

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Транспортно-технологических процессов и машин» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Александрова Виктора Ивановича на диссертационную работу Вильмиса Александра Леонидовича на тему: «Обоснование технологии глубоководного гидродождения железомарганцевых конкреций загрузочными аппаратами с минимальным негативным воздействием на окружающую среду», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

1 АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Россия на основе долгосрочных контрактов, заключенных с Международным органом по морскому дну (МОМД), имеет исключительное право на разведку и дальнейшее освоение твердых полезных ископаемых (ТПИ) на международных глубоководных участках Мирового океана. В конце 1990-х годов Россией разработана государственная политика, связанная с морским и океаническим пространством деятельности, которая постоянно обновляется.

В одном из последних документов, (распоряжение Правительства РФ от 30 августа 2019 г. № 1930-р «О Стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 года») сформулированы проблемы сдерживающие освоение ТПИ Мирового океана – недостаточно развитая отечественная научно-техническая база разработок новых методов и средств поиска, разведки и добычи полезных ископаемых; отсутствие в законодательстве Российской Федерации нормативно-правового регулирования добычи полезных ископаемых Международного района морского дна. Поставлены приоритеты развития морской деятельности России, которые должны обеспечить: исследовательские работы по определению возможностей использования твердых полезных ископаемых в международном районе морского дна для расширения минерально-сырьевой базы Российской Федерации, а также экологическую безопасность морской среды, обновление и развитие научно-исследовательского флота.

Диссертационная работа Вильмиса Александра Леонидовича посвящена решению актуальной научной проблемы, направленной на создание технологии и технических средств для освоения глубоководных участков месторождений твердых полезных ископаемых Мирового океана, являющихся резервом горнодобывающей промышленности и расширению

минерально-сырьевой базы Российской Федерации существенно дополняющий баланс полезных ископаемых на континенте.

2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Целью диссертационной работы Вильмиса А.Л. является обоснование освоения месторождений железомарганцевых конкреций на основе разработки энергосберегающей и экологически безопасной технологии глубоководного гидроподъема загрузочными аппаратами с использованием кинетической энергии коаксиально-закрученных струй жидкости.

Для решения поставленной задачи автор обосновывает применение полифункционального гидротранспортного комплекса, включающего совместную работу загрузочного аппарата, формирующего высококонцентрированную гидросмесь транспортируемую на плавсредство по вертикальному трубопроводу, а также пульсационную колонну, сепарирующую шламовые частицы с укладкой их в выработанное пространство.

Новизна способа подтверждена патентом РФ № 2558594 от 10.08.2015 г.

На основе анализа технических средств и способов гидравлического подъема автор систематизирует их и дополняет технологической схемой с предложенным комплексом (рис.1.10).

При этом дается краткий анализ грунтонасосного и эрлифтного способов для глубоководного гидроподъема, не затрагивая другие, и подробно останавливается на особенностях применения системы загрузочный аппарат-пульсационная колонна. Отмечаются ее преимущества перед другими способами: подача стабильной сгущенной сепарируемой зерновой части гидросмеси на плавсредство, укладкой шламовой компоненты в выработанное пространство. В итоге, отмечаются положительные факторы: сокращается расход воды на гидроподъем и, как следствие, энергоемкость процесса; повышается экологичность за счёт снижения загрязненности водной толщи.

Обоснованию предлагаемого способа предшествует довольно детальный анализ различных известных конструкций загрузочных аппаратов, даётся их систематизация по критерию гидродинамической загрузки в пульпопровод и также предлагается дополнить её аппаратом, использующим для формирования высоконасыщенной гидросмеси кинетическую энергию кольцевых закрученных струй. Проведенные опытно-промышленные испытания его в наземных горнотехнических условиях, а также опытных исследований в морских условиях из глубины 100 м. в акватории Черного

моря показали его эффективность и позволили установить различные функциональные зависимости формируемой концентрации гидросмеси.

