

Урбанский Д. Ю.

соискатель

научный руководитель Ерохин В. В., д.т.н.

Профессор кафедры «Радиоэлектронных систем»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

университет гражданской авиации имени главного маршала авиации

А.А. Новикова» (ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. А.А. Новикова)

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И
ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ
НАБЛЮДЕНИЯ**

Аннотация: Основной проблемой применения МПСН является влияние шумов и помех на точность навигационно-временных определений на всех этапах полета ВС и может привести к возникновению потенциально конфликтных ситуаций. Рассмотрены технические и алгоритмические способы повышения помехоустойчивости МПСН и глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

Ключевые слова: многопозиционные системы наблюдения, помехоустойчивость, спутниковые системы навигации.

D.Yu. Urbankiy

V.V. Erokhin, Doctor of Engineering

Professor, Department of Radioelectronic Systems,

Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal

of Aviation A.A. Novikov (Saint Petersburg State University of Civil Aviation

named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov)

STUDY OF WAYS TO INCREASE THE ACCURACY AND NOISE IMMUNITY OF MULTI-POSITION OBSERVATION SYSTEMS

Abstract: The main problem with the use of multi-positional surveillance systems (MPSS) is the impact of noise and interference on the accuracy of navigational timing determinations at all stages of aircraft flight, which can lead to potential conflict situations. Technical and algorithmic methods for improving the interference immunity of MSS and global navigation satellite systems (GNSS) are considered.

Keywords: multi-positional surveillance systems, interference immunity, satellite navigation systems.

Точность МПОН характеризует разницу между положением воздушного судна (ВС) определенным МПОН и истинным его положением во время обнаружения. В МПОН точность определения местоположения (МП) зависит от геометрического расположения системы и от положения объекта относительно наземных приемных станций НПС [1, 2]. Информация о точности системы включается в сообщение о каждом объекте - в качестве элементов ковариационной матрицы. Ковариационная матрица вычисляется из статистической оценки измеренных положений объекта, и она содержит вертикальное и горизонтальное стандартные отклонения положений.

Основной проблемой применения МПОН является влияние шумов и помех на точность НВО на всех этапах полета ВС и может привести к возникновению потенциально конфликтных ситуаций.

Шумам и помехам подвержены все радиоэлектронные системы, однако, как показал опыт эксплуатации ГЛОНАСС и GPS, в большей степени чувствительны к преднамеренным, промышленным и

атмосферным помехам ГНСС. Это связано с низкой энергетикой радиолинии спутник-потребитель из-за значительного расстояния между ними. Ввиду большой протяженности трассы распространения сигнала низкая помехозащищенность ГНСС проявляется в бортовом оборудовании ВС, когда приемник работает при низком уровне полезного радиосигнала. Кроме того, могут быть реализованы специальные помехи. Если на приемники спутниковой навигации (ПСН) воздействуют помехи, приходящие с направлений, отличных от направлений прихода спутниковых полезных сигналов, как показано на рис. 1, то для повышения помехоустойчивости приемника спутниковой навигации (ПСН) целесообразно реализовать пространственную обработку сигналов (ПОС), предполагающую использование антенной решетки (АР), которая определяет пространственные различия сигналов. ПОС позволяет обеспечить дополнительное (к «собственным» возможностям приемника) подавление помех на 30..50 дБ и более [3]. На рисунке 2 продемонстрирован пример повышения помехоустойчивости ГНСС-приемника благодаря применению антенного компенсатора помех.

Кроме ПОС для подавления помех в ГНСС используются методы частотно-временной компенсации помех: метод оптимальной оценки параметров помехи; метод адаптивных трансверсальных фильтров; метод режекции помехи в частотно области на основе быстрого преобразования Фурье. Реализуемый в данных методах принцип компенсации является неотъемлемым атрибутом подавляющего большинства оптимальных алгоритмов обработки при различных моделях сигналов, шумов и помех, а так же изменения их параметров.

