

УДК 550.839.002.56

**КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ
СКВАЖИТНЫХ ИНКЛИНОМЕТРОВ**

А.Н. Гормаков, И.А. Ульянов*, В.Г. Ткачев*

Томский политехнический университет

*ТомскГАЗПРОМгеофизика

E-mail: gormakov@tpu.ru

Гормаков Анатолий Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры точного приборостроения Института неразрушающего контроля ТПУ.

E-mail: gormakov@tpu.ru

Область научных интересов: методы и средства испытаний и поверки систем ориентации.

Ульянов Илья Александрович, инженер наклонно-направленного бурения ООО «ТомскГАЗПРОМгеофизика», г. Томск.

E-mail: lotus@sibmail.com

Область научных интересов: методы и установки для поверки магнитометров забойных инклинометров, в том числе в условиях месторождений.

Ткачев Владимир Георгиевич, инженер наклонно-направленного бурения ООО «ТомскГАЗПРОМгеофизика», г. Томск.

E-mail: vgtkachev@mail.ru

Область научных интересов: методы поверки забойных инклинометров.

Разработан комплекс для поверки и калибровки скважинных инклинометров, который при сравнительно невысокой стоимости позволяет решать задачи метрологического обеспечения современных гироскопических и магнитных скважинных инклинометров. При этом комплекс обеспечивает задание поверяемому инклинометру зенитных и азимутальных углов с погрешностью не более 1'.

Ключевые слова:

Скважинный инклинометр, установка для проверки и калибровки.

Повышение эффективности наклонно-направленного и горизонтального бурения и разработки нефтяных и газовых месторождений в целом зависит от оптимизации технологических процессов, обеспечивающих проходку скважин с максимальной скоростью в заданный «круг допуска» или в продуктивный пласт. При этом первостепенное и наиважнейшее значение имеет контроль комплекса параметров искривления скважин, обеспечивающий проходку по требуемой траектории (рис. 1) в соответствии с проектным профилем. Данную задачу решают с помощью инклинометрических систем (ИС), позволяющих измерять азимут, зенитный угол и

визирный угол (угол положения скважинного объекта в апсидальной плоскости).

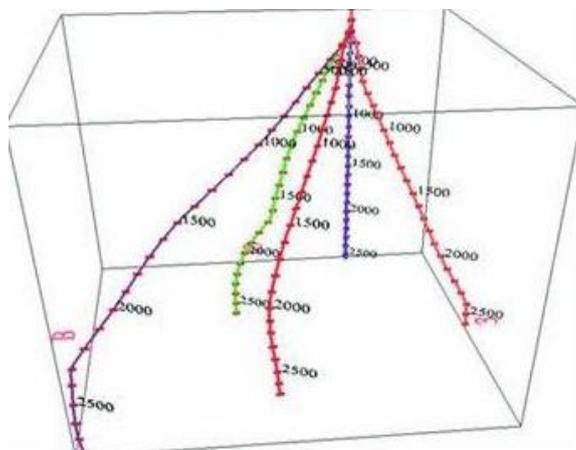


Рис. 1. Траектории скважин

С точки зрения практического применения ИС подразделяются на системы, используемые при традиционных технологиях каротажа на кабеле в открытом стволе, и системы, встраиваемые в компоновку буровой колонны и обеспечивающие контроль угловых параметров пространственной ориентации бурового инструмента непосредственно в процессе бурения. Последние получили название забойных инклинометрических систем или телесистем.

По показаниям инклинометра технолог контролирует соответствие профиля и плана скважины проектному заданию и корректирует соответствующим образом процесс бурения. Поэтому точность производимых измерений и оперативность их представления во многом определяют и стоимость затрат на построение скважины в целом.