Следует отметить экспериментальные исследования, проведенные на модельном стенде, показанном на рис. 3.13 методом лазерного светового ножа, на основании результатов которых делается вывод о том, что границы угла раскрытия струи по форме приближаются к гиперboloиду вращения и по величине $\sim 90^\circ$ в несколько раз превышают прямоточные. По результатам других экспериментов, проведенных на лабораторной установке по исследованию угла раскрытия закрученных и прямоточных струй рис. 3.15, 3.16 построены графические зависимости объемной плотности и концентрации гидросмеси в разгрузочном трубопроводе загрузочно-транспортного аппарата от угла раскрытия прямоточной и закрученной струи и выявлена функциональная зависимость плотности и объемной концентрации гидросмеси от угла раскрытия кольцевой закрученной струи. Проведенные автором исследования позволили сделать вывод о том, что максимальная объемная концентрация гидросмеси ($\sim 35-40\%$ по объему) достигается коаксиально закрученными струями жидкости при угле раскрытия более 80° .

3 СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Основные результаты диссертации сформулированы в виде пяти научных положений, выносимых на защиту.

Для вывода первого научного положения автор проводит анализ конструктивных особенностей и качество работы различных загрузочных аппаратов, даётся их систематизация по способу гидродинамической разгрузки и дополняется новым конструктивным решением- аппаратом с использованием кинетической энергии коаксиального закрученных струй жидкости, позволяющих формировать стабильную высококонцентрированную гидросмесь. При этом возле узла разгрузки (у торца пульповода) образуется демпфирующая область – зона псевдооживления, которая представляет собой переходное состояние между взвешенным слоем и процессом последующего гидротранспортирования. При определённой критической скорости осуществляется разгрузка гидросмеси во внутренней (разгрузочный) пульповод, т.е. формирование гидросмеси и её стабильность, которую в отличие от других конструкций можно регулировать скоростным потоком жидкости, что является несомненно положительным фактором.

Во втором научном положении автором по аналогии с теорией центробежной насадки (форсунки), разработанной Г. Н. Абрамовичем,

вводится геометрический параметр центробежной насадки A . В отличие от него не для сплошной напорной жидкостной струи, а для камеры закручивания, где генерируются кольцевые (коаксиальные) струи и за счёт их кинетической энергии создаются гидродинамические условия для формирования и подачи двухфазной смеси.

В третьем научном положении приводится аналитическое обоснование вывода уравнения максимального расхода жидкости для камеры закручивания (формула 4.33), которое зависит от коэффициента расхода и заполнения (сжатия) кольцевой струи в соосных патрубках при определенных значениях геометрического параметра A . Приводится графическое подтверждение аналитических выводов, то есть зависимости коэффициента расхода μ от коэффициента заполнения сечения ε (при постоянном значении параметра A). При этом учитываются особенности гидродинамических факторов формирующихся кольцевых закрученных струй.

Четвертое научное положение, основанное на результатах опытных исследований загрузочных аппаратов, в различных горнотехнических условиях, в том числе и морских обосновывается, что основным конструктивным регулятором формирования и изменения насыщения гидросмеси твердым веществом является расстояние l между торцами кольцевого сечения истечения закрученной струи жидкости и разгрузочного патрубка пульпопровода. Этот вывод автор устанавливает путем сопоставления гидродинамической обстановки в емкости загрузочного аппарата с аналогией работы затопленной струи (локального размыва воронки) с результатами исследований различных ученых – Жученко В.А., Коновалова И.М. и др. В результате предлагается уравнение (формула 4.62) позволяющее аналитически определить искомую величину L .

В пятом научном положении автор обосновывает, что угол раскрытия кольцевой закрученной струи является одной из основных ее гидродинамических характеристик, которая устанавливает зону псевдооживления, образующуюся возле разгрузочного патрубка и тем самым интенсифицирует массообмен между струей и окружающей средой, что позволяет формировать высоконасыщенную твердыми частицами двухфазную смесь (~35-45% по объему) и, как следствие, значительно увеличить стабильную часовую производительность загрузочно-транспортного аппарата по горной массе. Это положение автор сопровождает оригинальными исследованиями на модельной установке с использованием лазерного светового ножа по установлению и сопоставлению угла раскрытия закрученных и прямоочных струй (рис.3.14, 3.15, 3.16). При этом были

получены функциональные зависимости объемной плотности и концентрации гидросмеси в зависимости от угла раскрытия кольцевой закрученной струи (табл.3.4, рис.3.18) и сопоставлены с результатами прямоточных.

