



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК».

М.И. Горилловский

20 23 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Скребнева Владимира Игоревича на тему: «Полимерные трубопроводы для горнодобывающей промышленности», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов, выполнена в Научно-исследовательском институте ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК».

В 2012 году Скребнев Владимир Игоревич закончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по специальности «Химическая технология полимерных композиций, порохов и твердых ракетных топлив».

В процессе подготовки диссертации Скребнев Владимир Игоревич, 17.02.1989 года рождения, работал в Научно-исследовательском институте ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК» в должностях технолога, старшего технолога, ведущего технолога, в настоящее время является научным сотрудником Управления применения материалов НИИ ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК». В процессе обучения в аспирантуре Федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» сдал экзамены кандидатского минимума. Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 13-21/31-2021 выдана Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» 24 февраля 2021 г. по направлению подготовки 18.06.01 «Химическая технология».

Научный руководитель: доктор химических наук, профессор кафедры химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова), заместитель директора - начальник управления исследования материалов НИИ ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК» Калугина Елена Владимировна.

По результатам рассмотрения диссертации Скребнева Владимира Игоревича на тему: «Полимерные трубопроводы для горнодобывающей промышленности» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что основная доля промышленных гидротранспортных систем в России приходится на стальные трубопроводы, которые достаточно быстро выходят из строя. В качестве альтернативы стальным пульпопроводам применяют армированные резиновые рукава или стальные трубопроводы, футерованные эластомерами. Одним из направлений повышения эффективности пульпопроводов является разработка полимерных труб, которые будут сочетать в себе технологические и эксплуатационные преимущества напорных полиэтиленовых труб с износостойкостью и гидравлическими характеристиками эластомерных материалов, применяемых для работы в условиях гидроабразивного воздействия турбулентного потока.

Научная новизна заключается в следующем:

- проведенные исследования смесей полиолефинов и термоэластопластов позволили выявить зависимость стойкости к гидроабразивному износу от жесткости полимерных композиций;

- впервые установлена взаимосвязь между модулем механических потерь в динамическом режиме нагружения и гидроабразивным износом для полиолефинов, термоэластопластов различного химического строения и их смесей;

- впервые экспериментально доказано наличие инкубационного периода процесса разрушения термопластичных вулканизатов при гидроабразивном воздействии пульпой.

Практическая значимость работы состоит в разработке технологии производства трубопроводных систем с повышенной стойкостью к гидроабразивному износу. Трубы представляют собой двухслойную конструкцию с наружным слоем из полиэтилена высокой плотности, который принимает на себя внутреннее кольцевое напряжение, и внутренним соэкструдированным износостойким слоем из термопластичного вулканизата Армлен ПП ТЭП 12-55А. Соединительные детали (фитинги) изготавливаются из отрезков трубы методом сварки встык с использованием нагретого инструмента. Отводы изготавливаются в том числе и методом горячей гибки отрезков труб. Втулки под фланец изготавливаются методом обточки путем удаления части материала с наружной поверхности отрезка трубы с соответствующим внутренним диаметром и увеличенной толщиной стенки. Фланцевая часть также может быть изготовлена методом намотки на отрезок трубы полиэтиленовой ленты с последующей обточкой до заданных размеров.

По результатам натурных испытаний на участке перекачки пульпы Жезказганской обогатительной фабрики, входящей в состав холдинга «Казахмыс», и на опытно-промышленном участке золотоизвлекательной фабрики ОАО «Рудник имени Матросова» (ПАО «Полюс») трубопроводные системы рекомендованы к использованию в качестве альтернативы

армированным резиновым и металлическим трубопроводам, в том числе футерованным.

Разработаны технические условия ТУ 22.21.21-049-73011750-2022 «Трубы напорные из полиэтилена с повышенной стойкостью к гидроабразивному износу» и инструкция по строительным-монтажным работам ИМ.ГПП.19-19-2 «Монтаж полиэтиленовых труб «МУЛЬТИПАЙП ИС» и «МУЛЬТИПАЙП ИС ПРОТЕКТ» с повышенной стойкостью к гидроабразивному износу», включающая рекомендации по стыковой сварке.

