

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук

Неверова Александра Алексеевича

на диссертацию *Атрощенко Виктора Александровича*

на тему: «Повышение эффективности эксплуатации закладочного комплекса футеровкой полиуретаном транспортных трубопроводов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины.

На отзыв представлена диссертация полным объемом 159 страниц машинописного текста, состоящая из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 152 наименований, 5 приложений; содержит 27 таблиц и 41 рисунок.

Содержание автореферата изложено на 20 страницах, включает 5 рисунков, 5 таблиц и полностью соответствует диссертационной работе.

1. Актуальность темы диссертации

Известно, что добыча полезных ископаемых подземным способом с применением геотехнологий с закладкой выработанного пространства обеспечивает надежное управление горным давлением и исключает деформации дневной поверхности, позволяет повысить полноту и качество извлечения запасов, а также снизить отходы горного производства и вредное воздействие на окружающую среду. Тем не менее, всё это поясняет общие принципы и преимущества разработки месторождений с искусственным поддержанием очистного пространства, обеспеченность которых достигается правильной эксплуатацией и бесперебойной работой всего закладочного хозяйства. Так, твердеющая гидросмесь подается в выработанное пространство закладочным комплексом по традиционным стальным трубопроводам. Среди основных недостатков таких трубопроводов можно выделить их интенсивное гидроабразивное изнашивание и вызванную им высокую шероховатость рабочей поверхности. Последняя неизбежно приводит к расслоению потока твердеющей смеси на линейных участках закладочных трубопроводов. Из-за расслоения потока в очистное пространство подается избыточное количество воды, что приводит к образованию неоднородного закладочного массива со сниженной, не отвечающей нормативам, прочностью. В связи с чем, все более актуальными становятся решения задач снижения удельных сопротивлений движению твердеющей гидросмеси на линейных участках трубопроводов. Поэтому вопросы направленные на повышение эффективности эксплуатации транспортных трубопроводов закладочного комплекса, несомненно представляют научный и практический интерес и требуют дополнительного изучения.

О Т З Ы В

Отмеченное позволяет сделать вывод, что тема диссертации Атрощенко Виктора Александровича, относится к весьма важным и насущным исследованиям, с чем безусловно следует согласиться.

2. Научная новизна диссертации

Выводы и рекомендации, полученные в диссертации, обоснованы и можно считать вполне достоверными, так как они базируются на результатах известных работ ведущих отечественных и зарубежных ученых в области трубопроводного транспортирования закладочных гидросмесей, а также на результатах математического моделирования и экспериментальных исследований, выполненных автором.

Новизна научных выводов и рекомендаций заключается в следующем:

1. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что реализация механизма упругого взаимодействия твердых частиц закладочной смеси с материалом стенки трубы уменьшает коэффициент гидравлического сопротивления движению потока благодаря снижению гидроабразивного изнашивания рабочей поверхности и, обуславливаемого им увеличения эквивалентной шероховатости поверхности трубы. Автор доказал, что значения коэффициента гидравлических сопротивлений у труб с полиуретановой футеровкой внутренней поверхности в среднем в 2 раза меньше, чем для стального трубопровода, у которого величина эквивалентной шероховатости в среднем в 20 раз выше по сравнению с футерованным.

2. Экспериментально выявлена зависимость изменения энергетических характеристик транспортируемого потока закладочной смеси от времени эксплуатации трубопроводной системы закладочного комплекса при изменении массовой концентрации твердых частиц в потоке закладочной смеси для труб с различными физико-механическими свойствами рабочей поверхности. Автор показал, что величина удельных потерь напора в стальной трубе значительно выше, чем в трубопроводах с полиуретановой футеровкой рабочих поверхностей, и зависят как от массовой концентрации гидросмеси, так и от времени наработки.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные результаты, полученные в работе, сформулированы диссертантом в двух защищаемых положениях:

1. Применение полиуретановой футеровки рабочей поверхности трубопровода позволяет снизить в среднем в 20 раз величину её эквивалентной шероховатости и в 2 раза уменьшить коэффициент гидравлических сопротивлений за время приработки трубопровода в сравнении с традиционным стальным трубопроводом без футеровки.

2. Удельные потери напора в трубопроводах с полиуретановой футеровкой рабочей поверхности при перемещении абразивной гидросмеси, приготовленной с использованием хвостов обогащения, находятся в линейной зависимости от массовой концентрации гидросмеси.

Идею работы, в целом, можно охарактеризовать следующим образом – уменьшение сопротивления транспортирования твердеющих смесей в закладочных трубопроводах достигается применением труб с полиуретановой футеровкой рабочей поверхности, реализующей механизм упругого взаимодействия частиц твердой фракции гидросмеси с ней при движении потока.

Доказательства защищаемых положений подтверждаются научной новизной, полученной в ходе выполнения экспериментальных исследований на гидротранспортном стенде.

При доказательстве первого положения определены зависимости изменения параметра шероховатости Ra рабочей поверхности труб с полиуретановой футеровкой от времени эксплуатации, проведен сравнительный анализ значений эквивалентных шероховатостей и коэффициентов гидравлических сопротивлений традиционной стальной трубы и труб с футеровкой различными марками полиуретана.

При доказательстве второго положения автором проведен анализ удельных потерь напора потока закладочной гидросмеси в зависимости от ее массовой концентрации в диапазоне 10-30% и времени эксплуатации трубопровода. На основе проведенного анализа получены зависимости удельных потерь напора от времени эксплуатации и от массовой концентрации закладочной смеси.

