

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МУЛЬТИЛАТЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В АЭРОПОРТУ ЖУЛЯНЫ

Проведено моделирование работы реальной MLAT-системы, установленной в аэропорту Жуляны. Анализ ограничен использованием только 4 станций, установленных непосредственно в аэропорту, хотя вся система включает в себя и станции в районе аэропорта Борисполь. Показана высокая надежность активного режима работы системы.

Ключевые слова: мультилатерация, точность

Проведено моделювання роботи реальної MLAT-системи в аеропорту Жуляни. Аналіз обмежується використанням тільки 4 станцій, які встановлені безпосередньо в аеропорту, хоча у систему входять і станції, розташовані в районі аеропорту Бориспіль. Показано високу надійність активного режиму роботи системи.

Ключові слова: мультилатерация, точність

The modeling of MLAT system, implemented in CTR Zhuliany-Boryspil, was completed. Although system also includes many stations at Boryspil airport, only 4 stations, allocated directly in Zhuliany, were investigated. High reliability of this system with using so-called Multi-Ranging/Range-Aided techniques was demonstrated.

Keywords: multilateration, accuracy

Совершенствование системы наблюдения за воздушным движением предполагает не только улучшение характеристик традиционных средств наблюдения – первичных и вторичных радиолокаторов, но и внедрение относительно новых систем наблюдения. Примером таких систем являются мультилатерационные системы, находящие все большее применение во всем мире, особенно для наблюдения в терминальной зоне и на аэродромах.

В 2012 году установлена и введена в действие мультилатерационная (MLAT) система наблюдения в зоне подхода (CTR) аэропортов Жуляны и Борисполь, а также MLAT-система контроля наземных перемещений в аэропорту Борисполь. Испытания упомянутых систем показали, что они обеспечивают требуемую точность. В то же время, определенный интерес представляют теоретический анализ контуров точности систем, выбор оптимальной конфигурации приемных станций, изменение точностных характеристик при возможном отказе какой-либо из приемных станций. К сожалению, фирма «Selex sistemi integrati» не предоставила данных о точности синхронизации приемных станций, способе их попарного объединения и организации работы.

Поэтому для самостоятельной теоретической оценки точностных характеристик этих MLAT-систем приходится делать обоснованные предположения о методике работы системы и ее количественных параметрах. В описании работы системы исполнителем [1] есть упоминание о «субметрической» точности, т.е. точности синхронизации, соответствующей

расстояниям менее 1 метра. Это означает синхронизацию по времени с точностью не хуже 3 нс. Именно это значение и будем использовать в дальнейших расчетах. Важной особенностью работы данной MLAT-системы является возможность использования так называемого режима «добавочного измерения дальности» (Multi-Ranging/Range-Aided techniques), когда одна из станций с функцией приемопередатчика работает в активном режиме. Эта станция фиксирует время отправки запроса и время получения ответа, что дает дополнительную информацию о расстоянии до цели (аналогично определению расстояния до цели у вторичного обзорного радиолокатора ВОРЛ). Естественно предположить, что точность такого определения дальности соответствует уровню современных ВОРЛ [2], а именно около 15 м. Для моделирования точностных характеристик необходимо указать способ формирования пар MLAT-станций. Если этот способ неизвестен, то при большом количестве станций проводить расчеты очень сложно.

Хотя количество станций в общей системе равно 18 и все они могут участвовать в работе по цели в районе Жулян, предметом исследований в настоящей работе являются только 4 станции, расположенные в аэропорту Жуляны. Это соответствует условной ситуации, когда бортовой сигнал уверенно регистрируется только этими 4-мя станциями. Целью исследования был поиск ответов на следующие вопросы:

- можно ли достичь заметного увеличения покрытия системы наблюдения, варьируя попарные комбинации станций?
- достаточно ли этих станций для обеспечения заданной точности?
- необходимо ли использование активного режима работы MLAT-системы?
- к чему приведет выход из строя одной из трех приемных станций R1-R3?

Отметим, что в общих требованиях на систему задавалась только среднеквадратичная погрешность определения горизонтального положения, которая в зоне СТР аэропорта Жуляны не должна превышать 25 м. Так как количество станций MLAT-системы там равно 4, то возможно измерение и высоты полета, но при отказе любой из этих станций эта функция утрачивается. Для определения же горизонтального положения имеется даже одна избыточная станция, что повышает надежность работы данной системы.

