



2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с пол. И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. – Издательский дом Вильямс, 2008.
4. Nesterov Y. et al. Gradient methods for minimizing composite objective function. – 2007.

Н.К.А. Табет<sup>1</sup>, В.С. Фетисов<sup>2</sup>

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ТОЛЩИНЫ ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В НЕФТЕПРОВОДАХ

(<sup>1</sup> Аденский университет, Республика Йемен

<sup>2</sup> Уфимский государственный авиационный технический университет)

Парафиновые отложения в нефтепроводах представляют собой серьезную проблему для всех нефтетранспортных компаний. Ежегодно тратятся огромные средства на очистку внутренних поверхностей трубопроводов от этих вредных отложений. Если вовремя не производить такую очистку, то просвет сечения нефтепровода может сильно сузиться, сильно затрудняя транспортировку нефти, или перекрыться вовсе (рис.1).

Для удаления парафина из труб применяют различные способы: механические (очистка с помощью специальных самоходных снарядов, перемещающихся внутри трубы и удаляющих парафиновые наросты скребками, щетками или поршнями - в англоязычной литературе этот метод именуется *pigging* [1]); тепловые (с помощью нагрева трубопровода по длине или прокачки горячей жидкости и растапливания тем самым парафинового отложения); химические (с применением различных растворителей, закачиваемых в трубу) [2].



Рис. 1. Образцы срезов нефтепроводов с парафиновыми отложениями



Для планирования и эффективного проведения таких дорогостоящих мероприятий нужна информация о текущем состоянии отложений в трубе и прогноз их развития.

Измерение толщины отложений может производиться различными методами: ультразвуковым [3], диэлькометрическим [4], радиоизотопным [5], тепловым [6] и др.

Наиболее интересны для потребителя средства измерения отложений, основанные на методах неразрушающего контроля, т.е. такие, которые устанавливаются на внешней поверхности трубы без врезки в нее.

Главное требование к таким средствам измерений – это метрологическая надежность, которая может быть обеспечена путем их интеллектуализации, т.е. наделения их свойствами, позволяющими работать в условиях существенной неопределенности, сбоев и отказов отдельных подсистем. Это, в свою очередь, может быть обеспечено за счет избыточности. Например, за счет применения нескольких датчиков, основанных на различных физических принципах. Немаловажными требованиями являются также простота эксплуатации и безопасность.

Исходя из указанных требований авторы предложили интеллектуализированную систему измерения толщины парафиновых отложений на основе комплексирования сигналов, получаемых от ультразвуковых и тепловых датчиков.

Наиболее надежным методом измерения толщины парафиновых отложений на сегодня является ультразвуковой метод, основанный на излучении через стенку трубы ультразвукового импульса и регистрации отраженных сигналов от поверхностей раздела фаз. Важным достоинством метода является возможность установки измерительного устройства на наружной поверхности трубы без нарушения ее целостности. Причем для надежного измерения в условиях неравномерности отложений по длине окружности сечения трубы (см. крайний правый пример на рис.1) желательно проведение измерений в двух и более направлениях, перпендикулярных поверхности трубы.

Другим удобным неразрушающим методом является тепловой, который имеет множество модификаций. Например, в одной из его реализаций на трубопроводе соосно с ним устанавливают источник тепла в виде кольца, снимают градиент температуры в направлении от источника тепла вдоль трубопровода на его поверхности, по которому судят о размерах отложений внутри трубопровода.

Описанные методы нельзя назвать быстродействующими (время цикла измерения составляет несколько миллисекунд для ультразвукового метода и несколько секунд или минут для теплового), но в данном случае быстродействия и не требуется – медленная динамика накопления отложений вполне позволяет использовать такие датчики.

