

Приложение 3

Отчет АО «Корпорация ВКО «Алмаз-Антей» о летных испытаниях трансферного радиолокационного комплекса «Утес - Т», расположенного на ГП «Усть-Донецк» в Ростове-на-Дону.

Региональный центр Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации, 2019 г.

(перевод)

ОТЧЕТ

на летных испытаниях маршрутного радиолокационного комплекса
«Утес-Т», расположенного на маршрутном радиолокационном посту «Усть-Донецк» в Ростовском
региональном центре Единой системы управления воздушным движением Российской Федерации

Москва, 2019 г.

Обозначения и сокращения

<small>первичный так</small>	с аюлет
Единая система управления воздушным движением UATMS	
ПСП	- первичный обзорный радар
<small>ПДЖей</small>	- пассивное глушение
<small>Радиолокац</small>	- радиолокационная информация
РС	- радиолокационный комплекс
РС	- радиолокационная станция/радар
РФ	- Российская Федерация
МТС - выбор движущихся цели	
ТРС	- техническое задание
АРРК - маршрутный радиолокационный комплекс	
МОР - военно-оперативное требование	
РКС	- радиолокационное сечение

Понятия и определения

Следующие термины с их соответствующими определениями были использованы при подготовке настоящего документа. отчет:

Вероятность ложной тревоги: Вероятность того, что шум или другие мешающие сигналы вызовут ошибочное решение об обнаружении цели. См. также: вероятность обнаружения (согласно IEEE Std 686).

Вероятность обнаружения 1) (вероятность обнаружения): вероятность того, что сигнал, когда он действительно присутствует на входе приемника, будет правильно объявлен целевым сигналом на основе наблюдения за выходом приемника. См. также: вероятность ложной тревоги; 2) (вероятность захвата): вероятность установления стабильного пути на назначенную цель (согласно IEEE Std 686).

Вторичная обработка РИ: обработка первичного РИ, обеспечивающая обнаружение траектории цели, фильтрацию и экстраполяцию обнаруженных параметров траектории и сопровождение цели, а также распознавание классов радиолокационных целей на основе их характеристик сигнала и траектории. Результатом вторичной обработки является траекторная радиолокационная информация о цели (параметры траектории).

Диапазон: расстояние между радаром и целью (согласно IEEE Std 686).

Минимальная обнаруживаемая скорость (MDV): в радаре с доплеровской обработкой для обнаружения движущихся целей, минимальная скорость цели, которая может быть обнаружена (согласно IEEE Std 686).

Минимальный обнаруживаемый сигнал (MDS): минимальный уровень сигнала, обеспечивающий надежное обнаружение в присутствии белого шума (в соответствии со стандартом IEEE Std 686).

Примечание: МДС должен быть описан с точки зрения вероятности обнаружения и вероятности ложной тревоги из-за ее статистических характеристик.

Наклонная дальность: наклонная дистанция между радаром и целью (согласно IEEE Std 686).

Наклонное расстояние: расстояние между двумя точками, которые не находятся на одном высоте. Исползуется в отличие от расстояния до земли (согласно IEEE Std 686).

Зона покрытия РЛС: Площадь пространства, в пределах которой можно получить РИ и который характеризуется координатами границ района по дальности, азимуту, углу места и периоду сканирования (скорости).

Зона обнаружения РЛС: Часть зоны покрытия, в которой происходит обнаружение цели определенного типа с заданными характеристиками правильного обнаружения и

предусмотрена ложная тревога. Зона обнаружения характеризуется ЭПР и скоростью полета цели и граничных значений дальности, высоты, углов места и азимута.

Обнаружение: изоляция объекта от фона и классификация его как объект потенциального интереса.

Обнаружение радиолокационной цели: установление наличия цели в результате обработки РИ и определение положения цели в пространстве и выявления их характеристик.

Обработка РИ: процесс преобразования РИ, в том числе путем объединения РИ полученных от нескольких радаров, с целью повышения его полноты, точности и надежности.

Обработка радиолокационных сигналов: процесс преобразования радиолокационных сигналов для уменьшения помех и изолировать полезные РИ.

Обратное рассеяние: Энергия отраженная или рассеянная в направлении, противоположном направлению падающей волны (IEEE Std 686).

Отношение сигнал/шум: В радиолокационной системе отношение мощности, соответствующей определенной цели, измеренной в некоторой точке приемника, к мощности шума в той же точке при отсчете принятого сигнала (согласно IEEE Std 686).

Первичная обработка РИ: Обработка (преобразование) радиолокационных сигналов, принимаемых с выхода приемной РЛС за определенный интервал времени или в одном сеансе сканирования пространства, обеспечивающая обнаружение отраженного или излучаемого целью сигнала, стабилизацию ложных уровней тревоги, получение первичной измерительной информации о координатах радиолокационной цели. Результатом первичной обработки является РИ по координатам цели (координатным точкам).

Радиолокационное положение: Участок земной поверхности, на котором расположен радар или который подготовлен для развертывания радара или его частей.

Порог: значение напряжения или другой показатель, который должен превышать сигнал, чтобы его можно было обнаружить или скомбинировать для дальнейшей обработки (в соответствии с стандартом IEEE Std 686).

Потенциал (от лат. potentia: мощность): 1) энергетическая характеристика системы или Устройств; 2) доступный ресурс, с помощью которого реализация той или иной процесс.

Радиолокационный потенциал: Обобщенная характеристика радара, зависящая от отношения мощности передатчика к чувствительности приемника.

Радиолокационная информация (РИ): Совокупность информации о радиолокационных целях, которая получается радиолокационными методами в процессе радиолокационных наблюдений.

Радиолокационная станция (РС, РЛС): 1) радиолокационная аппаратура, состоящая из конструктивно и функционально связанных компонентов и предназначенная для радиолокационных наблюдений (2)

электромагнитная система обнаружения и определения местоположения объектов, работающая за счет передачи электромагнитных сигналов, приема их сигналов от объектов (целей) в пределах своего охвата и извлечения местоположения другой информации из их сигнала (согласно IEEE Std 686).

Примечания

1. Радар — это аббревиатура от радиолокационного обнаружения и измерения дальности.
2. Радиолокационное оборудование может работать с выключенным передатчиком, как с пассивным пеленгатором на источниках, излучающих в полосе частот приемной системы.

Радиолокационная цель: объект радиолокационного наблюдения в виде объекта или ряда, способная излучать или изменять параметры радиоволн.

Радиолокационное наблюдение: процесс получения информации об объектах и окружающей среде с помощью радиоэлектрических методов, основанный на явлениях излучения, распространения и рассеяния радиоволн. Радиолокационное наблюдение за воздушными объектами включает в себя наблюдение за определенной областью пространства, поиск и обнаружение различных объектов, определение их координат и радиальной скорости, получение о них некоординатной информации.

Радиолокационный комплекс (РК): радиолокационное оборудование, состоящее из одной или нескольких РЛС и средств связи и обработки РИ, которые функционально связаны и совместно используются для радиолокационного наблюдения.

Радиолокационное сканирование: процесс радиолокационного наблюдения за целями в определенной зоне покрытия, который характеризуется распределением излучаемой и принимаемой энергии. Характер распределения энергии определяется формой диаграммы направленности антенны, а также законом движения антенны.

Радиолокационный сигнал: сигнал в виде радиоволн, используемый в процессе радиолокационного наблюдения для получения информации о радиолокационных целях.

Отслеживание: процесс отслеживания движущегося объекта или переменной в одной величине. В радаре отслеживание цели по углу, дальности или доплеровской частоте достигается за счет удержания курса луча или угла наугад цели, метки дальности или строба на задержанном эхосигнале или узкополосного фильтра на частоте сигнала соответственно.

(в соответствии с стандартом IEEE 686).

Примечание. Этот процесс может выполняться вручную или автоматически для одного или нескольких из указанных выше параметров. Луч, строб дальности или фильтр могут быть либо центрированы на одной величине, либо могут быть размещены грубо, с измерениями интерполяции, обеспечивающими точные данные для компьютера, который выполняет точное отслеживание. См. также: автоматическое слежение; радар слежения; отслеживать во время сканирования.

Угол места: В радиолокации угол между линией прямой видимости в интересующем направлении и горизонтальной базовой плоскостью, измеренный вверх (в соответствии с стандартом IEEE Std 686).

Уравнение радиолокации: математическое выражение, которое связывает дальность действия радара, при которой достигается конкретная производительность, с параметрами, характеризующими радар, цель и окружающую среду. Синоним: уравнение дальности радиолокации; уравнение диапазона (согласно IEEE Std 686).

Примечание: параметры в уравнении радиолокации могут включать мощность передатчика, коэффициент усиления антенны и эффективную площадь, частоту, эффективную площадь радиолокационного сечения цели, дальность до цели, коэффициент шума приемника, отношение сигнал/шум, необходимое для обнаружения, потери в радиолокационной системе и влияние пути распространения.

1. Цель и задачи летных испытаний ВНРК «Утес-Т».

Отчет DSB «Крушение Boeing 777-200 Malaysia Airlines, 9M MRD, рейс MH17» утверждает, что крушение Boeing 777 было вызвано ударом «боевой части 9МВ8», установленной ракетой серии 9МВ8». ¹ и делает вывод, что вероятное местонахождение площади пуска ракеты «восток Украины» около ², указывающий возможный район пуска 320 км², по подсчетам спец иалисты "Нидерландского аэрокосмического центра" (НЛР)З.

