

УДК 622.7.092

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Моркун Н.В.

DEVELOPING A SYSTEM OF DECENTRALIZED OPTIMAL CONTROL OF DRESSING PRODUCTION PROCESSES

Morkun N.V.

В статье приведено описание общей структурной схемы прототипа автоматизированной системы управления обогащением, на основе использования принципов автоматизированного управления и алгоритмов оптимизации технологического процесса обогащения с учетом технологических разновидностей руды.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, оптимальная система; системная интеграция, проектирование систем управления.

1. Введение. Так как процессы обогащения полезных ископаемых носят комплексный характер (высокая нелинейность, сложные и изменяющиеся во времени связи, не имеющие точного математического описания модели), производственные и технические показатели не могут непрерывно измеряться в режиме он-лайн, оптимальное управление производственными показателями не может быть достигнуто с помощью хорошо известных традиционных оптимальных методов управления. [1-7].

2. Анализ последних исследований и публикаций.

В работе [2] рассматривается задача оптимального управления группой взаимосвязанных динамических объектов. Исследуются случаи, когда централизованное управление группой невозможно. Описываются быстрые алгоритмы оптимального самоуправления в реальном времени каждой динамической системой с использованием информации, которой обмениваются члены группы в процессе управления. В данной работе отмечается, что управление группой динамических объектов можно осуществлять двумя способами – централизованно и децентрализованно. При этом, основные результаты математической теории оптимальных процессов получены для централизованного оптимального программного управления [3-7], в то время как задача

оптимального позиционного централизованного управления по классическому принципу замкнутого контура остается не решенной.

3. Материалы и результаты исследования.

Интеграция подхода к управлению обогащением руды с учетом ее технологических разновидностей в современную структуру управления горно-обогатительным комбинатом осуществлялась в соответствии с принципами, изложенными в работе [1]. Обобщенная схема распределенной системы оптимального управления технологическими процессами обогатительного производства на основе динамической пространственно-временной модели представлена на рис. 1. На верхнем уровне автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) функционируют следующие системы (рис. 1): стратегического планирования производства; мониторинга стоимости, качества, работы оборудования, энергозатрат; статистической обработки и анализа технологических данных, оптимизации показателей обогатительного производства. Задачей системы стратегического планирования является оценка текущего состояния обогатительного производства и определение долгосрочного плана работы предприятия по количеству, стоимости, затратам энергии, оборудования и материалов с учетом договорных обязательств и действующих в данном периоде времени эколого-экономических ограничений.

Основной для разработки долгосрочного плана служит информация, которую предоставляет система мониторинга стоимости, качества, работы оборудования, энергозатрат. Функцией данной системы является непрерывная регистрация, хранение и анализ основных параметров технологических процессов обогатительного производства, которые определяются по результатам статистической обработки и анализа

