

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КАНАЛОВ СВЯЗИ В ШАХТАХ

© 2021 Я. Е. Львович, Ю. П. Преображенский, Е. Ружицкий

*Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)*

*Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)*

*Панъевропейский университет (Братислава, Словакия)*

*В статье рассматриваются проблемы обработки информации в подземных каналах связи. Показаны результаты оценок для вероятностей ошибок. Они рассчитываются для того, чтобы можно было обеспечить требуемые уровни помехоустойчивости.*

*Ключевые слова: подземный канал связи, помехоустойчивость, ошибка, кодирование.*

В шахтах во многих случаях горные породы используют в качестве физической среды, позволяющей осуществлять процессы передачи информации. Канал связи при этом будет электромагнитным.<sup>1</sup>

За счёт его использования можно обеспечить низкую стоимость, а также надёжность в конструкциях.

Дальность действия канала на практике может иметь ограничения. В существующих условиях для глубин бурения, а также для характеристик точностей проводок скважин не во всех случаях есть справочные данные.

Процессы передачи телеметрической информации осуществляются для того, чтобы проводить поддержку ориентации в бурильном оборудовании.

Тогда можно говорить об актуальности проблемы, решение которой направлено на поддержку помехоустойчивости системах связи. Если в канале связи применяется жёсткое декодирование, тогда следует использовать формулу (1) и (2).

$$P_{code\ correction} \leq \sum_{i=1}^n C_n^i p^i (1-p)^{n-i}, \quad (1)$$

$$P_b \leq \frac{d_{min}}{n} P_{code\ correction}. \quad (2)$$

В них вероятности ошибок демонстрируют декодирование кодовой комбинации  $P_{code\ correction}$ , а также информационный бит  $P_b$ .

В указанных формулах  $t$  рассматривается в виде кратности тех ошибок, которые будут исправлены:  $t = \left[ \frac{d_{min} - 1}{2} \right]$ , а  $p$  – для

выхода модулятора рассматривается как по кодовому символу рассчитывается вероятность ошибок.

В выражении  $d_{min}$  – минимальная длина в кодовой последовательности. За счёт спектра весов, когда существует возможность, ведётся оценка значений вероятностей ошибок более качественным образом.

На рисунке 1 показано, каким образом  $P_{code\ correction}$  будет зависеть от отношения сигнал/шум. Используется в качестве шума белый гауссовский. На рисунке 2 приведена зависимость  $P_{code\ correction}$  от отношения сигнал/шум при условии, что в кодовых комбинациях будет равенство энергии.

Сравнительный анализ ортогональных и биортогональных кодов в ходе жёсткого кодирования можно увидеть на рисунке 3.

В ходе фильтрации можно бороться с внеполосными помехами. Они ведут к ухудшению качества функционирования приемников. Большая часть доли мощности сигналов должна быть в той полосе, на которую настраивают фильтр.

На рисунке 4 проиллюстрированы базовые ограничения, которые существуют для построения приемников в подземных системах связи.

На рисунке 5 и рисунке 6 можно увидеть структурную схему передающего устройства, а также приемного устройства, в котором используется мягкое декодирование.

Львович Яков Евсеевич – Воронежский государственный технический университет, доктор техн. наук, профессор, [office@vvt.ru](mailto:office@vvt.ru).

Преображенский Юрий Петрович – ВИВТ-АНОО ВО, профессор, [petrovich@vvt.ru](mailto:petrovich@vvt.ru).

Ружицкий Евгений – Панъевропейский университет, г. Братислава, Словакия, канд. техн. наук, доцент, [rush\\_evg\\_br53@yandex.ru](mailto:rush_evg_br53@yandex.ru).

