

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ 4-ГО  
ПОКОЛЕНИЯ СТАНДАРТА LTE-800 С УЧЕТОМ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ РСБН**

**Г. А. Ершов, М. И. Недобежкин, В. А. Сеницын**

*АО «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры»  
ЦНИИ ВВС Минобороны России*

*Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова*

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации № 57-р от 21.01.11 г. на территории РФ развернуты работы по строительству сетей сухопутной подвижной радиосвязи стандарта LTE.

Во исполнении решений Государственной комиссии по радиочастотам от 08 сентября 2011 № 11-12-02 «Об использовании радиочастотного спектра радиоэлектронными средствами стандарта LTE и последующих его модификаций» и от 16 марта 2012 г. № 12-14-12-1 «О выделении полос радиочастот по заявлениям юридических и физических лиц Российской Федерации» проведены открытые торги в форме конкурса № 1/2012 на право получения лицензий на оказание на территории Российской Федерации услуг связи с использованием радиоэлектронных средств в сетях связи стандарта LTE и последующих его модификаций в полосе радиочастот 791-862 МГц. В диапазоне частот 791...821 МГц функционируют передатчики базовых станций. Основные характеристики РЭС стандарта LTE приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Технические характеристик РЭС стандарта LTE

№ п/п	Наименование характеристики	Типовые значения по ETSI	Решение ГКРЧ № 11-12-02	Решение ГКРЧ № 12-15-02	Текущие заявки операторов
1	Средняя мощность передатчика БС на канал трафика	15...25 дБм	–	–	–
2	Максимальная мощность передатчика БС	43 дБм	46 дБм	46 дБм	46 дБм
3	Потери в антенно-фидерном тракте	3 дБ	–	–	2 дБ
4	Максимальная ЭИИМ	58 дБм	–	–	–
5	Коэффициент усиления антенны БС	12...18,5 dBi	18 дБ	24...26 дБ	18 дБ
6	Максимальная мощность передатчика АТ	23 дБм	23 дБм	25 дБм	–
7	Коэффициент усиления антенны АТ	2 дБ	2 дБ	7 дБ	–

По результатам проведенных торгов полосы радиочастот шириной по 7,5 МГц были выделены операторам сотовой связи для строительства сетей связи стандарта LTE.

Обзор бортовых РЭС летательных аппаратов показал, что в диапазоне 791...862 МГц функционирует БО РСБН (770...813 МГц). Основная проблема ЭМС с РЭС стандарта LTE

связана с функционированием этого оборудования в режимах межсамолетной навигации (МСН) «ОВК» и «Встреча».

Радиосистемы МСН предназначены для определения и выдачи экипажу воздушного судна (ВС) информации о взаимных (относительных) координатах других ВС, взаимодействующих с данным ВС и находящихся в зоне действия системы. Системы МСН могут быть основным датчиком для обеспечения взаимодействия и маневрирования ВС при групповом самолетовождении.

Таблица 2  
Сведения по возможностям и особенностям функционирования БО РСБН разных поколений в режимах МСН

№ п/п	Поколение БО РСБН	Режим «Встреча»		Режим «ОВК»	
		Наличие	Особенность работы	Наличие	Особенность работы
1	1, 2 поколения	+	Асинхронный режим работы на частотах 810, 812,8 МГц (8 ЧКК) группы до 4-х ВС	–	
2	3 поколение	+	Асинхронный режим работы на частотах 810, 812,8 МГц (8 ЧКК) группы до 4-х ВС	–	
3	3 поколение	+	Асинхронный режим работы на частотах 800 - 812,8 МГц (28 ЧКК) группы до 4-х ВС	+	Режим работы с интервально-временным кодированием на частотах 800 - 812,8 МГц (7 каналов) группы до 4-х ВС
4	4, 5 поколения	+	Асинхронный режим работы на частотах 800 - 812,8 МГц (28 ЧКК) группы до 4-х ВС	+	Режим работы с интервально-временным кодированием на частотах 770 - 812,8 МГц (22 канала) группы до 12-и ВС
5	6 поколение (разработаны опытные образцы)	+	Асинхронный режим работы на частотах 800 – 812,8 МГц (28 ЧКК) группы до 4-х ВС и в диапазоне 960 – 1000,5 МГц	+	Режим работы с интервально-временным кодированием на частотах 770 - 812,8 МГц (22 канала) группы до 12-и ВС
					Режим работы с ШПС в диапазоне 960 – 1215 МГц группы до 100 ВС