Спец иалисты Корпорации противоздушной обороны «Алмаз-Антей» («Алмаз-Антей») утверждают, что если бы ракета 9МВ8 была запущена из района, указанного в сообщении ДСБ, была бы высокая вероятность того, что ракета была бы обнаружена ракетой «Утес-Т». АРРС дислоцируется в поселке Усть-Донецк Ростовской области Российской Федерации. Однако внимательное изучение задокументированной первичной радиолокационной информации ВНРК «Утес-Т» показывает, что ракета не была обнаружена локатором. Этот факт, наряду с анализом тактико-технических характеристик: (i) зенитно-ракетного комплекса «Бук», (ii) зенитных управляемых ракет 9МВ8, (iii) повреждения внешней обшивки, внутреннего оборудования и несущей конструкции Боинга 777 и (iv) результаты экспериментов с пещиальными исследованиями, проведенных «Алмаз-Антей», позволили сделать следующие выводы:

Если причиной крушения Боинга 777 была ракета 9МВ8, то это могло произойти только в том случае, если ракета находилась на "встречном курсе" (наиболее вероятный угол подхода ракеты к самолету в горизонтальной плоскости мог составлять 72 ± 2–10 град;

- районом пуска может быть район, показанный желтым цветом на рис. 1 и показанный в презентации на пресс-конференции Корпорации ПВО «Алмаз-Антей» в октябре 2015 г., полученной результатам натурного эксперимента; - При пуске ракеты 9МВ8 из района, указанного

Спец иалисты корпорации ВНРК «Утес-Т» не смогли его обнаружить;

- В случае пуска ракеты типа 9МВ8 из района, указанного в ДСБ сообщать, он имел бы высокую вероятность быть обнаруженным ВНРК «Утес-Т».

¹ Название оружия из отчета DSB.

² Заключительный отчет. 11. Летные части ракет, с.256.

³ Заключительный отчет. Визуализация результатов моделирования вылета NLR. Рисунок 62, с.144.

⁴ «Результаты полевого эксперимента по оценке причин крушения MH17», октябрь 2015 г.

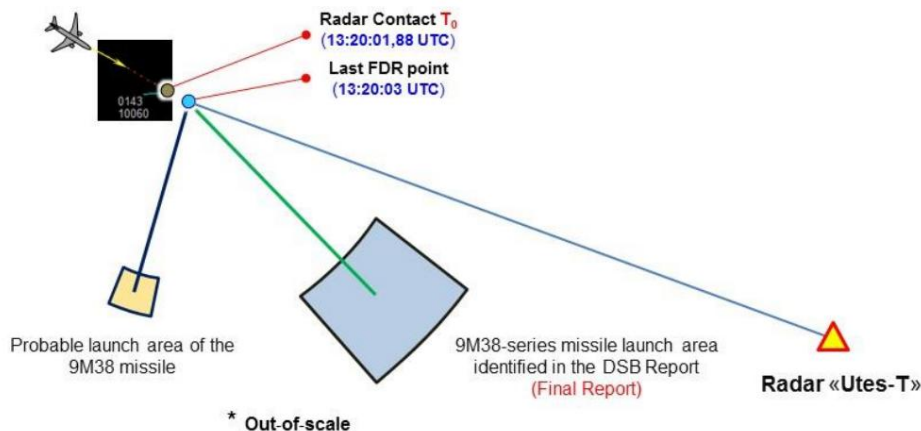


Рисунок 1 – Предполагаемые районы пуска ракет

В целях подтверждения выводов, сделанных экспертами «Алмаз-Антей», полет проведено испытание ВНЦ «Утес-Т».

Целью летных испытаний АРПК "Утес-Т" заключалась в оценке пространственных характеристик основной радиолокационной станции (ПРЛ) АРПК "Утес-Т" и ее способности обнаруживать воздушные объекты, характеристики полета и отражения которых аналогичны характеристикам ракеты серии 9М38.

Целями летных испытаний были: Уточнение

1. дальности обнаружения РЛС АРПК "Утес-Т".

ПСП для воздушных объектов с радиолокационной заметностью, соответствующей ракете типа 9М38.

2. Определение возможностей ПСП ВДНХ «Утес-Т» по обнаружению и сопровождению воздушных объектов:

- полеты на сверхзвуковых скоростях, в том числе в зонах разгона и торможения
- внезапно появляясь

из-под радиогоризонта и двигаться по траекториям, соответствующим расходу матрицаемым гипотезам о перехвате ракеты 9М38.

2. Условия и порядок проведения летных испытаний

Возможности обнаружения ракет 9М38 ППР ВНРК «Утес-Т» были расширены. определяется в два этапа.

На первом этапе потенциальные возможности определялись с использованием известных аналитических соотношений на основе характеристик ПСР, изложенных в эксплуатационной документации ВНЦ «Утес-Т».

На втором этапе была собрана информация об обнаружении реальных воздушных объектов, маневрирующих в различных условиях, и построены схемы зоны обнаружения ППР для объектов типа 9М38.

Летные испытания проводились в воздушном пространстве Российской Федерации симметрично относительно фазового центра ПСР ВНЦ «Утес-Т». Схема испытаний показана на рисунке 4.

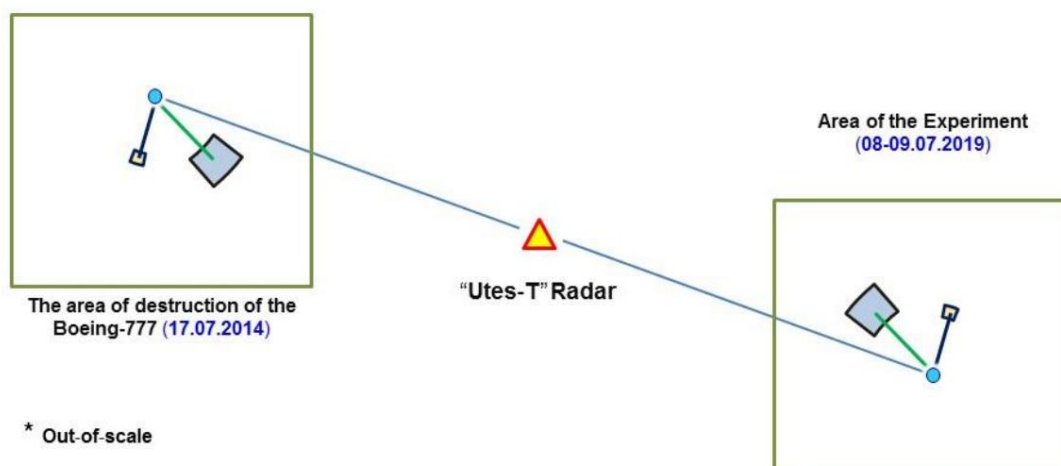


Рисунок 2 – Схема летных испытаний

В ходе испытаний все события моделировались при максимально одинаковых начальных условиях взаимного расположения РЛС и эталонных воздушных объектов.

АРПК "Утес-Т" работал в штатном автоматическом режиме. Оборудование работало в штатном режиме и операторы не вмешивались в работу АРПК во время испытаний.

5 .

В полигоне (этапе) основная РЛС АРПК «Утес-Т», работающая в автоматическом режиме, в режиме МГС осуществляла обнаружение воздушных объектов. Об этом свидетельствуют бланки в отношении самолетов, следовавших в международных воздушных коридоры и опорные воздушные объекты.

⁵ Велась аудио- и видеозапись испытаний.

Погодные условия на момент испытаний были эквивалентны реальным погодным условиям в районе крушения Боинга 777 (рис. 4), о чем также свидетельствуют данные метеорадара на позиции Миллерово (рис. 5).



Рисунок 3 – Фактические погодные условия на момент проведения испытаний



Рисунок 4 – Данные метеолокатора (позиция Миллерово)

В полете приняли участие самолеты МиГ-29 и МиГ-31, а также БПЛА Орлан-10. Испытания ВЦУтес-Т.

ЭПР с самолета МиГ-29 составляла около 5 м². Данные ЭПР БПЛА Орлан-10 полученные путем статистической обработки диаграмм обратного отражения, измеренных эталонным радаром, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – ЭГР БПЛА «Орлан-10»

Угол расположения сектора*	0°±45°	90°±45°	180°±45°
Значение RCS для уровень 0,5 ($\sigma_{0,5}$), м ²	0,23	0,26	0,13

* - угол 0° соответствует расположению от нос; угол 90° соответствует расположению с боку; угол 180° соответствует расположению от хвоста аппарата в курсовой плоскости (горизонтальной плоскости).

Испытательный полет вокруг позиции РЛС проводился в течение двух суток, 08 июля 2019 г. и 09 июля 2019 г. по единой программе и методике.

В границах зоны обнаружения АРРК эталонными воздушными объектами (МиГ-29) был выполнен испытательный полет на дальности от 280 до 380 км и высотах от 7000 до 12600 м, что соответствует диапазону углов места от 0,3 до 1,0 градуса относительно положения РЛС.

Испытательный полет выполнялся как с приближением, так и с удалением от позиции АРРК. При подлете к АРРК вблизи дальней границы зоны обнаружения эталонные бортовые объекты пролетали с выключенными транспондерами.

План испытаний включал сценарные эталонные траектории двух типов. Первый тип представлял собой скоростной верх звуковой участок с предварительным разгоном, верх звуковым маневрированием и последующим торможением. Во время разгона и при маневрировании и на протяжении опорного участка и участка торможения опорные цели (МиГ-31) летели с выключенным транспондером.

Второй тип опорных траекторий — имитация полета ракеты по вертикали с матрицаемой гипотезой.

Перед полетом по сценарным траекториям второго типа опорные цели (МиГ-29) также выключали свои транспондеры и опускались ниже радиогоризонта. Находясь ниже радиогоризонта, они маневрировали и приближались к точке начала сценарной опорной траектории.

