

В диссертационный совет РХТУ.2.6.05  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Российский химико-  
технологический университет имени  
Д.И. Менделеева»

### **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Скребнева Владимира Игоревича «Полимерные трубопроводы для горнодобывающей промышленности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

#### **Актуальность избранной темы диссертации**

Эффективное применение полимерных материалов в водо- и газопроводных системах, взамен традиционно применяемых стальных и чугунных труб, предопределило целесообразность их применения в горнодобывающей промышленности, прежде всего, по причине относительно короткого времени эксплуатации стальных пульпопроводов. Различные методы защиты внутренней поверхности стальных труб путем футеровки полиуретановыми, резиновыми и другими покрытиями позволяеткратно увеличить срок их службы, но технология изготовления таких труб весьма трудоемка, низкопроизводительна и сложна при техническом обслуживании.

Применение технологичных в изготовлении трубопроводных систем из полиэтилена и его сополимеров для транспортировки гидросмесей ограничено по той же причине - недостаточной износостойкости. В последние годы наметилась тенденция применения в качестве защитного слоя внутренней поверхности как в металлических, так и в неметаллических трубопроводных системах технологичных эластомерных материалов и термоэластопластов, сочетающих в себе эксплуатационные свойства резин, технологичность термопластов с относительно невысокой стоимостью и доступностью исходного сырья.

Исходя из вышеизложенного, исследование, предпринятое Скребневым В.И., направленное на разработку полимерных трубопроводных систем с повышенной стойкостью к гидроабразивному износу и современной высокопроизводительной технологии их изготовления, безусловно, является актуальным и имеет важное практическое значение, поскольку использование результатов исследований обеспечивает существенное улучшение

технико-экономических показателей производства и технического обслуживания пульпопроводов.

### **Структура и содержание диссертации**

Диссертация состоит из введения; литературного обзора; главы, посвященной объектам и методам исследований; главы с обсуждением экспериментальных результатов, включающей 5 разделов по конкретным направлениям исследований; заключения; списка сокращений; списка использованной литературы и приложений, в которых представлены технические условия на разработанные трубы, инструкция по строительно-монтажным работам, акты опытно-промышленных испытаний и отзыв компании-потребителя разработанной продукции. Работа изложена на 164 страницах, содержит 77 рисунков, 48 таблиц, список литературы из 141 наименования и 5 приложений.

Во введении автор анализирует степень разработанности темы, обосновывает ее актуальность, определяет цели и направления исследований, формулирует научную новизну, теоретическую и практическую значимость, положения, которые выносятся на защиту.

В первой главе приведен анализ научной литературы, в котором подробно рассмотрены основные виды и характеристики пульпопроводов, факторы, влияющие на процесс изнашивания труб абразивными частицами, механизмы различных видов износа, проанализированы свойства термопластичных и терморезистивных полимерных материалов (резин, стирольных и полиолефиновых термоэластопластов и композиционных материалов на их основе), применяемых для улучшения эксплуатационных характеристик трубных систем, на основе которых диссертантом обоснован выбор исходных полимерных материалов и технологий для проведения исследований по разработке полимерных труб с высокой стойкостью к гидроабразивному износу.

Во второй главе представлены технические характеристики исследованных полимерных композиций и базовых полимеров, подробно описаны рецептуры и геометрические характеристики образцов труб: внутренний диаметр, общая толщина стенки, толщины соэкструдированных слоев в многослойных конструкциях, изготовленных из различных полимерных материалов. Указан способ изготовления образцов и методы исследования, даны ссылки на нормативные документы (ГОСТ, ТУ), представлены марки приборов и описаны конструкции установок, на которых проводились исследования и испытания.

В третьей главе приведены результаты исследований и их обсуждение, изложенные в пяти разделах. В разделе 3.1 приведены результаты изучения физико-механических свойств и износостойкости в водно-песчаной суспензии различных типов термоэластопластов, полиолефинов и их смесей, из которых следует, что стойкость к гидроабразивному износу

коррелирует с жесткостью материалов, определяемой величиной модуля упругости и твердостью.

