



**ОТЗЫВ ЗАРУБЕЖНОГО НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА  
на диссертационную работу Кулаковой Елены Александровны,  
«Разработка интеллектуальной системы управления процессом  
гравитационного обогащения руды», представляемую на соискание  
ученой степени доктора PhD по специальности 6D070200 –  
«Автоматизация и управление»**

Гравитационное обогащение широко применяется для получения концентрата различных руд. В условиях экономического и экологического кризиса внедрение технологий оптимального управления данными процессами является одним из основных факторов, позволяющих повысить экологичность и экономичность технологических процессов. В результате качественного управления достигается значительное снижение трудовых и материальных затрат, повышение производительности, технологических показателей обогащения, снижается объем отходов производства, негативно влияющих на окружающую среду. В этой связи, актуален поиск методов управления гравитационными процессами руды, при этом необходимо учитывать, что данные процессы многомерные и многосвязные. Поэтому применение интеллектуальных методов управления в данном случае целесообразно и результативно.

В ходе выполнения диссертационной работы докторантом ставились следующие задачи:

- исследование математических моделей процессов отсадки и центробежной сепарации;
- определение ключевых переменных процессов гравитационного обогащения;
- анализ существующих систем управления на обогатительных предприятиях Казахстана;
- обработка экспертной информации и составление матриц ПФЭ на основе данных опроса экспертов–технологов;
- разработка интеллектуальных алгоритмов управления;
- создание моделей управления на основе нечеткой логики, нейронных и гибридных сетей;
- проверка адекватности разработанных алгоритмов;
- проведение испытаний алгоритмов в промышленных условиях;
- интеграция разработанных систем в существующие системы управления;

**Объектом исследования** являются два аппарата гравитационного обогащения – отсадочная машина сепараторного типа и центробежный концентратор. Поставленные задачи решались методами проведения теоретических и практических исследований. Были использованы принципы теории автоматического управления, методы обработки данных, физические формулы по расчёту движения частиц в гравитационном поле, методы математического и компьютерного моделирования, теории статистической обработки данных, методы обработки экспертной информации, искусственного интеллекта, нечетких множеств и нейронных сетей.

Научная новизна исследования и практическая значимость заключается в следующем:

- разработана и исследована модель движения частиц концентрата и пустой породы в отсадочной машине сепараторного типа;

- разработаны интеллектуальные алгоритмы для различных режимов работы аппаратов гравитационного обогащения (максимальное извлечение, максимальное содержание);
- предложен метод оценки адекватности полученных алгоритмов с применением данных пассивного эксперимента.

Разработанная интеллектуальная система управления процессами гравитационного обогащения руды позволит снизить затраты материальных и энергетических ресурсов производства, повысить качество готового концентрата и снизить экологические последствия применяемых технологий.

**Результаты диссертационного исследования и их обоснованность.** По результатам выполнения диссертации проведено исследование процессов гравитационного обогащения в технологических аппаратах, на базе теоретических и практических навыков экспертов разработаны базы данных режимов работы оборудования, интеллектуальные алгоритмы управления гравитационными аппаратами в режиме максимального извлечения и режиме максимального содержания. Разработанные модели (алгоритмы) прошли ряд испытаний, включая промышленные, которые показали их применимость в системах управления гравитационными процессами обогащения руд.

По результатам исследования опубликовано 11 печатных работ. Из них – 2 тезиса докладов и 2 публикации на международных конференциях, 3 публикации в изданиях, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования МОН РК, 1 статья опубликована в зарубежных изданиях, входящих в международную базу цитируемости Scopus, 2 совместных монографии, 1 статья в зарубежных изданиях.

В процессе работы над диссертацией Кулакова Елена Александровна сумела в полной мере проявить свои способности к научно-исследовательской работе. Успешному решению задач, поставленных перед диссертантом, способствовали умелое использование научных подходов и глубокое понимание особенностей технологического процесса гравитационного обогащения руды. Как зарубежный научный консультант, я удовлетворён общим результатом работы. Считаю, что диссертационная работа «Разработка интеллектуальной системы управления процессом гравитационного обогащения руды» выполнена на должном научном и инженерном уровне, а Кулакова Е.А. заслуживает присвоения ученого звания доктора PhD по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление».

Зарубежный научный консультант,  
Доктор технических наук (Ph.D., D.Sc., Eng.)

Andrzej Smolarz



POLITECHNIKA LUBELSKA  
Katedra Elektroniki i Technik Informatycznych  
ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin  
tel. 81 538 43 09, fax 81 538 43 12