

УДК 460.578

В.С. Степной

## Безгенераторный способ передачи данных забойной телеметрии

Предложен способ передачи данных об углах бурения скважин с забоя на поверхность во время бурения скважин, бурящихся на нефть и газ. Приведены используемые в настоящее время способы передачи данных, указаны недостатки и достоинства каждого из них. Предложен способ передачи данных с использованием наземного генератора. Проведен предварительный расчет, показана принципиальная возможность использования предложенного способа.

**Ключевые слова:** забойная телесистема, передача данных с забоя, электромагнитный канал.

**Введение.** Советский период ознаменован разработкой месторождений-гигантов. Траектория скважины контролировалась приборами, опускаемыми в скважину на кабеле, в перерывах между бурениями. С 1990-х годов эпоха месторождений-гигантов пошла на спад, пришлось разбуривать маломощные пласты (до 1 м). Вот, что пишут специалисты ВНИИБТ по этому поводу. За последние 20 лет средние российские запасы новых нефтяных и газовых месторождений уменьшились в 4 раза, доля крупных месторождений среды вновь открытых снизилась с 15 до 10%, значительно ухудшились коллекторские свойства продуктивных горизонтов и качественный состав насыщающих их флюидов.

В большинстве регионов ресурсы нефти и газа до глубины 2500–3000 м уже разведаны и многие из них давно эксплуатируются. Высокая выработанность запасов является неизбежным следствием обводненности углеводородной продукции и снижением дебитов скважин. Именно поэтому применение традиционных для нас технологий не только снижает конкурентоспособность отечественной экономики, но и лишает будущие поколения воспользоваться запасами этого ценнейшего сырья [1].

В этот же период широкое распространение получила технология бурения горизонтальных скважин. Возрос объем разбуривания боковых стволов из скважин «старого фонда». Использование забойных телесистем позволило повысить скорость и качество проводки скважин.

**Постановка задачи.** При бурении скважин горная порода разрушается вращением прижатого к забою породоразрушающего инструмента (бурового долота). Инструмент доставляется на забой колонной бурильных труб. Забой скважин обычно очищается от разбуренной породы потоком непрерывно циркулирующей промывочной жидкости. Промывочная жидкость нагнетается через буровую трубу, а с забоя, вместе с частицами разбуренной породы, поднимается в пространстве между буровой трубой и стенками скважины. Ствол скважины пересекает геологические пласты горных пород, поровое пространство которых заполнено минерализованной водой или нефтью.

Забойная телесистема включает датчики зенитного и азимутального углов наклона, модуль управления и устройство для передачи данных. Оборудование телесистемы входит в состав бурильной компоновки над долотом. Наземное оборудование состоит из устройства приёма данных, предварительной их обработки и передачи в компьютер.

Есть несколько способов передачи данных телесистемой на поверхность:

- по проводному каналу связи (по кабелю);
- по импульсам давления (связь в виде импульсов давления по столбу промывочной жидкости);
- по гидроканалу;
- по электромагнитным каналам связи по породе и колонне бурильных труб;
- по акустическим системам (распространение акустических колебаний по промывочной жидкости или колонне бурильных труб).

В России широкое распространение получили телесистемы с электромагнитным каналом связи. Для передачи данных по электромагнитному каналу связи в состав забойной телесистемы включают диэлектрический разделитель и источник электрической энергии. Диэлектрический разделитель необходим для создания диполя. Изолированный отрезок диполя может достигать размеров порядка 20 м. Передача данных осуществляется путём подключения к диполю положительных или отрицательных полярностей напряжения источника с частотой 5–10 Гц. По данным научно-производственного предприятия «Самарские горизонты», генераторы SG 072 при расходе бурового раствора от 25 до 60 л/с имеют частоту вращения от 400 до 2500 об/мин и развивают мощность от 122 до 1555 Вт [2].

В качестве источника энергии используются химические источники или турбогенераторы. Однако химические источники энергии дороги, требуют периодической перезарядки (для аккумуляторов) или замены (для батарей), механические источники так же дороги, но они ненадёжны в работе.

