

УДК 622.242:681.586.78

## УЛУЧШЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОГО ЖИДКОСТНОГО ДАТЧИКА УГЛА НАКЛОНА

КОВШОВ Г. Н.<sup>1\*</sup>, *д.т.н., проф.*  
САВЕЛЬЕВ М. И.<sup>2\*</sup>, *аспирант*  
ЖИВЦОВА Л. И.<sup>3\*</sup>, *ассистент*

<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(097) 002-78-45, e-mail: Tartaria@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(066) 77-57-354, e-mail: 777\_211@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-6176-1781

**Аннотация.** *Цель.* Одна из стратегических задач Украины – обеспеченность топливно-энергетическими ресурсами за счет развития собственного газодобывающего и нефтедобывающего сектора, а также проведение активных мероприятий по разведке новых месторождений и оживлению месторождений с падающей добычей. Для стабилизации и увеличения добычи нефти и газа, необходимо применение новых технологий при бурении. Улучшение методов бурения и повышения точности прокладки стволов скважины. Технологический процесс бурения связан с наличием погрешностей вызванных повышенной температурой, высокими вибрационными и ударными перегрузками, а также искривлением ствола скважины. Снизить погрешности, позволяет применение средств определения геометрических характеристик стволов скважины с постоянным контролем ее траектории. Контроль параметров пространственной ориентации стволов скважин осуществляется информационно-измерительными инклинометрическими системами. Необходим поиск новых конструкций и методов обработки данных первичных преобразователей, для повышения точности и достоверности получаемых параметров, измеряемых величин, оптимизации технологического процесса бурения. *Методика.* Получены конструкции инклинометрических систем с первичными преобразователями на основе магнитной жидкости. *Результаты.* Разработаны конструкции малогабаритных инклинометрических первичных преобразователей, на основе магнитной жидкости и немагнитного шарика, дает возможность минимизировать погрешность и обеспечить необходимую точность измерений в условиях вибрационных и ударных перегрузок, которые возникают при бурении. *Научная новизна.* Предложен подход использования в датчиках перемещения с магнитной жидкостью создании неоднородного магнитного поля по средствам немагнитного элемента шарообразной формы. *Практическая значимость.* Предложенные конструкции обладают повышенной вибропрочностью, ударопрочностью и виброустойчивостью при малых габаритах. Использование магнитной жидкости в инклинометрических системах позволит повысить точность определения параметров траектории ствола скважины, обеспечит производство малогабаритных систем и надежность эксплуатации.

**Ключевые слова:** первичный преобразователь; инклинометр; точность; жидкостный датчик; скважина; наклонно-направленное бурение

## ПОЛІПШЕННЯ ТОЧІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНКЛІНОМЕТРИЧНОГО РІДИННОГО ДАТЧИКА КУТА НАХИЛУ

КОВШОВ Г. Н.<sup>1\*</sup>, *д.т.н., проф.*  
САВЕЛЬЄВ М. І.<sup>2\*</sup>, *аспірант*  
ЖИВЦОВА Л. І.<sup>3\*</sup>, *асистент*

<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(097) 002-78-45, e-mail: Tartaria@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(066) 77-57-354, e-mail: 777\_211@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-6176-1781

**Анотація. Ціль.** Одне із стратегічних завдань України – забезпеченість паливно-енергетичними ресурсами за рахунок розвитку власного газодобувного і нафтовидобувного сектора, а також проведення активних заходів з розвідки нових родовищ і пожевлення родовищ з падаючим видобутком. Для стабілізації та збільшення видобутку нафти та газу, необхідно застосування нових технологій при бурінні. Поліпшення методів буріння і підвищення точності прокладки стовбурів свердловини. Технологічний процес буріння пов'язаний з наявністю похибок, спричинених підвищеною температурою, високими вібраційними та ударними перевантаженнями, а також викривленням стовбура свердловини. Знизити похибки, дозволяє застосування засобів визначення геометричних характеристик стовбурів свердловини з постійним контролем її траєкторії. Контроль параметрів просторової орієнтації стовбурів свердловин здійснюється інформаційно-вимірними інклінометричними системами. Необхідний пошук нових конструкцій і методів обробки даних первинних перетворювачів, для підвищення точності і достовірності одержуваних параметрів, вимірюваних величин, оптимізації технологічного процесу буріння. **Методика.** Отримані конструкції інклінометричних систем з первинними перетворювачами на основі магнітної рідини. **Результати.** Розроблені конструкції малогабаритних інклінометричних первинних перетворювачів, на основі магнітної рідини і немагнітної кульки, дає можливість мінімізувати похибку і забезпечити необхідну точність вимірювань в умовах вібраційних та ударних навантажень, які виникають при бурінні. **Наукова новизна.** Запропоновано підхід використання в датчиках переміщення з магнітною рідиною створення неоднорідного магнітного поля за коштами немагнітного елемента кулястої форми. **Практична значимість.** Запропоновані конструкції мають підвищену вибропрочність, ударостійкість і вібростійкість при малих габаритах. Використання магнітної рідини в інклінометричних системах дозволить підвищити точність визначення параметрів траєкторії стовбура свердловини, забезпечить виробництво малогабаритних систем і надійність експлуатації.

