

УДК 621.317

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КОВШОВ Г. Н.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
ЛУКАШУК А. А.<sup>2\*</sup>, *ассистент*  
КОСЯЧЕВСКАЯ С. Н.<sup>3</sup>, *к.т.н., доц.*

<sup>1</sup> Кафедра информационно-измерительных технологий и систем. Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38(0562) 47-16-29, e-mail: kovshov@mail.pgasa.dp.ua.

<sup>2\*</sup> Кафедра информационно-измерительных технологий и систем. Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38(0562) 46-98-08, e-mail: 999\_11@mail.ru.

<sup>3</sup> Кафедра автоматики и электротехники. Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38(0562) 47-17-00, e-mail: s.n.k72@ukr.net.

**Аннотация.** *Цель.* Нефтегазовая промышленность Украины на сегодняшний день имеет высокий спрос на увеличение добычи углеводородов. Возникает необходимость поиска новых месторождений, улучшение методов бурения, восстановления и повышения точности прокладки стволов скважины. Технологические особенности процесса бурения связаны с наличием погрешностей вызванных пластовыми давлениями и повышенной температурой, высокими ударными и вибрационными перегрузками, а также искривлением ствола скважины. Снизить погрешности, вызванные этими факторами, позволяет применение средств определения геометрических характеристик стволов скважины с постоянным контролем ее траектории. Основным средством управления и контроля наклонно-направленного и горизонтального бурения скважин являются информационно-измерительные инклинометрические системы. Необходим поиск новых конструкций и методов обработки данных первичных преобразователей таких систем, для повышения точности и достоверности получаемых параметров, измеряемых величин, оптимизации технологического процесса бурения, повышение качества добычи нефти и газа, снижение себестоимости продукции. *Методика.* Получена конструкция инклинометрической системы с кольцами Гельмгольца и феррозондовым преобразователем, на основе тонких пленок, которая обеспечивает жестко фиксированную магнитную ось и позволяет устранить помехи, вызванные обмотками соленоидного типа и повысить точность измерений. Простота, малые габаритные размеры и универсальность конструкции, обеспечивает цилиндрический каркаса феррозонда с профилированным спиральным пазом. *Результаты.* Установлена зависимость соотношения размеров феррозондов и диаметра колец Гельмгольца, позволяющая минимизировать погрешность и обеспечить точность измерений для реальной задачи с учетом условий бурения. Изменять размеры феррозонда (увеличивая или уменьшая длину) без влияния на характеристики преобразователя, позволяет каркас со спиральными пазами. *Научная новизна.* Усовершенствована информационно-измерительная инклинометрическая система путем использование в качестве первичных преобразователей колец Гельмгольца и тонкопленочных феррозондов, у которых отсутствуют соленоидные обмотки. *Практическая значимость.* Использование феррозондового преобразователя с кольцами Гельмгольца, на основе тонкопленочных феррозондов в информационно-измерительных инклинометрических системах позволит повысить точность определения параметров траектории ствола скважины, обеспечить производство малогабаритных систем, улучшить технико-экономические показатели буровых работ.

**Ключевые слова:** информационно-измерительная система; инклинометр; точность; феррозонд; скважина; наклонно-направленное бурение.

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНКЛІНОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ

КОВШОВ Г. М.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
ЛУКАШУК Г. О.<sup>2\*</sup>, *ассистент*  
КОСЯЧЕВСЬКА С. М.<sup>3</sup>, *к.т.н., доц.*

<sup>1</sup> Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та систем. Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(0562) 47-16-29, e-mail: kovshov@mail.pgasa.dp.ua.

<sup>2\*</sup> Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та систем. Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(0562) 47-17-00, e-mail: 999\_11@mail.ru.

<sup>3</sup> Кафедра автоматики та електротехніки. Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(0562) 47-16-29, e-mail: s.n.k72@ukr.net.

