

ВРЕЗать по нарушениям

Опыт борьбы Республики Казахстан с незаконными врезками в трубопроводные системы и хищением нефти показал, что даже широкое привлечение охранных подразделений успеха не обеспечивает. В настоящее время нефтяники рассчитывают на новые высокотехнологичные способы мониторинга трубопроводов. В последние годы нефтяным компаниям Казахстана удалось существенно продвинуться в решении проблемы, и их опыт может быть полезен коллегам по ЕАЭС.



Текст: Олег Лукманов



В период с 2005 по 2008 год ситуация с незаконными врезками в нефтепроводы на территории Республики Казахстан значительно ухудшилась. Их количество увеличилось более чем в два раза — с 40 до 83, а к 2010 году было зафиксировано уже 157 случаев. Положение стало критическим после получения ноты правительства Китая, которое выразило свою обеспокоенность состоянием поставок по трубопроводу Казахстан — Китай. Таким образом, стал очевиден факт невозможности обеспечить безопасность транспортировки нефти простым увеличением численности охранных служб. Неэффективность охранных подразделений признал и.о. директора филиала АО «КазТрансОйл» (национальный оператор нефтепроводных систем в Казахстане) Куанышбек Бакытжан. По его словам, главная причина неэффективной работы ТОО «Семсер секьюрити», которое оказывает охранные услуги «КазТрансОйлу», заключается в низком качестве охраны объектов и отсутствии неотвратимости наказания за кражу нефти.

Для сравнения: в Китае за хищение углеводородов из трубопроводов и вывод из строя нефтегазового оборудования злоумышленникам в отдельных случаях может грозить смертная казнь: если неправомерное действие привело к гибели более чем одного человека и к ранению более трех человек, если хищение привело к серьезному загрязнению окружающей среды или к взрыву на скважине, если общий материальный ущерб превысит 500 тысяч юаней (4,2 млн рублей по курсу на февраль 2017 года. — Прим. ред.).

К 2016 году ситуация в Казахстане резко изменилась — число врезок составило менее 10. Этому способствовало принятие в конце года закона «... по вопросам усиления ответственности в сфере оборота нефти и отдельных видов нефтепродуктов». Кроме

More Security for Pipelines. Kazakhstan's experience in securing the oil and gas pipes / By Oleg Lukmanov

Oil and gas companies use different security services to secure their pipelines from illegal tapping. But this is not enough. Today they are searching for effective and modern technologies. Kazakhstan has some experience to share.

того, «КазТрансОйл» совместно с государственными органами разработал ряд дополнительных комплексных мер для повышения уровня безопасности подконтрольных объектов.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕЗОК

Несанкционированная врезка проявляет себя как утечка, поэтому основные технологии защиты трубопроводов сводятся к системам обнаружения и локализации несанкционированных врезок или дефектов транспортных систем. В российской компании «Роснефть», согласно п.13.1.2 корпоративного стандарта № П1-01.05 С-0038 «Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и обработке промысловых трубопроводов», для обнаружения утечек предусмотрено несколько способов: визуальный, контроль давления, графоаналитический, балансовый учет нефти, анализ изменения нагрузки электродвигателей, приборная диагностика (ультразвуковая и акустическая), параметрический контроль расхода и давления. В руководящих документах другой российской трубопроводной компании, «Транснефть» (РД 153-39.4-114-01 «Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах», п.4.1–4.7), перечислены те же методы. В развернутом виде арсенал борьбы с утечками выглядит более основательно, в таблице приведена классификация способов контроля и обнаружения утечек.

УТЕЧКА ВРЕЗКЕ РОЗНЬ

Ключевое отличие несанкционированных врезок от естественных утечек заключается в том, что первые совершают люди с преступным замыслом, соответствующими действиями и инструментарием. При этом в арсенале преступников находится большое количество технологий и методов, благодаря которым они могут открывать и закрывать врезки, маскировать их, применять тактику, не позволяющую быстро обнаружить потери нефтепродукта. Все это приводит к целому ряду дополнительных требований к методам обнаружения. Для эффективной борьбы средства контроля должны:

- работать в непрерывно;
- контролировать участки значительной протяженности;
- фиксировать небольшие утечки;
- с точностью до нескольких метров определять место врезки;
- действовать в любом режиме перекачки;
- исключать или обеспечивать минимальный процент ложных срабатываний;
- не требовать установки большого количества дополнительного оборудования.

НЕ НАШ МЕТОД

Перечисленные выше требования позволяют исключить многие из традиционных методов обнаружения несанкционированных врезок и мест утечек. В частности, все методы периодического контроля нельзя рассматривать как основной вариант, поскольку на момент такой проверки вентили врезок могут быть просто закрыты.

Так же неэффективны будут некоторые из «штатных» методов непрерывного контроля с помощью АСУ

Классификация способов контроля и методов обнаружения утечек
(согласно руководящим документам компании «Транснефть»)

	Обнаружение утечки по параметрам перекачки (с использованием средств АСУ ТП* и КИП**)	Обнаружение утечки по физическим параметрам (с использованием дополнительных аппаратных средств)
Методы непрерывного контроля	<ul style="list-style-type: none"> • Метод сравнения расходов • Метод сравнения скорости изменения расходов • Метод материального баланса • Графоаналитический метод • Метод анализа изменения нагрузки электродвигателей • Параметрические способы обнаружения утечек (СОУ) 	<ul style="list-style-type: none"> • Распределенные волоконно-оптические датчики • Метод акустической эмиссии • Метод отрицательных ударных волн
Методы периодического контроля	<ul style="list-style-type: none"> • Метод гидравлических испытаний (опрессовка) • Метод дифференциальных давлений 	<ul style="list-style-type: none"> • Визуальный контроль • Радиационный метод • Технология лазерного газоанализа • Ультразвуковое зондирование • Внутритрубная инспекция • Аэрокосмический мониторинг

*Автоматизированные системы управления технологическими процессами

**Контрольно-измерительные пункты

ТП и КИП. Например, методы материального баланса и контроля расходов хороши только в стационарных режимах, но они не дают точной локализации утечек. В борьбе с преступными врезками они и вовсе могут окаться бесполезными. Известен случай, когда злоумышленники закачивали в магистральный нефтепровод воду вместо похищенной нефти.

Графоаналитический метод дает локализацию с точностью до 10% от контролируемой длины, чего явно недостаточно для борьбы с хорошо замаскированными врезками.

Параметрические системы обнаружения утечек (СОУ) основаны на применении математических моделей и непрерывном измерении давления и расхода. Эти данные постоянно сравниваются с эталонными значениями математической модели контролируемого участка. Точность результата зависит в первую очередь от числа датчиков в трубопроводе. При их «штатном» количестве технология позволяет выявить утечку, но высокая погрешность не позволяет точно определять место и обнаруживать небольшие врезки.

ПРИЗНАКИ ВРЕЗКИ

Ниже рассмотрены технологии непрерывного обнаружения врезок по различным физическим признакам.

Акустическая эмиссия

В методе обнаружения врезки по акустической эмиссии (АЭ) используется факт неизбежного возникновения специфического шума при вытекании нефти через отверстие в стенке трубопровода. Сигнал может быть зафиксирован гидрофонами (акустическими датчиками). Двух датчиков достаточно, чтобы определить положение источника по разнице времени срабатывания.

Основная задача для данной технологии — надежно определить шум врезки на фоне сильнейших акустиче-

ских помех в трубопроводе. Проблему можно решить с помощью обработки сигнала, поэтому в зависимости от способа все решения на основе метода АЭ делятся на две группы: корреляционные и амплитудные.

Амплитудные алгоритмы обеспечивают более высокую защиту от помех, поэтому уже применяются в системах непрерывного контроля герметичности трубопроводов.

Серийные модели амплитудных АЭ-течесискателей быстро и с точностью до нескольких метров определяют врезку. Число ложных срабатываний при этом минимально. Однако при таких достоинствах длина контролируемых участков не превышает 200 метров, что неприемлемо для защиты магистральных нефтепроводов.

Теоретически с помощью корреляционных алгоритмов обработки сигналов АЭ возможен контроль протяженных участков даже при одностороннем доступе с минимальным количеством дополнительного оборудования. Разработки в этом направлении ведутся, но до промышленного применения еще далеко.

Метод отрицательных перепадов давления

Этот метод заслуживает более подробного описания, поскольку на его основе в последние годы созданы системы, подтвердившие свою эффективность в ходе промышленной эксплуатации. СОУ, работающие на этом принципе, применяются в России, Саудовской Аравии и других нефтедобывающих странах.

Утечки фиксируются по отрицательному фронту давления, неизбежно возникающему в момент появления самой утечки. Для регистрации эффекта в трубопровод устанавливается несколько датчиков давления. Временной интервал между срабатываниями датчиков

позволяет рассчитать положение источника и локализовать врезку.

Как и в предыдущем методе, основная задача и сложность — надежное распознавание сигнала на фоне сильных гидроакустических помех в потоке нефтепродукта. Тем не менее применение процессорной техники и цифровых алгоритмов сигнала обеспечило надежность системы на требуемом уровне. Секрет успеха заключается в правильно подобранным алгоритме обработки. Он обязательно патентуется и является главным достижением компании, предлагающей свои услуги на этом рынке.

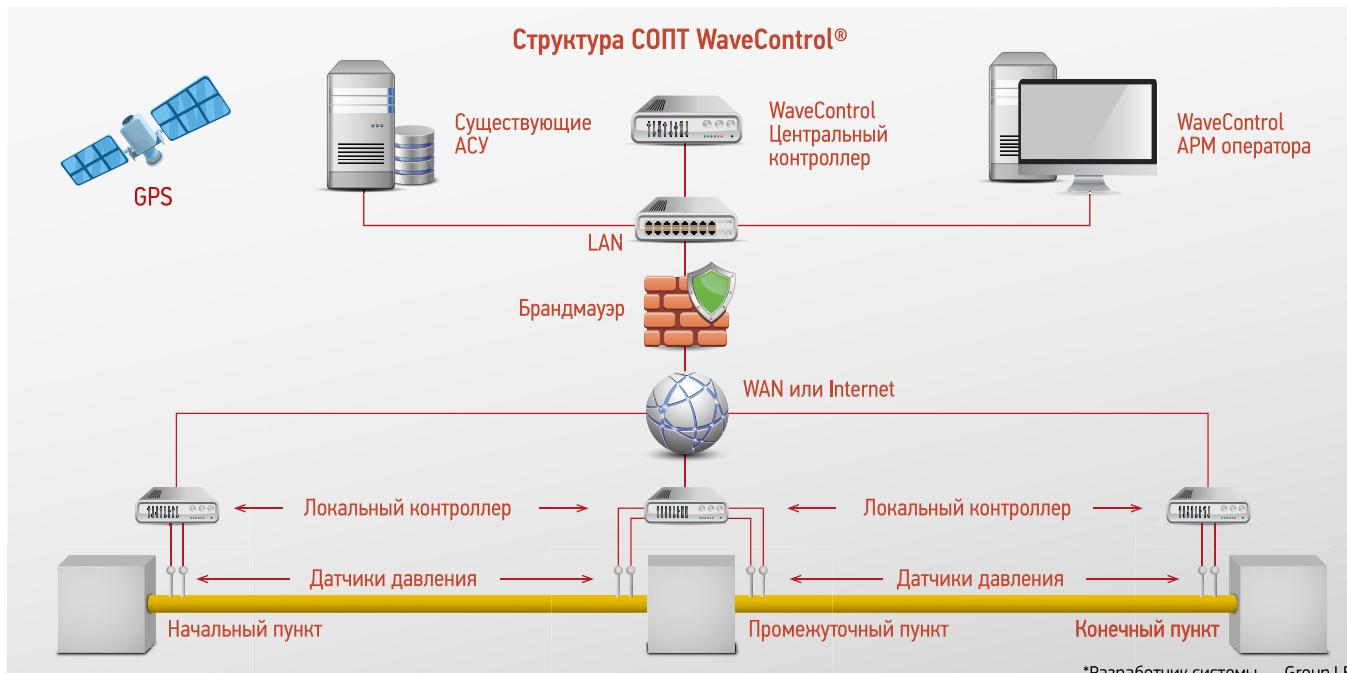
Система обнаружения утечек WaveControl от российской компании Group LB, основанная на принципе отрицательных перепадов давления, обеспечивает надежное распознавание утечек при минимальном количестве ложных срабатываний (не более двух в год). При этом погрешность определения места составляет от 30–50 метров, время срабатывания — 30–60 секунд, длина контролируемого участка — до 50 километров. На рисунке 1 представлена структура работы системы WaveControl.

Распределенный волоконно-оптический датчик

Принцип действия основан на регистрации обратного отраженного лазерного излучения, которое создается по всей длине световода. Характеристики сигнала зависят от формы кабеля, нагрузок, давления, температуры на контролируемом участке. Любые изменения этих величин в определенной точке приводят к характерному изменению отраженного сигнала. Лазерная интерферометрия позволяет засечь, в какой точке было возмущение и определить его характер.

В настоящее время на основе оптического волокна предлагаются следующие технологии:

Рисунок 1. Структура работы системы WaveControl*





В комплексе Optasense реализовано сразу несколько передовых технологий обнаружения врезок: DAS, DTS, DVS

- **DTS (Distributed Temperature Sensor)** — распределенный датчик температуры;
- **DVS (Distributed Vibration Sensor)** — распределенный датчик вибрации;
- **DAS (Distributed Acoustic Sensor)** — распределенный акустический датчик.