Затем эталонные цели летели по траектории, соответствующей гипотезам на расстоянии: «в противоположном направлении» и «на встречном курсе».

Результаты испытаний были записаны с использованием их одних файлов журналов АРРК, записей параметрических регистраторов, датчиков GPS и установленного аудио-, фото- и видеоборудования на АРРК, эталонные бортовые объекты и другие объекты.

3. Краткое описание тест-объекта

Объектом исследования стал ПСР ВНИЦ «Утес-Т» (заводской № 208020), расположенный на Усть-Донецком радиолокационном посту Ростовской области регионального центра УАТМС РФ (рис. 5).



Рисунок 5 – ВНИЦ «Утес-Т» в селе Усть-Донецк Ростовской области, Россия

АРПК «Утес-Т» используется для управления воздушным движением. Сертификат ФАВТ-РТОП-005 Тип, выданный Федеральным агентством воздушного транспорта Российской Федерации 17 июля 2018 года на АРПК «Утес-Т», подтверждает, что АРПК «Утес-Т» является высокоэффективным радиолокационным комплексом, отвечающим требованиям ИКАО и Евроконтроля.

Зона действия ППР при нулевом угле взлета для самолетов с ЭПР равной 5 м² при вероятности правильного обнаружения не менее 0,8 и вероятности ложных срабатываний по собственным шумам приемника не более 10⁻⁶ :

- минимальный угол места не более 0,5 град;
- максимальный угол возвышения не менее 45 град;

- максимальная дальность обнаружения не менее 360 км;
- максимальная высота обнаружения не менее 20 км.

Пороговое отношение сигнал/шум по мощности при заданных вероятностях правильного обнаружения и ложной тревоги как следует:

$$q_0 = \frac{\ln P_{\text{лт}}}{\ln P_0} - 1 \approx 60,9 \approx 17,85 \text{ дБ} \quad (1)$$

*

л =

о =

дБ (примечание переводчика)

Используя приведенные выше данные, можно определить из уравнения радиолокационной мощности RCS, который должен быть не менее

$$P_{\text{порл}} \geq \frac{q_0 \cdot D_{\text{макс}}^4}{\sigma_0} = \frac{60,9 \cdot (360000)^4}{5} = 2 \cdot 10^{23} \quad (2)$$

где макс - максимальная дальность обнаружения ППР, равная (до 360,000 м);

- целевая ЭПР равна 5 м².

*

ППР (примечание переводчика)

Вертикальный разрез зоны обнаружения ППР цели с ЭПР, равной 1 м², при вероятности обнаружения не менее 0,8 и вероятности ложной тревоги не более 10⁻⁶ показан на рисунке 3.

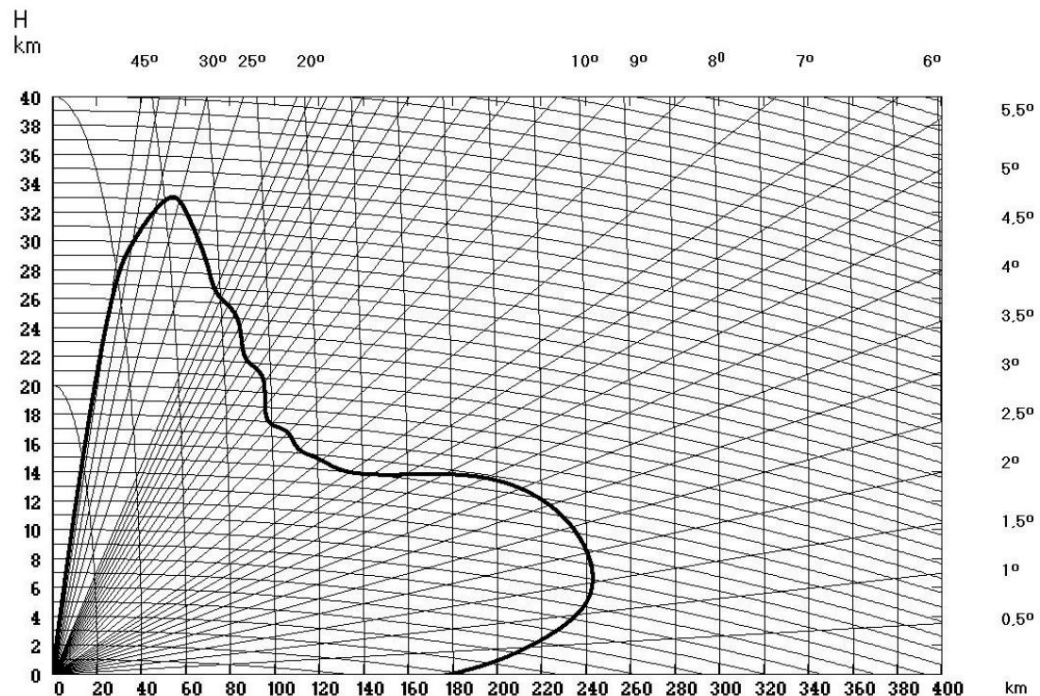


Рисунок 6 – Вертикальный разрез зоны обнаружения ГПС НК «Утес-Т» для цели с ЭПР равной 1 м² при вероятности обнаружения 0,8 и вероятности ложной тревоги не менее 10⁻⁶

PSR работает в L-диапазоне (1215 - 1350 МГц).

Радиолокационный комплекс отличается высокой надежностью, автоматическим резервированием, дистанционным управлением, контролем и диагностикой, работой в автоматическом режиме и построен на твердотельной технологии с использованием современных методов обработки сигналов и информации.

Система обработки сигналов и информации обеспечивает динамический диапазон сигналов с цифровой обработкой не менее 70 дБ и первичную и вторичную обработку радиолокационной информации. Комплекс обеспечивает документирование и воспроизведение всей обрабатываемой радиолокационной информации.

Алгоритм МТС реализован в специальном сигнальном процессоре и основан на принципе адаптивной точечной доплеровской фильтрации. МТС обеспечивает выделение отраженных сигналов от летательных аппаратов, движущихся с радиальными скоростями от 40 до 500 м/с, на фоне помех, создаваемых неподвижными объектами и объектами, движущимися со скоростью менее 40 м/с (отражения от земных и водных поверхностей, показатели влажности и др.). В области лучевых скоростей от 500 до 1000 м/с отсутствуют длительные провалы коэффициента передачи глубиной более 2-5 дБ (рис. 7).

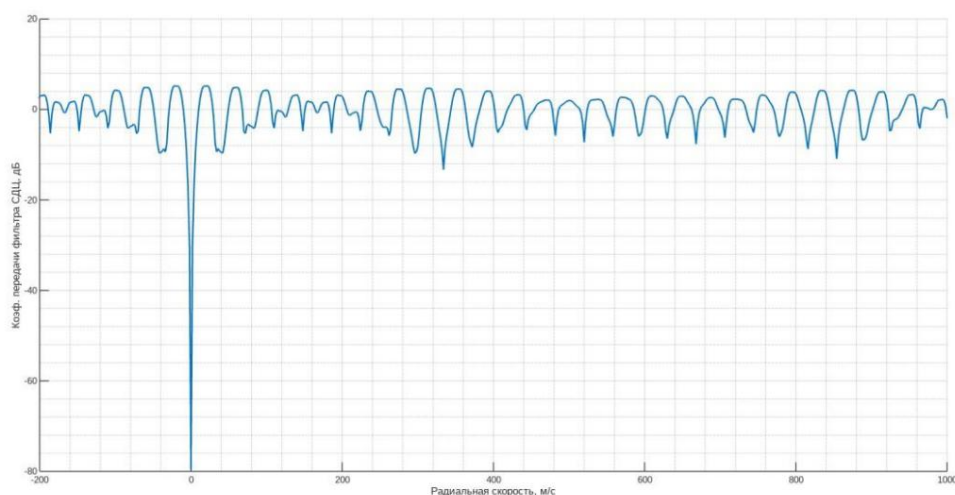


Рисунок 7 – Скоростные характеристики системы МТС ВНЦ «Утес-Т»

* Коэффициент передачи фильтра МТС, дБ
Радиальная скорость, м/с

Для устранения «слепых» зон используется возбуждение интервалов повторения зондирующих сигналов. Использование сигналов с неэквидистантной последовательностью импульсов позволяет создать зону пассивного шумоподавления без существенных провалов в зоне ненулевых скоростей. Коэффициент подавления пассивных помех составляет не менее 50 дБ.

4. Оценка возможности обнаружения ракет

Значения ЭГР для ракеты типа 9МВ8, полученные с разных углов наблюдения при проведении измерений на эталонном радиолокационном комплексе в L-диапазоне с горизонтальной поляризацией сигнала, приведены в табл. 2.

Работоспособность РЛС определялась с помощью ракеты 9МВ8РМ, оснащенной штатным радиопрозрачным обтекателем и установленной ГСН. Характеристики радиолокационной заметности установки 9МВ8РМ были получены путем статистической обработки измеренных диаграмм обратного рассеяния.

Таблица 2 - ЭГР ракеты типа 9МВ8

Угол расположения сектор*	0°±10°	90°±10°	90°±30°	165°±15°	180°±10°	
Значение RCS для уровень 0,5 (σ0,5), м ²	0,3	3,3	0,9	0,85	2,3	

* - угол 0° соответствует расположению от носа; угол 90° соответствует расположению с боку; угол 180° соответствует расположению от хвоста аппарата в курсовой плоскости (горизонтальной плоскости).

Согласно расшифровке параметрических регистраторов Boeing 777, крушение рейса MH17 произошло в 13:20:03 UTC.

