

**РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ADS-B
В РЛС МАЛОВЫСОТНОГО ПОЛЯ**

***А. Л. ТРОФИМЕНКОВ, Д. М. МИЦКЕВИЧ, Ю. А. ЯВОРОВИЧ
(Военная академия Республики Беларусь, Минск)***

Аннотация. В статье предложен вариант реализации системы ADS-B в радиолокационных станциях (РЛС) маловысотного поля. Применение системы ADS-B позволит обеспечить контроль движения воздушных судов на всех высотах, а также значительно сократить радиус мертвой воронки для проводки воздушных объектов, оборудованных транспондерами.

В настоящее время широкое применение в составе систем радиолокационной разведки получила система ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast). Использование ADS-B в единой системе организации воздушного движения обеспечит точное определение и постоянное обновление информации о местоположении воздушных судов (ВС), находящихся в воздушном пространстве Республики Беларусь. Данная система позволит обеспечить безопасность полетов и эффективно использовать воздушное пространство за счет полной информации о местоположении ВС, участвующих в движении в соответствии с нормами эшелонирования. Система ADS-B применяется в современных РЛС, таких как 5P05PБ и 12А6 [1].

Как правило, РЛС маловысотного поля используют для обнаружения ВС только активную радиолокацию. Использование активной радиолокации основано на приеме и обработке сигналов, отраженных от воздушных объектов, где расстояние до цели определяется по времени распространения сигнала до объекта облучения и обратно, а направление – по положению антенны радиолокатора в момент облучения цели. Таким образом, потребитель получает первичную информацию о воздушном объекте. Однако такой способ обнаружения обладает следующими недостатками [2]:

- невозможность идентификации ВС;
- большая погрешность определения высоты полета ВС;
- существенно снижаются возможности по детектированию отраженного сигнала от целей в условиях применения активных и пассивных помех;
- генерирование большого количества ложных целей;
- необходимость реализации достаточно мощного передатчика для обнаружения целей на больших расстояниях;
- сложность реализации алгоритмов обработки сигналов при применении нескольких законов модуляции зондирующих сигналов.

Одним из способов компенсации недостатков активной радиолокации стало применение активного излучения, создаваемого средствами воздушного объекта. Внедрение специальной РЭТ для активного излучения на гражданские воздушные суда позволило применить пассивную радиолокацию для контроля их движения и обеспечить дополнительной информацией потребителя. Использование аппаратуры активного ответа на воздушных судах становится обязательным во многих странах, а в перспективе применение такой аппаратуры будет возможно не только на ВС, но и на БЛА.

Реализация системы ADS-B в РЛС маловысотного поля позволит улучшить пространственные возможности и обеспечить контроль движения воздушных судов не только в зоне обнаружения станции, но и за ее пределами. На данный момент использовать систему ADS-B актуально в РЛС 19Ж6. Данная РЛС предназначена для обнаружения целей на малых высотах, поэтому внедрение такой системы позволит обеспечить контроль движения ВС на всех высотах и значительно сократить радиус мертвой воронки для проводки самолетов, оборудованных ответчиками.

Одна станция приема ADS-B способна выдавать положения ВС, оборудованных ответчиками, работающими в режиме «S». В этом режиме ВС передают закодированную информацию, содержащую опознавательный индекс ВС, координаты, сведения о его высоте или другие данные [3].

В состав станции ADS-B входят (рисунок 1):

- антенная система;
- блок усиления и фильтрации (БУФ);
- блок обработки сигналов (БОС);
- GPS-приемник;
- система отображения информации.

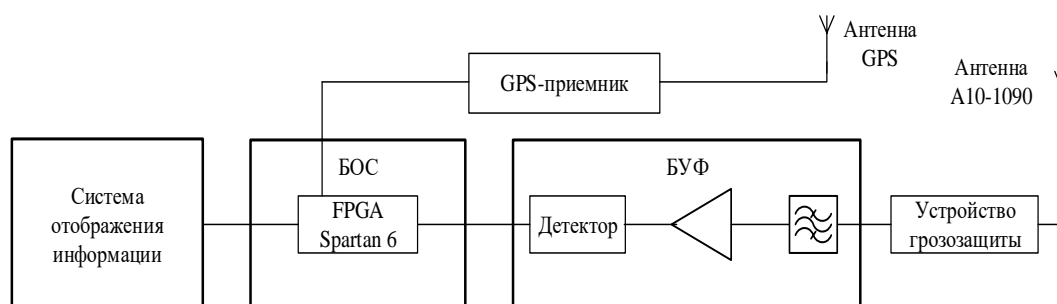


Рисунок 1. – Структурная схема станции ADS-B

Антенная система предназначена для приема сигналов бортовых ответчиков IFF/SIF на частоте 1090 МГц и передачи их в БУФ. В состав антенной системы входят следующие составные части:

- антенна приема сигналов ADS-B (рисунок 2);

- антенна GPS;
- устройство грозозащиты;
- соединительные кабели.

