

# **O1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ОТ ЗАБОЯ СКВАЖИНЫ**

П.Н. Александров  
( ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Троицк)

## **O1 USING NOISE-LIKE SIGNALS TO PASS INFORMATION FROM DOWNHOLE**

P.N. Alexandrov(IGEMI IPE RAS, Troitsk)

**Аннотация.** В процессе бурения скважин необходимо передать информацию в реальном режиме времени от забоя скважины к устью. Для этого используются электромагнитный, акустический и гидродинамический каналы. В основном, в настоящее время, передача информации осуществляется по последовательному принципу – биты информации следуют один за другим во времени в виде отдельных импульсов. На эти сигналы в процессе работы бурового оборудования накладываются помехи. Помехоустойчивость данного способа передачи информации зависит от успешности выделения полезного сигнала на фоне значительных помех.

Рассматривается возможность использования шумоподобных сигналов для передачи информации по каналу связи, осложненного помехой. Важным требованием для успешного выделения сигнала является его некоррелированность с помехой. Таким сигналом является некоторая реализации случайного процесса.

**Abstract.** In the process of drilling, information must be transmitted in real time from the borehole bottom to the mouth. Electromagnetic, acoustic and hydrodynamic channels are used for this purpose. Basically, at present, information transfer is transmitted serially - the bits follow one another in time in the form of individual pulses. As the drilling equipment works, these signals are jammed with noise. The noise resistance of this information transmission mode depends on successful separation of useful signal from considerable noise.

We are considering the possibility of using noise-like signals for transmission over a noisy communication channel. An important requirement for the successful separation of the signal is no correlation with the noise. This signal is some realization of a random process.

Каждый бит будем описывать с помощью отдельной реализации случайного процесса конечной длины. В этом случае максимум функции взаимной корреляции отдельных реализаций будет по амплитуде меньше, чем максимум автокорреляционной функции. Это обстоятельство и

позволит в дальнейшем выделять из суммарного сигнала отдельные биты информации.

Пусть байт информации (слово) состоит из  $N$  бит. Каждому биту информации  $i$  припишем отдельную реализацию случайного процесса длиной  $T_b$ :  $f_i = f_i(t)$ . При этом положим, что если некоторый бит слова равен нулю, то реализация для данного бита равна нулю  $f_i(t) = 0$ . Проведем

суммирование этих сигналов:  $F(t) = \sum_{i=1}^N f_i(t)$ . Этот суммарный сигнал проходит канал связи с переходной характеристикой  $G(t)$ . Рассматривая его в виде модели черного ящика, сигнал в приемнике  $S(t)$  будет связан с сигналом от забоя скважин соотношением (интеграл Дюамеля):

$$S(t) = \int_0^t G(t-\tau)F(\tau)d\tau = \int_0^t G(\tau)F(t-\tau)d\tau.$$

Для получения информации о бите с номером  $j$ ,  $j = \overline{1, N}$ , найдем функцию взаимной корреляции  $S(t)$  с реализацией  $f_j(t)$ . В идеальном случае получим:

$$\begin{aligned} b_j(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} S(\tau) f_j(t+\tau) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\tau} G(\tau') F(\tau-\tau') d\tau' f_j(t+\tau) d\tau = \\ &= \int_0^{\tau} G(\tau') \int_{-\infty}^{\infty} F(\tau-\tau') f_j(t+\tau) d\tau d\tau' = \int_0^{\tau} G(\tau') \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{i=1}^N f_i(\tau-\tau') f_j(t+\tau) d\tau d\tau' \approx \\ &= \int_0^{\tau} G(\tau') \delta_{ij}(t-\tau') d\tau' = \begin{cases} G(t), i = j \\ 0, i \neq j \end{cases} \end{aligned}$$

Из этих соотношений следует, что в случае отличной от нуля реализации для данного бита, функция взаимной корреляции будет равна переходной характеристики канала. В противном случае функция взаимной корреляции будет равна нулю или значительно отличаться от переходной характеристики канала связи.

Вычислительный пример. Пусть слово состоит из 32 бит,  $N = 32$ . Например, 10111001101110011011100110111001.

