

УДК 531.746

УЛУЧШЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ЗАБОЙНОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Исмагилов Р.М.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г.Уфа
e-mail: blackrust@mail.ru

Аннотация. *Проведен анализ различных типов конструкций инклинометрических датчиков. Более детально рассмотрены гравитационные датчики, являющиеся основой инклинометрических преобразователей. Принимая во внимание достоинства и недостатки различных типов конструкций гравитационных датчиков инклинометров, а также возможность использования современных первичных преобразователей, предложена упрощенная схема построения инклинометрического датчика для забойной телеметрической системы, позволяющая повысить точность измерения навигационных параметров в процессе бурения скважин.*

Ключевые слова: *бурение, телеметрическая система, инклинометр, акселерометр, магнитометрический датчик, зенитный угол, азимут*

Инклинометрия скважин имеет важное значение при контроле пространственной ориентации инструмента в процессе бурения скважин по заданной траектории в соответствии с проектным профилем. Применение забойных телеметрических систем позволяет в режиме реального времени передавать с забоя на поверхность навигационные параметры (зенитный угол, азимутальный угол, угол установки отклонителя), геофизические параметры (естественная радиоактивность и электрическое сопротивление горных пород), а также технологические параметры (давление, температура, частота вращения турбобура и т.д.) [1].

В последние годы научными коллективами достигнуты успехи в аппаратной реализации, а также в математическом, программном и метрологическом обеспечении телеметрических систем. При создании нового оборудования успешно применяются современные достижения в области микроэлектроники, в частности, первичные преобразователи в микроэлектронном исполнении, такие как магнитометрические и акселерометрические датчики.

Тем не менее, в области создания и применения забойных телеметрических систем есть ряд задач требующих решения, одними из которых являются уменьшение габаритов и улучшение точностных характеристик инклинометрических преобразователей в процессе бурения.

Важнейшими инклинометрическими параметрами являются зенитный угол и угол установки отклонителя (визирный угол). Для определения данных углов инклинометрические преобразователи должны иметь гравитационные датчики,

позволяющие найти положение продольной и радиальной осей прибора относительно вертикали, т.е. направление вектора силы тяжести [2].

Гравитационные датчики, используемые в инклинометрах, условно можно разбить на две группы. Первая включает в себя датчики, которые дают информацию о направлении вектора силы тяжести. К ним относятся различные виды физического маятника [3]. Вторая группа датчика реагирует на величину ускорения, в частности, ускорения свободного падения. Это так называемые акселерометры [4].

В настоящее время в забойных телеметрических системах активно используются инклинометры с гравитационными датчиками обоих типов, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками [5, 6].

Три одномерных ортогонально расположенных в корпусе инклинометра акселерометра дают необходимую информацию о зенитном угле и угле установки отклонителя. Но обеспечить точность измерений возможно лишь проводя статический замер, т.е. измерения производятся в полном покое бурового инструмента при отсутствии нагрузки на породоразрушающий инструмент и отсутствии циркуляции промывочной жидкости. В процессе бурения при вибрациях точность акселерометрического гравитационного датчика резко снижается. Наиболее ярко это выражается при зенитных углах меньше 7° . В связи с высокой вероятностью ошибки в измерении значений угла установки отклонителя в процессе бурения, возникают проблемы в правильной ориентации бурового инструмента. Особенно при бурении боковых стволов со старых скважин, поскольку азимутальная ориентация отклоняющего устройства при малых углах производится путем измерения триадой ортогональных магниточувствительных датчиков проекций вектора геомагнитного поля земли, что невозможно при нахождении измерительного модуля внутри обсадной колонны скважины.

Также широко распространены инклинометрические преобразователи с маятниковыми гравитационными датчиками. Инклинометрический датчик, выполненный по такой схеме, содержит следующие элементы (рис. 1). Наружная карданная рамка 4, ось вращения которой соосна с продольной осью инклинометра, имеет за счет эксцентрично установленного груза 3 смещенный центр тяжести, являясь, тем самым, датчиком угла поворота инклинометра (угол установки отклонителя). При наклонах инклинометра плоскость рамки всегда оказывается перпендикулярной к апсидальной плоскости (вертикальная плоскость проходящая через касательную к оси скважины в точке измерения). В плоскости наружной рамки перпендикулярно к ее оси вращения находится ось вращения внутренней рамки 4, которая также имеет смещенный центр тяжести и является зенитным маятником с грузом 5. Преобразователи угла поворота 6 и 7 снимают сигналы инклинометрического датчика, пропорциональные соответственно углу поворота инклинометра и зенитному углу.