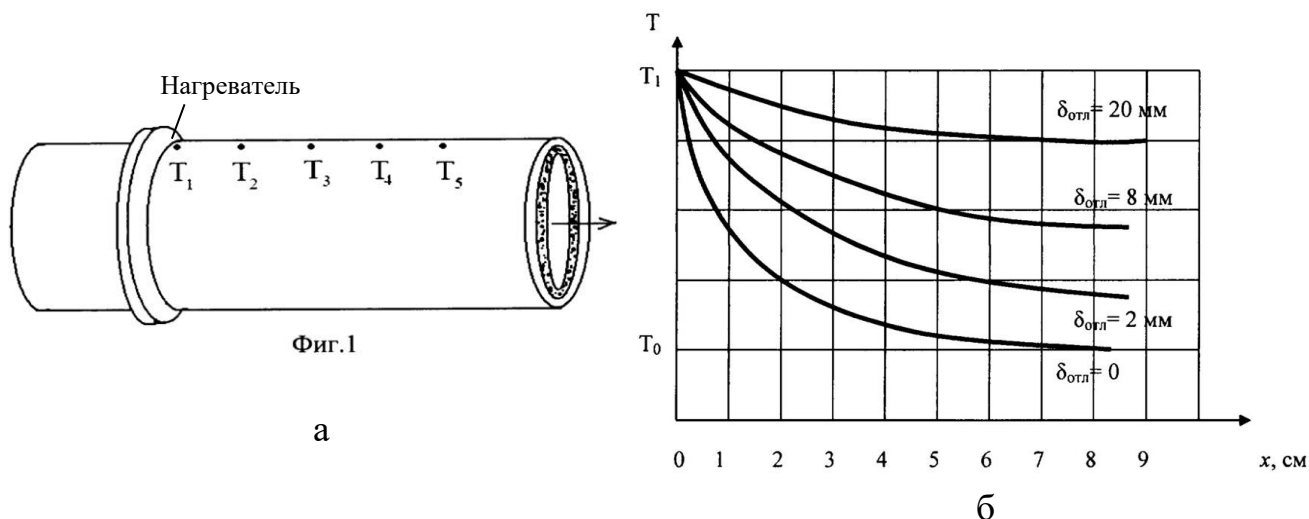


Рис. 2. Одна из реализаций теплового метода измерения толщины отложений:  
а – расположение датчиков температуры на трубе,  
б – градиент температуры для разных отложений

В алгоритм работы системы заложена процедура фильтрации с использованием фильтра Калмана. Результирующие значения толщины отложений вычисляются в виде взвешенной суммы результатов ультразвуковых и тепловых измерений, где весовые коэффициенты обратно пропорциональны дисперсиям оценок этих результатов. Эта процедура часто используется в авиационных системах [7].

В программное обеспечение модуля обработки сигналов ультразвукового датчика входит также процедура обнаружения некондиционности измерений, которая распознает такие ситуации как прохождение по трубе объекта, вызывающего кратковременные аномальные изменения сигнала (прохождение воздушного пузыря или очистного устройства). Аналогичная процедура обнаружения критической помехи есть и в обработчике сигналов теплового датчика. В любом случае некондиционность сигналов приводит к изменению режима комплексирования результата: некондиционные текущие отсчеты вовремя исключаются из рассмотрения.

Сочетание двух типов датчиков позволяет более эффективно выполнять измерения толщины отложений в разных диапазонах. В диапазоне малых толщин, где работа ультразвукового датчика осложнена наличием «мертвой зоны» (до 20 мм) предпочтительнее использовать информацию с теплового датчика. В диапазоне толщин более 20 мм эффективнее использовать ультразвуковой датчик.

Комплексирование сигналов указанных датчиков позволяет одновременно не только снизить уровень погрешности измерений толщины отложений и повысить их надежность, но и сохранить живучесть системы в случае отказа одного из датчиков.



### Литература

1. Cordell J., Vanzant H. The Pipeline Pigging Handbook, Third Edition Clarion Technical Publishers, Houston, 2003.
2. Хасанова К.И. Развитие технических средств и технологий очистки нефтепроводов от асфальтосмолопарафиновых отложений: Дисс. канд. техн. наук. Уфа, Уфимский гос. нефтяной техн. университет, 2013.
3. Индикаторы прохождения очистных устройств по нефтепроводу УЛИС/УЛИС-А // Сайт компании «Росэнергоучет». 05.09.2017.  
[http://www.rosenergouchet.ru/production/production\\_15.html](http://www.rosenergouchet.ru/production/production_15.html)
4. Орлов А.И. Метод оперативного контроля состояния парафиновых отложений при очистке демонтированных нефтепроводных труб: Дисс. канд. техн. наук. Казань, Казанский гос. энергетический университет, 2011.
5. Семенюк А.В., Коптева А.В. Неразрушающий метод контроля АСПО в магистральном нефтепроводе // Современная наука и практика. №4 (9). 2016. С.48-53.
6. Ахмедов Г.Я. Способ определения толщины отложений на внутренней поверхности трубопроводов // Патент РФ № 2344338: МПК F17 D 1/16, G01B 17/02; опубл. 20.01.2009. Бюл. № 2.
7. Борисов Е. Г., Турнецкий Л. С. Комплексирование координатной информации в бортовой многодатчиковой системе наблюдения // Информационно-управляющие системы. 2012. № 2. С. 67-73.

Ю.Ж. Хожамкулова

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЛИВА РИСА

(Ташкентская научно-опытная станция риса, зерновых и бобовых культур)

В настоящее время по разработанным и принятым рекомендациям в Узбекистане для полива риса расходуется от 16 до 24 тыс. м<sup>3</sup>/га воды за один год в зависимости от сорта и его вегетационного периода. Этот показатель в три раза больше чем расход воды для риса в Китае или в Японии, так как у них расход воды составляет 6-8 тыс. м<sup>3</sup> /га за вегетационный период каждый год в Узбекистане сильно ощущается нехватки поливной воды для сельскохозяйственных культур, особенно для основной культуры региона хлопчатника. Поэтому посевы риса осуществляются в залежных долинах реки Амударья и Сирдарья, где невозможно выращивать другие сельскохозяйственных культур из-за залежности и засоленности почв на этих площадях, а также постоянно проводятся различные меры связанные с уменьшением расхода поливной воды /1,2/.

Одним из таких острых мер пути уменьшению расхода поливной воды является разработка различных мероприятий по режиму орошения и изучению новых норм полива риса.