

МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН
Государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«АЛМЕТЬЕВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА НЕФТИ»
ул. Советская, 186А, г. Альметьевск, 423462

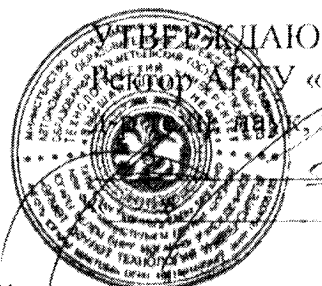


ТАТАРСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
МӘГАРИФ БӘМ ФӘН
МИНИСТРЛЫГЫ
Дәүләт автоном
югары белем бирү
мәгариф учреждениесе
«ӘЛМӘТ ДӘУЛӘТ
ТЕХНОЛОГИЯ УНИВЕРСИТЕТЫ
«НЕФТЬ ЮГАРЫ МӘКТӘБЕ»
Советская ур. 186А, Әлмәт шәһ., 423462

Тел.: (8553) 31-09-00 (доб.54000), e-mail: p.agni@agni-rt.ru, info@agni-rt.ru, сайт: <https://agty-vshn.rp>

31.08.2026. № 3420/1-25

На № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ
Ректор АГТУ «ВШН»
Дьяконов А.А., проф.

А.А. Дьяконов
2026г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию

Чжао Фумин

на тему: «Совершенствование методов обнаружения утечек газа
на труднодоступных участках распределительных полиэтиленовых
газопроводов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов,
баз и хранилищ

1. Актуальность темы диссертации

Полиэтиленовые распределительные газопроводы являются важным элементом современных систем городского газоснабжения. Их широкое применение обусловлено коррозионной стойкостью, технологичностью монтажа и сравнительно низкими эксплуатационными затратами. Вместе с тем увеличение протяженности распределительных сетей, рост плотности городской застройки, наличие пересечений с другими подземными коммуникациями и ограниченный доступ к отдельным участкам трассы повышают требования к оперативности и достоверности контроля технического состояния газопроводов.

Утечки природного газа на подземных и труднодоступных участках представляют повышенную промышленную, экологическую и социальную опасность, поскольку могут приводить к аварийным ситуациям, взрывам и пожарам, потерям энергоресурса и выбросам метана в окружающую среду. Традиционные способы выявления утечек, включая обход трассы, локальные измерения давления, применение газоанализаторов, мыльного раствора и

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-549 от 14.09.26
АУ УС

выборочных раскопок, не обеспечивают непрерывного наблюдения и требуемой точности локализации в условиях протяженных распределительных сетей. С позиций промышленной безопасности раннее выявление таких утечек является превентивной мерой, направленной на предотвращение формирования взрывоопасных газовоздушных смесей, повреждения смежных инженерных коммуникаций и угрозы для населения в зоне прохождения трассы газопровода.

В этой связи диссертационная работа Чжао Фумин, направленная на совершенствование методов обнаружения утечек газа на труднодоступных участках распределительных полиэтиленовых газопроводов путем совмещения распределенного акустического и температурного волоконно-оптического мониторинга с расчетной верификацией событий по отрицательной волне давления, является актуальной научно-технической работой, имеющей существенное значение для повышения безопасности эксплуатации газораспределительных систем. Особая практическая ценность исследования заключается в том, что предлагаемый подход ориентирован не только на фиксацию факта утечки, но и на сокращение времени реагирования эксплуатационных служб, что непосредственно связано с предупреждением аварийных ситуаций и повышением уровня промышленной безопасности объектов газораспределения.

Для достижения поставленной цели соискателем решен ряд задач: выполнен анализ отечественного и зарубежного опыта обнаружения утечек и локализации подземных полиэтиленовых газопроводов; исследованы возможности существующих методов контроля; выполнены теоретические исследования переходных процессов и отрицательной волны давления; обоснована структура комплексной системы мониторинга на основе DFOS с каналами DAS и DTS; разработаны математические модели и алгоритмы обработки диагностических сигналов.

2. Научная новизна и соответствие диссертации паспорту специальности

Научная новизна диссертации состоит в развитии комплексного подхода к обнаружению и локализации утечек газа в распределительных полиэтиленовых газопроводах, который учитывает физически различные проявления одного аварийного процесса: акустический отклик струйного истечения, температурную аномалию, связанную с эффектом Джоуля-Томсона, и фронт отрицательной волны давления.

