

УДК 622.692.4

**РЕГИСТРАЦИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ  
ВНУТРИТРУБНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПО ТРУБОПРОВОДУ  
АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

А.Н. Калиниченко

Томский политехнический университет

E-mail: lex-k@tpu.ru

**Калиниченко Алексей Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» ТПУ.

E-mail: lex-k@tpu.ru

Область научных интересов: исследования и разработка неразрушающих физических методов и приборов контроля качества материалов и изделий, вибродиагностика.

Проведен сравнительный анализ современных технологий контроля прохождения внутритрубных объектов по трубопроводу. Предложена аппаратура и методика бесконтактной регистрации внутритрубных объектов акустическим способом.

**Ключевые слова:**

Внутритрубный объект, акустический метод, регистрация, сигнализатор.

Важнейшим направлением повышения надежности, безопасности и экономической эффективности эксплуатации магистральных нефтепроводов является внедрение новых средств автоматизации мониторинга технического состояния. Развитие этого направления особенно актуально в условиях неравномерной перекачки, при значительном износе и физическом старении некоторых участков нефтепроводов.

Повышение надежности, безопасности и эффективности эксплуатации нефтепроводов достигается различными способами, например, использованием внутритрубной диагностики с последующим устранением обнаруженных дефектов, очисткой внутренней поверхности трубопроводов от отложений, что снижает затраты на транспортировку нефти, применением разделителей потока при транспортировке партий нефти с различными физико-химическими свойствами, использованием герметизирующих устройств при ремонте нефтепроводов. Перечисленные способы объединяет использование внутритрубных снарядов, движущихся с потоком нефти: диагностических устройств, скребков, разделительных поршней, герметизаторов и др., при этом процедура пропуска очистных устройств (ОУ) и автономных приборов диагностики является ответственным техническим мероприятием.

Основная проблема, связанная с использованием внутритрубных объектов (ВТО), – определение их точного местоположения при движении в трубопроводе в реальном времени или, другими словами, проблема сопровождения ВТО. Знать положение устройства необходимо также в случае его остановки или застревания, чтобы целенаправленно и с наименьшими затратами организовать его извлечение либо проталкивание.

Внедрение на трубопроводном транспорте различных систем ВТО вызвало необходимость создания специальных устройств для их поиска и обнаружения при остановке или застревании в подземных трубопроводах. Такие остановки и застревания ВТО довольно часты, особенно в трубопроводах, только вводимых в эксплуатацию, и в трубопроводах, давно эксплуатируемых, но по которым специальные разделяющие и очистные устройства ранее не пропускались.

ВТО движутся в потоке воды, нефти или газа и накапливают перед собой пробку, строительный мусор и посторонние предметы, которые не были удалены перед вводом трубопровода в эксплуатацию. Такие скопления могут вызвать остановку ВТО. То же может произойти, если в трубопроводе окажется какое-нибудь устойчивое препятствие – низко опущенный штырь, задвижка, крупные металлические предметы и др. Более редки случаи остановки разделителей и скребков в трубопроводах вследствие накопления перед движущимся устройством большого количества парафиновых или полимерных отложений. Такое случается, напри-

мер, когда скопление парафина перед шаровым резиновым разделителем не смогло преодолеть поворот нефтепровода под углом 90°.

Проблему сопровождения ВТО пытаются решить по-разному. Так, например, в заданных контрольных точках устанавливают сигнализаторы, фиксирующие проход внутритрубного снаряда. Расстояние между сигнализаторами составляет, как правило, несколько десятков километров [1].

По своему назначению приборы и аппаратуру, применяемые для этих целей, можно разделить на две группы:

- пассивные сигнализаторы (без излучателя, устанавливаемого на ВТО);
- активные сигнализаторы (с излучателем, устанавливаемым на ВТО).

В данной статье речь пойдет о различных типах сигнализаторов прохождения ВТО через контрольные пункты трубопровода.

Стационарные сигнализаторы – устройства, фиксирующие прохождение ВТО через определенную точку трубопровода. Сигнализаторы – простые и надежные устройства, но они не могут контролировать местоположение ВТО на всем участке трубопровода.

Обычно эти приборы устанавливаются на трубопроводе вместе с устройствами для запуска и приема ВТО, а также вдоль трассы трубопровода после линейных задвижек. Сигнализаторы прохождения ВТО, как правило, используются в системе автоматического управления задвижками на головной, промежуточных и конечной станциях.

