

УДК 621.317.4:622.692.4

Б.М. Лапшин¹, e-mail: fonon@bk.ru; **А.Л. Овчинников¹**, e-mail: ovchinnikov_al@inbox.ru;

А.С. Чекалин¹, e-mail: check_ac@mail.ru

¹ 000 «Фонон» (Томск, Россия).

Опыт эксплуатации магнитных сигнализаторов движения средств очистки и диагностики

В статье приведен анализ применения различных видов сигнализаторов движения (положения) систем (средств) очистки и диагностики внутренней поверхности магистральных трубопроводов.

Выявлены преимущества и недостатки магнитных приборов для контроля за прохождением средств очистки и диагностики по магистральным трубопроводам, представлены результаты их применения.

Проанализированы причины, снижающие достоверность обнаружения и/или определения места нахождения средств очистки и диагностики. Отмечено, что достоверность контроля существенно зависит от напряженности магнитного поля Земли в месте установки датчика. Показано, что наиболее целесообразно применять магнитные сигнализаторы на открытых участках трубопроводов и на камерах приема средств очистки и диагностики в районах Центральной и Западной Сибири, на севере Тюменской области и Красноярского края, где напряженность магнитного поля Земли достаточна для работы магнитных сигнализаторов.

Ключевые слова: магнитные измерения, достоверность, магистральный нефтегазопровод, сигнализатор очистного устройства, сигнализатор скребка, датчик прохождения скребка.

.....

B.M. Lapshin¹, e-mail: fonon@bk.ru; **A.L. Ovchinnikov¹**, e-mail: ovchinnikov_al@inbox.ru;

A.S. Chekalin¹, e-mail: check_ac@mail.ru

¹ Fonon LLC (Tomsk, Russia).

Operating Experience of Magnetic Motion Detectors for Cleaning and Diagnostic Tools

The article presents usage analysis of different motion (position) detectors for systems (tools) of cleaning and diagnostic internal surface of main pipelines. The advantages and disadvantages of magnetic devices for transit monitoring of cleaning and diagnostic equipment through main pipelines are discovered. The results of their application are presented. The reasons of reducing the reliability of location detection and/or definition of cleaning and diagnostic tools are considered. It was found, that the control reliability essentially depends on the intensity of the Earth's magnetic field at the installation location of the sensor. It is shown, that it is most reasonable to use magnetic motion detector with uncovered pipeline sections and with the receiving trap in Central and Western Siberia, in the north of the Tyumen region and the Krasnoyarsk Territory, where the Earth's magnetic field strength is sufficient for the operation of magnetic indicators.

Keywords: magnetic measurements, reliability, main oil and gas pipeline, motion detector for the pig tracking device, scraper motion detector, scraper-passing sensor.

Средства очистки и диагностики (СОД), движущиеся с потоком перекачиваемого продукта – скребки, поршни, механические разделители, профилемеры и дефектоскопы, – широко применяются при эксплуатации нефтегазопроводов для поддержания их внутренней полости в рабочем со-

стоянии. При этом для решения технологических задач, в том числе для обнаружения СОД в случае его застревания, возникает необходимость в сопровождении СОД на участках трубопроводов от камеры запуска до камеры приема. Для этой цели используются устройства – сигнализаторы

или датчики прохождения СОД, которые должны обеспечивать [1]:

- достоверность контроля;
- независимость работы от технологии и режимов перекачки;
- автоматизированный вывод информации о прохождении СОД на диспетчерский пункт;



- отсутствие вредного воздействия на обслуживающий персонал и окружающую среду;
- конструкционную целостность трубопровода;
- простоту и надежность обслуживания.

Достоверность контроля является одной из основных характеристик приборов сигнализаторов, определяющих их эффективность. Поскольку сигнализаторы регистрируют прохождение СОД в условиях большого количества меняющихся факторов, которые носят случайный характер, достоверность оценивается вероятностными характеристиками, такими как вероятность пропуска СОД $P_{пр}$ (т. е. СОД прошел, а датчик его не зафиксировал) и вероятность ложной фиксации $P_{лф}$ (т. е. СОД не прошел, а датчик передал в телемеханику информацию о его прохождении). Различные конструкции СОД, скорости их перемещения, различные диаметры трубопроводов и толщины их стенок, погодные и климатические воздействия, тип перекачиваемого продукта оказы-

вают влияние на достоверность контроля и определяют границы применимости того или иного метода контроля.

