

Проведенные экспериментальные исследования подтверждают возможность применения УЗ метода, основанного на измерении скорости распространения УЗ волн в НП, для определения плотности продуктов первичной переработки нефти. Анализ экспериментальных данных выявляет необходимость разделения семейства НП первичной переработки на подгруппы для более точной идентификации отдельного НП описанным в [3] способом. Полученные в результате исследований численные зависимости позволяют автоматизировать процесс измерения плотности средствами вычислительной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бражников Н.И. Ультразвуковые методы измерения плотности. – Приборы и системы управления, 1976. №10. С. 17-21.
2. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. Пер. с нем. М. Издательство иностранной литературы, 1957. - 728 с.
3. Чахлов В.Л., Чепрасов А.И., Шаверин Н.В. Измерение плотности нефтепродуктов и их смесей ультразвуковым методом. – Дефектоскопия, 2002. №6. С. 90-95.
4. Справочник нефтехимика. В двух томах. Т.1. Под ред. Огородникова С.К. – Ленинград: Химия, 1978. - 496 с.
5. Шаверин Н.В. Исследование ультразвукового метода и разработка прибора для автоматизированного контроля плотности нефтепродуктов. – Труды VIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Современные техника и технологии”. Сборник докладов, том 1. –Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – С. 112-114.
6. Гришин В.К., Живописцев Ф.А., Иванов В.А. Математическая обработка и интерпретация физического эксперимента. – Москва. Изд-во Моск. ун-та, 1988. - 318 с.

УДК 622.692.4

*Л.А.ШНАЙДЕР, В.К.КУЛЕШОВ*

### **ВОЗМОЖНОСТЬ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО МОНИТОРИНГА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ УЗЛОВ И УЧАСТКОВ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ**

В статье рассматриваются необходимость и возможность акустико-эмиссионного (АЭ) мониторинга линейной части магистрального нефтепровода (МНП). АЭ-мониторинг всей линейной части МНП трудно реализуем и экономически не выгоден в связи с большой протяжённостью и использования большого количества АЭ-датчиков. Поэтому необходимо выделить потенциально опасные узлы и участки МНП, не требующие оснащения большим количеством АЭ-датчиков. Наличие мешающих факторов, характерных для рассматриваемых объектов (снег, дождь, град и другие атмосферные явления) не позволяет использовать имеющиеся АЭ-системы мониторинга. Необходимо разработка алгоритма отстройки от мешающих факторов.

В настоящее время на территории России эксплуатируется около 65 тыс. км магистральных нефтепроводов (МНП). В последние несколько лет аварийность на нефтепроводах зафиксирована на уровне 0,06 на 1000 км. Срок эксплуатации около половины МНП достиг нормативного срока службы: свыше 33 лет – 30%, от 20 до 30 лет – 37%. К 2005 году доля нефтепроводов с возрастом свыше 33 лет составит 40%. В связи с этим вероятность возникновения аварий с разливами нефти на МНП будет возрастать [1]. Аварийные ситуации связаны с экологическим ущербом окружающей природной среде и огромными экономическими издержками на восстановление работоспособности МНП.

Таким образом, необходимость оперативного предупреждения возможных отказов требует разработки и внедрения высокоэффективных средств мониторинга - непрерывного контроля линейной части МНП.

Мониторинг линейной части МНП в настоящее время осуществляется с помощью методов, основанных на изменении характеристик перекачки нефти: метод отрицательных ударных волн, метод сравнения расходов, контроль по режимным показаниям давления, метод линейного баланса, метод понижения давления.

Данные методы, направленные на обнаружение сквозных повреждений (утечек), не несут информации о динамике развития дефектов и поведении объекта контроля в процессе эксплуатации.

Циклический характер изменения внутреннего давления МНП является причиной усталостных явлений в металле, то есть образования микропластических деформаций металла и локализации концентраторов напряжений, ускоряющих развитие появляющихся и имеющихся дефектов. Растущие усталостные трещины представляют наибольшую угрозу безопасной работе МНП. Согласно [2], развитие микродефекта до размеров макродефекта продолжается 2-5 лет, и приводит к внезапному разрушению стенки ТП. Обнаружение и наблюдение таких дефектов является главной задачей мониторинга МНП.

В работах [3,4] указывается целесообразность использования методов акустической эмиссии, магнитных шумов, голографии для решения поставленной задачи. Кроме того, эти методы обеспечивают обнаружение нарушения герметичности.