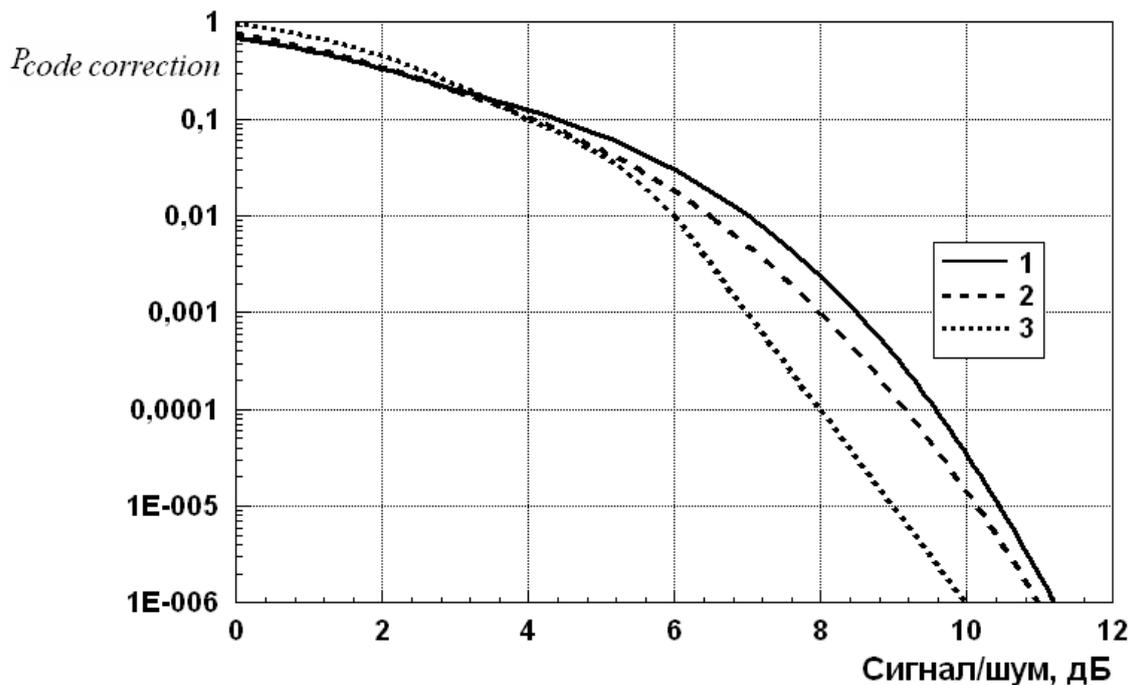


Рисунок 1. Иллюстрация оценок по вероятности ошибок в случае, если осуществляется жёсткое декодирование в зависимости от того, какое будет отношение сигнал/шум. 1 – проведение расчетов на базе (1); 2 – если применяется ортогональный код с параметрами (16,4,8); 3 – если применяется биортогональный код, в котором параметры (16,5,8).

