



УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель  
генерального директора  
ООО «НИИ Транснефть»

д.т.н. Неганов Д.А.

«15» мая 2023 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации – Общества с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»)  
на диссертационную работу Мусихина Алексея Сергеевича  
на тему «Электроискровой контроль сплошности и недопустимых утонений диэлектрических покрытий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.9. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)».

#### На отзыв представлены:

1. Диссертация объемом 139 стр., включающая в себя: введение, 5 глав, заключение, список литературы из 93 наименований, 69 рисунков, 7 таблиц, 4 приложения.
2. Автореферат, в котором дана общая характеристика работы, кратко изложено основное содержание, приведены основные результаты исследования. Также приведен список опубликованных работ соискателя по теме диссертации, который включает 5 наименований, в том числе 3 публикации в рецензируемых журналах (включены в список ВАК), 1 патент.

На основании анализа представленных материалов можно сделать следующие заключения и выводы.

#### Общая характеристика диссертационной работы.

Диссертационная работа Мусихина Алексея Сергеевича посвящена развитию теоретических основ и расширению области применения одного из эффективных методов электрического вида неразрушающего контроля качества – электроискрового контроля.



Целью исследования является повышение эффективности и достоверности электроискрового метода неразрушающего контроля качества диэлектрических покрытий, нанесенных на электропроводящее основание, путем совершенствования методических принципов применения данного метода, разработки моделей процессов контроля, а также оптимизации конструктивных решений и режимов работы оборудования.

Анализ литературных данных и опыт работы по созданию оборудования для электроискрового контроля позволил автору выделить перспективные направления развития метода, включая расширение диапазона толщин контролируемых покрытий и снижение испытательного напряжения. Представленные в диссертационной работе результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований подтверждают, что поставленную цель автор работы достиг.

### **Структура и основное содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность исследования, поставлены цели и задачи работы, сформулирована научная новизна, показана теоретическая и практическая значимость работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** представлен обзор объектов контроля и дефектов диэлектрических покрытий на электропроводящих основаниях. Проведен сравнительный анализ методов и приборов неразрушающего контроля, позволяющих выявлять дефекты сплошности покрытия, измерять его толщину. Обоснована целесообразность совершенствования существовавших ранее технологий электроискрового контроля.

**Во второй главе** для электродов различной формы построены модели распределения напряженности электрического поля в промежутке между электродом и электропроводящим основанием при наличии в этом промежутке незлектропроводящего покрытия. Учтены условия ионизации воздушной среды, форма электрода, характерные расстояния в контролируемой системе. По результатам расчетов напряжения возникновения искрового разряда при наличии сквозного и несквозного дефекта покрытия определены информативные параметры, определяющие достоверность контроля.

**В третьей главе** исследовано влияние неоднородности распределения электрического поля, формируемого системой электродов в зоне контроля, на пробивное напряжение воздушных промежутков. Показано влияние формы электрода и полярности импульсного испытательного напряжения на выявляемость дефектов при электроискровом контроле. Теоретически и экспериментально подтверждена возможность выявления недопустимых утонений диэлектрических покрытий при электроискровом контроле покрытий толщиной от 50 мкм до 25 мм.

**В четвертой главе** приводится разработка требований к форме и размерам электродов, формирующих необходимое сильнонеоднородное поле. Показана необходимость использования импульсы положительной полярности длительностью не более 30 мкс и приведена разработанная схема формирования такого импульсного испытательного напряжения. Также выполнена оценка вероятности обнаружения дефектов при заданном

испытательном напряжении. По результатам исследования разработаны основные положения методики контроля покрытий в производственных условиях.

В пятой главе выполнены экспериментальные исследования, подтверждающие разработанные теоретические положения на примере выявления электрической прочности дефектных участков покрытий. Описаны общие принципы создания оборудования для ручного и автоматизированного электроискрового контроля, реализующего результаты исследований. Приведены примеры разработанного оборудования и методики выявления сквозных и несквозных дефектов диэлектрических покрытий.

