

3. Описание РСП-6М2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eandc.ru/news/detail.php?ID=18434> или URL: <http://www.tc-alet.ru/Produksia7.html>.
4. Описание РСП-7. [Электронный ресурс]. URL: http://museum.radioscanner.ru/avionika/aviomuzejs/rsp_7/rsp_7.html.
5. Описание ANTPN-31. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/equip/an-tpn-31.htm> или URL: http://www.deagel.com/Special-Purpose-Vehicles/ANTPN-31-ATNAVICS_a000607001.aspx.
6. Описание PAR 2090 C. [Электронный ресурс]. URL: http://www.selex-sas.com/EN/Common/files/SELEX_Galileo/Products/PAR_2090.pdf
7. Описание RP-5M. [Электронный ресурс]. URL: http://www.eldis.cz/files/katalog_list/radar-RP-5M-en.pdf.
8. Федеральные авиационные правила «Радиотехническое обеспечение полетов и авиационная электросвязь. Сертификационные требования». М.: 1999. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stroyplan.ru/docs.php?showitem=6495#i106600>.
9. Теоретические основы радиолокации / Под ред. В. Е. Дулевича. М.: Советское радио, 1964.

УДК 621.396

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТНО-КODOVЫХ КАНАЛОВ РСБН И ПРМГ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НАВИГАЦИЮ И ПОСАДКУ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

М. И. Недобежкин, В. А. Сеницын

ЦНИИ ВВС Минобороны России

Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова

Рассмотрены вопросы загрузки диапазона радиочастот частотно-кодовыми каналами радиотехнической системы ближней навигации, обеспечивающей совместно с радиомаяками посадочной радиомаячной группы, управление полетами, навигацию и посадку воздушных судов в ближней аэродромной зоне

Радиотехническая система ближней навигации (РСБН) совместно с радиомаяками посадочной радиомаячной группы (ПРМГ) обеспечивает управление полетами, навигацию и посадку воздушных судов в ближней аэродромной зоне.

Система РСБН/ПРМГ представляет собой совокупность наземных радиомаяков и бортового оборудования и предназначена для определения пространственного местоположения воздушного судна (ВС) по измерениям азимута и наклонной дальности относительно наземных радиомаяков, обеспечения выполнения предпосадочного маневра и захода ВС на посадку. Кроме того, в наземном азимутально-дальномерном радиомаяке (АДРМ) системы РСБН реализуется функция наблюдения за положением ВС и воздушной обстановкой ближней аэродромной зоны на индикаторе кругового обзора (ИКО).

В настоящее время на аэродромах используются АДРМ преимущественно типа РСБН-4Н, появились в эксплуатации несколько десятков радиомаяков РСБН-4НМ, представляющих собой модернизацию радиомаяков РСБН-4Н в части приемных устройств и импульсно-навигационной аппаратуры, и в незначительном количестве сохранился радиомаяк РСБН-8Н.

Для большинства ВС оборудование РСБН является единственным средством ближней навигации. Оборудование РСБН самолетов также позволяет решать и ряд специфических задач, среди которых следует выделить [1, 2]:

- наблюдение за воздушной обстановкой в районе аэродрома при помощи индикатора кругового обзора;

- межсамолетная навигация (отдельные модификации РСБН);
- обмен информацией боевого управления между ВС, а также между ВС и командным пунктом (КП) для отдельной модификации РСБН.

Наземные радиомаяки РСБН-4Н (РСБН-4НМ), которыми в настоящее время оснащены все аэродромы, обеспечивают работу бортового оборудования (БО) РСБН в режиме «Навигация» во всенаправленном режиме и могут функционировать на 88 частотно-кодовых каналах (ЧКК) в полосах частот:

- 70...813 МГц по линии «борт-земля»;
- 873,6 ... 935,2 МГц по линии «земля-борт» для опорных и азимутальных сигналов и 939,6...1000,5 МГц для дальномерных сигналов.

Наземные радиомаяки РСБН-8Н (Е-329), которые в настоящее время представлены в единичных экземплярах на отдельных аэродромах, дополнительно к этому могут работать в режиме «Навигация» в направленном режиме на 176 частотно-кодовых каналах в полосах частот:

- 726...813 МГц по линии «борт-земля»;
- 873,6 ... 935,2 МГц и 939,6...1000,5 МГц по линии «земля-борт» для азимутальных и дальномерных сигналов.

