

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.2
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 21.09.2023 № 27

О присуждении **Атрощенко Виктору Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности эксплуатации складочного комплекса футеровкой полиуретаном транспортных трубопроводов» по специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины принята к защите 21.07.2023, протокол заседания № 17, диссертационным советом ГУ.2 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 14.11.2022 № 1772 адм.

Соискатель **Атрощенко Виктор Александрович**, 05 июля 1991 года рождения, в 2015 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» по специальности 150402 Горные машины и оборудование.

Диссертация выполнена на кафедре транспортно-технологических процессов и машин в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент **Васильева Мария Александровна**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра транспортно-технологических процессов и машин, доцент кафедры.

Официальные оппоненты:

Неверов Александр Алексеевич – доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория подземной разработки рудных месторождений, ведущий научный сотрудник;

Голик Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», кафедра горного дела, профессор кафедры;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»**, г. Тула в своем положительном отзыве, подписанном Головиным Константином Александровичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Городское строительство, архитектура и дизайн» и Жаворонковой Ольгой Александровной, старшим лаборантом той же кафедры и утвержденном Воротилиным Михаилом Сергеевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указала, что диссертация Атрощенко В.А. посвящена актуальным вопросам повышения эффективности эксплуатации закладочного комплекса посредством применения в его гидротранспортной системе трубопроводов с полиуретановой футеровкой рабочей поверхности, обладающих низкой шероховатостью и высокой устойчивостью к гидроабразивному изнашиванию, что существенно снизит потери напора потока закладочной смеси, уменьшит затраты на замену изношенных труб и позволит повысить качество искусственного массива из-за исключения расслоения гидросмеси в трубопроводе. Результаты диссертации имеют высокую научную и практическую значимость. Предлагаемое решение по замене стальных трубопроводов на трубопроводы с полиуретановой футеровкой позволяет снизить в среднем в 20 раз величину её эквивалентной шероховатости и в 2 раза уменьшить коэффициент гидравлических сопротивлений за время приработки трубопровода. В диссертации установлено, что 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.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ, в том числе в 3 статьях - 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), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Общий объем – 4,52 печатных листа, в том числе 2,58 печатных листа – соискателя.

Публикации 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:

1. Атрощенко, В.А. Влияние модернизации линейного участка гидротранспортной системы горного предприятия на энергоемкость процесса гидротранспортирования / В.А. Атрощенко, А.А. Волчихина, М.А. Васильева // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №17-1. – С. 196-202. (ВАК №2360 от 23.09.2022).

Соискателем выполнены лабораторные исследования по гидроабразивному изнашиванию внутренних стенок образцов труб; выполнен анализ экспериментальных данных; рассчитаны значения удельных потерь напора при гидротранспортировании гидросмеси при различных концентрациях твердой фазы; осуществлен расчет капитальных и эксплуатационных затрат на закупку и замену трубопроводов с полиуретановым покрытием рабочей поверхности; сформулированы выводы по результатам исследования.

2. Атрощенко, В.А. Исследование стойкости трубопроводов закладочных комплексов к гидроабразивному изнашиванию / В.А. Атрощенко, А.А. Волчихина, М.А. Васильева // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №17-2. – С. 299-305. (ВАК №2360 от 23.09.2022).

Соискателем проведены экспериментальные исследования процесса гидроабразивного изнашивания рабочих поверхностей трубопроводов при перекачивании абразивной гидросмеси; установлен гранулометрический состав гидросмеси, используемой в экспериментальных исследованиях; выполнен анализ экспериментальных данных; выполнен расчет коэффициентов шероховатости, гидравлических сопротивлений и удельных потерь напора; сформулированы выводы исследования.

3. Васильева, М.А. Обоснование формы рабочей камеры магнитного перистальтического насоса / М.А. Васильева, А.А. Волчихина, В.А. Атрощенко, А.А. Зеленцова // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №15. – С. 93-98. (ВАК №2337 от 25.05.2022).