Обоснованность и достоверность научных положений выводов и рекомендаций подтверждена теоретическими исследованиями, результатами лабораторных экспериментов и опытно промышленными работ на акватории Черного моря, сопоставлением результатов теоретических и экспериментальных исследований с применением методов математической статистики.

4 НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Научная значимость диссертационного исследования заключается в аналитическом обосновании технологической структуры комплекса, основанного на гидродинамических особенностях кинетической энергии кольцевой закрученной струи жидкости, позволяющей за счет значительного угла раскрытия увеличить область взаимодействия ее с твердыми частицами, образуя высоконасыщенную зону псевдооживления, и тем самым повысить стабильность и объемную концентрацию формируемой гидросмеси и подать ее в напорный трубопровод.

Практическая значимость заключается в разработке методических принципов расчетно-напорных параметров аппаратов вихревого пульпо-приготовления для формирования высоконасыщенных гидросмесей для проектирования технологических комплексов гидроподъема железомарганцевых конкреций со дна морей и океанов для их эффективного освоения.

5 ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

1. Техничко-экономическая оценка сводится к энергетической оценке эрлифтного подъема и предлагаемого способа загрузочным аппаратом. Но можно было бы оценить и другие предложенные, в составленной соискателем систематизации способов гидроподъема.

2. Соискатель приводит слова, не приводит аргументы, высказанные зарубежными учёными об эффективности применения закрутки и в принципе рассматривают ее как положительный фактор. Однако, соискатель не приводит их исследовательские работы.

3. В диссертации кроме рис. 5.г совсем нет информации про агрегаты сбора, их конструкций и взаимодействие с гидротранспортной системой.

4. Теоретические проработки автора связаны с гидродинамическими особенностями закрученных струй в кольцевом пространстве. При этом предлагается два варианта динамики коаксиально-закрученных струй: радиус закрученного потока, соответствует внутренней образующей Центробежной насадки R_0 (большой радиус) и радиус закручивания, соответствующий внутренней поверхности образующей пульповода R_p (малый радиус). Непонятно, по какому из полученных уравнений этих вариантов (уравнения 24 и 33 автореферата) и в каких условиях предлагается использовать в качестве основной теоретической предпосылки.

5. Непонятно, почему автор предлагает рассматривать эти два варианта для сохранения первоначально созданного момента количества движения при входе в камеру закручивания (формула $Q\rho R\vartheta_{вх}$, Стр.119 диссертации) и по каким критериям сопоставляются и оцениваются два этих варианта. Какой вариант оптимальный.

5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные замечания не меняют положительной оценки работы и не снижают научной значимости проведенного исследования. Текст четко структурирован, изложен хорошим научным стилем, ясен, понятен, все излагаемые позиции хорошо аргументированы автором.

Автореферат и опубликованные работы с достаточной полнотой отражают содержание и основные положения, новизну и практическую значимость диссертации, личный вклад автора в развитие горнодобывающей отрасли страны.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 49 печатных работах, 20 из которых опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, внесенных в Перечень журналов и изданий, утвержденных Высшей аттестационной комиссией. Автором получено 3 патента и 2 авторских свидетельства по теме исследования.

Диссертационное исследование, проведенное Вильмисом А.Л., характеризуется самостоятельностью и завершенностью. Вышесказанное позволяет считать, что диссертационная работа Вильмиса Александра Леонидовича на тему: «Обоснование технологии глубоководного гидроподъема Железомарганцевых конкреций загрузочными аппаратами с минимальным негативным воздействием на окружающую среду» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, технические и

технологические решения которые вносят значительный вклад в расширение минерально-сырьевой базы страны, за счет обоснования технологии глубоководного гидроподъема железомарганцевых конкреций загрузочными аппаратами с минимальным негативным воздействием на окружающую среду, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Официальный оппонент,

доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Транспортно-технологических процессов
и машин» Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-
Петербургский горный университет»

В.И. Александров

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»,
199106, Санкт-Петербург, 21 линия д. 2,
тел. +7 (812) 328-8697, e-mail: rectorat@spmi.ru



Исполнитель: В.И. Александров
Заведующий отделом
производства Е.Р. Яновицкая

№ 03 20 11 г.