Итак, исходные данные для анализа взяты следующие: точность синхронизации приемников MLAT-системы равна 3 нс; точность определения расстояния до цели приемопередатчиком RT равна 15 м; анализируется только горизонтальная точность. Расчеты контуров точности проведены по методике, изложенной в [3]. Следует подчеркнуть, что речь идет только о геометрической составляющей погрешности.

Расположение станций MLAT-системы в аэропорту Жуляны показано на рис.1.

Приемные станции R1 и R2 расположены на противоположных концах ВПП аэропорта. Третий приемник расположен в районе северной вершины территории аэропорта, а приемопередатчик – немного южнее середины ВПП.

Проведены расчеты ряда конфигураций системы, приведенных в таблице:

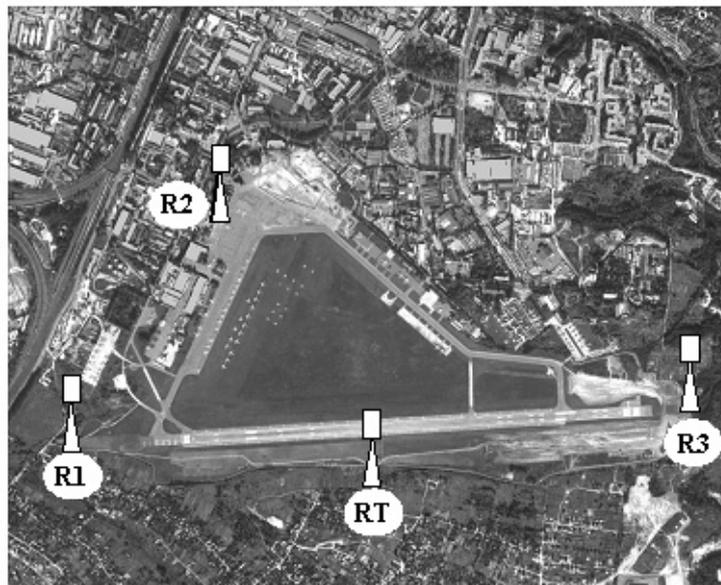
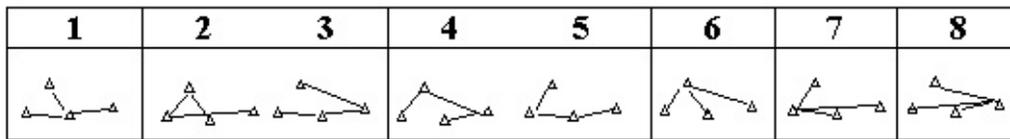


Рис.1 Расположение станций системы MLAT в аэропорту Жуляны.
RT – приемопередатчик; R1, R2, R3 – приемники.

Линиями соединены соответствующие пары станций. Возможные комбинации пар этим, разумеется, не исчерпываются, но дают представление о разнообразии вариантов. На рис. 2 показаны контуры точности, соответствующие горизонтальному СКО = 25 м. Контуром точности называется замкнутая кривая, в пределах которой погрешность не превышает заданного значения (в данном случае 25 м).

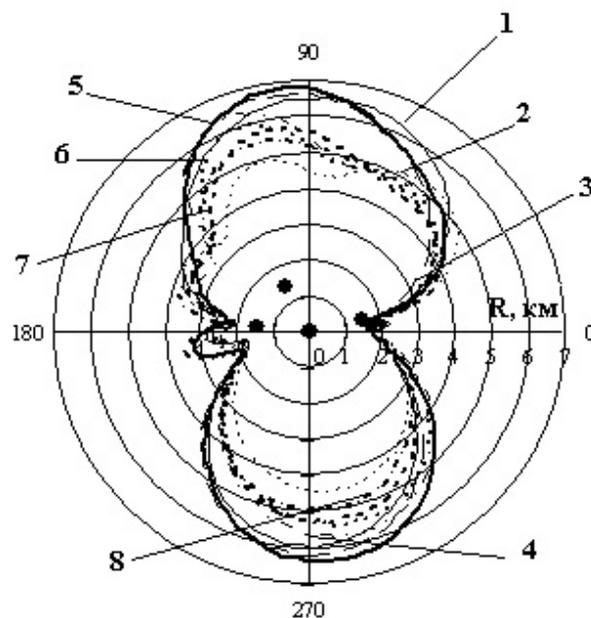


Рис. 2 Контуры точности для СКО = 25 м в районе СТР аэропорта Жуляны при различных конфигурациях системы MLAT.

