

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмара, Л.А. Анализ тенденций и перспектив развития на Украине подъемно-транспортных, дорожно-строительных и землеройных машин / Л.А. Хмара // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение; Вып. 46. – Днепропетровск : ПГА-СА, 2008, С. 5–8.
2. Кириченко, І.Г. Сучасні принципи створення засобів механізації дорожно-будівельних робіт / І.Г. Кириченко. – К. : УМК ВО, 1989. – 71 с.
3. Кириченко, І. Г. Наукові основи створення високоефективних землеройно-транспортних машин / І.Г. Кириченко, Л.В. Назаров, В.В. Нічке, В.Ф. Демішкан та ін. – Харків : ХНАДУ, 2003. – 585 с.
4. Дьяконов, В. Simulink 4 : Специальный справочник / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2002. – 528 с.
5. Дьяконов, В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем : Специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2002. – 448 с.
6. Концевич, В. Г. Твердотельное моделирование машиностроительных изделий в Autodesk Inventor / В.Г. Концевич. – К.–М. : ДиаСофтЮП, ДМК Пресс, 2007. – 672 с.
7. Бунаков, П. Ю. Технологии цифровых прототипов: Autodesk Inventor 2010 / П. Ю. Бунаков, А. В. Стариков. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 944 с.

УДК 622.23.24

Г.Н. КОВШОВ, докт. техн. наук, А.А. ЛУКАШУК, аспирант.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ

Постановка проблемы. Развитие направленного бурения, в частности большой объём строительства горизонтальных и наклонно-направленных скважин, обусловил увеличение количества и разнообразия используемых при проводке скважин телеметрических навигационных систем. В настоящее время бурение скважин используют в горной и нефтегазовой промышленности, строительстве, при прокладке коммуникаций [1].

При прокладке скважин с боковым стволом, важна оперативная геологическая и технологическая информация, получаемая непосредственно в процессе бурения. Одним из

основных условий наклонно-направленного бурения является возможность проследить траекторию скважины, получить информацию о комплексе угловых параметров пространственного положения бурового инструмента. От достоверности, точности и оперативности полученной информации зависит по какой траектории будет идти бурение дальше [8]. Таким образом при решении таких сложных задач необходимо иметь точные данные о положении забоя, которые определяют направление скважины и ориентацию бурового инструмента и передают полученные данные на поверхность в процессе бурения.

Основной материал. В данное время применяются разнообразные телеметрических систем для контроля забойных параметров [4, 5, 9]. Известны забойные системы с такими методами передачи данных, принцип работы, преимущества и недостатки приведены в таблице 1.

- с гидравлическим каналом связи;
- с проводным каналом связи;
- с акустическим каналом связи;
- с электромагнитный каналом связи;
- с комбинированным каналом связи;
- системы с автономными скважинными приборами.

Разработкой аппаратуры телеметрических забойных систем и устройств для измерения комплекса угловых параметров (зенитный, визирный и угол азимута) траектории нефтяных и газовых скважин – инклинометров занимается множество фирм, таких как: ОАО «Киевский завод «Геофизприбор», ООО «РИАЛОГ», ООО ИПФ «Сибнефтеавтоматика», ООО «ТомскНефтегазинжиниринг», ЗАО НПП "Самарские горизонты", ОАО НПП «Геофизика», ОАО НПП «ВНИИГИС», ООО НПП «АМК ГОРИЗОНТ», ООО«Нефтегазгеофизика», НПП «АЗИМУТ», ФГУП "Ижевский механический завод", ЗАО «Энергонефтемаш», ООО "Рудпромгеофизика", ООО "Геотехнологии", ЗАО "ЛИМАКО", ООО «АРКОН», ЗАО «НТ-КУРС», компании «Geolink», компания «VTI Technologies», компания «Analog Devices», фирма «HL-Planartechnik GmbH», компания «Seika Mikrosystemtechnik GmbH», компания "GEMAC", компания «FRABA POSITAL GmbH», компания «Weatherford International Ltd».

По методам измерений инклинометры делятся на две группы:

- инклинометры с магнитными устройствами измеряют магнитное поле земли, поэтому они должны находиться на достаточном удалении от бурильной колонны.

