

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



СЕРИЯ

**«ТРАНСПОРТ И ХРАНЕНИЕ НЕФТИ
И НЕФТЕПРОДУКТОВ»**

**ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ
ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

В Ы П У С К 4

МОСКВА 1981

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОРГАНИЗАЦИИ,
УПРАВЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
Серия «ТРАНСПОРТ И ХРАНЕНИЕ НЕФТИ
И НЕФТЕПРОДУКТОВ»

Обзорная информация

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Москва 1981

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ СКРЕБКОВ
И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ

Устройства, применяемые для очистки нефтепроводов
за рубежом

Для поддержания пропускной способности магистральных трубопроводов на заданном уровне необходимо регулярно проводить очистку их внутренней поверхности от отложений. Наиболее эффективный способ — гидромеханическая очистка с помощью скребков. Скребки, в зависимости от их конструкций, различны по эффективности удаления отложений со стенок труб, по износостойкости и проходимости.

Как в СССР, так и за рубежом разработано много конструкций скребков, в которых чистящим элементом являются диски, ножи, проволочные щетки и пр. Обычно скребок состоит из стального корпуса. Щетки или ерши скреплены со стальным корпусом пружинами, прижимающими щетки к стенкам трубы. Скребки, которые не имеют щеток или ершей, снабжаются наружными манжетами, именуемыми отжимными кольцами. Этот тип скребка используется при отделении друг от друга транспортируемых партий нефтепро-



дуктов и сырой нефти, а также при гидростатических испытаниях и операциях по осушке трубопроводов.

Пенопластовые скребки изготавливаются из пористого пенопласта, имеют более твердую оплетку из резины или пластмассы. Они создают уплотнение внутри трубы за счет сжатия пенопласта, а не за счет манжет, как в случае скребков других типов. Пенопластовые скребки делаются также и со щетками.

Некоторые скребки удлиненной формы, чтобы могли пройти через участки с обратными клапанами, некоторые — укороченной, чтобы преодолевать приварные колена, а третьи — имеют удлиненную форму и шарнирное соединение в середине, они пригодны в обоих случаях.

В последнее время за рубежом применяются шаровые разделители, которые имеют форму шара, изготавливаются из резины или пластмассы. Шаровые разделители используются главным образом, при последовательной перекачке и в двухфазных потоках.

Применение скребков позволяет производить следующие операции:

- периодическое удаление из трубопроводов накапливающихся парафинов, грязи и воды;

- разделение продуктов в транспортной зоне для уменьшения поверхности контакта между различными сортами транспортируемой продукции;

- регулирование потоков жидкости внутри трубопровода. Примерами являются: уменьшение количества жидкости, накапливающейся в трубопроводах с двухфазным потоком; заполнение трубопроводов для гидростатических испытаний; удаление воды из трубопроводов после гидростатических испытаний; операции по осушке трубопровода;

- проверку трубопроводов с целью обнаружения вмятин, прогибов или участков повышенной коррозии (используются калиброванные и электронные скребки или скребки-нутромеры, снабженные измерительным прибором);

- нанесение на внутренние стенки трубопровода антикоррозионного покрытия.

Для того чтобы скребок перемещался по трубе, необходимо, чтобы между его концами существовал перепад дав-

ления. Этот перепад давления обуславливает действие силы, превышающей силу трения между скребком и внутренней стенкой трубы. Величина силы, перемещающей скребок, зависит от нескольких факторов, и прежде всего от того, какое происходит движение, — восходящее или нисходящее, от силы трения, действующей между скребком и стенками трубы, а также от перекачиваемого продукта.

Манжеты скребков проектируются таким образом, что уплотнение между скребком и стенкой трубы обычно создается за счет перепада давления между концами скребка ($\Delta P = P_2 - P_1$). Сила, необходимая для перемещения скребка по трубе, определяется выражением $F = \Delta P A$, где A равно площади поперечного сечения трубы.

Манжеты скребка обычно имеют диаметр на 1,6–3,2 мм больший, чем внутренний диаметр трубы. Манжеты проектируются так, чтобы свести к минимуму возможность просачивания транспортируемой среды и чтобы износ манжет был в пределах допустимого. Но из-за того, что труба имеет продольный сварной шов, небольшое просачивание неизбежно: манжета образует мостик в месте нахождения шва. Величина просачивания зависит от того, насколько продольный сварной шов выступает над стенкой трубы, а также от качества материала, из которого изготовлены манжеты. По мере работы манжеты становятся мягче, просачивание уменьшается, но скорость износа манжет при этом повышается, поэтому необходимо делать замену их.

Просачивание, вызываемое наличием на трубе продольного сварного шва, происходит и в том случае, если применяются шары и пенопластовые скребки. Шары и скребки всех типов, в том числе и пенопластовые, перемещаются по трубе примерно с той же скоростью, что и поток продукта, будь то жидкость или газ. В жидкостных трубопроводах поток постоянен, и скребок перемещается практически с равномерной скоростью.

При работе на газовых линиях скребок движется с остановками в результате того, что для его движения требуется определенный перепад давлений. Так как сила, требуемая для начала движения скребка, больше, чем сила, необходимая для поддержания движения, скребок начинает пере-

мешаться при определенном перепаде давления и движется до тех пор, пока перепад давления не станет намного меньшим. Обычно скребок останавливается у сварного шва. Сила, необходимая скребку для преодоления сварного шва, суммируется с силой трения, и остановка длится до тех пор, пока перепад давления не достигнет величины, достаточной для возобновления его движения. Это справедливо в особенности для скребков, движущихся при атмосферном давлении во время очистки трубопроводов, а также при испытаниях вновь сооруженных трубопроводов. Явление остановки имеет тенденцию ослабевать при более высоких рабочих давлениях. Однако характер движения "старт-остановка" все же сохраняется.

Боковые отводы диаметром более 50% диаметра основной трубы оборудованы ограждающими прутками, чтобы предотвратить внезапную остановку скребка в месте бокового отвода и возможное его повреждение.

Колена трубопроводов имеют минимальный радиус закругления, равный $1,5$ диаметра трубы (или $3R$). Хотя существуют скребки, которые способны преодолевать колена радиусом $1,5R$ Колена радиусом $3R$ дают оператору большие возможности выбора скребков.

Скребки для очистки применяются во всех видах трубопроводов. Для достижения высокой степени очистки их пропускают вдоль трубопровода несколько раз. Вопросам повышения производительности трубопроводов в результате периодической очистки их с помощью скребков посвящен целый ряд публикаций. Такая очистка, — более экономичный способ поддержания максимальных скоростей потока, чем введение дополнительных мощностей или строительства новых трубопроводов [1]. Стоимость создания дополнительных ловушек для скребков составляет небольшую часть стоимости всей системы трубопровода; расходы на очистку трубопровода помощью скребков также незначительны.

Скребок со щетками или ершами должен обеспечивать перепуск среды как жидкой, так и газообразной. Назначение перепускного устройства — предотвращать накопление удаляемых отложений перед скребком, которые могут привести к образованию пробки. Удаляемые отложения под дей-

ствием перепускаемого продукта распределяются в потоке перед скребком, степень этого распределения возрастает по мере увеличения скорости движения перепускаемого продукта.

Пенопластовые скребки, оборудованные щетками, имеют внутреннюю систему перепуска среды: короткие щетки закреплены на корпусе скребка, переток происходит через щетки, так устраняются загрязнения с них. Если необходимо создать дополнительную зону перепуска среды, переднюю часть резинового или пластмассового покрытия скребка срезают, и газ или жидкость проходит через открытые поры пенопластового корпуса.