**Анотація. Ціль.** Нафтогазова промисловість України сьогодні, має високий попит на збільшення видобутку вуглеводнів. Виникає необхідність пошуку нових родовищ, поліпшення методів буріння, відновлення та підвищення точності прокладання стовбурів свердловини. Технологічні особливості процесу буріння пов'язані з наявністю похибок викликаних пластовими тисками і підвищеною температурою, високими ударними та вібраційними перевантаженнями, а також викривленням стовбура свердловини. Знизити похибки, викликані цими факторами, дозволяє застосування засобів визначення геометричних характеристик стовбурів з постійним контролем траєкторії свердловини. Основним засобом управління і контролю похило-спрямованого і горизонтального буріння свердловин є інформаційно-вимірювальні інклінометричні системи. Необхідний пошук нових конструкцій і методів обробки даних первинних перетворювачів таких систем, для підвищення точності та достовірності вимірювальних параметрів, оптимізації технологічного процесу буріння, підвищення якості видобутку нафти і газу, зниження собівартості продукції. **Методика.** Отримано конструкцію інклінометричної системи з кільцями Гельмгольца та ферозондовим перетворювачем, на основі тонких плівок, яка забезпечує жорстко фіксовану магнітну вісь і дозволяє усунути перешкоди, викликані обмотками соленоїдного типу та підвищити точність вимірювань. Простота, малі габаритні розміри і універсальність конструкції, забезпечує циліндричного каркаса з профільованим спіральним пазом. **Результати.** Встановлено залежність співвідношення розмірів ферозондів і діаметра кілець Гельмгольца, що дозволяє мінімізувати похибку та забезпечити точність вимірювань для реальної задачі з урахуванням умов буріння. Змінювати розміри ферозонда (збільшуючи або зменшуючи довжину) без впливу на характеристики перетворювача, дозволяє каркас зі спіральними пазами. **Наукова новизна.** Удосконалено інформаційно-вимірювальна інклінометричну систему шляхом використання в якості первинних перетворювачів кілець Гельмгольца і ферозондів з тонкими плівками, у яких відсутні соленоїдні обмотки. **Практична значимість.** Використання ферозондового перетворювача з кільцями Гельмгольца, на основі ферозондів з тонкими плівками, в інформаційно-вимірювальних інклінометричних системах, дозволить підвищити точність визначення параметрів траєкторії стовбура свердловини, забезпечити виробництво малогабаритних систем, поліпшити техніко-економічні показники бурових робіт.

**Ключові слова:** інформаційно-вимірювальна система; інклінометр; точність; ферозонд; свердловина; похило-скероване буріння.

## IMPROVING THE ACCURACY OF INFORMATION-MEASURING DIRECTIONAL SYSTEMS

KOVSHOV G. M. <sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech), Prof.*

LUKASHUK A. A. <sup>2\*</sup>, *assistant*

KOSIACHEVSKAYA S. N. <sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), assistant professor*

<sup>1</sup> Department information-measuring technologies and systems. State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38(0562) 47-16-29, e-mail: kovshov@mail.pgasa.dp.ua.

<sup>2\*</sup> Department information-measuring technologies and systems. State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38(0562) 46-98-08, e-mail: 999\_11@mail.ru.

<sup>3</sup> Department of automation and electrical engineering. State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38(0562) 47-17-00, e-mail: s.n.k72@ukr.net.

**Abstract. Purpose.** Ukrainian Oil and Gas Industry today has a high demand for an increase in hydrocarbon production. There is a need to find new deposits, improved drilling techniques, recovery and improve the accuracy of laying the wellbore. Technological features of the drilling process associated with the presence of errors caused by the formation pressure and high temperature, high impact and vibration overload, as well as the curvature of the wellbore. To reduce errors caused by these factors, allows the use of means of determining the geometric characteristics of trunks with constant control of the well path. The primary means of managing and controlling directional and horizontal drilling of wells are directional information-measuring system. The search for new designs and methods of primary data converters such systems to improve the accuracy and reliability of the parameters, measured values, optimization of the drilling process, improve the quality of oil and gas production, reduce production costs. **Methodology.** Received design inclinometer system Helmholtz coils and thin-film ferroprobes, which provides tightly fixed magnetic axis and eliminates interference caused by the windings of the solenoid type and increase accuracy. The simplicity, small size and versatile design provides a cylindrical frame with a profiled helical groove. **Findings.** The dependence of the ratio of the flux gate size and diameter Helmholtz coils, allowing to minimize error and provide accurate measurements for the real problem with regard to the conditions of drilling. Resize ferroprobe (increasing or decreasing the length) without affecting the performance of the inverter allows the frame with spiral grooves. **Originality.** Improved information-measuring multishot survey system by using as primary transmitters of Helmholtz coils and thin-film ferroprobes who have no solenoid coil. **Practical value.** The use of Helmholtz coils and thin-film

ferroprobes in information-directional measurement systems will improve the accuracy of determining the parameters of the trajectory of the borehole, to ensure the production of small-sized systems.

**Keywords:** information measuring system; inclinometer; ferroprobes; accuracy; well; directional drilling

### Введение

Нефтегазовая промышленность Украины на сегодняшний день имеет высокий спрос на увеличение добычи углеводородов.

