

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
44.2.005.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР),
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело №

решение диссертационного совета от 26.09.2022 № 11

О присуждении Наконечной Ксении Васильевне, Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Гидроабразивное изнашивание промышленных трубопроводов коррозионно-активной промышленной средой» по специальности 2.5.3 – «Трение и износ в машинах» принята к защите 04.06.2022 г. (протокол заседания № 6) диссертационным советом 44.2.005.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», РОСЖЕЛДОР, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2., Приказ Минобрнауки РФ № 561/нк от 03.06.2021, далее – ФГБОУ ВО РГУПС.

Соискатель Наконечная Ксения Васильевна, 06 февраля 1994 года рождения, в 2016 г. окончила ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» по направлению подготовки «Безопасность технологических процессов и производств» с присуждением квалификации бакалавр. В 2018 г. с отличием окончила ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» по направлению «Промышленная безопасность предприятий ТЭК» с присвоением квалификации магистр. С 2018 г. по настоящее время проходит обучение в очной аспирантуре ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» по направлению подготовки «Машиностроение» (направленность: «Трение и износ в машинах»). Работает в ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»: с 2016 г в должности инженера кафедры «Металловедение и неметаллических материалов», с 2018 г. в должности ведущего документоведа деканата инженерной механики, а с 2022 г. по настоящее время ассистентом кафедры «Металловедение и неметаллических материалов».

Диссертация выполнена на кафедре «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования» ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Елагина Оксана Юрьевна, ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина», кафедра «Трибология и технологии ремонта нефтегазового оборудования», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты: Албагачиев Али Юсупович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом «Трение, износ, смазка. Трибология» ФБГУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук, Алексеева Мария Сергеевна, кандидат технических наук, заместитель начальника лаборатории «Металлофизических исследований» ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национальный

исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ) – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» (ФГАОУ ВО СФУ), г. Красноярск – в своем положительном заключении, подписанном д.т.н., заведующим кафедрой «Топливообеспечение и горюче-смазочные материалы» Безбородов Юрий Николаевич и к.т.н., доцентом кафедры «Топливообеспечение и горюче-смазочные материалы» Шрам Вячеславом Геннадьевичем и утвержденном проректором по научной работе, к.филос.н. Барышевым Русланом Александровичем, указала, что диссертация Наконечной Ксении Васильевны «Гидроабразивное изнашивание промышленных трубопроводов коррозионно-активной промышленной средой» выполнена на высоком научном и практическом уровне, на актуальную тему и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены новые, научно обоснованные технические разработки, обеспечивающие решение важных задач в области гидроабразивного изнашивания нефтепромышленных трубопроводов. Диссертация отвечает критериям пп. 9-14, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Наконечная Ксения Васильевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 «Трение и износ в машинах»..

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях ВАК опубликовано 4 работы, в изданиях, включенных в базу данных Web of Science и Scopus – 3 работы. Объем опубликованных работ по теме диссертации составляет 5,39 п.л. Авторский вклад – 4,17 п.л. Все публикации достаточно полно отражают основные результаты исследований и посвящены проблемам прогнозирования срока службы промышленных трубопроводов, работающих в условиях контакта с агрессивными средами, содержащими механические примеси и абразив. В диссертации предложена методика испытаний внутренних полимерных покрытий на гидроабразивное изнашивание, разработана методика расчета срока службы полимерных покрытий и стальных труб с учетом скорости гидроабразивного и абразивного изнашивания, зависящей от содержания абразива, скорости потока, давления в трубопроводе и коррозионной активности промышленной среды. На основе экспериментальных данных определен вклад изнашивающих, деградирующих и коррозионных факторов в процесс разрушения внутренних полимерных покрытий и стальных труб промышленных трубопроводов в зависимости от условий эксплуатации и состава промышленной среды. Имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Елагина О.Ю. Причины интенсификации углекислотной коррозии стального оборудования и трубопроводов нефтегазовых промыслов / Елагина О.Ю., Наконечная К.В. // Труды Российского государственного университета (национального исследовательского университета) нефти и газа имени И. М. Губкина. - 2019. - №2 /295. - С. 88-95.

2. Елагина О.Ю. Прогнозирование вероятности возникновения разгерметизации промышленных трубопроводов в зависимости от разных факторов агрессивности

сточных вод / Елагина О.Ю., Наконечная К.В. // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. - 2020. - №2 (116). - С. 92-97.

3. Елагина О.Ю. Классификация скважинных сред по степени коррозионной активности в отношении металла обсадных и насосно-компрессорных труб / Елагина О.Ю., Прыгаев А.К., Дубинов Ю.С., Вязниковцев С.Ф., Наконечная К.В. // Территория «Нефтегаз». - 2021. - № 3-4. - С. 42-49.

