

Вопросы обеспечения помехоустойчивости систем авиационной радиосвязи в условиях радиоэлектронного конфликта

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru
А. Е. Алексеев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»
(г. Воронеж)

***Аннотация.** В статье на основе предложенной модели функционирования системы управления авиацией в условиях радиоэлектронного конфликта проведен анализ факторов, влияющих на помехоустойчивость систем авиационной радиосвязи, позволяющий выработать основные направления и способы ее повышения.*

***Ключевые слова:** система авиационной радиосвязи, помехоустойчивость, помехозащищенность, электромагнитная совместимость, радиоэлектронное противодействие, радиоподавление.*

Введение

Развитие военной авиации идет по пути создания перспективных авиационных комплексов с расширенными боевыми возможностями, в том числе по применению высокоточного оружия. Это, в свою очередь, ведет к увеличению объема информации, циркулирующей в контуре управления авиацией, и направленной на решение большого количества задач (управления воздушным движением, навигации, разведки, наведения и др.). В этих условиях устойчивость управления во многом зависит от эффективности системы связи, под которой следует понимать способность выполнять задачи по доставке и обработке информации с требуемым качеством в заданных условиях обстановки [1].

Опыт современных вооруженных конфликтов показывает, что эффективность системы военной связи в условиях применения противоборствующей стороной средств радио- и радиотехнической разведки (РРТР), средств радиоэлектронного противодействия (РЭП) зависит от ряда свойств, отвечающих требованиям системы управления по своевременной, достоверной и безопасной передаче информации, важнейшими из которых являются помехоустойчивость и разведзащищенность [1].

Обеспечение эффективного управления современными авиационными комплексами требует применения большого количества средств радиосвязи, радионавигации, радиолокации и др., сконцентрированных на ограниченной территории и являющихся источниками радиоизлучений. Данные источники радиоизлучений, с одной стороны, являются источниками непреднамеренных помех другим радиоэлектронным средствам (РЭС), что требует принятия организационных и технических мер по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС). С другой стороны, указанные источники радиоизлучений обладают характерным набором демаскирующих признаков, снижающих разведывательную защищенность системы связи и повышающие вероятность ее вскрытия средствами РРТР противника.

Вскрытие системы связи эквивалентно вскрытию системы управления и влечет за собой принятие решения противоборствующей стороной на применение средств огневого или радиоэлектронного подавления элементов системы связи с целью дезорганизации управления авиацией.

Таким образом, функционирование системы управления авиацией, в том числе в боевой обстановке, осуществляется в условиях радиоэлектронного конфликта, что требует анализа факторов влияющих на помехоустойчивость системы связи и разработки методов ее повышения.

1. Модель функционирования системы управления авиацией в условиях радиоэлектронного конфликта

Для проведения всестороннего анализа факторов влияющих на помехоустойчивость системы связи рассмотрим упрощенную модель функционирования системы управления авиацией в условиях радиоэлектронного конфликта, представленную на рис. 1.

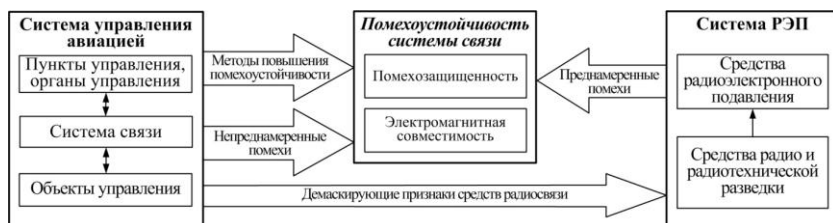


Рис. 1. Модель функционирования системы управления авиацией в условиях радиоэлектронного конфликта

Под радиоэлектронным конфликтом будем понимать антагонизм целей РЭС противоборствующих систем управлений, либо

отрицательное взаимное влияние РЭС обеспечивающих функционирование одной системы управления.

В условиях информационного противоборства различных систем управления, система связи и система РЭП решают противоположные задачи (рис.1). Система связи решает задачу устойчивого управления, в то время как система РЭП решает задачу по срыву управления.