#### **Актуальность темы диссертации**

Один из основных способов защиты металлоконструкций от коррозии – покрытие их различными неметаллическими материалами. Характерная толщина лакокрасочных и эпоксидных покрытий, которые наносятся на металлоконструкции надземной и наземной прокладки: трубопроводы, резервуары, корпуса различного оборудования, составляет доли миллиметра. В некоторых случаях используют покрытия усиленного типа толщиной 2 – 4 мм. Подземные трубопроводы обычно защищают пленочными покрытиями или экструдированным полиэтиленом. Используются также неэлектропроводящие термоусаживающиеся материалы. В этих случаях толщина покрытий может составлять 15 мм и более. Легко представить себе объемы работ по нанесению и контролю качества указанных неэлектропроводящих покрытий, если учесть, что протяженность только магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов на территории России составляет не менее 70 тыс. км. Объемы работ тем более велики, что контроль состояния антикоррозионных покрытий проводится как на этапе изготовления трубопроводов и других металлоконструкций, так и при их диагностировании в процессе эксплуатации. При этом применяемые методы и средства контроля должны обеспечивать выявление повреждений покрытий толщиной от долей миллиметра до 15 мм и более с высокой производительностью.

Поскольку электроискровой метод является одним из наиболее высокопроизводительных методов контроля качества диэлектрических покрытий указанных толщин на электропроводящих основаниях, то представляется, что диссертационная работа Мусихина А.С., посвященная теоретическому и экспериментальному обоснованию путей совершенствования этого метода, в том числе – в автоматизированном режиме, представляется актуальной и своевременной.

Разработанные в диссертационной работе модели распределения напряженности неоднородного электрического поля в системе «электрод – диэлектрическое покрытие – электропроводящее основание» позволили автору проанализировать влияние контролируемых параметров покрытий (сплошность, электрическая прочность) и помех различной природы на выбор характеристик электроискровых дефектоскопов, реализовать аппаратные решения и методическую базу для разработки средств контроля диэлектрических покрытий в расширенном диапазоне толщин (от 50 мкм до 25 мм). Полученные теоретические и экспериментальные зависимости электрической прочности покрытий от их толщины, а также



предложенные алгоритмы обработки результатов контроля, позволяют существенно повысить эффективность выявления сквозных дефектов и недопустимых утонений электроискровым методом.

Проведенные А.С. Мусихиным исследования процессов формирования сильнонеоднородных электрических полей и искрообразования в межэлектродном промежутке с учетом влияния толщины и сплошности покрытий при проведении электроискрового контроля являются актуальными и представляют научный и практический интерес.

**Научная значимость работы** состоит в следующем:

- установлено, что формирование сильнонеоднородного электрического поля определенной конфигурации в контролируемой области покрытия при проведении электроискрового контроля позволяет понизить пробивное напряжение при выявлении сквозных дефектов покрытий;

- на основании выполненного численного моделирования напряженности электрического поля в системе «электрод – покрытие с дефектом – электропроводящее основание» показано влияние конструкции, формы и размера электрода на параметры сильнонеоднородного электрического поля, формируемого в зазоре между элементами этой системы, и разработаны принципы оптимизации конструкции электродов;

- впервые получены расчетные и экспериментальные зависимости электрической прочности многокомпонентных промышленных диэлектрических покрытий от их толщины и сплошности, позволяющие с использованием электроискрового метода выявлять в покрытиях такие дефекты, как недопустимые утонения или инородные включения;

- установлено, что для повышения достоверности выявления дефектов необходимо учитывать полярности испытательного напряжения совместно с неоднородностью формируемого электрического поля и свойствами диэлектрических покрытий.