Каждому биту поставим в соответствие отдельную реализацию случайного процесса длительностью 3000 отсчетов, следующих через 1мсек. Суммарный сигнал по всем 32 реализациям представлен на рис.1.

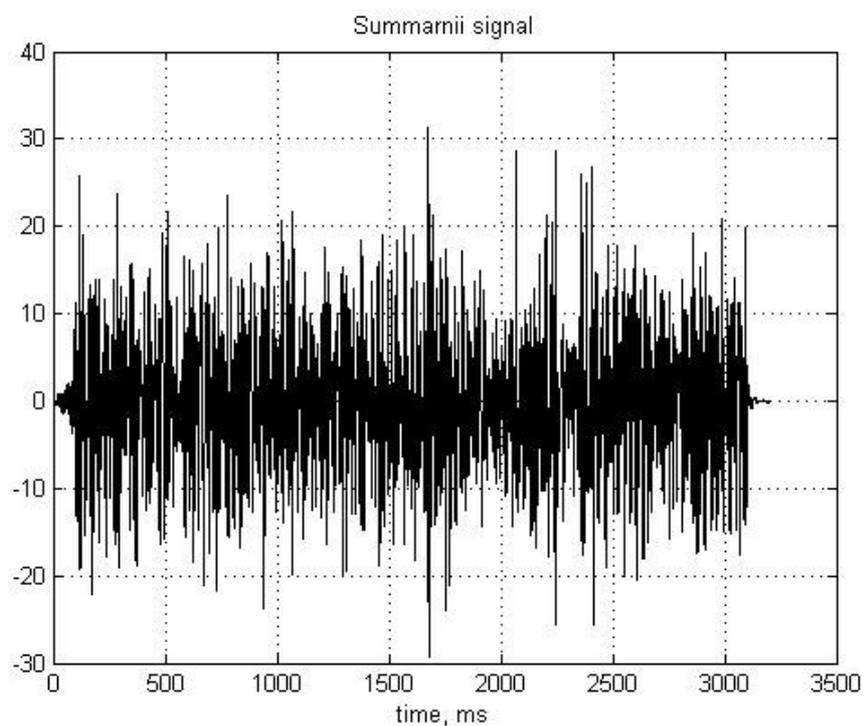


Рис.1. Суммарный сигнал по всем битам.

Результат свертки с передаточной функцией, изображенной на рис.2, показан на рис. 3.

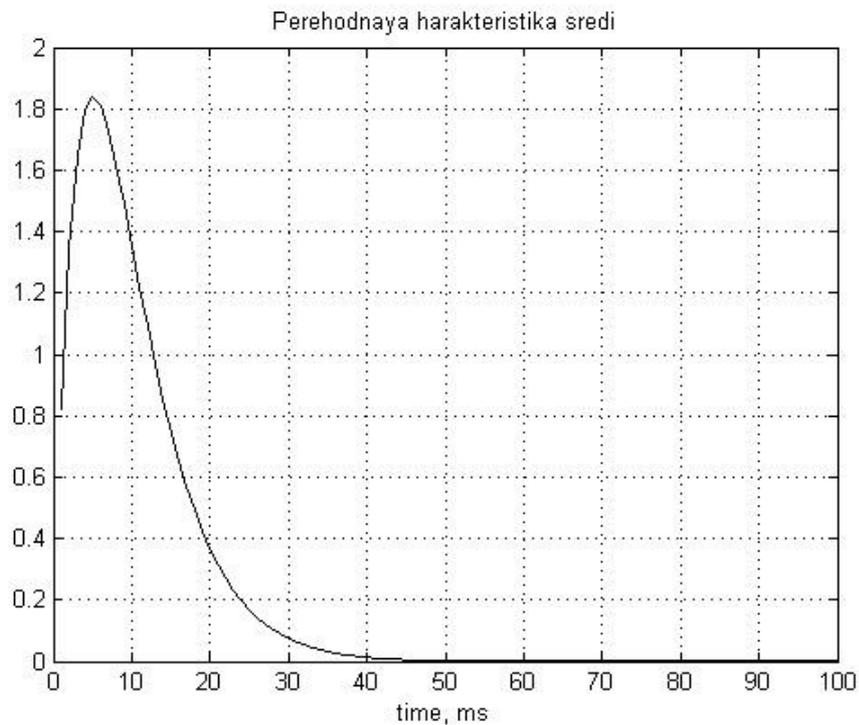


Рис.2. Передаточная функция канала связи.