**Ключові слова:** первинний перетворювач; інклінометр; точність; рідинний датчик; свердловина; похило-скероване буріння

## IMPROVEMENT OF THE ACCURACY CHARACTERISTICS OF A LIQUID INCLINOMETER ANGLE SENSOR TILT

KOVSHOV G. M.<sup>1\*</sup>, *Dr. Sc. (Tech), Prof.*  
 SAVELIEV M. I.<sup>2\*</sup>, *postgraduate student*  
 ZHIVTSOVA L. I.<sup>3\*</sup>, *assistant prof.*

<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, email: 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(097) 002-78-45, e-mail: Tartaria@mail.ru.

<sup>3\*</sup> Department of automation and electrical. State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38(066) 77-57-354, e-mail: 777\_211@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-6176-1781

**Abstract. Purpose.** One of the strategic objectives of Ukraine – the security of fuel and energy resources through the development of private oil and gas producing sector, as well as carrying out intensive activities for exploration of new deposits and revitalization of fields with declining production. To stabilize and increase oil and gas production, the use of new technologies in drilling is required. Improved methods of drilling and increase of the accuracy of the well trunk laying are also necessary. The technological process of drilling is associated with the presence of errors caused by high temperature, high vibration and shock overloads, as well as the curvature of the wellbore. The use of means of determining the geometric characteristics of the well trunks with continuous monitoring of its trajectory allows to reduce errors. The parameters control of the spatial orientation of the wellbore is performed by means of information and measuring inclinometer systems. New designs and methods of data processing transducers for improved accuracy and reliability parameters, measured values, optimization of the technological process of drilling should be found. **Methodology.** The structure of inclinometer systems with the primary transducers based on magnetic fluids are obtained. **Findings.** Elaborated design of compact directional transducers based on magnetic fluid and nonmagnetic bead allows to minimize error and provide the required measurement accuracy under conditions of vibration and shock accelerations that occur during drilling. **Originality.** The approach to use displacement sensors with magnetic liquid creating an inhomogeneous magnetic field by means of a non-magnetic spherical element was proposed. **Practical value.** The proposed structures have high vibration strength, impact resistance and vibration resistance with small dimensions. The use of magnetic fluid in the inclinometer system will improve the accuracy of determining the trajectory of the wellbore, ensure the production of compact systems and reliability of operation.

**Keywords:** primary converter; inclinometer; liquid sensor; accuracy; well; directional drilling

### Введение

Одна из стратегических задач Украины – обеспеченность топливно-энергетическими ресурсами за счет развития собственного

газодобывающего и нефтедобывающего сектора, а также проведение активных мероприятий по разведке новых месторождений и оживлению месторождений с падающей добычей [6].

Государственная компания ОАО «Укргаздобыча» в 2016 году добыла 14,6 млрд. кубометров газа. По расчетам Ryder Scott Company подтвержденные запасы газа Укргаздобычи составляют 276 млрд. кубометров [8].

Для стабилизации и увеличения добычи нефти и газа, необходимо применение новых технологий при бурении. Это технологии глубокого и сверхглубокого бурения скважин с горизонтальным окончанием ствола и гидро-разрывом пластов для интенсификации добычи углеводородов [7]. Бурение протяженных горизонтальных скважин, идущих вдоль разрабатываемого нефтяного или газового пласта. А также, кустовое наклонно-направленное и разветвленно-горизонтальное бурение, обусловленное экономической эффективностью [4, 9, 10].

