

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-

ем последние 20 лет происходит в основном от различных нарушений операторов связи и состоит в следующем:

- использование запрещенных к применению частотных каналов, нарушающих нормы частотно-территориального разнеса (ЧТР);
- использование частотных каналов для базовых станций с вертикальной поляризацией на базовых станциях с наклонной поляризацией;
- несоблюдение энергетических ограничений на излучаемую мощность базовыми станциями или телевизионными передатчиками;
- использование незарегистрированных базовых станций, нарушающих нормы ЧТР.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования подтвердили вывод о возможности беспомехового функционирования РЭС системы РСБН-ПРМГ и РЭС сотовой связи диапазона 900 МГц в общей полосе радиочастот. По результатам проведенных исследований разработаны нормы ЧТР, которые впоследствии были закреплены законодательно Минсвязи РФ.

Возникновение межсистемных НРП в настоящее время возможно также вследствие снижения характеристик помехозащищенности при модернизации средств РСБН-ПРМГ. Такие факты свидетельствуют об отсутствии проработки вопросов ЭМС, должного контроля к характеристикам РЭС в процессе самой модернизации и испытаний по результатам выполненных работ. Примером может служить модернизация радиомаяка РСБН-4Н в части замены приемных устройств и импульсно-навигационной аппаратуры (РСБН-4НМ). Помехозащищенность приемных устройств маяков РСБН-4НМ от основных помеховых сигналов рабочего диапазона (ТВ-вещание, сотовая связь стандарта LTE-800) оказалась существенно хуже, чем у предшественников - маяков РСБН-4Н. По этой причине на отдельных аэродромах в результате замены наземного оборудования РСБН-4Н на РСБН-4НМ появились жалобы на недопустимое помеховое воздействие, хотя до замены обеспечивалось беспомеховое функционирование.

Снижение мощности передающего устройства БО РСБН-85В до 500 Вт по сравнению с БО РСБН-ПКВ, РСБН-7СВ, А-312-09 и А-312-040, у которых аналогичный показатель составляет 2...3 кВт, является причиной снижения дальности действия в режимах МСН, особенно в условиях НРП.

Несоблюдение параметров ЭМС РЭС в ходе модернизации может являться причиной возникновения и внутрисистемных НРП. Таким примером может служить модернизация радиомаяка ПРМГ-76У в части замены передающих устройств электролампового исполнения на твердотельные передатчики (ПРМГ-76УМ). Соотношение мощностей передатчиков РД и ГРМ в ПРМГ-76УМ оказалось сниженным на 6 дБ по сравнению с аналогичным показателем в ПРМГ-76У, что явилось причиной отказов дальномерного канала БО РСБН из-за влияния глассадного канала на небольших расстояниях от ВПП.

При разработке новых средств в новых полосах радиочастот вопросам ЭМС необходимо уделять особое внимание. Помимо теоретических оценок возможного помехового влияния по результатам анализа загрузки полос и диапазонов частот следует выполнять лабораторные исследования на макетах и прототипах приемных устройств и практические эксперименты по оценкам уровней сигналов в районах предполагаемого размещения РЭС. С тем, чтобы на более ранних стадиях разработки выявить потенциально конфликтные ситуации, связанные с возможным помеховым воздействием.

Недостаточная проработка вопросов возможного помехового влияния и обеспечения частотной избирательности приемных устройств в АДРМ «Тропа-СМД» привела к тому, что большая часть ЧКК не может быть использована по условиям ЭМС с РЭС ТВ-вещания, сотовой связи и глассадных каналов существующих ПРМГ. При внедрении маяков ПРМГ-ОМД влияние на приемное устройство диапазона 900 МГц будет оказывать еще и курсовой канал.

2. Основные методы и средства обеспечения помехоустойчивости штатного оборудования РСБН и ПРМГ на аэродромах.

Как известно, обеспечение электромагнитной совместимости различных РЭС представляет собой сложную задачу, для решения которой не существует универсальных приемов, одинаково эффективных для различных классов РЭС и областей их применения. Следует отметить, что даже для сравнительно узких областей применения, ввиду комплексного характера проблемы, успешно решать задачи обеспечения ЭМС можно только на основе проведения мероприятий различного характера. Причем, такие мероприятия должны осуществляться на всех этапах жизненного цикла РЭС – от стадии проектирования до этапа эксплуатации.

Для задачи обеспечения ЭМС вновь создаваемого РЭС характерна особенность – по мере завершения разработки и перехода к стадиям производства и эксплуатации набор доступных средств борьбы с НРП и их эффективность снижаются, а стоимость мероприятий возрастает [1, 2].

Таким образом, вопросы обеспечения ЭМС должны учитываться в максимальной степени на более ранних этапах жизненного цикла РЭС. Исключение влияния возможных источников НРП на различные рецепторы на этапах проектирования и производства дает лучшие результаты и оправдано экономически. Решения, принимаемые на более поздних этапах (этап эксплуатации), наиболее сложны в реализации, требуют значительных дополнительных капитальных затрат, увеличивают время ввода в эксплуатацию, а чаще оказываются малоэффективными, не позволяющими обеспечить требуемые эксплуатационные показатели новых технических средств.