Последнее измерение положения Boeing 777 было выполнено PSR ARRC «Утес-Т» в T0 = 13:20:01.88 UTC (рис. 1). Таким образом, между последним измерением и аварией прошло около 1,12 секунды.

Согласно отчету DSB, авиалайнер Boeing 777 не выполнял никаких маневров за три минуты до последней точки FDR, а его высота, курс и скорость были постоянными. Специалисты «Алмаз-Антей» провели моделирование поражения ракетой типа 9МВ8 не маневрирующей аэродинамической цели для двух гипотез: - пуск «в встречном направлении»

- пуск "навстречу"

Траектории полета ракеты 9МВ8 для двух гипотез показаны на рисунке 9 (время с соответствующему времени последнего измерения относительно Боинга 777, а время - с соответствующим 10 с и 20 с до последнего измерения соответственно). Из рисунка видно, что с учетом времени полета ракеты до точки Последнего ФДР ракета должна была войти в АРПК.

не менее двух раз в зону действия в случае полета «на встречном курсе» и три раза войти в эту зону в случае полета «в противоположном направлении».

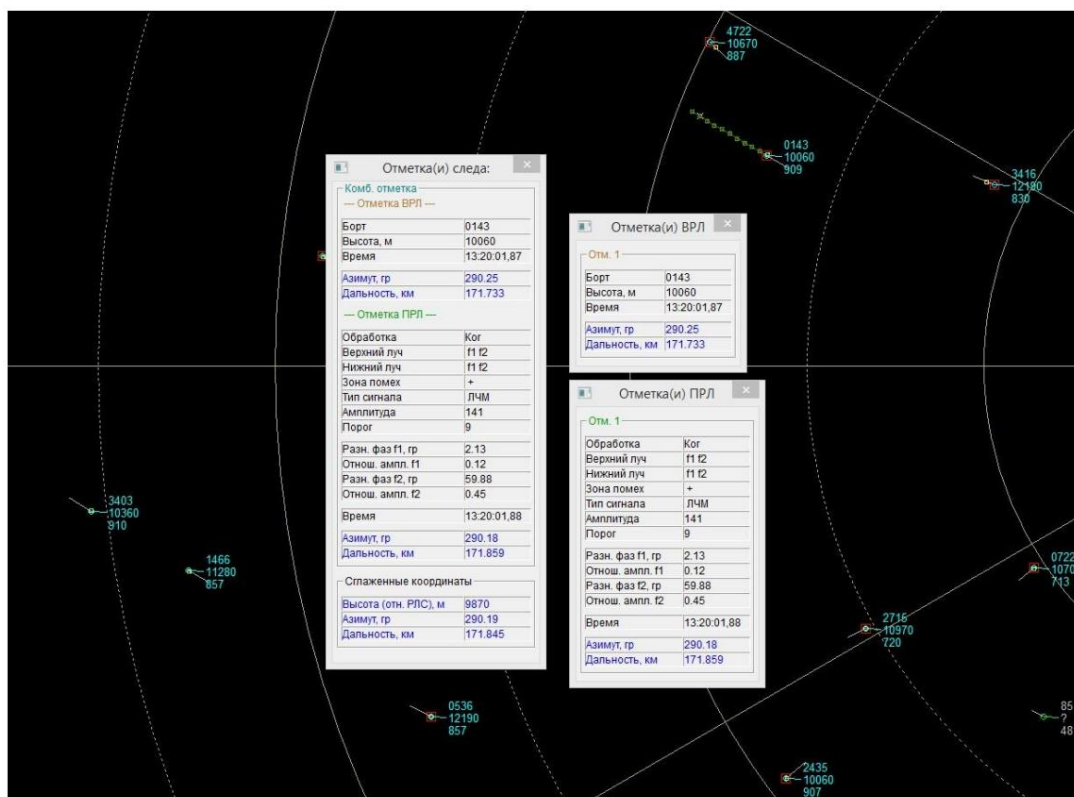


Рисунок 8 – Последнее измерение, выполненное ВНЦ «Утес-Т» относительно самолета Боинг 777

*

Марка(ы) следа

Комбинированная метка	
- вторичная радиолокационная метка	
Доска	0143
Высота, м	10060
Время	13:20:01,87
Азимут, град.	290,25
Расстояние, км	171,733
- Первичная радиолокационная метка	
Обработка	Последовательный
Верхняя балка	f1 f2

Нижний луч	f1 f2
Зона помех	+
Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	141
Порог	9
Разность фаз f1, град.	2,13
Отношение амплитуд	0,12
f1 Разность фаз f2, град.	59,88
Отношение амплитуд f2	0,45
Время	13:20:01,88
Азимут, град.	290,18
Расстояние, км	171,859
Сглаженные координаты	
Высота (относительно РЛС), м	9870
Азимут, град.	290,19
Расстояние, км	171,845

Вторичная радиолокационная метка (и)

Марк 1	
Доска	0143
Высота, м	10060
Время	13:20:01,87
Азимут, град.	290,25
Расстояние, км	171,733

Первичная радиолокационная метка (и)

Марк 1	
Обработка	Последовательный
Верхняя балка	f1 f2
Нижний луч	f1 f2
Зона помех	+
Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	141
Порог	9
Разность фаз f1, град.	2,13
Отношение амплитуд	0,12
f1 Разность фаз f2, град.	59,88
Отношение амплитуд f2	0,45
Время	13:20:01,88

Азимут, г. рад.	290,18
Расстояние, км	171,859

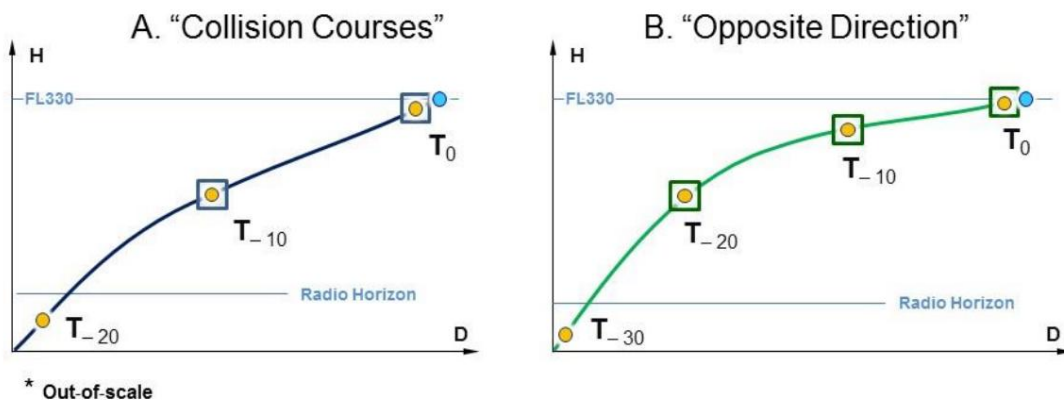


Рисунок 9 – Возможные траектории полета ракеты 9МВ8
 А- «встречный курс»; Б – «встречное направление»

Максимальная дальность полета ракеты от ВНРЦ «Утес -Т» на тот момент составляла около 170 км.

Максимальную дальность обнаружения цели РЛС можно определить по известным характеристикам РЛС и ЭПР цели

$$D_{\text{макс}} = \sqrt[4]{\Pi_{\text{ПОРЛ}} \cdot \frac{\sigma_{\text{ц}}}{q_0}} \tag{3}$$

*
 Макс
 ППОРЛ
 ц =

Максимальная дальность обнаружения ракеты типа 9МВ8 (в зависимости от угла ее наблюдения) для вероятности правильного обнаружения 0,8 и вероятности ложной тревоги 10⁻⁶ приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Максимальная дальность обнаружения ракет типа 9МВ8

Угол расположения сектор*	0°±10°	90°±10°	90°±30°	165°±15°	180°±10°	
---------------------------	--------	---------	---------	----------	----------	--

Дальность обнаружения, км	177	323	233	230	295
---------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

* - угол 0° соответствует расположению от нос; угол 90° соответствует расположению с боку; угол 180° соответствует расположению от хвоста аппарата в курсовой плоскости (горизонтальной плоскости).

Из таблицы видно, что при любом угле наблюдения максимальная дальность обнаружения ракеты 9МВ8 превышает ее максимальное удаление от РЛС.

Также возможно определить отношение сигнал/шум и вероятность обнаружения ракеты в моменты ее предполагаемого местонахождения. Тот факт, что отношение сигнал/шум превышает пороговое значение, также подтверждает вероятность его обнаружения.

При известном потенциале ГСР ВНЦ «Утес-Т» отношение сигнал/шум для цели можно рассчитать по следующей формуле

$$q = \Pi_{\text{ПОРЛ}} \cdot \frac{\sigma_{\text{ц}}}{D_{\text{ц}}^4} \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{ц}}$ - RCS цели;

$D_{\text{ц}}$ - наклонная дальность, равная расстоянию от РЛС до цели.

При фиксированном значении ложной тревоги и вероятности правильного обнаружения будет

$$P_0 = \exp\left(\frac{\ln P_{\text{лт}}}{q + 1}\right) \quad (5)$$

* $l =$

Помимо достаточной дальности обнаружения важно также, чтобы условия наблюдения за ракетой соответствовали возможностям ГТР по углам места и радиальной скорости в моменты нахождения ракеты.

