

Научная статья
УДК 622.691.4
EDN NHJKHM

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ДЛЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПРОГРАММЫ
УПРАВЛЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТЬЮ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Валентин Владиленович Бердашкевич¹, Игорь Александрович Леонович²

¹Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк, Республика Беларусь,
²Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, Москва, Россия
¹v.berdashkevich@psu.by, <https://orcid.org/0009-0004-9924-2831>
²leonovich.i@gubkin.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9054-1537>

Аннотация. Проведен анализ возможностей интеграции элементов программы управления целостностью распределительных газопроводов, внедренной в США с целью снижения рисков аварий и утечек газа, в существующую систему управления рисками в Республике Беларусь. Анализ охватывает модернизацию методов диагностики, совершенствование технической базы и внедрение цифровых технологий. Конечной целью исследования является разработка рекомендаций по возможной адаптации элементов программы управления целостностью распределительных газопроводов для повышения надежности и безопасности эксплуатации газораспределительных сетей в Республике Беларусь.

Ключевые слова: программа управления целостностью распределительных газопроводов, управление целостностью трубопроводов, газораспределительные сети, анализ аварийности, мониторинг состояния, замена устаревших труб, диагностика и техническое обслуживание, управление рисками, модернизация газовой инфраструктуры

Для цитирования: Бердашкевич В. В., Леонович И. А. Оценка применимости для Республики Беларусь программы управления целостностью распределительных газопроводов // Научный журнал Российского газового общества. 2025. № 3(49). С. 90–97. EDN NHJKHM.

Original article
UDC 622.691.4
EDN NHJKHM

ASSESSMENT OF THE APPLICABILITY OF
THE DISTRIBUTION INTEGRITY MANAGEMENT
PROGRAM FOR THE REPUBLIC OF BELARUS

Valentine V. Berdashkevich¹, Igor A. Leonovich²

¹Polotsk State University named after Euphrosyne of Polotsk, Novopolotsk, Republic of Belarus,
²National University of Oil and Gas “Gubkin University”, Moscow, Russia
¹v.berdashkevich@psu.by, <https://orcid.org/0009-0004-9924-2831>
²leonovich.i@gubkin.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9054-1537>

Abstract. An analysis was conducted to assess the potential for integrating elements of the gas distribution pipeline integrity management program implemented in the United States aimed at reducing the risk of accidents and gas leaks into the existing risk management system of the Republic of Belarus. The analysis covers the modernization of diagnostic methods, improvement of the technical infrastructure, and the adoption

of digital technologies. The study considered the modernization of diagnostic methods, improvement of the technical infrastructure, and implementation of digital technologies. The ultimate goal of the research is to develop recommendations for the possible adaptation of DIMP elements to enhance the reliability and safety of gas distribution network operations in the Republic of Belarus.

Keywords: gas distribution pipeline integrity management program, pipeline integrity management, gas distribution networks, accident analysis, condition monitoring, replacement of outdated pipelines, diagnostics and maintenance, risk management, gas infrastructure modernization

For citation: Berdashkevich V. V., Leonovich I. A. Assessment of the applicability of the distribution integrity management program for the Republic of Belarus. Scientific Journal of the Russian Gas Society. 2025;3(49):90-97. (In Russ.). NHJKHM.

Введение

Обеспечение надежности и безопасности распределительных газопроводов является важным условием стабильного функционирования коммунальной инфраструктуры и энергетической системы в целом. В настоящее время в условиях износа сетей, роста плотности застройки и увеличения потенциальных технологических рисков возрастает потребность во внедрении систем управления, основанных на мониторинге технического состояния и оценке риска. В ряде стран с развитой газораспределительной инфраструктурой такие подходы уже реализованы в виде программ управления целостностью, направленных на снижение вероятности инцидентов и оптимизацию планирования ремонтных мероприятий [1, 2]. Одной из наиболее известных и нормативно закреплённых

программ в этой области является американская программа управления целостностью распределительных газопроводов (DIMP), действующая под контролем Управления по безопасности трубопроводов и опасных материалов (PHMSA) [3]. DIMP включает комплекс мероприятий по идентификации угроз, оценке состояния газораспределительных сетей, определению приоритетов ремонтных работ и применению современных технологий мониторинга. Анализируются методы оценки технического состояния газопроводов, включая мониторинг давления, неразрушающий контроль, детекторы повреждений трубопровода и системы дистанционного сканирования. В Республике Беларусь система эксплуатации распределительных газопроводов до сих пор опирается на планово-предупредительную модель, а риск-ориентированные под-

ходы находятся в стадии формирования [4, 5]. Цель исследования – провести структурный анализ DIMP и выявить возможности ее применения в деятельности предприятий, осуществляющих эксплуатацию и техническое обслуживание распределительных газопроводов Республики Беларусь.

Анализ программы управления целостностью распределительных газопроводов

Распределительные газопроводы являются ключевым звеном в системе подачи газа конечным потребителям, таким как дома, предприятия, офисы и промышленные объекты. Их основная задача – транспортировка газа от распределительных станций к потребителям с необходимым снижением давления и поддержанием его стабильности. В США распределительные газопроводы составляют основную часть газовой инфраструктуры страны. Протяженность распределительных сетей превышает 2,3 млн км [6, 7].

В распределительных сетях используются трубы из полиэтилена, стали и чугуна. Полиэтиленовые трубы (ПЭ) являются наиболее распространенным материалом для распределительных газопроводов благодаря их коррозионной стойкости, гибкости и удобству монтажа. Они применяются в системах низкого и среднего давления. Стальные трубы используются в условиях высокого давления и при наличии значительных механических нагрузок: например, под автомобильными дорогами. Чугунные трубы встречаются в старых городских сетях, однако постепенно выводятся из эксплуатации из-за склонности к коррозии и утечкам [8]. На рисунке 1 представлена диаграмма, отражающая изменения в использовании этих материалов в период с 2010 по 2023 год.

