

# Исследование помехоустойчивости радиосистемы цифрового телевидения

А. А. Лешоко<sup>1</sup>, В. А. Крягин<sup>2</sup>

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского  
vka@mil.ru

**Аннотация.** В настоящее время, наблюдается рост числа телекоммуникационных систем, осуществляющих передачу больших объемов данных (спутниковые изображения высокого разрешения с КА ДЗЗ, спутниковое телевидение и IP-телефония) в том числе в режиме реального времени. Возрастающие требования к качеству таких систем, дальнейшее совершенствование технологий цифровой обработки сигналов приводят к необходимости совершенствования и создания новых методов передачи телевизионных сигналов. При этом задача обеспечения минимального искажения телевизионного сигнала является актуальной.

**Ключевые слова:** *сигнально-кодовая конструкция; стандарты цифрового телевидения; помехоустойчивые коды*

## I. ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития телевидения характеризуется интенсивным внедрением методов цифровой обработки сигналов и переходом на цифровые стандарты ТВ-вещания. Спутниковое ТВ-вещание является надежным и экономичным способом передачи изображения и звука (далее – видеоданных) высокого качества. Повышение качества приема видеоданных требует использования помехоустойчивого кодирования.

Кодирование видеоданных в спутниковом ТВ-вещании реализуется с помощью стандартов DVB-S и DVB-S2 с использованием внешних и внутренних кодов. В стандарте DVB-S в качестве внешнего используется код Рида-Соломона (RS), а в качестве внутреннего – сверточный код (CC). Стандарт DVB-S2 использует коды Боуза-Чоуходри-Хоквингема (BCH) и код с малой плотностью проверок на четность (LDPC), соответственно [1].

Для исследования помехоустойчивости радиосистемы цифрового телевидения, использующей стандарты DVB-S и DVB-S2, при различных условиях приёма видеоданных разработана имитационная модель.

## II. ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Качество функционирования любой радиосистемы, в том числе радиосистемы цифрового телевидения, определяется ее энергопотенциалом [1, 2]

$$H = \frac{\text{ЭИИМ}_{\text{ПРД}}(G/T_{\text{эф}})_{\text{ПРМ}}}{kL_{\Sigma}}$$

где  $\text{ЭИИМ}_{\text{ПРД}}$  – изотропно-излучаемая мощность,  $G$  – коэффициент усиления антенны,  $T_{\text{эф}}$  – эффективная шумовая температура,  $k$  – постоянная Больцмана,  $L_{\Sigma}$  – суммарные потери в радиолинии [2].

Энергопотенциал, с одной стороны, определяется мощностью передатчика и коэффициентами усиления приемной и передающей антенн. С другой стороны, он определяется выбранной сигнально-кодовой конструкцией (СКК), от которой зависит качество передачи видеоданных. СКК характеризуются вероятностью ошибки на бит. Вид модуляции, реализуемый в СКК, определяется пропускной способностью и достоверностью, а помехоустойчивые коды – количеством обнаруживаемых и исправляемых ошибок.

Скорость передачи видеоданных определяется следующим образом [2]

$$R_{\text{инф}} = \frac{HK_{\text{ул}}R_{\text{внутр}}}{(E_b/N_0)(R_{\text{внеш}} \log_2 M)}$$

где  $K_{\text{ул}}$  – коэффициент увеличения полосы,  $R_{\text{внутр}}$ ,  $R_{\text{внеш}}$  – скорость внутреннего и внешнего помехоустойчивого кода,  $M$  – число позиций в используемом виде модуляции,  $E_b/N_0$  – отношение энергии бита к спектральной мощности шума.

Таким образом, задавая требования к качеству передачи видеоданных в виде минимального отношения энергии бита к спектральной мощности шума  $E_b/N_0$ , и скорости передачи видеоданных, можно определить требования к минимальному значению энергопотенциала.

Для разработки имитационной модели для исследования помехоустойчивости радиосистемы цифрового телевидения необходимо определить алгоритм обработки входного и выходного сигнала в исследуемой радиосистеме.

Принцип функционирования радиосистемы в части обработки и передачи выглядит следующим образом [3, 4]. Определим в качестве входного сигнала радиосистемы цифрового телевидения массив видеоданных, который преобразуется в поток

транспортных кадров с помощью блока формирования транспортных кадров (БФТК).

Транспортный кадр представляет собой информационный пакет фиксированного объема данных, содержащий служебную часть – информацию, необходимую для декодирования содержащихся в нем видеоданных и информационную часть – непосредственно передаваемые видеоданные, в общем виде структура транспортного кадра представлена на рис. 1 [4].

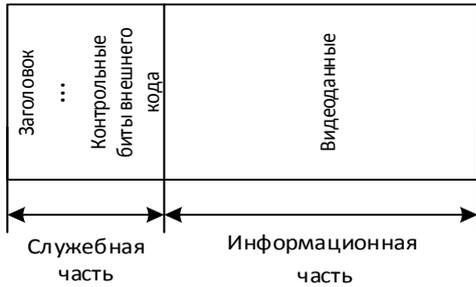


Рис. 1. Структура транспортного кадра

Каждый транспортный кадр на выходе передающей системы последовательно проходит через блок кодирования внешним кодом (БК<sub>внеш</sub>), блок кодирования внутренним кодом (БК<sub>внутр</sub>), блок формирования модулирующих сигналов (БФМС). На входе приемной системы размещаются следующие блоки: демодулятор (БДМС), декодеры внешнего (БДК<sub>внеш</sub>) и внутреннего кода (БДК<sub>внутр</sub>), блок агрегации транспортных кадров (БАТК) (для восстановления входного массива видеоданных). При передаче кодированных модулированных транспортных кадров на них воздействует случайная последовательность, блоком генерации шумов и помех (БГШИП). Для оценки помехоустойчивости радиосистемы необходимо сравнить массив на входе радиосистемы с принятым декодированным массивом в блоке оценки искажения (БОИ).