Бурение боковых стволов из существующих скважин снижает стоимость строительства горизонтальных скважин, чем строительство новых скважин и позволяет отбирать углеводороды из коллекторов ранее не охваченных разработкой.

При бурении наклонно-направленных, горизонтальных, разветвленно-горизонтальных скважин инклинометрические датчики должны находиться в составе бурового инструмента во время бурения и оперативно выдавать информацию о пространственном угловом положении бурового инструмента и отклонителя. При этом на инклинометрические датчики действуют вибрационные и ударные нагрузки до 50g, а также высокие положительные температуры. Диаметр охранного кожуха инклинометра не должны превышать 32-40 мм по охранным кожуху и 25-29 мм для датчиков с электроникой.

Контроль параметров пространственной ориентации стволов скважин осуществляется информационно-измерительными инклинометрическими системами [3, 12] в состав которых входят инклинометрические преобразователи (ИП) предназначенные для измерения азимута, зенитного угла (наклон скважины), визирного угла (угол установки отклонителя).

В основу инклинометрических преобразователей (ИП) наклона положены чувствительные элементы на основе физического маятника (реагирующего на направление вектора силы тяжести) [2] или инерционной массы (реагирующей на величину ускорения свободного падения) [1].

К одной из актуальных в современной нефтегазодобывающей промышленности относится проблема контроля пространственного положения ствола скважины. Это обусловлено сложными эксплуатационными условиями: труднодоступностью и большой глубиной (от 2 до 5 км) залегающих продуктивных залежей, малой толщиной продуктивных пластов (до 1,5 м), а также повышением требований к точности определения профиля скважин.

Решение задачи пространственной ориентации скважины связано с разработкой информационно-измерительных систем (ИИС), позволяющих точно и оперативно получать необходимую информацию и обладающих при этом высокой надежностью. Для определения параметров ориентации скважин используют информационно - инклинометрические системы (ИИС), перемещающиеся в составе бурового инструмента или опускаемые на кабеле в скважину.

Контроль параметров пространственной ориентации траектории скважин осуществляется инклинометрическими устройствами в состав которых входят первичные измерительные преобразователи предназначенные для измерения азимута, зенитного угла (наклон скважины), визирного угла (угол установки отклонителя).

Анализ известных многочисленных отечественных и зарубежных публикаций, отражающих теоретические и практические вопросы создания и совершенствования информационно – измерительных систем на различных этапах их развития, показывает, что наиболее перспективным и признанным среди разработчиков направлением является построение инклинометрического устройства на основе трехкомпонентных преобразователей с акселерометрическими и феррозондовыми датчиками, чувствительными к гравитационному и геомагнитному полям. В данном направлении достигнуты определенные положительные результаты в плане практической реализации технических решений, позволяющих создавать малогабаритную аппаратуру (диаметром охранного кожуха инклинометра 42 мм и менее), обладающую приемлемыми для обычных эксплуатационных условий метрологическими характеристиками.

Для повышения точности информационно – измерительных систем предлагается усовершенствовать инклинометрический преобразователь предназначенный для измерения во время бурения угла наклона скважины.

Предлагается применить первичный преобразователь на основе магнитной жидкости преимуществом которого является слабое воздействие ускорений, направленных по перекрестной оси, малое трение, обеспечивающее низкий порог чувствительности [5]. Кроме того преобразователь характеризуется простотой изготовления, низкой стоимостью; малыми габаритами, вибро-, ударопрочностью и виброустойчивостью при воздействии значительных перегрузок; долговечностью работы, улучшенной точностью измерений зенитного угла при любом положении визирного угла.

### Цель

Повысить точность информационно-измерительных систем контроля пространственного положения скважин путем усовершенствования инклинометрического преобразователя

предназначенного для измерения во время бурения угла наклона скважины. Разработать первичный преобразователь наклона на основе магнитной жидкости который повысит точность, надежность и достоверность полученных угловых параметров пространственной ориентации траектории скважины.

### Методика

Разработаны малогабаритные конструкции первичных измерительных преобразователей инклинометра предназначенного для измерения во время бурения.