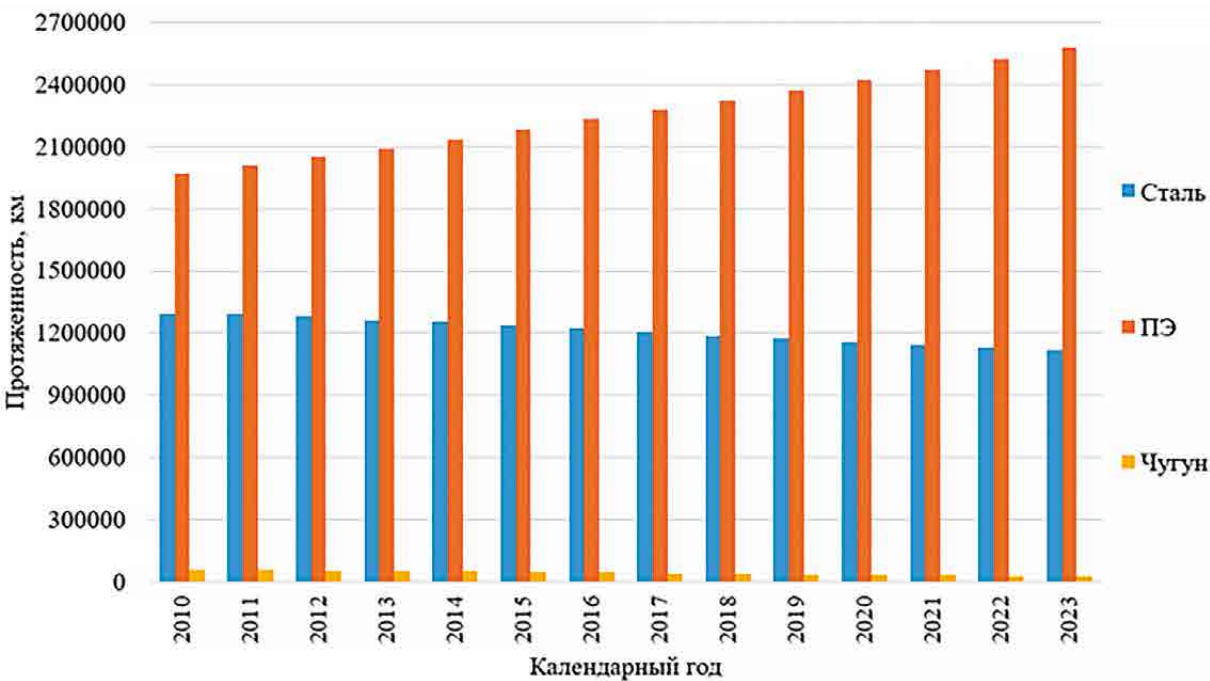


Рисунок 1 – Изменения в использовании материалов с 2010 по 2023 год

За период с 2010 по 2023 год наблюдается устойчивая тенденция роста объемов полиэтиленовых труб и сокращения использования стальных труб (СТ) и чугунных труб (ЧТ). Объем ПТ увеличился с 1 969 879 до 2 582 119 км, что составляет прирост более 31 % за 13 лет, в среднем около 2 % в год. В то же время объем СТ сократился с 1 296 590 до 1 119 830 км (снижение на 13,6 %), а ЧТ – с 57 300 до 26 420 км (падение более чем в два раза). Эти изменения могут свидетельствовать о постепенной замене традиционных материалов на полиэтилен [9].

Масштабная модернизация трубопроводной инфраструктуры, связанная с переходом на новые материалы, требует повышения уровня контроля и управления рисками. В этих условиях особенно актуальной становится программа управления целостностью газораспределительных систем (DIMP), которая играет ключевую роль в обеспечении безопасной эксплуатации сетей и снижении рисков аварий.

DIMP обязывает операторов газораспределительных сетей разрабатывать развернутые (или системные) стратегии управления рисками, включающие следующие ключевые этапы [10]:

- идентификация и анализ потенциальных угроз;
- оценка рисков на основе собранных и обработанных данных;
- разработка и реализация мероприятий по снижению рисков;
- мониторинг, контроль и оценка эффективности выполненных мер;
- актуализация данных и адаптация стратегий с учетом изменяющихся условий эксплуатации.

С 2010 года операторы газораспределительных сетей обязаны предоставлять данные, включающие следующие ключевые параметры:

Таблица 1 – Критерии оценки состояния распределительных газопроводов в рамках DIMP

Критерий	Описание
Материал и возраст трубопроводов	Чугунные и старые стальные трубы подвержены коррозии и механическим повреждениям. Полиэтиленовые трубы более устойчивы, но требуют мониторинга сварных соединений
История утечек и аварий	Анализ данных о прошлых инцидентах помогает прогнозировать риски и выявлять уязвимые участки. В США действует централизованная база данных утечек
Условия окружающей среды	Учитываются коррозионно-активные грунты, сейсмическая активность, воздействие грунтовых вод и климатические факторы
Рабочее давление в системе	Высокое давление повышает вероятность разгерметизации, поэтому такие участки требуют частого мониторинга и профилактических проверок
Плотность населения в зоне трубопровода	В городских районах выше риск ущерба от аварий, поэтому такие участки приоритетны для замены или модернизации

- общее количество утечек, устраненных или отремонтированных, с указанием причин их возникновения;
- количество устраненных или отремонтированных опасных утечек;
- число повреждений трубопроводов при проведении земляных работ;
- количество заявок на проведение раскопок (по системе One-Call) [11];
- общее число аварийных запорных устройств (EFV), смонтированных на подключениях к жилым зданиям [12];
- оценочное количество EFV, существующих в распределительных системах, на конец отчетного года.

Для оценки состояния распределительных газопроводов в рамках DIMP применяются критерии, которые представлены в таблице 1.

DIMP предполагает систематическую идентификацию и устранение проблемных участков на основе данных, полученных в ходе мониторинга. Основные методы принятия решений представлены в таблице 2.

DIMP активно использует передовые технологии для контроля состояния трубопроводов, которые представлены в таблице 3 (см. с. 94).

Современные технологии значительно повышают эффективность этой программы, позволяя проводить

точный мониторинг состояния трубопроводов, предсказывать возможные неисправности и оперативно реагировать на угрозы.

В таблице 4 (см. с. 94) представлены основные технологии, применяемые в DIMP, их функции и используемые технические решения.

