

**Письменный отзыв официального рецензента
на диссертационную работу
Кулаковой Елены Александровны**

**на тему «Разработка интеллектуальной системы управления процессом гравитационного обогащения руды»,
представленную на соискание степени доктора PhD по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление»**

| №п/п | Критерии | Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа) | Обоснование позиции официального рецензента |
|------|--|--|--|
| 1. | Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам | <p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки и/или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p> | <p>Тема рецензируемой диссертации соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан: «Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции».</p> |
| 2. | Важность для науки | <p>Работа <u>вносит</u>/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта</p> | <p>Работа вносит существенный вклад в теорию и практику управления технологическими процессами гравитационного обогащения руд с применением технологий интеллектуальных систем. Значительный научный интерес в представленной диссертационной работе заключается в новом подходе к синтезу интеллектуальных моделей управления производственными технологическими процессами. Важность работы, заключается в том, что разработанная интеллектуальная система управления способна учитывать реальные технологические режимы аппаратов гравитационного</p> |

| | | |
|----|------------------------------|--|
| | | <p>обогащения и обеспечивать высокие технико-экономические показатели обогатительных процессов. Предложенная методика проведения промышленного эксперимента, позволяет тестировать системы управления в ходе пассивного эксперимента. Важность работы хорошо раскрыта во введении, главах 2 и 3.</p> <p>В качестве замечания отметим следующее: В работе приводится подробное описание процессов и аппаратов гравитационного обогащения, данная информация представляет практический интерес, но в рамках диссертационной работы можно было бы сократить её объём.</p> |
| 3. | Принцип самостоятельности и | <p>Диссертационная работа Кулаковой Е.А. представляет новое, самостоятельное и имеющее практическую и научную значимость исследование, свидетельствующее о высоком уровне самостоятельности автора диссертации.</p> <p>В работе использованы новые подходы к моделированию процесса отсадки, формированию базы знаний, оценки адекватности моделей управления.</p> |
| 4. | Принцип внутреннего единства | <p>Диссертационная работа Кулаковой Е.А. представляет новое, самостоятельное и имеющее практическую и научную значимость исследование, свидетельствующее о высоком уровне самостоятельности автора диссертации.</p> <p>В работе использованы новые подходы к моделированию процесса отсадки, формированию базы знаний, оценки адекватности моделей управления.</p> |
| | | <p>Актуальность диссертации заключается в применении новых эффективных подходов к управлению важными для экономики Республики процессами гравитационного обогащения руды, которые позволят повысить технологические показатели производства и уменьшить негативное влияние на экологию.</p> |
| | | <p>Содержание диссертации в полном объеме отражает цель и задачи исследования.</p> |
| | | <p>Поставленные в диссертационной работе цель и задачи исследования полностью соответствуют теме диссертации и раскрывают ее содержание.</p> |

| | | | |
|-----------|--|--|---|
| | | <p>3) не соответствуют</p> | |
| | <p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует</p> | <p>Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения. В разделе введения автор описывает актуальность исследования, поставленные задачи, новизну. В дальнейших разделах автор описывает теоретические основы гравитационных процессов и аппаратов, современное состояние управления упомянутыми объектами. В отдельные разделы автор выделяет процесс синтеза моделей управления, описание оценки адекватности синтезированных моделей, и мероприятия по интеграции предложенной интеллектуальной системы в действующую систему автоматизации предприятий. В целом, рецензируемая диссертационная работа обладает внутренним единством полученных результатов и взаимосвязанностью по исследуемым вопросам.</p> <p>В качестве замечания целесообразно отметить следующее: в диссертации разработана модель движения частиц концентрата и пустой породы в гравитационном поле отсадочной машины, по которой автору следовало бы подробнее описать то, как данная модель используется в интеллектуальной системе управления процессом гравитационного обогащения руды.</p> | |
| | <p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u>; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</p> | <p>В работе приведен подробный анализ существующих систем управления процессами гравитационного обогащения, с выделением всех достоинств и недостатков, обоснована целесообразность применения интеллектуальных методов управления в связи с многомерностью и многогосвязностью управляемых объектов. Обоснована эффективность разработанной системы в ходе тестирования моделей управления.</p> | |
| <p>5.</p> | <p>Принцип научной новизны</p> | <p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> | <p>Научная новизна и практическая значимость результатов исследований данной диссертационной работы принципиально</p> |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) <u>не новые</u> (новыми являются менее 25%)</p> | <p>отмечены в части:</p> <ul style="list-style-type: none"> - синтеза математической модели движения частиц в аппаратах гравитационного обогащения; - разработки интеллектуальной системы управления процессом гравитационного обогащения руды; - обработки экспертной информации, которая упрощает процесс получения достоверной базы знаний для создания интеллектуальных моделей; - синтеза и исследования интеллектуальных алгоритмов для режимов управления обогажительными аппаратами (максимальное извлечение, максимальная концентрация) для повышения эффективности процесса гравитационного обогащения руды; - проведения промышленного эксперимента в реальных производственных условиях. <p>Новизна полученных результатов стала основанием для публикации результатов работы в рейтинговых журналах, включая международные научные издания, имеющие импакт-фактор и включенные в информационную базу данных Scopus.</p> <p>В качестве замечания отметим следующее: этапы проведения промышленного эксперимента, согласно методике, разработанной соискателем следовало бы оформить в виде схемы.</p> | |
| <p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) <u>не новые</u> (новыми являются менее 25%)</p> | <p>Результаты и выводы диссертационной работы Кулаковой Е.А. базируются на большом экспериментальном и теоретическом материале. Выводы и полученные научные результаты представляют новый материал, доказательно подтвержденный результатами детального анализа экспериментальных данных, полученных с реальных производственных объектов.</p> | | |
| <p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> | <p>Результатом представленной диссертационной работы является интеллектуальная система управления, которая может быть использована как экспертная система при определении ключевых переменных процесса обогащения в гравитационных</p> | | |