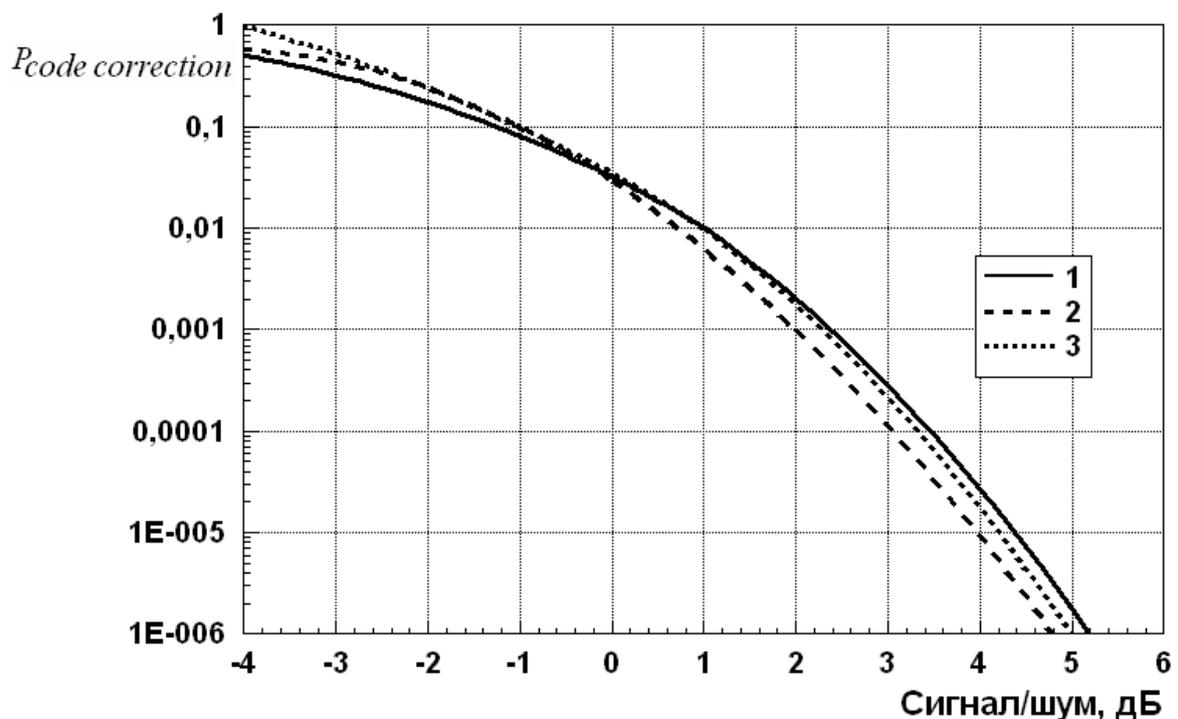


Рисунок 2 – Иллюстрация оценок по вероятности ошибок в случае, если осуществляется жёсткое декодирование, когда существует равенство в кодовых комбинациях. 1 – проведение расчетов на базе (1); 2 – если применяется ортогональный код с параметрами (16,4,8); 3 – если применяется биортогональный код, в котором параметры (16,5,8).

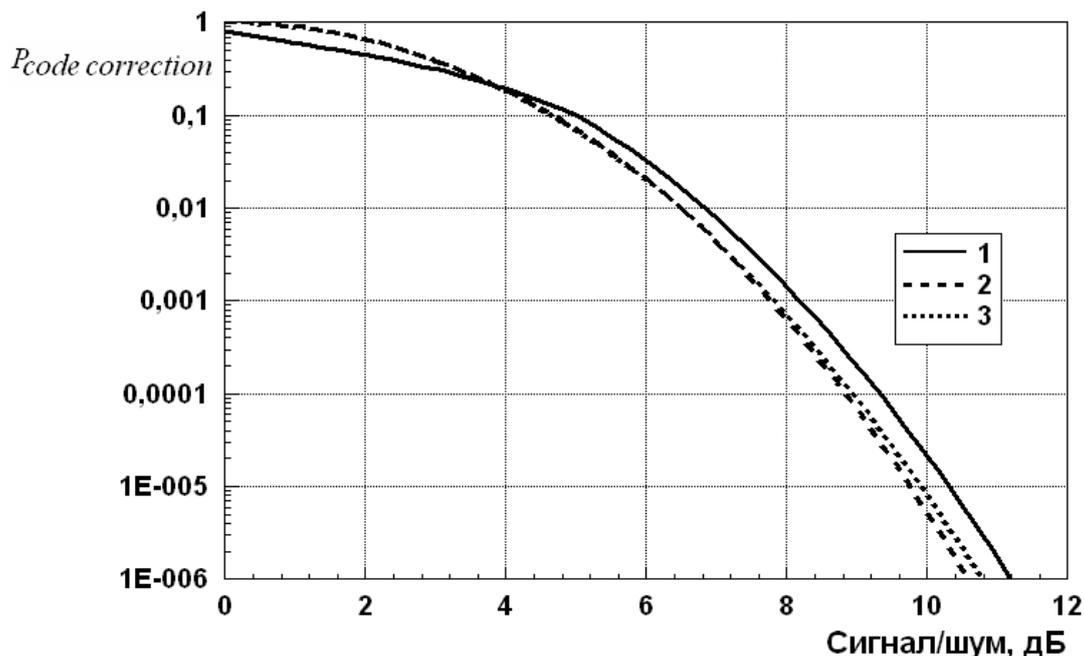


Рисунок 3. Иллюстрация оценок по вероятности ошибок в случае, если осуществляется жёсткое декодирование, с учетом равенства в спектре весов. 1 – проведение расчетов на базе (1); 2 – если применяется ортогональный код с параметрами (16,4,8); 3 – если применяется биортогональный код, в котором параметры (16,5,8).