В общем случае любой источник энергии на забое требует больших затрат на её пополнение или обеспечение.

Для экономии ресурса турбогенераторов используются на глубинах до 700–1000 м химические источники, однако это не решает проблему в принципе, лишь позволяет продлить срок службы турбогенераторов.

**Предлагаемый способ передачи данных.** Идея предложения, описанная в патенте «Способ приёма/передачи геофизической информации во время бурения по беспроводному электромагнитному каналу связи с забоя на дневную поверхность» [3], сводится к переносу источника энергии с забоя на поверхность.

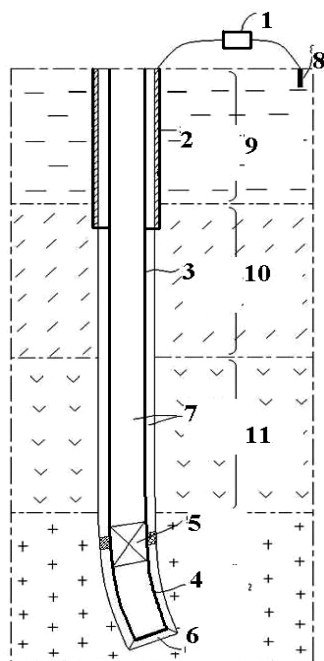


Рис. 1. Схема передачи данных

На рис. 1 изображен ствол скважины, пересекающий пласты 9–12. В стволе скважины находится колонна бурильных труб 3, с изолированным от колонны труб отрезком 4.

Алгоритм работы следующий:

На поверхности, с помощью генератора 1, подключенного одним полюсом к устью скважины, обсаженной кондуктором 2, а другим полюсом к заземлению 8, расположенному на некотором удалении от устья, генерируется электромагнитное поле.

Электромагнитное поле распространяется по окружающей скважину породе, достигает призабойной зоны и создаёт разность потенциалов между колонной бурильных труб 3 и изолированной её части 4.

Приёмопередатчик 5 подключен к нижнему концу бурильных труб 3 и к изолированной её части 4. Для передачи сообщения с забоя, синхронно с частотой наземного генератора, замыкаются или размыкаются части 3 и 4 колонны бурильных труб.

Для передачи сообщения с наземной поверхностью в призабойную зону сигнал генератора 1 кодируется.

Использование наземного генератора повышает надёжность и долговечность способа с упрощением и удешевлением процесса бурения.

**Оценка работоспособности метода.** Нефтяные и газовые месторождения расположены обычно на глубинах от 2000 до 3000 м, реже до 5000 м и выше.

По мере углубления скважины пульсации тока, вызванные коммутацией диполя, будут убывать за счёт шунтирующего влияния колонны бурильных труб. Низкоомные пласты, расположенные между устьем и забоем, также будут способствовать дополнительной утечке тока на буровую трубу.

Устье скважины является зоной, где работает персонал, поэтому шаговое напряжение, создаваемое работающим генератором, должно быть безопасно для рабочих.

Для теоретических расчетов может быть применена формула определения сопротивления цилиндрического заземления электрода 4. Согласно [4] сопротивление цилиндрического заземления определяется как

$$R_3 = 0,367 \left( \frac{\rho}{L_3} \right) \lg \left( \frac{2L_3}{d_3} \right), \quad (1)$$

где  $\rho$  – удельная проводимость породы;  $L_3$  – длина цилиндрического заземления;  $d_3$  – диаметр цилиндрического заземления.

Удельное сопротивление разбуриваемых пластов в скважине может меняться в широких пределах [4]: глины – 0,8–30 Ом·м; песчаники – 20–5000 Ом·м; известняки – 2000–5000 Ом·м.

Для приближённого расчета зададимся средней величиной удельного сопротивления однородной среды, равным 20 Ом·м.

Взяв диаметр бурильной трубы, равным 73 мм, длину диполя 20 м и длину колонны бурильных труб 3000 м, рассчитаем величину сопротивления заземления колонны бурильных труб.