Дополнительно необходимо отметить растущую роль гибридных цифровых решений, объединяющих SCADA, предиктивную аналитику и машинное обучение. Современные модели, такие как предложенная в [13], реализуют комплексный подход к мониторингу целостности трубопроводов и оценке остаточного ресурса. Это особенно важно в условиях ограниченного бюджета на замену труб, что характерно и для Республики Беларусь.

Изучение DIMP показало, что ее ключевые принципы – системная оценка рисков, приоритетное планирование ремонтных мероприятий и использование цифровых технологий – в целом применимы к распределительным сетям Республики Беларусь. Однако для адаптации DIMP в белорусских условиях требуется учет действующей нормативной базы и особенностей эксплуатации.

В качестве направлений возможного внедрения на текущем этапе можно выделить:

- внедрение полуколичественной системы оценки рисков (см. табл. 2), учитывающей техническое со-

Таблица 2 – Методы принятия решений по DIMP

Метод	Описание
Классификация участков по уровню риска	Применение матричной системы оценки, учитывающей частоту аварий, материал труб, возраст и другие параметры
Приоритетная замена устаревших труб	Замена участков с высоким уровнем утечек и износа. Газовые компании обязаны разрабатывать планы модернизации в соответствии с нормативами PHMSA
Программы технического обслуживания	Регулярные инспекции, герметизация соединений и катодная защита для продления срока службы газопроводов
Интеграция с другими инфраструктурными проектами	Синхронизация замены газопроводов с ремонтными работами на дорогах и в коммунальных системах для оптимизации затрат и минимизации неудобств

Таблица 3 – Передовые технологии для контроля состояния трубопроводов

Технология	Описание
Геоинформационные системы (ГИС)	Позволяют отслеживать состояние сети, фиксировать аварии и интегрировать данные из различных источников
Внутритрубная диагностика	Внутритрубный дефектоскоп исследует внутреннюю поверхность труб на предмет коррозии, трещин и других дефектов
Системы SCADA и датчики утечек	Автоматизированный контроль давления и состава газа в режиме реального времени повышает оперативность реагирования на неисправности
Дроны и роботизированные системы	Используются для инспекции трубопроводов в труднодоступных местах
Машинное обучение и предиктивная аналитика	Применяются для прогнозирования возможных отказов на основе анализа больших данных
Катодная защита	Современные системы катодной защиты предотвращают коррозию стальных труб путем подачи защитного электрического тока
Газоанализаторы и датчики	Высокочувствительные датчики способны выявлять минимальные утечки газа, что позволяет значительно сократить выбросы метана в атмосферу

Таблица 4 – Основные технологии, применяемые в DIMP, их функции и используемые технические решения

Категория	Подкатегория	Функция	Технология
Технологии инспекции и мониторинга трубопроводов	Инструменты для внутреннего осмотра (внутритрубный дефектоскоп)	Обнаружение коррозии, трещин и аномалий в трубопроводах	Датчики (электромагнитные, ультразвуковые, акустические)
	Неразрушающие методы контроля (NDT)	Оценка состояния труб без повреждения	Ультразвуковые датчики, рентген, магнитопорошковая инспекция
Мониторинг в реальном времени и обнаружение утечек	Системы SCADA	Мониторинг работы трубопроводов в реальном времени	Датчики давления, температуры, расхода, тревожные сигналы
	Непрерывный мониторинг с помощью датчиков	Выявление условий, приводящих к авариям	Автоматизированные датчики мониторинга, передача данных в реальном времени
Геопространственные технологии и аналитика данных	Географические информационные системы (ГИС)	Картирование газовых сетей, анализ рисков	Интеграция данных (исторические данные, инспекции, экология)
	Прогнозная аналитика	Прогнозирование поломок трубопроводов	Машинное обучение, анализ больших данных
Автоматизированные и дистанционно управляемые системы	Автоматические системы управления клапанами	Регулирование потока газа, изоляция поврежденных участков	Исполнительные механизмы, удаленное управление
	Дроны и роботы	Инспекция и мониторинг трубопроводов	Камеры, тепловизоры, газоанализаторы, ремонтные роботы
Технологии защиты от коррозии	Системы катодной защиты	Предотвращение коррозии подземных трубопроводов	Электрический ток, датчики для мониторинга защиты
	Покрытия труб	Защита от коррозии и повреждений	Полимерные покрытия (эпоксидные, порошковые)
Соблюдение нормативных требований и отчетность	Технология блокчейн	Ведение прозрачных записей об инспекциях и обслуживании	Блокчейн-реестры, неизменяемая отчетность

