

УДК 621.396

ВЛИЯНИЕ ЯВЛЕНИЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ВЫЗОВОВ НА РАБОТУ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Д.В. КОЛЯДОВ, А.В. ПРОХОРОВ

В статье проводится анализ функционирования системы коммутации речевой связи в условиях возможного наличия одновременной передачи вызовов воздушных судов. Рассматриваются алгоритмы работы приемного устройства радиостанции ОВЧ диапазона и системы коммутации речевой связи в указанных условиях.

Ключевые слова: одновременная передача сигналов, выбор лучшего сигнала, система коммутации речевой связи.

В системах коммутации речевой связи [3; 6], которые являются основным элементом систем управления воздушным движением (УВД), для организации речевой связи применяется метод амплитудной модуляции сигналов. Этот метод обеспечивает полудуплексный режим передачи и предполагает доступ к каналу связи только одного передающего устройства. Тем не менее каналы связи могут быть доступны нескольким пользователям, например, экипажам различных воздушных судов и диспетчеру управления воздушным движением. Поскольку не существует алгоритма исключения возможности одновременного доступа к каналу связи, то может возникнуть ситуация, когда радиостанции системы УВД будут одновременно передавать радиосигналы.

В соответствии с документом Eurocae ED-136 [1] случай необнаружения одновременной передачи сигналов определяется как ситуация, при которой два или более передаваемых сигналов перекрываются таким образом, что диспетчер УВД (а также и экипаж воздушного судна) не знает о наличии более чем одного передаваемого сигнала. Такая ситуация несет в себе потенциальную угрозу безопасности полетов воздушных судов.

Для оценки влияния явления одновременной передачи на безопасность полетов воздушных судов необходимо провести анализ функционирования приемного устройства радиостанции ОВЧ диапазона при обнаружении двух и более одновременных передач, а также рассмотреть возможности системы коммутации речевой связи с точки зрения оповещения диспетчера УВД о возникновении такой ситуации.

Сценарии функционирования системы коммутации речевой связи

В первую очередь рассмотрим источники возникновения явления одновременной передачи вызовов. Приемное устройство 2 (рис. 1) демодулирует сигналы двух воздушных судов, которые случайным образом передаются в одно и то же время. В случае если разница уровней мощностей принимаемых сигналов составляет менее 10 ... 12 дБ, то оба речевых сигнала будут искажены, и (или) будет наблюдаться эффект биения частоты. Чем меньше указанная разница между двумя сигналами, тем больше будет искажение речевого сигнала, и диспетчер УВД сможет обнаружить, что происходит одновременный прием двух передач. Если же разница уровней мощностей принимаемых сигналов составляет более 10 ... 12 дБ, то более слабый речевой сигнал не будет более различим, а более сильный сигнал будет неискаженным. В последнем случае диспетчер УВД не сможет обнаружить передачу второго (более слабого) сигнала.

Другим параметром, который влияет на возможность обнаруживать одновременную передачу, является длительность передачи. В некоторых случаях диспетчер УВД может обнаруживать одновременную передачу двух сигналов, даже если один из сигналов является слабым, но обладает большей длительностью по сравнению с более сильным сигналом. Кроме того, обнаружение диспетчером одновременной передачи зависит также от параметров речевого сигнала (уровня шума, эффективности модуляции).

