

УДК 614.849

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ПУТЕМ КОНТРОЛЯ ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ

Сергей Геннадьевич Аксенов

доктор экономических наук, профессор

akseonov.s.g@gmail.com

Владислав Александрович Семенов

студент

Уфимский университет науки и технологий

г. Уфа, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к повышению безопасности магистральных нефтепроводов на основе мониторинга пространственного положения линейной части трубопровода. Анализируются основные риски, связанные с изменением положения трубопровода, такие как природные воздействия, техногенные факторы и человеческий фактор. Особое внимание уделяется внедрению инновационных технологий, включая датчики деформации и наклона, спутниковые системы GPS/ГЛОНАСС, лазерное сканирование и беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Исследование показывает, что использование данных технологий позволяет своевременно выявлять потенциальные угрозы, снижать вероятность аварий и оптимизировать затраты на эксплуатацию трубопроводов.

Ключевые слова: магистральные нефтепроводы, безопасность трубопроводов, мониторинг пространственного положения, датчики деформации.

Магистральные нефтепроводы являются ключевым элементом современной инфраструктуры, обеспечивающим транспортировку углеводородного сырья на большие расстояния. Однако их эксплуатация сопряжена с рядом рисков, включая технические повреждения, природные воздействия и человеческий фактор. Одним из наиболее критичных аспектов безопасности является контроль за пространственным положением линейной части трубопровода. Смещение трубопровода относительно проектного положения может привести к разгерметизации, авариям и экологическим катастрофам. В этой статье мы рассмотрим, как современные технологии мониторинга могут быть использованы для повышения безопасности магистральных нефтепроводов.

Линейная часть магистральных нефтепроводов часто проходит через сложные географические и климатические условия: горные массивы, болотистые территории, сейсмоактивные зоны и регионы с высокой эрозией почвы. Эти факторы создают предпосылки для изменения пространственного положения трубопровода, что может привести к его деформации, образованию трещин или даже полному разрушению.

Традиционные методы контроля состояния трубопроводов, такие как визуальный осмотр и периодические замеры, не всегда позволяют своевременно выявить потенциальные угрозы. Это связано с тем, что данные методы требуют значительных временных и трудовых затрат, а также зависят от человеческого фактора. Кроме того, они не обеспечивают непрерывный мониторинг, что особенно важно для протяженных участков трубопроводов.

Для решения этих проблем все чаще применяются современные технологии мониторинга, основанные на использовании датчиков, спутниковых систем и аналитических алгоритмов. Эти технологии позволяют контролировать состояние трубопровода в режиме реального времени, что значительно повышает уровень безопасности [3-5].

Одним из перспективных направлений является установка датчиков деформации и наклона непосредственно на трубопроводе. Эти устройства

способны фиксировать малейшие изменения в положении трубопровода, такие как смещение по вертикали или горизонтали, а также деформации изгиба. Данные передаются на центральный сервер, где анализируются с помощью специализированного программного обеспечения.

Преимуществом данного подхода является возможность получения точных данных о состоянии трубопровода в режиме реального времени. Это позволяет оперативно реагировать на возникающие угрозы, например, усиливать конструкцию в местах повышенного риска или проводить ремонтные работы до возникновения серьезных повреждений.

Спутниковые системы позиционирования, такие как GPS и ГЛОНАСС, также находят широкое применение в мониторинге пространственного положения трубопроводов. Благодаря этим технологиям можно отслеживать перемещения трубопровода с точностью до нескольких миллиметров. Особенно это актуально для участков, расположенных в сейсмоактивных зонах или на территориях с высокой подвижностью грунтов.

Спутниковый мониторинг позволяет создавать цифровую модель трубопровода, которая обновляется в реальном времени. Это дает возможность прогнозировать возможные изменения в положении трубопровода и принимать превентивные меры.

Еще одним инновационным методом является использование лазерного сканирования и беспилотных летательных аппаратов. БПЛА оснащаются лазерными сканерами (LiDAR), которые создают трехмерную модель поверхности земли и трубопровода. Этот метод особенно эффективен для труднодоступных участков, где проведение наземного мониторинга затруднено.