- инклинометры с гироскопическими устройствами измеряют направление в неподвижном положении относительно изначальной ориентации гироскопа, сохраняющейся за

счет использования карданной подвески. В скважинах, обсаженных металлическими трубами, измерение азимута и угла проводят гироскопическими инклинометрами [6].

Таблица 1.

Описание каналов связи в забойных телеметрических системах

Методы передачи данных	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Гидравлический канал связи	Передача данных осуществляется при помощи установленного клапан, который создает колебания давления, несущие информацию.	простота связи по сравнению с другими каналами, не нарушает технологические операции при бурении и не зависит от геологического разреза	низкая информативность, низкая скорости передачи данных, низкая помехоустойчивость, последовательность в передаче информации, необходимость в источнике электрической энергии, невозможность работы с продувкой воздухом и азрированными жидкостями.
Проводной канал связи	Передача данных осуществляется по геофизическому кабелю	максимально возможная информативность, быстродействие, многоканальность, помехоустойчивость, надежность связи; отсутствие забойного источника электрической энергии; двусторонняя связь;	кабель в бурильной колонне; временные затраты на прокладку; необходимость защиты кабеля от механических повреждений; невозможность вращения колонны.
Акустический канал связи	Для передачи данных используют звуковые колебания, распространяющиеся в скважине по промывочной жидкости, колонне бурильных труб или окружающей породе.	высокая информативность по сравнению с гидравлическим каналом связи.	низкая помехоустойчивость, затухание сигнала на больших глубинах
электромагнитный канал связи	Для передачи данных используют электромагнитные волны (токи растекания) между изолированным участком колонны бурильных труб и породой.	высокая информативность по сравнению с гидравлическим каналом связи.	дальность связи, зависящая от проводимости и перемежаемости горных пород, слабая помехоустойчивость, сложность установки антенны в труднодоступных местах.
комбинированный канал связи	Для используется осуществляется несколькими каналам	Безотказность работы, надежность, информативность	Значительное удорожание бурильной колонны

В большинстве случаев при проведении измерений необходимо использовать как магнитные, так и гироскопические инклинометрические устройства их характеристики приведены в таблице 2. У обоих типов устройств есть свои преимущества и свои ограничения. Поэтому при планировании инклинометрических исследований необходимо учитывать особенности каждого типа, что позволит получить наиболее точные результаты при наименьших затратах [2].

Таблица 2.

Технические характеристики инклинометров

Тип прибора	Зенитный угол		Угол азимута 0-360°		Тип датчика азимута	Диаметр скважинного прибора, мм	Рабочий диапазон температур, °С	Максимальное давление, МПа
	Диапазон измерения, градус	Погрешность градус	В диапазоне зенитных углов, градус	Погрешность, градус				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
МИНК 42 - 100/50	0-120	±0,25	0,5 0,5-1 1-3 3-7 7-120	±30,0 ±17,0 ±10,0 ±3,0 ±0,5	М	42	-10 ...+100	50
«КУРС – 30»	0-180	±(0,3-0,4)	0-180	±(1,5-2,0)	М	30	до +120	50
«КУРС – 50»	0-180	±(0,3-0,4)	0-180	±(1,5-2,0)	М	50	до +120	90
«КУРС – 36»	0-180	±(0,3-0,4)	0-180	±(1,5-2,0)	М	36	до +120	60
«КУРС – D»	0-180	±0,15	0-180	±1,0	М	50	до +120	70
«КУРС – DM»	0-180	±0,15	0-180	±1,0	М	50	до +85	70
ИММН 60- 120/60	0-180	±0,2	1-3 3-6 6-120	±5,0 ±2,0 ±1,5	М	60	-10 ...+125	100
ИММН 36- 120/40	0-180	±		±	М			
ИОН-1	0-180	±0,25	0,5-1 1-2 2-3 3-7 7-120	±60,0 ±30,0 ±10,0 ±3,0 ±1,5	М	73	-10 ...+120	80
ИОН-3	0-180	±0,25	0,5-1 1-2 2-3 3-7 7-120	±60,0 ±30,0 ±10,0 ±3,0 ±1,5	М	73	-10 ...+120	80