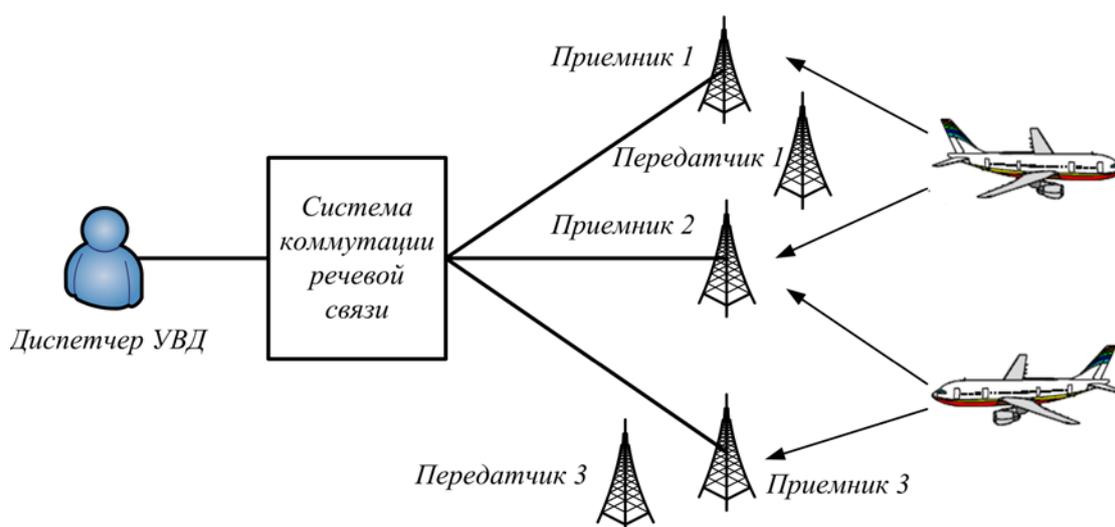


Рис. 1. К пояснению явления одновременной передачи вызова

Явление одновременной передачи может возникать также между различными передатчиками и при различной конфигурации приемника. Можно отметить следующие случаи [2]:

1. Один наземный приемник и два одновременных вызова с воздушных судов. Этот случай является стандартным для обнаружения одновременной передачи.

2. Два наземных приемника с функцией выбора лучшего сигнала и два одновременных вызова воздушных судов. В некоторых случаях используются несколько наземных приемников, работающих на одной частоте, для того чтобы улучшить качество принимаемого сигнала. При этом система коммутации речевой связи осуществляет выбор лучшего (с точки зрения уровня сигнала) приемника на основе специального алгоритма обработки сигналов и подключает диспетчера УВД только к такому приемнику.

3. Два приемника принимают оба одновременных вызова воздушных судов. В оптимальном случае оба наземных приемника обнаруживают явление одновременной передачи. В зависимости от того, для какого приемника в системе коммутации речевой связи реализована функция выбора лучшего сигнала, возможные события обнаружения одновременной передачи не пропускаются.

4. Только один приемник принимает оба одновременных вызова воздушных судов. В некоторых случаях при различном местоположении приемников только один из приемников принимает одновременные вызовы воздушных судов. При этом в зависимости от алгоритма выбора лучшего сигнала система коммутации речевой связи может выбрать приемник с одним вызовом воздушного судна. Таким образом, предупреждение о наличии одновременных вызовов не будет направлено диспетчеру.

5. Каждый приемник принимает только один из двух одновременных вызовов воздушных судов. В некоторых случаях при различном местоположении приемников два одновременных вызова воздушных судов принимаются различными приемниками. Обнаружение одновременной передачи в наземном приемнике невозможно.

6. Один приемник, один вызов воздушного судна и одновременная передача вызова диспетчера. Кроме перечисленных случаев, могут иметь место конфликтные ситуации между вызовами диспетчера и экипажа воздушного судна. Такой случай может быть достаточно сложным, так как сигнал наземной передающей радиостанции намного больше, чем сигнал от воздушного судна. Таким образом, вызов воздушного судна оказывается скрытым и диспетчер не будет осведомлен о наличии одновременной передачи.

7. Одновременные вызовы от воздушных судов в перекрестном режиме. Несмотря на то, что оба воздушных судна используют различные частоты, этот случай соответствует наличию

эффекта одновременной передачи, но он не может быть обнаружен приемником. Такой вариант является комбинацией рассмотренных выше случаев. Обнаружение этой ситуации затруднительно или требует участия системы коммутации речевой связи.

Необходимо отметить, что варианты 3, 4, 5 являются, по существу, частными случаями варианта 2.