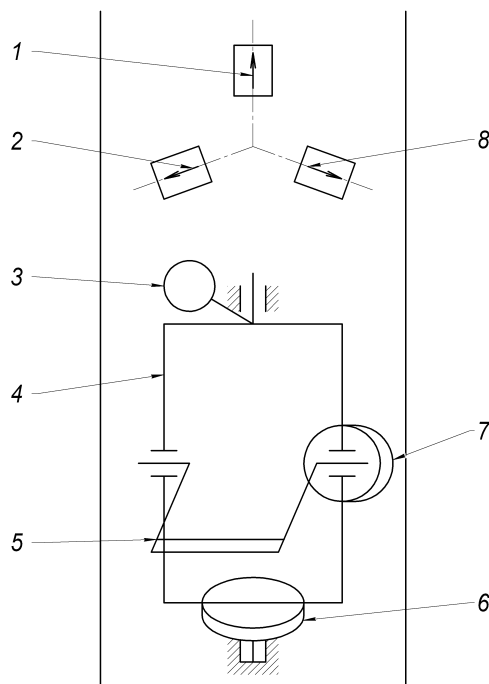


Рис. 1. Кинематическая схема инклинометра с жестко – закрепленными магнитометрическими датчиками и подвижными рамками:

- 1, 2 и 8 – триада ортогональных магнитометрических датчиков;
 3 – эксцентричный груз; 4 – наружная карданная рамка;
 5 – внутренняя карданная рамка;
 6 и 7 – преобразователи зенитного угла и угла поворота инклинометра

Точность датчиков, выполненных по данной схеме, во многом зависит от точности ориентации рамок. На величину угловой ошибки установки рамок влияют устанавливающий момент от эксцентричного груза и момент сил сухого трения в опорах подвеса. Этим обуславливается сложность изготовления и настройки данных инклинометров. Тем не менее, данный тип датчиков обладает высокой точностью показаний при вибрациях и на малых зенитных углах (погрешности в измерении визирного угла – $\pm 2^\circ$, зенитного угла – $\pm 0,2^\circ$, азимута – $\pm 2^\circ$).

Основываясь на достоинствах и недостатках данных типов инклинометров, автором была предложена комбинированная схема построения инклинометрического датчика (рис. 2), в которой одновременно работают два типа гравитационных датчиков. Помимо триад жестко закрепленных ортогональных магнитометрических 1, 2, 9 и акселерометрических 3, 4, 8 датчиков в схему введена карданная рамка 6 с эксцентричным грузом, ось которой совпадает с осью инклинометра. Преобразователь угла поворота 7 снимает сигнал пропорциональный углу поворота инклинометра.

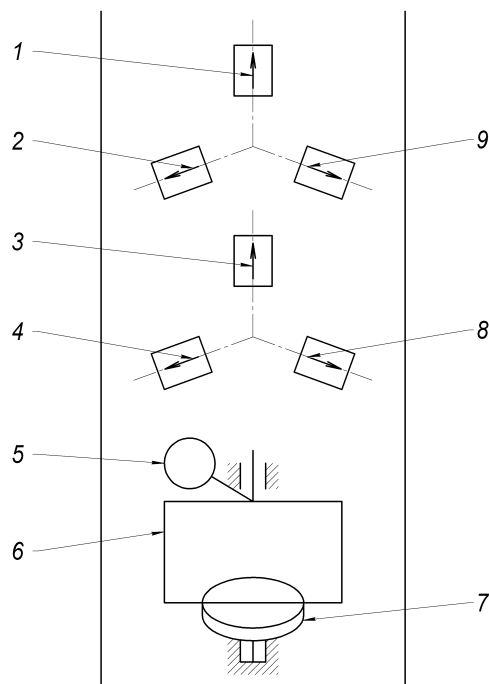


Рис. 2. Кинематическая схема инклинометра с жестко – закрепленными акселерометрическими и магнитометрическими датчиками и подвижной рамкой:

- 1,2 и 9 – триада ортогональных магнитометрических датчиков;
- 3,4 и 8 – триада ортогональных акселерометрических датчиков;
- 5 – эксцентричный груз; 6 – карданная рамка;
- 7 – преобразователь угла поворота инклинометра

В процессе бурения скважин при вибрациях для ориентирования бурового инструмента используют значение угла установки отклонителя, измеренного с помощью маятникового датчика. А значения зенитного и азимутальных углов измеряют в режиме статического замера при помощи триад магнитометрических и акселерометрических датчиков.