Продолжение табл. 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИМНК - 36	0-120	±0,2	3-7 7-120	±(0,25-1,5) ±1,5	М	36	-40 ...+105	60
НИКА- 108	0-180	±0,2		±2,0	М	102	-40 ...+125	100
ИММН 42- 120/80	0-180	±0,15	0-180	±1,5	М	42	до +120	80
ИММН- 73- 180/100	0-180	±0,1	0-180	±2	М	73	до +180	100
ИГМ 42- 85(100)/ 60	0-180	±0,25	0-70 70-180	±2,0 ±3,0	Г	42	до +85	60
ИГМ 73- 100(120) /60	0-180	±0,1	0-70 70-180	±1,0 ±2,0	Г	73	до +100	60
«Гиро- курс- ор»	0-180	±0,3	0-180	±1,5	Г	50	до +85	70
ИМНК - 36	0-120	±0,2	3-7 7-120	±(0,25-1,5) ±1,5	М	36	ИМНК - 36	0-120
ИГН 73- 100/80	0-70	±0,3	0-20 20-45 45-70	±0,1 ±0,2 ±0,3	Г	73	до +100	80
ИГМН- 45- 100/80	0-180	±0,1	0-180	±2,0	Г	45	до +100	80
ИГМН- 73- 100/100	0-180	±0,1	0-180	±2,0	Г	73	до +120	100
ИГМН- 89- 180/120	0-180	±0,1	0-180	±2,0	Г	89	до +180	120
МИГ-42	0-180	±0,2	0-180	±1,5	Г	42	до +85	60

Примечание: М-магнитометрический, Г - гироскопический

Из многочисленных конструкций инклинометров, широко применяются инклинометры магнитометрические. Существенным недостатком этих приборов является то, что они не предназначены для использования в обсаженных скважинах и в тех случаях, когда поблизости находятся источники сильных помех [6].

В магнитометрических инклинометрах типа ИОК-42 в качестве первичного преобразователя используются магнитные стрелки. Приборы такого типа основаны на геометрическом принципе построения опорных направлений, при котором магнитная стрелка в

плоскость магнитного меридиана за счет сил ее взаимодействия с магнитным полем Земли. Существенным недостатком датчиков с магнитной стрелкой является их невысокая точность, что вызывается ее вынужденными колебаниями при движении скважинного прибора, а также моментами сопротивления в опорах подвеса и в устройстве съема информации [3].

Большинство фирм производят инклинометры типа ИОН-1, ИОН-3, ИФМ-А, НИКА-108, ИММН 60-120/60, ИММН 36-100/40, ИМММ 73-120/60 на основе трех ортогонально расположенных в теле скважинного снаряда акселерометров и феррозондов.

Схематическое изображение трехкомпонентного магнитометрического инклинометра представлено на рис. 1, сконструированного на основе жестко закрепленных феррозондов и акселерометров [6].

Магниточувствительные элементы (феррозонды) закреплены неподвижно в скважинном снаряде 4, образуя с осями чувствительности трехгранник взаимно-перпендикулярных осей. Первый феррозонд продольной осью катушки направлен по оси OX_3 , второй - по оси OY_3 , третий - по оси OZ_3 . Репер осей $R_3 (OX_3, OY_3, OZ_3)$ связан со скважинным снарядом. Три линейных акселерометра 5, 6, 7 осями чувствительности также направлены параллельно осям репера $R_3 (OX_3, OY_3, OZ_3)$. Первый акселерометр направлен по оси OX_3 , второй - по оси OY_3 , третий - по оси OZ_3 .

Особенность магнитометрических инклинометров заключается в следующем:

- регистрации параметров с точки забоя наклонно-направленных, горизонтальных и вертикальных скважин при непрерывном движении прибора по стволу со скоростью;
- обладает высокой виброустойчивостью и удароустойчивостью;
- обеспечивает измерение азимута от 0 до 360 с основной погрешностью до $\pm 0,5^\circ$.

Опыт разработки и практического применения инклинометров с магнитными устройствами подтвердил эффективность такой компоновки, обеспечивающей высокую надежность, повышенные метрологические показатели и возможностью создания скважинных приборов малого диаметра, которые будут обладать высокой виброустойчивостью и ударопрочностью.