Добыча нефти и газового конденсата в 2014 году составила 2,7 млн. тонн, а в 2013 году 3,3 млн. тон, что свидетельствует о сокращении дебита и темпов эксплуатации существующих месторождений.

На протяжении последних нескольких лет ведутся разведывательные работы и бурение скважин в сложных горно-геологических условиях, которые характерны для большинства месторождений Украины и обусловленные глубиной более 6 тыс. метров, пластовыми давлениями до 1000 атмосфер и температурой до 200° С. Увеличились темпы разведки и освоения продуктивных нефтегазоносных бассейнов на шельфах Черного и Азовского морей, с применением плавающих буровых установок, что значительно усложняет проведение работ.

Один из эффективных методов увеличения добычи углеводородов является бурение пологих, горизонтальных и наклонно-направленных скважин с крутым углом искривления [3, 4, 16, 17]. Широкое распространение имеет кустовое наклонно-направленное и разветвленно-горизонтальное бурение, обусловленное экономической эффективностью бурения в условиях заболоченности.

Одно из основных направлений увеличения добычи нефти и газа в других странах – это восстановление скважин старого фонда. Существует два способа бурения второго ствола в закрепленной скважине:

— вырезание окна в эксплуатационной колонне с дальнейшим зарезом второго ствола со стационарного или съемного клина-отклонителя;

— вырезание участка эксплуатационной колонны и бурение второго ствола роторным способом [8].

Возникает необходимость поиска новых месторождений, улучшение методов бурения, усовершенствования промыслово-геофизических средств, восстановления и повышения точности прокладки стволов скважины. Технологические особенности процесса бурения связаны с ростом глубин, усложнением технологии проводки стволов по точно заданной траектории для вскрытия горизонтальных участков [4, 9]. Снизить погрешности, вызванные этими факторами, позволяет применение средств определения геометрических характеристик стволов с постоянным контролем траектории скважины. Основным средством управления наклонно-направленного и горизонтального бурения и контроль комплекса параметров искривления скважин являются

информационно-измерительные инклинометрические системы [1, 18, 19].

В настоящее время широко применяются инклинометрические системы с магнитными преобразователями, среди которых чаще всего используются магнитные стрелки, магниторезистивные полоски и феррозонды [13-15]. Недостатком магнитных стрелок является невысокая точность, вызванная ее вынужденными колебаниями при движении скважинного прибора.

Феррозонды обладают достаточной высокой чувствительностью, надежны в эксплуатации и не подвержены механическим воздействиям в отличие от магнитных стрелок.

Обычно применяют стержневые дифференциальные феррозонды с обмотками возбуждения и сигнальной обмоткой соленоидного типа (витки проволоки) [6]. Причиной возникающих погрешностей измерений служит расстояние между стержнями феррозонда и их непараллельность, а также дополнительная емкость вызванная витками обмоток [6].

### Цель

Повышения точности, надежности и достоверности получаемых угловых параметров пространственной ориентации траектории скважины, измеряемых величин, оптимизации технологического процесса бурения, повышение скорости и качества добычи нефти и газа, снижение себестоимости продукции, путем разработки и создания новых конструкций информационно-измерительных инклинометрических систем и методов обработки данных первичных преобразователей.

### Методика

Разработан конструкция инклинометрической системы с кольцами Гельмгольца и феррозондовым преобразователем, на основе тонких пленок [2].

Феррозондовый преобразователь представленный на рис. 1, содержит цилиндрический каркас 1, изготовленный из немагнитного материала, по всей длине которого выполнен профилированный спиральный паз и феррозонд 2, кольца Гельмгольца 3, две карданные рамки – наружная 4 и внутренняя 5.

Феррозондовый преобразователь установленный на подвижном основании 5, имеет периодические возмущающие силы. Магнитная ось колец и ось чувствительности феррозонда перпендикулярны оси вращения рамки и пересекаются в одной точке.

Феррозонд 2 представляет собой сердечник, выполненный в виде токопроводящего провод диаметром 0,15-0,2 мм и образует обмотку возбуждения. На сердечник нанесен слой изоляции,

отделяющий следующий тонкий слой цилиндрической ферромагнитной пленки (выполненной из пермаллоя), которая является сигнальной цепью. Поверх пермаллоя нанесена изоляционная пленка на которую нанесен второй тонкий цилиндрический слой ферромагнитной пленки, образующий цепь обратной связи, которая позволяет создавать постоянное магнитное поле, уравнивающее магнитное поле Земли [11].

