

А.Н.ЛЮБЧИК, аспирантка, *lyubchik_anna@mail.ru*

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

A.N.LUBCHIK, post-graduate student, *lyubchik_anna@mail.ru*

Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

СОВРЕМЕННЫЕ МАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

На территории России действует система магистральных трубопроводов общей протяженностью более 250 тыс.км. Более половины нефте- и газопроводов находятся в эксплуатации 25-35 лет, поэтому требуют немедленного повторного обследования и соответствующего профилактического ремонта. Внутритрубная магнитная или ультразвуковая дефектоскопия для этих целей не всегда пригодна и достаточно дорога, поэтому в последние годы резко возросла актуальность применения дистанционных геофизических методов при обслуживании нефте- и газопроводного транспорта. Эти методы являются достаточно экспрессными и более экономичными.

Ключевые слова: подземный трубопровод, магнитный метод, градиентометр, внутритрубная диагностика, снаряд-дефектоскоп, метод магнитной памяти металла.

MODERN MAGNETIC QUALITY MONITORING AND THE FORECAST OF THE TECHNICAL CONDITION OF ENGINEERING CONSTRUCTIONS

On terrain of Russia act a system of mains by a general expansion more than 200 thousand km. More than halves oil and gas pipelines are in exploitation 25-35 years, i.e. demand immediate repeated examination and conforming preventive maintenance. Intraube magnetic or the ultrasonic flaw detection for these purposes is not always possible and is dear enough, therefore last years a urgency of application of remote geophysical methods has increased at service oil and gas pipeline of the transport sharply. These methods are express enough and more economic.

Key words: the underground pipeline, magnetic method, intratrumpet diagnostics, a shell-defektoskop, a method of magnetic memory of metal.

Современные промышленные технологии широко используют транспортировку жидкости или газа по подземным трубопроводам. Их применяют в магистральных газо- и нефтепроводах, в тепло- и водоснабжении населения и промышленных предприятий. Еще длительное время основой трубопроводов будут металлические трубы.

По протяженности трубопроводов различного назначения (около 2 млн.км внутренних и 15 млн.км внешних) Россия занимает 2-е место в мире после США [1]. По оценкам

специалистов Министерства по чрезвычайным ситуациям, аварийность трубопроводов ежегодно возрастает в 1,7 раза, и в XXI в. эти системы жизнеобеспечения страны вошли изношенными на 50-70 % [1]. По подсчетам американских экспертов, прямой ущерб от аварий на проводящих сетях в США составляет до 3 % валового национального продукта. Косвенные же убытки – затраты на ликвидацию последствий подобных ситуаций и издержки из-за нарушения режима реализации продукта – превышают названное значение в десятки раз.

Старение и коррозионное разрушение металла трубопровода происходит не равномерно, а циклично, достигая в отдельные циклы скорости коррозии до 1 мм/год и относительного изменения механических свойств до 15 %. Во всех случаях на трубу, помещенную в землю, воздействуют природные и техногенные факторы, вызывающие ее естественный износ. Поэтому всегда применяют защитные покрытия, препятствующие проявлению процессов коррозии. В основном в России 70 % нефтегазопроводов покрыты пленочными изоляционными материалами, срок службы которых составляет 12-15 лет, и, следовательно, на этих трубопроводах следует ожидать значительных коррозионных повреждений [1].

Поддержание трубопроводной системы в исправном состоянии является важнейшей задачей. Аварийный выход системы из строя сопряжен с большими экономическими затратами, связанными как с потерей минерального и энергетического сырья, так и с ликвидацией последствий этих аварий, восстановлением и экологической обстановки.

В настоящее время разработаны три вида технической диагностики трубопроводов:

- внутритрубные (радиационный, магнитные, акустические и т.д.);
- контактные (радиационный, магнитный, ультразвуковой, тепловой и т.д.);
- дистанционные (электрический и магнитный).

Из *внутритрубной дефектоскопии* наиболее совершенны снаряды-дефектоскопы, основанные на магнитном контроле. Они позволяют локализовать повреждения, обусловленные как электрохимической и микробиологической коррозией, так и коррозионным растрескиванием под напряжением.