Принцип работы инклинометров с гироскопическими устройствами основан на свойстве гироскопа (устройства, маховик которого быстро вращается от специального электромотора) сохранять неизменной в пространстве ось вращения. Показания инклинометра выдают географический азимут, т.е. угол относительно направления на географический полюс Земли. Независимость показаний гироскопических инклинометров от напряженности магнитного поля Земли позволяет измерять азимут скважины вблизи буровых труб и внутри ста-

льных обсадных колонн, например, при зарезке боковых стволов из эксплуатационных колонн или при кустовом бурении с морских платформ, т.е. в тех случаях, когда погрешность измерения азимута становится недопустимо высокой. Недостатком данных приборов является высокая чувствительность к вибрациям и ударам, невозможность использования в процессе бурения, высокая стоимость [10].

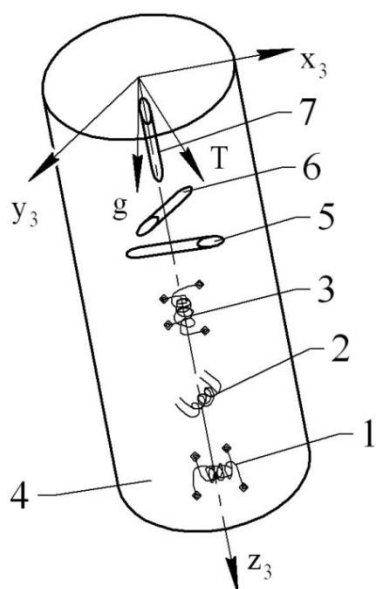


Рис. 1. Схематическое изображение трехкомпонентного магнитометрического инклинометра: 1, 2, 3 - магниточувствительные элементы (феррозонды); 4 - корпус скважинного снаряда; 5, 6, 7 - акселерометр, \vec{T} , \vec{g} - векторы магнитного поля Земли и ускорения свободного падения.

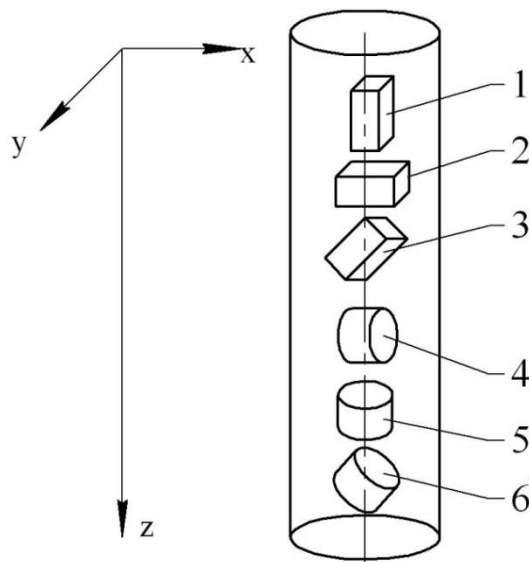


Рис. 2. Структурная схема гироскопического инклинометра: 1, 2, 3 - датчики угловой скорости; 4, 5, 6 - акселерометр.

Гироскопический инклинометр включает три ДУСа 1,2,3 и три акселерометра 4,5,6, построенных по компенсационному принципу измерения, с использованием упругого подвеса чувствительного элемента. Измерительные оси ДУСов и акселерометров образуют взаимноортогональные тетраэдры, причем ось одного из ДУСов коллинеарна продольной оси инклинометра, а измерительные оси акселерометров коллинеарны соответствующим измерительным осям ДУСов [7].

Инклинометры с гироскопическими устройствами обладают особенностями:

- при бурении вертикальных участков скважин устойчиво определяют азимут наклона оси скважины, начиная с зенитного угла $0,3^\circ$, что обеспечивает безопасность бурения при высокой плотности расположения скважин;
- измерение азимута наклона обеспечивается с погрешностью $0,1^\circ$;
- обеспечивают контроль проводки горизонтальных скважин и не имеют ограничений по диапазону зенитного угла, азимута, угла отклонителя, по времени работы в скважине.

Выводы. Анализ существующего рынка измерительных средств показывает, что наиболее широко применяются забойные системы с электромагнитным и гидравлическим каналом связи, но они имеют низкую информативность, скорость передачи данных, помехоустойчивость и имеют ограничения в условиях эксплуатации. Учитывая недостатки таких каналов связи, необходимо повышать их точность и скорость передачи данных, а также разрабатывать новые каналы. Это обусловлено разнообразными горно-геологическими технико-технологическими условиями прокладки скважин. Представляет интерес возможность использования комбинированного канала связи.