| | | | |
|----|---|--|--|
| | | <p>2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%); 3) <u>не новые</u> (новыми являются менее 25%)</p> | <p>аппаратах, как тренажер для обучения технологического персонала, и может быть интегрирована в существующую систему автоматизации обогатительного предприятия.</p> <p>Выводы, приведенные в заключении сделаны на основе проведенных теоретических исследований, компьютерного моделирования, экспериментальных результатов и промышленных испытаний. Они полностью подтвердили положения диссертационной работы.</p> |
| 6. | Обоснованность основных выводов | <p>Все основные выводы <u>основаны</u>/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p> | <p>Представленные основные положения, выносимые на защиту доказаны экспериментально и подтверждены результатами выполненных теоретических и опытно-промышленных экспериментов.</p> <p>Элементы тривиальности в данной диссертационной работе отсутствуют. Все найденные закономерности и особенности изученных процессов рассматривались не упрощенно, а с позиции современных знаний в области автоматизации и управления.</p> <p>Положения, выносимые на защиту, диссертанткой являются новыми, так как ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не описаны в литературе.</p> <p>Положения, выносимые на защиту имеют широкий уровень применения, так как могут быть использованы для синтеза интеллектуальных систем и оценки адекватности моделей управления для различных производственных процессов.</p> <p>Разработанная модель движения частиц концентрата и пустой породы может быть применена для исследования поведения частиц руды, повергающихся процессу отсадки.</p> <p>По результатам диссертационных исследований опубликованы 11 статей, из них 1 в наукометрической базе в Scopus с процентилем 28% Q3, 3 статьи в изданиях рекомендуемых ККСОН, 4 статьи в международных научных конференциях, 2 материала в совместных монографиях по вопросам энерго и ресурсосберегающим технологиям переработки минерального сырья, 1 публикация в иностранном издании (Польша).</p> |
| 7. | Основные положения, выносимые на защиту | <p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u>; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) <u>узкий</u>; 2) <u>средний</u>; 3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p> | <p>Представленные основные положения, выносимые на защиту доказаны экспериментально и подтверждены результатами выполненных теоретических и опытно-промышленных экспериментов.</p> <p>Элементы тривиальности в данной диссертационной работе отсутствуют. Все найденные закономерности и особенности изученных процессов рассматривались не упрощенно, а с позиции современных знаний в области автоматизации и управления.</p> <p>Положения, выносимые на защиту, диссертанткой являются новыми, так как ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не описаны в литературе.</p> <p>Положения, выносимые на защиту имеют широкий уровень применения, так как могут быть использованы для синтеза интеллектуальных систем и оценки адекватности моделей управления для различных производственных процессов.</p> <p>Разработанная модель движения частиц концентрата и пустой породы может быть применена для исследования поведения частиц руды, повергающихся процессу отсадки.</p> <p>По результатам диссертационных исследований опубликованы 11 статей, из них 1 в наукометрической базе в Scopus с процентилем 28% Q3, 3 статьи в изданиях рекомендуемых ККСОН, 4 статьи в международных научных конференциях, 2 материала в совместных монографиях по вопросам энерго и ресурсосберегающим технологиям переработки минерального сырья, 1 публикация в иностранном издании (Польша).</p> |