**Практическая значимость полученных результатов** заключается в следующем:

- предложены общие принципы создания электродов, позволяющих формировать в области контроля резконеоднородное электрическое поле, снижая тем самым пробивное напряжение воздушного промежутка и как следствие снижая минимальное испытательное напряжение при контроле покрытия заданной толщины;

- разработана методика выбора параметров электроискрового контроля диэлектрических покрытий, позволяющего выявлять сквозные и несквозные дефекты в покрытиях, в том числе: предложенные методические подходы к выбору и снижению испытательного напряжения позволяют снизить риск повреждения особо тонких покрытий при электроискровом контроле. Это относится в первую очередь к покрытиям толщиной от 50 мкм, характерной для большой номенклатуры антикоррозионных лакокрасочных покрытий;

– разработана электрическая схема формирования импульсов испытательного напряжения необходимой полярности, которые могут быть использованы для выявления несплошностей в диэлектрических покрытиях толщиной от 50 мкм;

– результаты исследований использованы при разработке ручных и автоматизированных электроискровых дефектоскопов серии «Корона», производимых ООО «КОНСТАНТА». Дефектоскопы используются в промышленности, в том числе – на объектах трубопроводного транспорта, для выявления дефектов покрытий в диапазоне толщин от 50 мкм до 25 мм.

**Достоверность полученных результатов работы** подтверждена путем сопоставления экспериментальных и расчетных данных с результатами компьютерного моделирования, а также логичной интерпретацией результатов на основании известных физических моделей. Материалы диссертации в необходимом объеме представлены в публикациях в рецензируемых научных журналах, обсуждались на научных конференциях по неразрушающему контролю и технической диагностике в период 2019 – 2022 годы.

К диссертационной работе имеются замечания:

1. При расчетах параметров неоднородного электрического поля, рекомендованного для электроискрового контроля покрытий, а также в экспериментах, в том числе – при статистической обработке полученных результатов, в качестве моделей дефектов использованы сквозные сверления и уменьшение толщины покрытий. При этом в перечне встречающихся дефектов в главе 1 отмечено возможное наличие в покрытиях плоскостных дефектов, например, разнонаправленных трещин и их групп. Целесообразно было бы привести статистические данные по выявлению таких дефектов, в том числе с учетом возможных диапазонов ориентации дефектов.

2. Экспериментальные результаты получены на однослойных покрытиях и многослойных покрытиях из органического стекла, а также некоторых эмалей, а при расчетах электрической прочности покрытий используется их однослойная модель. При этом в разделе 2.3 для расчета напряженности электрического поля приведена полуэмпирическая формула (2.4) и отмечено, что ее можно применять к различным материалам и к многослойным покрытиям. Однако этот тезис не развернут, не представлены результаты применительно к многослойным покрытиям из различных материалов (полиэтиленовые, эпоксидные покрытия и др.).

3. В работе не отмечено важное для практики ограничение возможности применения электроискрового метода контроля покрытий на действующих пожаро- взрывоопасных объектах. Применение данного метода контроля на таких объектах возможно только после вывода их из эксплуатации, тщательной зачистки от легковоспламеняющихся материалов и дегазации.

Также в тексте диссертации и автореферата имеются опечатки, в том числе:

– автореферат, стр. 9: «... электропроводящих ... бетонных изделий ...»,

– диссертация, стр. 59: некорректно прописано предложение со структурной формулой вещества, поскольку Polyene-N – это коммерческое название поли-п-ксилена, который является линейным полимером п-ксилилена, получаемого методом пиролитической полимеризации п-ксилола;

– диссертация, стр. 65: не указаны численные значения температуры и влажности, которые автор относит к типичным условиям «улица, поздняя осень» и «лабораторные/цеховые условия в отапливаемом помещении»;

– диссертация, стр. 66: на рисунке 2.3.3 приведена не экспериментальная установка, а фотография области контроля образца;

– диссертация, стр. 102: на рисунке 4.3.1 не указаны цифрами объекты контроля.

Приведенные замечания не снижают общую положительную оценку работы, научную и практическую ценность результатов, полученных автором.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Использование разработанных автором диссертации принципов и результатов расчетов параметров электроискрового контроля, в том числе предложения по снижению испытательного напряжения и разработанные конструкции и формы электродов, рекомендуется применять для получения важных для практики эмпирических зависимостей испытательного напряжения для многослойных покрытий и материалов, которые применяются для антикоррозионной и механической защиты наружной поверхности магистральных трубопроводов надземной и подземной прокладки, наружной и внутренней поверхностей конструкций стальных резервуаров.