В последние годы наметилась тенденция к ужесточению требований, предъявляемых к инклинометрической аппаратуре, и в первую очередь по точности контроля параметров пространственной ориентации. Таким образом, можно сделать вывод, что особое внимание уделяют разработкам магнитометрических инклинометров на основе трехкомпонентных преобразователей с акселерометрическими и феррозондовыми датчиками. В связи с этим ведутся работы отечественными и зарубежными фирмами по улучшению технических и метрологических характеристик магнитометрических инклинометров. Основными не изученными источниками погрешностей измерений, этих датчиков являются нелинейность статических характеристик и температурный дрейф первичных преобразователей, высокие вибрации и нагрузки, а также магнитные помехи вызванные обсаженной скважиной или бурильной колонной. Устранение этих погрешностей устраняется конструктивными методами и алгоритмической компенсацией.

Для повышения экономической эффективности строительства новых скважин, необходимо разработать высокоэффективные, надежные и точные магнитометрические инклинометры, которые обеспечат работу в условиях воздействия повышенных температур до $+200^{\circ}\text{C}$, высоких вибрационных и ударных перегрузок в диапазоне от $10 \div 60$ крат. При этом основная погрешность измерения по зенитному углу не должна превышать $\pm 0,10$ в диапазоне $0 \div 1800$ и $\pm 1,20$ в азимуте и по визирному углу в диапазоне $0 \div 3600$. К тому же указанная точность должна обеспечиваться приборами малых размеров ($30 \dots 38$ мм).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарейшин З. Г. Совершенствование метрологического обеспечения инклинометрии нефтегазовых скважин: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : 25.00.10 / З. Г. Гарейшин. – Уфа, 2006. – 24 с.
2. Гарейшин З. Г. Концептуальные вопросы компоновки метрологических установок пространственной ориентации скважинной инклинометрической аппаратуры // Нефтегазовое дело. Электронный научный журнал. <http://www.ogbus.ru> – 2006 – №2.
3. Исаченко В.Х. Инклинометрия скважин. – М.: Недра, 1987. – 216 с.

4. Григашкин Г., Кульчицкий В., Григашкина Е. Забойная телеметрическая система с электромагнитным каналом связи типа ЗТС (172м) для морского бурения скважин // Бурение и нефть. – 2005. – №10. – С. 39-41.
5. Каталог продукции НПП «Самарские горизонты» - <http://www.sagor.ru/files/catalog>.
6. Ковшов Г.Н. Инклинометры (Основы теории и проектирования) / Г.Н.Ковшов, Р.И. Алимбеков, А.В. Жибер – Уфа: Гилем, 1998. – 380 с.
7. Ковшов Г.Н. Приборы контроля пространственной ориентации скважин при бурении / Г.Н. Ковшов, Г.Ю. Коловертнов – Уфа: Издательство УГНТУ, 2001. – 228 с.
8. Перелыгин В.Т., Даниленко В.Н., Лысенков А.И., Кнеллер Л.Е., Чупров В.П. Сопровождение проводки и каротаж наклонно направленных и горизонтальных скважин // Каротажник. – 2007. – №12. – С. 44 – 46.
9. Ропяной А.Ю., Скобло В.З. Измерительный навигационный комплекс "КУРС" // Вестник Ассоциации Буровых Подрядчиков – 2002. - № 3. – С. 37-45.
- 10.Хамитов Р.А., Антонов К.В., Лобанков В.М., Гарейшин З.Г., Коровин В.М.. Метрологическое обеспечение измерений при геологическом изучении недр Башкортостана // Материалы IV Республиканской геологической конференции «Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий», Уфа — 2001. С. 15-20.

УДК 621.879.3

В. А. ПЕНЧУК, докт. техн. наук., В. Ю. КОЧЕРГА, магистр.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ С РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДРАГЛАЙН

Постановка проблемы. В ближайшие десятилетия, как в Украине, так и в других странах необходимо будет выполнить значительный объём работ по очистке рек и водоёмов. Особенно остро эта проблема касается Донбасского региона, поскольку из более чем 1 тыс. прудов и разветвленной сети рек с суммарным стоком воды из них, превышающим 1 млн. м³ в сутки, подавляющее их число, из-за значительного загрязнения и засоления, непригодны как для водоснабжения, так и для орошения [1]. Наиболее простым и недоро-