В качестве антенны приема сигнала ADS-B применяется коллинеарная вертикальная антенная решетка (АР). Антенна представляет собой четное количество полуволновых излучателей в виде отрезков коаксиального кабеля короткозамкнутых между собой, связанных через самый верх антенны (т. е., она короткозамкнута, что защищает входные цепи приемника от статического электричества). Такое устройство АР позволяет получить достаточно хорошее усиление. Расчет параметров антенной решетки, обеспечивающей прием сигнала на частоте 1090 МГц, выполнен для длины волны $\lambda = 0,275$ м. Длина волны в кабеле зависит от коэффициента укорочения волны в кабеле. Для кабеля 75 Ом коэффициент укорочения равен 0,83. Соответственно длина полуволнового излучателя будет находиться по формуле –

$$L = K_y \lambda / 2,$$

где K_y – это коэффициент укорочения длины волны в кабеле.

Таким образом, длина излучателя составляет 114 см. Всего АР состоит из 12 излучателей. При соединении отрезков кабеля создано смещение $\lambda/4$. Поэтому к концу последнего полуволнового сегмента присоединен штырь длиной $\lambda/4$ без учета коэффициента укорочения в кабеле, так как штырь будет находиться в воздухе. Его длина составляет 68 см.



Рисунок 2. – Антенна вертикальная коллинеарная

Разработанная антенна приема сигналов ADS-B имеет коэффициент усиления 7 дБ, круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости и прижатый к земле лепесток в вертикальной плоскости, что позволяет использовать ее в качестве базовой антенны, обеспечивающей уверенный прием сигналов от ВС во всей зоне наблюдения, определяемой только кривизной поверхности Земли (рисунок 3).

Блок усиления и фильтрации предназначен для фильтрации и усиления сигналов бортовых ответчиков IFF/SIF принятых антенной системой. Для уменьшения весогабаритных параметров усилителей радиочастотного диапазона без ухудшения их эксплуатационных и технических характеристик используются аналоговые микросхемы со встроенными цепями согласования.

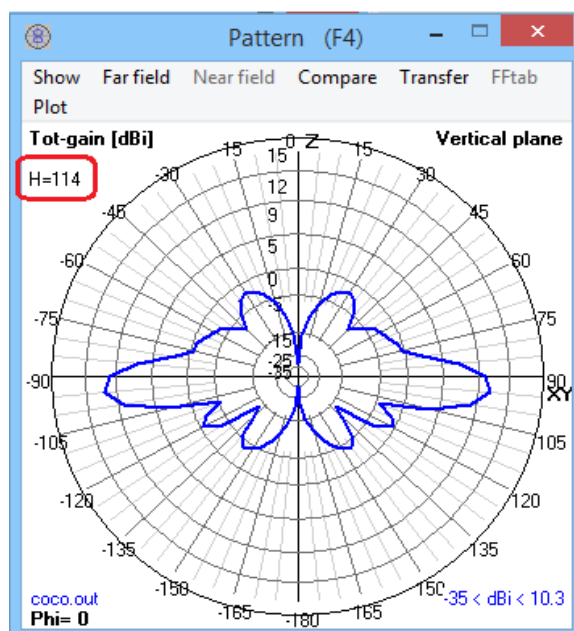


Рисунок 3. – Диаграмма направленности антенны в плоскости E

В качестве усилителя высокой частоты установлен монолитный СВЧ усилитель BGM1013, имеющий на частоте 1 ГГц коэффициент усиления около 35 дБ и коэффициент шума 4,6 дБ. Для фильтрации усиленных сигналов используется полосовой фильтр TA1090EC. Данный фильтр необходим для подавления сигналов от других источников излучения и составляющей зеркального канала в приемнике. Минимальное вносимое затухание не более 3 дБ. Оконечным устройством БУФ является детектор сигналов. Детектор построен на микросхеме AD8313. Задача детектора обнаружить наличие или отсутствие импульса. Сигнал на выходе детектора представляет собой последовательность импульсов с максимальной частотой заполнения 1 МГц.