Диапазон частот 935...960 МГц в соответствии с распределением полос радиочастот между радиослужбами РФ имеет категорию совместного использования «СИ» и используется воздушной радионавигационной службой (радиомаяки РСБН, ПРМГ и БО) на первичной основе [3]. В перспективе рассматривается вопрос о переводе категории «СИ» в категорию «ГР» преимущественного использования гражданскими РЭС с приоритетом использования гражданских средств. Последнее также усложнит условия обеспечения ЭМС бортовых РЭС ВРНС. В этой связи более актуальной становится проблема перевода РЭС системы РСБН/ПРМГ в международный диапазон частот (МДЧ) 960...1215 МГц.

С этой целью разработан, серийно выпускается и поступает в эксплуатацию азимутально-дальномерный радиомаяк «Тропа-СМД», который может функционировать в режиме «Навигация» на части каналов направленного режима (56 ЧКК) в полосах частот:

- 726...768 МГц и 962...1000,5 МГц по линии «борт-земля» на выбор в зависимости от возможностей бортового оборудования. Использование для линии «борт-земля» полосы 726...768 МГц осложняется проведенными конверсионными мероприятиями по развитию телевидения на территории РФ, а также отсутствием международно-правового резервирования этой полосы частот для целей ВРНС в приграничных районах;
- по линии «земля-борт» 962...1000,5 МГц для азимутальных и дальномерных сигналов. Участок 960...1000,5 МГц согласно п. S5.328 Международного регламента радиосвязи и распределению полос радиочастот между радиослужбами в Российской Федерации отведен для РЭС воздушной радионавигационной службы.

Использование АДРМ «Тропа-СМД» существующим парком БО РСБН 3, 4 и 5 поколений возможно только с использованием линии «борт-земля» в диапазоне частот 726...768 МГц. Использование линии «борт-земля» в диапазоне частот 962...1000,5 МГц БО РСБН 3, 5 и 5 поколений возможно после проведения соответствующих доработок бортовых передатчиков и АФУ.

С начала 1950-х годов промышленностью разработаны и серийно выпускались 5 поколений БО РСБН.

БО РСБН 1 поколения (РСБН-2С, РСБН-5С, РСБН-6С) может использовать в режиме «Навигация» во всенаправленном режиме первые 40 ЧКК в полосах частот:

- 772...808 МГц по линии «борт-земля»;
- по линии «земля-борт» 905,1...932,4 МГц для опорных и азимутальных сигналов и 939,6...966,9 МГц для дальномерных сигналов.

БО РСБН 2 поколения (РСБН-7С, РСБН-ПКВ) может использовать в режиме «Навигация» во всенаправленном режиме 88 ЧКК в полосах частот:

- 770...813 МГц по линии «борт-земля»;
- по линии «земля-борт» 873,6 ... 935,2 МГц для опорных и азимутальных сигналов и 939,6...1000,5 МГц для дальномерных сигналов.

БО РСБН 3 поколения (А-312, А-317, А-324, А-331 и др.) дополнительно к этому может использовать в режиме «Навигация» в направленном режиме 176 ЧКК в полосах частот:

- 726...813 МГц по линии «борт-земля»;
- по линии «земля-борт» 873,6 ... 935,2 МГц и 939,6...1000,5 МГц для азимутальных и дальномерных сигналов.

БО РСБН 4 поколения (РСБН-85), 5 поколения (РСБН-ОВК-2000) и разрабатываемое в настоящее время БО РСБН 6 поколения (РСБН-М) в части возможностей работы в режиме «Навигация» ничем не отличается от БО РСБН 3 поколения.

В настоящее время РЭС системы РСБН/ПРМГ в режиме «Навигация» используют 40 ЧКК всенаправленного режима, так как в эксплуатации находится большое количество (около 20%) БО РСБН 1 поколения. К тому же возможности использования БО РСБН в режиме «Навигация» на 88 ЧКК во всенаправленном режиме и на 176 ЧКК в направленном режиме сильно ограничены из-за проводившихся в последние годы мероприятий по конверсии радиочастотного спектра (РЧС).

Для работы в режиме «Посадка» все поколения БО РСБН используют сигналы наземных радиомаяков ПРМГ-5, ПРМГ-76У (ПРМГ-76УМ), которые обеспечивают работу на 40 ЧКК в полосах частот:

- 772...808 МГц по линии «борт-земля»;
- по линии «земля-борт» 905,1...932,4 МГц для курсовых сигналов и 939,6...966,9 МГц для глиссидных и дальномерных сигналов.

Для обеспечения функционирования БО РСБН в режиме «Посадка» полностью в МДЧ и на переходный период заданы разработка новых радиомаяков ПРМГ-ОМД, ПРМГ-2010 и модернизация существующих радиомаяков посадки ПРМГ-76УМ.

