

УДК 622.692.4.053

О выборе методов обнаружения утечек на магистральных продуктопроводах

Косых Евгений Александрович^{1(*)}

kosykhea@nknh.sibur.ru

Ворфоломеев Павел Александрович²

VorfolomeevPA@stg.sibur.ru

Серебряков Геннадий Александрович²

serebryakovga@stg.sibur.ru

¹ ООО Управление Этиленопроводов — Нижнекамскнефтехим, Республика Татарстан, Нижнекамск, Россия

² ООО Запсибтрансгаз, Нижневартовск, Россия

Аннотация. Обнаружение утечек на продуктопроводах является критически важной задачей для обеспечения безопасности населения, охраны окружающей среды и предотвращения экономических потерь. Существующие методы обнаружения, такие как инспекция с использованием приборов и визуальный осмотр, обладают ограниченной эффективностью, особенно в отношении малых и скрытых утечек. В работе рассмотрены анализ рынка и внедрение систем обнаружения утечек, обеспечивающих более чувствительное и точное обнаружение утечек газа на ранних стадиях, тем самым снижая риски аварий и минимизируя воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: обнаружение утечек, газопровод, мониторинг утечек, системы обнаружения утечек (СОУ), безопасность газопроводов, техническое обслуживание газопроводов, целостность газопроводов, экологическая безопасность

Введение. Обнаружение утечек на продуктопроводах сопряжено с рядом технических сложностей, связанных с характеристиками транспортируемой среды, условиями эксплуатации трубопроводов и внешними факторами. Высокая летучесть продукта транспортировки, его взрывоопасность и способность распространяться на большие расстояния требуют применения специальных методов обнаружения, обеспечивающих высокую скорость реакции и минимальный уровень ложных срабатываний. В связи с этим, актуальным является внедрение систем обнаружения утечек, сочетающих в себе высокую чувствительность, точность определения местоположения утечки и устойчивость к воздействию внешних факторов, таких как колебания температуры, влажности и вибрации.

Проблемные точки.

Технические и технологические вызовы.

Не существует единого метода, который соответствует следующим критериям:

- *чувствительность.* Система должна обнаруживать небольшие (медленно развивающиеся) утечки и делать это быстро;
- *надежность.* СОУ должна правильно сообщать о любых реальных тревогах и не генерировать ложных;

- *точность*. СОУ должна указывать координаты утечки, размер утечки с требуемой точностью;

- *возможность работы в нестационарном и переходном режимах*;

- *доступность*. СОУ должна быть доступна для обслуживания.

- *стоимость*. Окупаемость в долгосрочной перспективе.

Каждая технология имеет свои ограничения:

- *прямые методы*, недостатки: контроль газоанализаторами на вытяжных свечах футляров охватывают только свою локальную зону. Между ними образуются «слепые» участки.

Преимущества: легкая установка.

- *косвенные методы* (на основе моделирования), недостатки: SCADA-системы и алгоритмы, анализирующие перепады давления, расход и температуру, эффективны только для крупных, мгновенных разрывов. Медленные утечки, особенно в условиях нестабильного режима перекачки (пуск/остановка насосов, изменение давления), часто остаются незамеченными или вызывают ложные срабатывания.

Преимущества: постоянный мониторинг протяженного трубопровода в режиме реального времени.

- *дистанционные методы* (БПЛА, спутники), недостатки: лидарные или спектрометрические съемки с БПЛА или спутников — точечные мероприятия, зависящие от погоды, времени суток, разрешения на полеты в зоне обследования, не обеспечивают непрерывного мониторинга 24/7.

Преимущества: возможность максимального приближения к объекту мониторинга; высокая маневренность и способность преодолевать препятствия на местности.

Рельеф местности: трубопровод проходит через разнообразный ландшафт: леса, горы, болота, населенные пункты. Установка и обслуживание оборудования на всем протяжении крайне затруднены.