Таким образом, инклинометр, построенный по данной схеме, обеспечивает измерение угла установки отклонителя с точностью $\pm 2-3^\circ$ в условиях вибраций, и при этом сохраняет высокую точность измерения зенитного и азимутальных углов при проведении статического замера (погрешности в измерении зенитного угла $\pm 0,1^\circ$, азимута – $\pm 2^\circ$). При этом конструкция данного инклинометрического преобразователя значительно упрощается по сравнению с конструкцией маятникового датчика, ввиду наличия всего одного маятника и жестко закрепленных триад акселерометров и магнитометров. Вследствие использования статического замера для вычисления азимутального и зенитных углов, возможно применение более дешевых акселерометров с более низким динамическим диапазоном измерений (до 2g), что позволяет тем самым повысить точность измерения заданных параметров.

Литература

1. Молчанов А.А. Измерение геофизических и технологических параметров в процессе бурения скважин. М.: Недра, 1983. 189 с.
2. Исаченко В.Х. Инклинометрия скважин. М.: Недра, 1987. 216 с.
3. Инклинометр. Пат. 2111454 РФ, МКИ G01C9/16, E21B47/022 / Мельников А.В.; Заявл. 09.10.95; Опубл. 20.05.98.
4. Инклинометр. Пат. 2348008 РФ, МКИ G01C9/00 / Конаныхин И.В., Сокирский Г.С., Ширманов М.И., Удовиченко А.И.; ООО «ТехГеоБур»; Заявл. 09.11.06; Опубл. 27.02.09.
5. Забойная телеметрическая система. Пат. 2232888 РФ, МКИ E21B47/12 / Дмитрюков Ю.Ю., Шокуров В.М.; ООО НПО «Новые технологии нефтедобычи»; Заявл. 18.11.02; Опубл. 20.07.04.
6. Забойная телеметрическая система с электромагнитным каналом связи. Пат. 2278256 РФ, МКИ E21B47/00 / Рыжанов Ю.В., Иванов В.М., Васильев С.И.; ООО НПП «Промгеосервис»; Заявл. 09.03.05; Опубл. 20.06.06.

IMPROVEMENT THE ACCURACY CHARACTERISTICS OF INCLINOMETER SENSOR OF DOWNHOLE TELEMETERING SYSTEM

R.M. Ismagilov

*Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia
e-mail: blackrust@mail.ru*

Abstract. *The analysis of various types of inclinometers is carried out. The gravitational sensors, which are a basis of inclinometers, are in more details considered. In view of merits and demerits of various designs of inclinometers gravitational sensors, and also, possibility of use modern sensors as primary converters, is offered the simplified design of inclinometer for the telemetering system, allowing to raise measurement accuracy of navigating parameters in the course of drilling.*

Keywords: *drilling, telemetering system, inclinometer, accelerometer, magnetic sensor, inclination, azimuth*

References

1. Molchanov A.A. Izmerenie geofizicheskikh i tekhnologicheskikh parametrov v protsesse bureniya skvazhin (Measurement of geophysical and technological parameters in the process of drilling wells). Moscow: Nedra, 1983. 189 p.
2. Isachenko V.Kh. Inklinometriya skvazhin (Directional surveying of wells). Moscow: Nedra, 1987. 216 p.
3. Inclimometr. Patent 2111454 of Russian Federation, IPC G01C9/16, E21B47/022 / Melnikov A.V.; Appl. 09.10.95; Date of publ. 20.05.98.
4. Inclimometr tool. Patent 2348008 of Russian Federation, IPC G01C9/00 / Konanyhin I.V., Sokirskij G.S., Shirmanov M.I., Udovichenko A.I. "TekhGeoBur" JSC; Appl. 09.11.06; Date of publ. 27.02.09.
5. Pit-face telemetric system. Patent 2232888 of Russian Federation, IPC E21B47/12 / Dmitriukov Yu.Yu., Shokurov V.M. ; "Novye tekhnologii neftedobychi" JSC; Appl. 18.11.02; Date of publ. 20.07.04.
6. Bottomhole telemetric system with electromagnetic communication channel. Patent 2278256 of Russian Federation, IPC E21B47/00 / Ryzhanov Ju.V., Ivanov V.M., Vasil'ev S.I.; NPP "Promgeoservis" JSC; Appl. 09.03.05; Date of publ. 20.06.06.