стояние трубопроводов, плотность застройки, историю утечек и др.;

- развитие цифровой базы технических данных, включая инциденты и ремонты (см. табл. 1);
- совершенствование функциональности платформ «Мириада», «Панорама» и «Вершина» как инструмента анализа и мониторинга дефектов;
- формализация процедуры ранжирования участков по степени приоритета ремонта.

Таким образом, элементы DIMP могут служить методологической основой при поэтапной модернизации системы технического мониторинга распределительных газопроводов в Республике Беларусь с переходом к риск-ориентированному управлению.

Программы модернизации, реализуемые в США, обеспечили значительное сокращение доли устаревших трубопроводов из чугуна и незащищенной стали. Однако темпы их замены по-прежнему ограничены финансовыми возможностями операторов газораспределительных сетей. В связи с этим особую актуальность приобретают технологии продления срока службы существующих систем, включая системы катодной защиты, внутритрубную диагностику и применение композитных материалов при ремонте.

Внедрение цифровых технологий, таких как прогнозно-аналитические методы и автоматизированные системы мониторинга, стало важным этапом в повышении уровня безопасности распределительных сетей. Использование методов искусственного интеллекта и машинного обучения для обработки больших массивов данных открывает новые возможности для раннего выявления потенциально опасных участков и прогнозирования аварийных ситуаций.

Предложения по внедрению элементов DIMP

В Республике Беларусь элементы системы управления техническим состоянием распределительных газопроводов частично реализуются через нормативные требования по техническому обслуживанию, обследованию и плановому ремонту. Однако по сравнению с DIMP, действующей в США, существующая практика отличается менее формализованным подходом к оценке рисков и планированию мероприятий.

Отличительной особенностью DIMP является прозрачная и структурированная процедура оценки и управления рисками, предусматривающая использование как качественных, так и количественных методов анализа, включая системы балльной оценки. В Республике Беларусь аналогичные подходы пока не получили широкого распространения, что снижает эффективность планирования технического обслуживания и мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации [14].

Внедрение элементов DIMP в практику эксплуатации распределительных газопроводов в Республике Беларусь представляется целесообразным и может быть реализовано по следующим направлениям. На первом этапе возможно применение качественной и полуколичественной оценки рисков с использова-

нием балльной системы, учитывающей совокупность факторов: техническое состояние участка (материал трубопровода, его возраст, история ремонтов), наличие внешних факторов риска (близость к зданиям, автомобильным дорогам, объектам массового пребывания людей, плотность застройки), частоту инцидентов на аналогичных участках, а также эффективность действующих мер защиты – наличие катодной защиты, качество изоляционного покрытия и др.

Результаты такой оценки могут использоваться для формирования перечня участков с повышенным риском, подлежащих первоочередному обследованию, ремонту или замене. Это позволит более рационально распределять ресурсы и снижать вероятность аварий с тяжелыми последствиями.

Дополнительно целесообразно рассмотреть возможность включения отдельных положений DIMP в действующую нормативно-правовую документацию Республики Беларусь. В частности, можно рекомендовать:

- разработку и утверждение методических указаний по риск-ориентированному планированию ремонта распределительных газопроводов;
- дополнение действующих Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения разделом, регламентирующим использование цифровых платформ для анализа технического состояния и инцидентов;
- внедрение унифицированной формы отчетности об утечках и дефектах с централизованным хранением информации для анализа.

Предполагаемый эффект от внедрения включает повышение точности оценки рисков, снижение вероятности аварий, более рациональное использование ресурсов при планировании ремонтов, а также улучшение прозрачности и обоснованности технических решений.

Важным элементом предлагаемой адаптированной модели риск-ориентированного управления распределительными газопроводами на основе принципов DIMP является организация системы постоянного мониторинга и анализа результатов. Такая модель включает систематическую балльную оценку участков сети, формирование приоритетов ремонтов, внедрение цифровых инструментов и механизмов обратной связи.

