

К ВОПРОСУ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ИЗ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Хасенова Д.Ф.

научный руководитель канд. техн. наук Крец В.Г.

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет

Нефтегазотранспортная система является важнейшей функциональной частью нефтяной и газовой индустрии, а также экономики России в целом. В связи с этим актуальна проблема обеспечения бесперебойной поставки транспортируемого продукта потребителю, что требует осуществления постоянного мониторинга трубопроводной системы, в том числе обнаружения и локализации утечек. Спектр методов обнаружения утечек из трубопроводов достаточно широк, при этом каждый из методов основан на определенном физическом явлении или принципе. Однако, наиболее широкое применение компаниями, занимающимися транспортировкой нефти, получили так называемые параметрические системы обнаружения утечек (СОУ), работа которых основывается на данных параметров перекачки, получаемых с помощью средств АСУ ТП и КИП, а так же на определенной гидродинамической модели, описывающей процесс утечки в трубопроводе.

Параметрические СОУ рассмотрены в большом количестве литературных источников. При этом отмечается, что принципиальные возможности расширения параметрической базы СОУ исчерпаны, т.е. задействован практически весь спектр доступной в традиционных системах телемеханики и АСУ информации. Несмотря на этот факт, также можно отметить единичные попытки усовершенствования параметрических СОУ, так например: модифицированный метод материального баланса; разработка нелинейных аналитических моделей и др. Однако данные методы либо имеют только теоретическую базу, либо их практическое применение на данный момент ограничено. В связи этим наблюдаются попытки отхода от параметрических СОУ и применение систем мониторинга, основанных на совершенно иных физических принципах, так например: различные волоконно-оптические методы, акустические и ультразвуковые методы, методы внутритрубной диагностики, а также аэрокосмический мониторинг. В рамках данной статьи попытаемся проанализировать аэрокосмические методы и технологии мониторинга магистральных трубопроводов.

Аэрокосмический мониторинг осуществляется на основе так называемого дистанционного зондирования Земли, то есть наблюдения поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами съемочной аппаратуры. Методы дистанционного зондирования могут быть пассивные, основанные на использовании естественного отраженного или вторичного теплового излучения объектов на поверхности Земли, обусловленного солнечной активностью, и активные — использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия. Для проведения аэрокосмического мониторинга объектов на поверхности Земли, в нашем случае газо- и нефтепроводов, должны быть созданы космическая и наземная инфраструктуры.

В качестве элементов космической инфраструктуры могут выступать:

- спутники, оборудованные оптической аппаратурой УФ-, видимого и ИК-диапазонов спектра сверхвысокого и высокого разрешения – 0.4-4.0 м; многоспектральной аппаратурой среднего – 5.0-90 м и низкого разрешения(обзорные) – 100 м-1 км; гиперспектральной аппаратурой;

- РЛ-спутники, оборудованные РСА высокого (1.0-8.0 м), среднего (12.5-25 м) и низкого (100-600 м) разрешения;
- спутники магнитной и гравитационной съемок;
- орбитальные станции;
- различные воздушные средства (самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты и др.), оборудованные необходимой аппаратурой.

В свою очередь наземная инфраструктура представлена различными центрами приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли, а так же средствами связи и передачи данных.

Говоря о физических принципах обнаружения утечек нефти или газа из трубопроводов при аэрокосмическом мониторинге, следует отметить, что в зависимости от типа применяемой аппаратуры физический принцип изменяется следующим образом:

- при применении ИК- и радиотепловой аппаратуры утечка идентифицируется по возникновению теплового контраста в месте ее возникновения, обусловленного разницей температур транспортируемого продукта и окружающего трубопровод грунта (рис.1);



Рис. 1. Пример снимка, полученного в результате тепловой инфракрасной съемки.

- при применении многоспектральной или гиперспектральной аэрокосмической аппаратуры утечка идентифицируется по появлению контрастов яркости в различных участках электромагнитного спектра за счет различия спектральных отражательных способностей;
- при применении РЛ-аппаратуры утечка идентифицируется по сужению спектра РЛ-сигналов, отраженных от мест загрязнения земной поверхности, или по изменению корреляционных характеристик сигнала;
- при применении многочастотных радиолокаторов утечка идентифицируется по изменению диэлектрической проницаемости почвы в местах ее возникновения;
- при применении флуоресцентных лидаров утечка идентифицируется по изменению спектров флуоресценции в местах ее возникновения, обусловленного индивидуальностью флуоресцентных характеристик каждого углеводородного компонента.

По выполнению мониторинга полученные данные подвергаются различной обработке, предварительной или детальной, на основе которой формируются

тематические карты и ГИС различной направленности, предназначенные для оценки текущей обстановки эксплуатации и принятия определенных решений.

Для мониторинга нефте- и газопроводов наиболее эффективно является использование метода радиолокационной съемки, то есть РЛ-мониторинга с возможностью построения карт подповерхностных слоев (глубина зависит от длины радиоволны $\delta = \lambda \sqrt{\varepsilon' / \pi \varepsilon''}$, где λ - длина волны, δ - глубина проникновения радиоволн, ε' и ε'' - действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости грунта), а также осуществления съемок в условиях, когда непосредственное наблюдение поверхности Земли затруднено различными природными условиями: плотной облачностью, туманом и т.п.

