

технической конференции «Современное телевидение и радиоэлектроника». М.: ФГУП «МКБ «Электрон», 2012. С. 146 – 148.

б. *Федяев С. Л., Федяев Л. С., Рудниченко В. А.* Система телевизионного наблюдения периметра охраняемого объекта. Патент на полезную модель №92979 от 10.04.2010.

УДК 621.396

## **СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА**

**В. А. Синицын, Е. А. Синицын, М. Цветков, А. Ю. Яблоков**

*АО «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры»  
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова,  
НПП «Цифровые радиотехнические системы»*

Известен способ управления воздушным движением (УВД) летательных аппаратов (ЛА) в районе аэродрома [1], включающий получение данных о местоположении ЛА в пространстве с помощью радиолокационной системы посадки, отображение данных на индикаторе обзора воздушного пространства и анализ полученных данных. Недостатком данного способа является значительная нагрузка на диспетчера, который оценивает местоположение каждого летательного аппарата по двум отметкам на экране. Нагрузка на диспетчера ограничивает пропускную способность аэродрома. Другим недостатком является относительно невысокая надежность и точность определения местоположения летательного аппарата в пространстве.

Для УВД ЛА в районе аэродрома может быть использован другой способ, реализуемый в радиолокационном комплексе управления воздушным движением, содержащим два независимых канала получения радиолокационных данных: первичный радиолокатор и вторичный радиолокатор [2]. Однако радиолокационные данные, поступающие по указанным каналам, не объединяются. Способ не предусматривает определение значимости радиолокационных данных – параметров положения летательного аппарата в пространстве, полученных от каждого канала, так называемого статистического веса данных, что не позволяет повысить точность определения координат цели. Обработка необъединенной информации связана с большой нагрузкой на диспетчеров, что отрицательно влияет на надежность и не позволяет увеличить пропускную способность аэродрома.

Известен способ УВД ЛА, включающий получение радиолокационных данных по трем независимым каналам: каналу первичного радиолокатора, вторичного радиолокатора и радиолокатора государственного опознавания и объединение радиолокационных данных, полученных по указанным каналам [3]. Указанный способ не используется непосредственно в аэродромной зоне ввиду недостаточной точности оценки координат на малых расстояниях. В известном способе не предусмотрено присваивание статистического веса данным, полученным от разных каналов, что не позволяет повысить точность определения координат цели. Канал государственного опознавания, дублируя данные вторичного радиолокатора, содержит сложное наземное и бортовое оборудование, что понижает надежность способа.

Для УВД ЛА в районе аэродрома может быть использован способ, включающий получение радиолокационных данных по трем независимым каналам: каналу первичного радиолокатора, каналу устройства автоматического зависимого наблюдения вещательного типа и каналу пассивного радиолокатора и объединение радиолокационных данных, полученных по указанным каналам [4]. В данном способе статистический вес данных, поступающих от каналов, при определении координат цели не учитывается. Пассивный радиолокатор обнаруживает сигналы, отраженные от цели, при облучении ее третьим случайным источником электромаг-

нитных волн. Указанные обстоятельства обуславливают относительно невысокую точность и надежность данного способа.

Наиболее близким к предлагаемому способу является вариант УВД ЛА в районе аэродрома, включающий получение данных о местоположении ЛА в пространстве с использованием аэродромного радиолокационного комплекса «Лира-А10», содержащего канал первичного радиолокатора и канал вторичного радиолокатора [5].

Указанный способ включает получение данных о местоположении ЛА в пространстве с использованием канала первичного радиолокатора и канала вторичного радиолокатора. Радиолокационные данные, поступающие по указанным каналам, объединяются, однако наличие только двух каналов получения данных и отсутствие возможности присваивать полученным от них данным им статистический вес определяет относительно невысокую точность и надежность способа-прототипа.

При разработке предлагаемого способа решалась техническая проблема, заключающаяся в разработке способа УВД ЛА в районе аэродрома, лишенного указанных выше недостатков.

При использовании предлагаемого способа достигаются следующие технические результаты:

- повышение точности определения местоположения ЛА в пространстве при работе в штатном режиме;
- повышение надежности.