ТИПЫ СИГНАЛИЗАТОРОВ И ПРИНЦИПЫ ИХ ДЕЙСТВИЯ

В настоящее время на магистральных и межпромысловых трубопроводах нефти и газа используются нескольких типов сигнализаторов: механические (Р-17575, Р-18786), акустические (СПРА-4, ДПС-5В), магнитные (СПРМ-1, МДПС-3), гибридные (ДПС-7В).

Основным элементом механического сигнализатора является рычаг, автоматически возвращаемый в исходное положение [2]. Механическое устройство обеспечивает дистанционную передачу электрического сигнала о прохождении СОД по трубопроводу путем замыкания контактов микропереключателя. Основные недостатки механических сигнализаторов:

- нарушение целостности стенки трубопровода при их монтаже (врезка);
- отказы из-за заклинивания рычага грязепарафиновыми отложениями;

- отсутствие возможности проверки работоспособности устройства перед пропуском СОД.

Из-за недостатков механических сигнализаторов в 1992–1993 гг. на трубопроводы нефти и газа приходят акустические СПРА-4, созданные по результатам научно-исследовательской работы, выполненной в период 1989–1991 гг. в Научно-исследовательском институте интроскопии [3, 4]. Принцип действия приборов основан на регистрации акустических шумов, возникающих при трении манжет о стенку трубы. Акустические сигнализаторы не требуют врезки в трубу и более надежны. На их работу не влияют движение нефти по трубопроводу, шум автомобильного транспорта, находящегося вблизи нефтепровода, удары металлическими предметами о стенку трубы. Вместе с тем если вблизи установки датчика будут открытые участки трубы, то сильный дождь, ветер с песком или снегом могут привести к срабатыванию прибора. Ложные срабатывания возможны также при открытии-закрытии задвижек, рас-

Для цитирования (for citation):

Лапшин Б.М., Овчинников А.Л., Чекалин А.С. Опыт эксплуатации магнитных сигнализаторов движения средств очистки и диагностики // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2018. № 3. С. 14–18.

Lapshin B.M., Ovchinnikov A.L., Chekalin A.S. Operating Experience of Magnetic Motion Detectors for Cleaning and Diagnostic Tools. Territorija «NEFTEGAS» = Oil and Gas Territory, 2018, No. 3, P. 14–18. (In Russian)

положенных вблизи места установки датчика. При установке акустических сигнализаторов на газопроводах возможно ложное срабатывание при дросселировании газа. Не полностью закрытая задвижка также может привести к ложному срабатыванию прибора. Для обеспечения высокой достоверности обнаружения СОД необходимо обеспечить надежный акустический контакт между датчиком и стенкой трубопровода. Это требует определенной квалификации персонала при установке и обслуживании прибора.

По результатам испытаний на полигоне ОАО «ЦТД «Диаскан» вероятность пропуска СОД для прибора СПРА-4 составила $P_{\text{пр СПРА}} = 0,015$ (13 пропусков из 840 проходов), для ДПС-5 и ДПС-7 $P_{\text{пр ДПС}} = 0,021$ (12 пропусков из 560 проходов), вероятность ложного срабатывания при испытаниях не оценивалась [5]. Стремление избавиться от непосредственного акустического контакта со стенкой трубопровода и влияния акустических шумов на достоверность контроля привели к разработке бесконтактных сигнализаторов СОД. Принцип действия этих приборов основан на регистрации локальных изменений магнитного поля Земли вблизи датчика, расположенного над трубопроводом в момент прохождения СОД. При этом СОД обязательно должен иметь в своем конструктиве черный металл. Указанный метод регистрации СОД получил название магнитного. Решая данную задачу, разработчики параллельно реализовали функцию регистрации СОД, оснащенных генератором переменного электромагнитного поля, излучающего с частотой 22 Гц импульсные последовательности длительностью 0,36 с с периодичностью 1,45 с. Впрочем, о необходимости такой опции в стационарных сигнализаторах у специалистов транспорта нефти и газа до сего времени разные мнения.