Расчетные значения параметров траектории и условия наблюдения ракеты типа 9МВ8 ВРК «Утес-Т» при пуске в встречном направлении и на встречном курсе в моменты времени приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Условия наблюдения за ракетой С НРК «Утес-Т»

Характеристика	Курс ракеты					
	Траектория столкновения			Противоположное направление		

Скорость движения, м/с	680-740	975-990	750-770	930-970	770-850	635-670
Радиальная скорость, м/с	-(9-11)	12-15	-(17-19)	790-820	730-810	606-630
Угол места, град.	-(0,45-0,35)	1,2-1,4	2,4-2,6	1,6-2,1	2,4-2,75	2,6-2,75
Наклонная дальность (не более), км	-	170	170	150	160	170
Угол наблюдения градусы	-	90°±30°	90°±30°	165°±15°	165°±15°	165°±15°
ЭПР, м ²	-	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85
Отношение сигнал шум	-	215	215	336	275	208
Вероятность обнаружения	-	-	-	0,96	0,95	0,94

Из таблицы видно, что ракета типа 9МВ8 не входит в зону действия АРПК «Утес-Т» по углам места только в одном случае: при нахождении ниже линии радиогоризонта (на «встречном курсе» на).

ПГР АРПК "Утес-Т" обладает достаточными возможностями для обнаружения ракеты типа 9МВ8 в полете как на встречном, так и на встречном курсе. Ожидаемое отношение сигнал/шум было значительно выше порога означенного во всех периодах сканирования. Однако ракета типа 9МВ8 не могла быть обнаружена ПГР ВНРК "Утес-Т" при полете на "встречном курсе" из-за чрезмерно малой радиальной скорости. Минимальная радиальная скорость, при которой радар может обнаруживать движущиеся цели, когда МГС оборудование включено – 30(50) м/с. Напротив, вероятность обнаружения ракеты типа 9МВ8, летящей на перехват цели в «встречном направлении», была в каждом из трех периодов сканирования. Далее вероятность обнаружения ракет хотя бы в один из трех периодов сканирования близка к 1 и превышает 0,99.

Результаты летных испытаний должны подтвердить или опровергнуть сделанные выводы из аналитических расчетов.

5. Основные результаты летных испытаний

При облете АРПК "Утес -Т" в дальней периферии зоны обнаружения опорные бортовые объекты как приближались к позиции АРПК, так и удалялись от нее.

Пример обнаружения эталонного воздушного объекта, который был обнаружен при приближении к позиции РЛС, показан на рисунке 10.

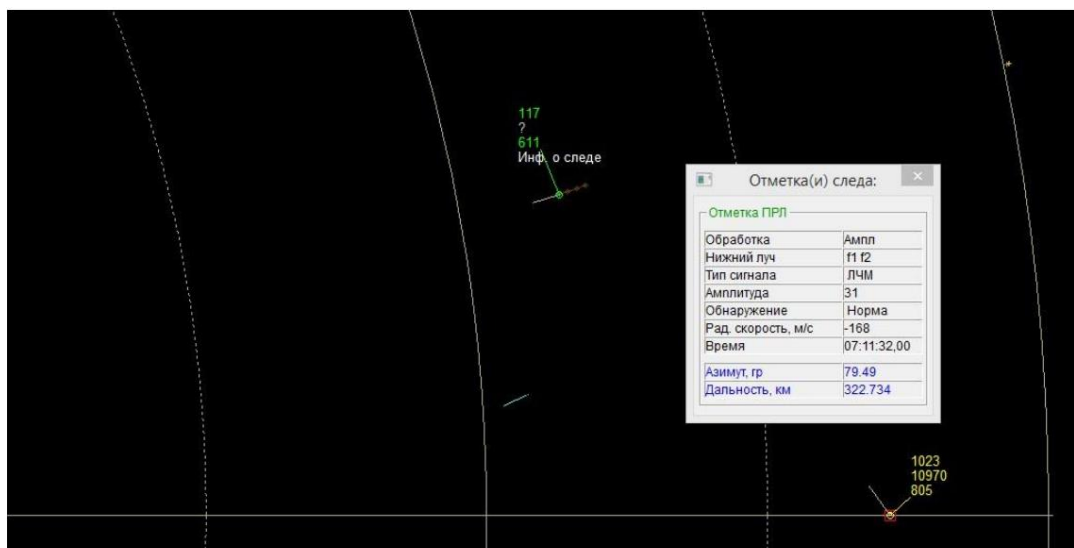


Рисунок 10 – Обнаружение ПСР опорного воздушного объекта №117 на расстоянии 322,7 км

* След(ы)

- Первичная радиолокационная метка	
Обработка	Усилитель
Нижний луч	f1 f2
Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	31
Обнаружение	Стандарт
Радиальная скорость, м/с	-168
Время	07:11:32,00
Азимут, град.	79,49
Расстояние, км	322.734

Результаты тестового полета по дальнему краю зоны обнаружения приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Дальность обнаружения опорных целей

	Дальность, км	Радиальная скорость, м/с
Приближаясь к АРРС	309,5...354,4	-245...-168
Отходят от ВНИЦ	304,3...360,9	172...256

По результатам облета ВРК «Утес-Т» дальность обнаружения воздушного объекта, ЭПР которого соответствует дальности полета ракеты 9М38 (в пересчете по формуле ЭПР в свободном пространстве с учетом равных угловых положений), должна быть не менее 200-218 км. Результаты подтверждения дальней границы зоны обнаружения для ЭПР, равной 0,85 м² и 1,0 м², представлены на рисунке 11.

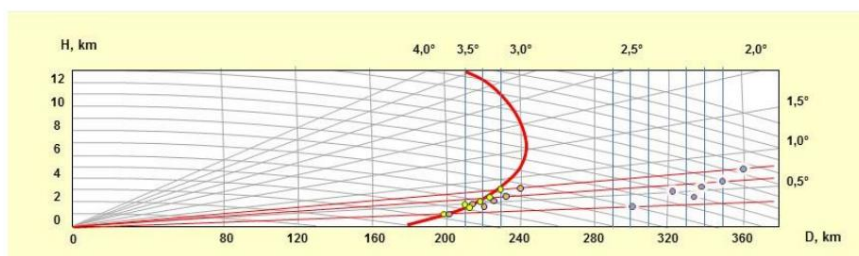


Рисунок 11 – Подтверждение расчетной зоны обнаружения ракеты типа 9М38 на высотах более 3500 м по результатам облета эталонных мишеней

Способность первичной РЛС обнаруживать малоразмерные цели дополнительно подтверждает тот факт, что на момент событий, произошедших 17.07.2014 г., БПЛА типа «Орлан-10», ЭПР которого в 3-5 раз меньше, чем у БУК-ракеты, была обнаружена и отслежена АРРС. Радиолокационная метка и форма бортового объекта («Орлан-10») показаны на рисунке 12.

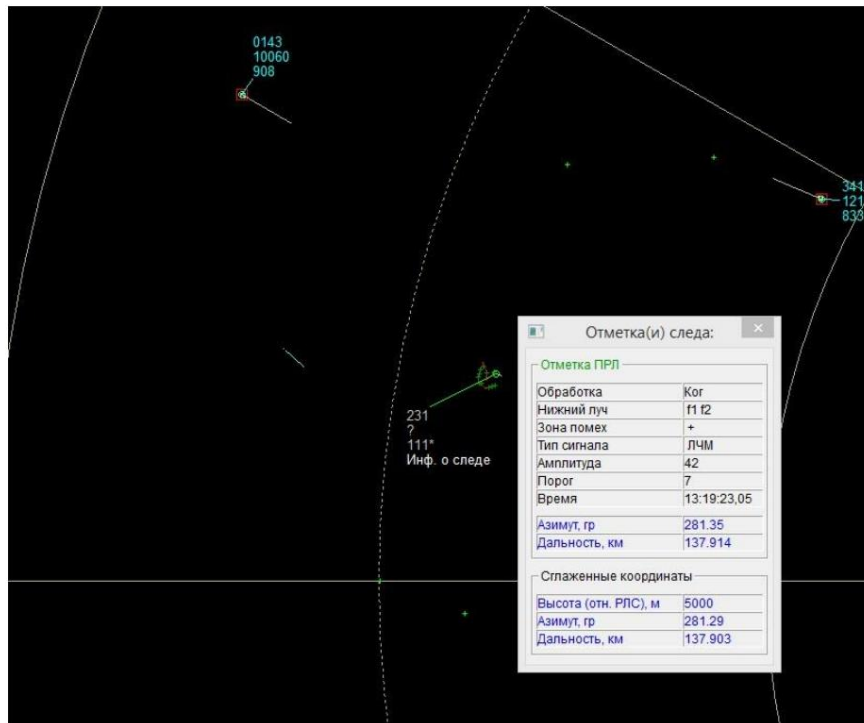


Рисунок 12 - Радиолокационная метка и форма в отношении воздушного объекта № 231 (БПЛА «Орлан 10») на удалении 137,9 км от ответчика «Утэ-Т». Время 13:19:23.05 UTC (регистрационный файл "14-07-17_fragment.kt")

* След(ы)

- Первичная радиолокационная метка	
Обработка	Послеобработанный
Нижний луч	f1 f2
Зона помех	+
Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	42
Порог	7
Время	13:19:23,05
Азимут, град...	281,35
Расстояние, км	137,914
Сглаженные координаты	
Высота (относительно РЛС), м	5000
Азимут, град	281,29
Расстояние, км	137,903

Таким образом, ракета, летящая на высотах выше радиогоризонта, может быть обнаружена первичным радиолокатором на расстоянии более 200 км.

Подтверждение скоростных характеристик первичной РЛС.