Контроль за прохождением ВТО через контрольные пункты трубопровода осуществляется как местными показаниями прибора, так и путем передачи сигнала на диспетчерский пункт [1].

Анализ существующих конструкций сигнализаторов прохождения ВТО показал, что каждый из типов устройств лишь частично удовлетворяет предъявляемым к ним требованиям. Конструкция устройства определяет область и условия его применения. Сравнительные характеристики наиболее известных отечественных сигнализаторов прохождения ВТО по трубопроводу представлены в таблице.

**Таблица.** Характеристики отечественных сигнализаторов прохождения ВТО

Наименование	Описание	Принцип действия	Вид местной индикации	Скорость прохождения ВТО
Zond	Прибор для обнаружения несанкционированных врезок в трубопровод и дефектов трубопровода, а так же регистрации прохождения очистных поршней, оснащенных постоянным магнитом	Регистрация изменения градиента магнитного поля земли в местах локализации ферромагнитных масс и контроль градиента магнитного поля земли вдоль протяженной трубопроводной магистрали	Двадцатирядная шкала жидкокристаллического индикатора; сигнал одновременно дублируется звуковым сигналом изменяющейся тональности	до 5 м/с
Аргус-СПС	Сигнализатор прохождения скребка очистки нефтепровода	Приемник регистрирует электромагнитный сигнал от трансмиттера	–	–
ДПС-7В	Сигнализатор прохождения очистного устройства	Одновременный прием и регистрация ультразвуковых колебаний и возмущений магнитного поля	Световая и звуковая сигнализация, информирующая о прохождении ВТО	1±10 км/ч
ЛН-01	Низкочастотный локатор	Обнаружение и определение местоположения ВТО, оснащенных передающими устройствами, излучающими электромагнитные колебания	–	–

Продолжение таблицы				
МАЯК	Устройство регистрации прохождения очистных поршней с передатчиком	Излучение и прием электромагнитных волн инфранизких частот	Сигнал индицируется акустическим излучателем и на светодиодном дисплее с отображением амплитуды сигнала	до 5 м/с
МДПС-3	Сигнализатор прохождения очистного устройства	Основан на приеме и регистрации флуктуации магнитного поля, создаваемого движущимся внутритрубным объектом	Световая и звуковая сигнализация	1÷10 км/ч
МС-2	Сигнализатор момента прохождения внутритрубных инспекционных снарядов и очистных поршней	Регистрация изменяющегося магнитного поля с помощью выносных датчиков на основе эффекта Холла	Информация передается по радиоканалу на центральную станцию	1÷36 км/ч
ПК-5	Сигнализатор прохождения внутритрубного объекта	Регистрация приемником переменного низкочастотного магнитного поля, создаваемого излучателем, установленным на ВТО	Светодиодная, звуковая	5 км/ч
ПОИСК-МП	Прибор для определения местонахождения очистных устройств	Регистрация переменного магнитного поля, излучаемого передатчиком, установленным на ВТО	Жидкокристаллический индикатор, звуковая и визуальная сигнализации	5 м/с
ПРИБОЙ-СТ	Стационарный приемник-сигнализатор	Приёмник реагирует на аномалии в магнитном поле, вызванные движущимся внутри трубопровода скребком с установленными на нём источником постоянного магнитного поля	–	до 70 км/ч
ПУЛЬСАР	Устройство регистрации и поиска	Регистрация прохождения очистных поршней, оснащенных электромагнитным передатчиком	Индикатор сигнала прохождения поршня	–
РЕПЕР-ЗВ	Переносной сигнализатор прохождения очистного устройства	Детектирование возмущения геомагнитного поля, возникающего при прохождении ВТО места установки магнитометрического датчика сигнализатора	Звуковой сигнал регистрации ВТО	1 ÷ 10 км/ч
Семигор	Прибор контроля за передвижением очистного поршня в трубопроводе	Передатчик излучает, а приемник принимает и регистрирует инфранизкочастотные электромагнитные колебания	–	–
Сенсор	Сейсмодатчик контроля движения и прохождения по трубопроводам очистных и диагностических снарядов	Контроль прохождения снаряда производится на слух через головной телефон и/или визуально по стрелочному индикатору на приемнике	Через головной телефон и/или визуально по светодиодному индикатору на приемнике	не ограничена