Лазерное сканирование позволяет выявить изменения в рельефе местности, которые могут повлиять на положение трубопровода. Например, оползневые процессы или эрозия почвы могут быть своевременно обнаружены и учтены при планировании ремонтных работ.

Однако сама по себе сбор данных недостаточен для обеспечения безопасности трубопровода. Необходимо объединить информацию, полученную

от различных источников, и провести ее комплексный анализ. Для этого используются системы управления данными (Data Management Systems) и платформы искусственного интеллекта (AI).

Интеллектуальный анализ данных позволяет выявить закономерности, которые могут быть невидимы для человека. Например, AI может прогнозировать вероятность смещения трубопровода на основе исторических данных, текущих изменений в окружающей среде и характеристик грунта. Это позволяет переходить от реактивного подхода к управлению безопасностью к проактивному.

Внедрение современных технологий мониторинга требует значительных первоначальных инвестиций. Однако экономическая эффективность таких решений становится очевидной при долгосрочной перспективе. Во-первых, своевременное выявление и устранение угроз снижают вероятность аварий, что позволяет избежать огромных затрат на ликвидацию последствий и компенсации ущерба. Во-вторых, оптимизация ремонтных работ за счет точного определения проблемных участков снижает эксплуатационные расходы [1, 2].

Кроме того, использование технологий мониторинга способствует повышению доверия со стороны регулирующих органов и общественности, что особенно важно для компаний, работающих в экологически чувствительных регионах.

Таким образом, обеспечение безопасности магистральных нефтепроводов — это сложная задача, требующая комплексного подхода. Мониторинг пространственного положения линейной части трубопровода с использованием современных технологий является одним из ключевых инструментов в решении этой задачи. Интеграция датчиков, спутниковых систем, лазерного сканирования и аналитических платформ позволяет не только повысить уровень безопасности, но и оптимизировать затраты на эксплуатацию трубопроводов. В условиях растущих требований к экологической безопасности и надежности инфраструктуры внедрение таких технологий становится не просто желательным, а необходимым шагом.

Список литературы:

1. Аксенов С.Г., Гайзетдинова А.М. Анализ и оценка обеспечения пожарной безопасности на предприятиях пищевой промышленности на примере предприятий по изготовлению сиропа // Экономика строительства. 2023. № 6. С. 30-33.
2. Александров А.А., Гумеров Р.А. Технология оценки напряженно-деформированного состояния по данным оперативной информации Геофизической службы Российской академии наук // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2013. № 4 (51). С. 105-115.
3. Баранов С.В. Автоматическое определение длительности сейсмического события в режиме реального времени // Сб. статей аспирантов, соискателей, докторантов и научных работников. М., 2004. № 3.
4. Бирбраер А.Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. СПб.: Наука. 1998. 255 с.
5. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности, ползучести. М.: Высш. шк., 1968. 532 с.

UDC 614.849

ENSURING THE SAFETY OF MAIN OIL PIPELINES BY MONITORING THEIR SPATIAL POSITION

Sergey G. Aksenov

doctor of economics, professor

akseonov.s.g@gmail.com

Vladislav Al. Semenov

student

Ufa University of Science and Technology

Ufa, Russia

Annotation. The article discusses modern approaches to improving the safety of main oil pipelines based on monitoring the spatial position of the linear part of the pipeline. The main risks associated with changing the position of the pipeline, such as natural impacts, man-made factors and the human factor, are analyzed. Special attention is paid to the introduction of innovative technologies, including strain and tilt sensors, GPS/GLONASS satellite systems, laser scanning and unmanned aerial vehicles (UAVs). The study shows that the use of these technologies makes it possible to identify potential threats in a timely manner, reduce the likelihood of accidents and optimize pipeline operating costs.

Keywords: main oil pipelines, pipeline safety, spatial position monitoring, strain sensors.

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.