

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на тему:

«РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ» представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D0700200 - «Автоматизация и управление» **КУЛАКОВА ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА**

Целью диссертационной работы является разработка интеллектуальной системы управления процессом гравитационного обогащения руды, которая обеспечит высокие технологические показатели обогащения.

Основная идея работы заключается в разработке интеллектуальной системы управления аппаратами гравитационного обогащения с учетом заданного технологического режима (максимальное извлечение, максимальное содержание), путем определения выходных переменных процесса с помощью интеллектуальных алгоритмов. Предлагаемая система способна к интеграции с существующими системами автоматизации обогатительных предприятий

Объект исследования. Объектом исследования являются два аппарата гравитационного обогащения – отсадочная машина сепараторного типа и центробежный концентратор.

Задачи исследования:

- исследование математических моделей процессов отсадки и центробежной сепарации;
- определение ключевых переменных процессов гравитационного обогащения;
- анализ существующего состояния управления процессами гравитационного обогащения;
- обработка экспертной информации и составление матриц полного факторного эксперимента на основе данных опроса экспертов–технологов;
- синтез интеллектуальных моделей (алгоритмов) управления;
- проверка адекватности разработанных моделей (алгоритмов);
- проведение испытаний алгоритмов в промышленных условиях;
- интеграция разработанных моделей (алгоритмов) управления в существующие системы управления.

Методы исследований. В ходе решения поставленных задач будут использованы: методы теории автоматического управления, математическое и компьютерное моделирование, теория матриц, математический аппарат оптимального управления, теория статистической обработки данных, методы обработки экспертной информации и искусственного интеллекта. В качестве инструментов моделирования применялись современные пакеты прикладных программ: Matlab, MathCad, Excel.

Тестирование синтезированных алгоритмов проводилось на отсадочной машине сепараторного типа alljig-G/F 2200 x 3000.

Основные положения (доказанные научные гипотезы и другие выводы, являющиеся новыми знаниями), выносимые на защиту:

- математическая модель движения частиц концентрата и пустой породы в гравитационном поле отсадочной машины сепараторного типа;
- методика обработки экспертной информации при формировании базы знаний (обучающей выборки);
- интеллектуальные модели управления гравитационными аппаратами обогащения;
- методика оценки адекватности полученных моделей (алгоритмов) с применением данных пассивного эксперимента.

Описание основных результатов исследования

- исследован технологический процесс гравитационного обогащения на современных аппаратах гравитационного обогащения, проанализированы особенности технологического процесса. Приведен обзор существующего состояния систем управления обогатительных предприятий;
- разработана модель движение частиц концентрата и пустой породы различных руд в отсадочной машине, которая позволяет моделировать движение частиц в зависимости от частоты пульсации;
- разработана иерархическая структура интеллектуальной системы управления, предусматривающей расчет оптимальных технологических режимов работы аппаратов гравитационного обогащения. Структура учитывает существующие средств автоматизации исследуемых аппаратов гравитационного обогащения. Разработанная система фактически представляет собой цифровой двойник оператора аппаратов гравитационного обогащения;
- предложена методика разработки обучающей выборки для интеллектуальных алгоритмов на основе глобальных приоритетов, которая позволяет выявить наиболее компетентных экспертов–технологов для создания базы знаний путем усреднения их мнений без потери достоверности информации;
- синтезированы интеллектуальные модели (алгоритмы) с применением нечеткой логики, нейронных и гибридных сетей, оценена адекватность полученных моделей управления;
- предложена методика проведения промышленных испытаний интеллектуальных моделей (алгоритмов) в ходе пассивного эксперимента, позволяющая оценивать корректность разработанных моделей управления (алгоритмов);
- разработаны мероприятия по интеграции интеллектуальных алгоритмов управления в существующие системы автоматизации предприятий, на примере исследуемых аппаратов гравитационного обогащения.