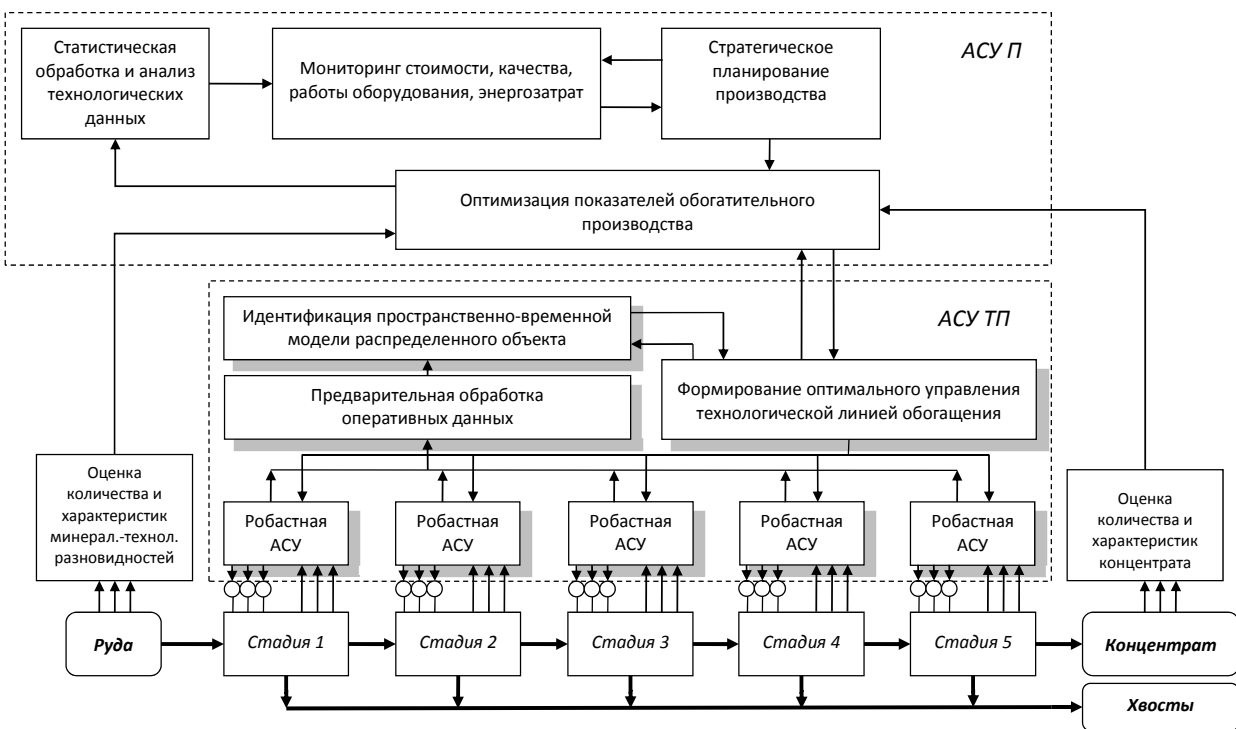


Рис. 1. Структура распределенной системы оптимального управления технологическими процессами обогатительного производства

технологических данных в соответствующей системе. Система мониторинга предоставляет информацию для корректировки плана работы предприятия.

Система оптимизации показателей обогатительного производства осуществляет текущую организацию производственного процесса в соответствии с разработанным на данные период стратегическим планом и с учетом состояния технологического оборудования технологических линий и стадий обогатительного производства. Рассчитанные данной системой производственные планы для технологических линий передаются на уровень автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) рудообогатительной фабрики.

Автоматизированная система управления технологическим процессом определенной технологической линии (нитки) рудообогатительной фабрикой содержит следующие системы (рис. 1): предварительной обработки оперативных данных, идентификации пространственно-временной модели распределенного объекта, формирования оптимального управления технологической линией обогащения. Оперативные данные о состоянии входов, выходов и внутренних параметров, передаваемые в реальном времени локальными автоматизированными системами управления отдельными стадиями и агрегатами технологической линии обогащения руды предварительно обрабатываются соответствующей системой, что позволяет исключить резко выделяющиеся значения и различного рода шумы.

На основе полученных данных система идентификация пространственно-временной модели распределенного объекта согласно предложенным в предыдущих разделах принципам осуществляет параметризацию пространственно-временной модели характеристик железорудного сырья, распределенного по стадиям технологической линии рудообогатительной фабрики. С использованием полученной модели соответствующая система выполняет формирование оптимального управления технологической линией обогащения путем выдачи сигналов задания локальным робастным АСУ отдельными стадиями и технологическими агрегатами.

Двух-контурная система оптимальных производственных показателей включает уровень оптимальной установки и уровень контроля технических показателей [1], как показано на рис. 2. Система оптимальной установки технических показателей использует принцип прогнозирования/обратная связь на основании модели оптимальной декомпозиции производственных показателей и имеет следующие особенности:

- 1) модель оптимальной декомпозиции производственных показателей используется для преобразования производственных показателей в технические показатели.
- 2) система регулировки прогнозирования используется для прогнозирования показателей производства и корректировки технических показателей с помощью прогнозирования и анализа.