Данные РЭС будут функционировать на 8 ЧКК в следующих полосах частот:

- 962...966,9 МГц – для передачи глиссидных и дальномерных сигналов (линия «земля-борт»);
- 927,5...932,4 МГц и 990...994,9 МГц – для передачи курсовых сигналов (линия «земля-борт») на выбор в отечественном и международном диапазонных частот (ОДЧ и МДЧ) для различных типов (не модернизированного и модернизированного соответственно) БО РСБН;
- 804...808 МГц и 981,6...986,5 МГц – для передачи дальномерных сигналов (линия «борт-земля») на выбор в ОДЧ и МДЧ для различных типов (не модернизированного и модернизированного соответственно) БО РСБН.

Техническая суть проводимой модернизации – создание радиомаяков посадки, функционирующих одновременно как в отечественном, так и в международном диапазонах частот и обеспечивающих возможность работы различных типов БО РСБН в режиме «Посадка» в переходный период перевода РЭС ВРНС в МДЧ. По окончании переходного периода функционирование радиомаяков в отечественном диапазоне будет прекращено и сохранится работа только в МДЧ.

Для обеспечения функционирования различных типов БО РСБН в режиме «Навигация» в переходный период планируется одновременное использование на аэродромах как радиомаяков старого парка РСБН-4Н (РСБН-4НМ), так и радиомаяков «Тропа-СМД». Их одновременное функционирование предполагает использование частично пересекающегося частотного ресурса (962...966,9 МГц), что должно быть учтено при назначении ЧКК АДРМ «Тропа-СМД».

При внедрении на аэродромах радиомаяков посадки ПРМГ-ОМД, ПРМГ-2010 или модернизированных радиомаяков ПРМГ-76УМ их частотные назначения должны выбираться из 8 частотно-кодовых каналов с учетом норм частотно-территориального разнеса. Существующие назначения действующих радиомаяков РСБН, ПРМГ на 33...40 ЧКК должны быть со-

хранены и трансформированы соответственно в 1...8 каналы радиомаяков ПРМГ-ОМД, ПРМГ-2010 или модернизированных радиомаяков ПРМГ-76УМ.

При использовании АДРМ «Тропа-СМД» или радиомаяков ПРМГ-ОМД, ПРМГ-2010 или модернизированных радиомаяков ПРМГ-76УМ в полосе частот 962...1000,5 МГц МДЧ внутрисистемная ЭМС на борту ВС при передаче по линии «борт-земля» близкорасположенных ВС и при приеме по линии «земля-борт») обеспечивается использованием частотного дуплекса в 19,6 МГц между частотами работы приемника и передатчика и кодированием импульсных сигналов. Отсутствие непреднамеренных радиопомех от канала по линии «борт-земля» своего передатчика при приеме по линии «земля-борт» обеспечивается также дополнительным бланкированием приемника при излучении передатчика.

Радиомаяки РСБН, ПРМГ в настоящее время используют для работы частотные назначения, в большинстве своем удовлетворяющие установленным нормам частотно-территориального разнота, обеспечивающего внутрисистемную ЭМС для БО.

Функция наблюдения за воздушной обстановкой в районе аэродрома на встроенном ИКО (в аппаратной) и выносном ИКО (ВИКО) реализована в аппаратуре всех наземных радиомаяков РСБН с использованием сигналов от БО РСБН в пределах выделенных для обеспечения режима «Навигация» полос частот.

На отдельных модификациях БО РСБН для выполнения определенных задач по предназначению ВС реализована функция межсамолетной навигации в режимах «Встреча» и «ОВК».

Разработанное в настоящее время БО РСБН 6 поколения РСБН-М в режимах «Навигация» и «Посадка» будет иметь дополнительно возможность работы линии «борт-земля» в полосе частот 962...1000,5 МГц для работы с АДРМ «Тропа-СМД» и приемником дальномеров ПРМГ-2010, в режиме «Посадка» возможен прием сигналов в полосе частот 990...994,9 МГц для работы с курсовым радиомаяком ПРМГ-ОМД, ПРМГ-2010 или модернизированной ПРМГ-76УМ. В этом оборудовании дополнительно вводятся режимы межсамолетной навигации – асинхронный режим «Встреча» в диапазоне 960...1000,5 МГц и синхронный режим работы «ОВК с ШПС» в диапазоне 960...1215 МГц группы до 100 ВС.

Построение аппаратуры РСБН-М задано по интегрированному принципу и должно объединить в единое целое отдельные разрозненные бортовые средства, исторически существовавшие отдельно и использующие различные диапазоны частот.