При облете основной РЛС АРПК "Утес-Т" эталонный сверхзвуковой бортовой объект в районе скоростного участка маневрировал и разогнался до сверхзвуковой скорости: истинная

скорость, макс	M= 2,04...2,1
приборная скорость,	M=1.9...2.0

макс. На всем опорном участке траектории наблюдался устойчивый объект в воздухе. Лучевая скорость V_R , измеренная АРРС, варьировалась от 508 до 567 м/с (рис. 13 и 14).



Рисунок 13 – Траектория полета сверхзвукового воздушного объекта с учетом опорного участка траектории

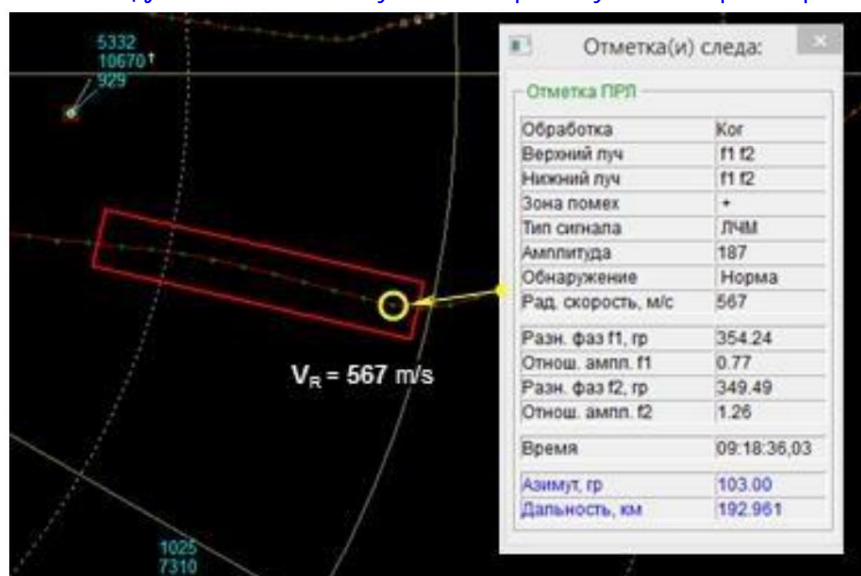


Рисунок 14 – Опорный с верх звуковой участок траектории. Истинная скорость воздушного объекта $M=2,04...2,1$. Радиальная скорость, измеренная ARRC, составляет 567 м/с (время 09:18:36.03 UTC 09.07.2019).

* След(ы)

- Первичная радиолокационная метка	
Обработка	Последевательный
Верхняя балка	f1 f2
Нижний луч	f1 f2
Зона помех	+
Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	187
	Стандарт
Детектирование	567
Радиальная скорость, м/с Разность фаз f1, град.	354,24
Отношение амплитуд	0,77
f1 Разность фаз f2, град.	349,49
Отношение амплитуд f2	1,26
Время	09:18:36,03
Азимут, град.	103,00
Расстояние, км	192,961

Способность АРПК «Утес-Т» обнаруживать с верх звуковые воздушные объекты также подтверждается данными воздушной обстановки за 2001 год. Эти данные воздушной обстановки получены РЛС «Утес» на позиции «Геленджик» (РЛС предыдущего поколения, являющейся предшественником СНРК «Утес-Т») в октябре 2001 года был использован на практике для определения причины Ту Катастрофа 154MRA85693 над Черным морем.

В это время с новой радиолокатор зафиксировал неопознанный воздушный объект, двигавшийся в направлении траектории полета самолета Ту-154М с скоростью около 1000 м/с. Впоследствии зафиксированные следы были идентифицированы как ЗРК С-200, вызвал аварию ⁶.

На рис. 15 представлено фрагмент «Результатов исследования повреждения поврежденных фрагментов самолета Ту-154MRA85693, разбившегося 4 октября 2001 г. над Черным морем» с траекторией полета Ту-154М на последнем участке.

⁶ Итоговый отчет ACCID Ту-154 RA-85693 (RU), с.16-17.

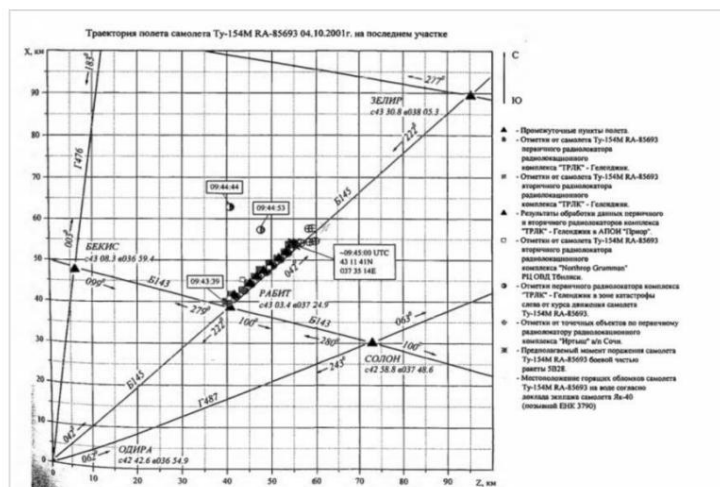


Рис унок 15 – П о с л е д н и й у ч а с т о к т р а е к т о р и и п о л е т а Т у -154M RA-85693
10.04.2001. С л е в а о т т р а е к т о р и и д в и ж е н и я с а м о л е т а и м е ю т с я с л е д ы о т о б н а р у ж е н н о г о
ARRC о б ъ е к т а в в о з д у х е н а п о з и ц и и Г е л е н д ж и к .

*

- п у т е в ы е т о ч к и

- М е т к и о т Т у -154M RA-85693 п е р в и ч н ы м р а д а р о м р а д и о л о к а ц и о н н о г о к о м п л е к с а в Г е л е н д ж и к е

- М е т к и о т Т у -154M RA-85693 в т о р и ч н о й Р Л С Р Л С в Г е л е н д ж и к е

- Р е з у л ь т а т ы о б р а б о т к и д а н н ы х А П О И П р и о р о т н о с и т е л ь н о д а н н ы х п е р в и ч н о й и в т о р и ч н о й Р Л С
р а д и о л о к а ц и о н н о г о к о м п л е к с а в Г е л е н д ж и к е

- М е т к и о т Т у -154M RA-85693 в т о р и ч н о й Р Л С р а д и о л о к а ц и о н н о г о к о м п л е к с а N o r t h r o p G r u m m a n
Р Ц О В Д Т б и л и с и

- О т м е т к и п е р в и ч н ы м р а д а р о м Р Л К в Г е л е н д ж и к е в р а й о н е к р у ш е н и я с л е в а о т Т у
К у р с с а м о л е т а 154M RA-85693

- М е т к и о т т о ч е ч н ы х о б ъ е к т о в п о д а н н ы м п е р в и ч н о г о р а д а р а Р Л К "И р т ы ш" в С о ч и

- П р е д п о л а г а е м ы й м о м е н т п о р а ж е н и я с а м о л е т а Т у -154M RA-85693 б о е в о й ч а с т ь ю р а к е т ы 5Б28.

- М е с т о н а х о ж д е н и е г о р я щ и х о б л о м к о в с а м о л е т а Т у -154M RA-85693 в в о д е п о д о н е с е н и ю э к и п а ж а Я к -40
(п о з ы в н о й Е Н К 3790)

Т а к и м о б р а з о м , р а к е т а , л е т я щ а я с о с в е р х з в у к о в о й с к о р о с т ь ю , с о о т в е т с т в у ю щ е й р а д и а л ь н о й с к о р о с т и
д о 1000 м / с м о г у т б ы т ь о б н а р у ж е н ы п е р в и ч н ы м р а д а р о м в п р е д е л а х з о н ы о б н а р у ж е н и я

П р и п р о в е р к е г и п о т е з ы «п р о т и в о п о л о ж н о е н а п р а в л е н и е» о т м е т к и и з э т а л о н а
ц е л и о б н а р у ж и в а л и с ь с р а з у п о с л е п е р е с е ч е н и я и м и р а д и о г о р и з о н т а . М е т к и п е р в и ч н о г о
р а д а р а с п о л у ч е н н ы м и д а н н ы м и п о к а з а н ы н а р и с у н к а х 16 и 17.

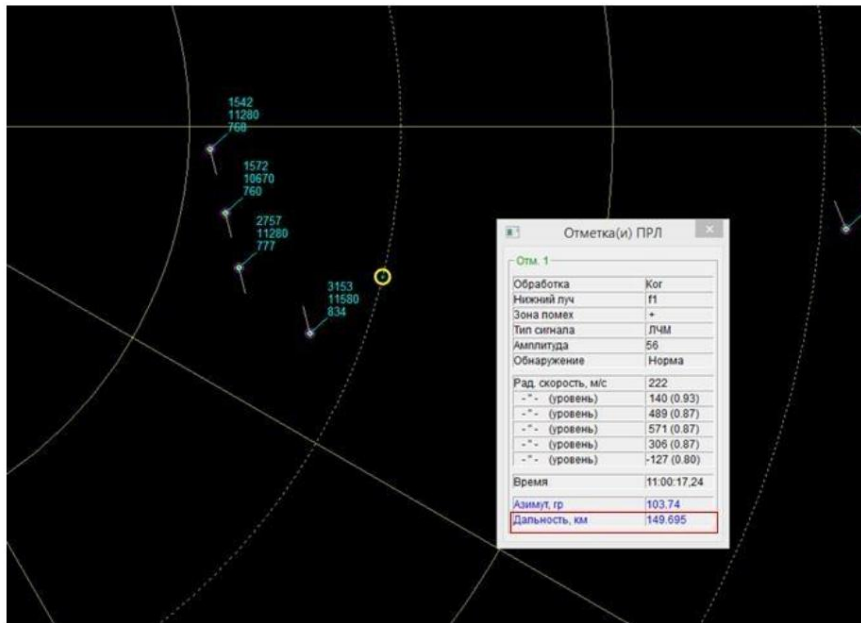


Рисунок 16 – Первая метка от эталонного бортового объекта после нее ушел за радиогоризонт. Расстояние 149,7 км.