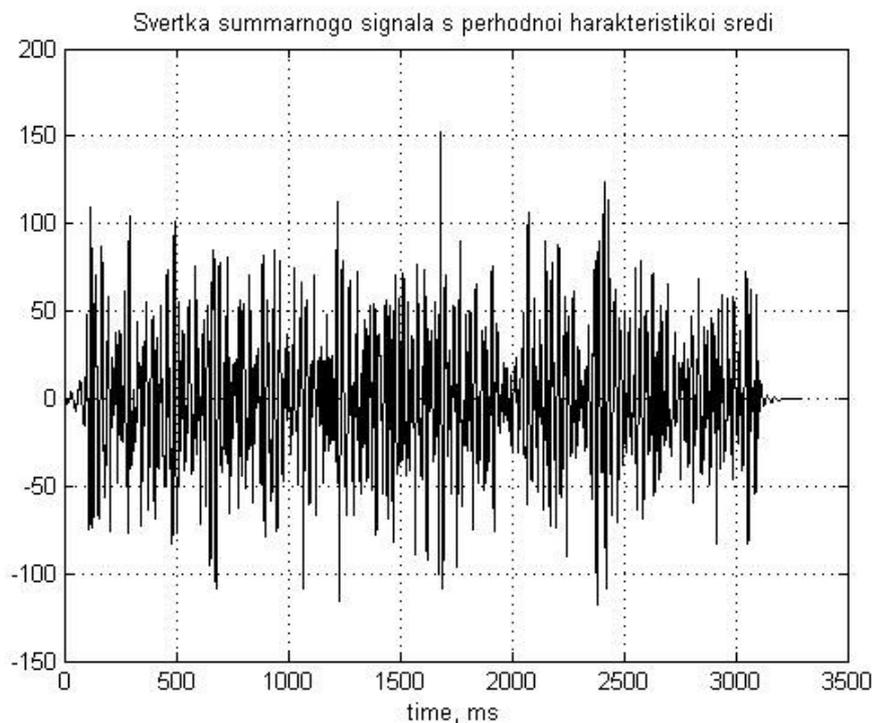


Рис.3. Результат свертки суммарного сигнала с переходной характеристикой канала связи.

На этот сигнал накладывается помеха (рис.4), по амплитуде соизмеримая с сигналом, измеряемый в приемнике при отсутствии помех.