Таким образом, существующие и перспективные средства системы РСБН/ПРМГ, исходя из описанных выше функциональных возможностей, интегрально занимают и планируют к использованию следующие полосы радиочастот:

- 905,1...1000,5 МГц – для приема и передачи дальномерных, азимутальных, курсовых и глассадных сигналов (линии «земля-борт» и «борт-борт»);
- 726...813 МГц – для приема и передачи дальномерных сигналов (линии «борт-земля» и «борт-борт») в ОДЧ для различных типов немодернизированного БО РСБН;
- 960...1215 МГц – для приема и передачи сигналов (линия «борт-борт») БО РСБН-М в режиме «ОВК с ШПС».

До начала внедрения на радиомаяках ближней навигации направленного режима в связи с появлением в эксплуатации радиомаяков «Тропа-СМД» средства обеспечения полетов ВС рассматриваемого диапазона частот представляли собой достаточно взаимосвязанную в вопросах частотного обеспечения группу средств, в которой несмотря на видимые пересечения полос используемых частот отсутствовали внутрисистемные радиопомехи. Это достигалось частотным планированием назначений маяков и других РЭС.

Из межсистемных радиопомех, оказывающих влияние на РЭС этой группы, следует отметить средства гражданского назначения – сотовую связь различных поколений и ТВ-вещание.

Появление в эксплуатации в 2014 г. радиомаяков «Тропа-СМД» обозначило начало переходного периода перевода средств ближней навигации и инструментальной посадки РСБН/ПРМГ в международный диапазон частот (МДЧ). При вводе в эксплуатацию первых экземпляров радиомаяков «Тропа-СМД» обозначились две серьезные проблемы, связанные с

возможным помеховым влиянием. Одна из них связана с влиянием на приемное устройство диапазона 726...768 МГц РЭС ТВ-вещания на 50...60 ТВК, внедрение которых в рамках конверсии радиочастотного спектра (РЧС) последние годы проводилось без учета возможного появления в эксплуатации радиомаяков «Тропа-СМД». Другая проблема связана с влиянием на приемное устройство диапазона 962...1000,5 МГц сигналов базовых станций сотовой связи верхней части диапазона 900 МГц и глассадных каналов существующих ПРМГ, а в будущем – еще и курсовых каналов перспективных радиомаяков ПРМГ-ОМД, ПРМГ-2010 и модернизированной ПРМГ-76УМ. Обе проблемы в основном обусловлены слабой частотной избирательностью приемных устройств диапазонов 700 МГц и 900 МГц радиомаяков «Тропа-СМД».

В настоящее время АДРМ «Тропа-СМД» серийно выпускается и поставляется на аэродромы. Произведены назначения частотно-кодовых каналов (ЧКК) для 9 аэродромов. Реально АДРМ «Тропа-СМД» введены в эксплуатацию на 2 аэродромах. Основная причина, не позволяющая полноценно эксплуатировать введенные в эксплуатацию маяки, состоит в недостаточном количестве БО РСБН, способного функционировать с ними в МДЧ. Серийно производится только один тип БО РСБН 3 поколения с возможностью работы в МДЧ – модификация А-331 с двухдиапазонным передатчиком на 700 МГц и 900 МГц. По этой причине использование АДРМ «Тропа-СМД» возможно только БО РСБН 3...5 поколений с функционированием линии «борт-земля» в ОДЧ. Дополнительно к этому поставки АДРМ «Тропа-СМД» на аэродромы осуществлялись без учета наличия у базирующихся ВС БО РСБН 3...5 поколений, способного с ним работать в ОДЧ.

Проведенные исследования в части разработки рекомендаций по назначению частотно-кодовых каналов для АДРМ «Тропа-СМД» в ОДЧ и анализ существующих назначений действующих маяков РСБН, ПРМГ показали, что частотные присвоения этих групп РЭС, за исключением узкой полосы частот 962...966,9 МГц, относительно невзаимосвязаны. Это объясняется использованием у данных РЭС для приема и излучения сигналов разных полос частот, отстоящих друг от друга на 150...250 МГц и имеющих за счет этого естественный частотный дуплекс.