Первичный преобразователь инклинометра выполнен на основе магнитной жидкости, который содержит корпус 1, изготовленный из немагнитного материала полностью заполненный магнитной жидкостью 2, в которой размещен немагнитный шарик 3, на наружной поверхности корпуса размещены первичная обмотка 4 и соединены последовательно-встречно вторичные обмотки 5 и заглушка 6, рис. 1.

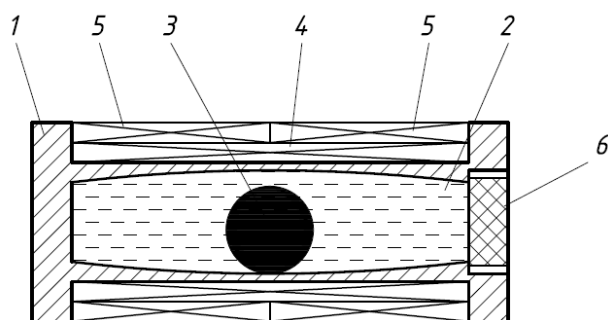


Рис. 1. Одноосный первичный преобразователь угла наклона: 1 – корпус; 2 – немагнитный шарик; 3 – магнитная жидкость; 4 – первичная обмотка; 5 – вторичные обмотки; 6 – заглушка. / Shows the primary monoaxial converter of the inclinometer tilt angle: 1 – case; 2 – non-magnetic ball; 3 – magnetic fluid; 4 – primary winding; 5 – secondary winding; 6 – cap.

Первичный преобразователь инклинометра работает следующим образом, после установки на объекте исследования на первичную обмотку подается переменный ток повышенной частоты, в результате чего создается магнитный поток, который проходит через корпус заполненный магнитной жидкостью и немагнитный шарик. Немагнитный шарик перемещаясь в корпусе создает в магнитной жидкости неоднородность магнитного потока. Во вторичных обмотках наводится электродвижущая сила, которая зависит от положения немагнитного шарика, который находится в зоне их действия. Поскольку вторичные обмотки включены последовательно-встречно, величина выходного сигнала будет пропорциональна углу наклона, а его

фаза будет зависеть от того, в какую сторону происходит наклон [11].

Также предложена конструкция первичного преобразователя инклинометра содержащая корпус 1, изготовленный из немагнитного материала полностью заполненный магнитной жидкостью 2, в которой размещен немагнитный шарик 3, в качестве сердечника используется магнитная жидкость 4, во внутренних отверстиях корпуса размещены первичная обмотка 5 и соединены последовательно-встречно вторичные обмотки 6 и крышки 7, рис. 2.