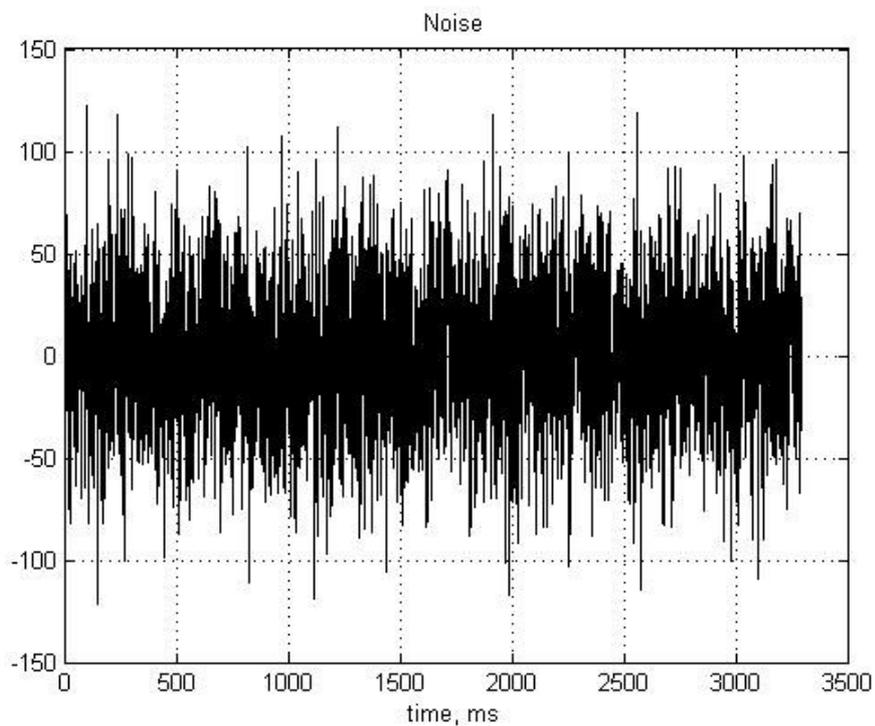


Рис.4. Помехи, накладываемые на сигнал в приемнике.

В результате измеряемый в приемнике сигнал будет иметь вид, изображенный на рис.5.

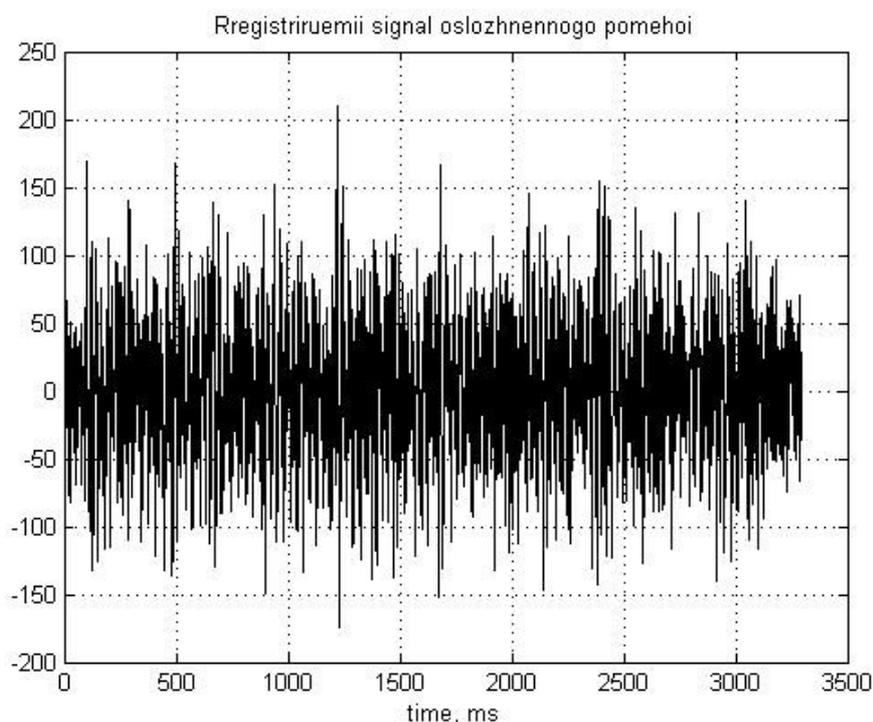


Рис.5. Сигнал, осложненный помехой.

После обработки по изложенному выше алгоритму получено следующее слово 10111001101110011011100110111001, которое в точности совпадает с исходным словом информации. Таким образом, примерно за 3 сек можно передать 32 бита информации (со скоростью около 10 бит/сек) используя принцип параллелизма в кодировании.

Принципиальным в данном подходе передачи информации является знание передаточной функции канала связи. Для ее определения воспользуемся снова шумоподобным сигналом, однако в этом случае потребуется увеличить его длительность. В общем случае, передаточную функцию  $G(t)$ , после корреляции с исходным шумоподобным сигналом, можно определить из решения интегрального уравнения

$$R(t) = \int_0^{\infty} G(\tau)F(t-\tau)d\tau,$$

где  $R(t)$  - функция взаимной корреляции между зарегистрированным сигналом в приемнике и шумоподобным сигналом в источнике,  $F(t)$  - автокорреляционная функция шумоподобного сигнала в источнике.