Схема имитационной модели для исследования помехоустойчивости радиосистемы цифрового телевидения приведена на рис. 2.

Построение имитационной модели для исследования помехозащищенности радиосистемы цифрового телевидения выполнено в графической среде программирования «LabVIEW».

Графическая среда программирования LabVIEW позволяет проследить все этапы работы моделируемой системы: обработку, передачу входного сигнала, влияние на него шумов и помех, восстановление принятого сигнала, отображение и сравнение сигнала на входе и выходе системы.

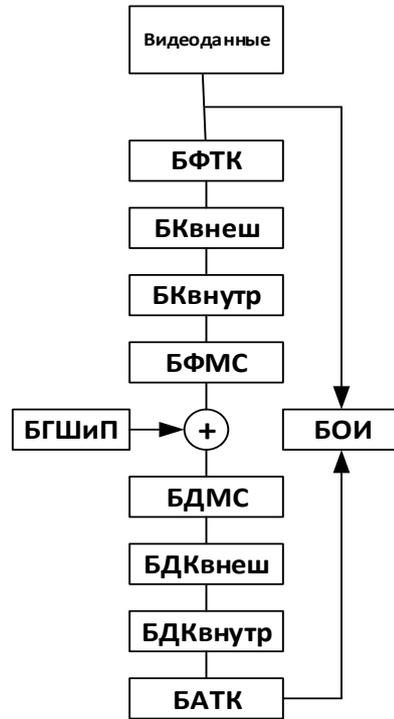


Рис. 2. Имитационная модель для исследования помехоустойчивости радиосистемы цифрового телевидения

### III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Имитационное моделирование производилось для стандарта DVB-S со следующими параметрами: вид модуляции – QPSK; скорость внутреннего кода 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; внешний код RS (204,188); длина транспортного кадра 1 Мб.

Полученные результаты представлены на рис. 3 и сведены в таблицу.

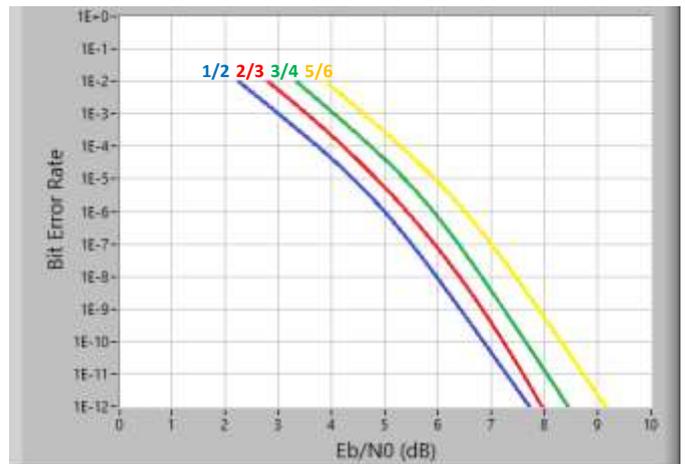


Рис. 3. График зависимости вероятности ошибки на бит от отношения энергии бита к спектральной мощности шума

ТАБЛИЦА I Зависимость отношения энергии бита к спектральной мощности шума от скорости внутреннего кода при требуемой вероятности ошибки на бит

Вид модуляции	$R_{\text{внутр}}$	$E_b/N_0$ , дБ	BER
QPSK	1/2	5,0	$10^{-6}$
QPSK	2/3	5,5	$10^{-6}$
QPSK	3/4	5,9	$10^{-6}$
QPSK	5/6	6,5	$10^{-6}$

#### IV. Выводы

Помехоустойчивость радиосистем цифрового телевидения зависит от вида передаваемого сигнала и условий приема, поэтому дальнейшее развитие телекоммуникационных систем должно идти в

направлении поиска и реализации наиболее спектрально-эффективных сигнально-кодовых конструкций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Спутниковая связь и вещание: Справ. / Под ред. Л.Я. Кантора. М.: Радио и связь, 1997. 528 с.
- [2] Космические системы ретрансляции. Монография /Под ред. А.В. Кузовникова. М.: Радиотехника, 2017. 448 с.+16 с. цв. ил.
- [3] Дворкович В.П., Дворкович А.В. Цифровые видеотрансляционные системы (теория и практика) М.: Техносфера, 2012. 1008 с.
- [4] Козин Г.Н., Левашко А.А., Гарагуля А.С. Достоверность оперативной передачи сжатых видеоданных космических видеотрансляционных систем по радиоканалам с ограниченной пропускной способностью // Вопросы радиоэлектроники. Серия техника телевидения. Выпуск 3. С. 91-100.