В случаях, когда предусматривается использование шаров, проектирование отверстий и боковых отводов на трубопроводах должно быть тщательно продуманным, потому что шары могут закручиваться на месте в самых неожиданных частях трубопровода. При работе в среде газа или жидкости и при низких скоростях потока шар останавливается обычно у бокового отвода тройника клапана ловушки, когда попадает в стандартную ловушку скребка. Ограждающие прутки тройника оказывают давление на шар и задерживают его; в то же время в тройнике остается достаточное свободное пространство, и поток обтекает шар. Для того чтобы задержки не происходили, необходимо использовать тройник увеличенных размеров, устанавливая его наклонно, что позволит шару свободно проходить мимо бокового отвода тройника и продолжать движение по трубопроводу.

Имеются специальные тройники, спроектированные так, что шар свободно проходит через них. Эти тройники имеют увеличенные размеры и не требуют установки в наклонном положении для удовлетворительной работы.

При низких скоростях потока в нефтепроводах и газопроводах прохождение шарами обратных клапанов откидного типа затруднено из-за того, что клапаны находятся не в полностью открытом положении, а под углом. Угол откидывания клапана зависит от скорости потока, стремящегося поддерживать клапан открытым, и веса клапана, под действием которого клапан старается вернуться в закрытое положение.

При больших скоростях потока шары беспрепятственно проходят обратные клапаны, так как импульс, сообщаемый клапану со стороны шара, выжимает клапан в открытое положение. При ударе о клапан шар прежде останавливается на мгновение, а затем поток снова приводит его в движение и проносит через клапан. Но постепенно скорость потока снижается, инерция шара и угол откидывания клапана уменьшаются, шар задерживается в сферическом корпусе клапана, а поток обтекает его и проходит через корпус клапана. Чтобы вывести шар из обратного клапана, скорости потока нужно значительно увеличить.

Пенопластовые скребки ведут себя почти так же, как и шары. Они обладают способностью проходить секции трубопровода с ограниченным потоком, как, например, открытые редукционные клапаны или конические вентили. Скребки должны также быть способными проходить трубопроводы, имеющие большие отложения на стенках труб.

Перепад давления, который зависит от длины скребка, должен быть достаточно большим, чтобы обеспечивать, во-первых, движение скребка и, во-вторых, преодоление силы сопротивления клапана. Кроме того, необходимо тщательно продумывать конструкцию корпуса обратного клапана, чтобы избежать захвата скребка в сферической части корпуса.

Пенопластовые скребки довольно гибки и могут проходить колена трубопровода с малым радиусом кривизны, могут даже входить в боковые ответвления тройников, если поток полностью направляется в ответвление. Диаметр секций с ограниченным потоком должен составлять не менее 80% диаметра трубопровода, иначе может произойти повреждение скребка.

Система трубопровода должна проектироваться таким образом, чтобы в любое время возможно было управлять работой скребка. Первый раз скребок вводится в трубопровод во время сооружения последнего. Это происходит в процессе гидростатических испытаний. Скребки во время испытаний попадают обычно в наиболее жесткие условия. Большинство из них редко остается без повреждений.

Испытания большинства трубопроводов проводятся с использованием воды. Скребок при этих испытаниях движется

перед водой, обеспечивая механическое отделение наполняющей трубу воды от воздуха и предотвращая их смешение.

Существует много способов введения и извлечения скребков из секций трубопроводов, подвергаемых испытаниям. Если система трубопроводов испытывается посекционно, то ввод и выгрузка скребков производятся через коллекторы одного диаметра с трубопроводом или клетки-сепараторы, а не через спускные трубы и приемные емкости большого диаметра.

Трубопроводы с внутренним покрытием, очищают путем прокачки воды в пространстве перед скребком и сливом ее с большей скоростью относительно скребка. Эта операция поддерживает турбулентный характер движения воды перед скребком и предотвращает протаскивание манжетами остатков породы, гравия, обрезков сварочных прутков и других твердых предметов вдоль стенки трубы и повреждение покрытия. Перепускные отверстия скребка открыты, чтобы перекатываемый продукт проходил через них, увеличивая турбулентность потока.

Скребки со стальными щетками в трубопроводах с внутренним покрытием не применяются.

Когда при заполнении трубопровода используют шары, их накачивают не полностью. Это особенно существенно, если в трубопроводе находится значительное количество песка и грязи.

В этом случае шары не создают хорошего уплотнения, они перекатываются по песку в трубе, просачивающаяся вода вымывает его из-под них, удерживая слой песка перед шарами.

Иногда перед скребком в трубопроводе требуется создать противодействие (если трубопровод проложен по перекаченной местности); чтобы избежать резкого ускорения движения скребка при движении под уклон. Такая проблема возникает нечасто, в обычных условиях скребки не дают возможности воздуху проникнуть в наполняемую секцию вследствие того, что для движения скребка по трубопроводу требуется перепад давления.

Если скребок движется под уклон, и давление столба жидкости на заднюю часть скребка становится больше, чем

сила, требуемая для его движения, скребок опережает столб жидкости. В результате в зоне за скребком образуется разрежение. Однако давление столба воды на заднюю часть скребка все же больше, чем атмосферное давление перед ним. До момента образования зоны разрежения за скребком, напор должен быть больше, чем сумма атмосферного давления и давления паров воды минус разрежение. Поэтому давление на заднюю часть скребка всегда больше, чем на переднюю.

Вследствие действия давления, движущего скребок, и давления паров жидкости, происходящая утечка в любом случае будет просачиванием жидкости, обтекающей скребок, а не воздуха, стремящегося заполнить область разрежения. Когда скребок, наконец, достигает точки, где давление, требуемое для его продвижения, становится больше атмосферного, полость в жидкости, образованная действием разрежения, исчезает.

Предполагается, что единственным случаем, когда перед скребком требуется создать противодействие, является случай, когда скребок движется по участку трубопровода с очень большой крутизной и с резко изгибающимся коленом в конце спуска, преодолевая это колено под действием своей инерции и столба жидкости и далее двигаясь по горизонтальному участку трубопровода. В этом случае давление столба жидкости не превышает давления на переднюю часть скребка, и в пространство за скребком происходит проскок воздуха, причем временами скребок движется назад до тех пор, пока перепад давления снова не достигнет величины, необходимой для продвижения скребка.

В момент, когда скребок останавливается, все еще существует перепад давления, и в полость разрежения за скребком происходит проскок воздуха. Степень проскока зависит от вида скребка и от скорости прокачки жидкости насосами, необходимой для передвижения скребка.

Краткий анализ методов обнаружения скребков

Очистка магистральных нефтепроводов производится несколько раз в год, в зависимости от интенсивности парафинизаций, участками длиной в сотни километров. Проблема

оперативного обнаружения скребков в магистральных трубопроводах и автоматизация этого процесса чрезвычайно актуальны, тем более, что ни одна из существующих конструкций скребков не гарантирует их от застревания.

Основные требования, которым должна удовлетворять система контроля за продвижением скребков в магистральных трубопроводах, за их местоположением в любой момент времени следующие.

1. Система должна быть максимально автоматизированной, должна осуществлять контроль всего участка трубопровода, подвергающегося очистке и работать в реальном масштабе времени.

2. Система должна эффективно определять местоположение скребка как при его движении, так и при остановках. Погрешность определения местоположения скребков не должна превышать заданной.

3. Изменение параметров перекачиваемой среды (температура, вязкость, плотность), режимов перекачки (давление и расход), а также плотности и толщины отложений на внутренней поверхности труб не должны влиять на точность и надежность определения местоположения скребков.