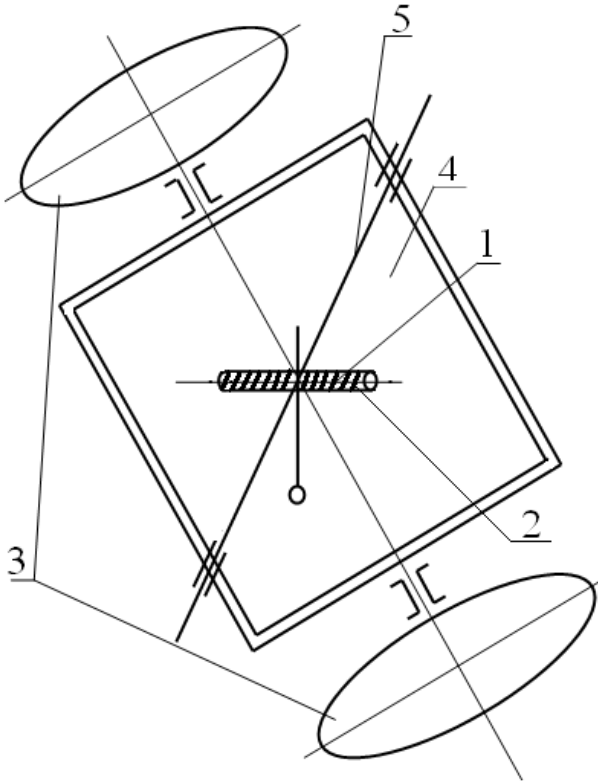


Рис. 1. Феррозондовый преобразователь информационно-измерительной инклинометрической системы / Flux-gate transducers information-measurement directional system

Феррозонд работает следующим образом, токопроводящий провод, который образует обмотку возбуждения, от генератора переменного тока подаются импульсы с высокой частотой от долей до нескольких МГц. При этом создается переменное магнитное поле, которое доводит цилиндрическую ферромагнитную пленку сигнальной цепи до состояния магнитного насыщения, в следствии чего возникает продольная составляющая индукции, которая характеризуется четногармоническим спектром [12].

Напряжение с сигнальной цепи, содержит вторую гармонику, которая несет информацию об измеряемом поле  $H$  [7]:

$$e = 6 \cdot f \cdot S_c \cdot W_\phi \cdot H \cdot H_a^2 \sin ft \quad (1)$$

где  $f$  - частота возбуждения;  $S_c$  - поперечное сечение сердечника феррозонда;  $W_\phi$  - количество

витков измерительной обмотки феррозонда;  $H$  - напряженность измеряемого поля;  $H_a$  - амплитуда поля возбуждения.

Амплитуда второй гармоники  $A_2 = 6 \cdot f \cdot S_c \cdot W_\phi \cdot H \cdot H_a^2$  зависит от параметров феррозонда (размеров сердечника и обмотки), а также амплитуды поля возбуждения и напряженности измеряемого поля.

Амплитуда поля возбуждения зависит от намагничивающего тока и равна:

$$H_a = \frac{U_z \cdot W_\phi}{C \cdot l} \quad (2)$$

где  $U_z$  - амплитуда напряжения генератора возбуждения;  $W_\phi$  - количество витков измерительной обмотки феррозонда;  $C$  - сопротивление обмотки возбуждения;  $l$  - длина сердечника феррозонда.

Таким образом, можно сделать заключение, что напряжение сигнальной обмотки возбуждения зависит от частоты и амплитуды напряжения возбуждения, размеров феррозонда, а именно сечения и длины сердечника, количества витков обмотки возбуждения.

Для создания магнитных полей в качестве генератора возбуждения используют системы Гельмгольца, Максвелла, Браунбека и Гаррета [7]. Для создается переменного магнитного поле в разработанной инклинометрической системе выбраны кольца Гельмгольца, которые имеют преимущества перед остальными системами - обеспечение высокой и достаточной степени однородности генерируемого магнитного поля [5, 7, 10].

Схема расположения феррозондового преобразователя угла и колец Гельмгольца представлена на рис. 2. Катушки Гельмгольца расположены параллельно друг другу, феррозонд расположен в геометрическом центре системы, ось чувствительности ориентирована относительно оси симметрии катушек Гельмгольца на угол  $\psi$ .

Рекомендуемое расстояние  $R$  между катушка Гельмгольца и феррозондом равно половине диаметра кольца  $D_c$ , можно записать в виде:

$$R = \frac{D_c}{2} \quad (3)$$

Феррозондовый преобразователь характеризуется величиной измеряемого магнитного поля:

$$H = H_z \cos \psi \sin \omega_z t \quad (4)$$

где  $H_z$  - значение напряженности магнитного поля колец Гельмгольца;  $\psi$  - угол между магнитной осью колец и осью чувствительности феррозонда;  $\omega_z$

- угловая частота колебаний рамки, на которой закреплен феррозонд.