Указанные технические результаты достигаются тем, что в способе УВД ЛА в районе аэродрома, включающем получение данных о местоположении ЛА в пространстве с использованием аэродромного радиолокационного комплекса, содержащего канал первичного радиолокатора и канал вторичного радиолокатора, для получения данных о местоположении ЛА в пространстве используют аэродромный радиолокационный комплекс, дополнительно включающий канал автоматического зависимого наблюдения вещательного типа, присваивают статистический вес данным каждого канала, объединяют и коммутируют взвешенные данные и вычисляют координаты ЛА с учетом статистического веса данных каждого канала.

Повышение надежности и точности предлагаемого способа обусловлено следующим. Для получения данных о местоположении ЛА в предложенном способе используют аэродромный радиолокационный комплекс, дополнительно включающий канал автоматического зависимого наблюдения вещательного типа, что позволяет не только получить дополнительный источник данных и за счет этого повысить точность определения координат в штатном режиме и общую надежность. Данным, полученным от каждого из каналов, в том числе от дополнительного канала автоматического зависимого наблюдения вещательного типа, присваиваются статистические веса в зависимости от текущего статуса каждого канала, обусловленного погодными условиями, помехо-целевой обстановкой и расстоянием до летательного аппарата. В связи с этим при осуществлении способа в штатном режиме обеспечивается повышение точности за счет того, что объединение данных для дальнейшей передачи в сигнальный процессор осуществляется с учетом их статистического веса. Получение данных по дополнительному, третьему, каналу, а также вычисление координат ЛА с использованием взвешенных данных позволяет получать координаты ЛА и в случае отключения (аварийного или регламентного) не только любого одного, но и любых двух каналов. Таким образом повышается надежность.

На рис. 1 представлена функциональная схема аэродромного радиолокационного комплекса, который может быть использован для осуществления предлагаемого способа УВД ЛА в районе аэродрома.

Предлагаемый аэродромный радиолокационный комплекс содержит канал 1 первичного радиолокатора, канал 2 вторичного радиолокатора, канал 3 автоматического зависимого наблюдения вещательного типа, коммутационное устройство 4, сигнальный процессор 5, устройство отображения траекторной информации 6, пульт управления 7, индикатор 8 включенных и/или отключенных каналов. Коммутационное устройство 4 содержит логическую

схему 9 и мультиплексор 10. Логическая схема содержит три устройства 11 присвоения веса и четыре устройства 12 объединения канальной информации.