В литературе описан ряд методов решения проблемы обнаружения скребков, но большинство из них практически носит характер нереализованных предложений и может служить лишь основой для поиска и выработки оптимального варианта. Для большей наглядности и удобства анализа представим все известные методы обнаружения в форме классификационной схемы (рис. 1) и на конкретных примерах рассмотрим, насколько указанные на схеме (см. рис. 1) методы удовлетворяют вышеперечисленным требованиям.

Стационарные сигнализаторы прохождения скребков обычно устанавливают на контрольных створах (камерах приема и пуска скребков, водных переходах и т.д.). Несмотря на различие конструкций, принцип обнаружения скребков у всех типов стационарных сигнализаторов очень схож. Приведем, для примера, две современные конструкции стационарных сигнализаторов [2, 3].

Первый сигнализатор монтируется на трубопроводе и включает в себя шаровой клапан, который под действием

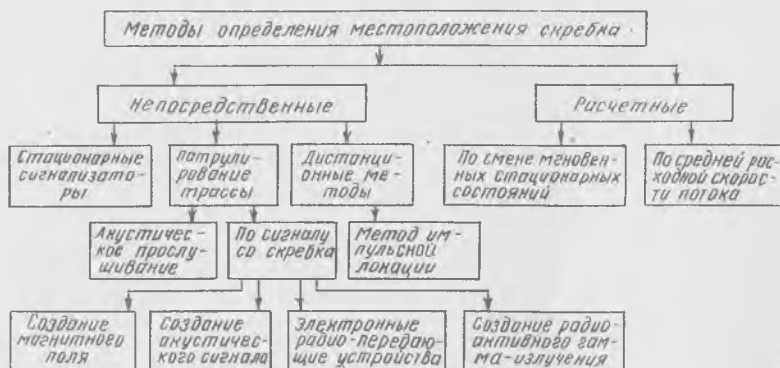
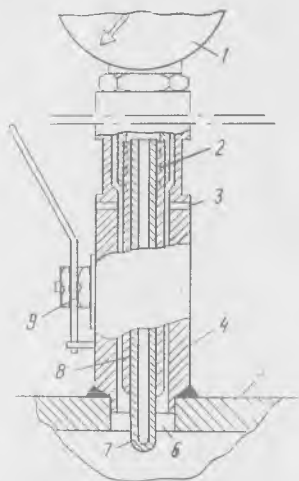


Рис. 1. Классификационная схема методов определения местоположения скребков при очистке магистральных трубопроводов

пружины прижимается к своему седлу, при этом его нижняя часть входит в полость трубопровода. Пропускаемый по трубопроводу скребок воздействует на шаровой клапан, отжимая его от седла. Перемещение шарового клапана приводит в действие электромагнитный механизм, генерирующий электрический сигнал, который свидетельствует о прохождении скребка.

Конструкция второго сигнализатора показана на рис. 2.



Внутри патрубка 4, входящего в сквозное отверстие 6 в стенке трубы 5, имеются две подвижные коаксиальные трубки 7 и 8. При прохождении скребка трубка 7 с открытым верхним концом выталкивается из трубопровода и это вызывает в замкнутом пространстве повышение давления, регистрируемое манометром 1. Затем освобождается захват 2 и трубки 7 и 8 уже вместе перемеща-

Рис. 2. Стационарный сигнализатор прохождения скребков

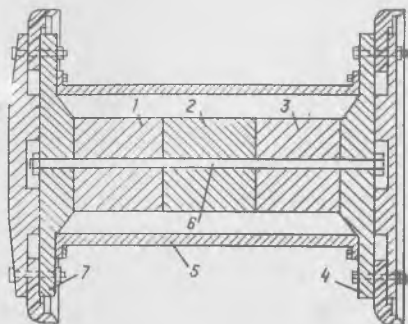
ются в канале вверх за счет давлений в трубопроводе. Когда трубки 7 и 8 поднимаются выше пробкового крана 9, через отверстие 3 выходит перекачиваемый по трубопроводу продукт. Это служит сигналом для закрытия пробкового крана.

Достоинствами таких стационарных сигнализаторов являются безотказность и точность работы, а также возможность подсоединения сигнализаторов только во время очистки магистральных трубопроводов, что повышает надежность всей системы.

Однако применение стационарных сигнализаторов на практике не дает возможности контролировать весь участок очищаемого трубопровода и осуществлять слежение за продвижением скребков.

Акустическое прослушивание – самый простой способ обнаружения прохождения скребков при патрулировании трассы. Он состоит в определении на слух момента прохождения скребком открытых участков трубопровода и задвижек. Использование такого способа прослушивания затруднительно из-за акустических помех, больших затрат труда и времени.

Создание магнитного поля. Метод основан на обнаружении скребков по магнитному полю, создаваемому мощным постоянным магнитом. Такое магнитное устройство располагается в скребке в качестве первичного источника поля [4]. Устройство обеспечивает магнитное насыщение стенки трубопровода, так что магнитное поле распространяется за пределами стенки трубы и может быть обнаружено чувствительным магнитометром на поверхности. На рис. 3 показан такой скребок, который



состоит из двух кольцевых полюсных элементов 4, 7, жестко прикрепленных на противоположных краях цилиндрической немагнитной

Рис. 3. Конструкция скребков с постоянным магнитом в качестве источника поля

обшивки 5, и трех мощных кольцевых постоянных магнитов 1, 2, 3. Магниты устанавливаются на латунном опорном стержне 6, проходящем вдоль оси скребка.

В СКБ "Транснефтьавтоматика" разработан прибор МИ-1М, в основу которого положен принцип создания знакопеременного магнитного поля с помощью вращающегося постоянного магнита призматической формы, помещенного в герметичный немагнитный контейнер. Магнит вращается посредством специального микроэлектродвигателя, который питается от автономного блока питания, размещенного в том же контейнере, батареи рассчитаны на 90 ч работы. В качестве наземной аппаратуры используются мигнитоимпульсионные датчики-феррозонды [5].

Поля, создаваемые постоянными магнитами, могут быть соизмеримы с полями промышленных помех, различного рода металлических предметов, с магнитными аномалиями, создаваемыми сварными стыками трубопроводов. Использование в качестве источника поля вращающегося постоянного магнита, создающего знакопеременное магнитное поле, исключает влияние помех и делает поиск скребка более эффективным.

Создание акустического сигнала. В этом случае в качестве первичного источника акустического сигнала, помещенного в скребок, является

гонг 6. Такое устройство показано на рис. 4. Молоток 1 с приводом, периодически ударяя по наковальне 8 гонга 2, создает звуковые колебания, воспринимаемые на поверхности приемником 11. При этом наковальня 8 совершает колебания в плоскости, перпендикулярной оси 6 и продольной оси трубо-

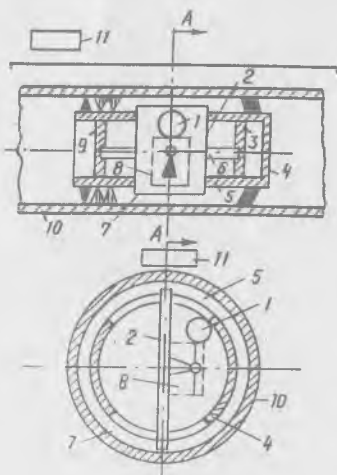


Рис. 4. Конструкция скребков с гонгом, являющимся источником акустического сигнала

провода 10. Ось 6 смонтирована в корпусе 4 на дисках 3 и 9, акустически изолирующих внутреннюю полость корпуса и обеспечивающих повышение четкости сигналов. Благодаря пазам 5 и 7 в корпусе 4 акустический сигнал распространяется перпендикулярно оси трубы в направлении приемника 11.