В целом, главным преимуществом методов аэрокосмического мониторинга является его комплексный характер, то есть возможность не только обнаружения и локализации утечек нефти и газа из трубопроводов, но и также диагностики нарушений технического состояния (определения мест обводнения, всплывания, отклонений проектной глубины залегания трубопровода, выхода трубопровода на поверхность и др.), определения несанкционированных врезок в магистральные нефтепроводы по изображениям подповерхностных слоев района прохождения трассы магистрального трубопровода, выявления несанкционированной хозяйственной и строительной деятельности в охранных зонах магистральных трубопроводов, определения потенциально опасных участков трубопроводов в результате деформаций поверхности на участках подводных переходов трубопроводов через реки, водоемы, болота, контроля устранения выявленных нарушений. Однако, несмотря на такой широкий комплекс решаемых задач, методы аэрокосмического мониторинга не лишены недостатков. Так, в частности, для систем, использующих оптическую аппаратуру, недостатком является зависимость качества данных дистанционного зондирования от прозрачности атмосферы (повышенная облачность, туман). Методы радиолокационного мониторинга лишены этого недостатка, что позволило им получить более широкое распространение. Для всех методов аэрокосмического мониторинга характерен один общий недостаток – это периодичность контроля, то есть возможность оперативного определения различных отклонений (утечек, нарушений технического состояния и др.) зависит от частоты наблюдений. В свою очередь увеличение частоты наблюдений приводит к увеличению стоимости проводимого мониторинга. Сам по себе аэрокосмический мониторинг характеризуется высокой капиталоемкостью по сравнению с параметрическими СОУ, что связано с необходимостью применения большого числа дорогостоящего оборудования.

Анализируя современную обстановку, следует отметить, что компании, занимающиеся транспортировкой нефти (в России ОАО «АК Транснефть» и др.) для решения задач обнаружения и локализации утечек нефти широко используют параметрические СОУ, например систему обнаружения утечек LeakSPY. Использование же параметрических СОУ в компаниях, занимающихся транспортировкой газа (в России ОАО «Газпром») не получило широкого распространения. Отчасти это связано с тем, что последствия аварий на нефтепроводах более серьезны и существенны по сравнению с последствиями аварий на газопроводах. В связи с этим, не принимая во внимание стоимостной фактор, для газотранспортных компаний с первого взгляда методы аэрокосмического мониторинга кажутся более полезными, что ощутимо проявляется на практике, а именно, учреждение ОАО «Газпром» и рядом других компаний ОАО «Газпром космические системы» еще в 1992 году. В настоящее время ОАО «Газпром космические системы» реализуют несколько новых проектов, в том числе создание аэрокосмической системы дистанционного зондирования Земли «Смотр», включающей как радиолокационный, так и оптические

спутники. График создания системы дистанционного зондирования смотр показан на рис.2.

Таким образом, проанализировав возможности применения методов аэрокосмического мониторинга, следует отметить перспективность их использования не только для решения задач обнаружения утечек из трубопроводов, а также для проведения комплексного мониторинга состояния трубопроводов, что в настоящее время доказывается разработкой компанией ОАО «Газпром космические системы» аэрокосмической системы дистанционного зондирования Земли «Смотр» для дистанционного наблюдения за состоянием промышленных объектов, в том числе газопроводов.

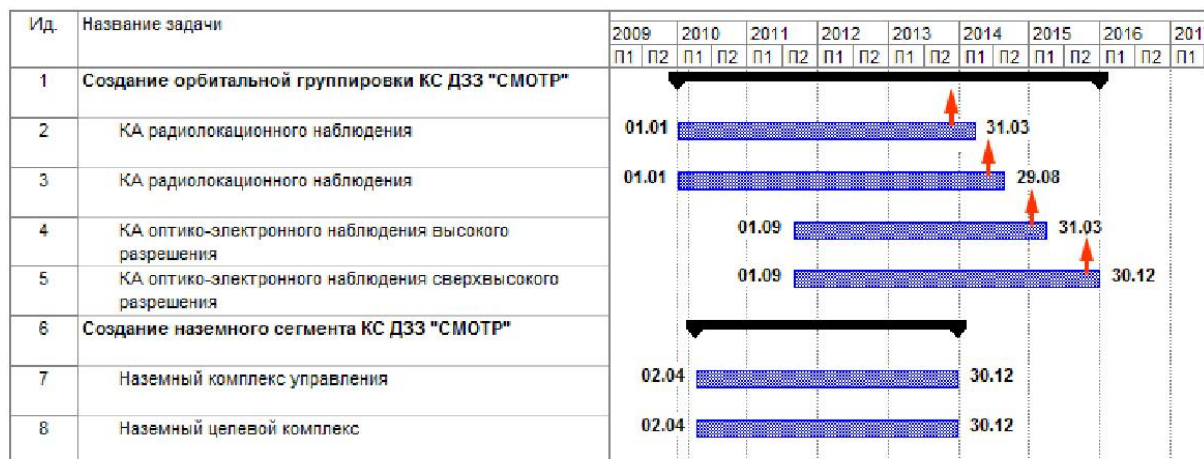


Рис. 2. График создания КС ДЗЗ «Смотр»