Внутритрубная диагностика трубопроводов основана на использовании автономных снарядов-дефектоскопов, движущихся внутри контролируемой трубы под напором перекачиваемого продукта (нефть, нефтепродукты, газ и т.п.). Снаряд снабжен магнитной аппаратурой для неразрушающего контроля трубы, записи и хранения в памяти данных контроля и

вспомогательной служебной информации, а также источниками питания аппаратуры.

Измерительная часть снаряда состоит из множества датчиков (сенсоров), расположенных так, чтобы зоны чувствительности датчиков охватывали весь периметр трубы. Это позволяет избежать пропуска дефектов трубы.

В магнитном снаряде ферромагнитный материал трубы намагничивается постоянными магнитами до состояния, близкого к техническому насыщению, а потоки рассеяния, вызванные дефектами, регистрируются магниточувствительными датчиками (например, датчиками Холла).

Магнитные снаряды используют обычно для контроля труб нефте- и газопроводов.

Метод магнитной внутренней дефектоскопии наиболее часто используется за рубежом, а в России менее 20 % трубопроводов обследовано этим способом по техническим и экономическим причинам. Данный метод не позволяет определить утечки тока катодной защиты из-за нарушенной изоляции и напряженные состояния трубопровода, его местоположение в плане и в разрезе.

К *контактным* методам относятся:

- метод магнитной памяти металла;
- твердометрия.

Из контактных методов наиболее эффективен метод магнитной памяти металла.

Специализированный магнитометрический прибор – измеритель концентрации напряжений типа ИКН пригоден для контроля любых технологических трубопроводов. Прибор имеет экран, блок памяти для регистрации результатов измерений и сканирующее устройство в виде тележки, на которой смонтированы датчики измерений магнитного поля и длины трубопроводов. Контроль не требует предварительной подготовки поверхности. В отдельных случаях контроль трубопроводов может осуществляться без снятия изоляции.

Основным недостатком контактных методов диагностики является необходимость доступа к трубопроводу. Данный метод может быть применен только для надземных трубопроводов, относительное количество которых невелико, и для трубопроводов подготавливаемых для укладки в траншею[1].

Особое внимание мы уделим *дистанционным* методам контроля. Они делятся на электрические и магнитные. К электрическим методам относятся:

- методы постоянного и низкочастотного переменного электрического поля;
- метод градиента переменного тока;
- метод Пирсона.

К магнитным методам относятся:

- метод переменного магнитного поля катодной защиты трубопровода или генератора тока;
- метод постоянного магнитного поля.

Метод магнитной градиентометрии основан на установленных ранее связях между магнитным полем стального подземного трубопровода и его напряженным состоянием, местоположением в плане и в разрезе, местоположением сварных швов, состоянием изоляции, кавернозности.

Измерения трех компонент магнитного поля с помощью магнитометра-градиентометра могут быть использованы для решения следующих задач:

1) определение положения трубопровода в плане и разрезе;

2) контроль состояния изоляции по магнитному полю и тока утечки; оценка размера нарушений изоляции трубопровода;

3) определение участков с электрохимической коррозией и напряженно-деформированных участков;

4) анализ и прогноз технического состояния трубопровода.

Для решения поставленных задач используется трехкомпонентный магнитометр-градиентометр, созданный ООО «НПО ЭНТ» (Санкт-Петербург) (рис.1). Градиентометр предназначен для измерения трех ортогональных компонент индукции и их разности (градиента на двух высотах от поверхности Земли):

- магнитного поля (рис.2);
- низкочастотного электромагнитного поля частотой 100 Гц (частота тока катодной защиты трубопровода);
- низкочастотного поля в диапазоне частот 0,1-20 Гц (частота шумов Баркгаузе-