Напряжение магнитного поля  $H_z$ , создаваемого катушками Гельмгольца, представляется как:

$$H_z = I_z \cdot W_z \frac{\sin \psi}{(D_z^2 + L^2)} \quad (5)$$

где  $I_z$  - ток в кольцах Гельмгольца;  $W_z$  - количество витков одного кольца катушки Гельмгольца;  $\psi$  - угол между магнитной осью колец и осью чувствительности феррозонда;  $D_z$  - диаметр кольца Гельмгольца;  $L$  - расстояние между кольцами Гельмгольца.

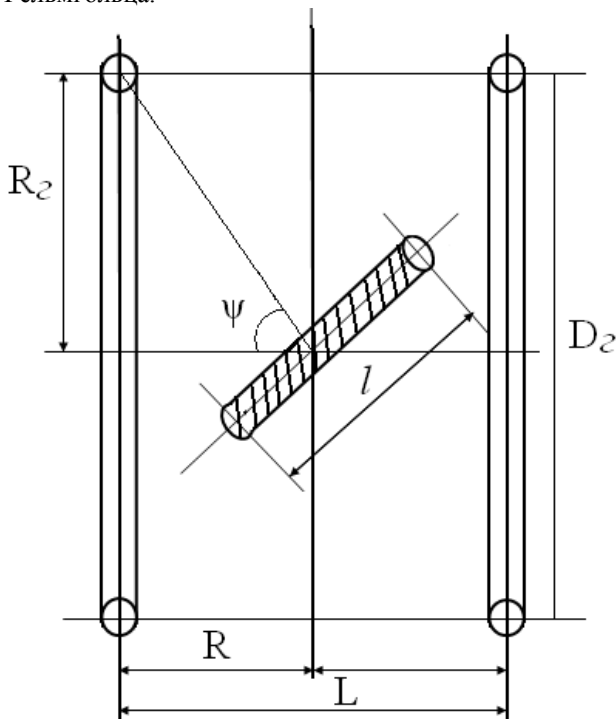


Рис. 2. Схема расположения феррозондового преобразователя угла и колец Гельмгольца / Arrangement flux-gate transducers angle of and Helmholtz coils

Индукция генерируемого магнитного поля  $B_a$  кольцами Гельмгольца, определяется выражением:

$$B_a = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_a \cdot W_a}{R_a} \cdot (1 + R^2)^{-3/2} \quad (6)$$

где  $\mu$  - относительная магнитная проницаемость окружающей среды;  $\mu_0$  - магнитная постоянная.

Феррозондовый преобразователь должен измерять малые изменения магнитного поля, поэтому необходимо выбирать и учитывать геометрические размеры (поперечное сечение и длину сердечника, а также длину и количество витков измерительной обмотки) для требуемого уровня чувствительности и индуктивности.

Чувствительность феррозонда характеризуется числом витков, частотой возбуждения, магнитной проницаемостью и сечением сердечника, представлена в виде:

$$S_\phi = 16 \cdot W_\phi \cdot S_c \cdot f \cdot \mu_c \quad (7)$$

где  $W_\phi$  - количество витков измерительной обмотки феррозонда;  $S_c$  - сечение сердечника феррозонда;  $f$  - частота возбуждения;  $\mu_c$  - относительная магнитная проницаемость сердечника.

Индуктивность измерительной обмотки:

$$L = S_c \cdot W_\phi^2 \cdot l_o^{-1} \cdot \mu_c \quad (8)$$

где  $S_c$  - сечение сердечника феррозонда;  $W_\phi$  - количество витков измерительной обмотки феррозонда;  $l_o$  - длина измерительной обмотки феррозонда;  $\mu_c$  - относительная магнитная проницаемость сердечника.

Увеличение числа витков измерительной обмотки существенно увеличивает ее сопротивление, а это приводит к снижению помехоустойчивости. Таким образом можно сделать вывод, что на чувствительность феррозонда влияет частота возбуждения и его магнитная проницаемость, которая зависит от длины  $l$  и сечения сердечника  $S_c$ , записывается:

$$\mu_c = \frac{l^2}{5 \cdot S_c} \quad (9)$$

## Результаты

Разработанная конструкция инклинометрической системы с кольцами Гельмгольца и феррозондовым преобразователем, на основе тонких пленок, дает возможность минимизировать погрешность и обеспечить точность измерений для реальной задачи с учетом условий бурения. Установлена зависимость размеров феррозондов и диаметра колец Гельмгольца, которые влияют на основные характеристики. Изменять размеры феррозонда (увеличивая или уменьшая длину) без влияния на характеристики преобразователя, позволяет каркас со спиральными пазами. Повысить чувствительность феррозонда возможно за счет увеличения длины измерительной обмотки не меня длину сердечника, путем увеличения числа пазов цилиндрического каркаса.