Использование вышеуказанного диапазона частот для данных режимов на протяжении десятков лет было различным и определялось поколением и типом бортового оборудования.

Разработка БО РСБН и его развитие велись в направлении повышения точности, производительности, снижения массогабаритных характеристик и его унификации. За долгий период производства промышленностью было освоено и серийно выпускалось большое количество типов БО РСБН, функционирующего в режимах МСН.

Сведения по возможностям и особенностям функционирования БО РСБН разных поколений в режимах МСН представлены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что в настоящее время на находящихся в эксплуатации ВС используется БО РСБН 2, 3 и 4 поколений с режимами МСН «Встреча» и «ОВК».

Анализ загрузки диапазона частот находящихся в эксплуатации РЭС БО РСБН с режимами МСН и данных, содержащихся в таблице 2, показывает, что:

- БО РСБН 2 поколения с режимами МСН имеет 2 частотных канала (810 и 813 МГц). С помощью кодирования используемых импульсных сигналов различными кодами (4 кода) общее количество независимых частотно-кодowych каналов (ЧКК) доведено до 8;
- БО РСБН 3 поколения с режимами МСН имеет 28 независимых каналов в режиме «Встреча» (7 частотных каналов с 4 кодами на каждом), отдельные модификации могут иметь 7 независимых частотных каналов с интервально-временным кодированием (ИВК) для работы в режиме «ОВК» группы до 4-х ВС;
- БО РСБН 4 поколения с режимами МСН имеет 28 независимых каналов в режиме «Встреча» (7 частотных каналов с 4 кодами на каждом) и 22 канала с ИВК для работы в режиме «ОВК» группы до 12-и ВС;
- разработанное БО 6 поколения РСБН-М в рассматриваемом диапазоне имеет 28 независимых каналов в режиме «Встреча» (7 частотных каналов с 4 кодами на каждом) и 22 канала с ИВК для работы в режиме «ОВК» группы до 12-и ВС.

Рассматривая проблему ЭМС бортового оборудования с РЭС гражданского назначения, необходимо отметить следующее:

- диапазон частот 770...813 МГц, предназначенный для режимов МСН, не является защищенным на международном уровне. В сопредельных государствах в диапазоне 790...862 МГц могут развиваться как системы цифрового телевидения (DVB-T (2)), так и системы связи 4-го поколения (LTE);
- диапазон частот 770...790 МГц на территории РФ длительное время использовался для развития цифрового телевидения (ранее для аналогового);
- диапазон частот 791...862 МГц начиная с 2011 года запланирован и используется для развития систем связи стандарта LTE. Телевидение, в том числе и цифровое, на территории РФ выше 60 ТВК (выше 790 МГц) не развивается.

За последние 5..6 года по тематике ЭМС БО РСБН были проведены как теоретические, так и экспериментальные (в т.ч. и летные) исследования, которые показали, что в режимах межсамолетной навигации «Встреча» и «ОВК» возможно сильное влияние непреднамеренных радиопомех (НРП) от передатчиков базовых станций каждого из 4 операторов. Общий вывод из этих исследований следующий – ни одна базовая станция с заданными в таблице 1 параметрами функционировать не может. Необходимый частотный разнос составляет не менее 4,5...5,5 МГц в зависимости от оборудования РЭС сетей связи стандарта LTE.

