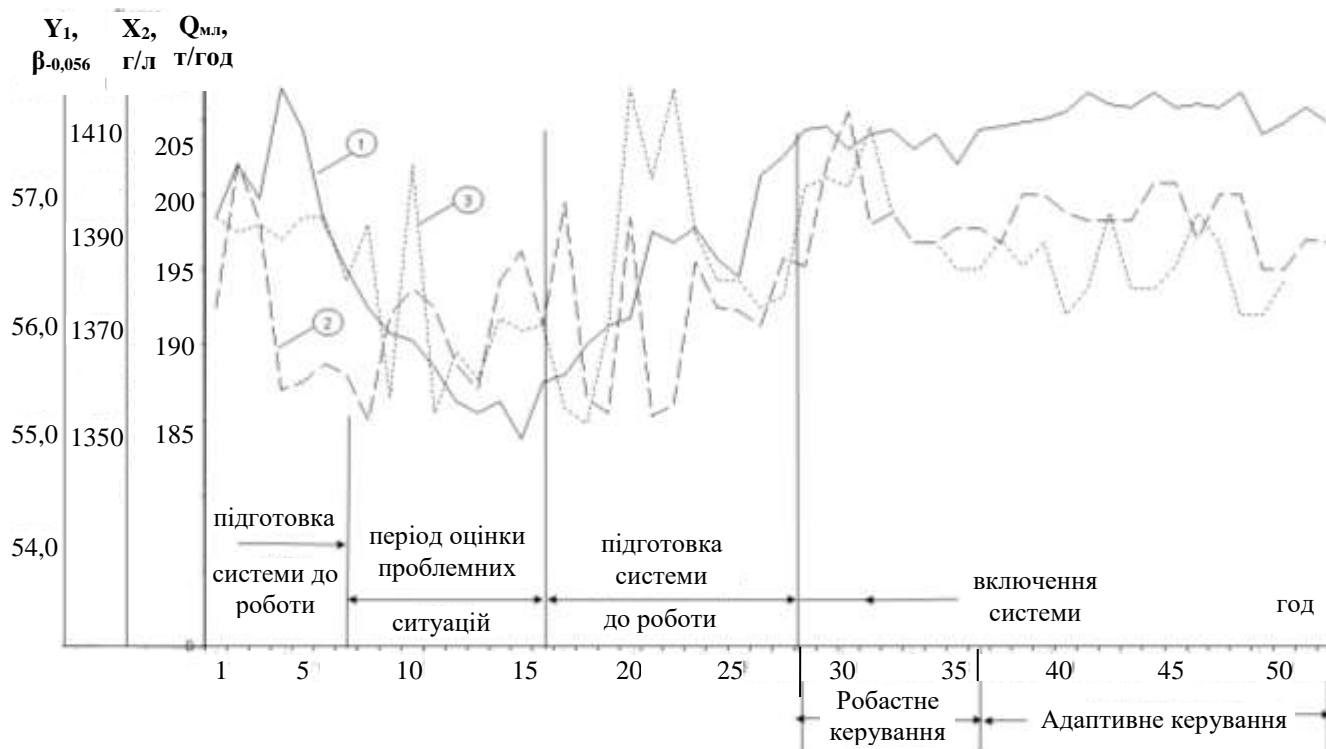


Рис. 4. Диспетчерське керування з локальними системами регулювання: 1 – залежність погодинної продуктивності млина в часі, т/год.; 2 – вміст твердого в промпродукті зливу класифікатора, г/л; 3 – масова частка класу -0,056 мм

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язано актуальну наукову задачу зі встановлення причинно-наслідкової залежності технологічних змінних комплексів збагачення від фізико-механічних властивостей руд, що визначається правилами продукції вхідних і вихідних матриць мереж Петрі, а елементи матриці зміни логіко-функціональних блоків мереж Петрі визначають характер та напрямок зміни

керуючих впливів на технологічний процес збагачення руд, що підвищує якість керування та якість залізородного концентрату.

У результаті проведених досліджень відбулося зменшення дисперсії коливань масової частки заліза в концентраті магнітного збагачення, вмісту магнітного заліза в хвостах збагачувальної фабрики, питомих витрат води, а також збільшення продуктивності кульових млинів першої стадії збагачення та виходу концентрату.

Основні результати проведених досліджень сформульовано таким чином:

1. Аналіз стану автоматизації процесів керування технологічним комплексом збагачення залізних руд шляхом керування подрібненням, класифікацією і магнітною сепарацією першої стадії збагачення показав, що багато актуальних задач не вирішено через відсутність моделювання оцінки в темпі з процесом різновидів руд, що надходять на збагачення.