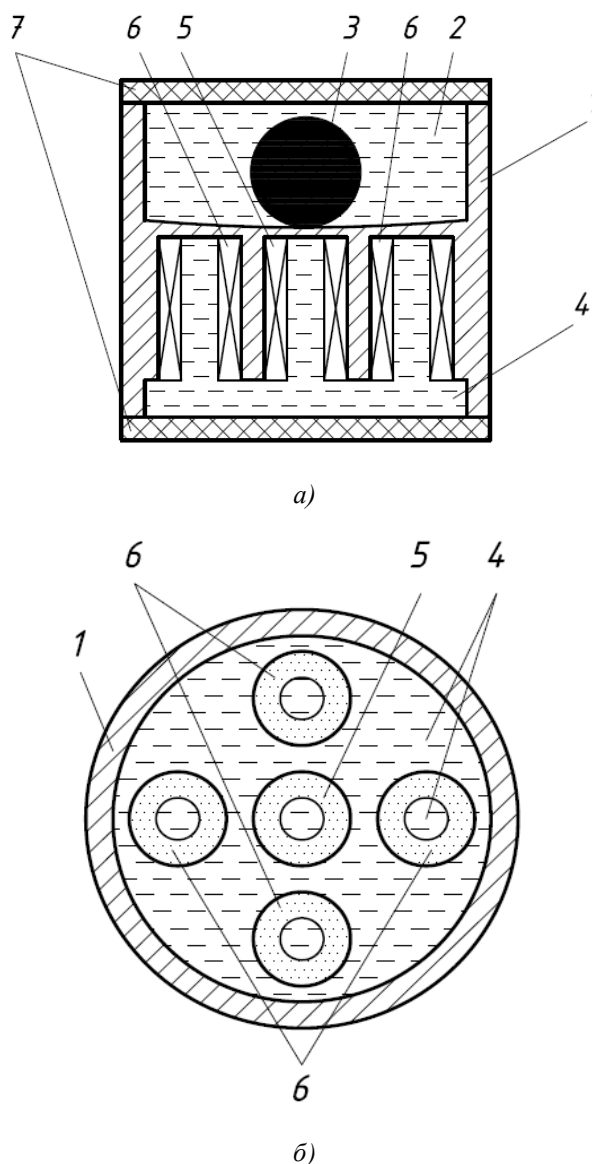


Рис. 2. Двухосный первичный преобразователь угла наклона: 1 – корпус; 2 – магнитная жидкость; 3 – немагнитный шарик; 4 – магнитная жидкость; 5 – первичная обмотка; 6 – вторичные обмотки; 7 – крышка; а – в разрезе; б – вид снизу. / Shows the primary biaxial converter of the inclinometer tilt angle: 1 – case; 2 – magnetic fluid; 3 – non-magnetic ball; 4 – magnetic fluid; 5 – primary winding; 6 – secondary winding; 7 – lid; а – in section; б – bottom view.

Двухосный первичный преобразователь инклинометра работает следующим образом, после установки на объекте исследования на первичную обмотку подается переменный ток повышенной частоты, в результате чего создается магнитный поток, который проходит через корпус заполненный магнитной жидкостью и немагнитный шарик. Немагнитный шарик перемещаясь по вогнутой сферической поверхности корпуса создает в магнитной жидкости неоднородность магнитного потока. Во вторичных обмотках наводится электродвижущая сила, которая зависит от положения немагнитного шарика, который находится в зоне их действия. Поскольку вторичные обмотки включены последовательно-встречно, величина выходного сигнала будет пропорциональна углу наклона, а его фаза будет зависеть от того, в какую сторону происходит наклон.

### Результаты

Разработанные конструкции малогабаритных инклинометрических первичных преобразователей, на основе магнитной жидкости и немагнитного шарика, позволяют минимизировать погрешность и обеспечить необходимую точность измерений в условиях вибрационных и ударных перегрузок, которые возникают в процессе бурения.

### Научная новизна и практическая значимость

Предложенные конструкции характеризуются повышенной вибропрочностью, ударопрочностью и виброустойчивостью при малых габаритах.

Предложен подход использования в датчиках перемещения с магнитной жидкостью создании неоднородного магнитного поля по средствам немагнитного элемента шарообразной формы. Использование магнитной жидкости в информационных инклинометрических системах позволит повысить точность определения параметров траектории ствола наклонно-направленных скважин, обеспечить производство малогабаритных систем и надежность эксплуатации.

### Выводы

Предложенные конструкции малогабаритных маятниковых инклинометрических преобразователей наклона в виде шарика перемещающегося по поверхности большого радиуса позволяют, снизить частоту собственных колебаний обеспечивая его виброустойчивость в процессе бурения.

Первичные преобразователи характеризуются:

- улучшенной точностью измерений зенитных и визирных углов;
- малыми габаритами;
- простотой изготовления;
- низкой стоимостью;
- вибропрочностью и ударопрочностью;
- долговечностью работы.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волович, А. Интегральные акселерометры / А. Волович, Г. Волович // Компоненты и технологии. – 2002. – №1. – С. 67–72. [http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/02\\_01/stat\\_66.htm](http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/02_01/stat_66.htm).
2. Ковшов, Г. Н. Инклинометры (Основы теории и проектирования) / Г. Н. Ковшов, Р. И. Алимбеков, А. В. Жибер. — Уфа: Гилем, 1998. — 380 с.
3. Ковшов, Г. Н. Приборы контроля пространственной ориентации скважин при бурении / Г. Н. Ковшов, Г. Ю. Коловертнов — Уфа: Издательство Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2001. — 228 с.
4. Мислюк, М. А. Принципи вибору компоновок низу бурильної колони для буріння похилих ділянок свердловин / М. А. Мислюк, Р. М. Долик // Нафтогазова галузь України. – 2014. - № 6. – С. 3-6.
5. Савант, С.Дж. Принципы инерционной навигации / С.Дж. Савант, мл. Р. Ховард, С. Соллоуай, С.А. Савант. – М.: Мир, 1965. – 355 с.
6. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №1071-р. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1071-2013-p>. – Загл. с экрана. – Проверено: 11.09.2017.
7. ПАТ «Укргазвидобування» 2015 р. [Электронный ресурс]. – Видобуток – Режим доступу: <http://old.ugv.com.ua/branches/production> – Загл. с экрана. – Проверено: 11.09.2017.
8. ПАТ «Укргазвидобування» 2017 р. [Электронный ресурс]. – Геологорозвідка – Режим доступу: <http://ugv.com.ua/page/geologorozvidka> – Загл. с экрана. – Проверено: 25.09.2017.
9. 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: 12 November 2016.
10. Kashikar, S. New frontiers in directional drilling. // Schlumberg Middle East and Asia reservoir review. – 2005. - № 6. – pp. 26-43.
11. Saveliev M. The improved model of primary converter of the inclinometer tilt angle. / M. Saveliev, Zhivtsova L. // Наука і техніка: Перспективи XXI століття: міжнародна міжвузівська наук. – практ. конф. молодих вчених, 30 – 31 березня 2017р. : доповідь – Дніпро, 2017. – С.154 – 156.

