

**РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА  
ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО КАНАЛА СВЯЗИ  
И ТРОИЧНОГО КОДИРОВАНИЯ**

*Чекалов Арсений Юрьевич, Календарова Лейли Рустамовна*  
АНОО ВО «Сколковский институт науки и технологий»  
*aychekalov@gmail.com*

В нефтегазовой индустрии измерения в процессе бурения стали неотъемлемой частью бурового процесса. Большинство сервисных компаний оказывают данную услугу, однако скорость передачи данных с забоя скважин не удовлетворяет современному уровню развития современной отрасли. Какие решения предлагают российские ученые. Одним из первостепенных ориентиров для решения целей, поставленных перед нефтегазовой отраслью, является совершенствование технологии бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин в сложных геологических условиях.

На сегодняшний день производительное управление процессом бурения скважин невозможно без оперативного контроля забойных параметров, описывающих протекание технологического процесса бурения. Исследование и разработка канала связи между забоем и устьем скважины имеет большое значение, потому что на данный момент не существует канала связи, обеспечивающего надежную передачу сигнала в процессе бурения сверхглубоких скважин [1].

Для решения поставленной задачи предлагается разработка аппаратного комплекса с использованием комбинированного канала связи и акустического кодирования. Комбинирование каналов связи происходит следующим образом: скважина разделяется на два участка разной длины, на более глубоком участке информация передается по гидравлическому каналу связи, ближе к устью по акустическому. Использование комбинированного канала связи позволит уменьшить число помех, предотвратить затухание сигнала и увеличить надежность передачи данных [2]. Также облегчаются условия прием сигнала на выходе канала.

На участке с гидравлическим каналом связи для передачи информации используется технология троичного кодирования. Троичное кодирование на 59 % экономнее десятичного и на 5,4 % – двоичного, при этом для представления чисел с одинаковой точностью троичных разрядов требуется в 2,10 раза больше, чем десятичных, и в 1,58 раза меньше, чем двоичных. Троичное кодирование реализуется на гидравлическом канале связи за счет установки двух систем-пульсаторов вместо одного. В настоящее время кодирование гидравлического сигнала осуществляется бинарно вращением пульсатора, представленного системой «ротор-статор», в которой закрытое положение фиксируется, как «0», а открытое – как «1». В предложенной системе добавляется

еще один пульсатор, который монтируется в стенку бурильной трубы и перепускает часть жидкости в затрубное пространство. Это позволяет использовать для передачи данных троичное кодирование, расширить канал передачи данных и увеличить их объем.

Для реализации задачи передачи информации разработан прибор для системы Measurement While Drilling/Logging While Drilling – телеметрии.

Основные технические характеристики разработки:

1. Скорость передачи данных до 7,5 бит/с, достигаемая за счет использования технологии троичного кодирования.

2. В системе установлены несколько ретрансляторов акустического сигнала для препятствия затуханию сигнала.

3. Используются три положения системы передачи информации, позволяющие передавать сигнал в виде троичного кода [3].

4. Компоненты в стандартной конфигурации разрабатываемого аппаратного комплекса работают при температуре до 150 градусов Цельсия.

5. Разработанный аппаратный комплекс эффективен при бурении скважин на глубине более 7000 м.

Описываемый аппаратный комплекс доказал свою эффективность на сконструированной лабораторной модели. Разработка успешно формирует гидравлический сигнал, преобразует его в звуковую волну и передает на приемник по акустическому каналу связи. Проведенные исследования показали увеличение скорости передачи данных, что подтверждает эффективность разработки.

### *Литература*

1. Cooper P., Santos L. S. B. et al (2015) New mud pulse telemetry system delivers improved drilling dynamics and formation evaluation data. In: SPE Russian petroleum technology conference. Society of petroleum engineers.

2. Neff J. M., Camwell P. L. et al (2007) Field test results of an acoustic telemetry MWD system. In: SPE/IADC drilling conference. Society of petroleum engineers.

3. Cooper P., Santos L. S. B. et al (2015) New mud pulse telemetry system delivers improved drilling dynamics and formation evaluation data. In: SPE Russian petroleum technology conference. Society of petroleum engineers.