2. Аналіз існуючих наукових праць в галузі автоматизації процесів керування першою стадією збагачення руди та оптимізації режимів роботи кульового млина – класифікатора – магнітного сепаратора в умовах переробки важкозбагачуваних руд довів необхідність розробки моделей оцінки моменту зміни типів руди в часі, що надходять на збагачення і прогнозування масової частки готового класу $-0,056$ мм у трьох стадіях збагачення руди.

3. Аналіз параметрів та характеристик руд, що надходять на збагачення довів наступне:

– параметри руди, що визначають роботу млинів першої стадії збагачення мають випадковий характер, а їх коливання знаходиться в межах від 8 до 36%;

– технологічні схеми ВАТ «Центральний ГЗК» і ВАТ «Інгулецький ГЗК» мають ідентичні характеристики впливу текстурних характеристик руди на вихід готового класу $-0,056$ мм у зливах апаратів класифікації і призначені для стабілізації роботи фабрик огрудкування або флотації;

– вперше встановлено, що збурення стосовно якості руди, яка надходить на збагачення, ідентифікується п'ятьма факторами у вигляді моделей системи керування першою стадією збагачення руди, що побудовані на основі маркованих мереж Петрі з коефіцієнтами множинної кореляції τ , що належить інтервалу (діапазону) $0,9 \leq \tau < 1$.

4. На основі математичного апарату мереж Петрі розроблено причино-наслідкові залежності у вигляді правил продукції вхідних та вихідних матриць, за допомогою яких виконуються режими контролю та прийняття рішень щодо коригування технологічних параметрів процесу, а саме: подачі руди на вхід кульового млина першої стадії та витрат води, щільності пульпи на зливні класифікатора, а також керування стадіями і технологічними секціями, що працюють на фабрику флотації або огрудкування.

5. Розроблений алгоритм та програмне забезпечення керування першою стадією збагачення руди дозволяє:

– будувати багатофакторні моделі масової частки класу $-0,056$ мм у промпродуктах класифікації та продуктивності млина від вибраних користувачем факторів;

– обчислювати показники результатів моделювання для заданих вхідних параметрів, прогнозуючи таким чином результати вибору продуктивності млинів першої стадії та виходу готового класу -0,056 мм;

– корегувати та контролювати вхідні, вихідні значення факторів, а також обчислюваних параметрів, використовуючи граничні межі факторів;

– робити візуальний контроль даних окремо взятого фактору та отримувати результат моделі у графічному режимі для кожного окремо взятого параметру моделі.

6. Дослідження розробленої системи керування першою стадією збагачення руди в умовах ВАТ «Центральний ГЗК» показали такі результати: зменшується: дисперсія коливань масової частки заліза в концентраті магнітного збагачення (на 18%); вміст магнітного заліза в хвостах збагачувальної фабрики (на 5%); питомі витрати води (на 6%); збільшується: продуктивність кульових млинів першої стадії збагачення (на 3%); вихід концентрату (на 4,5%). При цьому погодинна продуктивність технологічної секції збільшилась на 3%, а витрати електроенергії на виробництво однієї тони концентрату зменшились на 10% в порівнянні з диспетчерським керуванням.

7. Економічний ефект від упровадження результатів дисертації складає 80 тис. грн. на рік на одну технологічну секцію.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Хоцкіна В. Б. Принципи інтегрованого багаторівневого управління процесами збагачення руд / В. П. Хорольський, В. Б. Хоцкіна // Збагачення корисних копалин : науково-технічний збірник. – Дніпропетровськ. – 2002. – Вип. 16 (57). – С. 93 – 99.

2. Хоцкіна В. Б. Адаптивна інформаційна система інтегрованого управління виробництвом концентрату / В. П. Хорольський, В. Б. Хоцкіна, Є. К. Бабець // Науковий вісник національного гірничого університету. – 2003. – №7. – С. 74 – 79.

3. Хоцкіна В. Б. Автоматизированные системы управления технологическими процессами обогащения руд / В. П. Хорольский, Е. К. Бабец, В. Б. Хоцкіна // Обогащение полезных ископаемых : научно-технический сборник. – 2005. – Вип. 21 (62). – С. 114 – 123.

4. Хоцкіна В. Б. Робастные системы управления сложными технологическими процессами / В. П. Хорольський, В. Б. Хоцкіна, Е. К. Бабець // Науковий вісник НГУ. – 2005. – № 1. – С. 74 – 76.

5. Хоцкіна В. Б. Иерархия задач управления сложными технологическими процессами обогащения руд / В. П. Хорольський, В. Б. Хоцкіна, Е. К. Бабець // Разработка рудных месторождений. – 2005. – 88 с. – С. 159 – 163.