4. Елагина О.Ю. Исследование скорости коррозионно-механического изнашивания сталей для нефтепромысловых труб с применением модифицированной методики ASTM G65 / Елагина О.Ю., Прыгаев А.К., Наконечная К.В. // Нефтяное хозяйство. - 2021. - № 9. - С. 112-115.

5. Elagina O.Yu., Nakonechaya K.V., Prygaev A.K. The influence of aggressive environmental factors on the corrosion-mechanical wear and the risk of depressurization of oil field pipelines // Journal of Physics: Conference Series. - Krasnoyarsk, 2020. - P. 52-53.

6. Elagina O.Yu., Volkov I.V., Buklakov A.G., Nakonechnaya K.V. Welding of ring joints of field pipelines with internal corrosion-resistant surfaced layer// Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies. - 2020. - P. 012059

7. Elagina O.Yu., Nakonechaya K.V., Prygaev A.K. Investigating the rate of corrosion-mechanical wear of steel for oilfield using modified ASTM G65 method// Oil Industry. - 2021. - № 9. P. 112-115.

8. Наконечная К.В. Вероятность разгерметизации промышленного трубопровода, работающего в условиях коррозионно-механического изнашивания, на основе анализа риска // Материалы V Международной научно-практической конференции молодых ученых «Энергия молодежи для нефтегазовой индустрии». Секция 4 Транспорт и хранение нефти и газа – Альметьевск: АГНИ, 2020. – С. 559-563.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– **ведущей организации** – ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (ФГАОУ ВО СФУ). Отзыв положительный. Замечания: **1.** При рассмотрении вопросов гидроабразивного изнашивания не учтен фракционный и минералогический состав абразива, содержащегося в потоке перекачиваемой среды. **2.** В ходе проведения экспериментов в работе выбраны условия, отличающиеся от тех, которые обычно возникают в скважине и промысловых трубопроводах. Так, контактное давление 0,176 МПа существенно, на два порядка, ниже типичных давлений в нефтедобывающем оборудовании на месторождениях Восточной Сибири. **3.** При обсуждении результатов для турбулентных потоков не указывается степень турбулентности, не упоминается число Рейнольдса. **4.** Неясно, является ли удельная скорость изнашивания величиной постоянной в широком диапазоне параметров, входящих в ее вычислительную формулу. **5.** Имеют место опечатки и другие замечания редакционного характера.

– **официального оппонента** – д.т.н., профессора, заведующий отделом «Трение, износ, смазка. Трибология» ФБГУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук **Албагачиева Али Юсуповича**. Отзыв положительный. Замечания: **1.** Замечание по оформлению работы. Первое — отсутствуют объект и предмет исследований. **2.** Не указано, какой тип абразива

(форму, размер) использовали при испытаниях. Форма абразива изменяет интенсивность изнашивания в разы. 3. В формуле (3) автореферата концентрация абразива используется дважды: в удельной линейной скорости и отдельно. В формуле (5) следовало раскрыть структуру численного коэффициента 0,0078. 4. В таблице 3 при подсчете коэффициента влияния угла атаки КУА сделаны опечатки: для двухслойного покрытия №2 КУА = 0,067, а не 0,134; для двухслойного покрытия №3 КУА = 24,7, а не 12,345; для однослойного покрытия №4 КУА = 0,29, а не 0,28. 5. Нет ссылок на работы зарубежных специалистов.

– **официального оппонента** – к.т.н., заместитель начальника лаборатории металлофизических исследований НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ **Алексеевой Марии Сергеевны**. Отзыв положительный. Замечания: 1. В цели работы обозначена разработка методики оценки ресурса промысловых трубопроводов, а сама работа имеет явно выраженное практическое назначение. Поэтому имело бы смысл отдельным приложением представить конкретную методику, оформленную четко, по соответствующим строгим требованиям, а не ограничиваться только описанием алгоритма оценки ресурса. 2. В работе нечетко представлены учет различий данных коррозионных испытаний в статических условиях и их возможный уровень для динамических условий эксплуатации. 3. Имеется много неточностей, требующих редакционных правок.

На автореферат поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные.