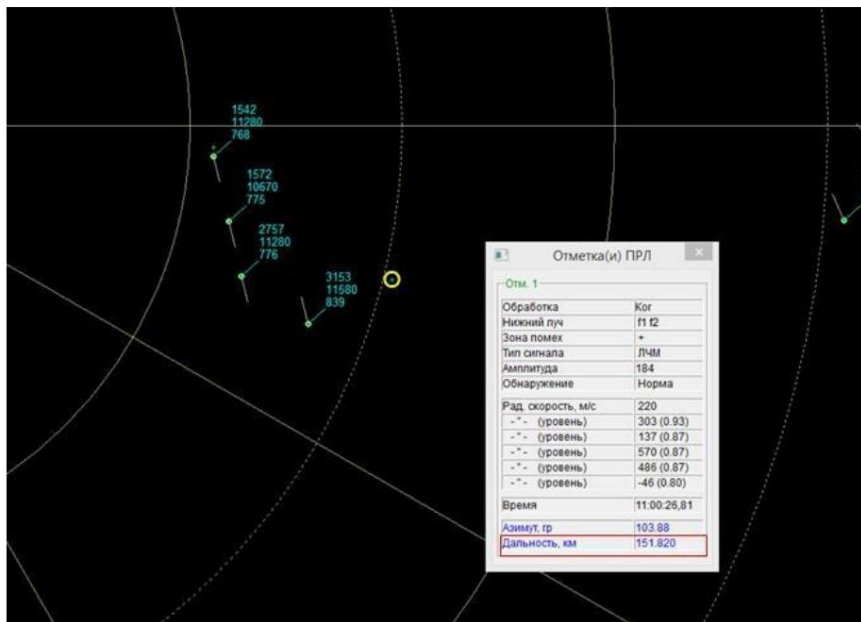


Рисунок 17 – Вторая метка от эталонного бортового объекта после выхода за пределы радиогоризонта. Расстояние 151,8 км.

- Ос новная радиолокационная метка(и)	
Марк 1	
Обработка	Пос леддвигельный
Нижний луч	f1
Зона помех	+

Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда обнаружение	56 Стандарт
Радиальная скорость, м/с (уровень)	222
- * (уровень)	140 (0,93)
- * (уровень)	489 (0,87)
- * (уровень)	571 (0,87)
- * (уровень)	306 (0,87)
- * (уровень)	127 (0,80)
Время	11:00:17,24
Азимут, град.	103,74
Расстояние, км	149.695

- Основная радиолокационная метка(и)	
Марк 1	
Обработка	Полупараметрический
Нижний луч	f1
Зона помех	+
Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда обнаружение	184 Стандарт
Радиальная скорость, м/с (уровень)	220
- * (уровень)	303 (0,93)
- * (уровень)	137 (0,87)
- * (уровень)	570 (0,87)
- * (уровень)	486 (0,87)
- * (уровень)	46 (0,80)
Время	11:00:26,81
Азимут, град.	103,88
Расстояние, км	151.820

Объект, имитирующий полет ракеты «в противоположном направлении», был обнаружен сразу после выхода за пределы радиогоризонта (в течение первого периода сканирования). После этого осуществилось устойчивое сопровождение опорного воздушного объекта на протяжении всего полета на опорном участке траектории (рис. 18) и до выхода из зоны обнаружения на дальность более 320 км.

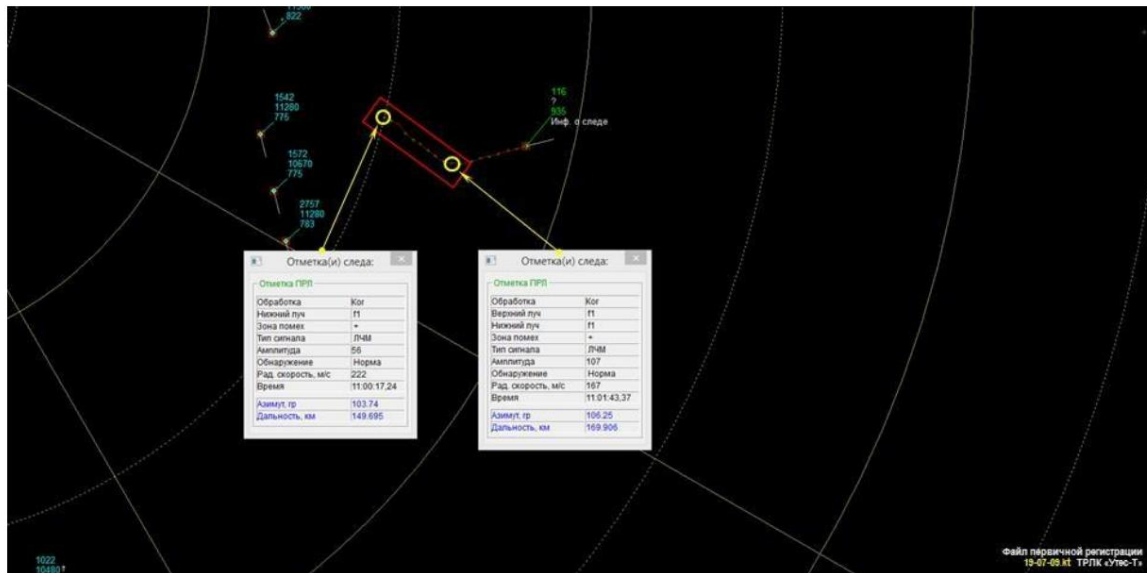


Рис унок 18 – Бортовой объект № 116 на траектории «встречно го направления». Бортовой объект на опорном участке траектории наблюдался с той чиво

- Знак(и) с леда	
- Ос новная радиолок ац ионная метк а(и)	
Обработка	Пос ледвательный
Нижний луч	f1
З она помех	+
Тип с иг нала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	56
Обнаружение	Стандарт
Радиальная скорость, м/с	222
Время	11:00:17,24
Азимут, г рад.	103,74
Расстояние, км	149.695

- Знак(и) с леда	
- Ос новная радиолок ац ионная метк а(и)	
Обработка	Пос ледвательный
Верх няя балка	f1
Нижний луч	f1
З она помех	+
Тип с иг нала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	107

Обнаружение	Стандарт
Радиальная скорость, м/с	167
Время	11:01:43,37
Азимут, град.	106,25
Расстояние, км	169.906

Информация об этом объекте непрерывно выводилась на экран оператора РЛС и сохранялась как данные воздушной обстановки в первичном регистрационном файле "19-07-09.kt", который аналогичен тому, который был выдан голландским специалистам.

Таким образом, ракета, находящаяся в пространстве, наблюдалась АРПК и находилась в зоне обнаружения по основным параметрам, таким как радиолокационная заметность, положение над радиогоризонтом в диаграмме направленности антенны, превышение порога МТС по радиальной скорости и т. д., беспрепятственно обнаруживаются первичным радаром ТА РЛС «Утес».

Из анализа полученных результатов⁷ следует, что если бы в зоне наблюдения НЦ «Утес-Т» находился движущийся объект с характеристиками, соответствующими ракете «Бук» и движущийся со скоростью от 500 до 1000 м/с, то он был бы обнаружен с точностью более вероятностью 0,9 на расстоянии от 200 до 240 км.

Расстояние до самолета № 0143 (МН17), зафиксированное АРПК на момент радиолокационного контакта Т0 (менее 1,2 секунды до трагедии) составил ~171,8 км.

Расстояние до оружия, движущегося «во встречном направлении», в момент радиолокационного контакта Т0 будет около 170 км, а в периоды времени Т-10 и Т-20 расстояние будет значительно меньше 170 км.

Таким образом, в момент радиолокационных контактов Т0, Т-10 и Т-20 основные параметры полета ракеты (радиальная скорость, положение над радиогоризонтом в нижней лепестке диаграммы направленности антенны) позволяли при верности расматриваемой гипотезы пуска фиксировать устойчивые отметки эхосигналов от объекта, движущегося навстречу самолету со скоростью 620-970 м/с.

В момент этих «гипотетических» радиолокационных контактов основные параметры полета ракеты (радиолокационная заметность; радиальная скорость; положение над радиогоризонтом в диаграмме направленности антенны и т. д.) позволяли в случае «встречного гипотеза направленного запуска» DSB/JIT для регистрационных эхосигналов от объекта, движущегося в сторону самолета, с вероятностью ~0,9 в каждом периоде сканирования.

⁷ Испытания проводились в течение двух дней 08.07.2019 и 09.07.2019. Результаты, полученные в течение двух фаз одинаковые.

Вероятность регистрации отябы одной метки в течение трех последовательных периодов сканирования превышает 0,99.

Такие отметки должны были быть записаны в первичный регистрационный файл, содержащий все первичные данные о воздушной обстановке. Они были бы обнаружены при воспроизведении и просмотре файла «14-07-17.kt», который ранее был передан голландской стороне.

При воспроизведении регистрационного файла «14-07-17.kt» ВНИЦ «Утес-Т» за период с 13:02 до 13:32 UTC 17.07.2014 г.

зафиксировано, что свидетельствует об отсутствии объекта, движущегося в наблюдаемом районе в направлении Боинга 777 с стороны населенного пункта Первомайский (Снежное) Донецкой области Украины.

