

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента **Вильмиса Александра Леонидовича** на диссертацию **Смоленского Максима Павловича** на тему: «Обоснование параметров транспортирующих устройств комплекса для подводной добычи железомарганцевых конкреций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Смоленского М.П. посвящена решению важной научно-технической проблемы, связанной с освоением глубоководных минеральных ресурсов Мирового океана, в частности железомарганцевых конкреций (ЖМК). Актуальность темы обусловлена растущим спросом на стратегические металлы (никель, кобальт, медь, марганец) и необходимостью разработки экологически безопасных технологий добычи, минимизирующих воздействие на морские экосистемы. Предложенный автором подход к использованию шагающих подводных аппаратов и канатных систем подъема соответствует современным тенденциям в области глубоководной добычи и требованиям международных экологических стандартов.

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их новизна

Выводы и положения диссертации основываются на результатах теоретических расчётов, экспериментальных исследований и математического моделирования. Автор использовал апробированные методики, современное программное обеспечение (КОМПАС, АРМ FEM) и провёл натурные эксперименты на специализированном стенде. Достоверность результатов подтверждается сходимостью теоретических и экспериментальных данных, а также корректным применением методов статистической обработки.

Научной новизной диссертации можно считать:

1. Разработан алгоритм перемещения подводного спредера шагающего типа с использованием рукоятей-манипуляторов в условиях глубоководной добычи.
2. Обосновано применение арамидного кабель-троса для спускоподъёмных операций с учётом динамических нагрузок.
3. Теоретически обоснован и экспериментально подтверждён коэффициент гидродинамического сопротивления формы рукоятей-манипуляторов шагающего аппарата и установлено оптимальное миделевое сечение конструкции рукоятей, обеспечивающее снижение сопротивления при движении в воде.
4. Предложена методология расчёта производительности комплекса с учётом плотности распределения конкреций и способа смены участка добычи.

3. Научные результаты, их ценность

1. Алгоритм перемещения ПС с шестью лапами-манипуляторами позволил достичь минимального времени цикла шагания — 10,07 секунды, благодаря использованию конструктивных элементов с оптимальной гидродинамической формой и коэффициентом сопротивления 0,45. Это значительно повышает мобильность и производительность системы при смене участка добычи.

2. Проведённый сравнительный анализ различных типов подъёмных систем и придонных сборщиков показал преимущество решений с использованием кабель-троса и перемещающегося ПС. Такой выбор обоснован с помощью круговых диаграмм, позволяющих визуально оценить эффективность рассматриваемых вариантов.

3. Технические расчёты, проведённые при проектировании винтового движителя порталной рамы, обеспечили точное позиционирование поднимаемого бункера с расчётным упором винта 565 Н. В результате динамического анализа кабель-троса определены ключевые параметры: выбор арамидной основы, диаметр до 0,06 м и предельное разрывное усилие до 2000 кН при рабочей нагрузке до 1000 кН.

4. Для подтверждения теоретических выводов был создан экспериментальный стенд. Исследования гидродинамического сопротивления

различных вариантов лап-манипуляторов позволили определить оптимальную форму — эллипсоидное сечение с отверстиями — для применения в опытном образце ПС.

В результате исследования сформированы и обоснованы научно-технические решения, направленные на создание эффективного глубоководного комплекса для добычи ЖМК. На основе анализа отечественного и зарубежного опыта в области морской добычи предложена оригинальная конструкция комплекса, включающая судно-носитель, кабель-тросовую систему подъема, автономную станцию с мини-роботами-сборщиками и подводный спредер, перемещающийся с помощью лап-манипуляторов. Разработанные конструкции защищены патентами.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получен патент РФ на изобретение.

Основные положения и результаты работы докладывались на семинарах и конференциях: V Всероссийская научно-практическая конференция НИЦ МС «Научный потенциал молодежи и технический прогресс» (2022г), XI форум вузов инженерно-технологического профиля Союзного Государства БНТУ (2022г), Международная конференция «Полезные ископаемые Мирового океана» ФГБУ «ВНИИОкеангеология» (2023г, 2024г), XXII Международная научно-техническая конференция Чтения памяти В.Р. Кубачека ФГБОУ «УГГУ» (2024г).