Проблема ложных срабатываний: частые ложные тревоги (изменение технологического режима, останов оборудования, проведение технического обслуживания запорно-регулирующей арматуры и т. д.), приводят к дорогостоящим и рискованным выездам аварийных бригад, а в итоге — к «привыканию» операторов и игнорированию реальных тревог.

Задержка обнаружения: для медленно развивающихся утечек время между началом утечки и ее обнаружением может составлять часы, дни и даже недели, что может стать причиной значительного экономического, экологического и техногенного ущерба [1].

Экономические аспекты.

Высокая стоимость внедрения и владения: установка современных распределенных систем (например, с оптоволоконными датчиками — DTS/DAS) на сотни километров требует колоссальных капитальных вложений. Добавляются затраты на эксплуатацию, калибровку, ремонт и обновление ПО.

Цена ложного срабатывания: каждая ложная тревога — это затраты на логистику, работу высококвалифицированных специалистов.

Баланс между стоимостью и риском: операторы вынуждены искать компромисс между стоимостью системы и приемлемым уровнем риска. Не всегда рентабельно покрывать самой дорогой системой весь трубопровод, особенно на малопроезжих и ненаселенных территориях.

Операционные и человеческие факторы.

Интеграция с системами управления: обнаружение утечки — это только первый шаг. Критически важна ее интеграция с системами АСУТП (SCADA) и АСТУ (автоматизированные системы телемеханики и управления) для быстрой изоляции аварийного участка с помощью задвижек и запуска процедур ликвидации последствий.

«Человеческий фактор»: система генерирует данные, но окончательное решение часто остается за диспетчером. Перегруженность данными, усталость, недоверие к системе из-за ложных срабатываний могут привести к ошибке или задержке в принятии решения.

Квалификация персонала: требуется подготовка диспетчеров и техников для работы со сложным программным обеспечением и интерпретации его сигналов.

Нормативно-правовое регулирование и экология.

Требования регуляторов: законодательство ужесточается, требуя от компаний внедрения все более эффективных систем. Это двигает прогресс, но также создает дополнительную финансовую и отчетную нагрузку [2].

Экологический ущерб и имидж: утечка углеводородов — мощный фактор влияния на парниковый эффект. Обнаружение и устранение утечек — ключевой элемент экологической политики компании и ее репутации. Публичные скандалы из-за утечек наносят огромный репутационный ущерб.

Заключение. Выбор системы обнаружения утечек для трубопроводов представляет собой сложную задачу, требующую учета множества факторов и критериев:

- тип транспортируемого продукта (летучий, взрывоопасный, жидкий или газообразный);
- требуемая чувствительность и точность определения места утечки;
- скорость реакции системы;
- устойчивость к внешним воздействиям (температура, влажность, вибрации);
- масштаб и протяженность трубопровода;
- экономическая эффективность и стоимость внедрения;
- возможность автоматизации и интеграции с системами управления;
- надежность и долговечность оборудования;
- требования к обслуживанию и ремонту;
- соответствие нормативным и стандартным требованиям.

Не существует универсального решения, и выбор часто сводится к компромиссу между различными параметрами, такими как чувствительность, скорость обнаружения, стоимость и надежность [3, 4].

В конечном счете, наиболее эффективным подходом является использование комплексной системы, сочетающей в себе различные методы обнаружения утечек, что позволяет перекрывать их недостатки и обеспечивать максимальную защиту от аварий и их последствий.

Список источников

- [1] Аванесов В.С., Александров А.Б., Александров А.И. и др. *Анализ аварий и несчастных случаев в нефтегазовом комплексе России*. Москва, Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007, 309 с.
- [2] *Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов»*. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 № 517 (зарегистрировано в Минюсте России 23.12.2020 № 61745).
- [3] Laurentys C., Bomfim C., Menezes B., Caminhas W. Design of a pipeline leakage detection using expert system: A novel approach. *Appl. Soft Comput.*, 2011, vol. 11, pp. 1057–1066.
- [4] Frings J., Walk T. Distributed fiber optic sensing enhances pipeline safety and security. *Oil Gas Eur. Mag.*, 2011, vol. 3, pp. 132–136.