#### **Заключение (выводы о работе)**

Диссертационная работа Мусихина Алексея Сергеевича на тему «Электроискровой контроль сплошности и недопустимых утонений диэлектрических покрытий» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с пп.9-14 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 (в редакции от ред. от 26.09.2022) N 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация содержит новые научные результаты и представляет собой самостоятельную завершённую научно-квалификационную работу. В ней получены научно обоснованные технические решения, направленные на повышение достоверности выявления дефектов антикоррозионных покрытий из неэлектропроводящих материалов.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.5.9 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)», а ее автор – Мусихин Алексей Сергеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности 2.5.9.

Отзыв и диссертация рассмотрены на расширенном заседании отдела технических обследований Центра технологии строительства, обследования зданий и сооружений



трубопроводного транспорта ООО «НИИ Транснефть», с участием членов секции «Строительство и мониторинг объектов магистрального трубопроводного транспорта» Ученого совета ООО «НИИ Транснефть», деятельность которых соответствует теме диссертации. Дата проведения заседания 05 мая 2023 г., протокол № 05/01.

Главный научный сотрудник отдела технических обследований центра технологии строительства, обследования зданий и сооружений трубопроводного транспорта ООО «НИИ Транснефть», доктор технических наук, **специальность 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»**  
117186, г. Москва, Севастопольский пр., д. 47а  
Тел. +7 495 950-82-05, доб. 28-70.  
Электронный адрес: MogilnerLY@niitnn.transneft.ru  
niitnn@niitnn.transneft.ru

  
Л.Ю. Могильнер

Старший научный сотрудник лаборатории антикоррозионных и теплоизоляционных покрытий, отдела труб и антикоррозионных покрытий центра эксплуатации и механо-технологического оборудования трубопроводного транспорта ООО «НИИ Транснефть», кандидат химических наук, **специальность 02.00.04 Физическая химия**  
117186, г. Москва, Севастопольский пр., д. 47а  
Тел. +7 495 950-82-05, доб. 46-24.  
Электронный адрес: PetrovaIO@niitnn.transneft.ru  
niitnn@niitnn.transneft.ru

  
И.О. Петрова

 Подпись Л.Ю. Могильнера заверяю  
Начальник отдела кадров ООО «НИИ Транснефть»

  
Е.В. Кирдина

 Подпись И.О. Петровой заверяю  
Начальник отдела кадров ООО «НИИ Транснефть»

  
Е.В. Кирдина

**Сведения о ведущей организации:**




Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»).

Адрес: 117186, г. Москва, Севастопольский проспект, д. 47А. Тел.: (495)-950-82-95

Электронная почта: niitnn@niitnn.transneft.ru\_ Сайт: <http://www.niitnn.transneft.ru>

Генеральный директор Наумов Андрей Олегович

Первый заместитель генерального директора Неганов Дмитрий Александрович

*С отзывом ознакомлен*  
24.05.2023   

## **Сведения о ведущей организации**

по диссертации Мусихина Алексея Сергеевича на тему «Электроискровой контроль сплошности и недопустимых утонений диэлектрических покрытий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.9. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)»

Полное наименование: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта»

Краткое наименование: ООО «НИИ Транснефть»

Почтовый адрес: 117186, г. Москва, Севастопольский проспект, д. 47А.

Тел.: (495) 950-82-95

E-mail: [niitnn@niitnn.transneft.ru](mailto:niitnn@niitnn.transneft.ru);

Сайт: [www.niitnn.transneft.ru](http://www.niitnn.transneft.ru)

Генеральный директор Наумов Андрей Олегович

Первый заместитель генерального директора Неганов Дмитрий Александрович

**Основные научные направления деятельности организации связаны с вопросами строительства и эксплуатации объектов трубопроводного транспорта, в том числе:**

1. Технология строительства, обследования зданий и сооружений.
2. Мониторинг объектов и геоинформационные системы.
3. Эксплуатация и механо-технологическое оборудование.
4. Гидравлика трубопроводного транспорта.
5. Автоматика, энергетика и сертификация оборудования.

**Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация (работники ООО «НИИ Транснефть» из числа авторов ниже отмечены знаком \*):**

1. Скуридин Н.Н.\*, Могильнер Л.Ю. \*, Сергеевцев Е.Ю.\*, Графов Н.С.\* Анализ повреждений и износа строительных конструкций зданий на объектах магистральных трубопроводов // Безопасность труда в промышленности, 2018, № 7, с. 29 – 34.

2. Могильнер Л.Ю. \*, Смородинский Я.Г. Ультразвуковая дефектоскопия: настройка и поверка оборудования по образцам с цилиндрическим сверлением // Дефектоскопия, 2018, №9, с. 14 – 21.

3. Ревин П.О. \*, Осина И.О. \*, Макаренко А. В.\* Разработка и обоснование требований к ускоренным лабораторным испытаниям для прогнозирования



срока службы антикоррозионных покрытий // Коррозия. Территория Нефтегаз. №1. 2018. с. 50 – 55.

4. Макаренко А. В. \*, Осина И.О. \*, Мамонов С.В. Применение композитных материалов для защиты портовых сооружений от коррозии и механических повреждений // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов», 2018 г., № 5, С. 572 – 578.

5. Ревин П.О. \*, Макаренко А.В. \*, Губенков А.А. Современные методы ремонта изоляционного покрытия трубопроводов подземной прокладки в полевых условиях // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов 2018 г. Т.8. №4. С. 412 – 419.

6. Неганов Д.А. \*, Филиппов О.И., Михайлов И.И. \*, Гейт А.В. \*, Голосов П.С.\* Применение метода TOFD для контроля разнотолщинных сварных соединений стенок вертикальных стальных резервуаров // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2019. Т. 9. № 3. С. 306 – 314.

7. Могильнер Л.Ю. \*, Временко А.В., Скуридин Н.Н.\*, Придеин О.А.\* Опыт применения электромагнитно-акустических толщиномеров при диагностировании металлоконструкций и механо-технологического оборудования // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, 2019. Том 9. №3. С. 315 – 325.

8. Могильнер Л.Ю. \*, Скуридин Н.Н.\*, Студенов Е.П.\* Контроль напряженно-деформированного состояния металлоконструкций на площадочных объектах трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов: состояние и перспективы. – Нефтяное хозяйство, 2019, №11, с. 144 – 148.

9. Зорин Е. Е. \*, Деркач Д.В.\* Пути повышения сопротивляемости технологических трубопроводов коррозионно-эрозионному разрушению // Магистральные и промысловые трубопроводы: проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт: научно-технический сборник № 2 – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2020. - С.26 – 31.

10. Неганов Д. А. \*, Зорин Н. Е. \*, Зорин А. Е.\* Анализ и перспективы развития методических подходов к планированию работ по капитальному ремонту магистральных нефтегазопроводов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2020. Т. 10. № 3. С. 263 – 275.

11. Могильнер Л. Ю. \*, Придеин О. А. \*, Сергеевцев Е. Ю.\* Применение комплекса методов неразрушающего контроля для диагностирования

фундаментов насосных агрегатов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2020. Т.10. №2. С. 164 – 172.

12. Алешин Н.П., Могильнер Л.Ю. \*, Крысько Н.В. О взаимодействии упругих волн с «полупрозрачными» дефектами // Дефектоскопия. 2020. №6. С. 3 – 13.

13. Алешин Н.П., Могильнер Л.Ю. \*, Крысько Н.В., Кусый А.Г. Исследование применимости технологии T<sub>OFD</sub> для контроля сварных соединений труб из полиэтилена // Дефектоскопия. 2020. №10. С. 3 – 11.