Из обзора литературы следует, что методы голографии и магнитных шумов в настоящее время недостаточно проработаны для мониторинга крупногабаритных конструкций. Наиболее перспективным и нашедшим наибольшее распространение при диагностике является метод акустической эмиссии (АЭ).

Применение систем АЭ-мониторинга линейной части МНП связано с огромными техническими сложностями и экономическими затратами на оснащение большим количеством АЭ-датчиков (расстояние между датчиками 10-100 м) из-за большой протяженности рассматриваемого объекта. В связи с этим целесообразно внедрение АЭ-мониторинга потенциально опасных узлов и участков линейной части МНП, не требующих оснащения большим числом АЭ-датчиков. К ним относятся трубопроводные узлы подключения к магистрали, примыкания лупингов и резервуарных устройств; начальные участки транспортных перегонов и НП после нефтеперекачивающих станций; приурезные участки подводных НП; узлы пуска-приёма очистных и диагностических устройств; участки вблизи населённых пунктов; переходы трубопроводов через автомобильные и железные дороги; задвижки на подводных переходах [3]. Опасность участков обусловлена разветвлённой конфигурацией, наличием большого числа тройниковых соединений.

Причиной повреждения узлов ТП чаще всего является совокупность недостаточной прочности тройниковых соединений и чрезмерных (из-за колебаний температуры и неравномерной осадки грунта) напряжений в наземных узлах. Сборка этих узлов осуществляется в процессе строительства в полевых условиях. По результатам статистического анализа из-за брака строительно-монтажных работ происходит 23 % аварий и отказов на МНП [5].

На участках с узлами разветвлённой конфигурации наряду с напряжениями возникают деформации, наиболее опасны из которых деформации изгиба. Во всех случаях, когда температурные деформации компенсируются изгибом узлов, возникают дополнительные концентрации напряжений в местах врезки. Это характерно для надземных узлов, работающих совместно с подземными, прямолинейными участками НП.

АЭ-мониторинг представляет собой непрерывный процесс регистрации и локализации источников сигналов акустической эмиссии, появляющихся в контролируемом объекте при возникновении и развитии различных дефектов. АЭ мониторинг позволяет следить за развитием потенциальных дефектов и определять в реальном времени степень их опасности, то есть осуществлять эксплуатацию объектов мониторинга по их фактическому техническому состоянию. Это позволяет обоснованно исключить останки производства для выполнения периодических освидетельствований, а также оптимально планировать выполнение ремонтных работ.

Задача АЭ-мониторинга герметичности МНП в настоящее время решена. Аппаратура разработана и внедряется на объектах транспорта нефти [6]. Сигнал от течи имеет стационарный характер и сравнительно легко идентифицируется даже при наличии источников АЭ, не связанных с истечением продукта.

Разработки АЭ-аппаратуры для непрерывного контроля крупногабаритных объектов с целью выявления напряжённо-деформированного состояния материала существуют [7,8]. АЭ-системы серии "Эксперт-20NN" (НПО "Алькор"), эксплуатируются с 1994 года для мониторинга изотермических хранилищ [9].

Однако, применение упомянутых систем для мониторинга потенциально опасных узлов и участков линейной части МНП сдерживается. Это вызвано тем, что АЭ – это явление, сопровождаемое едва ли не все физические процессы в твёрдых телах и на их поверхности. В связи с этим, возможность регистрации истинной АЭ, связанной с образованием и развитием дефектов в материале конструкции, сокращается с появлением посторонних источников шумов. Сигналы от шумов по спектру и амплитуде могут совпадать или превышать сигналы истинной АЭ, вызывая ложное срабатывание аппаратуры. При диагностировании с применением метода АЭ на этапе предварительных испытаний объекта контроля (ОК) посторонние шумы выявляются и устраняются причины их возникновения, ОК находится под постоянным наблюдением оператора. От шумов, которые не удаётся минимизировать, осуществляется аппаратурная (частотная или амплитудная) отстройка.

Основные источники шумов при АЭ-мониторинге рассматриваемых объектов - воздействие окружающей среды: ветер, дождь, град, снег и другие атмосферные явления. Приведённые выше способы устранения мешающих факторов не применимы.

Таким образом, для применения АЭ-мониторинга потенциально опасных узлов и участков МНП с целью обнаружения напряженно-деформированного состояния металла необходимо исследование параметров таких шумов, как дождь, град, ветер, снег, и разработка алгоритма отделения АЭ от развивающегося дефекта из совокупности получаемой информации.