Данный подход может быть использован для получения импульсной переходной характеристики среды, например в методе вибросейсморазведки. В этом случае автокорреляционная функция свип-сигнала отлична от дельта-функции Дирака, что вносит искажения в результат обработки. Для исключения влияния этого отличия рассмотрим следующую задачу. Пусть дана автокорреляционная функция свип-сигнала. Необходимо преобразовать ее не в дельта-функцию Дирака, а в

символ Кронекера. Иначе говоря, заменим идеальную задачу получения импульсной характеристики среды на задачу получения отклика среды на П-образный сигнал малой длительности (один отсчет). В качестве примера на рис.6 представлены результаты обработки по обычной схеме вычисления функции взаимной корреляции свип-сигнала и исходной сейсмоотрассы, и результат обработки по предложенному алгоритму.

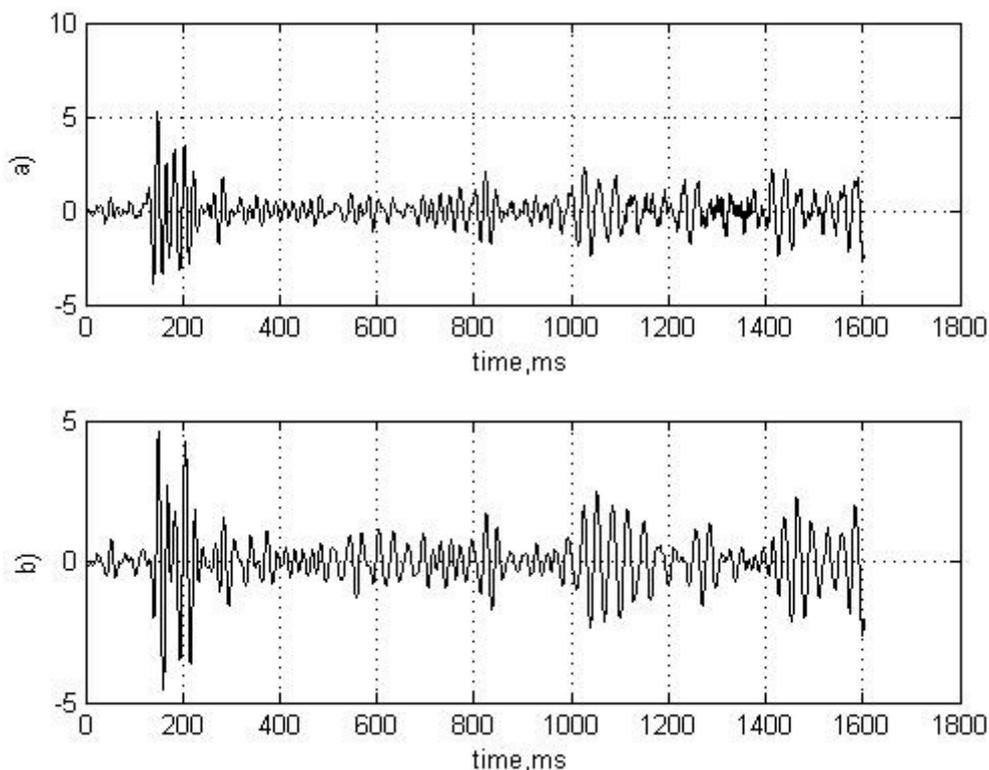


Рис.6. Сейсмоотрасса, полученная по обычной схеме корреляции со свип-сигналом (а), и с использованием предложенного подхода (б).

#### Выводы.

Стремление создания мощного импульса в источнике зачастую приводит к появлению нелинейных процессов, которые трудно учесть в обработке экспериментальных данных. Оставаясь в рамках той же энергетики, можно использовать длительные импульсы малой амплитуды так, что бы воздействие на среду находилось в линейной области. Наиболее «богатым» сигналом является шумоподобный. Его использование позволяет реализовать принцип параллелизма при передаче информации по каналу связи.

Ослабление требования стремления к дельта-функции Дирака автокорреляционной функции сигнала в источнике, приводит к более устойчивому и менее искаженному результату обработки данных вибросейморазведки. П-образный сигнал длительностью в один дискрет практически не вносит изменений в импульсную характеристику среды.