1. **Отзыв** к.т.н., зам. генерального директора АО «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения **Харина Петра Алексеевича**. Замечания: 1. В работе в качестве критерия оценки срока службы рассмотрено утонение внутренних покрытий и стенки трубы, но не разъяснено чем обоснован выбор этих параметров при оценке ресурса трубопровода

2. **Отзыв** к.т.н., доцента, начальника научно-исследовательской лаборатории исследования конструкционных материалов филиала АО «Объединенной двигателестроительной корпорации» «Научно-исследовательского института технологии и организации производства двигателей» **Петухова Игоря Геннадьевича**. Замечания: 1. Рисунок 2 сложно читается. 2. В формуле 15 не объяснено появление коэффициента 0,5.

3. **Отзыв** д.т.н., профессора, заведующего лабораторией надежности и долговечности при термомеханических циклических воздействиях ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» РАН, **Москвитина Геннадия Викторовича**. Замечания: 1. Отсутствует экономическое обоснование получаемых по предложенной методике значений ресурса промысловых трубопроводов.

4. **Отзыв** к.т.н., заведующего лабораторией антикоррозионных и теплоизоляционных покрытий ООО «НИИ Транснефть» **Макаренко Алексея Витальевича**. Замечание: 1. При рассмотрении изнашивающего действия гидроабразивного потока на поворотных участках не ясно, учитывается ли показатели турбулентности потока.

5. **Отзыв** д.т.н., доцента, профессора кафедры «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» **Крыловой Светланы Евгеньевны**. Замечание: 1. В содержании автореферата нет

сведений о проводимых исследованиях зарубежными учеными и применяемых ими теоретических методов, о полученных результатах и достижениях.

6. Отзыв к.т.н., заместителя генерального директора ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» **Дарищева Виктора Ивановича**. Замечания: **1.** При описании результатов испытаний в автореферате не отражены полученные опытные графики. **2.** Не приведена методика обработки данных при получении коэффициентов в зависимостях для расчёта скоростей.

7. Отзыв д.т.н., профессора, заместителя председателя диссертационного совета ДС201.022.01 в НИЦ «Курчатовский институт» **Тутнова Игоря Александровича**. Замечание: **1.** На стр. 8 заявлено «Оценку величины износа образцов с полимерным покрытием после гидроабразивного изнашивания в работе предложено проводить методом профилометрии». Однако в автореферате не пояснено, почему выбран именно этот метод контроля величины износа. **2.** В автореферате представлены расчеты срока службы конкретных промышленных трубопроводов, но не указано, каким образом и кем верифицирован принятый в расчетах на прочность набор и состав исходных данных, что является важным для оценки качества расчетов и адекватности построенных моделей.

8. Отзыв д.т.н., профессора, главного научного сотрудника ФГБУН «Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН» **Куксеновой Лидии Ивановны**. Замечание: **1.** В работе недостаточное внимание уделяется свойствам поверхностных слоев материалов и покрытий, из которых изготавливаются трубы. Особенно важно при этом выявление физических процессов при разрушении (изнашивании), что позволяет обоснованно ориентироваться в выборе средств защиты от повреждаемости изделий.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием исследуемых ими научных проблем в области разработки методик трибологических испытаний и применения покрытий для защиты от износа, с темой диссертационного исследования соискателя, что подтверждено наличием публикаций по данной тематике. Выбор ведущей организации обусловлен научными направлениями и разработками её учёных в области исследования нефтегазовых промышленных трубопроводных систем и оборудования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработана** расчетно-экспериментальная методика оценки ресурса промышленного трубопровода с внутренним полимерным покрытием, определяющая вклад изнашивающего действия гидроабразивного потока, истирающего действия очистных устройств, снижения адгезионной прочности сцепления внутреннего полимерного покрытия и коррозии металла труб при длительном контакте с промышленными средами;

– **предложен** комплекс расчетных зависимостей, позволяющих оценить ресурс промышленного трубопровода, имеющего внутреннее полимерное защитное покрытие на разных стадиях его эксплуатации в промышленных средах с широким диапазоном разрушающих факторов;

– **доказаны** корректность и информативность расчетно-экспериментальной методики, показана возможность ее применения при оценке срока службы

промысловых трубопроводов, эксплуатируемых на месторождениях, разрабатываемых с применением технологий гидроразрыва пласта, а также при наличии коллекторов со слабосвязанной структурой.