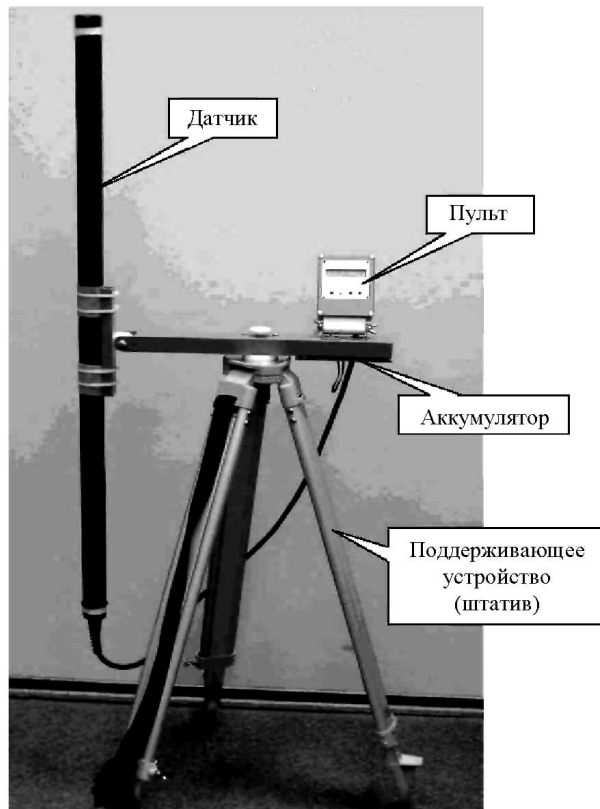


Рис.1. Магнитометр градиентометр HB0204.5A



Рис.2. Внешний вид пульта

на и тока, обусловленного движением нефти или газа по трубопроводу).

В градиентометре предусмотрена возможность передачи результатов измерений в цифровой форме в персональный компьютер (интерфейс RS-232).

Магнитометр выполнен в виде переносного прибора и может быть использован при контроле магнитного поля различного рода трубопроводов.

Эти методы являются достаточно экспрессными и более экономичными по сравнению с внутритрубными и контактными методами.

По нашему мнению, современные методы диагностики магистральных трубопроводов должны решать следующие задачи:

- 1) обеспечение надежности и бесперебойности функционирования;
- 2) обеспечение периодического диагностирования технического состояния;
- 3) раннее обнаружение возникающих дефектов;
- 4) оценка возможности и сроков дальнейшей эксплуатации трубопроводов при наличии выявленных дефектов;
- 5) предупреждение событий, опасных для здоровья и жизни людей;
- 6) выдача рекомендаций по устранению неисправностей.

Проанализировав современные методы контроля и прогноза технического состоя-

ния инженерных сооружений, отметим, что задача разработки конкурентоспособных дешевых и производительных методов дистанционного анализа и контроля остается актуальной [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Внутритрубная диагностика магистральных трубопроводов. <http://www.intron.ru/?section=development&page=79&lang=ru>
2. Кративский Е.И. Геофизические методы диагностики технического состояния подземных трубопроводов: Учеб. пособие / Е.И.Кративский, Н.П.Демченко. Ухта: Изд-во УГТУ, 2002. 101 с.
3. Любчик А.Н. Исследование магнитных полей трубопроводов градиентометром с целью контроля их технического состояния / А.Н.Любчик, А.А.Беликов, Е.И.Кративский // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: Материалы 5-й Международной научной школы молодых ученых и специалистов (11-14 ноября 2008 г.). М.: УРАН ИПКОН РАН, 2008. С.350-353.

REFERENCES

1. Intratubepet diagnostics of the main pipelines. <http://www.intron.ru/?section=development&page=79&lang=ru>
2. Krapivskij E.I., Demchenko N.P. Geophysical methods of diagnostics of a technical condition of underground pipelines: the Manual Ukhta: UGTU, 2002. 101 p.
3. Ljubchik A.N., Belikov A.A., Krapivsky E.I. Research of magnetic fields of pipelines gradiometer for the purpose of the control of their technical condition. Problems of development of bowels in the XXI-st century eyes of the young: Materials 5 International scientific schools of young scientists and experts. On November, 11-14th 2008 г. Moscow: URANIUM IPKON the Russian Academy of Sciences, 2008. P.350-353.

Научный руководитель д-р геол.-минерал. наук, профессор *Е.И.Кративский*