Электронные радиопередающие устройства. Для определения местонахождения скребков в трубопроводах во многих странах мира пользуются электронными приборами. Такие известные фирмы, как Rurgas AG, ESSO-Ruffinery, Mannesman (ФРГ), Gas de France (Франция), Water Research Association (Англия), Northen Indian Public Service (США) и другие используют для определения местоположения скребков электронные устройства системы Severin. К скребку прикрепляется радиопередатчик в кожухе, выступающий из корпуса скребка в виде "хвоста". Встроенный передатчик радиоимпульсов обеспечивает достаточную мощность передаваемых сигналов, которые воспринимаются с помощью приемника 2 (рис. 5). Передающая антенна 1 представляет собой катушку с железным сердечником. Сигнал передатчика воспринимается на участке трассы протяженностью 12 м. Непосредственно над скребком сигнал имеет четкий минимум. В верхней части рис. 5 изображена кривая, представляющая закономерность изменения сигнала на выходе радиоприемника.

Создание радиоактивного гамма-излучения. Фирма Endress & Hauser GmbH (ФРГ) создала прибор, в котором в качестве сигнала прохождения скребка является гамма-излучение от помещенного в самый скребок источника (Co^{60}), и успешно применяет его на практике при обнаружении застрявшего скребка, а также при проходе скребка

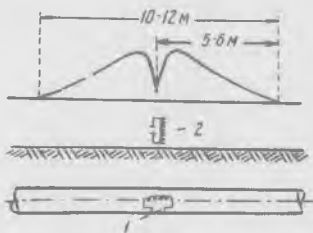


Рис. 5. Кривая электроэнергии воспринимаемых сигналов

перекачивающей станции. При этом создана система детекторов (гамма-пилот №33), автоматически включающаяся при подходе скребка к перекачивающей станции. Такая система осуществляет автоматический обвод скребка перекачивающей станции через блок камер приема и пуска скребка. Интенсивность гамма-излучения подобрана так, чтобы облучаемая зона не простиралась от источника более чем на 1,5 м. В этом случае излучение еще может быть уверенно обнаружено на поверхности земли (над трассой) и не представляет серьезной опасности для окружающих.

В отечественной практике этот метод нашел весьма ограниченное применение ввиду того, что потенциальная опасность радиоактивного облучения все же существует.

Последние четыре метода, основанные на подаче сигнала со скребка, дают возможность определять местоположение застрявших скребков лишь при использовании патрульных средств, но не позволяют осуществлять контроль всего очищаемого участка. Эти методы можно использовать также в качестве стационарных сигнализаторов прохождения скребка, при этом "приемник" находится постоянно на внешней поверхности трубы. В этом случае методы, основанные на подаче сигнала со скребка, имеют преимущества, так как нет необходимости в сверлении отверстий в стенке трубы. Соединение всех "приемников", расположенных на очищаемом трубопроводе, линией связи дает возможность автоматизировать систему наблюдения за прохождением скребка контрольных створов на очищенном участке.

Метод импульсной локации. Сущность метода [7] заключается в следующем. Магистральный трубопровод вместе с заполняющей его средой рассматривается в качестве канала связи. Излучатель звука, помещенный в трубопровод, посылает звуковой импульс в заполняющую его среду. На некотором расстоянии от излучателя находится подлежащий обнаружению скребок. Импульс звука отражается от скребка и возвращается к излучателю, где принимается специальным приемником звука. Трубопровод передает сигнал со скоростью звука. Эта скорость определяется как параметрами жидкости, так и упругостью стенок трубопровода. При известной скорости звука по измеренному времени, прошед-

шему с момента излучения до момента приема звука, рассчитывается расстояние от излучателя до скребка. На рис.6 представлена расчетная кривая дальности обнаружения скребка в трубопроводе диаметром 500 мм, заполненном воздухом, при помощи звукового импульса с пиковым давлением 30 дин/см² в полосе 1 Гц, в диапазоне частот от 5 до 10³ Гц. Кривая 1 показывает дальность обнаруже-

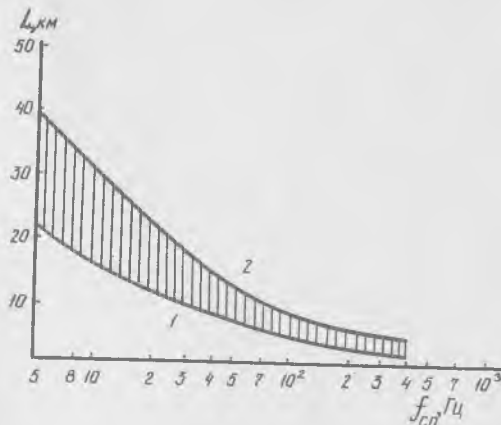


Рис. 6. Дальность обнаружения скребка в трубе 500 мм в зависимости от выбранной рабочей частоты

ния с учетом помех, обусловленных микросейсмами, а кривая 2 — при отсутствии помех.

К сожалению, этот метод не реализован на практике и может служить лишь хорошей основой для создания автоматизированной системы слежения за перемещением скребка в трубопроводе. Такая система, при условии тщательной отработки, может удовлетворять всем или, по крайней мере, большинству перечисленных ранее требований.

Расчет местоположения скребков по смене мгновенных стационарных процессов. При очистке нефтепровода от парафиновых отложений общая потеря энергии представляет собой сумму потерь энергии на трех участках: потери перед скребком, после скребка, потери энергии, определяемые перепадом давления на скребке и энергозатратами на очистку внутренней поверхности. Если рассматривать ра-

боту нефтепровода как смену мгновенных стационарных процессов [8], гидравлический расчет можно производить по формуле Дарси-Вейсбаха. Скорость движения нефти на всех трех участках принимается одинаковой. Коэффициент, учитывающий асинхронность движения скребка по отношению к потоку, принимается постоянным. Учитывая эти допущения, определяют закон движения скребка. Задаваясь определенными начальными условиями, можно получить расчетные формулы для определения местонахождения скребка в любой момент времени в процессе очистки. На рис.7

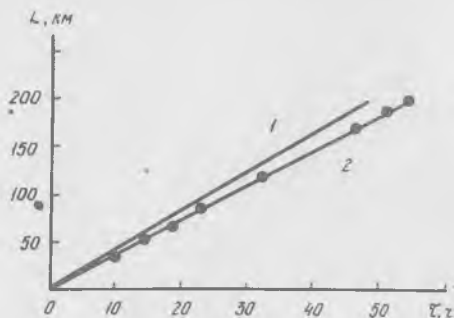


Рис. 7. Движение скребка в нефтепроводе, рассчитанное:

1 - по средней расходной скорости; 2 - фактические данные

представлены результаты расчетов для конкретного нефтепровода. Как видим, они удовлетворительно согласуются с фактическими данными (кривая 2), хотя и содержат определенную погрешность.

Этот метод применяется, к сожалению, только на нефтепроводах, где процесс парафинизации можно предсказать довольно точно, зная свойства и параметры перекачиваемой нефти. При возникновении аварии и застревании скребка применение этого метода не дает результатов. При определении момента подхода скребка к контрольным створам (камерам приема и пуска скребков, водным переходам и т.д.) для обеспечения надежности и точности определения местоположения скребка метод расчета местоположения скребков

по смене мгновенных стационарных процессов необходимо применять в сочетании со способами непосредственного обнаружения, например с установкой стационарных сигнализаторов.