В разделе 3.2 изложены результаты изучения зависимости модуля механических потерь от температуры для большой номенклатуры эластомерных материалов, включая промышленные серийные марки импортных и отечественных полиолефинов и термоэластопластов различной химической структуры. Проведенные исследования показали, что полимеры сшитой структуры, такие как термопластичные вулканизаты, термопластичные полиуретаны и резины, характеризуются стабильностью к динамическим нагрузкам в диапазоне положительных температур. Установлено, что стойкость к гидроабразивному износу для исследованных объектов находится во взаимосвязи с жесткостью и величиной модуля механических потерь композиций.

Исследования реологических характеристик отечественных и импортных термопластичных вулканизатов, представленные в разделе 3.3, показали, что температура слабо влияет на их вязкость расплава, что позволяет осуществлять переработку в довольно широком интервале температур. Дополнительно установленная зависимость вязкости расплава от скорости сдвига позволила диссертанту подобрать оптимальные технологические параметры изготовления труб высокопроизводительным методом экструзии.

В разделе 3.4 приведено описание технологии производства полиэтиленовых напорных труб двухслойной конструкции с внутренним слоем из термопластичного вулканизата методом одношнековой экструзии через двухслойную экструзионную головку Helix 63-3 WPO на производственной линии Battenfeld-Cincinnati Климовского трубного завода (ООО «КТЗ»).

Достаточно большой объем экспериментальных данных раздела 3.5 по исследованию износостойкости и гидравлических характеристик труб двухслойной конструкции с внутренним слоем из термопластичного вулканизата при гидротранспорте хвостовой пульпы включает результаты оценки изменения отдельных параметров в модельном эксперименте, проведенном на установке специальной конструкции, позволяющей исследовать процесс гидроабразивного воздействия на пульпопровод максимально приближенного к реальным условиям эксплуатации.

Исследование влияния двух видов пульп, различающихся по химическому составу, дисперсности, форме частиц и твердости, установление зависимости потерь напора от расхода гидросмеси и расчеты значений удельных потерь напора и коэффициентов гидравлического сопротивления показали, что основным критерием, определяющим величину удельных потерь, является коэффициент гидравлического сопротивления, который при концентрациях от 0 до 37% при турбулентном режиме движения гидросмеси для трубы с термопластичным вулканизатом изменяется в диапазоне от 0,04 до 0,08, для полиэтиленовой трубы – от 0,02 до

0,05, для стальной трубы – от 0,06 до 0,14. Также отмечено, что труба с внутренним слоем из термопластичного вулканизата имеет склонность к уменьшению шероховатости при увеличении экспозиции, что приводит к снижению удельных затрат энергии в процессе гидротранспорта на примере хвостовой пульпы Михайловского ГОКа.

В заключении диссертантом сформулированы основные результаты и выводы выполненной работы.

В целом, изложение диссертационной работы представляет логически обоснованную последовательность решения поставленных задач и полученных научных результатов в виде выводов и рекомендаций. Работа обладает внутренним единством, аргументированностью, хорошей детализацией и визуализацией излагаемого материала. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

### **Научная новизна исследований, достоверность и обоснованность полученных результатов, выводов и рекомендаций**

Научная новизна результатов исследований, полученных в процессе решения поставленных задач, и положений, выносимых на защиту, не вызывают сомнений и подтверждается следующим:

- впервые проведены комплексные сравнительные исследования стойкости к гидроабразивному износу полиолефинов, термоэластопластов и их смесей, в результате которых получены новые, ранее не известные экспериментальные сведения и данные;

- впервые установлена практически линейная зависимость между модулем механических потерь и гидроабразивным износом для полиолефинов, термоэластопластов различного химического строения и их смесей;

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

Применение современных инструментальных методов исследований, высокая точность оборудования для измерений параметров и характеристик физико-химических свойств полимерных материалов и оценки износостойкости по стандартизированным методикам испытаний, отсутствие противоречий с научно-технической информацией и неоднократное обсуждение результатов работы на международных и всероссийских научных конференциях и в научных публикациях подтверждают достоверность полученных результатов и обоснованность выводов и рекомендаций.