Трубопроводные конструкции сертифицированы на соответствие ТУ (СС № РОСС RU.НВ24.АПТС Н00139/23) и требованиям промышленной безопасности (СС № С-РТЭ.002.Т.У.01194) и серийно производятся на предприятиях ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК» под торговым наименованием МУЛЬТИПАЙП ИС в стандартном исполнении, а также со специальными защитными покрытиями: МУЛЬТИПАЙП ОС ИС в трудногорючем исполнении и МУЛЬТИПАЙП УФ ИС со специальным покрытием, стойким к УФ-излучению для открытой прокладки.

В настоящее время трубы надежно эксплуатируются на Гремячинском месторождении проекта «ЕвроХим-ВолгаКалий» и Наталкинском горно-обогатительном комбинате.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 10 публикациях, в том числе 1 статья, индексируемая в международной базе Scopus, 3 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Serzhan, S.L. Study of the effects of steel and polymer pipe roughness on the pressure loss in tailings slurry hydrotransport / Serzhan S.L, Skrebnev V.I., Malevannyi D.V. // Obogashchenie rud. – 2023. – № 4. – pp. 41-49. (Scopus)

Публикации, в рецензируемых изданиях:

1. Оценка работоспособности материалов для применения в качестве износостойкого слоя полимерных пульпопроводов / В.И. Скребнев, В.В. Битт, Е.В. Калугина, А.Н. Крючков // Пластические массы. – 2018. – № 7-8. – С. 56-59. (ВАК)

2. Скребнев, В.И. Исследование стойкости к гидроабразивному износу полимерных и стальных труб. Оценка основных параметров, влияющих на интенсивность износа гидротранспортных систем пульпопроводов / В.И. Скребнев, С.Л. Сержан, Е.В. Калугина // Пластические массы. – 2020. – № 9-10. – С. 40-44. (ВАК)

3. Новые полимерные трубы для промышленного применения / К.А. Евсеева, В.В. Битт, В.И. Скребнев, Е.В. Калугина // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). – 2021. – Т. LXV. – № 3. – С. 85-90. (ВАК)

4. Скребнев, В.И. Исследование стойкости к гидроабразивному износу термопластичных полимеров, применяемых для защиты внутренней поверхности гидротранспортных систем/ В.И. Скребнев, С.Л. Сержан, Е.В. Калугина // Пластические массы. – 2023. – № 9-10. – С. 43-47. (РИНЦ)

Результаты диссертации представлены на 5 международных и всероссийских научных конференциях:

1. Skrebnev, V.I. Thermoplastic vulcanizates for use as a wear-resistant coextruded layer of polymeric slurry pipelines / V.I. Skrebnev, E.V. Kalugina // Химические технологии функциональных материалов: материалы V Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального университета им. аль-Фараби / отв. ред. А.И. Апарнев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – С. 291-292

2. Композиционные полимерные материалы в технологических промышленных трубопроводах и кабелезащите / С.А. Белкин, В.В. Битт, В.И. Скребнев [и др] // Технологии и материалы для экстремальных условий:

материалы XIV Всероссийской научной конференции, 16–20 сентября 2019 г., Агой / Межведомственный центр аналитических исследований в области физики, химии и биологии при Президиуме Российской академии наук; под общей редакцией акад. Б.Ф. Мясоедова – М: МЦАИ РАН, 2019. – С. 95-103.

3. Скребнев, В.И. Долговечность полимерных кабельных каналов / В.И. Скребнев, С.А. Белкин, Е.В. Калугина // VIII Международная конференция «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». Москва. 19-22 ноября 2019 г. / Сборник материалов. – М: ИМЕТ РАН, 2019. – С. 485-487

4. Скребнев, В.И. Разработка, испытания и внедрение в промышленность износостойких трубопроводов нового поколения / В.И. Скребнев, Е.В. Калугина // Science, Technology and Life 2020: Proceedings of articles the VII International scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, December 24-25, 2020. - Czech Republic, Karlovy Vary: Skleněný Můstek – Russia, Kirov: MCNIP, 2021. – P.29-51.