4. Теоретическая и практическая значимость диссертации

Полученные в диссертационном исследовании теоретические положения вносят вклад в развитие методов проектирования глубоководных добычных комплексов. Разработанные алгоритмы определения параметров оборудования, включая шагающий механизм и кабель-тросовую транспортную систему, а также модели оценки производительности при различных условиях залегания

железомарганцевых конкреций, расширяют научное представление о функционировании подводных горных систем.

Практическая значимость работы подтверждается созданием и патентованием технических решений, направленных на повышение эффективности добычи твёрдых полезных ископаемых без активного воздействия на придонную область. Предложенные конструктивные решения, такие как автономные модули сбора и системы локальной транспортировки обладают высоким потенциалом для внедрения в реальные проекты и опытные образцы глубоководных комплексов.

5. Оценка содержания диссертации и автореферата диссертации

Рецензируемая диссертационная работа изложена на 141 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4-х глав, основных выводов и рекомендаций, списка литературы из 125 источников, перечня условных обозначений и 3 приложений, содержит 47 рисунков и 20 таблиц.

Анализ содержания диссертации показал, что материалы её различных разделов логично увязаны и посвящены последовательному раскрытию вопросов решения поставленной цели работы. Диссертация и автореферат написаны логично, с корректным использованием научно-технической терминологии. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации.

Работа может быть квалифицирована как самостоятельное законченное научно-квалифицированное исследование, соответствующие паспорту специальности 2.8.8. – Геотехнология, горные машины

Как отмечалось ранее, изложение материалов диссертации нареканий не вызывают, однако по структуре и стилю изложения материала имеются замечания.

6. Замечания и вопросы по диссертации

1. В первой главе указаны недостатки применения гидротранспортной системы сбора и подъема конкреций с применением эрлифтов, промежуточных капсул, грунтозаборного устройства. Идет речь о трудности изготовления трубопровода для глубины залегания ЖМК, однако не

приводится сравнение производительности гидротранспортного способа добычи и предлагаемого автором.

2. В диссертационной работе не указываются возможные технические средства рудоподготовки и обогащения, существующие или разрабатываемые на сегодняшний день.

3. Не рассмотрены риски эксплуатации канатной системы в условиях реального морского волнения, течений и возможных механических повреждений.

4. Слабо освещены вопросы энергоэффективности комплекса, особенно в части энергопотребления шагающего спредера и системы подруливающих устройств.

5. Требуется уточнение масштабирования экспериментальных данных на натурные условия. Не полностью обосновано предположение о равенстве чисел Рейнольдса для модели и натурального объекта.

Отмеченные недостатки не снижают важности основных результатов диссертации и не влияют на положительную оценку всей диссертационной работы.

Заключение

Диссертация «Обоснование параметров транспортирующих устройств комплекса для подводной добычи железомарганцевых конкреций», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. – Геотехнология, горные машины полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Смоленский Максим Павлович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. – Геотехнология, горные машины.

Официальный оппонент
д.т.н., доцент, исполняющий обязанности
заведующего кафедрой геотехнологических
способов и физических процессов
горного производства
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Российский государственный
геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе»,



**Вильмис Александр
Леонидович**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский Государственный Геологоразведочный
Университет имени Серго Орджоникидзе»

Почтовый адрес: 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23

Официальный сайт в сети Интернет: www.mgri.ru

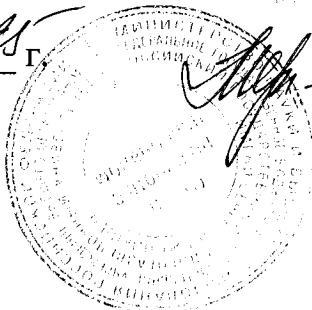
e-mail: office@mgri.ru

Телефон: +7(495)433-62-56

Подпись д.т.н., доцента, исполняющего обязанности заведующего кафедры
геотехнологических способов и физических процессов горного производства
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе» Вильмиса Александра Леонидовича
заверяю.

«24» 08 2025 г.

М.П.



И.О. Фамилия
/ И.О. Фамилия