К наиболее значимым новым результатам работы следует отнести:

1. установление пространственно-временных закономерностей формирования акустического отклика и температурной аномалии в зоне утечки газа, характеризующих связь между моментом развития утечки, координатой дефекта и параметрами регистрируемых сигналов;
2. разработку комплексного метода обнаружения и локализации утечек на труднодоступных участках распределительных полиэтиленовых газопроводов, основанного на совместном применении распределенного акустического и распределенного температурного волоконно-оптического мониторинга с верификацией события по отрицательной волне давления;
3. разработку алгоритмов обработки и мультисенсорного объединения диагностических сигналов, а также алгоритмов валидации результатов по

показателям вероятности обнаружения, времени обнаружения, частоты ложных тревог и ошибки локализации;

4. получение количественной оценки эффективности совместной схемы DAS + DTS, обеспечивающей вероятность обнаружения утечки до 98 % и ограничение ошибки локализации до 1,97 м при приемлемом времени реакции.

Полученные результаты соответствуют паспорту специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», в частности направлению, связанному с методами и средствами мониторинга, диагностики, моделирования, автоматизации и цифровизации процессов эксплуатации систем трубопроводного транспорта, газоснабжения и других трубопроводных систем. Тем самым диссертация соответствует направленности специальности в части повышения надежности и безопасности использования ресурса трубопроводных конструкций, а также совершенствования диагностического обеспечения безопасной эксплуатации газораспределительных систем.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается корректной постановкой цели и задач исследования, анализом значительного объема отечественных и зарубежных источников, использованием современных методов математического моделирования переходных процессов, теории распространения волн, согласованной обработки полей, цифровой обработки сигналов и статистической оценки качества детектирования.

Достоверность результатов подтверждается сочетанием расчетных исследований, численного моделирования, экспериментальной проверки и опытно-эксплуатационной апробации. В работе использованы каналы DAS и DTS, данные телеметрии давления и расхода, а также показатели POD, FAR, TTD и LE, что позволяет сопоставлять различные конфигурации системы мониторинга не только качественно, но и количественно.

Экспериментальная проверка выполнена на полигоне, включающем участок полиэтиленового газопровода ПЭ100 SDR11 диаметром 110 мм, уложенный на глубине порядка 1,3-1,8 м в песчаных и суглинистых грунтах. Испытания проведены при моделировании утечек с различным положением дефекта диаметром 2-5 мм в диапазоне давлений 0,2-0,6 МПа. Дополнительная опытно-эксплуатационная проверка на распределительных сетях повышает практическую убедительность полученных результатов.

Представленные в автореферате данные показывают, что в канале DAS после открытия дефекта формируется устойчивый виброакустический отклик, а в канале DTS фиксируется локальная отрицательная температурная аномалия. Совместное использование этих признаков с верификацией по отрицательной волне давления является методически обоснованным и позволяет снижать влияние внешних вибрационных и температурных помех. С точки зрения безопасности данный результат имеет принципиальное значение, поскольку мультисенсорная верификация снижает вероятность пропуска опасного события и уменьшает риск необоснованных аварийных выездов при ложных срабатываниях.

4. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии представлений о формировании диагностических признаков утечки газа в системе «полиэтиленовый газопровод - грунт - волоконно-оптический кабель», а также в разработке расчетно-алгоритмического подхода к объединению акустических, температурных и гидродинамических признаков аварийного события.

Практическая значимость работы состоит в разработке архитектуры комплексной системы распределенного волоконно-оптического мониторинга распределительных полиэтиленовых газопроводов, включающей одномодовый волоконно-оптический кабель, интеррогаторы DAS и DTS, программные средства фьюжн-аналитики, геопривязку событий и интеграцию с телеметрией давления и расхода. Предложенный подход ориентирован на непрерывный неинвазивный контроль без нарушения целостности полиэтиленовой трубы, что особенно важно для труднодоступных участков.

С практической точки зрения существенное значение имеют результаты, согласно которым совместная обработка данных DAS + DTS обеспечивает вероятность обнаружения 0,98, среднее время реакции 1,49 мин и ошибку локализации порядка $\pm 1,97$ м. Данные показатели позволяют рассматривать предложенную систему как перспективную основу для цифрового мониторинга распределительных газопроводов, снижения потерь газа, уменьшения выбросов метана и сокращения объемов ручных обследований трассы. Указанные показатели имеют прямое значение для промышленной безопасности, поскольку сокращение времени обнаружения и повышение точности локализации позволяют быстрее изолировать опасный участок, ограничить развитие аварийной ситуации и снизить вероятность воспламенения или взрыва газозооушной смеси.