Расчет по средней расходной скорости. Этот метод наиболее часто применяют в отечественной практике в сочетании с акустическим и методом установки стационарных сигнализаторов. На практике расчет движения скребка со скоростью, равной скорости потока, иногда уточняют на основе показаний счетчика объемного расхода жидкости, установленного на входе перекачивающей станции. Но и при этом предполагается отсутствие перетоков, т.е. движение скребка считается поршневым, а это приводит к ошибкам.

Таким образом, окончательный выбор системы очистки основывается на особенностях, присущих данному трубопроводу.

Потребность оперативного обнаружения скребков в магистральных трубопроводах и автоматизация этого процесса, с учетом перспектив эксплуатации, становится насущной.

При разработке автоматизированной системы оперативного обнаружения скребков в магистральных трубопроводах некоторые из проанализированных выше методов могут быть использованы с учетом последних достижений контрольно-измерительной и вычислительной техники. Прежде всего это относится к методу импульсной локации, к методам, основанным на создании акустического сигнала со скребка, на создании магнитного поля, а также к методам, основанным на использовании электронных радиопередающих устройств.

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЕБКОВ

Система электромагнитного обнаружения скребков
"Seba Dinatronic" состоит из передатчика "MLS 80", приемника "MLE 80" с наушниками "KP" и пеленгаторной катушки "MS 80" настроенных на одну частоту. Принцип измерения заключается в том, что передатчик создает вокруг себя электромагнитное поле, которое улавливается пеленгаторной катушкой, и благодаря этому появляется возможность определять местонахождение скребка.

Рабочая частота и мощность передатчика подобраны таким образом, что можно определить также глубину прокладки линии. Излучаемый передатчиком радиосигнал более или менее ослабляется стенками труб.

Передатчик "MLS80" состоит из собственно передатчика и блока питания, которые размещены в одном корпусе. С целью уменьшения затухания сигналов корпус изготовлен из пластмассы (прочность на сжатие составляет 100 бар), а для предотвращения механических повреждений при работе его внутренняя полость полностью заполнена маслом. Передатчик генерирует низкочастотные колебания, которые излучаются с помощью штыревой антенны. Режим работы передатчика импульсный скважность равна 2. Питание обеспечивается никелькадмиевым аккумулятором, размещенным в стальной трубе, на конце которой находится клемма для зарядки аккумулятора, отключаемая при работе передатчика. Аккумулятор обеспечивает работу передатчика в течение 150 ч, после чего он должен снова заряжаться в течение 14 ч.

Создаваемое передатчиком электромагнитное поле имеет как вертикальную, так и горизонтальную составляющие. В зависимости от поставленных задач возможно следующее использование аппаратуры "Seba".

1. Определение местоположения застрявшего скребка. Поисковую катушку располагают горизонтально, так, чтобы продольная ось ее совпала с продольной осью трубы и перемещают по поверхности вдоль оси трубы. За несколько метров до местоположения скребка обнаруживается очень слабое поле, которое при дальнейшем продвижении исчезнет. После этого минимума появляется возрастающий тон сигнала, который достигает пиковой величины над скребком. Затем снова появляется минимум тона сигнала, за которым снова следует слабый максимум.

2. Определение местоположения перемещающегося скребка. Поисковая катушка располагается вертикально или горизонтально над трассой трубопровода. При прохождении скребка появляется возрастающий тон сигнала, который, в зависимости от положения поисковой катушки, имеет один сильный или два слабых минимума или же два одинаково сильных минимума тона сигнала. Пеленгация при помощи

одной катушки ставит условием относительно низкую скорость потока, порядка несколько метров в секунду. При скоростях более 8-10 м/с скребок можно не обнаружить вследствие того, что передатчик работает дискретно, и при прохождении скребка под поисковой катушкой он может находиться в выключенном состоянии. В этом случае необходимо располагать две или три поисковые катушки на расстоянии 10 м друг от друга.

3. Слежение за перемещающимся скребком. - задача чрезвычайно сложная. Пеленгация перемещающегося скребка может осуществляться лишь при очень невысоких скоростях потока и достаточно квалифицированным персоналом по меньшей мере, двумя операторами, которые взаимодействуют таким образом: второй оператор, находящийся на расстоянии нескольких десятков метров перед первым, преследующим скребок, регистрирует местоположение скребка в случае, если первый не успел этого сделать.

4. Определение скорости движения скребка можно проводить лишь при скорости потока не более 2 м/с. Предварительно устанавливают две катушки в горизонтальном направлении на расстоянии 50-100 м друг от друга. Отсчет времени начинается при прохождении скребком первой катушки и кончается при прохождении второй. Чем больше расстояние между точками отсчета, тем точнее можно измерить скорость потока. Это объясняется тем, что передатчик может оказаться выключенным в момент прохождения точек отсчета, и сигнал примется до или после этой точки.

Система, основанная на магнитном методе, служит для определения расстояния, пройденного скребком. Описанное в работе [4] устройство для обнаружения скребков, включающее в себя кольцо из сильно намагниченных стальных блоков со стальными полюсными пластинами, расположено таким образом, чтобы обеспечивалось магнитное насыщение всей поверхности трубы. Недостатком такого устройства является то, что для получения нужной магнитной связи между полюсной структурой постоянного магнита, расположенного в скребке, и стенкой трубы диаметр магнитного кольца должен составлять не менее 90% от внутреннего диаметра трубы. Следовательно, скребок не может пройти

преграды, которые уменьшают диаметр трубы более чем на 10%. Кроме того, магнитное кольцо очень тяжелое, резиновые уплотнения скребка подвержены повышенному износу, а скребок стремится двигаться эксцентрично по отношению к трубопроводу, что делает его более чувствительным к преградам в нижней части трубы.

Этих недостатков лишен прибор, осуществляющий намагничивание стенки трубопровода по узкой продольной полосе при помощи колеса, образуемого двумя кольцевыми пластинками из магнитного материала [9]. Расположенные друг от друга на некотором расстоянии эти пластины находятся на общей оси, проходящей через их центры так, чтобы создавалось магнитное поле между краями этих кольцевых пластинок. Укрепленное на скребке колесо вращается по оси, перпендикулярной продольной оси скребка, в контакте с внутренней поверхностью трубы. Это существенно снижает вес постоянного магнита, требуемый для достижения нужной намагниченности. В трубопроводе устройство ориентируется таким образом, что намагниченная полоса проходит в наиболее удобном для обнаружения скребка месте. В случае уложенной в землю трубы эта полоса обычно проходит вдоль ее верхней образующей, при этом направление магнитного поля перпендикулярно оси трубы.

Для того чтобы приспособление с магнитным устройством могло обходить имеющиеся в трубе препятствия, крепёжные детали колеса устанавливаются таким образом, что обеспечивают его подвижность в направлении, перпендикулярном оси трубы, при этом колесо находится в упругом контакте с внутренней поверхностью трубы (рис. 8,а). Как видно из рисунка, скребок имеет корпус 1 с диаметром менее двух третей от внутреннего диаметра трубы 2. Корпус скребка поддерживается на куполообразных полиуретановых уплотнениях 3. Магнитное колесо 4 помещается между уплотнениями и монтируется на наружной детали 5, упруго соединённой с внутренней деталью 6. Последняя, в свою очередь, монтируется на детали 7, охватывающей корпус скребка 1 и закреплённой на нем посредством обоймы 8. Для ориентирования магнитного колеса 4 в верхнем положении имеется противовес 9. Колесо 4, включающее две