Соискателем предложены рекомендации по применению в гидротранспортных системах закладочных комплексов трубопроводов с полиуретановой футеровкой внутренней поверхности для увеличения как дальности транспортирования гидросмеси, так и её концентрации, благодаря снижению гидравлических сопротивлений, вызванных меньшей шероховатостью поверхности, по сравнению с шероховатостью стального трубопровода. Выполнено экономическое обоснование целесообразности использования труб с полиуретановой футеровкой рабочей поверхности исходя из оценки капитальных затрат на закупку 1000 м трубопроводов и материалов для их монтажа, а также эксплуатационных затрат на замену изношенных трубопроводов за 10-летний период эксплуатации.

Все защищаемые положения, сформулированные в диссертации, соответствуют теме и цели исследования, являются обоснованными и опираются на результаты выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований. Полученные в работе результаты являются новыми и могут быть применены при совершенствовании гидротранспортных систем закладочных комплексов.

4. Научные результаты, их ценность

Выводы и результаты диссертации обладают научной и практической ценностью. Полученная автором зависимость изменения параметра шероховатости Ra полиуретановой футеровки рабочей поверхности от времени эксплуатации позволяет прогнозировать значения установившейся шероховатости.

На основе полученных зависимостей возможно прогнозировать значения установившейся шероховатости рабочей поверхности полиуретановой футеровки трубопровода закладочного комплекса, а также рассчитать удельные потери напора в трубопроводах с полиуретановой футеровкой при транспортировании закладочных гидросмесей с массовой концентрацией твердого в диапазоне 10-30%.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 8 печатных работах, в том числе 3 статьи – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), 3 статьи - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен патент на изобретение.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

В диссертации разработана методика оценки изменения шероховатости рабочей поверхности трубопроводов закладочных комплексов при перекачивании абразивной гидросмеси, выполнено обоснование технических решений по изменению свойств рабочей поверхности трубопроводов закладочных комплексов, обеспечивающих снижение удельных потерь напора и способствующих предотвращению расслоения гидросмеси.

Результаты исследований в виде полученной зависимости изменения шероховатости рабочих поверхностей трубопроводов с внутренней полиуретановой футеровкой при долговременной работе гидротранспорта применены в деятельности компании АО «Механобр инжиниринг» (г. Санкт-Петербург), что подтверждается актом об использовании результатов кандидатской диссертации от 26.04.2023 г, что безусловно можно отнести в достоинство диссертанта.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Перспективное направление дальнейшего развития темы диссертации связано с обоснованием рациональных параметров системы гидротранспорта закладочного комплекса, позволяющего осуществлять подачу обезвоженных гидросмесей в удаленные выработки, а именно

в определении зависимости изменения проходного сечения труб от концентрации и состава гидросмеси для поддержания минимума скорости, превышающей ее критическое значение, что позволит минимизировать потери напора потока закладочного материала, а также уменьшить приведенные затраты на проведение закладочных работ.

Результаты работы могут использоваться при проектировании закладочных комплексов компаниями ООО «Технологии закладки выработанного пространства» (г. Москва, Россия), ООО «Институт Гипроникель» (г. Санкт-Петербург, Россия), научными сотрудниками ИГД СО РАН (г. Красноярск, Россия), а также при производстве подземных горных работ посредством пересмотра/актуализации требований регламента по производству закладочной смеси на Орловском и Артемьевском производственных комплексах ТОО «Востокцветмет».

7. Замечания и вопросы по работе

Вместе с общей положительной оценкой, выполненных автор исследований отметим ряд замечаний общего и конкретного характеров.

1. В работе указано, что целью является *«обоснование значений параметров трубопроводов в гидротранспортной системе закладочного комплекса...»*. В тексте диссертации обоснован выбор значений параметра шероховатости трубопровода. Какие еще значения параметров трубопровода обоснованы?

2. На мой взгляд, диссертант не указал в разделе проработанности изучаемой проблемы двух крупных ученых, активно занимающихся, в последнее время, закладочным хозяйством на рудниках – это Шапошник Ю.Н., и Крупник Л.А.

3. В тексте работы стоило бы подробнее описать, какие параметры характеризуют качество формируемого искусственного массива.

4. Почему для исследования были выбраны марки полиуретана СКУ-7Л, Е-83, N-802 в качестве футеровочных материалов трубопроводов, а не какие-либо другие? В тексте отсутствует обоснование выбора именно этих марок полиуретана.

5. Чем объясняется отсутствие роста износа стальной трубы на графиках зависимостей см. рис. 2-4 в диапазоне 300-600 ч наработки?

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Повышение эффективности эксплуатации закладочного комплекса футеровкой полиуретаном транспортных трубопроводов», 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» фе-

дерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Атрощенко Виктор Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины.

Официальный оппонент

Ведущий научный сотрудник лаборатории подземной разработки рудных месторождений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН), доктор технических наук



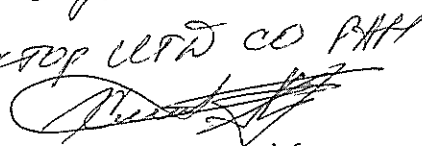
Неверов Александр Алексеевич

04.09.2023 г.

Подпись официального оппонента, д.т.н., ведущего научного сотрудника лаборатории подземной разработки рудных месторождений Неверова Александра Алексеевича заверяю



Подпись Неверова А.А.
заверено

Директор ИГД СО РАН


К.Т.Н. Г.П. Хмелицкий

04.09.2023

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН)

Почтовый адрес: 630091, г. Новосибирск, Красный проспект, д. 54

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.misd.ru/>

эл. почта: nnn_aa@mail.ru

телефон: 89232200279