Продолжение таблицы				
СКР-7М	Сигнализатор прохода по трубопроводам очистных или разделительных устройств	Механическое воздействие движущегося устройства на рычаг сигнализатора, выступающего внутрь трубопровода	–	–
СПВС	Сигнализатор прохода ВТО	Регистрация виброакустических сигналов, излучаемых внутритрубным снарядом	–	–
СПРА-4	Сигнализатор прохода ВТО	Регистрация прохода всех видов внутритрубных объектов при помощи акустического датчика	Светодиодная, звуковая	от 0,1 до 3 м/сек
УДПП-1М	Устройство регистрации прохода ВТО	Детектирование возмущения геомагнитного поля, возникающего при прохождении ВТО места установки магнитометрического датчика	–	1...15 км/ч
Фоноскоп	Акустический прибор контроля движения очистных и диагностических устройств в магистральном трубопроводе	Прием с поверхности почвы или со стенки трубопровода сейсмических колебаний распространяемых от движущегося в трубопроводе объекта по стенке трубопровода и через стенку трубопровода в почву	Сигнал индицируется акустическим излучателем (наушниками) и светодиодным линейным дисплеем с отображением амплитуды сигнала	–

В настоящее время разрабатываются и используются приборы и системы, которые по способам контроля можно подразделить на механические, магнитные, электромагнитные, радиоактивные и акустические [2].

### Механические сигнализаторы прохода внутритрубных объектов

В случае применения для очистки полости трубопровода эластичных ОУ наибольшее предпочтение следует отдать рычажковым сигнализаторам.

Известны многие конструкции сигнализаторов. Однако принцип их действия одинаков. Он заключается в том, что корпус сигнализатора с механизмом передачи монтируют на очищаемом трубопроводе, внутрь которого выступает клапан или поворотный рычаг, перемещаемые вертикально или отключающиеся в сторону под действием проходящего ОУ. Механические сигнализаторы снабжены поворотным лимбом с указателем или счетчиком. Электромеханические сигнализаторы снабжены еще электрическим датчиком для передачи сигнала в местную (световую, звуковую) или дистанционную систему контроля.

Они являются самыми дешевыми и технологичными в изготовлении, монтаже и эксплуатации сигнализаторами. Главным недостатком таких сигнализаторов является нарушение целостности трубопровода при их монтаже (врезке). Однако благодаря высокой надежности, простоте обслуживания, пригодности для фиксации прохода ОУ любого типа без специальной переделки по трубопроводам различного диаметра, безопасности для обслуживающего персонала механические контактные сигнализаторы получили наиболее широкое распространение [3].

### **Радиационные сигнализаторы прохождения внутритрубных объектов**

Оборудование с использованием сигнала от источника радиоактивного гамма-излучения предусматривает расположение этого источника в ОУ и прием сигнала вторичными приборами. В отечественной практике это оборудование широкого распространения не получило. Основным недостатком указанного способа является опасность радиоактивного облучения, так как радиоактивный изотоп должен обладать значительной интенсивностью, особенно при работе на подземных трубопроводах [2].

### **Магнитные сигнализаторы прохождения внутритрубных объектов**

В 50-е гг. прошлого века был запатентован электромагнитный способ для обнаружения скребков и разделителей в трубопроводе. Прибор состоит из двух автономных блоков: блока электромагнитного датчика и блока приемника. В блок электромагнитного датчика входит генератор инфранизкой частоты и источник питания, в блок приемника – антенное устройство, усилитель с фильтром, настроенный на частоту источника сигналов – электромагнитного датчика. Блок электромагнитного датчика помещается в герметичный контейнер и монтируется на разделителе, скребке или другом устройстве, запускаемом в трубопровод. Датчик создает низкочастотное электромагнитное поле, сигналы которого проходят через стенку трубопровода и грунт и принимаются антенной приемника.

Использование таких систем требует применения специальных мер защиты от веских магнитных помех и может применяться только для контроля прохождения ВТО, изменяющих магнитное поле пункта наблюдения [2].