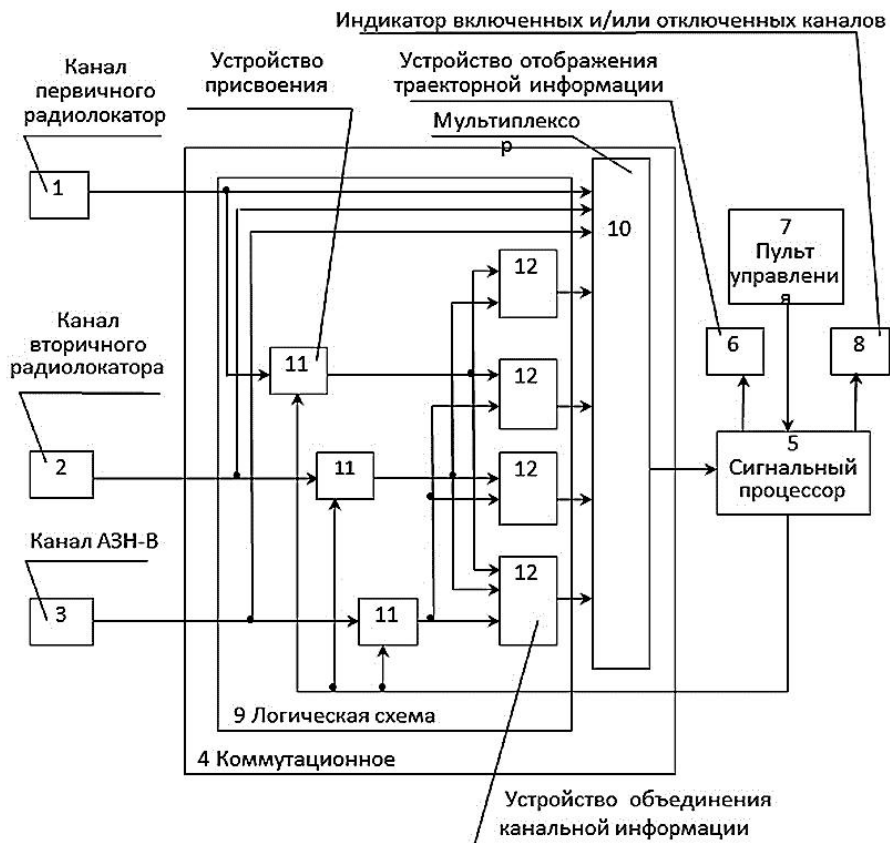


Рис. 1. Аэродромный радиолокационный комплекс

Осуществление предлагаемого способа состоит в следующем.

Информация о координатах ЛА поступает в коммутационное устройство 4 и далее в логическую схему 9 по трем каналам: каналу 1 первичного радиолокатора, каналу 2 вторичного радиолокатора, каналу 3 автоматического зависимого наблюдения вещательного типа. В коммутационном устройстве 4 посредством устройств 11 присвоения веса координатам каждого канала присваиваются статистические веса, информация о которых содержится в базе данных сигнального процессора 5. Далее взвешенные данные объединяются в устройствах 12 объединения канальной информации и через мультиплексор 10 поступают в сигнальный процессор 5. В результате на мониторе устройства 6 отображения траекторной информации диспетчер наблюдает необходимую для принятия решения по управлению воздушным движением информацию. Причем степень достоверности информации диспетчер оценивает с учетом показаний индикатора 8 включенных и/или отключенных каналов, который в описанном случае показывает, что все три канала находятся в работе. Необходимые команды диспетчер вводит посредством пульта управления 7.

В случае отключения одного или двух каналов из набора 1, 2, 3 ввиду неисправности или ввиду проведения профилактических (регламентных) работ, индикатор 8 отображает для диспетчера соответствующую информацию

В случае отключения одного канала из набора 1, 2, 3 ввиду неисправности или ввиду проведения профилактических работ информация о координатах ЛА поступает в коммутационное устройство 4 по двум функционирующим каналам. В коммутационном устройстве координатам каждого канала присваиваются статистические веса, информация о которых содержится в базе данных сигнального процессора 5.

Далее взвешенные координаты объединяются в устройствах 12 объединения канальной информации и через мультиплексор 10 поступают в сигнальный процессор 5. В результате диспетчер наблюдает необходимую для принятия решения по управлению воздушным движением информацию на мониторе устройства 6 отображения траекторной информации, а по показаниям индикатора 8 включенных и/или отключенных каналов, получает сведения о том, что только два канала находятся в работе и какой именно из трех каналов отключен.

В случае отключения двух каналов 1, 2 или 2, 3 или 1, 3 ввиду неисправности или ввиду проведения профилактических работ информация о координатах ЛА поступает в коммутационное устройство 4 по одному из 3-х каналов. В коммутационном устройстве данным рабочему каналу присваивается статистический вес равный 1, на что процессором 5 в коммутационное устройство 4 дается соответствующая команда. Далее информация через мультиплексор 10 поступает в сигнальный процессор 5. В результате на мониторе устройства 6 отображения траекторной информации диспетчер наблюдает необходимую для принятия решения по управлению воздушным движением информацию.

В предлагаемом способе вычисление координат ЛА с точностью, обусловленной составом и статистическим весом данных, полученных от каналов, обеспечивается следующим образом. Априорно известны точностные характеристики каналов 1, 2, 3, что позволяет заранее рассчитать интегрированную точность отображения траекторной информации координат ЛА от каналов 1, 2, 3 во всех возможных их сочетаниях. База данных соответствий точностных характеристик и статических весов (далее база данных соответствий) для всех возможных сочетаний включенных каналов 1, 2, 3 размещена в перепрограммируемом постоянном запоминающем устройстве сигнального процессора 5. Указанная база данных соответствий содержит информацию о 4-х возможных сочетаниях объединения каналов: 1-2, 2-3, 1-3 и 1-2-3, точностные характеристики каналов а также наборы весов для указанных сочетаний. Исходя из принципа ранжирования весов, каналу, имеющему лучшие показатели с точки зрения точностных характеристик, присваивается больший вес, а каналу, имеющему худшие параметры - наименьший вес, в случае же когда два канала не работоспособны, работоспособному каналу присваивается вес равный 1, и ему сопоставляются точностные характеристики, соответствующие данному каналу.

