

**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	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) <u>Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</u>	Тема диссертации соответствует приоритетному направлению развития науки. утвержденным Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан: «Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции».
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит/не вносит</u> существенный вклад в науку. а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	Работа направлена на решение проблем управления процессами гравитационного обогащения, тем самым вносит вклад в теорию и практику управления данными процессами. Применение интеллектуальных технологий в управлении технологическими процессами является важным и актуальным направлением. Важность работы, заключающаяся в том, что разработанная интеллектуальная система управления синтезирована с учетом технологических режимов аппаратов гравитационного

		<p>обогащения, которые позволяют получать концентрат заданного количества или качества согласно заданию технологического персонала. Важность работы хорошо раскрыта во введении, главах 2 и 3.</p>	
3.	<p>Принцип самостоятельности и</p>	<p>Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u>; 2) <u>Средний</u>; 3) <u>Низкий</u>; 4) Самостоятельности нет</p>	<p>Детальный анализ диссертационной работы Кулаковой Е.А. позволяет сделать вывод, что соискатель обладает способностью глубокого анализа предметной области, самостоятельностью в решении теоретических и практических задач, поставленных в ходе исследования. Синтез интеллектуальной системы управления выполнен с учетом потребностей обогатительного производства.</p>
4.	<p>Принцип внутреннего единства</p>	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u>; 2) <u>Частично обоснована</u>; 3) <u>Не обоснована</u>.</p>	<p>Актуальность диссертации заключается в том, что соискатель рассматривает применение интеллектуальных технологий в управлении гравитационным обогащением руды. В рамках программы Индустрия 4.0 это является весьма значимым и позволят развивать направления автоматизации и управления промышленными предприятиями Казахстана с использованием искусственного интеллекта.</p>
	<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u>; 2) <u>Частично отражает</u>; 3) <u>Не отражает</u></p>	<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u>; 2) <u>частично соответствуют</u>; 3) <u>не соответствуют</u></p>	<p>Содержание диссертации в полном объеме отражает цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка интеллектуальной системы управления. способной обеспечить высокие технологические показатели процесса, что соответствует теме диссертации.</p>
	<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>;</p>		<p>В работе соблюдена логическая последовательность изложения материала. Во введении обоснована актуальность исследования, в разделах 1. 2 проведен детальный анализ</p>

<p>процессов и аппаратов гравитационного обогащения, представлена модель для исследования движения частиц концентрата и пустой породы в отсадочной машине, выделены ключевые переменные процесса обогащения, в 3 разделе описана разработка интеллектуальной системы, в 4 разделе приведена оценка адекватности разработанных моделей управления, произведено сравнение, выбраны модели с наилучшими показателями, проведено их тестирование на производственном объекте. В 5 разделе приведены мероприятия по интеграции интеллектуальной системы в существующие системы автоматизации предприятий</p> <p>Вывод, работа обладает внутренним единством полученных результатов и взаимосвязанностью по исследуемым вопросам.</p>	<p>2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует</p>		
<p>В первом и втором разделе диссертационной работы соискателем проведен подробный анализ математических моделей процессов гравитационного обогащения и существующих систем автоматизации. Так как процессы многомерные и многоосевные предлагается использовать интеллектуальный подход к синтезу системы управления, не требующий построение математической модели объекта.</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>Основные научные результаты и положения включают следующее: - синтез математической модели движения частиц в аппаратах гравитационного обогащения; - методика обработки экспертной информации, которая упрощает процесс получения достоверной базы знаний для создания интеллектуальных моделей; - синтез и исследования интеллектуальных алгоритмов для режимов управления обогащения аппаратами (максимальное извлечение, максимальная концентрация) для повышения эффективности процесса гравитационного обогащения руды; - проведении промышленного эксперимента в реальных</p>	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Принцип научной новизны</p>	<p>5.</p>

			<p>производственных условиях. 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>5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Выводы, полученные в ходе диссертационного исследования являются новыми, так как основываются на комплексе собственных теоретических исследований, компьютерном моделировании и тестировании в реальных промышленных условиях.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u>; 2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u>; 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>С учетом того, что аппараты гравитационного обогащения оснащены системами автоматизации, а разработанная интеллектуальная система будет интегрирована в нее, технические, технологические, экономические или управленческие решения являются частично новыми. Но кроме того, данная система может быть использована самостоятельно, как экспертная система при определении ключевых переменных процесса обогащения в гравитационных аппаратах. в этом случае решение является полностью новым, аналогов на предприятиях Казахстана нет. Соискателю следовало бы подробнее описать функционал разработанной системы в качестве советника и тренажера для технологического персонала.</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>Выводы, приведенные в заключении сделаны на основе проведенных теоретических исследований, компьютерном моделировании, экспериментальных результатах и промышленных испытаний. Они полностью подтвердили положения диссертационной разработки.</p>
7.	Основные положения, выносимые на	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение?</p>	<p>7.1 Выносимые на защиту положения, доказаны экспериментально и подтверждены результатами выполненных теоретических и опытно-промышленных экспериментов.</p>