Предполагается проведение регулярной (например, ежегодной) оценки эффективности реализованных мероприятий с последующим уточнением модели оценки риска на основе обновленных данных. Такой подход обеспечит адаптивность системы управления и ее устойчивость к изменяющимся условиям эксплуатации распределительных газопроводов.

На рисунке 2 (см. с. 96) представлен алгоритм выбора приоритетных участков газораспределительных трубопроводов, подлежащих замене. Он основан на комплексном анализе технического состояния труб, эксплуатационной истории, локальных факторов риска, экономических и нормативных требований.

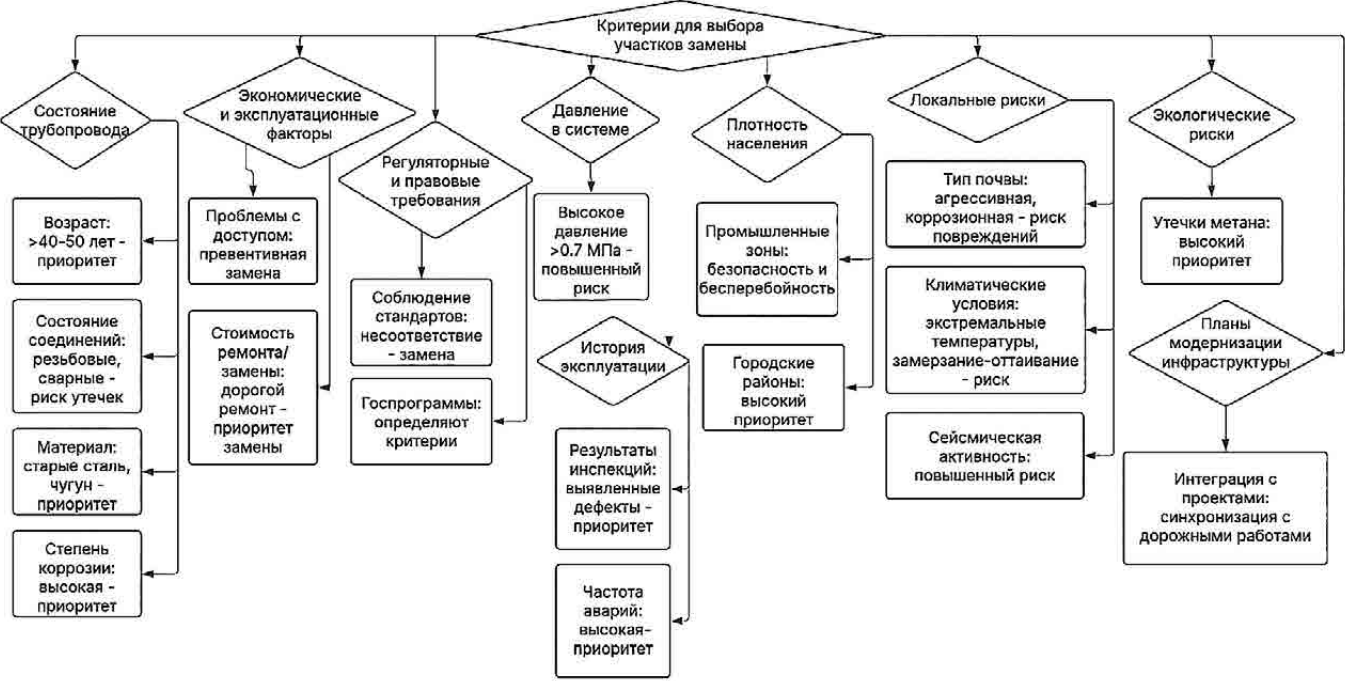


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма выбора приоритетных участков газораспределительных газопроводов, подлежащих замене

Предложенная блок-схема позволяет систематизировать процесс выбора участков трубопроводов для замены, обеспечивая безопасность, надежность газораспределительных сетей и соответствие нормативным требованиям. Она учитывает комплекс факторов, влияющих на эксплуатацию трубопроводов, и может использоваться при планировании мероприятий по модернизации.