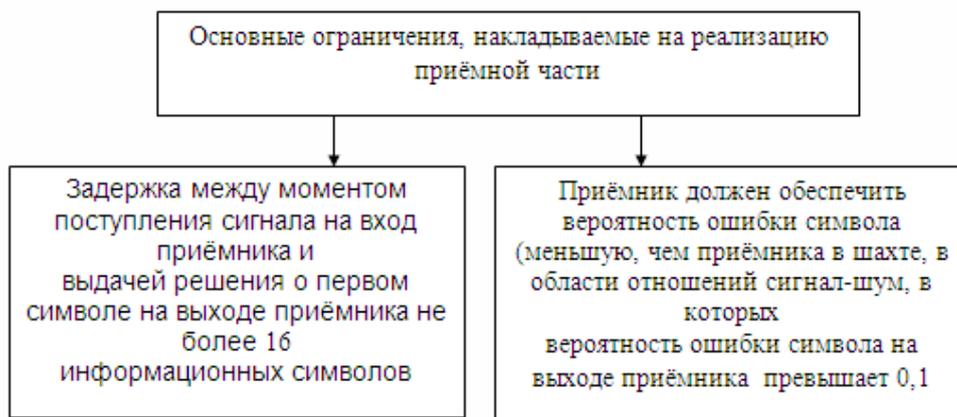


Рисунок 4. Иллюстрация ограничений по характеристикам приемных устройств.

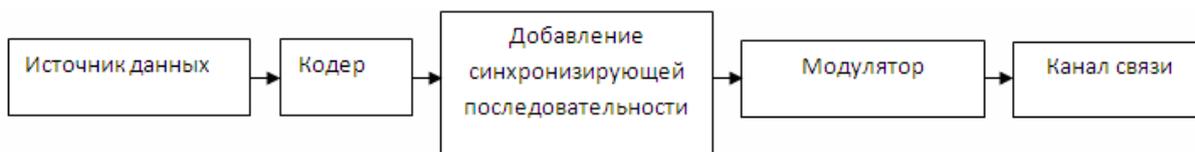


Рисунок 5. Иллюстрация структурной схемы передающего устройства.

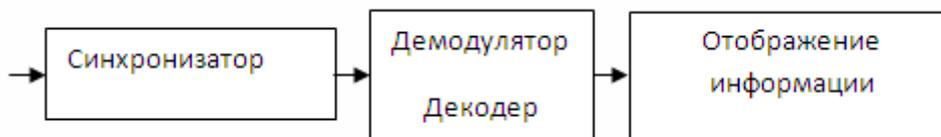


Рисунок 6. Иллюстрация структурной схемы приемного устройства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Lvovich I. Ya. Modelling and optimizing sensor wireless network systems / I. Ya. Lvovich, Ya. E. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, Yu. P. Preobrazhenskiy, O. N. Choporov // IOP Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation. – 2021. – С. 22080.
2. Lvovich I. Y. Algorithmization of control of information and telecommunication systems based on the optimization model / I. Ya. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, Y. E. Lvovich, O. N. Choporov // Procedia Computer Science. 14. Сер. "14th International Symposium "Intelligent Systems", INTELS 2020". – 2021. – С. 563-570.
3. Львович И. Я. Исследование характеристик сложных дифракционных структур на основе комбинированного подхода / И. Я. Львович, Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // Ural Radio Engineering Journal. – 2021. – Т. 5. – № 1. – С. 49-62.
4. Lvovich I. Ya. Models for evaluating the performance of complex information and communication systems / I. Ya. Lvovich, Ya. E. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, Yu. P. Preobrazhenskiy, O. N. Choporov // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, Russian Federation. – 2020. – С. 22099.
5. Преображенский Ю. П. Распространение радиоволн для объектов с полостями / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 187-190.
6. Львович И. Я. Расчет характеристик металлодиэлектрических антенн / И. Я. Львович, А. П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1. – № 11. – С. 26-29.
7. Казаков Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.

## ANALYSIS OF PROCESSING METHODS OF SOUND SIGNALS

© 2021 Ya.E. Lvovich, Yu. P. Preobrazhenskiy, E. Ruzhicky

*Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)  
Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)  
Pan-European University (Bratislava, Slovakia)*

*The paper deals with the problems of processing audio signals based on the Fourier transform, as well as window functions.*

*Keywords: audio signal, function, harmonic, Fourier transform, window*