Алгоритм обнаружения одновременной передачи

Основной принцип алгоритма обнаружения одновременной передачи заключается в поиске в канале связи наличия несущих частот сигнала двухполосной амплитудной модуляции. В случае наличия одновременных передач в канале могут быть обнаружены более чем одна несущие.

При приеме полезного сигнала приемник производит постоянную выборку принимаемого сигнала и преобразует сигнал по частоте. Затем приемник осуществляет поиск несущей частоты сигнала при отстройке ± 1 кГц от несущей частоты канала. Алгоритм обработки сигнала позволяет оценивать результаты после каждого цикла поиска, минимизируя величину ложной тревоги. При выборе критерия принятия решения об обнаружении были приняты во внимание результаты испытаний [1].

Алгоритм обнаружения одновременных передач основан на анализе некоторых характеристик радиосигнала, принимаемого приемником. В то же время он является результатом учета теоретических ограничений, условий распространения и технических возможностей устройства обработки сигналов радиостанции.

В идеальном случае алгоритм обработки речевого сигнала позволяет обнаружить несколько одновременных передач при коэффициенте взаимного влияния сигналов 35 дБ с вероятностью, близкой к единице. Этот случай также не учитывает влияние белого шума. В реальности функционирование системы УВД зависит от большого числа факторов, влияющих на работу устройства обнаружения. Среди таких факторов можно отметить побочные излучения, паразитную фазовую модуляцию, взаимную модуляцию, фазовый шум передающего устройства и др. Кроме того, на вероятность обнаружения и ложной тревоги оказывают влияние меняющиеся условия распространения сигналов, многолучевое распространение, а также помехи от соседних радиостанций.

Таким образом, можно выделить два основных фактора, оказывающих влияние на работу алгоритма обнаружения одновременных передач:

- коэффициент взаимного влияния (представляет собой разницу уровней мощности между двумя несущими сигналами одновременной передачи);
- разница частот между двумя несущими сигналами одновременной передачи.

Величина коэффициента взаимного влияния в значительной степени оказывает влияние на параметр ложной тревоги, а значение разницы частот – на величину вероятности обнаружения.

Теоретическим ограничением для значения коэффициента взаимного влияния для рассматриваемого алгоритма является величина 35 дБ, однако она не учитывает особенности реальной обстановки, в которой функционируют системы УВД. С учетом рекомендаций, приведенных в документах ИСАО [4], результатов экспериментальных исследований [1] и обеспечения баланса между приведенными выше двумя факторами максимальное значение величины коэффициента взаимного влияния может быть выбрано в пределах от 5 дБ до 20 дБ. Это позволяет обеспечить адаптацию алгоритма обнаружения к условиям, в которых функционирует приемное устройство. При значениях этого параметра больших, чем 20 дБ, увеличивается вероятность ложной тревоги ввиду паразитных эффектов и наличия помех от соседних радиостанций.

Минимальное значение величины коэффициента взаимного влияния определяется порогом срабатывания устройства подавления шума.

Для того чтобы обнаружить наличие двух одновременных вызовов воздушных судов, максимальная девиация частоты между двумя несущими должна быть менее 1 кГц [5]. Сдвиг ча-

стоты между двумя несущими может быть связан как с нестабильностью генератора, так и (или) с влиянием эффекта Доплера при перемещении воздушного судна. Принимая во внимание, что стабильность частоты для наземных радиостанций составляет величину порядка 1×10^{-6} , для бортовых радиостанций 5×10^{-6} , доплеровский сдвиг частоты менее ± 138 Гц, максимальное значение девиации частоты сигнала, принимаемого от воздушного судна, составляет 818 Гц. Минимальное значение девиации частоты определяется из условия “наблюдения” двух несущих для их обнаружения (т.е. несущие составляющие должны быть разнесены на минимальное значение частоты) и составляет 30 Гц.

Характеристика для алгоритма обнаружения одновременной передачи в приемнике изображена на рис. 2.

