**Зубов Дмитро Анатолійович. Розвиток методів і засобів адаптивного автоматизованого керування комплексом технологічних процесів вуглезбагачувальної фабрики : дис... д- ра техн. наук: 05.13.07 / Криворізький технічний ун-т. - Кривий Ріг, 2005.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Зубов Д.А. Розвиток методів і засобів адаптивного автоматизованого керування комплексом технологічних процесів вуглезбагачувальної фабрики. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація технологічних процесів. – Криворізький технічний університет, Кривий Ріг, 2005.  Дисертація присвячена розв'язанню актуальної наукової проблеми підвищення оперативності і якості керування комплексом технологічних процесів вуглезбагачувальної фабрики, адаптації до різноманітних характеристик устаткування і технологічних схем конкретних фабрик на базі узагальнення і розвитку теорії оптимальних і адаптивних систем автоматичного керування та оптимізації комплексу процесів вуглезбагачення на основі уніфікованих алгоритмів і методів інтелектуального дистанційного керування і збирання даних. Виконано теоретичне обґрунтування керування комплексом процесів вуглезбагачення, режимними параметрами як лінійними одноканальними і локальними технологічними процесами як нелінійними двоканальними нестаціонарними, стохастичними об’єктами вуглезбагачувального виробництва з великим запізнюванням на базі запропонованих оптимальних і адаптивних алгоритмів, фреймової експертної системи підтримки прийняття рішень операторів, промислового зразка інтелектуальної SCADA-системи. | |
| |  | | --- | | У дисертаційній роботі розв'язана актуальна наукова проблема підвищення оперативності та якості керування комплексом ТП, адаптації до різних характеристик устаткування і технологічних схем конкретних ВЗФ на базі узагальнення і розвитку теорії оптимальних і адаптивних САК і оптимізації технологічних процесів ВЗФ на основі комплексного використання методу динамічного програмування, фільтра Калмана і алгоритму стохастичної апроксимації, предикторного алгоритму, діофантового програмування. У результаті виконаних досліджень сформульовані та обґрунтовані такі наукові висновки і практичні результати:  1.Аналіз стану автоматизації керування комплексом ТП ВЗФ показав, що поряд з актуальною необхідністю збагачення вугілля на сьогодні відсутні промислові зразки САК комплексом ТП, а існуючі локальні САК не відповідають сучасним системним вимогам і не забезпечують ефективного розв'язання складних завдань в умовах вуглезбагачувального виробництва (багатоканальність, нестаціонарність, збуреність, нечіткість і неповнота інформації, велике запізнювання інформації щодо вихідних параметрів та ін.).  2.Розроблено технічні вимоги до програмно-апаратного комплексу САК ТП ВЗФ: КП з уніфікованими модулями й ієрархічною структурою мають забезпечити нормальне функціонування в умовах великого запізнювання інформаційних змінних, багатомірності і нечіткості даних, агресивних середовищ, гнучку конфігурацію та інтеграцію на базі стандартних протоколів обміну даних, можливість коректування інформаційних потоків людиною-оператором, дружній інтерфейс користувача.  3.На основі симпліціального q-аналізу типової структури ВЗФ із глибоким збагаченням вугілля проведене дослідження зв'язності компонент і групування симплексів з однаковим значенням максимальної розмірності. Аналіз структурного вектора поданої системи показує присутність трьох рівнів q-зв'язних симплексів (нижній – одноканальне керування режимними параметрами, середній – двоканальне функціонуванням окремого ТП, верхній – комплексом ТП), що поряд з однотипними функціональними характеристиками згрупованих за значенням максимальної розмірності симплексів підтверджує адекватність поданої ієрархічної САК сучасній SCADA-технології і відповідність реальній ієрархічній організації виробництва ВЗФ.  4.Для найбільш складного випадку змішування різних машинних класів вугілля розв'язане завдання автоматичної оптимізації комплексу апаратів збагачення вугілля інваріантно характеристик устаткування конкретної ВЗФ на основі комбінаторного алгоритму визначення в реальному масштабі часу уставок локальних процесів вуглезбагачення за нелінійним критерієм мінімізації собівартості збагачення сумарного концентрату, який формується на базі синтезу апроксимуючого b-криву полінома і спеціальних вимог споживачів (вологість, зольність, уміст сірки та ін.). Дослідження комбінаторного алгоритму на ЕОМ показали різноманітний характер залежностей (прямо і обернено пропорційна, східчаста, параболічна та ін.), що викликає необхідність розроблення конкретної стратегії керування ТП ВЗФ для кожного випадку зміни режиму її роботи.  5.