Закключение

Одним из ключевых факторов успешной реализации DIMP является интеграция цифровых технологий в процессы эксплуатации и технического обслуживания газопроводов. Автоматизированные системы контроля, геоинформационные платформы и анали-

тика на основе искусственного интеллекта позволяют оперативно выявлять потенциально опасные участки и принимать своевременные решения.

Опыт США может быть полезен для стран, планирующих модернизацию газораспределительных систем, включая Республику Беларусь. Развитие системы управления целостностью трубопроводов с учетом международного опыта и в соответствии с действующими Правилами по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь [15] позволит повысить уровень безопасности, минимизировать экологические риски и обеспечить эффективную эксплуатацию газотранспортной инфраструктуры в долгосрочной перспективе.

Список источников

1. Xie M., Tian Z. A review on pipeline integrity management utilizing in-line inspection data // Engineering Failure Analysis. 2018. Vol. 92. P. 168–184. DOI 10.1016/j.engfailanal.2018.05.010.
2. Yang Z., Xiang Q., He Y., Peng S., Faber M.H., Zio E., et al. Resilience of natural gas pipeline system: a review and outlook // Energies. 2023. Vol. 16, no. 17. Article 6237. DOI 10.3390/en16176237.
3. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (PHMSA). Gas Distribution Integrity Management Program (DIMP). URL: <https://www.phmsa.dot.gov/pipeline/gas-distribution-integrity-management/gas-distribution-integrity-management-program-dimp>.
4. Республика Беларусь. Министерство по чрезвычайным ситуациям. Правила по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения: утв. постановлением от 5 декабря 2022 г. № 66 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. 2022. 8 дек. (№ 2/3082). URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22233082&p1=1>.
5. Струцкий Н. В., Романюк В. Н. Некоторые вопросы обеспечения полноты и достоверности эксплуатационных данных, получаемых в ходе приборного обследования стальных подземных газопроводов // Наука и техника. 2024. № 23(1). С. 58–66. DOI 10.21122/2227-1031-2024-23-1-58-66.
6. American Gas Association. Growth in Natural Gas Mains by Material (1990–2023). URL: <https://www.aga.org/wp-content/uploads/2025/03/Growth-in-Natural-Gas-Mains-by-Material.pdf>.
7. U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. Annual Report Mileage for Gas Distribution Systems (2010–2023). URL: <https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/annual-report-mileage-gas-distribution-systems>.
8. PHMSA. Report to Congress – Integrity Assessments of Distribution Pipelines. URL: <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/2024-09/Report%20to%20Congress%20-%20Integrity%20Assessments%20of%20Distribution%20Pipelines.pdf>.

9. American Gas Association. Gas Facts: Distribution and Transmission Miles of Pipeline, 2023. URL: <https://www.aga.org/research-policy/resource-library/gas-facts-distribution-and-transmission-miles-of-pipeline>.
10. PHMSA. Title 49 CFR Part 192, Subpart P – Gas Distribution Integrity Management. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-D/part-192/subpart-P>.
11. PHMSA. Title 49 CFR Part 198, Subpart D – One-Call Damage Prevention Program. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-D/part-198/subpart-D>.
12. PHMSA. Title 49 CFR Part 192, Subpart L – Operations. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-D/part-192/subpart-L>.
13. Chekurin V., Kushnir R., Ponomarev Y., Prytula M., Khymko O. Integrity monitoring system model for gas pipelines // Degradation Assessment and Failure Prevention of Pipeline Systems. Lecture Notes in Civil Engineering. Cham: Springer, 2021. Vol. 102. DOI 10.1007/978-3-030-58073-5_8.
14. Бердашкевич В. В., Леонович И. А. Мониторинг технического состояния системы распределительных газопроводов Республики Беларусь и способы повышения их надежности // Научный журнал Российского газового общества. 2024. № 4(46). С. 84–95. EDN HPRDZA.
15. Республика Беларусь. Министерство по чрезвычайным ситуациям. Об утверждении Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения: постановление от 5 декабря 2022 г. № 66 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. 2023. 10 марта (№ 8/39537). URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W22339537p>.