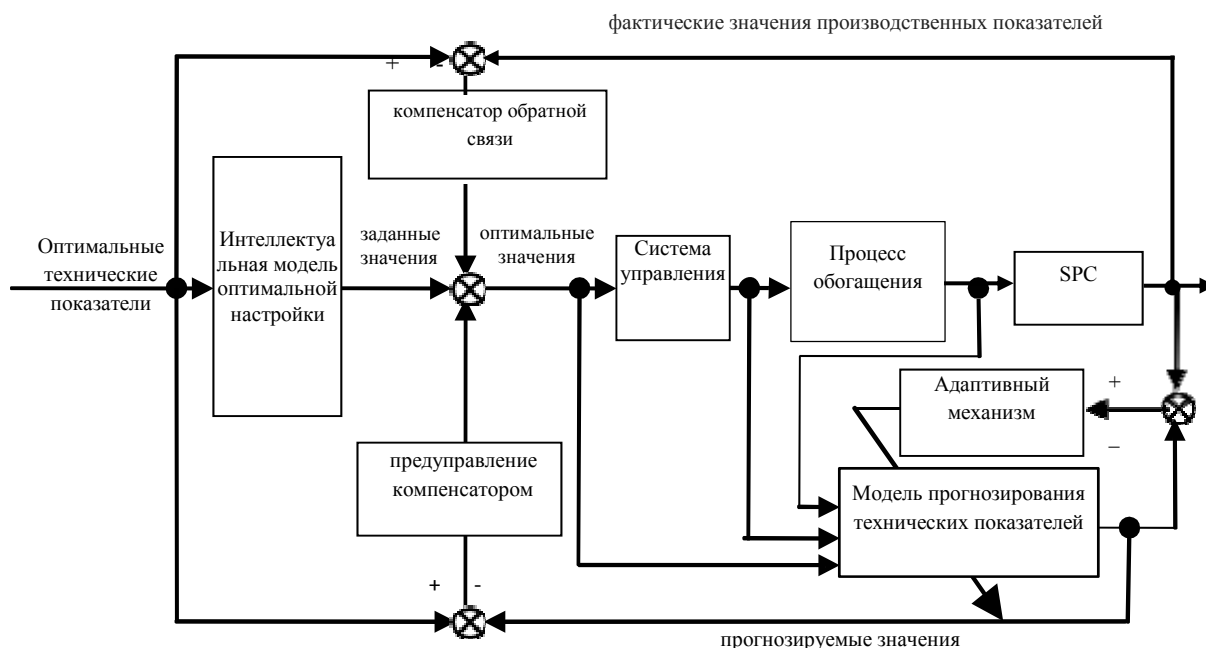


Рис. 2. Структура системы оптимального управления

3) система регулирования обратной связи используется для расчета производственных показателей на основании результатов статистического процесса управления (SPC) и связанным с ним процессом переработки полезных ископаемых, а также для регулировки технических показателей с помощью анализа обратной связи.

Оптимальная система управления техническими показателями на основе двух уровневой системы локальных контуров и оптимальной настройки этих контуров описывается следующим образом:

1) Интеллектуальная модель оптимальной установки используется для преобразования технических показателей в установки контура управления переработкой полезных ископаемых.

2) Модель прогнозирования используется для прогнозирования технических показателей.

3) Последовательное корректирующее устройство используется для сравнения оптимальных технических показателей с прогнозными значениями технических показателей и компенсирует последствия изменения граничных условий в соответствии с рабочей средой.

4) Компенсатор обратной связи используется для расчета погрешности между фактическими значениями SPC и оптимальными техническими показателями, а также для получения значений установок компенсации контуров управления с целью сведения к минимуму вышеуказанных ошибок.

5) Блок SPC выполняет функцию человеческого восприятия для обработки данных,

полученных от испытательных лабораторий на месте эксплуатации.

6) Система управления обеспечивает отслеживание заданных значений контуров управления с использованием распределенной системы управления, которая широко используется в обогащении полезных ископаемых.

Визуализация динамики технологического процесса, введение и мониторинг желаемых значений управляемых параметров (уставок), формирование отчетной документации о ходе технологического процесса обеспечиваются с помощью визуального интерфейса, который обеспечивает система SCADA «Citect» и серверная часть.

Наиболее распространенным способом реализации подобных систем является архитектура «клиент-сервер» [8]. Клиентами в данном случае могут выступать автоматизированные рабочие места (АРМ) специалистов, а именно АРМ технолога, АРМ операторов. Для реализации серверной части целесообразно использовать современные разработки с повышенными требованиями к защищенности от вредных воздействий и надежности хранения информации. Обмен информацией между распределенными элементами данной системы целесообразно осуществлять с помощью промышленных сетей CAN, Interbus, Profibus, Fipio, Modbus (Plus), Unitelway, Fipway, Ethway.

4. Выводы. Результаты испытаний и практической реализации системы децентрализованного оптимального управления технологическими процессами обогатительного

производства свидетельствуют об их высокой эффективности, что позволяет рекомендовать разработанные научно-технические решения для широкого промышленного использования на горных предприятиях.