Учитывая вышеизложенное, следует констатировать, что строительство сетей сухопутной подвижной радиосвязи стандарта LTE-800 действительно сильно затруднено в связи с большими ограничениями, а зачастую и с запретом на работу базовых станций по условиям ЭМС с БО РСБН в режимах межсамолетной навигации.

Кардинальным решением проблемы конверсии рассматриваемой полосы частот является перевод БО РСБН в международный диапазон частот работы средств воздушной радионавигационной службы 960...1215 МГц. Этот перевод возможно осуществить посредством разработки, серийного производства и оснащения ВС МО РФ перспективным БО РСБН-М. Разра-

ботка БО РСБН-М завершена, необходимы испытания, при соответствующем финансировании полное переоснащение ВС МО РФ возможно за 7-10 лет. Данные сроки, конечно, требуют своего уточнения в программе мер по конверсии радиочастотного спектра.

Модернизация БО РСБН 3 и 4 поколений с режимами МСН с целью перевода в международный диапазон частот работы средств воздушной радионавигационной службы 960...1215 МГц до настоящего времени детально не проработана.

Среди возможных вариантов решения проблемы совместного использования диапазона частот 791...821 МГц бортовым оборудованием РСБН и РЭС сетей стандарта LTE на переходный период до завершения конверсии рассматриваются различные варианты сокращения частотного ресурса (каналов) для БО РСБН с режимами МСН или перераспределения изначально выдвинутого на конкурс частотного ресурса для РЭС стандарта LTE-800. Однако все эти варианты приводят к невозможности функционирования РЭС стандарта LTE-800 как минимум одного из операторов или изменению условий проведенного конкурса и на этом основании регулирующими органами серьезно не принимаются во внимание.

Необходимо также отметить, что конверсия радиочастотного спектра в основе своей предполагает реализацию локально-территориального принципа, который основан на замене (модернизации) военной техники поэтапно на определенной территории и с соответствующим «освобождением» полос частот для развития сетей связи 4-го поколения. Такой подход более приемлем для наземных РЭС. Учитывая, что для БО РСБН не существует каких-либо территориальных ограничений по применению, то без решения в первую очередь изложенной выше проблемы совместной работы с РЭС гражданского назначения целесообразность конверсии радиочастотного спектра и ее эффективность сомнительны.

#### **Основные выводы**

1. Сложный характер решения вопросов ЭМС с БО РСБН является сдерживающим фактором для развития сетей связи стандарта LTE в диапазоне 800 МГц. Без принятия организационно-технических мероприятий полноценное развитие сетей связи стандарта LTE невозможно практически для всех операторов. Разработка и последующая реализация программы мер конверсии радиочастотного спектра по локально-территориальному принципу в интересах развития сетей связи 4 поколения без решения вопроса по БО РСБН с режимами МСН не отвечает интересам пользователей радиочастотного спектра.

2. Возможные варианты решения проблемы совместного использования диапазона частот 791...821 МГц бортовым оборудованием РСБН и РЭС сетей стандарта LTE на переходный период до завершения конверсии предполагают различные варианты сокращения частотного ресурса (каналов) для БО РСБН с режимами МСН или перераспределения изначально выдвинутого на конкурс частотного ресурса для РЭС стандарта LTE-800. Однако все эти варианты предусматривают невозможность функционирования РЭС стандарта LTE-800 как минимум одного из операторов или изменение условий проведенного конкурса и на этом основании всерьез не принимаются во внимание.

3. Кардинальным решением проблемы конверсии рассматриваемой полосы частот по прежнему остается перевод БО РСБН в международный диапазон частот работы средств воздушной радионавигационной службы 960...1215 МГц. Этот перевод возможно осуществить посредством серийного производства и оснащения воздушных судов РФ перспективным БО РСБН-М.

#### **Библиографический список**

1. Таблица распределения полос радиочастот между радиослужбами РФ. Постановление Правительства РФ от 21.12.2011 г. №1049-34.