

УДК: 622.242;622.276.012.05

**А.Н.ЛЮБЧИК, аспирант, lyubchik\_anna@mail.ru**  
Санкт-Петербургский государственный горный университет

**A.N.LUBCHIK, post-graduate student, lyubchik\_anna@mail.ru**  
Saint Petersburg State Mining University

## СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В последние десятилетия обеспечение надежности объектов нефти и газа заметно осложнилось. Это связано со значительным старением трубопроводов: 45 % из них эксплуатируются более 20 лет, а 20 % – свыше 30 лет. Кроме того, низкое качество проектирования и строительства в сочетании с ограниченным сроком службы применяемых пленочных изоляционных материалов труб приводят к заметному снижению эксплуатационного ресурса.

Таким образом, актуальность поддержания надежной, безаварийной и эффективной работы трубопроводной системы стала очевидной.

В работе описан метод дистанционного магнитометрического контроля на основе магнитометрической аппаратуры.

**Ключевые слова:** магистральные трубопроводы, магнитометрический метод, аппаратура, градиентометр, неразрушающий контроль, внутритрубная диагностика.

## WAY REMOTE MAGNITOMETRICHESKY CONTROL OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE MAIN PIPELINES

Last decades maintenance of reliability of objects of oil and gas has considerably become aggravated. It is connected with considerable ageing of pipelines which almost on 45 their % them are maintained more than 20 years, and 20 % – over 30 years, besides poor quality of designing and building in a combination to the limited service life applied film insulating materials of pipes lead to appreciable decrease in an operational resource.

Thus, the urgency of maintenance of reliable, accident-free and effective work of pipeline system became obvious.

In offered work application remote magnetometric the control, on the basis of application magnetometric equipments is described.

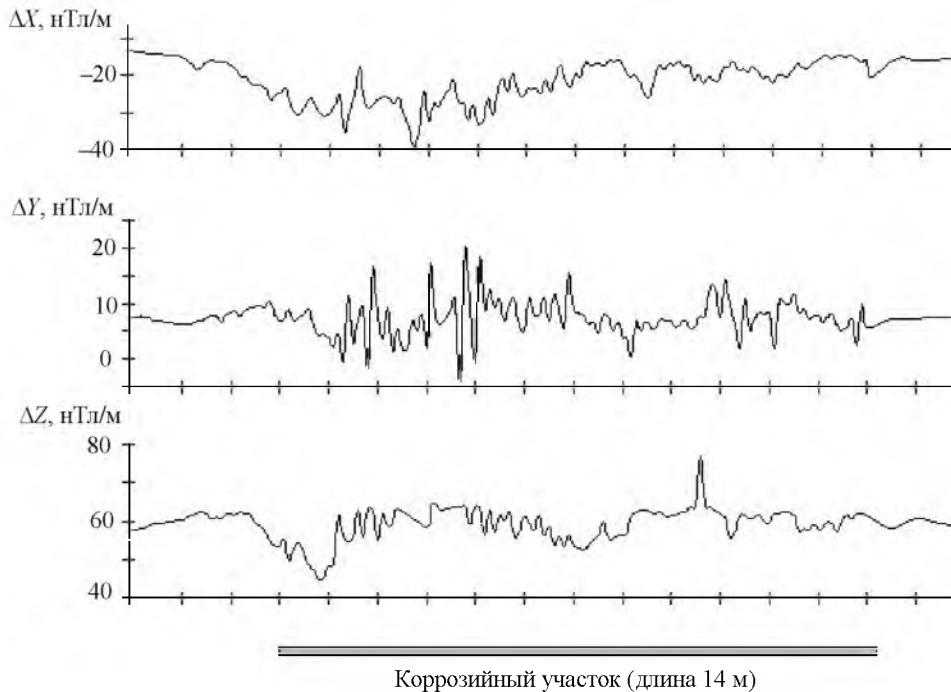
**Key words:** the main pipelines, magnetometric a method, equipment, gradiometer, not destroying control, intratrumpet diagnostics.