6. Хоцкіна В. Б. Автоматизированные системы распределенного управления предприятиями горно-металлургического комплекса с подсистемами менеджмента качества / В. П. Хорольський, В. Б. Хоцкіна, Е. К. Бабець // Качество минерального сырья: сборник научных трудов. – Кривой

Рог : Минерал. – 2005. – С. 520 – 530.

7. Хоцкіна В. Б. Управление процессами обогащения руд на основе сетевых моделей Петри / В. П. Хорольский, В. Б. Хоцкіна, Е. К. Бабец // Науковий вісник НГУ. – 2005. – №8. – С. 83 – 87.

8. Хоцкіна В. Б. Дослідження інформативності параметрів збагачення руди при побудові інтелектуальних систем управління / Є. К. Бабець, В. П. Хорольський, В. Б. Хоцкіна // Вісник Криворізького технічного університету : збірник наукових праць. – Кривий Ріг. – 2006. – № 13. – С. 55 – 59.

9. Хоцкіна В. Б. Експертна система підтримки операційних рішень в АСУТП збагачувальної фабрики / В. П. Хорольський, В. Б. Хоцкіна // Вісник Криворізького технічного університету : збірник наукових праць. – Кривий Ріг. – 2007. – № 18. – С. 84 – 88.

10. Хоцкіна В. Б. Розробка оптимального управління виробництвом концентратів та обкотишів з використанням автоматизованої інформаційної системи / В. Б. Хоцкіна // Теорія і практика управління організацією з погляду тисячоліть : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. – К. : Політехніка. – 2001. – 248 с.

11. Хоцкіна В. Б. Інтегроване управління економічною системою збагачувального виробництва / В. Б. Хоцкіна // Актуальні проблеми і прогресивні напрямки управління економічним розвитком вітчизняних підприємств: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Кривий Ріг : КЕІ ДВНЗ «КНЕУ ім. Вадима Гетьмана». – 2009. – Т. 2. – С. 279 – 281.

12. Хоцкіна В. Б. Мережі Петрі для моделювання складних економічних процесів / В. Б. Хоцкіна // Сучасні соціально-економічні системи: тенденції розвитку : тези доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції : збірник наукових праць. – Кривий Ріг. – 2011. – С. 250 – 252.

13. Хоцкіна В. Б. Інноваційні проекти розробки систем підвищення ефективності роботи збагачувальних фабрик / В. Б. Хоцкіна // Актуальні проблеми і прогресивні напрямки управління економічним розвитком вітчизняних підприємств : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Кривий Ріг : КЕІ ДВНЗ «КНЕУ ім. Вадима Гетьмана» – 2011. – Т. II. – С. 100 – 103.

Особистий внесок здобувача в роботах, написаних у співавторстві: [1] – Розроблена багаторівнева система координації управлінських впливів на процес збагачення руди. [2] – Розроблена математична модель фільтрації та адаптації сигналів датчиків. [3] – Розроблені алгоритми цифрового управління технологічним процесом збагачення руди. [4] – Розроблений метод адаптації змінної структури управління технологічною лінією, що працює на стадію флотаційного доведення концентрату. [5] – Розроблена ієрархія алгоритмів управління та координації групи технологічних ліній, що працюють на стадію флотаційного доведення концентрату. [6] – Розроблена експертна система управління якістю флотаційного концентрату. [7] – Розроблена модель мереж

Петрі, «правила-продукції» трьохстадійного процесу збагачення руди. [8] – Розроблений метод оцінки інформативності параметрів, що ідентифікують якісні характеристики руд. [9] – Розроблено експертну систему керування складним технологічним процесом збагачення руди.

АНОТАЦІЯ

Хоцкіна В. Б. Автоматизація процесів керування технологічним комплексом збагачення залізних руд з використанням моделей мереж Петрі. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07. – автоматизація процесів керування – Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2012.

Дисертація присвячена проблемам ідентифікації складних технологічних процесів збагачення руди, магнітний концентрат яких надходить на відділення флотаційного доведення. На основі системного підходу в роботі досліджено математичні моделі з нечіткою кількісною оцінкою інформації про процес та адаптацією до типів руди, що надходить на збагачення і використання мережних автоматів Петрі, алгоритмів розпізнавання проблемних ситуацій. Розроблено систему керування технологічним процесом першої стадії збагачення руди на основі мереж Петрі і побудовано правила прийняття рішень для даної системи, яка входить до складу АСКТП збагачувальної фабрики з розпізнаванням n -типів руд та відрізняється від існуючих тим, що в ній послідовно використані алгоритми робастного і адаптивного керування.