При отсутствии целенаправленного воздействия на систему связи средств РЭП, ее элементы могут создавать недопустимые радиопомехи другим РЭС.

Качество функционирования системы связи в условиях радиоэлектронного конфликта характеризуется помехоустойчивостью, под которой понимают способность выполнять задачи по предназначению в условиях воздействия преднамеренных и непреднамеренных помех. Составляющими помехоустойчивости являются помехозащищенность и электромагнитная совместимость (ЭМС) [1].

Необходимо отметить, что в условиях целенаправленного воздействия на систему авиационной радиосвязи и ее элементы средств радиоэлектронного подавления наибольший интерес представляют факторы, влияющие на помехозащищенность, под которой понимают ее способность выполнять задачи по предназначению в условиях радиоподавления при воздействии преднамеренных помех. При этом целью системы [1].

Радиоэлектронное противодействие предусматривает выполнение мероприятий в рамках двух последовательных этапов (рис. 1) [1]:

этап РРТР средств радиосвязи и системы связи в целом;

этап радиоэлектронного воздействия на средства радиосвязи путем постановки преднамеренных помех.

В этом случае максимизация помехоустойчивости системы связи должна основываться на снижении демаскирующих признаков источников радиоизлучения (ИР) и применении методов повышения помехоустойчивости, компенсирующих воздействие помех.

При отсутствии радиоэлектронного противодействия повышается интерес к факторам, влияющим на ЭМС, под которой понимают способность РЭС одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных помех и не создавать недопустимых радиопомех другим РЭС [2].

Таким образом, разработанная модель позволяет произвести всесторонний анализ факторов влияющих на помехоустойчивость системы связи в условиях радиоэлектронного конфликта.

2. Факторы, влияющие на помехозащищенность системы авиационной радиосвязи

Воздействие на средства авиационной радиосвязи преднамеренных помех, обусловленных применением средств радиоэлектронного подавления, наблюдается, как правило, в течение ограниченного промежутка времени, но при этом обладает устойчивой повторяемостью. В этих условиях функционирование системы авиационной радиосвязи можно рассматривать как квазистационарный процесс, что позволяет для анализа и оценки ее помехозащищенности использовать математический аппарат статистической теории и теории надежности. При этом, оценку помехозащищенности системы авиационной радиосвязи можно осуществлять коэффициентом помехозащищенности, являющимся вероятностной величиной, зависящей от вероятности вскрытия системы радиосвязи системой РРТР и условной вероятности подавления системы радиосвязи (ее элементов) средствами РЭП [1]:

$$K_{пз} = 1 - P_{вскр} \cdot P_{под} \quad (1)$$

где $P_{вскр}$ – вероятность – вскрытия; $P_{под}$ – условная вероятность подавления.

На этапе РРТР выполняется последовательный ряд мероприятий: обнаружение ИР; оценка параметров ИР; опознавание элементов системы связи и отождествление их с определенным звеном управления. Следовательно, вероятность вскрытия системы авиационной радиосвязи может быть найдена следующим образом:

$$P_{вскр} = P_{обн} \cdot P_{оц} \cdot P_{оп} \quad (2)$$

где $P_{обн}$ – вероятность обнаружения источника ИР средствами РРТР; $P_{оц}$ и $P_{оп}$ – условные вероятности оценки характеристик радиосигналов ИР и опознавания по ним элементов средств радиосвязи средствами РРТР.

Вскрытие системы авиационной радиосвязи обеспечивает условия радиоэлектронного воздействия на ее элементы.

Целью радиоэлектронного подавления является создание условий, затрудняющих функционирование средств радиосвязи, приводящих к срыву выполнения задач по своевременной, достоверной и безопасной передаче информации и нарушению управления авиацией в целом.

Основным способом радиоэлектронного воздействия является постановка преднамеренных помех.