Соискателем проведен анализ информации в литературных источниках по теме исследования; выполнено оформление списка литературы в соответствии с требованиями издания.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:

4. Atroshchenko, V.A. Experimental hydrotransportation unit for testing material resistance of pipelines and parts of dredging pumps to hydroabrasive wear / V.A. Atroshchenko, S.Yu. Avksentiev, P.N. Makharatkin, I.S. Trufanova // *Obogashchenie Rud.* - 2021. - Vol.3. - pp. 39-45. DOI: <https://doi.org/10.17580/or.2021.03.07>.

Соискателем проведен анализ функционирования гидротранспортных систем на горных предприятиях; разработана методика экспериментального определения интенсивности гидроабразивного изнашивания материалов покрытий трубопроводов и деталей грунтовых насосов, потерь напора и снижения энергетической эффективности в зависимости от шероховатости, времени эксплуатации пульповодов, концентрации твердой фазы гидросмеси, средней скорости и объема транспортируемого твердого материала. На основе методики спроектирована и смонтирована экспериментальная лабораторная установка для моделирования процесса гидроабразивного изнашивания на образцах труб, деталей насосов (рабочего колеса, корпуса) с футеровками рабочей поверхности из различных материалов: сталь, чугун, полимеры, резины и др.; сформулированы выводы исследования.

5. Aleksandrov, V.I. Analysis of actual head losses in hydraulic transportation of WMS tailings along steel and polyurethane-lined slurry pipelines at Kachkanarsky GOK / V.I. Aleksandrov, V.A. Atroshchenko, A.M. Vatlina // *Obogashchenie Rud.* - 2021. - Vol.6. - pp. 53-58. DOI: <https://doi.org/10.17580/or.2021.06.09>.

Соискателем проведены опытно-промышленные исследования по установлению действительных значений потерь напора в системе гидротранспорта хвостов обогащения железной руды в стальных пульповодах и пульповодах с полиуретановым покрытием; выполнен анализ экспериментальных данных; проведен расчет удельных потерь напора при гидротранспорте хвостовой пульпы в стальном трубопроводе и трубопроводе с полиуретановой футеровкой.

6. Atroshchenko, V.A. Increasing the Efficiency of the Transport Pipelines of the Stowing Complex with the Application of a Polyurethane Coating / V.A. Atroshchenko, V.I. Alexandrov // *MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin.* - 2022. - Vol.10-1 - pp. 25-38. DOI: https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_101_0_25.

Соискателем проведен анализ информации в литературных источниках по теме исследования; проведены лабораторные исследования

по гидроабразивному изнашиванию внутренних стенок образцов труб; проведены исследования изменения шероховатости поверхности экспериментальных образцов труб в зависимости от времени эксплуатации; выполнен анализ экспериментальных данных; расчет коэффициентов гидравлических сопротивлений и значений удельных потерь напора при гидротранспорте гидросмеси при различных концентрациях твердой фазы; расчет капитальных и эксплуатационных затрат на закупку и замену трубопроводов с полиуретановым покрытием рабочей поверхности; сформулированы выводы исследования.

Публикации в прочих изданиях:

7. Атрощенко, В.А. Влияние гидроабразивного износа на ресурс насосного оборудования для перекачки хвостов обогащения / В.А. Атрощенко, Э.К. Абдулаев, А.И. Кужелев // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2020. Сборник тезисов VII Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. - 2020. - С. 32-36.

Соискателем проведен анализ информации в литературных источниках по теме исследования; описаны основные процессы, определяющие интенсивность гидроабразивного изнашивания рабочих поверхностей насосного оборудования, применяемого при перекачивании хвостов обогащения руд; выполнен анализ типов и причин гидроабразивного изнашивания гидротранспортного оборудования; определены факторы, влияющие на изнашивание деталей грунтовых насосов; сформулированы выводы исследования.

8. Атрощенко, В.А. Способы повышения срока службы деталей насосов в системах гидротранспорта хвостов обогащения железной руды / В.А. Атрощенко // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2021. Сборник тезисов VIII Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. - 2021. - С. 12-15.

Соискателем сформулированы основные причины недостаточной эффективности систем гидротранспорта для перекачки хвостов обогащения руд; сформулированы способы повышения срока службы деталей грунтовых насосов; проведены экспериментальные исследования износостойкости материалов футеровки; сформулированы выводы исследования.