### **Акустические сигнализаторы прохождения внутритрубных объектов**

Акустическое прослушивание трубопровода – достаточно простой и надежный метод. Он предполагает контроль за шумами, создаваемыми в трубопроводе движущимися ВТО. По шумам определяют (на слух или с помощью акустических приборов) момент прохождения ВТО контрольных точек трубопровода, где находятся операторы, или размещены приборы. Особенно высока эффективность прослушивания на открытых участках трубопровода, в местах положения задвижек, кранов и т. п. Этот метод позволяет установить факт и момент прохождения ВТО через контрольные точки, что является важным для последующего поиска застрявшего ВТО, поскольку район поиска значительно сокращается [4].

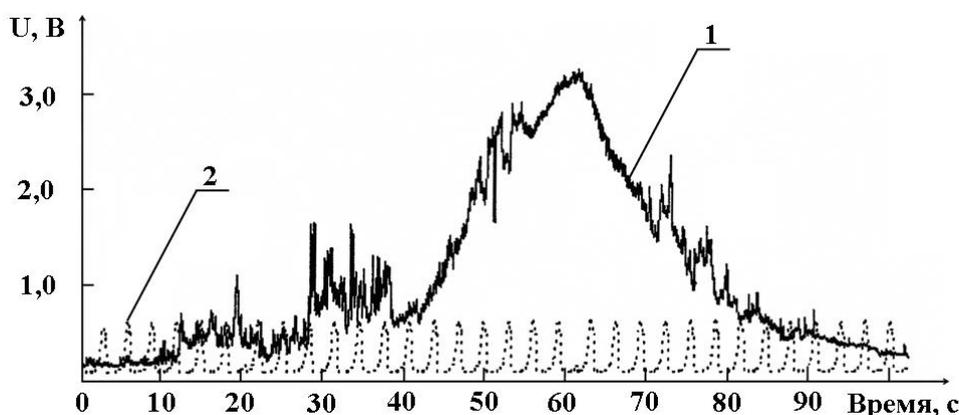
Акустический способ контроля основан на зависимости распространения акустических волн от физико-механических характеристик среды.

На базе ТПУ (Лаборатория № 62 Института неразрушающего контроля) производится один из таких приборов – сигнализатор прохождения внутритрубных объектов СПРА-4 (рис. 1).

Приборы такого типа обладают довольно высокой достоверностью, что подтвердили испытания новой модификации этого прибора СПРА-4-3Д, проведенные в 2007 г. Во время проведения испытаний по нефтепроводу были пропущены три очистных устройства СКР-3, СКР-3 и СКР-4 с износом манжет в пределах 20 %. Установленные приборы все проходы скребков через узел подключения зарегистрировали. Пропущенных очистных устройств не было. Ложных срабатываний тоже не было. На рис. 2 представлен сигнал на выходе блока акустического датчика в момент прохождения очистного устройства.



**Рис. 1.** Сигнализатор прохождения внутритрубных объектов СПРА-4



**Рис. 2.** Сигнал на выходе блока акустического датчика в момент прохождения очистного устройства типа СКР-3: 1 – сигнал очистного устройства; 2 – калибровочный сигнал, равный по амплитуде порогу срабатывания СПРА-4

Таким образом, проведенный сравнительный анализ способов контроля прохождения очистных устройств и автономных приборов показывает перспективность применения сигнализаторов прохождения, основанных на методике бесконтактной регистрации ВТО акустическим способом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Супрунчик В.В., Коновалов Н.М., Мызников М.О. Система сопровождения внутритрубных снарядов «ССВС-001» // Трубопроводный транспорт нефти. – 2003. – № 12. – С. 9–12.
2. Шумаилов А.С., Исхаков Р.Г., Авдеев М.К., Хайретдинов В.Р. Исследование ультразвукового метода контроля прохождения очистных устройств и автономных приборов в трубопроводном транспорте / Надежность функционирования нефтепроводного транспорта. – Уфа: Изд-во ВНИИСПТнефть, 1983. – С. 75–80.
3. Валуева Н.А., Лаврентьев М.А., Львов С.Л. Сигнализатор прохождения очистных и разделительных устройств по магистральным трубопроводам / Проблемы автоматизированного управления объектами нефтяной промышленности. – Киев: Изд-во КИА, 1989. – С. 54–58.
4. Климовский Е.М., Колотилов Ю.В. Методы и оборудование для определения местоположения очистных и разделительных устройств в трубопроводе / Транспорт нефти. – М.: ВНИИОЭНГ, 1987. – С. 12–16.

Поступила 01.02.2013 г.