Результаты диссертационного исследования приняты к внедрению на предприятии ПАО «Балтийская Жемчужина» в виде методических рекомендаций по мониторингу утечек газа на распределительных полиэтиленовых газопроводах. Также разработана программа для расчета утечек газа в полиэтиленовых газопроводах с помощью распределенного волоконно-оптического мониторинга, что подтверждается свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025690988.

5. Апробация работы и публикации

Основные положения и результаты диссертационной работы прошли апробацию на научно-практических конференциях и семинарах, включая международные научно-технические мероприятия по проблемам транспорта и хранения углеводородных ресурсов, недропользования, технологий обнаружения и разведывательных систем, а также новых технологий неразрушающего контроля.

Результаты диссертации опубликованы в 4 печатных работах, в том числе в 2 статьях в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий и в 2 статьях, индексируемых в международных базах данных Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Количество и уровень публикаций в целом соответствуют характеру выполненного кандидатского диссертационного исследования.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать при разработке, проектировании и опытной эксплуатации систем непрерывного мониторинга распределительных полиэтиленовых газопроводов, особенно на участках с ограниченным доступом, плотной городской застройкой, пересечениями с другими подземными коммуникациями, повышенным транспортным шумом и сложными грунтовыми условиями.

Разработанные модели, алгоритмы обработки сигналов и методику валидации целесообразно применять в газораспределительных организациях при выборе конфигурации систем мониторинга, обосновании порогов срабатывания, оценке вероятности обнаружения и погрешности локализации утечек. Полученные результаты могут быть также использованы в учебном процессе по направлениям, связанным с эксплуатацией трубопроводных систем, технической диагностикой, промышленной безопасностью и цифровым мониторингом объектов газоснабжения. Кроме того, результаты целесообразно использовать при разработке мероприятий по управлению рисками промышленной безопасности, планировании профилактического контроля и формировании цифровых контуров раннего предупреждения аварий на распределительных газопроводах.

7. Замечания и вопросы по диссертационной работе

При общей положительной оценке диссертационной работы следует отметить следующие замечания и вопросы:

1. В автореферате недостаточно подробно раскрыта методика учета неоднородности грунтов, сезонной температурной изменчивости и влажности грунтовой среды при выборе порогов срабатывания каналов DAS и DTS.
2. Требуется более детальное пояснение алгоритм синхронизации данных распределенного акустического и температурного мониторинга с телеметрией давления и расхода, особенно при различной частоте дискретизации и различном времени отклика измерительных каналов.

Указанные замечания и вопросы не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, ее научной новизны, достоверности полученных результатов и практической значимости.

Заключение по диссертации

Диссертация Чжао Фумин на тему «Совершенствование методов обнаружения утечек газа на труднодоступных участках распределительных полиэтиленовых газопроводов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ», является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности обнаружения и локализации утечек газа на труднодоступных участках распределительных полиэтиленовых газопроводов. Полученные автором результаты направлены на предупреждение аварийных ситуаций, снижение риска неконтролируемого выхода газа и повышение

защищенности населения, объектов городской инфраструктуры и окружающей среды при эксплуатации распределительных газопроводов.

По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, степени обоснованности и достоверности результатов диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Чжао Фумин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ». Следует отметить, что диссертация имеет выраженную практическую направленность в области промышленной безопасности, поскольку предложенные решения могут быть использованы для раннего обнаружения опасных дефектов герметичности и повышения устойчивости систем газоснабжения к аварийным воздействиям.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа»

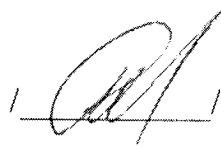
Протокол № 1 от « 31 » августа 2026 г.

Председатель заседания

Зав. кафедрой ТХНГ,

д-р техн. наук, профессор

должность, ученая степень, ученое звание



/ Алиев Мехрали Мирзали оглы
Ф.И.О.

Секретарь заседания

Доцент кафедры ТХНГ,

канд. техн. наук, доцент

должность, ученая степень, ученое звание



/ Исмагилова Зульфия Фаритовна
Ф.И.О.

СОГЛАСОВАНО:

Исполнительный директор ПИИЦ,

канд. техн. наук

должность, ученая степень, ученое звание



/ Мухамадеев Ринат Уралович
Ф.И.О.

Сведения о ведущей организации:

Полное наименование организации: Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Альметьевский государственный технологический университет "Вышая школа нефти"

Почтовый адрес: 423462, Российская Федерация, Республика Татарстан, Альметьевский муниципальный район, городское поселение город Альметьевск, город Альметьевск, улица Советская 186А, помещение 1003

Телефон: +7 (8553) 31-09-50 (доб. 54000) E-mail: p.agni@agni-rt.ru

Официальный сайт: agtu-vshn.rf