5. Скребнев, В.И. Термопластичные олефиновые эластомеры как технологичный аналог резины в гидротранспортных системах / В.И. Скребнев // XXVIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2021. – Секция «Химия». – Подсекция «Высокомолекулярные соединения». - № 135.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует п. 2, п. 3 и п. 6 направлений исследований паспорта научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация «Полимерные трубопроводы для горнодобывающей промышленности» Скребнева Владимира Игоревича является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом

уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Скребневу Владимиру Игоревичу; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям п. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации 24.09.2013 №842 с изменениями и дополнениями, диссертация на тему: «Полимерные трубопроводы для горнодобывающей промышленности» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Диссертация рассмотрена на заседании научно-технического совета Научно-исследовательского института ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК», состоявшемся «11» декабря 2023 года, протокол № 2. В обсуждении приняли участие: к.т.н. Иванов А.Н., к.т.н. Горбунова Т.Л., к.т.н. Крючков А.Н., к.т.н. Сухина А.В., к.х.н. Андреева М.Б., д.х.н. Калугина Е.В.

Принимало участие в голосовании 12 человек. Результаты голосования: «За» – 12 чел., «Против» – 0 чел., «Воздержались» – 0 чел., протокол № 2 от «11» декабря 2023 г.

Председатель заседания,

к.т.н.

А.Н. Иванов

Секретарь заседания

к.т.н.

Т.Л. Горбунова



## ПРОТОКОЛ

заседания научно-технического совета

Научно-исследовательского института ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК»

от «11» декабря 2023 года № 2

Присутствовали:

Зам. директора НИИ – начальник управления, д.х.н. Калугина Елена Владимировна; зам. директора НИИ – начальник управления, к.х.н. Крючков Александр Николаевич; начальник отдела, к.т.н. Иванов Алексей Николаевич; зам. начальника отдела, к.т.н. Горбунова Татьяна Леонидовна; зам. начальника управления - начальник отдела, к.т.н. Сухинина Анастасия Викторовна; начальник сектора, к.х.н. Андреева Марина Борисовна; научный сотрудник Кудрявцева Мария Вячеславовна; научный сотрудник Рагушина Мария Денисовна; научный сотрудник Глебова Анастасия Александровна; научный сотрудник Зверев Александр Евгеньевич; научный сотрудник Ульянов Алексей Владимирович; старший инженер Чесноков Александр Васильевич.

Всего присутствовало 12 человек, из них с правом решающего голоса – 6, из них докторов по специальности рассматриваемой диссертации – 1, кандидатов наук по специальности рассматриваемой диссертации – 5.

## ПОВЕСТКА ДНЯ

Предварительное рассмотрение диссертационной работы Скребнева Владимира Игоревича, научного сотрудника Научно-исследовательского института ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК», на тему: «Полимерные трубопроводы для горнодобывающей промышленности».



Работа выполнена в Научно-исследовательском институте ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК».

Тема диссертационной работы соискателя Скребнева Владимира Игоревича, научный руководитель д.х.н., Калугина Елена Владимировна, утверждены на заседании научно-технического совета Научно-исследовательского института ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК» «01» февраля 2022 года (протокол № 2).

СЛУШАЛИ:

Сообщение Скребнева Владимира Игоревича, изложившего основное содержание своей диссертационной работы.

Скребневу Владимиру Игоревичу были заданы следующие вопросы:

Крючков А.Н.: В чем состоит преимущество технологии изготовления разработанной трубы и как производятся футерованные металлические трубы?

Ответ докладчика: Гуммированные стальные трубы получают либо методом горячей вулканизации, либо приклеиванием уже вулканизированного резинового рукава. И в том, и в другом случае процесс изготовления включает стадии нанесения клея, затягивания рукава и вулканизации, причем суммарно процессы затягивания и изготовления небольшого отрезка длиной не более 10 метров и в зависимости от диаметра изделия могут занимать суммарно до 3-4 часов. Футеровка стальных труб полиуретаном производится методом центробежного формования, при котором вращение форм может достигать 1500 оборотов в минуту, а расплав полимера подается через экструдер. Оба этих способа являются энергозатратными и низкопроизводительными, в свою очередь, разработанная труба изготавливается методом одношнековой соэкструзии. Это метод непрерывного формования, позволяющий изготавливать, например, до 1 метра трубы в минуту на небольших диаметрах.