защиту	<p>1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет</p>	<p>7.2 Положения не являются тривиальными, так как содержат решения, отличающиеся научной новизной и практической значимостью.</p> <p>7.3 Положения, выносимые на защиту, диссертанткой являются новыми, так как ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не описаны в литературе.</p> <p>7.4 В целом, положения, выносимые на защиту имеют широкий уровень применения, так как разработанная модель движения частиц концентрата и пустой породы может быть применена для исследования поведения частиц руды, подвергающихся процессу отсадки.</p> <p>Методика обработки экспертной информации применима для получения достоверной базы знаний для синтеза любых интеллектуальных алгоритмов.</p> <p>Методика оценки адекватности моделей управления может быть применена абсолютно к любым моделям управления, не только интеллектуальным.</p> <p>Нужно заметить, что только синтезированные модели управления предназначены для конкретных аппаратов обогащения, уровень узкий. При этом подходы к интеллектуальному управлению могут быть использованы для различных технологических процессов.</p> <p>7.5 По результатам 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.	<p>Принцип достоверности Достоверность источников и представляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да; 2) нет</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет</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): 1) да; 2) нет</p> <p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p> <p>8.5 Использованные источники литературы достаточно/не достаточно для литературного обзора</p>	<p>В работе использованы современные подходы к синтезу интеллектуальных моделей управления, программное обеспечение Matlab, учтены технологические регламенты и руководства по эксплуатации оборудования.</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. Для проведения производственных испытаний интеллектуальных моделей управления, интеграция ПО Matlab и ПО ПЛК Siemens S-7 300 использовалась OPC технология.</p> <p>Теоретические выводы обоснованы. Синтезированные модели (алгоритмы) управления прошли трехэтапную процедуру проверки: оценку адекватности с использованием методов математической статистики, проверку в ходе промышленного эксперимента, тестирование в промышленных условиях ТОО «Восход-Хром».</p> <p>Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p> <p>Список литературных источников диссертации насчитывает 74 научных работы, в том числе для литературного обзора 46, которых достаточно для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации.</p>
9	<p>Принцип практической ценности</p>	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет</p>	<p>В исследовательской работе отдельное внимание уделено анализу гравитационных процессов в аппаратах обогащения с точки зрения физических закономерностей, разработана модель движения частиц концентрата и пустой породы в</p>

<p>отсадочной машине. Предложенные методики разработки базы знаний и проведения промышленного эксперимента дополняют теорию синтеза интеллектуальных систем.</p>		
<p>Разработанная интеллектуальная система управления имеет большое практическое значение, так как может быть интегрирована в существующие системы автоматизации таких аппаратов гравитационного обогащения, как отсадочная машина Alljig и концентратора Falcon C 1000 при обогащении хрома. В качестве предложения по совершенствованию моделей управления можно рекомендовать введение выходной переменной, которая идентифицировала бы нарушение технологии обогащения. 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.</p>	<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	
<p>При управлении процессов гравитационного обогащения используются классические подходы. Комплексного системного интеллектуального подхода, с учетом режимов обогащения, в литературе и на действующих обогащательных предприятиях Казахстана и ближнего зарубежья не обнаружено. Следовательно, можно сделать вывод, что система, разработанная соискателем, является новым предложением для решения задач управления процессом гравитационного обогащения. В качестве замечания можно указать следующее – следовало бы выделить этапы разработки интеллектуальной системы управления в виде схемы, как универсальный подход к синтезу</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>	

			систем управления технологическими процессами с использованием интеллектуальных технологий.
10.	<p>Качество академического письма:</p> <p>1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	Качество написана грамотным научно-техническим языком, доступным профессионально-техническим стилем. Формулировки основных положений и выводов носят логичный, законченный характер. В работе имеются незначительные стилистические ошибки. Имеются незначительные замечания по оформлению.	Диссертация написана грамотным научно-техническим языком, доступным профессионально-техническим стилем. Формулировки основных положений и выводов носят логичный, законченный характер. В работе имеются незначительные стилистические ошибки. Имеются незначительные замечания по оформлению.

Заключение.

Диссертация Кулаковой Е.А., несмотря на указанные замечания, представляет собой качественную научно-исследовательскую работу. Поставленные задачи решены на высоком техническом уровне. Замечания не носят принципиального характера, не уменьшают научной и практической значимости работы. 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, кандидат технических наук,
Заведующий кафедрой Автоматизация и управление
НАО «АУЭС им. Г. Даукеева»

Федоренко Игорь Анатольевич

