

**Отзыв официального оппонента доктора технических наук, старшего
научного сотрудника Буркова Петра Владимировича**

на диссертационную работу Чжао Фумина «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»

Актуальность темы диссертации.

Полиэтиленовые распределительные газопроводы являются одним из ключевых элементов современных систем городского газоснабжения. Рост их протяженности, усложнение условий прокладки, высокая плотность городской застройки и ограниченный доступ к отдельным участкам сети повышают требования к надежности и оперативности контроля технического состояния трубопроводов. Утечки природного газа на подземных и труднодоступных участках представляют значительную промышленную, экологическую и социальную опасность, поскольку связаны с риском образования взрывоопасных смесей, пожаров, потерь энергоресурса и выбросов метана.

Традиционные методы контроля - обход трассы, точечные замеры давления, применение газоанализаторов, локальная акустическая диагностика и выборочные раскопки - не всегда обеспечивают непрерывность наблюдения, достаточную точность локализации и приемлемое время обнаружения утечки в условиях реальной городской эксплуатации. В связи с этим разработка комплексного метода обнаружения и локализации утечек, основанного на распределенном волоконно-оптическом мониторинге, является актуальной научно-технической задачей. Выбранная тема диссертации соответствует современным направлениям цифровизации и повышения безопасности газораспределительных систем.

Научная новизна диссертации.

Научная новизна представленной работы заключается в развитии методических и алгоритмических основ обнаружения утечек газа на труднодоступных участках распределительных полиэтиленовых газопроводов. К наиболее существенным результатам, имеющим признаки научной новизны, следует отнести:

- 1) установление пространственно-временных закономерностей формирования акустического отклика и температурной аномалии в зоне утечки газа,

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-377 от 10.08.2026
АУ УС

- позволяющих связать момент развития утечки, координату дефекта и параметры регистрируемых диагностических сигналов;
- 2) разработку комплексного метода обнаружения и локализации утечек, основанного на совместном применении распределенного акустического зондирования DAS, распределенного температурного зондирования DTS и верификации события по отрицательной волне давления;
 - 3) разработку алгоритмов обработки и мультисенсорного объединения диагностических сигналов, позволяющих повысить вероятность обнаружения утечки, уменьшить ошибку локализации и снизить влияние внешних вибрационных и температурных помех;
 - 4) формирование методики валидации результатов по показателям POD, FAR, TTD и LE, что обеспечивает количественное сравнение различных конфигураций системы мониторинга и обоснованный выбор рабочих порогов срабатывания.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Защищаемые положения, выводы и рекомендации диссертации являются достаточно обоснованными. Автор использовал совокупность теоретических и экспериментальных методов: анализ отечественных и зарубежных источников, математическое моделирование переходных процессов в трубопроводе, элементы теории распространения волн, цифровую обработку сигналов, численное моделирование истечения и переноса газа, а также экспериментальные исследования на полигоне и опытно-эксплуатационную проверку.

Достоверность результатов подтверждается сопоставлением расчетных и экспериментальных данных, воспроизводимостью экспериментальных серий, использованием нескольких независимых каналов наблюдения, а также верификацией событий по телеметрии давления и расхода. Применение показателей вероятности обнаружения, частоты ложных тревог, времени обнаружения и ошибки локализации позволяет оценивать эффективность предложенного решения не только качественно, но и количественно.

Научные результаты, их ценность.

Основные результаты диссертационного исследования имеют научную и практическую ценность для проектирования и эксплуатации систем непрерывного

мониторинга распределительных полиэтиленовых газопроводов. Значимыми представляются следующие результаты:

- 1) обоснована архитектура системы распределенного волоконно-оптического мониторинга, включающая одномодовый волоконно-оптический кабель, каналы DAS и DTS, программную фьюжн-аналитику, геопривязку событий и интеграцию с телеметрией давления и расхода;
- 2) разработаны модели формирования акустических и температурных диагностических признаков утечки газа, учитывающие влияние параметров трубопровода, грунта и условий эксплуатации;
- 3) экспериментально показано, что в канале DAS устойчиво проявляются диагностические признаки утечки в частотной области, а в канале DTS формируется локальная отрицательная температурная аномалия, связанная с эффектом Джоуля-Томсона;
- 4) установлено, что совместная обработка данных DAS + DTS обеспечивает вероятность обнаружения утечки до 98 %, среднее время реакции 1,49 мин и ошибку локализации порядка $\pm 1,97$ м при минимальном уровне ложных тревог;
- 5) результаты диссертационного исследования приняты к внедрению на предприятии ПАО «Балтийская Жемчужина» в виде методических рекомендаций по мониторингу утечек газа на распределительных полиэтиленовых газопроводах, что подтверждено актом о внедрении результатов диссертации от 15.12.2025г.
- 6) разработана программа для расчета учетов газа в полиэтиленовых газопроводах с помощью распределенного волоконно-оптического мониторинга. (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025690988)

Публикации и апробация результатов.

Основные результаты работы 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. Результаты докладывались на научно-практических конференциях и семинарах, что подтверждает достаточный уровень апробации диссертационного исследования.

Рекомендации по использованию результатов работы.

Полученные результаты рекомендуется использовать при разработке и внедрении систем непрерывного контроля технического состояния распределительных полиэтиленовых газопроводов, прежде всего на труднодоступных участках городской газораспределительной сети. Практическая значимость работы может быть реализована в проектных организациях, газораспределительных предприятиях, научно-исследовательских институтах и учебном процессе профильных вузов при подготовке специалистов в области эксплуатации трубопроводного транспорта.

Замечания и вопросы по работе:

- 1) Приведены результаты экспериментальных испытаний для трубопровода ПЭ100 SDR11 диаметром 110 мм, давления 0,2-0,6 МПа, глубины заложения порядка 1,3-1,8 м и дефектов диаметром 2-5 мм. Желательно более подробно указать границы применимости предложенной методики для труб других диаметров, иных глубин заложения и грунтов с существенно отличающимися фильтрационными и теплотехническими характеристиками.
- 2) Недостаточно развернуто раскрыт вопрос выбора рационального положения волоконно-оптического кабеля относительно трубы при реконструкции действующих сетей, особенно при наличии пересечений с другими коммуникациями и ограничений на земляные работы.
- 3) Представленный сравнительный анализ одноканальных схем DAS, DTS и совместной схемы DAS + DTS убедителен по техническим показателям, однако в целесообразно было бы дополнительно привести укрупненную технико-экономическую оценку внедрения системы по сравнению с традиционными методами контроля.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы и носят рекомендательный характер.

Заключение по диссертации.

Диссертация Чжао Фумина «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» полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного

приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Чжао Фумин заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук 2.6.17,
профессор

Отделения нефтегазового дела
Инженерной школы природных ресурсов
«Национального исследовательского
Томского политехнического
университета»

тел.: +79539125757.

E-mail: burkovpv@tpu.ru;

www.tpu.ru

Россия, 634050, г. Томск, проспект
Ленина, дом 30

Я, Бурков Петр Владимирович,
автор отзыва, даю согласие на включение
своих персональных данных в
документы, связанные с работой
диссертационного совета и их
дальнейшую обработку.

Подписи заверяю

Учёный секретарь

Национального исследовательского
Томского политехнического университета

«23» июля 2026 г.

Петр Владимирович Бурков



«23» июля 2026 г

 В.Д. Новикова

634050, Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, 30
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический
университет»

телефон: 8 (382) 260-63-33, факс: 8 (382) 260-63-33

<https://tpu.ru>, E-mail: tpu@tpu.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет»