
ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК И КОНТРОЛЯ АКТИВНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

А.Е. Воробьев¹, Д.Н. Хабаров¹, М.Т. Мусса¹,
А.В. Янкевский²

¹Кафедра нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

²Кафедра корпоративной безопасности
Рязанский государственный радиотехнический университет
ул. Гагарина, 59/1, Рязань, Россия, 391000

В статье рассмотрена возможность ведения непрерывного мониторинга инновационной системой обнаружения утечек и контроля активности трубопроводов с целью сократить риски возникновения аварийных ситуаций с экологическими последствиями в результате аварий на распределенных объектах. Описывается алгоритм работы системы мониторинга.

Ключевые слова: анализатор информации; волоконно-оптический датчик; волоконно-оптический кабель; мониторинг; нефтепровод; трубопровод; фотодетектор; электромагнитные шумы.

Системы трубопроводного транспорта — эффективный инструмент реализации государственной политики, позволяющий регулировать поставки нефтепродуктов и газа на внутренний и внешний рынки.

В последнее время на магистральных трубопроводах увеличилось число аварий, возникающих в результате внешнего механического воздействия на линейную часть трубопровода, включающего силовое воздействие механическими средствами, несанкционированное и преднамеренное действие с целью хищения транспортируемых продуктов.

Мониторинг системы трубопроводов — комплексная задача, так как объекты системы имеют большую географическую протяженность и подвержены негативным воздействиям окружающей среды. Контроль системы трубопроводов позволяет обеспечить непрерывный мониторинг давления и температуры в трубопроводе, а также регистрировать утечки и повреждения системы, но в значительной мере (до 20—23%), снижает риск возникновения аварии при транспортировке нефти и газа.

Оптоволоконные кабели, которые используются для передачи информации, могут быть использованы в качестве датчиков для системы мониторинга. Деформация оптоволоконного кабеля изменяет оптические параметры кабеля и характеристики излучения, проходящего через волокно. Волоконно-оптические системы (ВОС) невосприимчивы к электромагнитным помехам, что позволяет использовать их в условиях высоких электромагнитных шумов.

Волоконно-оптическая система применяется для контроля за географически протяженными объектами, например, это могут быть магистральные трубопрово-

ды, периметры удаленных военных и промышленных объектов, а также объектов, представляющих повышенную опасность для жизнедеятельности человека [1].

В настоящее время технологии, применяемые в оптоволоконных датчиках, позволяют измерять температуру, давление, расстояние, положение в пространстве, деформацию, колебания, ускорение, массу, уровень жидкости, звуковые волны, электромагнитное поле, дозу радиационного излучения, концентрацию газа и т.д. Сигналы датчиков обрабатываются специальными контроллерами, которые формируют сигнал тревоги.

Система обнаружения утечек и контроля активности (СОУиКА) базируется на параметрах волоконно-оптической системы. Она работает по принципу превентивной защиты, а не фиксирует уже состоявшееся событие, т.е. система позволяет предотвратить негативное воздействие на объект мониторинга. Технические параметры СОУиКА приведены ниже.

Длина периметра ограждения —	без ограничения
Длина охраняемой зоны —	до 1000 м
Климатические зоны применения —	любые
Тип ограждения —	любые виды ограждения
Восприимчивость к эл/магнитным помехам —	абсолютная невосприимчивость к любым
Наработка на отказ —	50 000 час.

Система состоит из источника лазерного излучения, входящего в состав передатчика, чувствительного волоконно-оптического элемента (оптоволоконного кабеля), фотодетектора с блоком первичной обработки сигнала, блока преобразования в цифровой код, алгоритмического анализатора информации, формирующего сигнал тревоги [2].

Конструкция датчика состоит из строительных длин по 4 км каждая. Сращивание производится при помощи сварки. На месте сварки устанавливается герметичная муфта. Электрическое напряжение в датчике отсутствует. Ремонт датчика осуществляется при помощи замены поврежденного участка.

Внешнее воздействие на волоконно-оптический датчик анализируется, классифицируется (или не классифицируется) как попытка проникновения на охраняемый объект по следующей технологии:

- 1) деформируется кабель;
- 2) изменяются фазовые данные лазерного излучения;
- 3) анализатор производит сравнение принимаемого сигнала с образцом (принятого за работу системы в нормальных условиях);
- 4) на основании несоответствия сигнала образцу контроллер выдает сигнал тревоги в связи с нарушением охраняемого периметра [3].

Конструкция системы предусматривает возможность модульного наращивания рабочих длин контролируемых участков до любой протяженности (рис.).



Рис. Конструкция системы

Система контроля активности трубопроводов имеет три степени защиты.

Проверка первой степени защиты системы обеспечивает отбраковку сторонних (природных) воздействий, сохраняя оптимальные расстояния локации воздействий. Тем самым система имеет высокую стойкость к ложным срабатываниям. Чувствительность системы легко может быть адаптирована к каждому конкретным условиям с сохранением всех технических характеристик.

На данном этапе система определяет место и силу воздействия на контролируемый участок. Выявляется точка воздействия. Включается состояние предварительной тревоги.

Проверка второй степени защиты системы обеспечивает анализ временного отрезка с целью определения характеристики спектра воздействия и его принадлежности.

Помимо контроля виброакустического поля объекта для определения потенциального внешнего воздействия на контролируемом участке также производится мониторинг температурного поля, что позволяет выявить утечку флюида любой интенсивности.

Проверка третьей степени защиты системы обеспечивает контроль длительности воздействия.

Использование изобретения позволяет оперативно выявлять нарушения целостности периметра протяженного объекта либо фиксировать какие-либо воздействия изнутри или извне на протяженный объект. При этом устройство позволяет определить координаты места дефекта или точки воздействия на объект с точностью 1—2 м.

Проектирование охранной системы географически и территориально протяженных объектов должно удовлетворять следующим требованиям:

- предотвращать возникновения утечки и точно определять местоположения происшествя;
- обнаруживать несанкционированный доступ к трубопроводу;
- исключать ложные тревоги;
- сокращать долгосрочные эксплуатационные расходы без снижения точности и эффективности работы;
- предоставлять возможность контроля работы и технического обслуживания СОУиКА из удаленного места.

Температурный режим эксплуатации волоконно-оптического элемента должен находиться в пределах не менее от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Оборудование системы должно быть нечувствительно к воздействию помех от находящихся в непосредственной близости радиочастотных излучающих устройств и не оказывать самостоятельного воздействия (помех) на функционирование иных технических средств и оборудования.

Системы мониторинга территориально-распределенных трубопроводов должны обеспечивать экологическую безопасность объекта и соответствовать заданным экономическим параметрам возврата инвестиций.

Система обнаружения утечек и контроля активности обладает следующими принципиальными преимуществами по сравнению с иными системами обеспечения безопасности географически протяженных объектов:

- система устойчива к внешним воздействиям;
- система предотвращает негативные воздействия, что позволяет обеспечить как упреждение события, так и фиксирование уже совершенного действия;
- технология и ноу-хау функционирования СОУиКА представляет интерес для экспорта и может использоваться транснациональными компаниями [4].

Некоторые действующие участки действия системы обнаружения утечек и контроля активности (СОУиКА): Малгобек — Тихорецк (484 км); 44 км — ПНБ Тихорецкая (483,6 км); Самара — Грачи; Бородаевка — Терновка; Пурпе — Самолор (430 км); Тайшет — НПС Сквородино; Куйбышев — Тихорецк (297 км); Красноярск — Иркутск; Тайшет — Скороводино — Козьмино и др.

Применение системы обнаружения утечек и контроля активности позволяет нивелировать риски возникновения аварийных ситуаций с экологическими последствиями в результате аварий на трубопроводе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горшков Б.Г., Зазирный М.В., Кулаков А.Т. Пат. 2271446 Российская Федерация, МПК E21B47/00, G01H9/00. Устройство для мониторинга виброакустической характеристики протяженного объекта / заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «ПетроЛайт». — № 2004122690/28; заявл., 27.07.04, опубл. 10.03.2006. [Gorshkov B.G., Zazirnyi M.V., Kulakov A.T. Pat. 2271446 Rossiiskaia Federatsiia, MPK E21B47/00, G01H9/00. Ustroistvo dlia monitoringa vibroakusticheskoi kharakteristiki protiazhennogo ob'ekta / zaiavitel' i patentoobladatel': Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'iu «PetroLait». — № 2004122690/28; zaiavl., 27.07.04, opubl. 10.03.2006.]
- [2] Хабаров Д.Н. Повышение эффективности обеспечения безопасности территориально-распределенных объектов волоконно-оптическими системами охраны периметра. Инновационное развитие экономики: проблемы и перспективы», межвузовская научно-практическая конф. (2012; Рязань). 5 апр. 2012 г. — Рязань: РГРТУ, 2012. — С. 165—167. [Khabarov D.N. Povyshenie effektivnosti obespecheniia bezopasnosti territorial'no-raspredeleennykh ob'ektov volokonno-opticheskimi sistemami okhrany perimetra. Innovatsionnoe razvitie ekonomiki: problemy i perspektivy», mezhvuzovskaia nauchno-prakticheskaiia konf. (2012; Riazan'). 5 apr. 2012 g. — Riazan': RGRТУ, 2012. — S. 165—167.]
- [3] Воробьев А.Е., Хабаров Д.Н., Тахир Мусса, Янкевский А.В. Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: XI международная конф.

(2012; Москва — Усть-Каменогорск) 17—21 сент. 2012 г. / Моделирование систем безопасности территориально-распределенных объектов. — М.: РУДН, 2012. — С. 278—280. [Vorob'ev A.E., Khabarov D.N., Takhir Mussa, Iankevskii A.V. Resursovosproizvodiaschie, malootkhodnye i prirodookhrannye tekhnologii osvoeniia nedr: XI mezhdunarodnaia konf. (2012; Moskva — Ust'-Kamenogorsk) 17—21 sent. 2012 g. / Modelirovanie sistem bezopasnosti territorial'no-raspredeleennykh ob'ektov. — М.: RUDN, 2012. — S. 278—280.]

- [3] *Хабаров Д.Н.* Патентный анализ способов и изобретений по области: «Мониторинг состояния территориально-распределенных трубопроводов»: отчет о НИР / Российский университет дружбы народов. — М., 2012. [*Khabarov D.N.* Patentnyi analiz sposobov i izobretenii po oblasti: «Monitoring sostoiianiia territorial'no-raspredeleennykh truboprovodov»: otchet o NIR / Rossiiskii universitet druzhby narodov. — М., 2012.]

THE INNOVATIVE SYSTEM TO DETECT LEAKAGE AND PIPELINES ACTIVITY CONTROL

**A.E. Vorob'ev, D.N. Khabarov, M.T. Moussa,
A.V. Yankevskiy**

The Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

A.V. Yankevskiy

The Ryazan State Radio Engineering University
Gagarina str., 59/1, Ryazan, Russia, 391000

The article covers the problem of monitoring the pipelines system.

The article considers the possibility of continuous monitoring the innovative system to detect leakage and pipelines activity control, in order to reduce the risk of accidents with environmental consequences as a result of disasters at geographically distributed objects.

Key words: information analyzer; fiber-optic sensor; fiber-optic cable; monitoring; pipeline; conduit; photodetector/photosensor; electromagnetic interference.