Первый магнитный сигнализатор МДПС-3 появился на рынке в 2000–2002 гг. Он был разработан специалистами Сибирского физико-технического института (г. Томск). Несколько позднее появился прибор СПРМ-1, разработанный в ООО «Фонон» (г. Томск). В обоих приборах конструктивно датчик магнитный

Технические характеристики приборов

Technical parameter of devices

Параметр Parameter	МДПС-3 MDPS-3	СПРМ-1 SPRM-1
Скорость перемещения СОД, м/с Systems (tools) of cleaning and diagnostic movement speed, m/s	От 0,27 до 10,0 From 0.27 to 10.0	От 0,2 до 6,0 From 0.2 to 6.0
Потребляемая мощность, Вт Power consumption, W	6,0	3,8
Режим работы Operation mode	Непрерывный Uninterrupted	Непрерывный Uninterrupted
Габариты датчика, мм Sensor dimensions, mm	546 x 32	396 x 105 x 48
Рабочий интервал температур, °С Temperature operational range, °C	От –60 до 50 From –60 to 50	От –60 до 50 From –60 to 50
Вид взрывозащиты Explosion protection type	1ExdIICT3 (1ExdIICT3X) «Взрывонепроницаемая оболочка» 1ExdIISTZ (1ExdIISTZKh) “Flameproof enclosure”	1ExibIIAT3 «Искробезопасная электрическая цепь» 1ExibIIATZ “Intrinsically safe electrical circuit”
Степень защиты от внешних воздействий Protection class against external influences	IP68	IP68

выполнен в виде цилиндра из нержавеющей стали. Датчик крепится на трубе либо с помощью двух магнитных прижимов, либо с использованием проволочных хомутов-стяжек. В магнитном датчике СПРМ-1 применено термостатирование электронной схемы, датчик может работать при температуре окружающей среды от –60 до 50 °С. Основные технические характеристики приборов приведены в таблице.

В отличие от акустических магнитные сигнализаторы совершенно не чувствительны к открытию и закрытию задвижек, дросселированию газа и другим акустическим помехам. Однако возможны ложные срабатывания при случайном изменении магнитного поля, не связанном с проходом СОД, например при прохождении тяжелой техники вблизи места установки датчика и при вибрациях трубопровода в момент вывода его на рабочий режим. Для минимизации такого рода помех приемный канал датчика сигнализатора состоит из трех индукционных преобразователей, расположенных вдоль направляющей трубопровода. При изменении магнитного поля в месте установки датчика в измерительных обмотках преобразователей возникают сигналы, поступающие через соответствующие схемы обработки на

микроконтроллер. Горизонтальное расположение преобразователей позволило реализовать в микроконтроллере градиентный алгоритм обработки сигналов, позволяющий из многообразия сигналов выделить только те, градиент изменения амплитуды которых совпадает с направлением движения СОД. Это позволило частично исключить ложные сигналы, вызванные вибрацией трубопровода, поскольку в этом случае в катушках возбуждаются синфазные помехи, и прибор будет давать ложные срабатывания при проносе намагниченного предмета только в направлении, совпадающем с направлением движения СОД. К недостаткам магнитных датчиков следует отнести принципиальную невозможность регистрации пластиковых средств очистки и кайманов.

Результаты испытаний сигнализатора прохождения МДПС-3 на полигоне ОАО «АК «Транснефть» были многообещающими – не было зафиксировано ни одного пропуска СОД. Однако в процессе эксплуатации на реальных трубопроводах появились как пропуски скребков, так и ложные срабатывания. В частности, были зафиксированы ложные срабатывания при прохождении вблизи датчика тяжелой техники, что не наблюдается у акустических при-