Иванов А.Н.: Если эластичность, согласно вашему докладу, является одним из важнейших критериев для работоспособности материала в условиях

гидроабразивного износа, то с какой целью вы исследовали стеклонаполненные полиолефины?

Ответ докладчика: Анализ научно-технической литературы показал, что жесткость полимеров может оказывать как положительный, так и отрицательный эффект на степень истирания в зависимости от методов оценки и условий эксплуатации. Наше исследование дополнительно подтвердило, что оценку износостойкости необходимо проводить методами, при которых механизм разрушения материала будет такой же, как и при реальных условиях эксплуатации – в случае гидроабразивного воздействия турбулентного потока, разрушение материала трубы в большей степени происходит в результате снижения усталостной прочности от многократных ударов минеральных частиц. Мы подтвердили, что введение стеклошариков в полиолефины в случае такого типа изнашивания, причем в жидкой среде, только снижает стойкость к износу.

Сухина А.В.: Для чего в таком случае проводили испытание полиолефинов на абразивное истирание по шлифовальной шкурке?

Ответ докладчика: С той же целью - показать, что данный метод истирания не позволяет оценить реальную работоспособность полимеров в условиях гидротранспорта пульпы – для всех полиэтиленов износ оказался примерно одинаковым, в то время, как при оценке стойкости в условиях перемещения смеси песка и воды, в том числе и при трении-скольжении, как в Дармштадтском методе, разница между износом более эластичного линейного полиэтилена и полиэтилена высокой плотности достаточно заметная, а износ стеклонаполненных композиций еще выше.

Горбунова Т.Л.: На зависимости модуля механических потерь от температуры у стирольного термоэластопласта марки ТО 623 60А2155 самый высокий пик в области отрицательных температур, это как-то связано со износостойкостью, поскольку в сравнении с другими стирольными термоэластопластами у этого материала самая большая степень истирания?

Ответ докладчика: Корреляции между величиной пика в диапазоне стеклования полимеров с их износостойкостью не обнаружено. Рабочие температуры пульпопроводов, как правило, находятся в интервале температур от 0 до 60 градусов Цельсия, в связи с чем на температурной зависимости модуля потерь необходимо ориентироваться на область положительных температур, где мы обнаружили явную взаимосвязь с величиной модуля потерь и стойкостью к износу в динамическом режиме нагружения – для материалов с низкой износостойкостью наблюдается отклик на механическое воздействие.

Крючков А.Н.: Почему из всех исследованных термоэластопластов не выбрали для изготовления трубы стирольные ТЭП, у которых неплохая износостойкость по вашим результатам?

Ответ докладчика: Наилучшую стойкость проявил термопластичный вулканизат марки Армлен российского производства. Также следует отметить, что в пульпопроводах нередко транспортируют химически агрессивные среды, а, поскольку, химическая стойкость термоэластопластов в большей степени определяется стойкостью жесткой фазы, то термоэластопласт на основе полипропилена в этом плане обладает заметными преимуществами в сравнении с материалами на базе полистирола.

Скребнев Владимир Игоревич на все вопросы дал убедительные ответы.

В обсуждении приняли участие: к.т.н. Иванов А.Н., к.т.н. Горбунова Т.Л., к.т.н. Крючков А.Н., к.т.н. Сухина А.В., к.х.н. Андреева М.Б., д.х.н. Калугина Е.В.

#### ПОСТАНОВИЛИ:

Заслушав и обсудив диссертационную работу Скребнева Владимира Игоревича считаем, что диссертация по специальности 2.6.11. «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов» является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой и

соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и может быть представлена к официальной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Председатель заседания,

к.т.н.



А.Н. Иванов

Секретарь заседания

к.т.н.



Т.Л. Горбунова