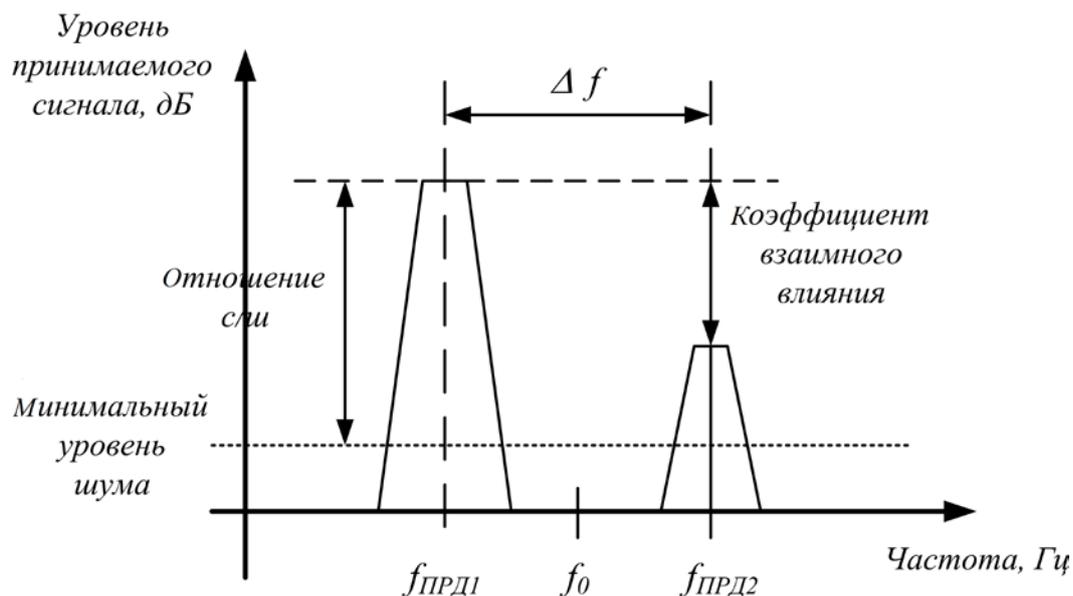


Рис. 2. Графическая интерпретация параметров алгоритма обнаружения

Сигнализация наличия явления одновременной передачи

О наличии событий, связанных с явлением одновременной передачи вызовов от воздушных судов и обнаруженных с помощью приемника радиостанции ОВЧ диапазона, диспетчерский состав УВД может быть оповещен с помощью функциональных особенностей, реализованных в системе коммутации речевой связи. Сигнализация таких событий может происходить следующим образом:

1. Внутриполосная сигнализация. Обнаруженный факт наличия одновременной передачи может быть сигнализирован с помощью тонового сигнала на определенной частоте, который присутствует в сигнале промежуточной частоты. Сигнал внутриполосной сигнализации формируется в случае возникновения указанного события и существует до тех пор, пока это событие продолжается. Такой метод сигнализации может быть использован для предупреждения диспетчера без использования системы коммутации речевой связи.

2. Внутриполосная сигнализация с помощью дополнительного бита в режиме VoIP (в соответствии с документом Eurocae ED-137 [7]). Такая сигнализация предполагает наличие системы коммутации речевой связи и позволяет предупреждать диспетчера УВД с помощью светового или звукового сигналов оповещения.

3. Сигнализация по выделенному каналу с помощью кодовой последовательности “1110” в случае функционирования радиостанции в режиме E1. Такая сигнализация предполагает наличие системы коммутации речевой связи и позволяет предупреждать диспетчера УВД с помощью светового или звукового сигналов оповещения.

4. Сигнализация с помощью дискретного контакта, состояние которого изменяется при наличии эффекта одновременной передачи. Такая сигнализация предполагает наличие системы коммутации речевой связи или любого другого внешнего устройства для предупреждения диспетчера УВД с помощью светового или звукового сигналов оповещения.