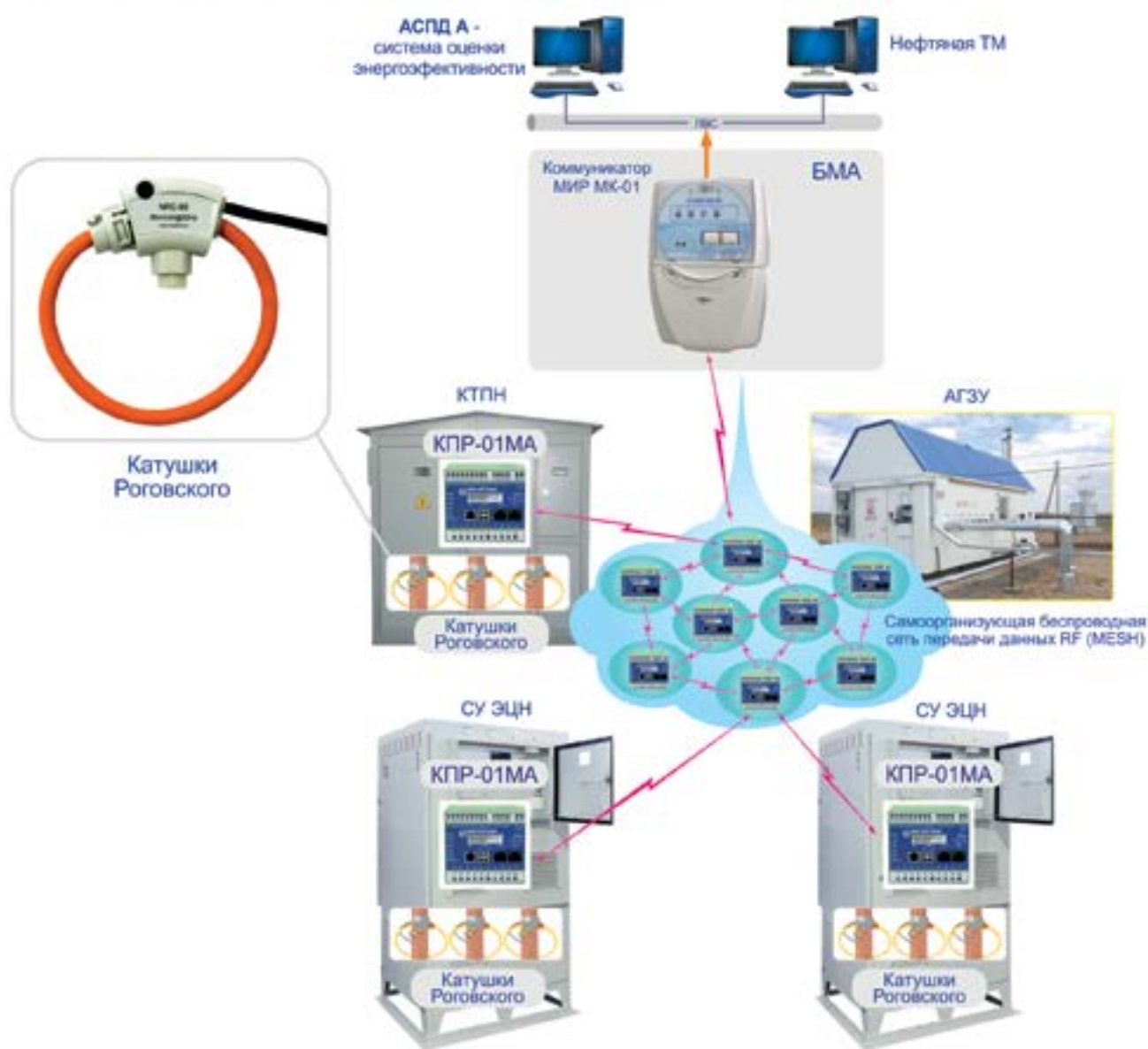


Автоматизированная система управления и технического учета электроэнергии для кустовых площадок

Повышение эффективности и безопасности насосного оборудования.
Быстрый монтаж, минимум затрат на наладку и эксплуатацию

Особенности решения:

- **Быстрый монтаж:**
 - установка малогабаритных измерительных преобразователей - счетчиков технического учета МИР КПР-01МА,
 - разъемные малогабаритные внешние датчики тока (катушки Роговского), не требующие монтажа.
- **Отказ от контрольных кабелей** – переход на беспроводные технологии, автоматическое определение новых устройств в сети передачи данных – полная автоматизация пусконаладки
- **Интеграция в систему данных интеллектуальных СУ ЭЦН** – возможность опроса СУ ЭЦН через многофункциональное устройство МИР КПР-01МА с использованием протокола ModBus.



Гарантийный срок эксплуатации на оборудование, производимое НПО «МИР», - 5 лет

Научно-производственное объединение «МИР»:

644105, г. Омск, ул. Успешная, 51, тел./факс: +7 (3812) 354-710, 35-47-30, e-mail: urz@mir-omsk.ru, <http://www.mir-omsk.ru>
Представительства НПО «МИР» в России и СНГ: <http://www.mir-omsk.ru/about/contacts/>