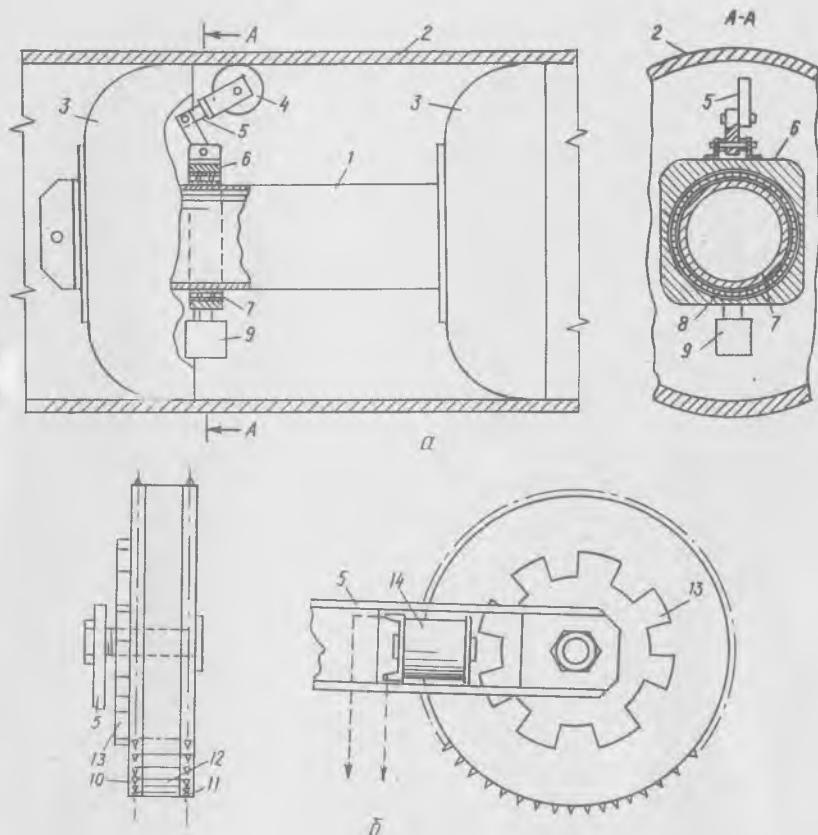


Рис. 8. Общий вид скребка (а) и конструкция магнитного колеса (б)

полюсные пластинки 10, 11 с помещенным между ними постоянным магнитом 12, монтируется на шарнирном рычаге, имеющем неподвижный внутренний элемент (см. рис. рис. 8,б). Внутренняя деталь 6 при помощи пружинного приспособления приводит колесо 4 в контакт с верхней поверхностью стенки трубы. Диски 10 и 11 находятся в надежном контакте с поверхностью стенки трубы и снабжены расположенными по периметру шипами из вольфрамовой стали. На обод диска может быть также нанесено покрытие

из полимера с магнитными свойствами (полиуретан с добавками железа).

Для измерения пройденного скребком расстояния диск 10 имеет боковую деталь 13 и магнитную катушку 14. Катушка генерирует электрический импульс по мере того, как каждый зубец детали 13 проходит мимо нее, и по отсчету этих импульсов отмечается расстояние, пройденное скребком. Для передачи информации об импульсах, генерируемых катушкой, служит специальный передатчик, вмонтированный в скребок.

Измерение расстояния подобным методом не всегда дает абсолютно точные результаты, так как при увеличении нагрузки, а также, на скользких участках трубопровода колесо иногда проскальзывает. Кроме того, колесо может прекращать вращение, например, проходя через отвод в боковую линию. Могут возникнуть также трудности на участках трубопровода, проложенного по пересеченной местности, когда жидкость и, соответственно, контрольное устройство претерпевают свободное падение.

Для повышения точности отсчета расстояния предложено устройство, в котором используются несколько колес, оборудованных сигнальными устройствами [10]. Оборудование для определения и регистрации пройденного скребком расстояния путем обработки поступающих от передатчиков сигналов устроено таким образом, чтобы учитывались сигналы, поступающие от колеса, имеющего максимальную скорость вращения. При вращении всех колес с одинаковой скоростью считаются сигналы от одного из них.

Ультразвуковой сигнализатор прохождения скребков, Американской фирмой Техасо Inc. предложен генератор ультразвуковых сигналов со встроенным контрольным устройством дискретного действия, снабженным визуальным индикатором [11].

Схема прибора состоит из двух пьезоэлектрических кристаллов, один из которых служит излучателем ультразвуковых волн, а другой — приемником. Оба кристалла крепятся на трубопроводе. Излучатель питается от специального генератора ультразвуковых импульсов. Приемник подключен к усилителю и индикатору. Ультразвуковые импульсы

сы, излучаемые в заполняющую трубопровод среду, распространяются в ней, отражаются от скребка и возвращаются к звукоприемнику. В этом случае прибор работает как дефектоскоп. Генератор и усилитель собраны на интегральных схемах. Когда имеется необходимость приема информации непосредственно от скребка, используются излучатели, установленные в "теле" скребка и создающие ультразвуковые колебания, которые проникают через перекачиваемую среду и стенку трубопровода.

Система обнаружения скребков фирмы **Ernest Lloyd** (Англия) основана на магнитометрии [12]. Для работы в полевых условиях система имеет три главных элемента; скребок, функционирующий как постоянный магнит; статистические магнитные полевые детекторы (магнитометры), которые обычно размещаются по линии с интервалом в 1,6 км;

градиометр (прибор, который измеряет с высокой точностью изменение магнитного поля).

Статические магнитометры представляют собой алюминиевую трубку, один конец которой закрепляется в земле над трассой трубопровода, а к другому, надземному концу трубки, присоединяется "активная" часть магнитометра. Функция магнитометра заключается в "грубой" индикации продвижения скребка посредством восприятия магнитного поля, создаваемого при прохождении скребка по трубопроводу.

Следя за состоянием статических датчиков, местоположение скребков можно определить с точностью до расстояния между соседними датчиками. При необходимости более точной регистрации местоположения скребка, например в случае его застревания, применяют градиометр. Этот прибор позволяет определить местоположение скребка с точностью до нескольких сантиметров.

Системы, использующие метод импульсной локации. В работе [13] предложена система постоянного контроля магистральных трубопроводов, основанная на использовании акустических волн в качестве носителя информации. Она включает в себя приемно-передающее устройство и ряд резонаторов (пассивных и активных), расположенных в раз-

личных местах трубопровода. Излученные акустические импульсы распространяются в среде, заполняющей трубопровод, достигают резонаторов и переизлучаются ими. При этом с помощью датчиков, например, давления, температуры, расхода и т.п., и модуляторов, смонтированных в резонаторах, осуществляется информационная нагрузка переизлучаемых акустических волн. Последние возвращаются к приемно-передающему устройству, принимаются, анализируются, и заключенная в них информация поступает на регистратор. Таким путем осуществляется контроль трубопровода по ряду параметров. Эти системы могут быть установлены на насосных станциях, так как могут эффективно работать как в направлении потока, так и в направлении стока.

Преимущества данной системы состоят главным образом в том, что с помощью передатчика сравнительно небольшой мощности (от 500 до 1000 Вт) можно контролировать трубопровод на дистанции примерно до 100 км, а если учесть, что передавать и принимать можно в оба направления, то одна центральная станция может регистрировать сигналы на дистанции до 200 км.