| | | | |
|----|---|---|---|
| 8. | Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации | <p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) да; 2) нет</p> | <p>Выбор методологии создания диссертантом автоматизированной интеллектуальной системы управления объектами гравитационного обогащения обоснован и сделан на основании литературного анализа технологии гравитационного обогащения различных руд, с использованием технологических регламентов и руководств по эксплуатации оборудования, а также анализа вариантов применяемых интеллектуальных моделей. Приведены полное описание метода применения интеллектуальных технологий в управлении вышележащими обогатительными процессами с использованием нечеткой логики, нейронных и гибридных сетей и сравнительный анализ их применения в рецензируемой диссертационной работе.</p> |
| | | <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) да; 2) нет</p> | <p>Для реализации поставленных целей и задач исследования в работе в качестве среды моделирования был выбран MATLAB (Matrix Laboratory) с такими приложениями как Simulink, Fuzzy Logic Toolbox, Deep Learning Toolbox.</p> <p>Для проведения производственных испытаний интеллектуальных моделей управления, интеграции ПО Matlab и ПО ПЛК Siemens S-7 300 использовалась OPC технология.</p> |
| | | <p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) да; 2) нет</p> | <p>В диссертационной работе в полной мере обоснованы теоретические выводы, модели управления, разработанные в ходе проведения исследования. Разработанные модели (алгоритмы) управления прошли процедуру проверки адекватности с использованием методов математической статистики, проверены в ходе промышленного эксперимента, с проведением тестирования в промышленных условиях ТОО «Восход-Хром», которые показали вполне удовлетворительные результаты, что подтверждается Актом.</p> |
| | | <p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p> | <p>Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p> |
| | | <p>8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора</p> | <p>Список литературных источников диссертации насчитывает 74 научных работы, в том числе для литературного обзора 46,</p> |

| | | | |
|---|-------------------------------|--|--|
| 9 | Принцип практической ценности | <p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет</p> | <p>которых достаточно для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации. Стоит отметить, что использованы работы, которые касаются не только гравитационного обогащения хромитовых руд, но и руд цветных металлов.</p> <p>В диссертационной работе проведен детальный анализ гравитационного процесса в аппаратах обогащения с точки зрения физических закономерностей, разработана модель движения частиц концентрата и пустой породы в отсадочной машине.</p> <p>Представленная в диссертационной работе методика разработки базы знаний с учетом глобальных приоритетов экспертов позволит избежать излишних вычислительных операций без потери достоверности информации.</p> <p>Методика проведения промышленного эксперимента, используемая в данной диссертационной работе, дает качественно новый подход к оценке адекватности моделей (алгоритмов управления)</p> |
| | | <p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет</p> | <p>Республика Казахстан занимает лидирующее место в мире по рудным полезным ископаемым, в частности первое место по разведанным запасам хрома. Согласно требованиям в области рациональной добычи и переработки, необходимо развивать технологии, способные обеспечить максимальное извлечение полезного компонента не только с точки зрения экономической выгоды, но и предотвращения загрязнения окружающей среды отходами обогатительного производства. Процессы гравитационного обогащения являются основными при переработке руд мелких классов, а также вторичного рудного сырья. Как показано в приведенной диссертационной работе, применение новых методов управления этими процессами позволяет повысить технологические показатели обогащения и уменьшить негативное влияние на экологию. В связи с этим, тематика создания интеллектуальных систем управления процессами гравитационного обогащения руды актуальна для обогатительных предприятий.</p> |

| | | |
|-----|--|--|
| | <p>9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p> | <p>В настоящее время аппараты гравитационного обогащения оснащены системами автоматизации, но принятие основных управленческих решений возложено на человека, что связано со сложным характером данных обогатительных объектов. В результате чего добиться стабильных максимальных показателей обогащения достаточно сложно. Практическая значимость разработанной интеллектуальной системы управления связана с достижением за счет неё эффективных показателей работы аппаратов гравитационного обогащения, уменьшая при этом влияние человеческого фактора.</p> |
| 10. | <p>Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p> | <p>Диссертация написана грамотным научно-техническим, доступным для читателя языком. Стиль изложения лаконичный. Формулировки основных положений и выводов носят логичный, законченный характер.</p> <p>В работе имеются незначительное количество грамматических и стилистических ошибок.</p> |

Заключение.

Указанные замечания не снижают в целом положительной оценки диссертационной работы. Считаю, что рецензируемая диссертационная работа Кулаковой Елены Александровны, тема: «Разработка интеллектуальной системы управления процессом гравитационного обогащения руды» по своей актуальности, научной новизне, важности для теории и практики, объёму экспериментальных исследований полностью соответствует требованиям, которые предъявляются к диссертациям на соискание степеней PhD Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, а ее автор Кулакова Елена Александровна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070200 - «Автоматизация и управление».

Рецензент: д.т.н., генеральный директор
ТОО «Системотехника»



Топоров Виктор Иванович