Поскольку многие системы коммутации речевой связи обладают функцией выбора лучшего сигнала, они могут получать предупреждения о наличии одновременной передачи более чем от одного приемника. В наименее благоприятном случае один приемник может обнаружить одновременную передачу, в то время как второй или третий приемники не смогут обнаружить это событие, например, из-за близкого расположения наземного передатчика. Приемник, который обнаруживает событие одновременной передачи, необязательно является тем приемником, который был выбран системой коммутации речевой связи как приемная станция с наилучшим сигналом. Если же система коммутации речевой связи имеет возможность обрабатывать события одновременной передачи от нескольких приемников одной группы, это может увеличить вероятность обнаружения одновременной передачи вызова во время передачи наилучшего речевого сигнала диспетчеру.

Заключение

В настоящее время происходит рост рынка авиационных перевозок и соответствующее увеличение интенсивности полетов воздушных судов. В связи с этим провайдеры аэронавигационных услуг и организации, осуществляющие контроль за безопасностью полетов, сталкиваются с трудностями при обеспечении обслуживания растущего числа воздушных судов и соблюдении необходимых мер безопасности. Тем не менее увеличение интенсивности воздушного движения непосредственно влияет на загруженность каналов авиационной радиосвязи. Явление одновременной передачи вызовов воздушными судами дополнительно увеличивает загруженность каналов связи. Большинство случаев одновременной передачи не являются критичными с точки зрения безопасности полетов, но могут быть причиной критических ситуаций в аэропортовой зоне.

Алгоритм обнаружения одновременной передачи, описанный выше, не может гарантировать 100% вероятности обнаружения. Однако использование этого алгоритма позволяет значительно увеличить вероятность обнаружения в большинстве случаев. Функционирование алгоритма обнаружения одновременной передачи может рассматриваться как руководство к принятию решения для диспетчеров УВД как для предупреждения подозрительных событий, так и для получения информации о наличии одновременной передачи во время вызова.

ЛИТЕРАТУРА

1. ED-136. Voice over internet protocol (VoIP) air traffic management (ATM) system. Operational and technical requirements. EUROCAE, 2009.
2. Risk Assessment of the "Undetected Simultaneous Transmissions" Phenomenon. Eurocontrol, 2010.
3. Колядов Д.В., Прохоров А.В. Реализация перспективной системы коммутации речевой связи для управления воздушным движением // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2013. - №193.
4. Приложение 10 к Конвенции ИКАО. Единицы измерения, подлежащие использованию в воздушных и наземных операциях. - Монреаль: ИКАО, 2010. - Т. 5.
5. Приложение 10 к Конвенции ИКАО. Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации. - Монреаль: ИКАО, 2010. - Т. 3.
6. Концепция и системы CNS/ATM в гражданской авиации / под ред. Г.А. Крыжановского. - М.: Академкнига, 2003.
7. ED-137. Interoperability standards for VoIP ATM components. EUROCAE, 2009.

**EFFECT OF SIMULTANEOUS TRANSMISSIONS PHENOMENON
ON AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEMS FUNCTIONALITY**

Kolyadov D.V., Prokhorov A.V.

In the paper the voice communication system functionality in case of simultaneous transmission phenomenon is analyzed. The functional algorithms of the VHF receiver and voice communication system are considered.

Keywords: simultaneous transmission, best signal selection, voice communication system.

Сведения об авторах

Колядов Дмитрий Валерьевич, 1976 г.р., окончил МАИ (1999), доктор технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта МГТУ ГА, автор более 80 научных работ, область научных интересов – авиационная электросвязь, радиолокация, радиополяриметрия, радионавигация, управление воздушным движением, авиационные телекоммуникационные системы.

Прохоров Александр Валентинович, 1945 г.р., окончил РРТИ (1969), профессор, доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта МГТУ ГА, автор более 100 научных работ, область научных интересов – авиационная электросвязь, радиолокация, радиополяриметрия, радионавигация, управление воздушным движением, авиационные телекоммуникационные системы.