В период эксплуатации датчики инклинометрических систем подвергаются высоким нагрузкам, вибрациям и перепадам температур. Соответственно полученная с них информация может быть недостоверно достоверной. Через определенное время эксплуатации инклинометрическая система должна подвергаться метрологической проверке. Проверка и калибровка осуществляется при помощи калибровочных установок. Для метрологического обеспечения инклинометрической аппаратуры на геофизических предприятиях широко распространены метрологические установки калибровки и поверки скважинных инклинометров типа УСИ-2, УПИ-1, УКИ-2 и др. [1]. Эти установки уже физически и морально устарели и не удовлетворяют требованиям современной забойной и скважинной инклинометрической аппаратуры по точности.

Улучшение метрологических характеристик существующих установок пространственной ориентации скважинных инклинометров можно достичь за счёт исключения субъективного фактора из процесса воспроизведения пространственных углов, что возможно за счёт разработки автоматизированной установки. Единственным примером таких установок, применяемых в геофизических предприятиях, является установка УАК-СИ [1, 2] и её модификации.

В последние годы крупные геофизические компании принимают решение по обновлению парка установок. Так, по заказу ОАО «Сургутнефтегаз» на кафедре точного приборостроения Томского политехнического университета в период с 2007 по 2009 гг. были проведены исследования [3, 4] и разработана конструкторская документация на немагнитную установку для поверки и калибровки скважинных инклинометрических систем массой до 100 кг. В 2009 г. ОАО «ОСКБП» (г. Омск) переработало конструкторскую документацию, введя в конструкцию подшипник на воздушной подушке по азимутальной оси. Это решение обеспечило плавность вращения и позволило существенно увеличить срок эксплуатации установки. В январе 2011 г. первая установка УНП-3 (рис. 2) введена в эксплуатацию в Талаканской экспедиции геофизических работ ОАО «Сургутнефтегаз» [5].



Рис. 2. Общий вид установки УНП-3

Установка наклонно-поворотная УНП-3 разрабатывалась для воспроизведения зенитных, азимутальных и апсидальных углов при проведении операции калибровки любых типов инклинометров диаметром от 42 до 100 мм, длиной до 3200 мм и массой до 100 кг. Объем помещения, необходимый для размещения установки: 6000×6000×4500 мм.

Инклинометр может устанавливаться в зажимное устройство УНП-3 таким образом, чтобы при необходимости его чувствительные к магнитному полю Земли датчики находились в точке пересечения осей вращения установки. Выставка углов обеспечивается по механическим шкалам и цифровым индикаторам, расположенным на корпусе установки. Кроме того, обеспечивается индикация углов на экране внешнего компьютера.

При калибровке в компьютере формируется таблица основных погрешностей калибруемых инклинометров и графики зависимости погрешностей инклинометров от изменения пространственного положения инклинометра в различных плоскостях. Программное обеспечение УНП-3 функционирует в операционной среде «WINDOWS 95, 98, XP».

Технические и метрологические характеристики УНП-3

1. Диапазон воспроизведения углов ориентации инклинометра:

- азимута, град. 0–360;
- зенитного угла, град. 0 ± 180 ;
- апсидального угла, град. 0–360.

2. Предел допускаемой основной погрешности воспроизведения азимутальных, зенитных и апсидальных углов не более $\pm 1'$.

3. Неортогональность всех осей установки между собой не более $20''$.

4. Наружный диаметр инклинометров, мм: 42, 60, 73, 90, 100.

5. Срок службы 6 лет.

6. Гарантийное обслуживание в течение 12 месяцев.

Установка УНП-3 проста и удобна в эксплуатации, имеет технические и метрологические характеристики, которые обеспечивают поверку и калибровку современных и перспективных инклинометров. Однако существенным фактором, ограничивающим широкое приобретение геофизическими компаниями установки УНП-3, является её сравнительно высокая стоимость (около 5 млн руб. без налога на добавленную стоимость). Компаниям с малыми объемами работ не всегда под силу приобретение такого оборудования. Срок окупаемости установки будет достаточно большим.

В ряде случаев возникает потребность в простых и недорогих средствах поверки, позволяющих оперативно и с достаточной достоверностью поверить системы ориентации скважинных инклинометров. Авторами разработан прострой и недорогой комплекс (рис. 3) для поверки и калибровки скважинных инклинометров [6].