По материалам диссертации опубликовано 10 научных статей, в том числе 1 статья, индексируемая в международной базе Scopus, 3 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ и 1 статья, индексируемая в системе РИНЦ.

## **Теоретическая и практическая значимость**

Результаты диссертационной работы уже нашли практическое применение, что подтверждено документами, приведенными в Приложении к диссертации, а именно:

- действующими ТУ 22.21.21-049-73011750-2022 «Трубы напорные из полиэтилена с повышенной стойкостью к гидроабразивному износу»;
- инструкцией по строительно-монтажным работам ИМ.ГПП.19-19-2;
- сертификатами соответствия требованиям ТУ (СС № РОСС RU.НВ24.АПТС Н00139/23) и требованиям промышленной безопасности (СС № С-РТЭ.002.Т.У.01194);
- актами промышленных испытаний на опытно-промышленном участке ОАО «РИМ», на участке перекачки пульпы Жезказганской обогатительной фабрики и положительным отзывом по эксплуатации компании ЕвроХим-ВолгаКалий.

В рамках проведенной работы решена важная задача импортозамещения: при разработке дизайна и технологии производства труб применены только отечественные материалы - трубные марки полиэтилена и термоэластопласт марки Армен ПП ТЭП 12-55А-901.

Результаты исследований, экспериментальные данные и зависимости, приведенные в работе, без сомнения, будут полезны для разработчиков и производителей трубной продукции, а также специалистов по разработке и переработке полимерных композиционных материалов и изделий из них.

### **В качестве замечаний следует отметить:**

1. Содержание диссертационной работы излишне насыщено большим количеством (более 60) сокращений и условных обозначений, значительно осложняющих прочтение и анализ диссертационной работы.

2. Имеются некоторые неточности в формулировках и опечатки. Например, на странице 65 при описании метода измерения шероховатости внутренней поверхности труб говорится о специальном приспособлении, которое используется для фиксации образца трубы и измерительного устройства, при этом пропущен союз «и» между словосочетаниями «образца трубы» и «измерительного устройства». На странице 70 во втором абзаце грамматически неправильно сконструировано следующее предложение: «ТРV характеризуются в 2 раза лучшей стойкостью к гидроабразивному износу, чем у более твердого ТРО: степень истирания составила 3 % против 6 %». В литературном обзоре во всех приведенных уравнениях не указаны единицы измерения параметров.

Отмеченные недостатки не затрагивают общего содержания диссертации и выводы, носят характер пожеланий автору работы, не портят общего хорошего впечатления и не умоляют несомненных достоинств диссертационной работы

## Заключение

По тематике диссертация Скробнева Владимира Игоревича «Полимерные трубопроводы для горнодобывающей промышленности» соответствует паспорту научной специальности 2.6.11. «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов» в части пунктов 2, 3 и 6 направлений исследований.

Выполненная диссертационная работа «Полимерные трубопроводы для горнодобывающей промышленности» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, предусмотренных Положением о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», а ее автор Скробнев Владимир Игоревич, несомненно, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Официальный оппонент -  
главный научный сотрудник  
МЦАИ РАН,  
доктор технических наук,  
лауреат премии СМ СССР

Александр Владимирович Саморядов

11.04.2024.

Почтовый адрес: 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

Телефон: 8 (495) 334-75-39, моб. 8-(916)757-80-18

E-mail: a2612sam@yandex.ru

Подпись Саморядова А.В. удостоверяю:

Директор МЦАИ РАН,  
доктор технических наук



Ю. Г. Паршиков