Каждый объект имеет свой набор мешающих факторов, что требует создание аппаратуры АЭ-мониторинга для данного объекта, учитывая условия его эксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сушев С.П., Ларионов В.И., Акатьев В.А., Кумохин В.Г. Обоснование объёма ресурсов для ликвидации аварий на магистральном нефтепроводе на основе моделирования разливов нефти //Безопасность жизнедеятельности. – 2002, №7 – С. 7-12.
2. Белов В.М., Подлевских М.Н. Акустико-эмиссионная диагностика трубопроводов и сосудов, работающих под давлением. //Безопасность труда в промышленности, 1995. - № 9. – С. 53-59.
3. Дефектность труб нефтепроводов и методы их ремонта /Под. ред. А.Г. Гумерова. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1998. – 252 с.,ил.
4. Шумайлов А.С., Гумеров А.Г., Молдаванов О.И. Диагностика магистральных трубопроводов. – М.: Недра. – 1992. – 251 с.
5. Дудин С.М., Земенков Ю.Д., Антипьев В.Н., Кривохижа В.Н. Аварии и отказы на магистральных трубопроводах, их причины. //Геотехнические и эксплуатационные проблемы

нефтегазовой отрасли: материалы международного семинара. – Под общей редакцией профессора, д. т. н. С.Я. Кушнира. – Тюмень: ТюмГНГУ. - 2002. – 260 с.

6. Чахлов В.Л., Лапшин Б.М., Малов Е.А. Акустико-эмиссионная аппаратура для непрерывного контроля герметичности речных переходов магистральных нефтепроводов //Безопасность труда в промышленности. – 2000, №8. – С. 32-34.

7. Прибор для непрерывного наблюдения акустической эмиссии. Apparatus for continuous long-term monitoring acoustic emission. Пат. 4609994 Канада, Int. Cl.<sup>4</sup> G01S 5/18/ М. Nabil Bassim, Kris Tangri. - № 570866, Заявл. 5. 12. 83; Оpubл. 02.09.1986.

8. Акустико-эмиссионная система для диагностики промышленных объектов. Пат. 2168169, Россия, МПК<sup>7</sup> G01N29/14 /ЗАО "Нефтегазкомплекссервис" Краснов А.А., Гнетнев Ю.В., Конон А.В., Минаев А.Д. №124626/28; Заявл. 28.09.2000; Оpubл. 27.05.2001.

9. Гриб В.В. Диагностика технического состояния оборудования нефтегазохимических производств. Обзор НТД. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1998. – 202 с.

10. Чахлов В.Л., Лапшин Б.М., Малов Е.А. Акустико-эмиссионная аппаратура для непрерывного контроля герметичности речных переходов магистральных нефтепроводов //Безопасность труда в промышленности. – 2000, №8. – С. 32-34.

УДК 620.179.162

*Л.А. РЕДЬКО, Б.И. КАПРАНОВ*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛОВЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ ШВОВ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Рассмотрена возможность применения вертикального цилиндрического отверстия вместо зарубки для настройки чувствительности при контроле сварных швов трубопроводов из пластмасс. Обоснована целесообразность применения для расчета эквивалентной площади дефектов в пластмассе формул, полученных эмпирически [4,6] для стали. Проведены расчеты эквивалентной площади дефектов при использовании в качестве опорного отражателя углового цилиндрического отверстия для частот 2,5 и 5 МГц.

В последнее время в нефтяной и газовой промышленности внедряются пластмассовые трубопроводы в силу ряда преимуществ их перед стальными [1]. При их строительстве чаще других соединений используют сварное [2,3].

Нефте – и газопроводы являются объектами повышенной опасности. Соединения являются слабым звеном любой конструкции. Поэтому контроль качества соединений трубопроводов необходим для предотвращения аварий.

В СП 42-105-99 "Контроль качества сварных соединений полиэтиленовых газопроводов" ультразвуковые методы обозначены как обязательные при контроле швов, сваренных нагретым инструментом встык.

Основным типом модели дефекта, по которому настраивается чувствительность контроля, и определяются размеры реальных дефектов является отверстие с плоским дном. При контроле сварных швов применяют также угловые отражатели: зарубку, вертикальное отверстие, риску (паз), двугранный угол [4]. Выполнить плоскостное отверстие, плоскость которого перпендикулярна акустической оси наклонного искателя, сложно, поэтому при контроле сварных швов металлов и сплавов в качестве опорного отражателя традиционно применяют зарубку. Изготовление зарубки на пластмассе существующими способами трудоемко и зачастую не обеспечивает необходимой метрологической точности.

В этой связи, так как пластмассы хорошо подвергаются обработке сверлением, рассмотрим применение в качестве опорного отражателя углового цилиндрического отверстия.