

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ

*К.Г.Налимов, инженер-программист, Компания «СИАМ»,  
В.Е.Семенчук, ведущий программист, Компания «СИАМ».*

Современная техника эхометрирования скважин в настоящее время вплотную подошла к потенциально возможному значению отношения сигнал/шум для моноимпульсных методов зондирования. Это определяет тот факт, что в условиях интенсификации добычи нефти современные эхолоты часто не дают верных оценок уровня жидкости в условно глубоких механизированных скважинах, так как энергия отраженного сигнала меньше или сравнима с энергией шумов за время длительности отраженного сигнала.

Отношение сигнал/шум, которое используется для систем дистанционного зондирования, представляет собой отношение мгновенной пиковой мощности принятого сигнала к мощности шума [1].

При эхометрировании некоторой скважины при условии, что шум в межтрубном пространстве (МП) этой скважины является белым гауссовым шумом, потенциально достижимое отношение сигнал/шум определяется следующей формулой:

$$\left( \frac{S}{N} \right)_{\max} \cong \frac{\Delta p^2}{N_0 \Delta f}$$

где  $\Delta p$  - перепад давления при формировании зондирующего сигнала,  $N_0$  - спектральная плотность мощности шума,  $\Delta f$  - эффективная полоса пропускания измерительного тракта.

Эхолот проектируют так, чтобы эффективная полоса пропускания его измерительного тракта совпадала с эффективной частотной полосой отраженного сигнала. Если отраженный сигнал является простым сигналом, то эффективная полоса такого сигнала обратно пропорциональна его длительности  $T$  [2]:

С учетом этого формула (1) принимает вид:

$$\left( \frac{S}{N} \right)_{\max} \cong \frac{\Delta p^2 T}{N_0}$$

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ**

Формула (2) демонстрирует, что при моноимпульсном зондировании повышать отношение сигнал/шум можно двумя путями: 1) повышением перепада давления при формировании зондирующего сигнала и 2) увеличением длительности зондирующего сигнала.

Если устройство генерации и приема (УГП) используется без газобаллонного оборудования, то перепад давления определяется давлением в МП и атмосферным давлением. В этом случае первый путь увеличения отношения (2) на конкретной скважине не осуществим. Применение газобаллонного оборудования наиболее эффективно, когда в МП давление равно атмосферному (или даже ниже атмосферного). При низких давлениях в МП применение газобаллонного оборудования дает наибольшую величину  $p$ . На скважинах с высоким давлением в МП и с высоким уровнем шумов применение газобаллонного оборудования может оказаться мало эффективным из-за ограниченной величины давления в баллоне.

Увеличение длительности зондирующего сигнала является, очевидно, наиболее продуктивным способом увеличения отношения (2) по следующим причинам: 1) этот способ не зависит от условий эксплуатации конкретной скважины (давление, уровень шумов в МП, наличие газобаллонного оборудования), 2) этот способ технически легко реализуем.

Однако увеличение длительности зондирующего сигнала ведет к ухудшению точности измерения временной задержки. Обнаружение протяженного импульса связано с большим временем интегрирования. Это время интегрирования является областью неопределенности в установлении величины задержки. Увеличенная область неопределенности снижает точность измерения уровня жидкости.

Выражение (2) не накладывает ограничений на форму зондирующего сигнала [1]. Поэтому использование протяженного сложного сигнала (с каким-либо видом внутриимпульсной модуляции) и его последующая оптимальная фильтрация дадут высокое значение отношения сигнал/шум при сохранении необходимой точности измерения временной задержки.

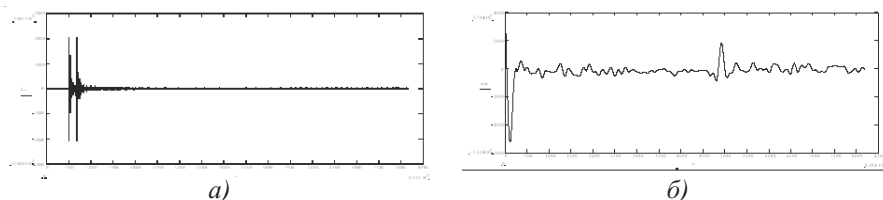
В Компании «СИАМ» ведутся исследования в области применения шумоподобных сигналов в качестве зондирующих сигналов при эхометрировании. Шумоподобный сигнал – это сигнал, обладающий дельта-образной функцией автокорреляции. Такие сигналы позволяют существенно увеличить отношение сигнал/шум в МП, среда которого не позволяет передавать сигнал с пиковой мощностью выше некоторой величины. У шумоподобных сигналов энергия распределена на относительно протяженном временном промежутке. Посредством согласованной фильтрации эту энергию удастся сконцентрировать на меньшем временном интервале, за счет чего мощность сигнала существенно возрастает.

В ходе указанных исследований были проведены промысловые испытания эхометрирования с использованием шумоподобных сигналов. Цель этих испытаний заключалась в экспериментальном подтверждении увеличения отношения сигнал/шум при использовании шумоподобных зондирующих сигналов по сравнению с зондированием на основе одиночного импульса. Испытания прошли на действующих нефтяных добывающих скважинах Советского месторождения (г.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ**

Стрежевой) в период с 14.02.05 по 18.02.05. Испытания были проведены на мобильном диагностическом комплексе «Сиамастер-2СИ»[3], оснащённом «УГП автомат 2» и соответствующим программным обеспечением. Число обследованных скважин 14, количество проведенных измерений 189. Давление в обследованных скважинах было в диапазоне от 5 до 14.5 атм. Все скважины, на которых проводились измерения, были оборудованы ЭЦН. Проведенные измерения продемонстрировали существенное увеличения отношения сигнал/шум при определении уровня жидкости.

Так на рис. 1 приведены результаты эхометрирования одной из скважин. Уровень жидкости в МП 1300 м, давление 9 атм. На рис. 1, а представлена эхограмма зондирования одиночным импульсом, а на рис. 1, б - шумоподобным сигналом с оптимальной фильтрацией.



*Рис. 1. Эхограмма, полученная зондированием одиночным импульсом (а), и эхограмма, полученная зондированием шумоподобным импульсом с последующей обработкой (б)*

В этом случае отношение сигнал/шум при зондировании шумоподобным сигналом существенно увеличилось по сравнению с зондированием одиночным импульсом.

Промысловые испытания эхометрирования с помощью шумоподобных сигналов показывают перспективность этого метода измерения уровня жидкости в «проблемных» скважинах (то есть в скважинах с повышенным шумом, с низким давлением, в глубоких скважинах).

**Литература**

1. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. М.: Советское радио, 1971. 568 с.
  2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы, 1983. 536 с.
- Сиамастер 2 - «ЦНИПР на колесах». Нефтяное хозяйство. 2001. № 5. с. 76.