Описанный выше метод заложен в основу системы обнаружения утечек и застрявших скребков, разработанной фирмой **The Plessey Co. Ltd** (Англия) [14]. Система лонирования застрявших скребков состоит из оборудования, создающего низкочастотный импульс давления (шарового клапана), и электронного оборудования приема отраженных от скребка волн. Зная скорость распространения акустических волн в среде, по времени прихода отраженной волны определяют расстояние до застрявшего скребка. Работу системы можно проиллюстрировать следующим образом (рис. 9). При резком открытии шарового клапана 2 создается отрицательный импульс давления, который распространяется по трубопроводу 1, а затем отражается от скребка через специальный ствол 3 и поступает в камеру 4, где среда находится в статическом состоянии (время возврата системы в статическое состояние после прихода импульса равно 0,4 с). Отраженный сигнал улавливается с высокой точностью приемной аппаратурой 5, включающей, кроме

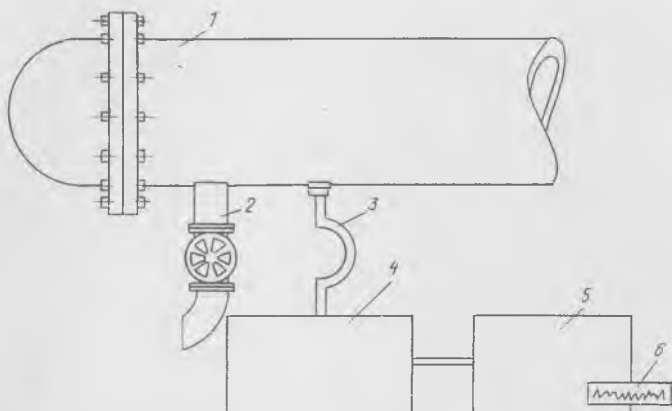


Рис. 9. Система лоцирования застрявших скребков фирмы
The Plessey Co. Ltd

приемника, фильтры и усилитель, которые выполняют преобразования отраженного сигнала, необходимые для его визуальной регистрации в блоке 6.

Проведенные фирмой опыты показали, что система "работает" только при лоцировании застрявших скребков. Однако местоположения неподвижных скребков можно определять на большом расстоянии от места установки аппаратуры (до 160 км).

ДИСТАНЦИОННОЕ СЛЕЖЕНИЕ ЗА СКРЕБКАМИ

Практически все рассмотренные выше конструкции систем обнаружения скребков в трубопроводах не позволяют осуществлять слежение за продвижением скребков (исключение составляет импульсный метод [13, 14], внедрение которого дорогостояще и возможно лишь на строящихся трубопроводах). Эти методы эффективны для точного обнаружения скребков при их застревании.

Задача дистанционного контроля за движением скребков в трубопроводе — не менее актуальна. При этом точность локализации скребков будет несомненно ниже, чем в случаях применения рассмотренных ранее методов, но зато дистанционный контроль позволит в динамике следить за процессом очистки и, в случае застревания скребка, опре-

делить хотя бы ориентировочно его местоположение, в итоге — более оперативно проводить очистку трубопровода.

Из методов дистанционного контроля наиболее перспективным может оказаться метод, основанный на использовании акустических явлений. При этом необходимыми элементами должны быть источник и приемник звука. Предлагаются два варианта использования акустического метода для обнаружения местоположения скребков в трубопроводе.

В первом варианте, схема которого приведена на рис.10, источником звука является сам скребок 1, движущийся в трубопроводе 2. В этом случае излучается шумовой звук в результате трения ножей или щеток скребка о стенки трубопровода. Для обнаружения этого шумового звука служат приемники звука 3, установленные непосредственно на трубопроводе в местах задвижек. Шум, создаваемый скребком, распространяется в жидкой или газообразной среде, заполняющей трубопровод, по обе стороны от скребка и принимается ближайшими приемниками, расположенными впереди и позади скребка. Регистрация шумового сигнала с выходов приемников звука 3 должна осуществляться на один и тот же многоканальный (в простейшем случае двухканальный) регистратор 4. Таким регистратором может быть магнитофон. Определить местоположение скребка в данном случае можно, осуществляя взаимнокорреляционный анализ записанных на магнитофон шумовых сигналов с двух ближайших к скребку приемников звука, расположенных впереди и сзади него.

Расстояние L_1 между приемником звука и скребком будет равно

$$L_1 = \frac{L}{2} \pm \frac{c\tau}{2},$$

где c — скорость звука в среде, заполняющей трубопровод;

τ — время задержки шумовых сигналов друг относительно друга, соответствующее максимуму функции взаимной корреляции; знак плюс соответствует положению скребка, когда $L_1 > \frac{L}{2}$, знак минус — когда $L_1 < \frac{L}{2}$;

L — расстояние между приемниками звука.

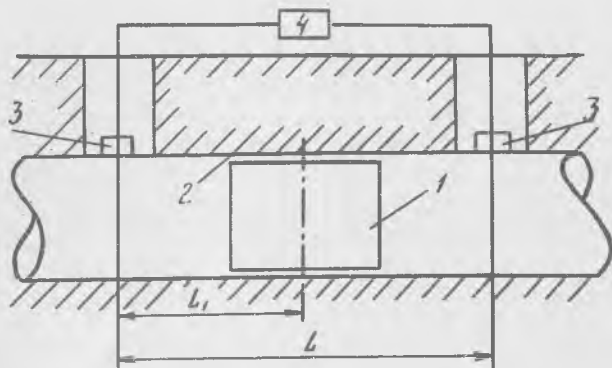


Рис. 10. Принципиальная схема осуществления акустических методов слежения за продвижением скребков

Мы рассмотрели вариант, когда скребок является пассивным источником звука, т.е. он не содержит в себе автономного звучащего устройства, а звучит лишь во время движения в результате трения о стенки трубы. При остановке скребка звук прекращается, и обнаружение неподвижного скребка должно осуществляться с помощью корреляционного анализа записи, непосредственно предшествующей остановке.

Во втором варианте источником звука служит специальное автономное устройство, монтируемое в скребке и излучающее звуковые импульсы. В отличие от известного устройства [6], в котором звук излучается с помощью гонга и распространяется главным образом в боковом направлении относительно трубопровода, в предлагаемом устройстве звук излучается вдоль оси трубы и распространяется в среде, заполняющей трубопровод. Схема обнаружения скребка в этом варианте аналогична показанной на рис. 10.

Приемники звука 3 принимают звуковые импульсы, излучаемые автономным устройством, заключенным в скребке, как вперед, так и назад вдоль трубы. Регистратор 4 регистрирует эти сигналы. Дальнейший анализ сигналов ничем не отличается от описанного в предыдущем варианте.

Автономное излучающее устройство (сигнализатор) может быть устроено следующим образом (рис. 11). В скреб-

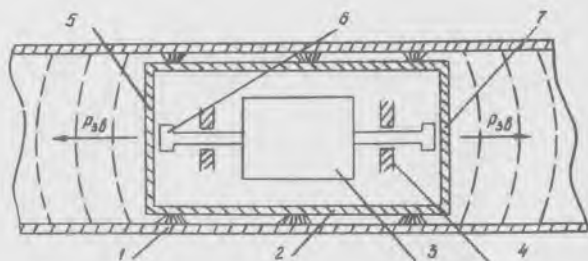


Рис. 11. Принципиальная схема сигнализатора

ке 2 цилиндрической формы, находящемся в трубопроводе 1, смонтированы толкатели (молотки) 6, расположенные на опорах 4 и 3, приводимые в действие автономным механизмом 7. Толкатели 6 периодически ударяют в торцовые стенки 5 и 7 скребка. Автономный механизм, приводящий в действие толкатели, может быть электрического, пневматического или гидравлического типа.

В описанных вариантах применения акустического метода для дистанционного контроля местоположения скребка в трубопроводе необходимыми элементами являются приемники звука, которых должно быть минимум два, если трасса короткая. Если же трасса протяженная, то приемников звука должно быть достаточно много и они должны быть размещены на трубопроводе через каждые 300–1000 м (в зависимости от интенсивности излучаемого звука, чувствительности приемников и уровня микросейсмов в данном районе). По мере прохождения скребка по трубопроводу приемники звука должны попарно подключаться к регистрирующему устройству так, чтобы скребок всегда находился между подключенными приемниками.