боров. Наиболее частые пропуски СОД стали проявляться на нефтепроводах ВСТО («Восточная Сибирь – Тихий океан»). При этом, чтобы повысить достоверность контроля, пришлось удалять противокоррозионную изоляцию и устанавливать датчик прибора непосредственно на очищенную стенку трубопровода. Причиной такого эффекта явилась недостаточная для срабатывания прибора напряженность магнитного поля Земли в районах прокладки ВСТО, оказавшаяся значительно ниже, чем в Западной и Центральной Сибири. На решение этой проблемы было направлено устройство «Магнит очистного устройства (МОУ)» (ООО «НТП «ИПЦ», г. Томск). Разработчики МОУ для повышения вероятности обнаружения ($P_{об} = 1 - P_{пр}$) СОД магнитными сигнализаторами предлагают оснащать пропускаемые средства очистки и диагностики металлическими цилиндрами массой от 1,2 до 2,0 кг, внутри которых помещены постоянные магниты (набор магнитов). МОУ выпускается в нескольких модификациях, предназначенных для трубопроводов различных диаметров. Еще одной проблемой оказалась низкая вероятность обнаружения СОД, оснащенных генератором 22 Гц. Это связано с тем, что генератор излучает в течение 0,36 с, а затем в течение 1,09 с «молчит». 1,09 с – это «мертвое время», за которое СОД может удалиться



на значительное расстояние. Например, при скорости 10 м/с за «мертвое время» СОД переместится на 10,9 м. При этом излучающая антенна в момент излучения может оказаться на любом расстоянии – от 5,5 м до места установки датчика до 5,5 м за датчиком, в том числе и точно под ним. Для многих генераторов зона устойчивого приема по воздуху, при соосном расположении антенн локатора и генератора и при отсутствии помех, не превышает 10 м. Таким образом, при излучении импульса в крайних точках может не произойти регистрации сигнала из-за наличия помех и более сильного ослабления излучаемого импульса при его распространении в грунте. Невысокая достоверность обнаружения сигнала 22 Гц является одной из причин, по ко-

торой данная опция на трубопроводах практически не используется.

ВЫВОДЫ

Таким образом, из анализа результатов эксплуатации магнитных сигнализаторов прохождения СОД следует, что их наиболее целесообразно применять на открытых участках трубопроводов и на камерах приема СОД, т. е. на участках с сильными акустическими помехами. В других случаях лучше использовать акустические сигнализаторы. При выборе магнитного датчика также следует учитывать территорию его применения. Это должны быть Центральная и Западная Сибирь, север Тюменской обл. и Красноярского края, где напряженность магнитного поля Земли достаточна для работы магнитных сигнализаторов.

Литература:

1. Шумайлов 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: ВНИИСПТнефть, 1983. С. 75–80.
2. Валуева Н.А., Лаврентьев М.А., Львов С.Л. Сигнализатор прохождения очистных и разделительных устройств по магистральным трубопроводам / Проблемы автоматизированного управления объектами нефтяной промышленности и системами нефтепродуктообеспечения. Киев, 1989. С. 54–58.
3. Лапшин Б.М., Овчинников А.Л., Калинин А.Н. Применение акустической эмиссии трения для контроля прохождения внутритрубных объектов по магистральным трубопроводам нефти и газа // Контроль. Диагностика. 2013. № 9. С. 41–48.
4. Патент РФ 1629684, МКИ F17D 5/00 Устройство контроля прохождения очистных объектов в трубопроводах / Б.М. Лапшин, И.В. Штин, Е.Д. Николаева, В.А. Саенко. Заявл. 31.03.1989; Оpubл. 23.02.1991. Бюл. № 7, 3 с.

References:

1. Shumailov A.S., Iskhakov R.G., Avdeev M.K., Khairetdinov V.R. Investigation of the Ultrasonic Method for Monitoring the Passage of Cleaning and Autonomous Devices in Pipeline Transport. In collection of articles "Reliability of oil pipeline transport operation". Ufa, All-Russian Scientific Research Institute of the Oil and Oil Products Gathering, Handling and Transportation, 1983, P. 75–80. (In Russian)
2. Valueva N.A., Lavrent'ev M.A., Lvov S.L. Passing Motion Detector for Cleaning and Separating Devices on the Main Pipelines. In collection of articles works "Problems of automated control of oil industry facilities and systems of oil products supply". Kiev, 1989, P. 54–58. (In Russian)
3. Lapshin B.M., Ovchinnikov A.L., Kalinichenko A.N. Application of Acoustic Emission of Friction for Detection the Passage of Pigs in the Main Oil and Gas Pipelines. Kontrol'. Diagnostika = Testing. Diagnostika, 2013, No. 9, P. 41–48. (In Russian)
4. Lapshin B.M., Shtin I.V., Nikolaeva E.D., Sayenko V.A. Control Device of the Cleaning Facilities Passage in Pipelines. RF Patent 1629684, IPC F17D 5/00. Declared on March 31, 1989; Published on February 23, 1991. Bul. No. 7, 3 p. (In Russian)