Теоретическая значимость исследования обоснована следующим:

– **установлено** значительное влияние на процесс гидроабразивного изнашивания стальных промысловых трубопроводов величины рН среды;

– **применительно** к проблематике диссертации **получен и реализован** обладающий новизной комплекс расчетных зависимостей, позволяющих оценить ресурс промыслового трубопровода, имеющего внутреннее полимерное защитное покрытие на разных стадиях его эксплуатации в промысловых средах со значительным числом разрушающих факторов.;

– **изучены** вопросы влияния гидроабразивного потока промысловой среды на процесс разрушения внутренних полимерных покрытий промысловых трубопроводов. Установлено, что наибольшее влияние на процесс разрушения внутренних покрытий оказывает снижение толщины покрытия в результате износа несвязанным абразивом и декомпрессия промысловой среды;

– **раскрыты** особенности и перспективы дальнейшей разработки темы диссертационного исследования, связанные с разработкой математического инструментария оценки ресурса промысловых трубопроводов и разработка специализированного программного продукта для автоматизации расчетов и создания базы данных по износостойкости полимерных покрытий разных производителей в различных условиях эксплуатации.

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

– **разработаны и внедрены:** результаты диссертационного исследования для создания «Классификатора внутренних покрытий, поиск технологии защиты сварного стыка» по договору НТЦ-19/08000/00626/Р от 01.04.2019 г с ООО «Газпром-нефть НТЦ», принятый к внедрению ПАО «Газпром нефть». Кроме того результаты авторских научных исследований используются в учебном процессе ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» при разработке учебно-методических комплексов;

– **представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию и развитию разработанной методики испытаний на гидроабразивное изнашивание для оценки ресурса технологических трубопроводов в горнодобывающей и горно-обогатительной отраслях промышленности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **для экспериментальных работ** достоверность полученных в диссертации результатов исследований обеспечивается многократной повторяемостью экспериментальных значений; корректным проведением исследований; применением стандартизированных методик и средств измерений, прошедших государственную проверку; обработкой полученных данных в соответствии с классическими положениями теории математической статистики;

– **теория** основана на установленных и проверенных данных и фактах, согласуется с ранее опубликованными источниками по теме диссертации;

– **идея базируется** на обобщении оценки влияния на полимерное покрытие промышленных труб комплекса изнашивающих факторов, возникающих при контакте трубопровода с гидроабразивным потоком, деградации полимера под действием агрессивных компонентов промышленной среды и ввода коэффициентов, определяющих вклад каждого из факторов в процесс разрушения.

Для определения срока службы промышленного трубопровода, в зависимости от фактических условий его эксплуатации, необходимо проводить полную оценку ресурса, как внутреннего покрытия, так и металла трубы в зависимости от фактических условий его эксплуатации;

Обоснованность разработанных автором расчетных зависимостей подтверждается их удовлетворительной сходимостью с результатами экспериментальных данных.

– **использованы** современные апробированные методики проведения экспериментов и обработки полученных экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя в диссертационную работу заключается в самостоятельной разработке методики оценки ресурса промышленных трубопроводов, эксплуатируемых в условиях перекачки гидроабразивного потока промышленной среды, проведении экспериментальных исследований и получении расчетных зависимостей для определения скорости гидроабразивного изнашивания полимерных покрытий и металла промышленных труб. Также автор принимал участие в написании и подготовке статей и докладов по результатам исследований.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

- о необходимости включения физико-механических характеристик полимерных покрытий в полученные зависимости интенсивности изнашивания, что позволит определять их износостойкость без проведения всего цикла экспериментальных исследований;

- автору следует учесть, что предложенная расчетно-экспериментальная методика требует разработки специального программного продукта и базы экспериментальных данных по скорости изнашивания различных полимерных покрытий для удобства использования при проектировании промышленных трубопроводных систем.

Соискатель Наконечная К.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию базирующуюся на том, что проведенные исследования показали отсутствие функциональной взаимосвязи между регламентированными в стандартах характеристиками полимерных покрытий и их стойкостью к изнашиванию в условиях гидроабразивного потока. Включение в полученные зависимости физико-механических характеристик полимерных покрытий требует проведения дополнительных исследований по поиску показателя, который может выступить в качестве критерия износостойкости, что планируется сделать при дальнейшем развитии работы.

Разработка специализированной программы, сбор и наполнение базы данных по применяемым в отрасли полимерным покрытиям в настоящее время обсуждается для компании ПАО «Транснефть» и планируется выполнить её на базе стандартных программных пакетов.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач, обладает внутренним единством, что подтверждается корректной постановкой цели и задач исследований; содержит новые научные результаты, а также свидетельства личного вклада автора в науку. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании «26» сентября 2022 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения, направленные на развитие научно-методических подходов к оценке ресурса при гидроабразивном изнашивании коррозионно-активной промышленной средой, присудить Наконечной К.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 11 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
44.2.005.01 академик РАН,
д-р техн. наук, профессор



Колесников Владимир Иванович

Ученый секретарь диссертационного
совета 44.2.005.01
д-р техн. наук, профессор

Щербак Петр Николаевич

«26» сентября 2022 г.