

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОДИРОВАНИЯ НА ПОМЕХОЗАЩИЩЁННОСТЬ И ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ СПУТНИКОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

И.Н. Зайцева, кан. пед. наук, доцент

Р.М. Бочаев, магистрант

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина
(Россия, г. Елец)

DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10237

Аннотация. В статье рассмотрены принятые в России стандарты и форматы цифрового спутникового телевизионного (ТВ) вещания. Проанализировано влияние параметров кодирования на основные характеристики ТВ канала, пропускную способность, в части более эффективного использования выделяемой полосы частот транспондера (спутникового ретранслятора), и помехозащищенность. Полученные результаты вычислений основных параметров ТВ каналов и выводы могут быть рекомендованы специалистам спутникового ТВ для оптимального выбора скорости кодирования в зависимости от типов и параметров оборудования используемых станций и зоны спутникового покрытия.

Ключевые слова: спутниковый телевизионный канал, помехозащищенность, пропускная способность, LDPC-коды, формат DVB-DSNG, стандарт DVB-S2.

За несколько десятилетий в России сформировалась техническая база семейства стандартов спутникового цифрового телевидения, разработанных международным (Европейским) объединением Digital Video Broadcasting Project (DVB Project) для индивидуального и коллективного приёма на спутниковые антенны, и спутникового сбора новостей через репортажные станции. В формировании этой базы большую роль играет российское производство космических аппаратов (КА) «Экспресс» и «Ямал», и оборудования земных станций (ЗС).

Первым стандартом стал DVB-S, имеющий в своём составе 4-позиционный QPSK свёрточный кодер со скоростями кодирования 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 и обеспечивающий работу внутренней системы защиты от ошибок FEC (forward error correction) [1, 2]. Выходной транспортный поток проходит кодер Reed Solomen (RS), обеспечивающий работу второй ступени коррекции (защиты) от ошибок, поступает на QPSK-модулятор и далее – в высокочастотный тракт станции подъёма сигнала на спутник (Up-Link). Загрузка широкополосных транспондеров (стволов) КА

производится сигналами ЗС с различными стандартами сжатия MPEG-2, MPEG-4 [1, 2].

В настоящее время действуют такие ТВ каналы: стандарта DVB-S, формата DVB-DSNG (Digital Satellite News Gathering), стандарта DVB-S2, и начинается внедрение его расширенной спецификации (формата) DVB-S2X.

Стандарт DVB-S своё дальнейшее успешное развитие получил в новом формате спутникового телевидения Digital SNG (Satellite News Gathering) – спутниковом сборе новостей, разработанном Европейским консорциумом в 1997-2000 гг. [3] и предназначенном для оперативного и высококачественного сбора «цифровых» новостей со всех точек мира в режиме работы «от случая к случаю» (ocasional). Параметры трансляции ТВ сигналов в таком режиме: типы передающей и приёмной станций; номер транспондера и его диапазон частот; особенности зоны покрытия; угловые параметры передающей антенны репортажной станции; параметры кодирования и др. изменяются от трансляции к трансляции.

Сравнение параметров ТВ каналов DVB-S и DVB-DSNG

Для проведения сравнения видов модуляции по помехозащищённости и пропускной способности воспользуемся профессиональным калькулятором [4], предназначенным для всех возможных расчётов в спутниковых системах связи. Расчёты проводим для принимающей станции с большим размером антенны. Абсолютные значения вычислений применимы только для конкретных конфигураций оборудования обеих станций. Поэтому в расчётах для сравнения различных вариантов принимаем одинаковую полосу частот для размещения сигнала, равную $\Delta f_{\text{раз}} = 36 \text{ МГц}$ (наиболее распространённая величина), и соотношение сигнал/шум (C/N) на входе при-

ёмника демодулятора, равным 20 дБ. Эта величина близка к реальным значениям для распространённых параболических антенн диаметром $\geq 7,2 \text{ м}$ в диапазонах Ku и новом Ka.

Результаты вычислений для всех возможных видов модуляции представлены в таблице 1.

Результаты вычислений в таблице 1 показывают, что высокоэффективные методы модуляции в несколько раз увеличивают пропускную способность, но неизбежно приводят к снижению энергетики спутниковой радиолинии. Однако, учитывая наличие приёмной станции с большим размером антенны, это снимает вопросы энергетики.