References

1. Xie M., Tian Z. A review on pipeline integrity management utilizing in-line inspection data // Engineering Failure Analysis. 2018. Vol. 92. P. 168–184. DOI 10.1016/j.engfailanal.2018.05.010.
2. Yang Z., Xiang Q., He Y., Peng S., Faber M.H., Zio E., et al. Resilience of natural gas pipeline system: a review and outlook // Energies. 2023. Vol. 16, no. 17. Article 6237. DOI 10.3390/en16176237.
3. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (PHMSA). Gas Distribution Integrity Management Program (DIMP). URL: <https://www.phmsa.dot.gov/pipeline/gas-distribution-integrity-management/gas-distribution-integrity-management-program-dimp>.
4. Republic of Belarus. Ministry for Emergency Situations. Rules on Industrial Safety in the Field of Gas Supply: approved by Resolution No. 66 of December 5, 2022 // National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus. 2022. December 8 (No. 2/3082). URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22233082&p1=1>. (In Russ).
5. Strutsky N. V., Romanyuk V. N. Some Issues of Ensuring the Completeness and Reliability of Operational Data Obtained during Instrumental Inspection of Steel Underground Gas Pipelines // Science and Technology. 2024. Vol. 23(1). P. 58–66. DOI 10.21122/2227-1031-2024-23-1-58-66. (In Russ).
6. American Gas Association. Growth in Natural Gas Mains by Material (1990–2023). URL: <https://www.aga.org/wp-content/uploads/2025/03/Growth-in-Natural-Gas-Mains-by-Material.pdf>.
7. U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. Annual Report Mileage for Gas Distribution Systems (2010–2023). URL: <https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/annual-report-mileage-gas-distribution-systems>.
8. PHMSA. Report to Congress – Integrity Assessments of Distribution Pipelines. URL: <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/2024-09/Report%20to%20Congress%20-%20Integrity%20Assessments%20of%20Distribution%20Pipelines.pdf>.
9. American Gas Association. Gas Facts: Distribution and Transmission Miles of Pipeline, 2023. URL: <https://www.aga.org/research-policy/resource-library/gas-facts-distribution-and-transmission-miles-of-pipeline>.
10. PHMSA. Title 49 CFR Part 192, Subpart P – Gas Distribution Integrity Management. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-D/part-192/subpart-P>.
11. PHMSA. Title 49 CFR Part 198, Subpart D – One-Call Damage Prevention Program. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-D/part-198/subpart-D>.
12. PHMSA. Title 49 CFR Part 192, Subpart L – Operations. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-D/part-192/subpart-L>.
13. Chekurin V., Kushnir R., Ponomarev Y., Prytula M., Khymko O. Integrity monitoring system model for gas pipelines // Degradation Assessment and Failure Prevention of Pipeline Systems. Lecture Notes in Civil Engineering. Cham: Springer, 2021. Vol. 102. DOI 10.1007/978-3-030-58073-5_8.
14. Berdashkevich V. V., Leonovich I. A. Monitoring of the Technical Condition of the Gas Distribution System of the Republic of Belarus and Methods to Improve Its Reliability // Scientific Journal of the Russian Gas Society. 2024. No. 4(46). P. 84–95. (In Russ). EDN HPRDZA.
15. Republic of Belarus. Ministry for Emergency Situations. On the Approval of the Rules on Industrial Safety in the Field of Gas Supply: Resolution No. 66 of December 5, 2022 // National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus. 2023. March 10 (No. 8/39537). URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W22339537p>. (In Russ).

Информация об авторах

Валентин Владиленович Бердашкевич, ассистент кафедры трубопроводного транспорта и гидравлики
Игорь Александрович Леонович, кандидат технических наук, доцент, начальник управления организации подготовки научно-педагогических кадров и кадров высшей квалификации

Information about the authors

Valentine V. Berdashkevich, assistant at the department of pipeline transport and hydraulics
Igor A. Leonovich, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department for the organization of training of scientific and pedagogical personnel and highly qualified personnel of the highest qualification

Статья поступила в редакцию 27.06.2025; одобрена после рецензирования 08.08.2025; принята к публикации 08.08.2025.
The article was submitted 27.06.2025; approved after reviewing 08.08.2025; accepted for publication 08.08.2025.