## Научная новизна и практическая значимость

Усовершенствована информационно-измерительная инклинометрическая система путем использования в качестве первичных преобразователей колец Гельмгольца и тонкопленочных феррозондов, у которых

отсутствуют соленоидные обмотки. Использование колец Гельмгольца и тонкопленочных феррозондов в инклинометрических системах позволит повысить точность определения параметров траектории ствола скважины, увеличит дальность действия систем, обеспечит производство малогабаритных систем и надежность эксплуатации.

### Выводы

Разработанная конструкция инклинометрической системы с кольцами Гельмгольца и феррозондовым преобразователем, на основе тонких пленок обеспечивает высокую точностью измерений, которая обусловлена отсутствием катушек из микропровода, создающих помехи вызванные межвитковой емкостью и индуктивностью.

Используемый феррозондовый преобразователь обладает высокой чувствительностью, за счет подачи на обмотку возбуждения от генератора переменного

тока, импульсов с высокой частотой питания от долей до нескольких МГц.

Основой точности измерений в процессе бурения обусловленной характеристикой феррозондового преобразователя с кольцами Гельмгольца, на основе тонких пленок, составляет расчет параметров и размеров феррозондов и диаметра колец Гельмгольца. Изменять размеры феррозонда (увеличивая или уменьшая длину) без влияния на характеристики преобразователя, позволяет каркас со спиральными пазами.

Использование таких феррозондовых преобразователей обеспечит производство инклинометрических систем с заданными метрологическими характеристиками, простотой конструкцией и малыми габаритными размерами, и позволят уменьшить стоимость устройств.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ/ REFERENCES

1. Ковшов, Г. Н. Приборы контроля пространственной ориентации скважин при бурении / Г. Н. Ковшов, Г. Ю. Коловертнов – Уфа: Изд-во Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2001. – 228 с.

Kovshov G.N., Kolovertnov G.Yu. *Pribory kontrolya prostranstvennoy orientatsii skvazhyn pri burenii* [Gauges spatial orientation while drilling wells]. Ufa, Ufimskiy gosudarstvennyy neftyanoy tekhnicheskyy universitet Publ., 2001. 228 p.

2. Лукашук, А. А. Информационно-измерительная инклинометрическая система / А. А. Лукашук, А. В. Садовникова / Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научных трудов. Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. Вып. 78. – Днепропетровск, 2014. – С. 231-235.

Lukashuk A.A., Sadovnikova A.V. *Informatsionno-izmeritel'naya inclinometrskaya sistema* [Information-measuring directional system]. *Stroitelstvo, materialovedenie, mashynostroenie. Kompyuternyye sistemy i informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii, nauke i upravlenii* [Construction, materials science, mechanical engineering. Computer systems and information technology in education, science and management.]. Dnepropetrovsk, 2014, issue 78, pp. 231-235.

3. Мислюк, М. А. Принципы выбору компоновок низу бурильной колонны для бурения похилих ділянок свердловин / М. А. Мислюк, Р. М. Долик // Нафтогазова галузь України. – 2014. - № 6. – С. 3-6.

Mysliuk M.A., Dolyk R.M. *Pryntsyvy vyboru kompanovok nyzu burylnoi kolony dlia burinnia pokhylykh dilianok sverdlovyn* [Principles of Bottom-Hole Assemblies Choice While Drilling Inclined Well Sections]. *Naftogazova galuz Ukrainy – Oil & gas industry of Ukraine*, 2014, issue 5, pp. 7-14.

4. Національна акціонерна компанія «НАФТОГАЗ України» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/DE6A9911E7E5332C22570DD0032517F?OpenDocument&Expand=3&> – Загл. с экрана. – Проверено 31.10.2015.

*Natsionalna aktsionerna kompaniia «NAFTOGAZ UKRAINY». Vydobutok vuglevodniv* [National Joint-Stock

Company "Naftogaz of Ukraine". Production of hydrocarbons]. Available at: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/DE6A9911E7E5332C22570DD0032517F?OpenDocument&Expand=3&> (Accessed 31 October 2015).