В состав комплекса входят: установка – 1 для задания зенитных углов в одном азимуте в диапазоне от 0 до 360° с шагом 10° ; установка – 2 для задания азимутальных углов в диапазоне от 0 до 360° с шагом как минимум 90° при значении зенитного угла 90° град; персональный компьютер – 3; блок связи – 4 поверяемого инклинометра – 5 с компьютером – 3.

Скважинный инклинометр – 5 (рис. 3) устанавливают в зависимости от поверяемого параметра на призмы соответствующей установки – 1 или 2. Сигналы с чувствительных элементов инклинометра – 5 по кабелю через блок связи – 4 передают на персональный компьютер – 3 и сравнивают с эталонным направлением. По результатам сравнения показаний инклинометра с эталонным направлением делают заключение о соответствии характеристик требуемым значениям и необходимости калибровки.

Установку для задания зенитного угла монтируют на вертикальную стену (стойку) (рис. 4). В стену (стойку) – 1 установлены опоры с арматурой – 2 так, чтобы они находились в одной вертикальной плоскости. Опорные втулки – 3 крепят винтами – 4 к основанию – 5. Основание – 5 винтами – 6 фиксируют в опорах с арматурой – 2. В центре основания – 5 установлена ось – 7 и прикреплена винтами – 8, а конусные втулки – 9 установлены по периметру основания – 5 и фиксируются винтами – 10. Платформа – 11 с подвижным основанием – 12 соединена винтами (на рисунке не показано), установлена на ось – 7 и прижата крышкой – 13. Крышка закреплена на оси – 7 винтами – 14. Ось – 7 и крышка – 13 образуют неподвижную

часть подшипника скольжения. Фиксатор – 15 прикреплен винтами – 16 к платформе – 11. Призма – 17 прикреплена на подвижном основании – 12 винтами – 18 и штифтами – 19.