Наиболее распространенным методом контроля технического состояния магистральных трубопроводов является внутритрубная магнитная диагностика. Около 40 % трубопроводов России не могут быть подвергнуты этому методу контроля по техническим причинам. Кроме того, магнитная внутритрубная диагностика не позволяет контролировать местоположение трубопровода в пространстве, определять

напряженные состояния, качество изоляционного покрытия. Метод этот очень дорогостоящий и требует значительных подготовительных работ [3].

Аппаратура для дистанционного контроля технического состояния магистральных трубопроводов должна обеспечить получение следующей информации:

- величина и направление тока в трубопроводе;



Составляющие постоянного магнитного поля газопровода, измеренные вдоль коррозионного участка: экспериментальные исследования проводились аспирантом Е.В.Альбановой под руководством Е.П.Крагивского

- местоположение трубопровода в плане и в разрезе с точностью 3-5 см на глубине до 10 м;
- потенциал трубопровода;
- местоположение, форму и размеры дефектов изоляции трубопровода;
- величина вибраций трубопровода;
- местоположение, форму и размеры металлических предметов в непосредственной близости от трубопровода;
- местоположение сварного шва трубопровода;
- величина изгибов трубопровода;
- влияние на измеряемый параметр электромагнитных полей соседних трубопроводов, линий связи, высоковольтных линий электропередачи;
- удельное сопротивление грунтов, в том числе и под асфальтом, льдом, снегом, щебнем и т.п.;
- структура грунтов. Определять уровень грунтовых вод.

Кроме того, необходима возможность передачи информации в персональную или портативную ЭВМ и определения местоположения путем связи с аппаратурой спутниковой привязки (GPS).

Рассмотрим с этих позиций параметры отечественной и зарубежной аппаратуры для исследования электрических и переменных магнитных полей.

Магнитометр фирмы ТРАНКОР (Москва), представляющий собой два феррозондовых датчика, расположенных на расстоянии 35 см, имеет следующие важные недостатки:

- не позволяет измерить низкочастотные компоненты переменного магнитного поля;
- обеспечивает измерение наименее информативной составляющей постоянного магнитного поля;
- отсутствует система стабилизации, что приводит к большим погрешностям измерений;
- нет автоматического определения глубины и местоположения трубопровода;
- не определяет ток утечки (состояние изоляции).

Прибор фирмы «Radiodetection PCM» (Англия) состоит из двух индукционных катушек-антенн, расположенных на расстоянии 1 м друг от друга по вертикали. С его помощью можно измерить только переменное электрическое поле, а состояние изоляции определить только по переменному току утечки [2].

Магнитометрический дистанционный способ выявления наличия и местоположения магистральных трубопроводов (см. рисунок) позволяет получить следующую информацию:

- определить векторы магнитного поля в прямоугольных координатах при измерениях над трубопроводом;
- составить тензоры градиентов магнитного поля;
- определить фоновое значение и отклонения от этого значения с построением магнитограммы с указанием местоположения дефектов.

Описанный способ контроля реализуется на базе применения градиентометрической аппаратуры. Градиентометр предназначен для измерения трех ортогональных компонент индукции и их разности (градиента на двух высотах от поверхности Земли):

- магнитного поля;
- низкочастотного электромагнитного поля частотой 100 Гц (частота тока катодной защиты трубопровода);
- низкочастотного поля в диапазоне частот 0,1-20 Гц (частота шумов Баркгаузена и тока, обусловленного движением нефти или газа по трубопроводу).

Предусмотрена также возможность передачи результатов измерений в цифровой форме в персональный компьютер (интерфейс RS-232).

Градиентометр выполнен в виде переносного прибора и может быть использован при контроле магнитного поля различного рода трубопроводов [4].

Основные области применения градиентометра следующие:

- уточнение местоположения железобетонных пригрузов, металлических предметов в околосрубном пространстве;
- картирование сближенных труб, дюкеров, разветвленных трубопроводных систем;
- исследование переходов через водные преграды, шоссейные и железные дороги;
- исследование намагниченности трубопровода внутритрубными магнитными дефектоскопами и специальными намагничивающими устройствами;
- определение местоположения сварного шва, напряженных состояний, проведение

исследований наведенных магнитных полей в зонах влияния ЛЭП;

- измерение величины постоянного тока в трубопроводе, его градиента и утечек тока;
- оценка состава трубной стали;
- определение участков трубопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением и вследствие электрохимической коррозии;
- исследование напряженных состояний трубопроводов.