Из рис.2 видно, что покрытие по дальности не превышает 7 км, причем наибольшая площадь соответствует конфигурациям 1, 3, 5. Остальные контуры лежат, в основном, в пределах контуров 1, 3, 5. Таким образом, существенного выигрыша по площади покрытия переконфигурированием попарного объединения станций добиться не удастся. Все дальнейшие исследования проведены для конфигурации «1» из таблицы.

Рассмотрим, какая точность получается на границах СТР аэропорта Жуляны при работе системы в пассивном режиме, без использования функции измерения дальности цели. Результаты расчетов контуров точности показаны на рис.3. Наименьший контур (25 м) соответствует контуру «1» показанному на рис.2. С увеличением расстояния от системы погрешность быстро увеличивается, достигая значений 500 м и более. Согласно расчетам, СТР аэропорта Жуляны полностью помещается в контур точности, соответствующий СКО = 2000 м. Это значит, что при работе в пассивном режиме с четырьмя станциями добиться, чтобы геометрическая составляющая погрешности не превышала 25 м можно только при точности синхронизации не более 0,04 нс. Такая точность синхронизации работы станций вряд ли достижима.

Но система имеет другой, эффективный способ повышения точности определения местоположения цели. Это активный режим работы, когда приемопередатчик определяет расстояние до цели аналогично тому, как это делает ВОРЛ.

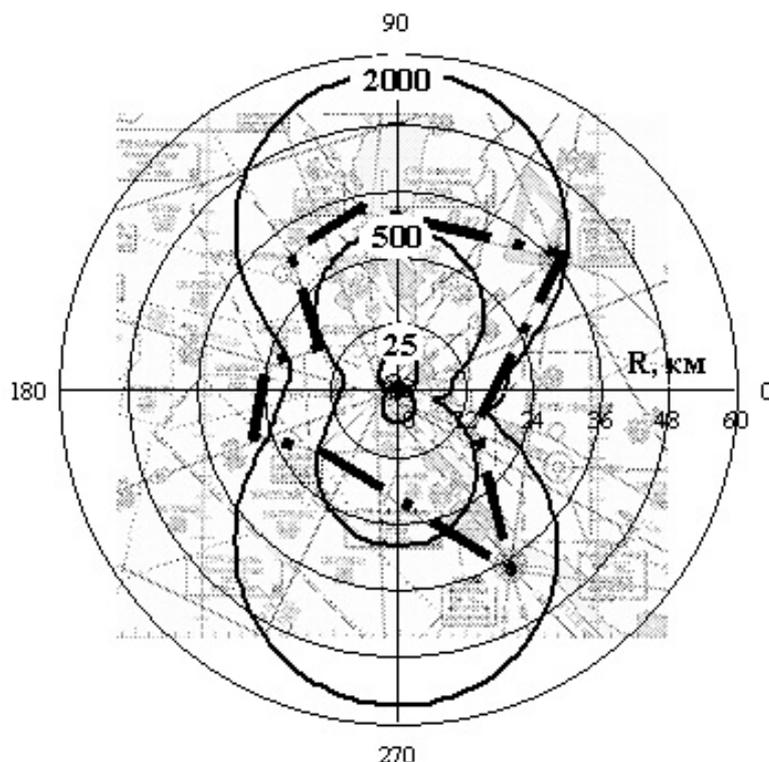


Рис. 3 Контур точности в районе СТР аэропорта Жуляны (штрихпунктирная линия) при работе МЛАТ в пассивном режиме

Результаты расчета контуров точности при активном режиме работы MLAT-системы из четырех станций показаны на рис.4. Видно, что во всей СТР аэропорта Жуляны погрешность не превышает значения СКО = 20 м, т.е. требования к системе выполняются с запасом.