В качестве приемников звука можно рекомендовать пьезоэлектрические приемники сейсмического типа. Принцип конструкции такого приемника показан на рис. 12. Приемник звука включает в себя: платформу 1 с тремя опорными точками, позволяющими ей устойчиво стоять на трубопроводе; стальной брусок 4 с выступом 7, зажатый в опорах 3 платформы; груз 6, опирающийся на выступ 7 и фиксированный в таком положении арматурой 5; два пьезоэлемента 2,

вклеенные в брусок 4 и заземленные дополнительно пружиной 8.

Приемник звука работает следующим образом. Звуковые колебания воздействуют со стороны жидкости или газа, заполняющих трубу, через стенку трубы и опорные точки на платформу 1 и далее на стальной брусок 4, который, будучи прижат сверху грузом 6 через выступ 7, будет изгибаться под действием звуковых колебаний. Это приводит к появлению в бруске внутренних напряжений, которые максимальны вблизи того места, где вклеены пьезоэлементы 2, и существенно превышают вызвавшее их звуковое давление.

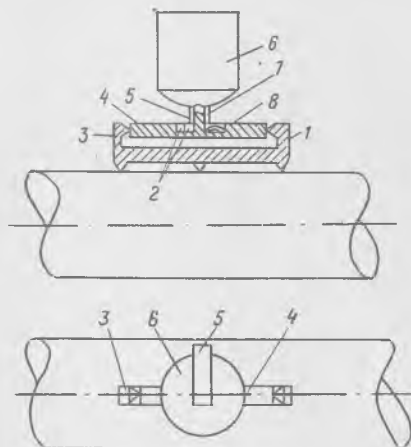


Рис. 12. Конструкция приемной аппаратуры

Таким способом осуществляется механическая трансформация звукового давления*.

Внутренние механические напряжения в бруске преобразуются пьезоэлементами в электрическое напряжение, далее усиливаются и поступают на вход регистрирующего устройства.

* Более подробно о механической трансформации давления и об устройстве приемников звука, использующих это явление, можно прочитать в работе [15].

Поскольку пьезоэлементы имеют высокое внутреннее сопротивление на низких частотах (эти приемники предназначены для приема звука низкой частоты: десятки-сотни Гц), они должны подключаться к усилителю с высоким входным сопротивлением порядка 50-100 Мом.

Макет приемника звука описываемого типа был изготовлен и испытан в полевых условиях на нефтепроводе. Оказалось, что его чувствительности вполне достаточно, чтобы уверенно регистрировать звуковые импульсы от удара молотком о трубопровод на расстоянии 1000 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных данных по вопросам контроля магистральных трубопроводов и их очистке показывает, что практически отсутствуют хорошо отработанные методы, удовлетворяющие перечисленным в начале обзора требованиям. Большинство описанных методов и конструкций носит характер нереализованных предложений, которые могут служить лишь основой для серьезной разработки.

Наиболее перспективной, по нашему мнению, может быть дальнейшая проработка акустического метода с корреляционным анализом акустической информации, которая позволит создать автоматизированную систему контроля трубопроводов при самом широком использовании вычислительной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. L a u e r, T h o m a s W., Consolidated Uses a New Breed of Pigs in its Pipe lines, "Gas J.", 1968, September, p.30-33.
2. Сигео Судияма, Масааки Оно. Pevice for detenting passage of moving body through pipe. Японская заявка, кл.105B0 (G01D 21/04) № 52-13937, опублик. 18.04.77.
3. C l a u d e F. Indicateur de passage de piston racleur dans une conduite de fluide. Франц. заявка, кл. G01D 21/04, № 2340537, опублик. 2.09.77.
4. C a s e y E.P., S o l e L.H. Improvements relating to travellers for use in pipelines. Англ. заявка, кл. F2N1B5, № 1397542, опублик. 11.06.75.

5. Шварц М.Э., Гулько А.Е. Обнаружение скребков и разделителей в подземных трубопроводах. *НТО, М., ВНИИОЭНГ, 1968.

6. А.С. 328955 (СССР). Устройство для обнаружения перемещающегося внутри трубопровода поршня. Гальперин А.И., Бочачер Ф.М. - Заявл. 6.7.70, опубл. в Б.И. 1972, № 7.

7. Романенко Е.В. Метод акустической локации для определения местоположения скребков, ершей, разделителей в нефте- и газопроводах. - Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. НТС, ЦНИИТЭнефтегаз, М., 1965, № 4.

8. Неволин А.П., Перевозищев С.И. Определение времени движения разделителей в процессе очистки нефтепровода. - Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. РНТС, ВНИИОЭНГ, М., 1976, № 12.

9. Trevor C. Jones. Improvements in or relating to pipeline pigs. Англ. заявка, кл. G 01B 7/04 № 1508807, опубл. 5.4.78.

10. Arnoldus I. van Riemsdijk, Waldo van den Berg. Apparatus for inspection purposes intended to be moved through a pipeline. Англ. заявка, кл. F 17D5/00 № 1447879, опубл. 2.8.76.

11. Norman E. Floumey. Combined pipeline marker and test. Пат. США, кл. H04B 11/00 № 407560, опубл. 21.02.78.

12. New concept improves pig location, batch separation.. "Pipe Line Ind", 2, 1973, p. 57-58.

13. Bartkus H. Verfahren und Einrichtung zum kontrollieren von Rohrleitungen oder Behältern. Заявка ФРГ, кл. F17D5/05, № 2414204, опубл. 2.10.75.

14. Electronics and leak, pig detection in pipe lines, "Ocean Industry", September, 1978, p. 206, 208.

15. Романенко Е.В. Физические основы гидроакустики. - М., Наука, 1974, с. 177.

УДК 622.692.43.66.067

Е.В. Романенко, А.Б. Шевелев. Оперативный контроль процесса очистки магистральных трубопроводов. Обзорная информация. Серия "Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов", М., ВНИИОЭНГ, 1981.

Обзор по основным направлениям развития отрасли. Рассмотрены особенности применения скребков для очистки магистральных трубопроводов и причины аварий, происходящих в процессе очистки. Дана классификация и краткий анализ методов обнаружения скребков. Приведены конструкции систем контроля за процессами очистки, созданные в последнее время за рубежом.

Рассмотрена возможность применения акустических методов при слежении за скребками, приведена конструкция аппаратуры.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Основные принципы применения скребков и классификация методов их обнаружения	1
Устройства, применяемые для очистки нефтепроводов за рубежом.	1
Краткий анализ методов обнаружения скребков	8
Современные зарубежные конструкции систем обнаружения скребков..	17
Дистанционное слежение за скребками	25
Заключение	30
Литература	30

Романенко Евгений Васильевич, Шевелев Александр Борисович
ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ
НЕФТЕПРОВОДОВ, М., ВНИИОЭНГ, 1981.

Ведущий редактор Н.А. Коваленко
Технический редактор В.А. Серякова
Корректоры Г.А. Коломенская, Н.А. Митрохина

Подписано в печать 23.12.80. Т-17599. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага
офсетная. Офсетная печать. Печ.л. 2. Усл.печ.л. 1,86. Уч.-изд.л. 1,66
Тираж 1400 экз. Заказ № 992. Цена 25 коп. ВНИИОЭНГ № 632
ВНИИОЭНГ, 113162, Москва, Хавская, 11

Типография ХОЗУ Миннефтепрома, Москва, набережная Мориса Тореза, 26/1