С выхода БУФ принятые сигналы для их дальнейшей оцифровки и декодирования поступают в блок обработки сигналов. БОС должен обеспечивать высокую скорость обработки сигналов и непрерывную готовность принимать сообщения. Поэтому основным элементом блока является ПЛИС «Spartan-6». В ПЛИС производится демодуляция сигналов, обнаружение и декодирование сообщений, определение типов режимов ответов, привязка момента приема сообщения к счетчику времени. Для синхронизации счетчика времени применяется GPS приемник.

Полученные данные (время приема ответа ВС, типы режимов ответов ВС: mode «A», «C», «S») с выхода БОС по каналу Ethernet поступают в систему отображения информации. В качестве системы отображения информации может выступать ноутбук или встроенное в РЛС автоматизированное рабочее место (рисунок 4).

Система приема ADS-B принимает сигнал бортовых транспондеров на частоте 1090 МГц, декодирует его и передает по каналу Ethernet (USB) в ноутбук для дальнейшего анализа оператором.

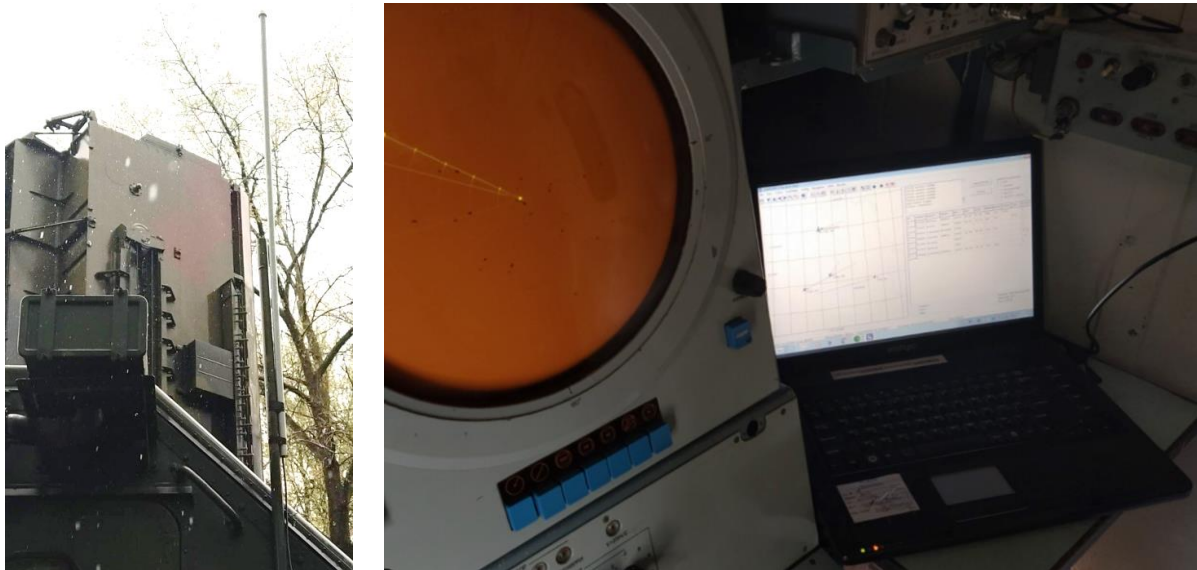


Рисунок 4. – Пример реализации станции ADS-B в РЛС 19Ж6

Таким образом, реализация системы ADS-B в РЛС 19Ж6 позволит решать следующие задачи:

- создание цифрового канала электросвязи «борт – земля» для получения данных в реальном масштабе времени;
- прием координат воздушных судов с высокой точностью и высоким темпом обновления информации в радиусе до 400 км;
- исследование зон движения ВС;
- обнаружение и компенсация систематических ошибок измерения координат при объединении РЛИ от различных источников (РЛС, РЛК, ПРВ, КСА);
- при использовании бортовых транспондеров на БЛА позволит вести контроль их движения на малых и предельно малых высотах;
- установка дополнительного средства обнаружения ВС в составе подвижных маловысотных радиолокационных групп.

ЛИТЕРАТУРА

1. РЛС обнаружения маловысотных целей МРЛС. Руководство по эксплуатации ЮКШЖ.464413.003РЭ.
2. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь: учеб. пособие / С. А. Кудряков, [и др.] : под ред. С. А. Кудрякова – СПб. : Свое Издательство, 2016.– 287 с.
3. Затучный, Д. А. Спутниковые системы навигации и УВД : учеб. пособие / Д. А. Затучный. – М. : МГТУ ГА, 2012.