Чувствительность технологии DAS такова, что позволяет засечь даже фронт отрицательного давления, распространяющийся вдоль трубы сразу после появления врезки. Локализуется возмущение с точностью до нескольких метров. На выявление несанкционированного вмешательства в работу трубопровода требуется меньше минуты.

Аппаратный комплекс и пакет приложений позволяют обнаружить активность (шум, вибрации от движения техники) в охранной зоне еще до появления утечки. Факт непосредственно врезки фиксируется по волне отрицательного давления, появлению характерного шума утечки и изменению температуры грунта при вытекании нефти.

Контроль герметичности нефтепроводов с помощью волоконно-оптических распределенных датчиков уже применяется в промышленных масштабах. В России такими системами производства ЗАО «ОМЕГА» оборудовано 5500 километров нефтепроводов компаний «Транснефть», за рубежом также широко применяется комплекс Optasense от разработчика QinetiQ.

НЕДОСТАТОК МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

При рассмотрении большинства способов контроля сразу заметен их общий методологический недостаток — незаконная врезка как частный случай утечек. При таком подходе она не может быть обнаружена до того, как начала работать. Хотя технологические возможности для создания таких систем имеются, поскольку любой незаконной врезке обязательно сопутствует некоторая активность в охранной зоне нефе-, газо- или продуктопровода. Связанные с ней шумы, нагрузки и вибрации грунта могут служить дополнительным источником информации о незаконном вторжении.

ОПЫТ «КАЗТРАНСОЙЛА»

«КазТрансОйл» — крупнейшая компания Казахстана в области транспортировки нефтепродуктов. Предприятие эксплуатирует экспортный трубопровод Казахстан–Китай и экспортные трубопроводы в Россию. Транспортный оператор одним из первых в СНГ применил автоматизированную систему управления SCADA, корпоративная

геоинформационная система которой в свое время была признана «Проектом года» в СНГ. Для связи между технологическими объектами проложено несколько тысяч километров волоконно-оптических линий.

С точки зрения безопасности маршруты компании находятся в неблагоприятных условиях — большая протяженность маршрута, пролегающего в малонаселенных районах. Экономические условия и криминогенная обстановка в республике мало отличаются от российских, поэтому проблема врезок здесь также быстро дала о себе знать. «КазТрансОйл» отреагировал на нее внедрением новейшей системы мониторинга трубопроводов.

СИСТЕМА OPTASENSE

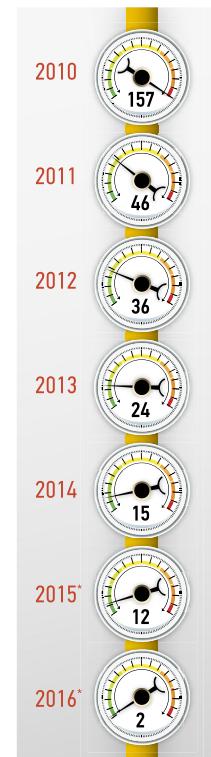
В декабре 2009 года на одном из самых криминогенных маршрутов Жанажол–Кенкияк (Актюбинская область) была введена в действие система Optasense британской компании QinetiQ. Основным элементом системы является одномодовый волоконно-оптический кабель, работающий по принципу распределенного датчика. Кабель прокладывается вдоль трубопровода по всей длине контролируемого участка, длина которого может составлять десятки километров.

В комплексе Optasense реализовано сразу несколько передовых технологий обнаружения врезок: DAS, DTS, DVS. Эффективность разработки подтверждается статистикой компании «КазТрансОйл» по количеству несанкционированных врезок на рисунке 2.

ДВА ФРОНТА БОРЬБЫ

Не стоит полагать, что победить незаконные врезки можно только с помощью технических новшеств. Пример Казахстана доказывает, что также эффективными могут быть энергичные действия исполнительной власти. Так, в 2010 году Уголовный кодекс Казахстана был дополнен новой статьей, устанавливающей ответственность за операции с «левой» нефтью и нефтепродуктами (ст. 197 «Транспортировка, приобретение, реализация, хранение нефти и нефтепродуктов, а также переработка нефти без документов, подтверждающих законность их происхождения»). В добавок к этому было усилено наказание по ст. 188 «Кража» Уголовного кодекса. Пункт «Кражи из нефтегазопровода» находится в четвертой части и предусматривает лишение свободы на срок от пяти до десяти лет с конфискацией имущества. В тандеме с другими изменениями законодательства эффективность технологического контроля за несанкционированными врезками в республике возрастает многократно.

Рисунок 2.
Несанкционированные врезки
на объектах компании «КазТрансОйл»
в 2010–2016 гг.



*Данные за первые девять месяцев года