Эффективность постановки помех обусловлена полнотой информации о технических характеристиках подавляемых средств, выявленной на этапе РРТР и техническими характеристиками средств радиоэлектронного подавления (станций помех). При этом, вероятность радиоэлектронного подавления $P_{\text{под}}$ системы авиационной радиосвязи может быть определена по формуле [1]:

$$P_{\text{под}} = P_{\text{эп}} \cdot P_{\text{вп}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{эп}}$ – вероятность энергетического подавления, характеризующая отношением энергетического потенциала станции помех и уровня полезного сигнала на входе подавляемого приемника; $P_{\text{вп}}$ – вероятность временного подавления, определяемая соотношением времени действия преднамеренной помехи и времени передачи полезной информации при совпадении (полном или частичном) этих временных интервалов.

Из выражений (1) – (3) следует, что помехозащищенность системы авиационной радиосвязи непосредственно зависит от разведзащищенности. Следовательно, факторы, снижающие разведзащищенность, одновременно снижают и помехозащищенность.

Как следует из опыта современных вооруженных конфликтов и локальных войн, потенциальный противник уделяет большое внимание развитию средств РРТР и РЭП, а также тактике их боевого применения [3-4]. Это требует совершенствования системы авиационной радиосвязи на основе повышения ее разведывательной защищенности и помехозащищенности, с учетом внешних и внутренних факторов, влияющих на эти свойства.

К внешним факторам, влияющим на помехозащищенность систем авиационной радиосвязи, относятся [3-4]:

наличие у потенциального противника систем РРТР наземного, воздушного и космического базирования, способных обнаруживать ИР во всем диапазоне частот, используемом для авиационной радиосвязи на дальностях до 2-3 тысяч км – в диапазоне КВ и до 300-500 км – в диапазоне УКВ;

наличие на вооружении потенциального противника средств РЭП, обеспечивающих подавление средств авиационной радиосвязи в диапазонах от 1,5 до 500 МГц;

в состоящих на вооружении потенциального противника комплексах РЭП, как правило, применяются «заградительные» помехи, постановка которых не требует подробной оценки радиосигналов ИР, что минимизирует время реакции комплекса РЭП;

в перспективных комплексах РЭП потенциального противника предполагается применение прицельных по структуре сигнала помехи для подавления широкополосных средств радиосвязи (например, использующих сигналы с ППРЧ);

активное внедрение маломощных, высококомобильных средств РЭП;

все более широкое использование авиационных комплексов с бесплотными летательными аппаратами для базирования средств РЭП; разработка средств РЭП космического базирования.

К внутренним факторам, снижающим помехозащищенность систем авиационной радиосвязи относятся следующие [1, 5]:

большое количество состоящих на вооружении средств авиационной радиосвязи различных поколений, многие из которых не имеют современных развед- и помехоустойчивых протоколов радиосвязи;

работа средств радиосвязи, в большинстве случаев, на фиксированных или медленно меняющихся частотах в известных, закреплённых нормативно диапазонах частот, энергетически доступных для средств РРТР и РЭП потенциального противника;

широкое использование для авиационной радиосвязи узкополосных сигналов с большим количеством демаскирующих признаков;

большие мощности излучения радиопередатчиков средств авиационной связи (десятки – сотни Вт – в диапазоне УКВ; сотни Вт – десятки кВт – в диапазоне КВ);

слабые направленные свойства большинства антенн, используемых для авиационной радиосвязи;

широкое применение в системах авиационной радиосвязи открытых каналов связи;

отсутствие в системах авиационной радиосвязи эффективных технических средств защиты от ретрансляции помех, их размножения;

отсутствие в составе линий авиационной радиосвязи эффективных технических и аппаратно-программных средств, обеспечивающих своевременное обнаружения подавленных помехами участков связи, определение характера помех, источников их возникновения и своевременное отключение от сети поражённых помехами участков;

отсутствие отработанных методик и инструкций по действиям личного состава подразделений связи и РТО в условиях действия средств РЭП противника;

отсутствие утверждённой методики для сравнительной оценки помехозащищённости авиационных систем радиосвязи.