12. 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.

## REFERENCES

1. Volovich A. and Volovich G. *Integralnyye akselerometry* [Integrated accelerometers] [Electronic resource] / A. Volovich, // *Komponenty i tekhnologii* [Components and technologies]. 2002, no. 1, pp. 67–72. Available at: [http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/02\\_01/stat\\_66.htm](http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/02_01/stat_66.htm). (in Russian).
2. Kovshov G.N., Alimbekov R.I. and Zhiber A.V. *Inklinometry (Osnovy teorii i proektirovaniya)* [Inclinometers (Introduction in Theory and Design)]. Ufa: Gilem, 1998, 380 p. (in Russian).
3. Kovshov G.N. and Kolovertnov G.Yu. *Pribory kontrolya prostranstvennoy oriyentatsii skvazhin pri burenii* [Gauges spatial orientation while drilling wells]. Ufa: Ufimskiy gosudarstvennyy neftianoy tekhnicheskoy universitet Publ., 2001, 228 p. (in Russian).
4. Myshuk M.A. and Dolyk R.M. *Pryntsypy vyboru kompanovok nyzu burylnoi kolony dlia burinnia pokhlylykh dilianok sverdlovyn* [Principles of Bottom-Hole Assemblies Choice While Drilling Inclined Well Sections]. *Naftogazova galuz Ukrainy* [Oil & gas industry of Ukraine], 2014, no. 5, pp. 7-14. (in Ukrainian).
5. Savant, S.Dzh. ml., Khovard R., Sollouay S. and Savant S.A. *Printsipy integral'noy navigatsii* [Principles of inertial navigation]. Moscow: Mir, 1965, 355 p. (in Russian).
6. *Pro skhvalennia Energetychnoi strategii Ukrainy na period do 2030 roku*, [On approval of the Energy strategy of Ukraine till 2030]. Available at: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1071-2013-p>. (Accessed 11 September 2017).
7. *PAT «Ukrgezvydobuvannia»*, [Ukrgegasproduction]. (in Ukrainian). <http://old.ugv.com.ua/branches/production> (Accessed 25 September 2017). (in Ukrainian).
8. *PAT «Ukrgezvydobuvannia»*, [Ukrgegas geological exploration]. Available at: <http://ugv.com.ua/page/geologorozvidka> (Accessed 11 September 2017). (in Ukrainian).
9. Hungerford F. and Ting Ren *Cross-measure directional drilling* [Virtual Resource]. Coal Operators Conference, University of Wollongong. Faculty of Engineering and Information Sciences. – 2013. – 14-15 February. – pp. 274-283. Available at: [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: 12 November 2016.
10. Kashikar, S. *New frontiers in directional drilling*. // Schlumberger Middle East and Asia reservoir review. – 2005, no. 6, pp. 26-43.
11. Saveliev M. *The improved model of primary converter of the inclinometer tilt angle*. / M. Saveliev, Zhivtsova L. // “Science and Technology: Prospects of XXI century”. – 2017. – pp.154 – 156. (in Ukrainian).
12. Zen, Z.Q., Wang Y.H. and Gao J.H. *Borehole inclinometer based on accelerometers and the fluxgate sensor* // *Pet Instrument.* – 2011, no. 25, pp. 38-40.