Прийняття рішень відбувається як на основі мереж Петрі, так і на основі розробленого програмного забезпечення «Моделювання першої стадії збагачення руди». Розроблене програмне забезпечення дозволяє будувати ефективні моделі для прогнозування найважливіших технологічних показників системи, а також допомагає диспетчеру прийняти виважене рішення для ефективного керування технологічним процесом.

Ключові слова: нечітка інформація, процеси, адаптація, мережі Петрі, розпізнавання, програмне забезпечення.

АННОТАЦИЯ

Хоцкина В.Б., Автоматизация процессов управления технологическим комплексом обогащения железных руд с использованием моделей сетей Петри. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07. – автоматизация процессов управления – Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2012.

Диссертация посвящена проблемам идентификации сложных технологических процессов обогащения руды, магнитный концентрат которых

поступает на отделение флотационной доводки. На основе системного подхода в работе исследованы математические модели с нечеткой количественной оценкой информации о процессе и адаптацией к типам руды, которая поступает на обогащение, а также использование сетевых автоматов Петри, алгоритмов распознавания проблемных ситуаций. Исследованы взаимокорреляционные функции основных переменных, их стационарность и эргодичность. Доказано, что процессы управления технологической секцией обогатительной фабрики отнесены к распределенным системам АСУТП, в которых задачи управления разделены по уровням: начальника фабрики, начальника смены, мастеров и операционного персонала с интеллектуализацией алгоритмов управления на каждом из уровней и распознавания технологических ситуаций.

Разработана система управления технологическим процессом первой стадии обогащения руды на основе сетей Петри и построены правила принятия решений для данной системы, которая входит в состав АСУТП обогатительной фабрики с распознаванием *n*-типов руд и отличается от существующих тем, что в ней использованы последовательно алгоритмы робастного и адаптивного управления.

В работе разработаны правила-продукции сетей Петри, которые соответствуют структурным преобразованиям в технологической линии обогатительной фабрики, которая вырабатывает суперконцентрат с содержанием общего железа до 70%, что включают соответствующие алгоритмы оптимизации загрузки бункеров и распределение нагрузок между технологическими линиями обогатительных фабрик.

Принятие решений происходит как на основе сетей Петри, так и на основе разработанного программного обеспечения «Моделирования первой стадии обогащения руды». Разработанное программное обеспечение позволяет строить эффективные модели для прогнозирования важнейших технологических показателей системы, а также помогает диспетчеру принять взвешенное решение для эффективного управления технологическим процессом.

Кроме того, предоставляется возможность корректировать и контролировать входные, выходные значения факторов, вычисляемых параметров, используя предельные значения факторов, а также получать результаты моделей в графическом режиме для отдельно взятого фактора.

Ключевые слова: нечеткая информация, процессы, адаптация, сети Петри, распознавание, программное обеспечение.

ANNOTATION

V.B. Khotskina. Management processes automation of iron-ore concentration technological complex with application of Petri nets models. – Copyright reserved.

The dissertation is submitted for Candidate of Technical Sciences Degree in Specialty 05.13.07 – Management processes automation – The State Higher Educational Establishment «National Mining University», Dnipropetrovsk, 2012.

The dissertation is dedicated to the problems of complex iron-ore concentration technological processes identification of which magnetic concentrate proceeds to flotation section. Mathematical models with fuzzy quantitative assessment of information about the process and adaptation to types of ore that proceeds to reduction and application of Petri net automats, problem situations identification algorithms were researched on the basis of systems approach in the work. Technological process control system of primary ore reduction on the basis Petri nets were developed and decision-making code for the present system that is integrated into technological processes Automatic Control System of iron ore concentration plant with n -types ore identification was formed that differs from the existing ones by the fact that robust and adaptive control algorithms were consecutively applied in it.

Decision-making occurs on the basis of Petri nets as well as on the basis of the developed «Primary Ore Reduction Modeling» software. The developed software allows to make effective models for forecasting major technological indexes of the system and assists a dispatcher to make a balanced decision for effective technological process control.

Key words: fuzzy information, processes, adaptation, Petri nets, identification, software.

ХОЦКІНА ВАЛЕНТИНА БОРИСІВНА

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ
КОМПЛЕКСОМ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД З ВИКОРИСТАННЯМ
МОДЕЛЕЙ МЕРЕЖ ПЕТРІ**

(Автореферат)

Підписано до друку 12.03.12. Формат 60x90/16.
Папір офсет. Різографія. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл. – вид. арк. 0,9. Тираж 120. Зам. №.3737

Виготовлено на поліграфічній базі Криворізького економічного інституту ДВНЗ
«Криворізький національний університет»
50000, м. Кривий Ріг, пр. К. Маркса, 64