Совершенно другая картина возникает при рассмотрении работы данных РЭС в МДЧ в полосе 962...1000,5 МГц на одном аэродроме в непосредственной близости друг от друга. Дополнительно к имеющимся 4 каналам излучения (дальномерный канал маяка РСБН, каналы РД и ГРМ ПРМГ, азимута и дальности АДРМ «Тропа-СМД») появляются каналы приема РД и канал излучения курса ПРМГ-ОМД или их аналогов, каналы приема АДРМ «Тропа-СМД». Сочетание в достаточно узкой полосе частот (менее 40 МГц) нескольких каналов приема и излучения в непосредственной близости друг от друга на одном аэродроме, а также необходимость в достаточно большом количестве таких наборов из ЧКК данных РЭС (для развязки между маяками аэродромов) создает дополнительные сложности в реализации их беспомехового функционирования. Дополнительно к упомянутым РЭС системы РСБН/ПРМГ в рассматриваемой полосе частот предполагается работа БО РСБН в режимах межсамолетной навигации (МСН), наземных и авиационных терминалов объединенной системы связи, навигации и обмена данными (ОСНОД).

Основные выводы

1. Результаты оценки загрузки диапазона частот 900 МГц действующими и перспективными РЭС системы РСБН/ПРМГ, а также средствами сетей сотовой связи в смежной полосе частот показывают, что к частотной избирательности приемных устройств должны предъявляться достаточно высокие требования. В противном случае использование частотного ресурса будет неэффективным и подобрать достаточное количество наборов ЧКК РЭС системы РСБН/ПРМГ для существующей аэродромной сети, особенно в регионах с высокой ее плотностью, станет невозможным.

2. С появлением в эксплуатации на аэродромах АДРМ «Тропа-СМД» наметилось начало перевода РЭС системы РСБН/ПРМГ в международный диапазон частот. Вместе с этим обозначились и проблемы в функционировании АДРМ «Тропа-СМД» как в отечественном,

так и в международном диапазоне частот, связанные с работой других РЭС в совпадающих полосах частот.

3. Проблемы функционирования АДРМ «Тропа-СМД» в ОДЧ связаны с работой РЭС ТВ-вещания, внедрение которых проводилось в рамках мероприятий по конверсии радиочастотного спектра без учета появления в перспективе АДРМ «Тропа-СМД». В МДЧ АДРМ «Тропа-СМД» испытывают влияние, связанное с работой существующих радиомаяков ПРМГ и базовых станций сетей сотовой связи диапазона 900 МГц. С появлением в эксплуатации радиомаяков ПРМГ-ОМД или их аналогов в МДЧ проблемы с обеспечением ЭМС рассматриваемых РЭС существенно усложнятся.

4. Обозначенные проблемы требуют учета как в доработках, существующих РЭС (АДРМ «Тропа-СМД»), так и в завершении проводимых ОКР (ПРМГ-ОМД).

Библиографический список

1. *Сосновский А. А., Хаймович И. А.* Радиоэлектронное оборудование летательных аппаратов (Справочник). М.: Транспорт, 1987.

2. *Сосновский А. А., Хаймович И. А., Лутин Э. А., Максимов И. Б.* Авиационная радионавигация (Справочник). М.: Транспорт, 1990.

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

УДК 621.396

ОЦЕНКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ РСБН-ПРМГ

М. И. Недобежкин, В. А. Синицын

ЦНИИ ВВС Минобороны России

Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова

Приведены результаты анализа причин и источников непреднамеренных активных помех бортовой и наземной аппаратуре системы РСБН-ПРМГ, а также основных методов и средств обеспечения помехоустойчивости штатного оборудования РСБН-ПРМГ на аэродромах РФ.

Радиотехническая система ближней навигации (РСБН) совместно с радиомаяками посадочной радиомаячной группы (ПРМГ) предназначена для управления полетами, навигации и обеспечения посадки воздушных судов авиации ВКС РФ. В условиях штатной работы функционирование системы РСБН-ПРМГ сопровождается мешающим действием непреднамеренных активных внутрисистемных и межсистемных помех различного типа и интенсивности.

1. Причины и источники непреднамеренных активных помех бортовой и наземной аппаратуре системы РСБН-ПРМГ

До начала 2010-х годов внутрисистемные помехи в бортовой и наземной аппаратуре системы РСБН-ПРМГ практически отсутствовали. Это объясняется принятыми в 1950-х гг. на начальных этапах разработки системы РСБН-ПРМГ решениями по планированию и разнесению диапазонов частот для приемных и передающих устройств, накопленным опытом эксплуатации радиоэлектронных средств (РЭС) систем РСБН-ПРМГ и детальной проработкой вопросов частотного планирования и распределения частотно-кодовых каналов (ЧКК) на аэродромах ВКС РФ.

Возникновение межсистемных непреднамеренных радиопомех (НРП) средствам радионавигационных систем (РНС) от РЭС гражданского назначения в связи с их бурным развити-