14. Алешин Н.П., Крысько Н.В., Щипаков Н.А., Могильнер Л.Ю.\* Оптимизация параметров механизированного ультразвукового контроля протяженных сварных швов // Наука и технология трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, 2020. Т.10. №6. С. 352 – 363.

15. Алешин Н.П., Могильнер Л.Ю. \*, Козлов Д.М. Особенности ультразвукового контроля сварных стыковых соединений полиэтиленовых труб // Вестник машиностроения. 2020. №11. С. 46 – 52.

16. Могильнер Л.Ю. \*, Скуридин Н.Н. \*, Власов Н.А. \*, Хузяганиев И.А.\* Применение методов неразрушающего контроля качества при обследовании состояния систем молниезащиты пожаро-взрывоопасных объектов // Дефектоскопия. 2020. №11. С. 58 – 64.

17. Могильнер Л.Ю. \*, Рудоманов А.В., Скуридин Н.Н. \*, Власов Н.А.\*, Немчиков И.В.\* Анализ подходов к организации систем молниезащиты и заземления по стандартам ПАО «Транснефть» и зарубежным стандартам: практический опыт обследования объектов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Том 11. №1. С. 21 – 31.

18. Ефремов А.М., Волянский П.Д., Ревин П.О. \*, Ануфриев С.В.\* Применение заводских эпоксидных покрытий для антикоррозионной защиты подземных трубопроводов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. № 3. С. 293 –303.

19. Алешин Н.П., Могильнер Л.Ю. \*, Крысько Н.В., Придеин О.А. \*, Идрисов М.Т.\* Особенности обнаружения трещин при ультразвуковом контроле сварных соединений стенки РВС // Нефтяное хозяйство. 2022. № 1. С. 86-91.

20. Алешин Н.П., Могильнер Л.Ю. \*, Крысько Н.В., Придеин О.А. \*, Идрисов М.Т.\*, Кусый А.Г. Возможности контроля сварных соединений стенки стальных резервуаров с применением ультразвукового и вихретокового методов // Дефектоскопия. 2022. № 8. С. 3-11.

21. Алешин Н.П., Могильнер Л.Ю. \*, Крысько Н.В., Придеин О.А. \*, Идрисов М.Т. \*, Кусый А.Г. Оценка достоверности контроля сварных соединений стенки стальных резервуаров с применением ультразвукового и вихретокового методов // Дефектоскопия. 2022. № 9. С. 3-13.

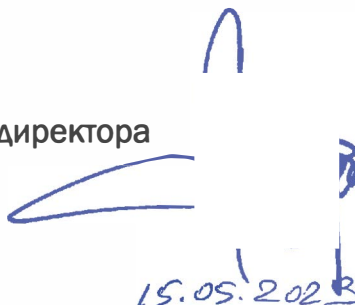
22. Ревин П.О. \*, Макаренко А.В. \*, Харисов Р.А. \*, Фархетдинов И.Р.\* Исследование свойств антикоррозионных покрытий подводного нанесения для защиты портовых сооружений // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. Т. 12. № 4. С. 385–393.

23. Ревин П.О. \*, Макаренко А.В.\* Исследование долговечности антикоррозионных покрытий для защиты причальных сооружений // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. Т. 12. № 5. С. 470–479.

24. Зорин Е.Е. \*, Деркач Д.В.\* , Пирожков В.Г. Особенности разрушения технологических трубопроводов, транспортирующих коррозионно-активные углеводороды с высокими параметрами // Нефтяное хозяйство. 2022. № 7. С. 136-139.

25. Зорин Е.Е. \*, Деркач Д.В. \*, Кравчени М.С. Выбор материалов и технологий для трубопроводов, транспортирующих коррозионноактивные среды, с использованием нейронных сетей // Естественные и технические науки. 2022. №11(174). С. 271-276.

Первый заместитель генерального директора  
ООО «НИИ Транснефть»



Handwritten signature and date: 15.05.2023

Д.А. Неганов