Л и т е р а т у р а

1. XiaolingHuang, Yangang Chu, Yi Hu, Tianyou Chai. Production Process Management System for Production Indices Optimization of Mineral Processing / IFAC - Research Center of Automation, Northeastern University, Shenyang, P.R.China 110004, 2005.
2. Габасов Р. Оптимальное децентрализованное управление группой динамических объектов / Р. Габасов, Н. М. Дмитрук, Ф. М. Кириллова // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. – 2008. – том 48, номер 4. – С. 593–609.
3. Понтрягин Л.С., Болтынский В.Г., Гамкредидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1969. - 392 с.
4. Федоренко Р.П. Приближенное решение задач оптимального управления. М.: Наука, 1978. – 488 с.
5. Сронко В.А. Итерационные методы решения задач оптимального управления. М.: Физматлит, 2000. – 160 с.
6. Моркун В.С. Энергоэффективное автоматизированное управление процессом обогащения руды с распознаванием ее технологических разновидностей / В.С. Моркун, В. В. Тронь, С. А. Гончаров, Н. С. Подгородецкий. – Кривой Рог, 2014. – 326 с.
7. Моркун В.С. Оптимальное управление процессом обогащения железной руды / В. С. Моркун, Н. В. Моркун, В. В. Тронь. – LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland, 2015. – 310 с. 56.
8. Компьютерная программа сервера «Аппаратно-программного комплекса управления вертикально-интегрированными системами»: а.с. № 44532 Украина / Н.В. Моркун, О.И. Суворов, І.С. Григор'єв, О.В. Артюхов. – заявл. 03.07.2012.

R e f e r e n c e s

1. XiaolingHuang, Yangang Chu, Yi Hu, Tianyou Chai. Production Process Management System for Production Indices Optimization of Mineral Processing / IFAC - Research Center of Automation, Northeastern University, Shenyang, P.R.China 110004, 2005.
2. Gabasov R. Optimalnoe detsentralizovannoe upravlenie grupпой dinamicheskikh ob'ektov / R. Gabasov, N.M. Dmitruk, F.M. Kirillova // Zh. vyichisl. matem. i matem. fiz. – 2008. – tom 48, nomer 4. – С. 593–609.
3. Pontryagin L.S., Boltyanskiy V.G., Gamkrelidze R.V., Mischenko E.F. Matematicheskaya teoriya optimalnykh protsessov. M.: Nauka, 1969. - 392 p.

4. Fedorenko R.P. Priblizhennoe reshenie zadach optimalnogo upravleniya. M.: Nauka, 1978. – 488 p.
5. Sronko V.A. Iteratsionnyie metodyi resheniya zadach optimalnogo upravleniya. M.: Fizmatlit, 2000. – 160 p.
6. Morkun V.S. Energoeffektivnoe avtomatizirovannoe upravlenie protsessom obogascheniya rudyi s raspoznavaniem ee tehnologicheskikh raznovidnostey / V.S. Morkun, V.V. Tron, S.A. Goncharov, N.S. Podgorodetskiy. – Krivoy Rog, 2014. – 326 p.
7. Morkun V.S. Optimalnoe upravlenie protsessom obogascheniya zheleznoy rudyi / V.S. Morkun, N.V. Morkun, V.V. Tron. – LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland, 2015. – 310 p.
8. Server software «Hardware-software control complex of vertically-integrated systems: с.а. № 44532 Ukraine / N.V. Morkun, A.I. Suvorov, I.E. Grigor'Ev, A.V. Artyuhov. – заявл. 03.07.2012.

Моркун Н.В. Построение системы децентрализованного оптимального управления процессами обогатительного производства

В статье приведено описание общей структурной схемы прототипа автоматизированной системы управления обогащением, на основе использования принципов автоматизированного управления и алгоритмов оптимизации технологического процесса обогащения с учетом технологических разновидностей руды.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, оптимальная система; системная интеграция, проектирование систем управления.

Morkun N.V. Developing a system of decentralized optimal control of dressing production processes

The paper introduces the description of the overall block diagram of a dressing automated control system prototype, based on the use of automated control principles and algorithms for optimization of the dressing technology process, taking into account technological types of ore.

Keywords: automation control system, optimal systems; system integration, control engineering.

Моркун Наталья Владимировна – к.т.н., доцент, доцент кафедры экономической кибернетики и управления проектами, ГБУЗ «Криворожский национальный университет» (г. Кривой Рог).

Рецензент: д.т.н., профессор **Поркуян О.В.**

Статья подана 16.06.2016