Технические характеристики:

Рабочий диапазон индукции постоянного магнитного и низкочастотного электромагнитного полей, мкТл . . . . .	±150
Рабочий диапазон индукции низкочастотного электромагнитного поля, мкТл . . . . .	±10
Рабочий диапазон частот индукции низкочастотного электромагнитного поля, Гц . . . . .	0,1-200
Основная погрешность измерения, % . . . . .	3
Габаритные размеры датчика, мм . . . . .	1050×40×40
Масса, кг . . . . .	3,5

Результаты исследований магнитного поля трубопровода при помощи градиентометра (см. рисунок) позволяют сделать следующие выводы:

1. Измерения трех компонент аномального магнитного поля над подземными нефте- и газопроводами позволяют во многих случаях надежно фиксировать местоположение трубопроводов и стыки отдельных звеньев. Достаточно четко регистрируется неоднородная намагниченность вдоль труб, вызванная различными причинами.

2. Лабораторные исследования на моделях трубопроводов, а также секций реальных труб на поверхности земли позволяют записать «магнитный образ» различных труб (прямошовных, с одним или двумя продольными швами, спиралешовных), изготовленных разными производителями. По этим образцам возможно дальнейшее определение вида труб на различных участках трубопроводов экономичными дистанционными магнитными методами.

В ряде случаев с помощью измерений градиентов компонент аномального магнитного поля над поверхностью трубопровода удается прогнозировать участки трубопровода, подверженные коррозии.

Сложный характер магнитного поля, его резкое измерение над участками трубопровода свидетельствует о возможности измерения напряженных состояний и прогноз стресс-коррозионных нарушений, связанных с этими состояниями. Однако методика интерпретации результатов требует доработки [1].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Альбанова Е.В. Исследование возможностей оценки технического состояния трубопроводов с помощью магнитных методов / Е.В.Альбанова, Е.И.Крапивский, В.О.Некураев // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2005. № 11. С.9-12.

2. Комплекс дистанционных геофизических методов для исследования технического состояния магистральных газопроводов / Е.И.Крапивский, А.И.Кобрунов, С.Г.Аленников и др. // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Ч.2. Проблемы освоения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции: Тезисы докл. Междунар. конф.-семинара им. Д.Г.Успенского. Ухта, 1998. С.109-110.

3. Крапивский Е.И. Технология дистанционной диагностики технического состояния подземных магист-

ральных трубопроводов комплексом геофизических методов/ Е.И.Крапивский, Н.П.Демченко // 3-й Конгресс нефтепромышленников России. Секция F. Новые технологии в геофизике: Тезисы докл. Уфа, 2001. С. 158–159.

4. Градиентометр HB0204.5A. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. СПб, 2005. 12 с.

## REFERENCES

1. *Albanova E.V., Krapivsky E.I., Nekuchaev V.O.* Research of possibilities of an estimation of a technical condition of pipelines by means of magnetic methods // Environment protection in an oil and gas complex. 2005. N 11. P.9-12.

2. The Complex of remote geophysical methods for research of a technical condition of the main gas pipeline / E.I.Krapivsky, A.I.Kobrunov, S.G.Alennikov, etc. // Questions of the theory and practice of geological interpretation gravitational, magnetic and electric fields. Part 2. Problems of development Timano-Pechora oil and gas province: Theses of reports the international konf.-seminar of D.G.Uspensky Ukhta, 1998. P.109-110.

3. *Krapivsky E.I., Demchenko N.P.* Technolog of remote diagnostics of a technical condition of underground main pipelines by a complex of geophysical methods // Third the congress of petroindustrialists of Russia. Section F. New technologies in geophysics: Theses of reports. Ufa, 2001. P.158-159.

4. Gradiometer HB0204.5A. The Description and the maintenance instruction. Saint Petersburg, 2005. 12 p.

Научный руководитель проф. Е.И.Крапивский