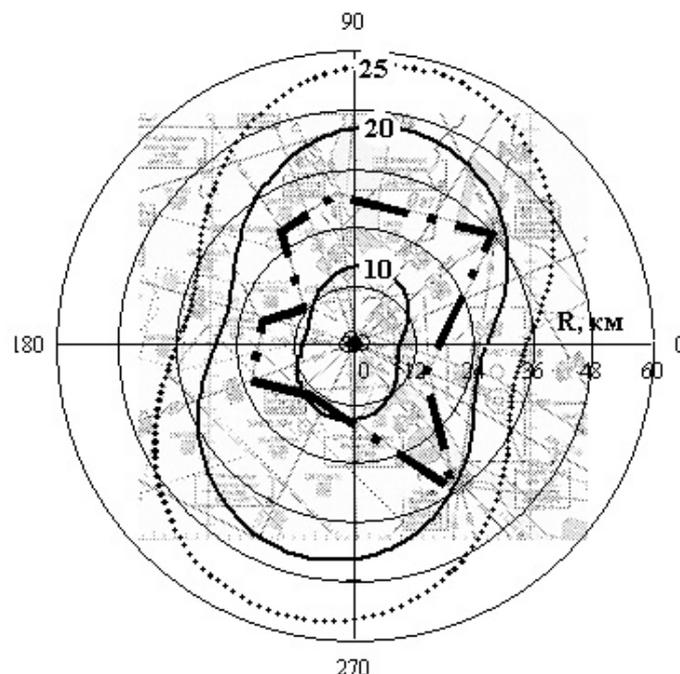


Рис. 4 Контур точности в районе СТР аэропорта Жуляны (штрихпунктирная линия) при работе MLAT в активном режиме

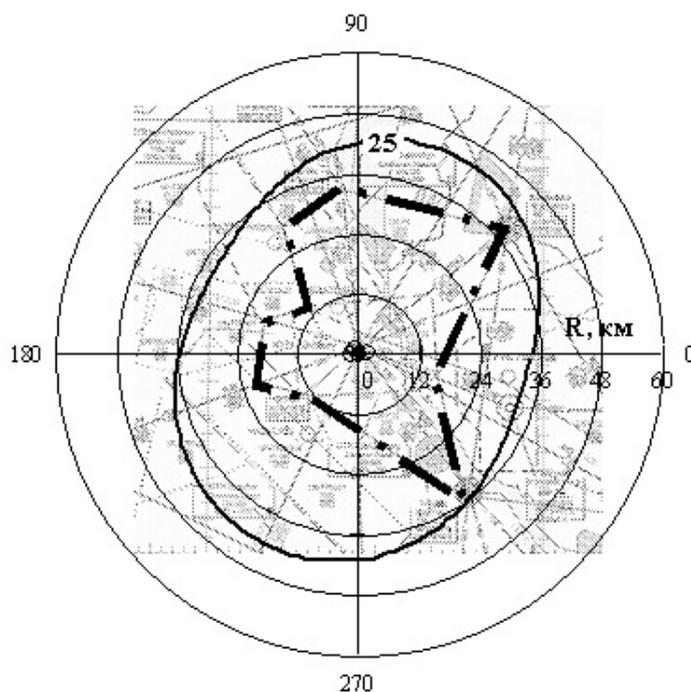


Рис. 5 Контур точности в районе СТР аэропорта Жуляны (штрихпунктирная линия) при работе MLAT в активном режиме при отказе станции R1

Как уже указывалось выше, даже система всего из четырех станций имеет одну избыточную станцию при определении положения цели в горизонтальной плоскости. Результаты моделирования отказа одной из трех приемных станций представлены на рис.5-7.

Видно, что контуры точности заметно отличаются. Наименьшее влияние оказывает отказ приемника R1 (рис.5). При этом вся зона подхода лежит в пределах контура точности, соответствующего СКО = 25 м.

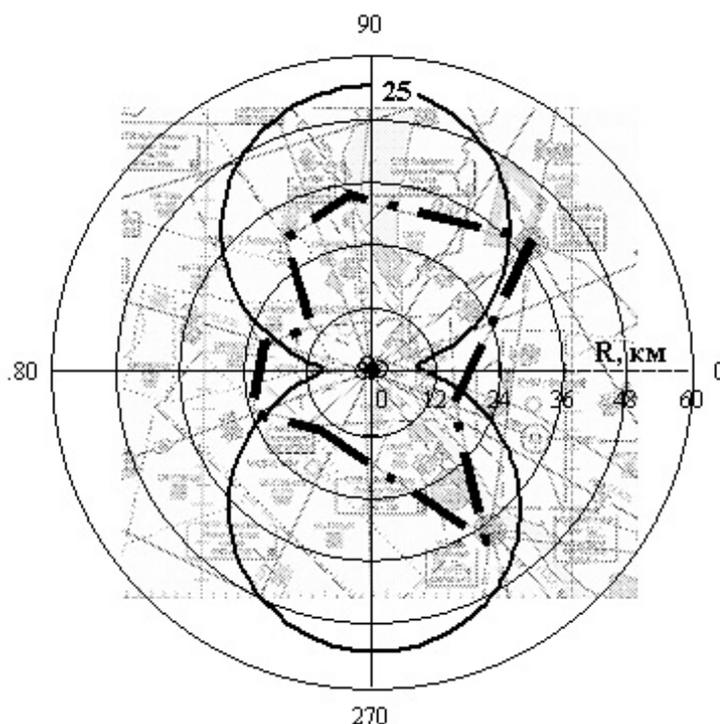


Рис. 6 Контур точности в районе СТР аэропорта Жуляны (штрихпунктирная линия) при работе MLAT в активном режиме при отказе станции R2