Патенты:

9. Патент 2796635 Российская Федерация, МПК H01F 1/28, H01F 1/113, H01F 1/117. Магнитоактивный эластомер / Васильева М.А., Атрощенко В.А., Строчилина П.С.; заявитель и патентообладатель федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». — №2022120265; заявл. 25.07.2022; опубл. 29.05.2023, Бюл. №16.

Соискателем проведен патентный поиск; принято участие в формировании примеров составов материала полимера.

Апробация работы проведена на международных научно-практических мероприятиях, где обсуждались основные положения и результаты диссертации:

1. VII Международная научно-практическая конференция «IPDME-2020» (апрель 2020 года, г. Санкт-Петербург);
2. VIII Международная научно-практическая конференция «IPDME-2021» (апрель 2021 года, г. Санкт-Петербург);
3. XI Международный молодёжный форум «Нефтегазовое и горное дело» (октябрь 2022 года, г. Пермь).

В диссертации **Атрощенко Виктора Александровича** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: технического руководителя ЗАО «Эскомстроймонтаж-сервис» **Е.Ю. Степука**; доцента кафедры «Проектирование и строительство автомобильных дорог» Шахтинского автодорожного института (филиала) ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», к.т.н. **А.А. Богомазова**; профессора кафедры «Горная электромеханика» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», д.т.н., доцента **Д.И. Шишлянникова**; заместителя главного инженера проекта в подразделении Филиал – «Санкт-Петербург» ООО «ПроТех Инжиниринг», к.т.н. **В.В. Бувевича**; заведующего кафедрой Горных машин и транспортно-технологических комплексов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», к.т.н., доцента **А.И. Курочкина** и доцента той же кафедры, к.т.н. **С.В. Подболотова**; заведующего кафедрой автоматизации и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», к.т.н., доцента **В.С. Бочкова**; заведующего кафедрой «Подземная разработка месторождений» Института цветных металлов ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», д.т.н., профессора **А.Н. Анушенкова** и доцента той же кафедры к.т.н. доцента **Е.П. Волкова**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность, степень проработки проблемы, научная новизна,

теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, однако отмечены ряд вопросов и замечаний:

1. Стоит добавить больше деталей о том, как именно механизм упругого взаимодействия частиц твердой фракции с полиуретановой футеровкой повышает эффективность транспорта смесей (**к.т.н. А.А. Богомазов**);

2. Не в полной мере освещен зарубежный опыт применения труб с полиуретановой футеровкой (**к.т.н. А.А. Богомазов**);

3. При проведении гидрозакладочных работ широко применяются трубопроводы из полиэтилена, армированные полиэтиленовые трубопроводы и прочие типы. Автор проводит сравнение стальных труб и труб с полиуретановой футеровкой по критерию эквивалентной шероховатости. Однако из представленного материала в автореферате не совсем ясно проводилось ли сравнение с трубопроводами из полиэтилена (**к.т.н. В.В. Бувич**);

4. При выполнении экспериментальных исследований скорость потока текучего составляла 1,9 м/с. К сожалению, из содержания автореферата неясно, исходя из каких соображений была определена именно эта скорость? Являются ли актуальными, полученные результаты для других значений скоростей? (**к.т.н. А.И. Курочкин и к.т.н. С.В. Подболотов**);

5. Отсутствие информации в автореферате о существующих способах и технологиях соединения труб с полиуретановой футеровкой затрудняет процесс восприятия возможности использования данных трубопроводов на практике (**к.т.н. А.И. Курочкин и к.т.н. С.В. Подболотов**);

6. Прорабатывались ли полученные экспериментальные данные с точки зрения математической статистики? (**к.т.н. В.С. Бочков**);

7. Есть ли экологическая вредность применения полиуретановой футеровки трубопроводов? (**к.т.н. В.С. Бочков**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки и наличием у них публикаций в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по соответствующей теме исследования отрасли наук и способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная идея снижения сопротивления перемещению закладочных смесей за счет оснащения рабочей поверхности трубопроводов полиуретановой футеровкой, реализующей механизм упругого