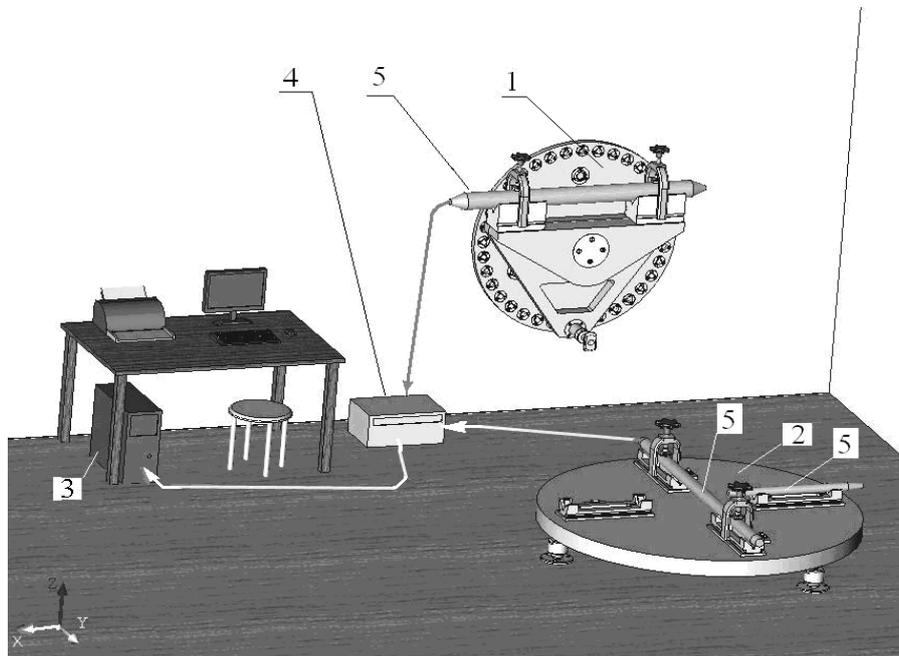


Рис. 3. Общий вид комплекса

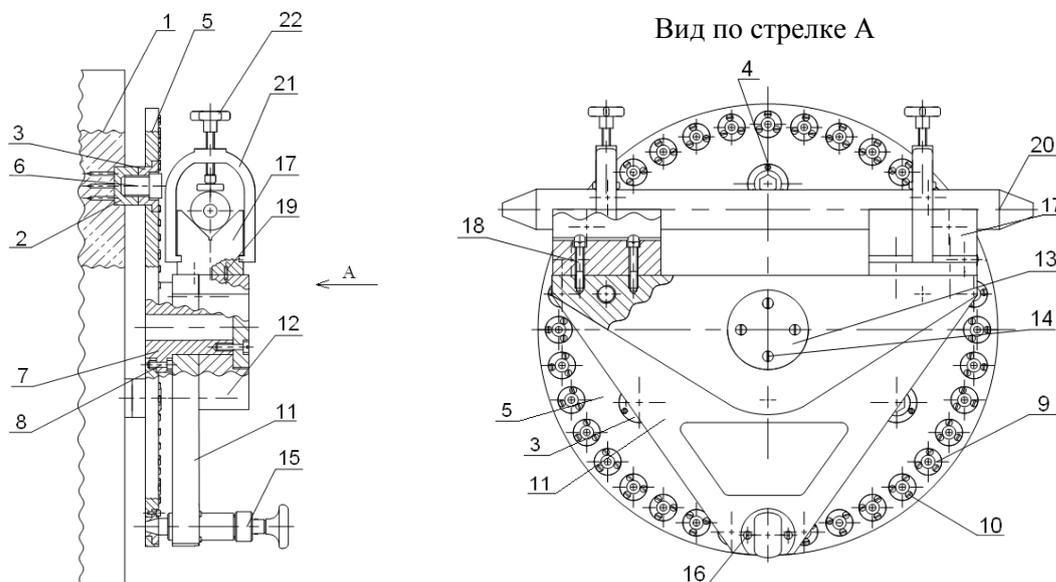


Рис. 4. Установка для задания зенитных углов

Подвижную платформу – 11 с призмами – 17 приводят в положение, когда продольная ось призм параллельна плоскости горизонта. Конус фиксатора – 15 вводят в соответствующую втулку. Поверяемый инклинометр – 20 устанавливают на призмы – 17. Хомуты – 21 вводят в пазы призм – 17. Закрепляют инклинометр – 20 прижимными винтами – 22. Благодаря применению хомута – 21 с регулируемым прижимным винтом – 22 достигается расширение диапазона диаметров проверяемых инклинометров.

Выводят фиксатор – 15 из конусной втулки – 9 и поворачивают платформу – 11 с инклинометром – 20 на требуемый угол. Вводят фиксатор – 15 в соответствующую втулку. Снимают показания инклинометра и сравнивают с заданным значением зенитного угла. При обнаружении сбоя работы или отклонений показаний прибор ремонтируют и калибруют.

В установке для задания фиксированных значений азимутального угла (рис. 5) в основании – 23 устанавливают регулируемые опоры – 24 через соединительные втулки – 25. На основании – 23 расположены площадки – 26, на которые базируются призмы – 27 и установочные площадки для уровней – 28.

В призмы – 27 устанавливают поверяемый инклинометр – 29 и прижимают с помощью скобы – 30 и прижимного винта – 31. Количество парных призм может варьироваться: одна пара – шаг 180° , две пары – шаг 90° , четыре пары – шаг 45° . Продольная ось парных призм I–I выставлена в направлении север-юг. С помощью соответственных методик определяют отклонение продольной оси парных призм от истинного (магнитного) меридиана. Погрешность совмещения продольной оси I–I призм и истинного (магнитного) меридиана учитывают при обработке результатов испытаний алгоритмически.