Таблица 1. Параметры ТВ каналов DVB-S и DVB-DSNG по помехозащищённости и пропускной способности

Виды модуляции	Bit/symbol	Symbol Rate, MBaud	Spectral Efficiency, Bit/Hz	C/N, дБ	Eb/No, дБ	Eb/No, threshold, дБ	Link Margin, дБ	Netto Transport Stream Bitrate, MBit/s
DVB-S								
QPSK 1/2	2	26.66	0.922	20.0	20.35	4.5	15.85	24.57
QPSK 2/3			1.229		19.1	5.0	14.1	32.77
QPSK 3/4			1.382		18.39	5.5	13.1	36.86
QPSK 5/6			1.536		18.13	6.0	12.13	40.96
QPSK 7/8			1.613		17.92	6.4	11.52	43.01
DVB-DSNG								
8PSK 2/3	3	28.8	1.843	20.0	17.34	5.9	11.44	53.08
8PSK 5/6	3		2.30		16.37	8.9	7.47	66.35
8PSK 8/9	3		2.457		16.09	9.4	6.69	70.78
16QAM 3/4	4		2.765		15.58	9.0	6.58	79.62
16QAM 7/8	4		3.225		14.91	10.7	4.21	92.89

Сравнение параметров ТВ канала DVB-S2 с DVB-DSNG

Дальнейшие улучшения стандарта DVB-S в увеличении пропускной способности и помехозащищённости были невозможны без кардинальных изменений структурного состава кодеров. Наибольший вклад в исследования путей повышения пропускной способности и энергетики спутниковой цифровой ТВ радиолинии внесла компания Hughes Network Systems (HNS) разработкой технологии и схемной реализацией обнаруженного в 1962 г. Р. Галлагером кода проверки на чёт-

ность с низкой плотностью (LDPC) [5, 6]. С этого открытия и началась эпоха нового категорического стандарта DVB-S2.

Стандарт DVB-S2 имеет широкий набор видов модуляции [8-10] для удовлетворения потребностей ТВ компаний в пропускной способности и помехозащищённости телевизионных каналов.

В таблице 2 представлены расчёты с ранее принятыми величинами $\Delta f_{\text{раз}}$ и C/N для сравнения качественных показателей ТВ каналов, образованных использованием DVB-DSNG и DVB-S2.

Таблица 2. Параметры ТВ каналов DVB-DSNG и DVB-S2 по помехозащищённости и пропускной способности

Виды модуляции	Bit/symbol	Symbol Rate, MBaud	Spectral Efficiency, Bit/Hz	C/N, дБ	Eb/No, дБ	Eb/No, threshold, дБ	Link Margin, дБ	Netto Transport Stream Bitrate, MBit/s
DVB-DSNG								
8PSK 2/3	3	28.8	1.843	20.0	17.34	5.9	11.44	53.08
8PSK 5/6	3		2.30		16.37	8.9	7.47	66.35
8PSK 8/9	3		2.457		16.1	9.4	6.69	70.78
16QAM 3/4	4		2.765		15.58	9.0	6.58	79.62
16QAM 7/8	4		3.225		14.91	10.7	4.21	92.89
DVB-S2								
8PSK 2/3	3	28.8	1.981	20.0	17.03	3.65	13.378	57.04
8PSK 5/6	3		2.478		16.06	5.408	10.65	71.38
8PSK 8/9	3		2.646		15.77	6.464	9.307	76.21
16APSK 3/4	4		2.97		15.275	5.487	9.788	85.44
16APSK 5/6	4		3.30		14.813	6.425	8.387	95.05
16APSK 8/9	4		3.523		14.53	7.421	7.107	101.47

Анализируя полученные результаты можно заключить:

1. В режиме модуляции 8PSK (8-и позиционной фазовой манипуляция) при изменении скорости кодирования от 2/3 до 8/9 энергетический запас по границе срыва спутникового приёма (Link Margin, дБ) стандарта DVB-S2 на 2-3 дБ превышает соответствующий показатель формата DVB-DSNG. А пропускная способность стандарта DVB-S2 превышает соответствующий показатель формата DVB-DSNG только на 7%.

2. Параметры ТВ каналов в режимах модуляции QAM и APSK можно сравнивать только условно. В таком случае Link Margin (помехозащищённость) ТВ канала стандарта DVB-S2 условно будет на 3 дБ выше, но практически без преимущества в пропускной способности.