Таким образом, на помехозащищенность систем авиационной радиосвязи наибольшее влияние оказывают такие факторы, как технические характеристики средств радиосвязи, взаимное расположение средств радиосвязи и средств РЭС, тактика использования средств радиосвязи, время их использования на излучение и т.д.

3. Факторы, влияющие на ЭМС системы авиационной радиосвязи

Широкое применение для управления авиацией РЭС различного назначения создает сложную радиоэлектронную обстановку в районе аэродрома, на пунктах управления (ПУ) авиацией, на борту летательного аппарата, что приводит к взаимным помехам и требует решения вопросов обеспечения их ЭМС.

Алгоритм оценки показателей ЭМС средств радиосвязи рассмотрен в работе [6]. Анализ результатов оценки показывает, что обеспечение ЭМС системы авиационной радиосвязи является сложной задачей, требующей учета различных факторов, основными из которых являются:

- ограниченная емкость и перегруженность радиочастотного диапазона, используемого для авиационной радиосвязи;

- постоянное увеличение количества РЭС, применяемых для управления авиацией, обеспечения безопасности полетов и других целей;

- большие уровни излучаемой мощности средств КВ радиосвязи, при близких оптимальных частотах радиосвязи, что повышает уровень станционных помех;

- наличие в передающих устройствах достаточно высоких уровней побочных излучений, а в приемных устройствах каналов побочного приема;

- большой уровень промышленных помех при расположении аэродромов и ПУ вблизи промышленных центров и населенных пунктов с развитой инфраструктурой.

Обеспечение ЭМС РЭС достигается проведением ряда технических и организационных мероприятий.

Технические мероприятия проводятся в основном на этапах разработки РЭС и при их модернизации. Необходимость проведения организационных мероприятий связана с тем, что с помощью только технических мероприятий не всегда удается добиться полного исключения взаимных помех.

Таким образом, на электромагнитную совместимость систем авиационной радиосвязи наибольшее влияние оказывают такие факторы, как технические характеристики радиосредств, их количество

и взаимное расположение в районе аэродрома и на пунктах управления авиацией, время их использования на излучение и т.д.

Заключение

Проведенный анализ факторов, влияющих на помехоустойчивость систем авиационной радиосвязи позволяет сделать следующие выводы.

Обеспечение требуемой помехоустойчивости системы авиационной радиосвязи возможно только на основе комплексного подхода, учитывающего все рассмотренные факторы, на основе применения перспективных, развед- и помехозащищенных протоколов радиосвязи, реализуемых в средствах радиосвязи, разработанных по SDR-технологии. При этом необходимы дальнейшие теоретические исследования направлений и способов повышения помехоустойчивости систем авиационной радиосвязи и практическое внедрение наиболее эффективных из них в практику боевой подготовки войск.

Одним из направлений повышения помехоустойчивости систем авиационной радиосвязи является разработка комплексных методов адаптации для построения автоматизированных сетей авиационной радиосвязи с адаптивным управлением структурным, алгоритмическим и параметрическим ресурсом.

Список литературы

1. Боговик, А.В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А.В. Боговик, В.В.Игнатов – С.Пб.: ВАС, 2006. – 184 с.
2. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Ю. А. Феоктистов [и др.]; отв. ред. Ю. А. Феоктистов. – М.: Радио и связь, 1988. – 480 с.
3. Сидорин, А.Н. Информационные, специальные, воздушно-десантные и аэромобильные операции армий ведущих зарубежных государств. Информационно-аналитический сборник / А.Н. Сидоркин – М.: Воениздат, 2011. – 344 с.
4. Афинов, В.С. Состояние и перспективы развития средств РЭБ армии США / В.С. Афинов // Зарубежное военное обозрение. – 1989 – №5. – С. 27-29.
5. Рябов, А.В. Алгоритм расчета показателей электромагнитной совместимости в адаптивных сетях радиосвязи / А.В. Рябов // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XX международной научно-методической конференции – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 797-804.