Оптимальне (на базі методу динамічного програмування Белмана і фільтра Калмана для ідентифікації змінних простору станів) керування режимними параметрами як лінійними, одноканальними ОК із запізнюванням і нестаціонарними характеристиками невимірюваного збурення реалізоване на основі їхньої ідентифікації методом стохастичної апроксимації. Аналіз результатів досліджень (за даними процесу регулювання густини магнетитової суспензії за допомогою керування витратою технічної води) показує працездатність розробленого алгоритму – час наростання перехідного процесу інваріантний, а середньоквадратичне відхилення вихідної координати збільшується пропорційно зростанню дисперсії невимірюваних шумів об'єкта і спостереження. Сформульовані рекомендації з вибору значень параметрів КП для досягнення необхідної якості керування: мінімізація періоду квантування, мінімізація вагового коефіцієнта r і максимізація вагового коефіцієнта q квадратичного критерію якості. При виборі періоду квантування необхідно враховувати, що дискретне запізнювання (за збільшення якого зростає розмірність простору станів, що впливає на час обчислення значення керуючого впливу) обернено пропорційно залежить від його значення.  6.Завдання синтезу за заданим критерієм якості адаптивного керування ТП ВЗФ як нелінійними двоканальними нестаціонарними ОК з великим запізнюванням і діофантовим характером залежностей розв'язане з використанням запропонованого алгоритму повного перебору комбінацій можливих вхідних впливів і прогнозування його стану на основі апроксимуючої моделі, коефіцієнти якої обчислюються на навчальній вибірці даних за МНК. Показано, що запропонована модель п'ятирівневого представлення інформації про вихідну координату дозволяє створювати “добре обумовлену” навчальну вибірку даних і відпрацьовувати аварійні ситуації “зависання” даних. Аналіз результатів дослідження (за даними процесу відсадки) показує, що M{d\*[n]} інваріантне зміні N\*e=10-200 (єдиний доступний варіюванню параметр регулятора); при збільшенні N\*e спостерігається тенденція до зменшення s. Показана працездатність запропонованого алгоритму керування для стрибкоподібної зміни постійних часу на 50 с. Настроювання алгоритму керування зводиться до вибору такого значення N\*e, за якого досягається необхідна якість регулювання вихідної координати (необхідно враховувати, що збільшення N\*e приводить до значного зростання вимог до обчислювальних ресурсів САК).  7.Синтез фреймової ЕС підтримки прийняття рішень операторів ТП ВЗФ проведений на основі розробленої макромови опису БЗ (98 правил і тезаурус з 209 елементів) і мови програмування Delphi. Використання даної концепції дозволяє: застосовувати природні з погляду звичайної повсякденної практики поняття; спрощувати розроблення багаторазово використовуваних компонентів ПЗ; скорочувати розміри програм завдяки однократному опису багаторазово повторюваних властивостей і методів об'єктів-фреймів; інкапсуляцію локальних властивостей, методів і полів об'єктів-фреймів. Завдання побудови динамічної фреймової ЕС підтримки прийняття рішень операторів ТП ВЗФ розв'язане на основі адаптації інтерфейсу БЗ до конкретного ТП зміною рангів фреймів і дружнього інтерфейсу користувача (сім рівнів кон'юнктів умовної частини фреймів, розвинута довідкова система, технологія Drag-and-Drop взаємодії елементів), що дозволяє дружньо настроюватися на запити кінцевого користувача. Таким чином, реалізовано дві основні концепції взаємодії оператора та ЕОМ у рамках ЕС – на основі кодування вручну БЗ із використанням спеціальної макромови та її візуального проектування на базі технології Drag-and-Drop. Обґрунтування вибору одного з цих підходів проводиться на базі аналізу умов функціонування конкретної ВЗФ. Показано працездатність ПЗ на основі тестування експертами (89,8% правильних і 10,2% альтернативно можливих рекомендацій) і ефективної експлуатації на діючих ВЗФ. Розроблено ГЕС керування ТП ВЗФ на базі дискретного двоканального автоматичного регулятора, фреймової БЗ, машини виводу, модуля добування знань і навчання, ПЗО, динамічного інтерфейсу користувача.  8.Розглянуто структури САК основних функціональних блоків ВЗФ (вуглеприйом, переробка, сушіння, вивантаження) у контексті застосування SCADA-системи, в якій автоматичне керування реалізується на базі наведених у розділі 4 оптимальних і адаптивних алгоритмів, а інтелектуальна частина – на основі ЕС підтримки прийняття рішень операторів ТП (розділ 5). На основі аналізу функціональних блоків ВЗФ розроблена уніфікована апаратна частина САК ТП ВЗФ на базі IBM PC сумісного контролера ADAM-5510 з можливістю введення інформації з бінарних (модуль ADAM-5051), аналогових (модуль ADAM-5017) і цифрових датчиків (модуль ADAM-4571), керування ВМ (модуль ADAM-5056). Річний економічний ефект впровадження результатів дисертаційної роботи для ВЗФ з річним обсягом збагачення рядового вугілля 3 млн. т при збільшенні виходу сумарного концентрату на 0,3%, капітальних витратах 600 тис. грн, додаткових експлуатаційних витратах 100 тис. грн складає 991,7 тис. грн (строк окупності проекту 0,6 року). | |