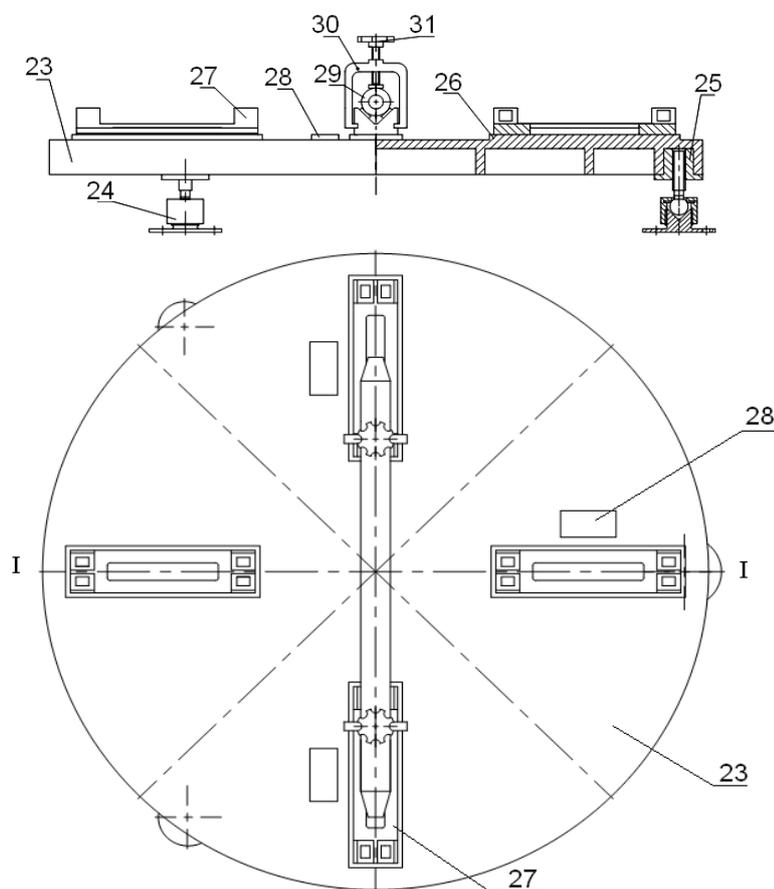


Рис. 5. Установка для задания фиксированных значений азимутального угла

Предлагаемый комплекс для поверки и калибровки скважинных инклинометров состоит из двух простых по конструктивному исполнению установок. Установки комплекса обеспечивают задание поверяемому инклинометру зенитных и азимутальных углов с погрешностью не более $1'$, что отвечает современным требованиям к метрологическому оборудованию. Для поверки магнитных инклинометров детали установок должны быть изготовлены из немагнитных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарейшин З.Г. Концептуальные вопросы компоновки метрологических установок пространственной ориентации скважинной инклинометрической аппаратуры // Нефтегазовое дело. – 2006. – Вып. 2. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Gareyshin/Gareyshin_1.pdf (дата обращения: 14.02.2013).
2. Лобанков В.М. Развитие системы метрологического обеспечения геофизических исследований в нефтегазовых скважинах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Уфа, 2008. – 50 с. URL: http://info.donntu.edu.ua/el_izdan/geolog/news/35_2008-12-30_15-14-48/LobankovVM.pdf (дата обращения: 04.02.2013).
3. Гормаков А.Н., Ульянов И.А. Установка для поверки и калибровки магнитных инклинометров // Вестник науки Сибири. – 2011. – № 1 (1). – С. 142–148. URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1015918> (дата обращения: 04.02.2013).
4. Разработка наклонно-поворотной установки для калибровки и градуировки скважинных инклинометрических систем: Отчет о НИР (заключительный) / Том. политехн. Ун-т; Рук. А.Н. Голиков. Шифр: х/д № 165 (№ 1-15/2007) от 01.01.2007. – Томск, 2009.
5. Установка наклонно поворотная УНП-3 КСВШ.441465.016 URL: [http://www.oskbp.ru/inde\[.php?id=19](http://www.oskbp.ru/inde[.php?id=19) (дата обращения: 04.02.2013).
6. Комплекс для поверки и калибровки скважинных инклинометров: пат. № 2439493; заявл. 01.07.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1. – 10 с.

Поступила 14.02.2013 г.