5.8. Воздушный объект, имитирующий полет ракеты с южного направления («на встречных курсах»), не наблюдался первичным радиолокатором ни на одном участке опорного участка траектории полета.

Первая метка появлялась только после того, как бортовой объект завершил полет по заданной траектории (на высоте «10 360 м») и с превышением пороговой скорости МТС («-36 м/с»).

Первая метка первичной РЛС с полученными данными показана на рис.

19.

Затем эталонный воздушный объект постоянно отсуживался (рис. 20 и 21).

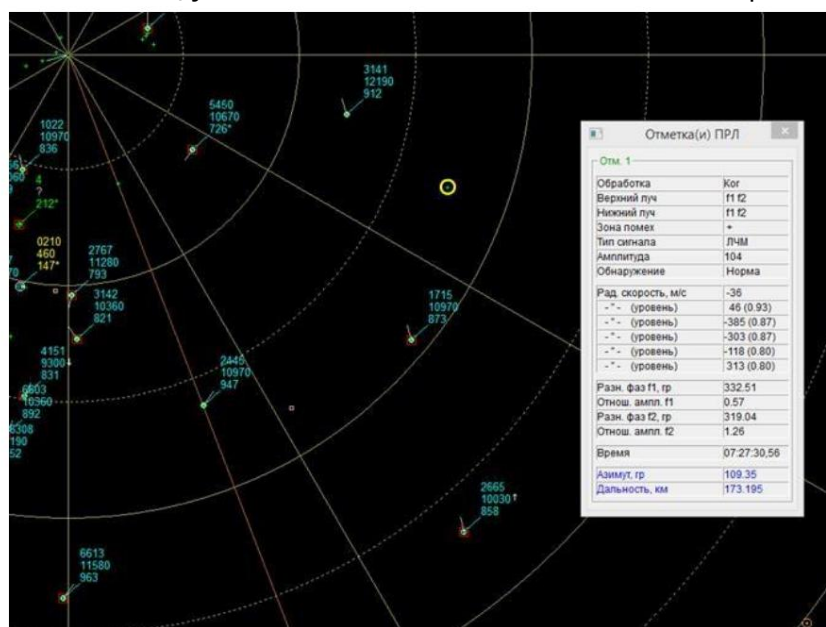


Рисунок 19 – Первая отметка эталонного авиаобъекта после завершения его полета по пещальной траектории, имитирующей полет ракеты с южного направления. Расстояние 173,2 км.

*

- Основная радиолокационная метка(и)	
Марк 1	
Обработка	Последовательный
Верхняя балка	f1f2
Нижний луч	f1f2
Зона помех	+
Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	104
Обнаружение	Стандарт
Радиальная скорость, м/с	-36
- * - (уровень)	46 (0,93)
- * - (уровень)	-385 (0,87)
- * - (уровень)	-303 (0,87)
- * - (уровень)	118 (0,80)
- * - (уровень)	-313 (0,80)
Разность фаз f1, град	332,51
Отношение амплитуд	0,57
f1 Разность фаз f2, град	319,04
Отношение амплитуд f2	1,26
Время	07:27:30,56
Время	11:00:17,24
Азимут, град	109,35
Расстояние, км	173,195

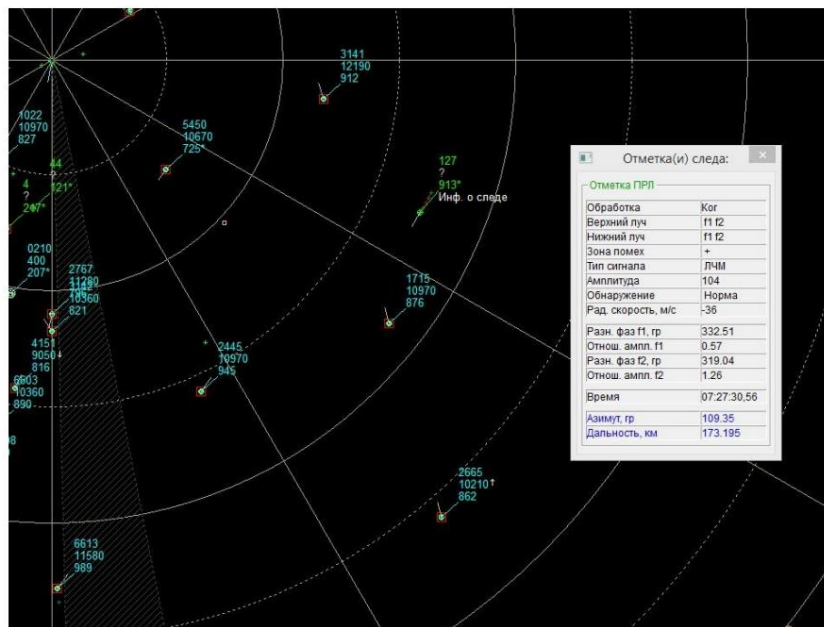


Рис унок 20 – Трас с ировка эталонног о бортового объекта

*

- Ос новная радиолок ац ионная метк а(и)	
Марк 1	
Обработка	Последовательный
Верхняя балка	f1f2
Нижний луч	f1f2
Зона помех	+
Тип сигнала	Линейная частотная модуляция
Амплитуда	104
Обнаружение	Стандарт
Радиальная скорость, м/с	-36
Разность фаз f1, град.	332,51
Отношение амплитуд	0,57
f1 Разность фаз f2, град.	319,04
Отношение амплитуд f2	1,26
Время	07:27:30,56
Время	11:00:17,24
Азимут, град.	109,35
Расстояние, км	173,195

Никакая информация об этом эталонном объекте, летящем по осевой траектории, имитирующей полет ракеты с южного направления ("навстречном курсе"), не выводилась на экран оператора РЛС и не сохранялась в первичном регистрационном файле "19-07-09.кт". Опорный объект был обнаружен первичной РЛС в 07:27:30,56 ВСВ на высоте 10 360 м только после завершения траекторного полета, когда был превышен порог МГЗ по радиальной скорости "-36 м/с".



Рисунок 21 – Сопровождение эталонного воздушного объекта после завершения полета по пещальной траектории, имитирующей полет ракеты с южного направления

Таким образом, ракета в зоне наблюдения АРПК может пролететь незамеченной первичным радаром, если ее радиальная скорость ниже порога МГЗ (в данном случае ниже 30 м/с).

Анализ первичных радиолокационных данных за 17.07.2014 г. показал, что при производстве регистрационного файла "14-0717.кт" объекты, движущиеся навстречу Боингу 777 "с южного направления" ("навстречном курсе"), не обнаружены. По результатам моделирования траектория сближения ракеты с Боингом 777 «с южного направления» («навстречных курсах») имеет характерную особенность: малую знакопеременную радиальную скорость. Диапазон этих скоростей составляет от -21 до 24 м/с.

В этом случае, с учетом траектории и времени полета ракеты, а также особенностей режима работы АРПК «Утес-Т» в районе падения из-за метеословий, вероятность обнаружения меток с малой радиальной скоростью невелика. Это было подтверждено экспериментально: эталонный воздушный объект был обнаружен только после превышения порога МГЗ по лучевой скорости -36 м/с.

Как показали результаты испытаний, отсутствие отметок в файле регистрации первичных данных "14-07-17.кт" ВНИЦ "Утес-Т" не означает, что не было объекта движущегося навстречу Боингу 777 с большой скоростью "от южного направления» в наблюдаемом пространстве.

6. Выводы

1. Результаты моделирования показывают, что в случае гипотезы о поражении Боинга 777 ракетой «Бук», движущейся «во встречном направлении», объект находился бы в зоне обнаружения СРК «Утес-Т» над три периода сканирования, тогда как в случае гипотезы о ударе с южного направления («навстречном курсе») он находился бы там в течение двух периодов сканирования 2.

Облет Усть-Донецкой РЛС подтвердил основную возможность АРК «Утес-Т» по обнаружению малоразмерных и высокоскоростных воздушных объектов.

3. Вероятность обнаружения воздушного объекта с параметрами, соответствующими ракете, летящей «в противоположном направлении» относительно самолета Боинг -777, составляет около 0,9. При этом вероятность регистрации хотя бы одной метки за три последовательных периода сканирования превышает 0,99.

4. Тот факт, что в регистрационном файле «14-07-17.кт» ВСК «Утес-Т» за период с 13:02 до 13:32 ВС В 17.07.2014 г. отсутствуют отметки о приближении самолета на большой скорости «восточнее г. Украина» предполагает, что навстречу Боингу 777 с стороны поселка Первомайский не двигался объект в Донецкой области Украины в зоне обсервации.

5. По результатам проведенного натурного эксперимента, условия которого были максимально приближены к условиям на момент крушения, ракета «Бук» могла подойти к «Боингу-777» без обнаружения радаром только с южного направления, если он летел по «встречному курсу».

Таким образом, если ракеты «Бук» рассматривать как вероятную причину поражения самолета «Боинг -777», то такая ракета могла приблизиться к самолету без обнаружения РЛС «Утес-Т» только с южного направления, если она летела «встречным курсом».

Пуск ракеты с стороны населенных пунктов Снежное и Первомайский (Донецкая область Украины), т.е. "в противоположном направлении", не подтверждается данными воздушной обстановки, зафиксированными маршрутным радиолокационным комплексом "Утес-Т". В регистрационном файле первичных данных "14-07-17.кт" ВНИЦ "Утес-Т" за период с 13:02 до 13:32 ВС В 17.07.2014 отсутствуют следы от оружия, что свидетельствует об отсутствии

объекта, движущегося в направлении Боинг а 777 «встречным курсом» в зоне наблюдения.