При отказе приемника R3 вне контура оказывается незначительная площадь в одном из направлений подхода (рис.7), т.е. требования к точности не удовлетворяются, но отклонение небольшое. В этом случае можно считать, что система практически сохраняет свою работоспособность.

Казалось бы, что хуже всего ситуация при отказе приемной станции R2 (рис.6). Но если посмотреть внимательнее, то оказывается, что в тех направлениях, где контур точности не перекрывает зону подхода, не показаны маршруты подхода к аэропорту. Поэтому риск ошибиться меньше и тоже можно говорить о практической работоспособности.

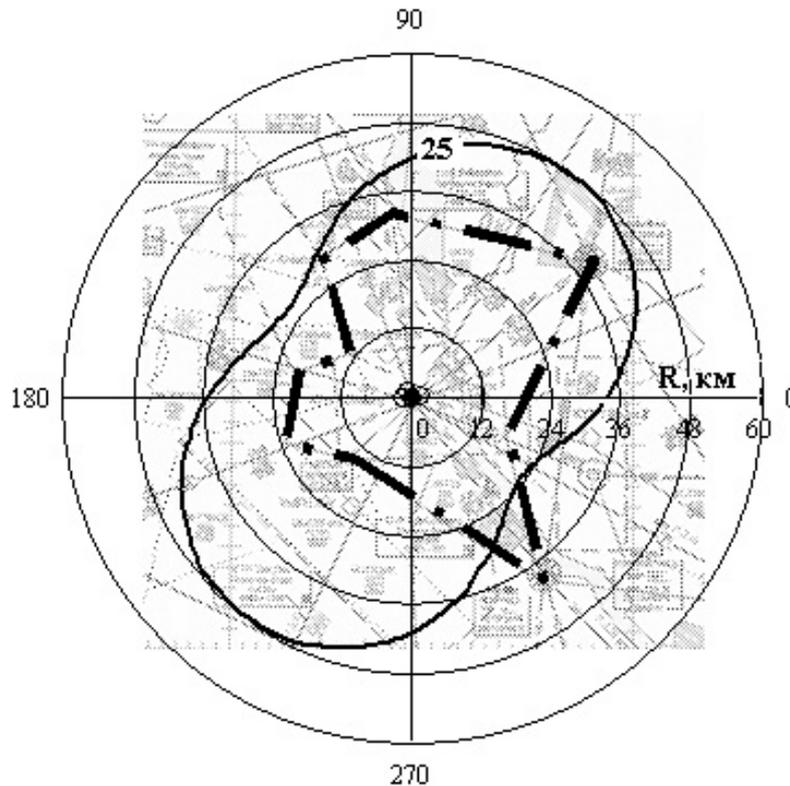


Рис. 7 Контур точности в районе СТР аэропорта Жуляны (штрихпунктирная линия) при работе МЛАТ в активном режиме при отказе станции R3

Итак, можно сделать следующие выводы:

1. При данном расположении станций, изменение их попарного соединения не дает существенного увеличения покрытия системы.
2. Для обеспечения заданной точности необходимо использование активного режима работы системы, т.е. дополнительного определения дальности приемопередатчиком.
3. Система оказывается устойчивой к отказам. При отказе приемника R1 обеспечивается полная работоспособность, а при отказах R2 и R3 нарушение работоспособности незначительное.
4. Напомним, что моделирование касалось только геометрической составляющей погрешности определения местоположения цели. Т.е. это оценка снизу и реальная общая погрешность может быть заметно больше.

Литература

1. SYSTEM SUBSYSTEM DESIGN DESCRIPTION (SSDD) for Multilateration surveillance system for air traffic at CTR Boryspil, CTR Kyiv/Zhuliany and aerodrome traffic zone at Boryspil airport.
2. Мультилатераційні системи спостереження повітряного руху. Навчальний посібник. Під загальною редакцією Яковлева О.І. – К.: ДПОПР України, 2010-192 с.
3. Технические характеристики МВОРЛ IRS-20MP/L.