взаимодействия частиц твердой фракции закладочной смеси со стенкой трубы при движении потока;

предложен усовершенствованный подход по выбору параметров трубопроводов закладочных комплексов и методика экспресс оценки гидроабразивного изнашивания трубопроводов;

доказано наличие линейной зависимости удельных потерь напора в трубопроводах с полиуретановой футеровкой рабочей поверхности при перемещении абразивной гидросмеси, приготовленной с использованием хвостов обогащения, от массовой концентрации гидросмеси.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что реализация механизма упругого взаимодействия твердых частиц закладочной смеси с материалом стенки трубы уменьшает коэффициент гидравлического сопротивления движению потока и снижает эквивалентную шероховатость поверхности трубы;

применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе научный анализ и обобщение; математическое моделирование; инструментальные замеры износа рабочей поверхности образцов труб с применением оборудования Surftest SJ-210; экспериментальные исследования процесса транспортирования гидросмеси на лабораторном стенде с применением специальных средств измерения; сопоставление расчетных и экспериментальных данных;

изложены рекомендации по применению трубопроводов с полиуретановой футеровкой в системах гидротранспорта закладочных комплексов;

раскрыта возможность повышения качественных характеристик возводимого искусственного массива посредством снижения степени расслоения потока закладочной гидросмеси на горизонтальных участках трубопроводов закладочного комплекса;

изучены факторы, влияющие на эквивалентную шероховатость рабочей поверхности трубопроводов закладочных комплексов;

проведена модернизация расчетных методик с учетом влияния воздействия частиц твердой фракции гидросмеси на рабочую поверхность трубопровода.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены результаты исследований в виде полученной зависимости изменения шероховатости рабочих поверхностей трубопроводов с внутренней полиуретановой футеровкой при долговременной эксплуатации гидротранспорта в компании АО «Механобр инжиниринг» при

реконструкции системы гидротранспорта АО «ЕВРАЗ Качканарский ГОК», акт внедрения от 26.04.2023;

определены перспективы практического использования предлагаемой модернизации трубопроводных систем для перекачивания гидросмесей с различной концентрацией твердой фазы;

создана система практических рекомендаций по обоснованию параметров трубопроводов гидротранспортной системы закладочного комплекса;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию технических решений трубопроводного транспорта геотехнологии гидравлической закладки выработанного пространства;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены при помощи стандартных методик с использованием сертифицированного оборудования и поверенных приборов;

теория построена на известных проверяемых фактах и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и смежным отраслям;

идея базируется на анализе статистических данных наблюдений и инструментальных измерений, а также на обобщении передового опыта эксплуатации гидротранспортных систем закладочных комплексов;

использовано сравнение полученных в диссертации данных с результатами существующих исследований по рассматриваемой тематике, которое показало удовлетворительную сходимость;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит во включенном участии на всех этапах процесса исследования; в получении исходных данных и научных экспериментах; личном участии в апробации результатов исследования; разработке экспериментального стенда; обработке и интерпретации экспериментальных данных, выполненных лично автором.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

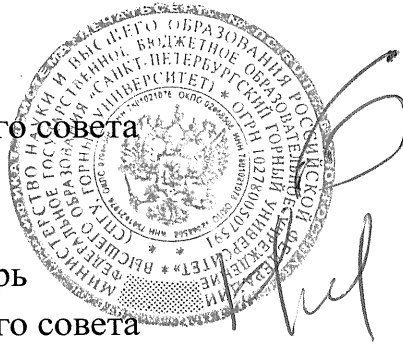
Соискатель **Атрощенко В.А.** ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 21 сентября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить **Атрощенко В.А.** ученую степень кандидата технических

наук за новое научно обоснованное технико-технологическое решение – выбор параметров трубопроводов гидротранспортной системы, обеспечивающих снижение удельного сопротивления перемещению закладочной смеси в выработанное пространство при проведении подземных работ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Зубов
Владимир Павлович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ковальский
Евгений Ростиславович

21.09.2023 г.