При сопровождении ЛА статистические веса данных от каналов в общем случае могут меняться в зависимости от расстояния, присутствия активных или пассивных помех, погодных и иных условий.

Таким образом, сигнальный процессор 5 в зависимости от того, сколько каналов из набора 1, 2, 3 включены, по базе данных соответствий выбирает необходимые веса и выдает их в устройства присвоения веса 11, а также выдает команду мультиплексору 10, для коммутации одного из его входов на вход сигнального процессора. Одновременно с этим по базе данных соответствий сигнальный процессор определяет погрешность отображения траекторной информации для выбранного сочетания каналов. После чего выдает траекторную информацию и информацию о точностных характеристиках в устройство отображения траекторной информации 6, а также информацию о включенных каналах на индикатор 8 включенных и/или отключенных каналов.

Траекторную информацию и информацию о точностных характеристиках, представленную на устройстве отображения траекторной информации 6, а также информацию о включенных каналах, представленную на индикаторе 8, диспетчер анализирует, принимает решение по управлению летательным аппаратом и доводит принятое решение до экипажа по радиосвязи.

Сравнение показателей надежности и точности предлагаемого способа с показателями способа [5] показывает, что среднее время наработки на отказ увеличивается с ~20000 часов до ~30000 часов для предлагаемого способа, а ошибка измерения дальности в штатном режиме, т.е. при работе всех трех каналов, уменьшается не менее, чем в 2 раза [6-8].

#### Библиографический список

1. Патент РФ 2239219 С1.
2. Патент РФ 2013138158 А.
3. Патент РФ RU 34759 U1.
4. Патент USA US 7961135 В2.
5. <http://www.lemz.ru/views/solutions/orvd/liraa10>.
6. Левин В. И. Логическая теория надежности сложных систем. М.: Энергоатомиздат, 1985.
7. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем : пер. с англ. М.: Мир, 1984.
8. Пахолков Г. А., Збрицкая Г. Е., Криворучко Ю. Т. и др. Обработка сигналов в радиотехнических системах ближней навигации. М.: Радио и связь, 1992..

УДК.621.396.67

#### МАЛОГАБАРИТНАЯ МОНИТОРИНГОВАЯ АНТЕННАЯ СИСТЕМА УКВ ПЕЛЕНГАТОРА НА ОСНОВЕ КОМПЛАНАРНЫХ РАМОК

А. С. Суслов, Ю. В. Серединский, А. В. Харитонов

*АО «Научно-исследовательский институт «Вектор»*

Исследованы характеристики малоразмерной широкополосной антенной системы с направленными характеристиками, состоящей из компланарных пар рамочных антенн для средств радиомониторинга. Приведены расчетные характеристики направленности и чувствительности при электрических размерах 0,05 от максимальной рабочей длины волны в диапазоне с перекрытием более 10. Показан пример вычисления пространственного спектра и достижимых характеристик точности в трехмерном пространстве

**Введение.** Определение углового положения источников радиоизлучения, является одной из основных задач радиомониторинга. Наличие большого числа УКВ источников определяет необходимость построения широкополосных комплексов с приемлемыми характеристиками по точности и чувствительности, охватывающих этот диапазон. Наряду с этими требованиями повышаются требования к уменьшению массы и габаритных размеров. Перечисленные характеристики средств радиомониторинга в основном определяются его антенной системой.

В работе предлагается вариант построения малогабаритной мониторинговой антенной системы с направленными характеристиками в диапазоне УКВ.

**Характеристики антенной системы УКВ на основе компланарных рамок.** Рассматриваемая антенная система позволяет реализовать амплитудный метод определения направления на источник в полноазимутальном секторе обзора. Главным достоинством системы являются ее габариты порядка  $0.05\lambda$  в нижней части диапазона и перекрытие порядка 10 по частоте, что достигается за счет компоновки антенных элементов-излучателей и диаграммообразующей схемы в малом объеме. Основой системы является компланарная пара рамочных антенн.