Среди методов обеспечения ЭМС уже разработанных РЭС, внутреннюю помехозащищенность приемных устройств которых от основных видов помеховых сигналов других РЭС изменить невозможно, выделяют организационные и технические. К организационным методам можно отнести временную регламентацию и частотное планирование. К техническим методам обеспечения ЭМС РЭС относят применение фильтров, бланкирование и супрессирование. Возможно также сочетание отдельных организационных и технических методов.

При решении задачи обеспечения высокого уровня частотной избирательности и помехозащищенности приемного устройства, разрабатываемого РЭС следует оценить их параметры теоретически и практически хотя бы предварительно по известным характеристикам входящих в него составных частей, в первую очередь усилителя высокой частоты (УВЧ) и усилителя промежуточной частоты (УПЧ) приемника. Далее, в случае недостаточности указанных параметров, следует провести мероприятия по их улучшению до требуемых нормативных значений.

В качестве таких мероприятий может быть предложены:

- увеличение количества каскадов УПЧ;
- применение входных фильтров (режекторных и полосовых).

Применение входных фильтров может осуществляться в тех случаях, когда доработка или замена приемного устройства экономически нецелесообразны или когда разработка РЭС завершена и помеховое влияние обнаружено практически на этапе эксплуатации.

Улучшение частотной избирательности с использованием входных фильтров сопровождается некоторыми особенностями. Рабочий частотный диапазон разрабатываемых средств системы РСБН-ПРМГ может составлять от нескольких единиц до десятков мегагерц. Очевидно, что экономически оправдана разработка, изготовление и эксплуатация меньшего количества относительно простых входных фильтров. В тех случаях, когда рабочая полоса частот приемного устройства и количество частотных каналов невелики, для повышения частотной избирательности уже разработанного или взятого за основу из предыдущих разработок приемного устройства могут быть рекомендованы полосовые фильтры. Например, в разрабатываемом приемном устройстве ПРМ-РД ретранслятора дального действия ПРМГ-ОМД отечественного диапазона используются всего два частотных канала на 804 и 808 МГц.

В случае недостаточной частотной избирательности приемных устройств могут быть предложены к разработке и включению в комплект поставки изделия два неперестраиваемых полосовых фильтра на указанные частоты. В процессе эксплуатации в случае появления помеховых воздействий от РЭС стандарта LTE-800 или ТВ-вещания разработанные фильтры после соответствующей оценки электромагнитной обстановки (ЭМО) на аэродроме могут

быть включены в состав изделия после антенно-фидерного устройства на входе приемного устройства.

В случае, когда рабочая полоса частот приемного устройства составляет несколько десятков мегагерц, а количество частотных каналов составляет несколько десятков, для снижения уровней помеховых сигналов на входе приемного устройства из-за недостаточной частотной избирательности могут быть рекомендованы режекторные фильтры. Их номенклатура должна быть также невелика по количеству и защищать они должны группу частотных каналов приемного устройства в сочетании с естественной частотной избирательностью приемника. Примерами такого использования могут быть семейства относительно небольшого количества режекторных фильтров для приемных устройств диапазонов 700 МГц и 900 МГц АДРМ «Тропа-СМД».

Определенных результатов в части обеспечения ЭМС можно добиться также изменением (доведением) параметров и характеристик антенн РЭС. Например, если влияние ожидается при воздействии излучения по боковому или заднему лепесткам диаграммы направленности антенны рецептора или источника помех, то следует обратить внимание на уровни боковых и задних лепестков и принять меры по их снижению.

При помеховом влиянии по главному лепестку снижение уровня принимаемого сигнала возможно изменением ориентации антенн в угломестной плоскости – регулировкой угла расположения нижней кромки диаграммы направленности антенны относительно поверхности земли, если это не противоречит основному назначению антенны по приему сигналов в основной зоне использования РЭС.

Заключение

1. Наиболее значимыми источниками непреднамеренных радиопомех, оказывающих влияние на работу бортового оборудования РСБН воздушных судов при его функционировании с существующими радиомаяками РСБН и ПРМГ, являются базовые станции сетей сотовой связи различных стандартов диапазона 900 МГц. На работу наземных радиомаяков навигации и посадки в отечественном диапазоне частот существенное влияние способны оказать РЭС ТВ-вещания и базовые станции сетей сотовой связи стандарта LTE-800.

2. С появлением в эксплуатации на аэродромах АДРМ «Тропа-СМД» намечилось 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. Проблемы 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 верхней части диапазона 900 МГц.

3. С появлением в эксплуатации радиомаяков ПРМГ-ОМД или их аналогов в МДЧ проблемы с обеспечением ЭМС рассматриваемых РЭС существенно усложнятся.

4. Рассмотрены методы обеспечения ЭМС при функционировании РЭС системы РСБН-ПРМГ в условиях сложной радиоэлектронной обстановки. Более детально представлены предложения по обеспечению ЭМС АДРМ «Тропа-СМД» в условиях сложной радиоэлектронной обстановки на основе использования набора входных фильтров.

Библиографический список

1. *Седельников Ю. Е.* Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. Учебное пособие. Казань: ЗАО «Новое знание», 2006.
2. *Малков Н. А., Пудовкин А. П.* Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007.