5. Система стабилизации геомагнитного поля в заданном объеме / С. К. Прищепов, Г. В. Миловзоров, К. И. Власкин, З. М. Ямилева // Международный научно-исследовательский журнал – 2013. – № 7-2 (14). – С. 13-15.

Prishchepov S.K., Milovzorov G.V., Vlaskin K.I., Yamileva Z.M. *Sistema stabilizatsii geomagnitnogo polya v zadannom obeme* [Stabilization system of geomagnetic field in a specified volume]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal – International Research Journal*, 2013, issue 7-2 (14), pp. 13-15.

6. Скороплетов, П. В. Применение дифференциального феррозонда в магниточувствительных поисковых приборах / П. В. Скороплетов, А. Я. Клочков // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – Рязань, 2007. – № 22. – С. 38-41.

Skoropletov P.V., Klochkov A.Ya. *Primenenie differentsialnogo ferrozonda v magnitochuvstvitelnykh poiskovykh priborakh* [Application of differential ferroprobe in magnetically search devices]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Ryazan state radio engineering University], 2007, issue 22, pp. 38-41.

7. Средства измерений параметров магнитного поля / Ю. В. Афанасьев, Н. В. Студенцов, В. Н. Хореев, Е. Н. Чечурина, А. П. Щелкин. – Ленинград: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1979. – 320с.

Afanasev Yu.V., Studentsov N.V., Khoreev V.N., Chechurina E.N., Shcheyelkin A.P. *Sredstva izmereniy parametrov magnitnogo polya* [Means of measuring the parameters of the magnetic field]. Leningrad, Energiya Publ., 1979. 320 p.

8. Відновлення свердловин – перспективний напрям збільшення обсягів видобутку вуглеводнів у Західному нафтопромислому районі України / С. М. Ставичний, С. А. П'ятківський, М. М. Плитус, Л. Я. Притула, М. Б. Ковальчук // Нафтогазова галузь України. – 2014. - № 6. – С. 3-6.

Stavychnyy Ye.M., Piatkivskiy S.A., Plytus M.M., Prytula L.Ya., Kovalchuk M.B. *Vidnovlennia sverdlovyn – perspektyvnyy napriam zbilshennia obsyagiv vydobutku*

vuglevodniv u Zakhidnomu naftopromyslovomu raioni Ukrainy [Recovery wells - a promising trend increase in hydrocarbon production in Western Ukraine oilfield area]. *Naftogazova galuz Ukrainy – Oil & gas industry of Ukraine*, 2014, issue 6, pp. 3-6.

9. Технологія розкриття пластів на рівновазі пластового та вибірного тисків під час буріння свердловин Передкарпаття / О. М. Чорний, Г. М. Левицька, І. М. Кузів, Е. О. Чорний // *Нафтогазова галузь України*. – 2015. – № 3. – С. 14-18.

Chornyy O.M., Levytska H.M., Kuziv I.M., Chornyy E.O. Tekhnologiya rozkryttia plastiv na rinvovazi plastovogo ta vybiynogo tyskviv pid chas burinnia sverdlvovyn Peredkarpattia [Technology seams on balance disclosures and vybiynoho reservoir pressure during drilling Precarpathians]. *Naftogazova galuz Ukrainy – Oil & gas industry of Ukraine*, 2015, issue 3, pp. 14-18.

10. Шапошников, А. М. Исследование инклинометрических преобразователей с трехкомпонентными магнитометрами в программно управляемых магнитных полях: автореф. диссертации к-та техн. наук: 05.13.05 / Шапошников Александр Михайлович; Уфимский гос. авиационный техн. ун-т. – Уфа, 2011. – 16 с.

Shaposhnikov A.M. *Issledovanie inklinometricheskikh preobrazovateley s trekhkomponentnyimi magnitometrami v programno upravlyаемых магнитных полях*: автореферат диссертации к-та техн. наук: 05.13.05 / Шапошников Александр Михайлович; Уфимский гос. авиационный техн. ун-т. – Уфа, 2011. – 16 с.

11. Пат. № 78458 України МПК G01R 33/00. Ферозонд / Ковшов Г. М., Рижков І. В., Лукашук Г. О., Фадєєва О. В. (Україна), заявник та патентовласник Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”. – № у 201208288; заявл. 06.07.2012; опубл. 25.03.2013, Бюл. № 6. – 2 с.

Kovshov H.M., Ryzhkov I.V., Lukashuk H.O., Fadieieva O.V. *Ferozond* [Ferropobes] Patent UA, no. u 201208288, 2012.