3. Дополнительным преимуществом DVB-S2 является оптимизированность («заточенность» в виде встроенных опций) для передачи телевидения высокой чёткости (HD – ТВЧ) с кодеком последнего поколения H.264 [1, 8] и возможности использования дополнительных приложений.

Заключение. Формат ТВ канала DVB-DSNG является продвинутым форматом первого стандарта DVB-S, но, тем не менее, остаётся конкурентоспособным форматом, широко применяемым в спутниковом ТВ в силу исключительной особенности – обязательного использования антенны большого диаметра на приёмной стороне. Поэтому в настоящее время, кроме обсуждения модернизации, нет оснований поднимать вопрос о подготовке замены формата [11].

В то же время более высокие технические параметры стандарта DVB-S2 по сравнению с DVB-DSNG (до 3 дБ по помехозащищённости и до 7-10% по пропускной способности), инициируют исследования использования (интеграции) DVB-S2 в существующий формат DVB-DSNG [11].

Проведённый анализ влияния параметров кодирования на помехозащищённость и пропускную способность спутниковой ТВ радиолнии показывает, как необходимо выбирать оптимальные параметры кодирования для выполнения поставленных задач для ТВ радиолнии.

Библиографический список

1. Федоров В.К. Стандарты цифрового телевидения первого поколения. – М.: ДМК-Пресс, 2015. – 312 с.
2. Карякин В.Л. Цифровое телевидение: учебное пособие для вузов, 2-е изд., переработанное и дополненное. – М: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. – 451 с.
3. Morello A. and Mignone V. New DVB standard for DSNG - and contribution satellite links // EBU Technical Review vol. 277, Autumn. 1998. Pp. 1-23.
4. Jense N. Saetre T. Online Satellite Calculations 1999-2011. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.satellite-calculations.com/> (дата обращения: 10.02.2020).
5. Eroz M., Sun F.-W., Lee L.-N. DVB-S2 Low Density Parity Check Codes with near Shannon Limit Performance // International Journal on Satellite Communication Networks. – 2004. – vol. 22. – Pp. 269-279.
6. Gilles Moury, Guy Lesthievant. DVB-S2 channel coding standardization process. Report to P1B Hughes. CCSDS P1B Meeting – ESTEC – 1st April 2003. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cwe.ccsds.org/sls/docs/SLS-CandS/Meeting%20Materials/2003/200304%20ESTEC_Spring_Meeting/DVB-S2%20status%20report%20to%20P1B.pdf. (дата обращения: 10.02.2020).
7. Yoshida J. Hughes goes retro in digital satellite TV coding. Electronic Engineering Times (EE Times), News & Analysis. 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1147621. (дата обращения – 16.02.2020).
8. Morello A. and Mignone V. DVB-S2: The Second Generation Standard for Satellite Broad-band Services // Proceedings of the IEEE, vol. 94, Issue 1, Jan. 2006. Pp. 210-227.
9. Блох В.И. Помехоустойчивое кодирование для передачи цифрового телевидения по каналам связи // Приложение к Broadcasting. – 2011. – № 6. – С. 12-16.
10. Блох В.И. Передача цифрового телевидения по радиоканалам. Коды BCH и LDPC в стандартах DVB-T и DVB-T2 // Приложение к Broadcasting. – 2012. – С. 18-21.
11. Baramykov A.I., Zaitseva I.N. (2017). Analysis of the basic encoding parameters of satellite TV channels. T-Comm, Vol. 11, № 10, pp. 74-79.

ON THE ISSUE THE INFLUENCE OF ENCODING PARAMETERS NOISE IMMUNITY AND BANDWIDTH OF SATELLITE TV CHANNELS

I.N. Zaitseva, *Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor*

R.M. Bochaev, *Graduate Student*

Bunin Yelets State University

(Russia, Yelets)

Abstract. *The article considers the standards and formats of digital satellite television (TV) broadcasting adopted in Russia. The influence of encoding parameters on the main characteristics of the TV channel, throughput, in terms of more efficient use of the allocated frequency band of the transponder (satellite repeater), and noise immunity is analyzed. The obtained results of calculations of the basic parameters of TV channels and conclusions can be recommended to specialists of satellite TV for the optimal choice of the coding rate depending on the types and parameters of the equipment of the stations used and the satellite coverage zone*

Keywords: *DVB-DSNG format of the satellite TV channels, noise immunity, bandwidth, LDPC codes, DVB-S2 standard.*