Сопротивление заземления колонны бурильных труб

$$R_{6т} = 0,367 \left( \frac{20}{3000} \right) \lg \left( \frac{2 \cdot 3000}{0,073} \right) = 0,0024 = 0,012 \text{ Ом},$$

А сопротивление заземления колонны бурильных труб с подключенным изолированным отрезком диполя

$$R_{д} = 0,367 \left( \frac{20}{3020} \right) \lg \left( \frac{2 \cdot 3020}{0,073} \right) = 0,011 \text{ Ом}.$$

Полученные данные показывают, что коммутация диполя приводит к изменению величины сопротивления заземления на 0,001 Ом, следовательно, если задавать ток генератора, равный 1000 мА, то величина пульсаций тока будет равна 1 мА.

Рассчитаем сопротивление заземления  $R_{ш}$  отрезка колонны бурильных труб, находящегося в пласте с удельным сопротивлением 1 Ом и мощностью 10 м:

$$R_{ш} = 0,367 \left( \frac{1}{10} \right) \lg \left( \frac{2 \cdot 10}{0,073} \right) = 0,089 \text{ Ом}.$$

Так же рассчитаем сопротивление заземления  $R_{и}$  отрезка колонны бурильных труб, находящегося в пласте с удельным сопротивлением 5000 Ом·м и мощностью 10 м:

$$R_{и} = 0,367 \left( \frac{5000}{10} \right) \lg \left( \frac{2 \cdot 10}{0,073} \right) = 447,3 \text{ Ом}.$$

**Выводы.** Приведённые расчеты показывают, что низкоомные пласты оказывают шунтирующее воздействие и могут ухудшить качество и дальность связи. Однако если будут получены положительные результаты до глубин 500–700 м, такой способ передачи данных может быть использован на практике.

Для экспериментальных исследований необходимо иметь источник переменного напряжения до 40 В, мощностью не менее 400 Вт. Частота переменного напряжения – от 1 до 1000 Гц.

Для измерения пульсаций тока необходим измерительный шунт, АЦП и устройство ввода данных в компьютер. АЦП должен иметь разрядность не менее 24 и скорость преобразования не менее 10 кГц.

Необходимо предусмотреть возможность фильтрации промышленных помех.

Целью эксперимента является снятие зависимости сопротивления заземления от глубины погружения бурильных труб. Интерес представляет получить зависимость для разных частот генератора.

#### Литература

1. Мессер А. Перспективные технологии бурения скважин / А. Мессер, А. Повалихин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://top-drive.ru/ru-articles-03.html>, свободный (дата обращения: 24.11.2010).
2. Генераторы питания скважинной аппаратуры научно-производственного предприятия «Самарские горизонты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sagor.ru/equipment/geo/generators.htm>, свободный (дата обращения: 24.11.2010).
3. Пат. 2273732 РФ, МПК E21H47/12. Способ приёма/передачи геофизической информации во время бурения по беспроводному электромагнитному каналу связи с забоя на дневную поверхность / В.С. Степной; заявитель и патентообладатель В.С. Степной. – № 2004115313/03; завл. 21.05.2004; опублик. 10.04.2006. – Бюл. – №10. – 8 с.
4. Дахнов В.Н. Промысловая геофизика. – М.: Недра, 1958. – 692 с.

---

#### Степной Виктор Серафимович

Зав. лаб. каф. ТОР ТУСУРа  
Тел.: 8 (382-2) 41-33-98  
Эл. адрес: StepnoyVS@tor.tusur.ru

Stepnoy V.S.

#### A method for downhole telemetry data transmission without generator

A method of data transmission (from bottomhole to surface) on the drilling angles during oil and gas wells drilling. The present methods for data transmission are considered. The advantages and drawbacks of the methods are analyzed. New method for data transmission with using ground-based generator is suggested. As a result of preliminary calculations, the possibility of the suggested method using is shown.

**Keywords:** downhole telemetry system, data transmission from bottomhole, electromagnetic channel.