12. Пат. 81112 України, МПК G01R 33/00. Ферозонд / Ковшов Г. М., Рижков І. В., Лукашук Г. О., Фадєєва О. В. (Україна); заявник та патентовласник Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”. – № у 201213799; заявл. 03.12.12; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. – 3 с.

Kovshov H.M., Ryzhkov I.V., Lukashuk H.O., Fadieieva O.V. *Ferozond* [Ferropobes] Patent UA, no. u 201213799, 2012.

13. Пат. 2319974 Российская Федерация, МПК G01R 33/02. Магнитометр / Макаренко Н. Г., Головаш А. Н., Мишин А. И., Рубежанский П. Н., Мехедов В. К., Картавец И. Г. (Российская Федерация); заявитель и патентообладатель ОАО «НИИТКД» - № 2006127795/28, заявл. 31.07.06, опубл. 20.03.08, Бюл. № 8. – 5 с.

Makarenko N.G., Golovash A.N., Mishyn A.I., Rubezhanskiy P.N., Mekhedov V.K., Kartavtsev I.G.,

*Magnitometr* [Magnetometer] Patent RF, no. u 2006127795/28, 2006.

14. Пат. 2330303 Российская Федерация, МПК G 01 R 33/02. Феррозондовый магнитометр / Ключкин П. А., Гаспаров П. С., Синица В. Н., Желтаков А. В., Васильева Л. Р. (Российская Федерация); заявитель и патентообладатель Гаспаров Петрос Меликович - № 2006132401/28, заявл. 01.09.06, опубл. 10.03.08, Бюл. № 21. – 6 с.

Klyushkin P.A., Gasparov P.S., Sinitza V.N., Zheltakov A.V., Vasileva L.R. *Ferrozondovyy magnitometr* [Flux-gate magnetometer] Patent RF, no. u 2006132401/28, 2006.

15. Пат. 2436200 Российская Федерация, МПК H 01 L 43/08. Магниторезистивный датчик / Касаткин С. И., Муравьев А. М., Амеличев В. В., Решетников И. А., Гаврилов Р. О. (Российская Федерация); заявитель и патентообладатель Учреждение РАН Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН - № 2010145328/28, заявл. 08.11.10, опубл. 10.12.11, Бюл. № 34. – 8 с.

Kasatkin S.I., Muravev A.M., Amelichev V.V., Reshetnikov I.A., Gavrilov R.O. *Magnitorezistivnyy datchik* [Magnetoresistive sensor] Patent RF, no. u 2010145328/28, 2010.

16. Hungerford, F. Cross-measure directional drilling [Virtual Resource] / Frank Hungerford, Ting Ren // Coal Operators Conference, University of Wollongong. Faculty of Engineering and Information Sciences. – 2013. – 14-15 February. – pp. 274-283. – Access Mode: URL : [ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2125&context=coal](http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2125&context=coal). – Title from Screen. – Date of Access: 3 November 2015.

Hungerford F., Ren T. Cross-measure directional drilling // *Coal Operators Conference, University of Wollongong. Faculty of Engineering and Information Sciences*, 2013. pp. 274-283. Available at: URL : [ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2125&context=coal](http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2125&context=coal). (Accessed 3 November 2015).

17. Kashikar, S. New frontiers in directional drilling. // Schlumberger Middle East and Asia reservoir review. – 2005. – № 6. – pp. 26-43.

Kashikar S. New frontiers in directional drilling. // *Schlumberger Middle East and Asia reservoir review*, 2005, issue 6, pp. 26-43.

18. Measuring system for well logging attitude and a method of sensor calibration [Virtual Resource] / Yong Ren , Yangdong Wang , Mijian Wang , Sheng Wu , Biao Wei // *Sensors (Basel)*. – 2014. – May 23. – Voi. 14 (5). – pp. 9256-70. – Access Mode: doi: 10.3390/s140509256.

Ren Y, Wang Y, Wang M, Wu S, Wei B. A measuring system for well logging attitude and a method of sensor calibration. *Sensors (Basel)*, 2014, vol. 14 (5), pp. 9256-9270. doi: 10.3390/s140509256.

19. Zen, Z.Q., Borehole inclinometer based on accelerometers and the fluxgate sensor / Zen Z.Q., Wang Y.H., Gao J.H. // *Pet Instrument*. – 2011. – № 25. – pp. 38-40.

Zen Z.Q., Wang Y.H., Gao J.H., Borehole inclinometer based on accelerometers and the fluxgate sensor. // *Pet Instrument*, 2011, issue 25, pp. 38-40.