Обоснование новизны и важности полученных результатов

В условиях современной экономики и ухудшающейся экологии качественное обогащение существующего техногенного сырья и переработка добываемого может обеспечить не только повышение прибыли обогатительных предприятий, но и экологическую реабилитацию территорий, подверженных негативному воздействию объектов хозяйственной деятельности добывающей и горно-перерабатывающей промышленности. Качественный уровень технологического процесса обеспечивается системой управления. Учитывая многомерность и многосвязность процессов, протекающих в аппаратах гравитационного обогащения, разработать качественную систему управления на основе математического моделирования не представляется возможным. Применение интеллектуальных технологий в управлении аппаратами обогащения позволит повысить их производительность по товарному концентрату с максимизацией прибыли обогатительного производства и минимизацией негативного влияния техногенного сырья на окружающую среду.

Разработанные в диссертации методики формирования базы знаний (обучающей выборки) и проведения пассивного промышленного эксперимента позволяют упростить процедуру разработки интеллектуальных систем управления технологическими процессами и оценки адекватности моделей управления. Предложенные мероприятия по интеграции интеллектуальных систем управления в существующие системы автоматизации производства обеспечивают минимизацию финансовых затрат на внедрение данных систем в реальные производственные процессы.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам

В современном мире внедрение экономичных и экологических технологий обогащения руды является приоритетным. Требованиями в области рационального и комплексного использования недр и охраны недр в Республике Казахстан являются:

- обеспечение рационального и комплексного использования ресурсов недр на всех этапах проведения операций по недропользованию;
- предотвращение загрязнения недр при захоронении и складировании отходов горно-обогатительных предприятий.

Следовательно, возникает необходимость в комплексной переработке руды и минимизации отходов обогатительного производства. Гравитационное обогащение широко используется для переработке добываемого, техногенного сырья, руды тонких и мелких классов. Повышение технологических показателей технологического процесса возможно двумя способами:

- разработка новых технологий обогащения и конструкций обогатительных аппаратов;
- разработка эффективных систем управления.

Первый метод требует инвестиций в исследование и разработку новых технологий обогащения, а также колоссальных финансовых затрат на производство и испытание обогатительных аппаратов.

Второй метод позволяет использовать существующее технологическое оборудование промышленных предприятий. Важно отметить, что в целом, обогатительное производство Казахстана имеет высокий уровень автоматизации. В связи с этим актуально создание систем, использующих новые методы управления и способных к интеграции с имеющимися средствами автоматизации обогатительных предприятий.

Применение интеллектуальных технологий в системах управления аппаратами обогащения позволит повысить их технологические показатели обогащения с максимизацией прибыли обогатительного производства и минимизацией негативного влияния техногенного сырья на окружающую среду.

Диссертационная работа связана с исследованиями по разработке интеллектуальных алгоритмов управления процессами получения ангидрида фосфора (2018–2020 гг.) и текущим НИР АР08856867–ОТ–21 «Разработка и испытание интеллектуальных алгоритмов оптимального управления технологическим процессом очистки желтого фосфора в условиях НДСЗ» на 2020-2022 гг.

Описание вклада докторанта в подготовку каждой публикации

Личный вклад заключается в постановке цели и задач работы, проведении исследований, обработке и анализе результатов, формировании выводов, написании научных публикаций и тезисов докладов.

По теме исследования выполнено 11 публикаций, из них 3 статьи – в научных изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 1 статья опубликована в зарубежном издании, входящим в международную базу цитирования Scopus (Q3/28), 2 зарубежных совместных монографий, 1 статья опубликована в зарубежном издании.

Основные результаты исследования были представлены на международных научно-практических конференциях:

– IV Международная научно-практическая конференция «Интеграция научного сообщества перед глобальными проблемами современности», г. Саппоро, Япония, Февраль 2019;

– The 16th International Scientific Conference “Information Technologies and Management”. 2018 April 26-27, 2018, ISMA University, Riga, Latvia.

Проведены промышленные испытания интеллектуальных алгоритмов (моделей) на обогатительной фабрике ТОО «Восход-Хром».