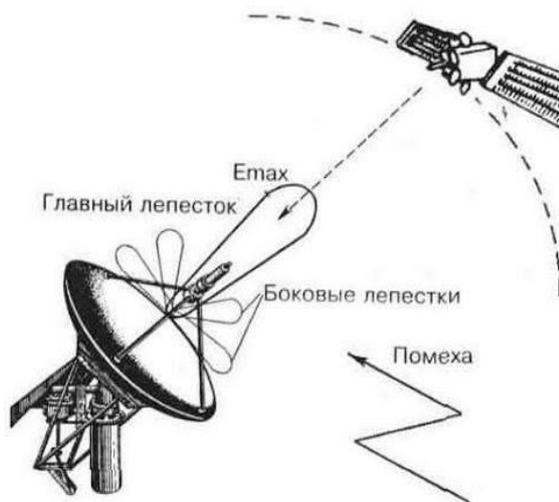


Рисунок 1 – Направления прихода сигнала от спутника и помехи

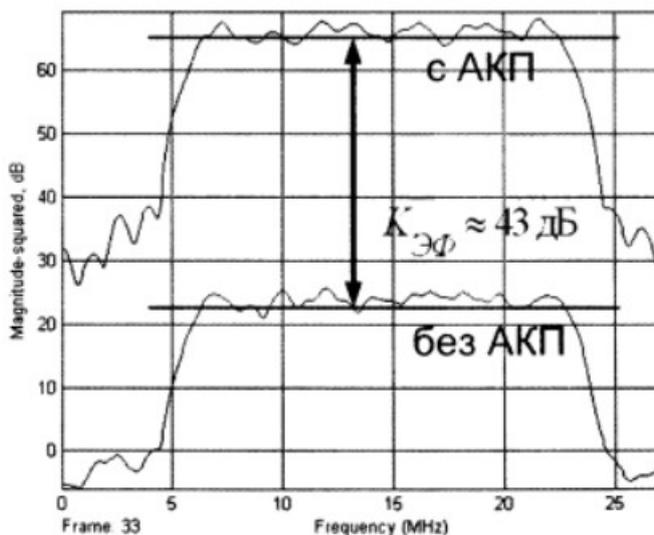


Рисунок 2 – Вклад АКП в помехоустойчивость ГНСС-приемника

При реализации метода компенсации существенную роль играет априорная информация о структуре и параметрах помехи. Чем больше достоверной априорной информации, тем выше точность компенсации помехи. Для подавления помех в ГНСС-приемниках используются аппаратные методы (специальные АР, фильтрация на уровне ВЧ-тракта) и алгоритмические (адаптивная фильтрация, обработка сигналов внутри приемника, оценка параметров помехи) для борьбы внеполосными помехами, глушением (джаммингом) и подменой (спуфингом), часто в комплексе с инерциальными навигационными системами. Способы повышения помехоустойчивости можно условно разделить на технические и алгоритмические, некоторые из которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Способы повышения помехоустойчивости ПСН

Технические	Алгоритмические
1. Применение адаптивных фазированных антенных решеток.	1. Адаптивные алгоритмы обработки информации.
2. Комплексование аппаратуры потребителей ГНСС с инерциальными навигационными системами.	2. Нелинейная цифровая обработка сигналов.
3. Использование специальных режекторных фильтров.	3. Алгоритмы автономного контроля целостности навигационной информации в ГНСС.
4. Применение дифференциальных подсистем ГНСС.	4. Алгоритмы обнаружения и подавления помех.

Следовательно, наиболее актуальные проблемы радиотехнических систем связаны с приёмом и обработкой маломощных сигналов на фоне интенсивных внешних помех и, соответственно, с преодолением априорной неопределенности относительно их параметров. Существует реальная практическая необходимость в разработке методологической основы навигационно-временных определений, способной одновременно решать широкий класс проблем преодоления априорной неопределенности не только относительно сигнально-помеховой ситуации и параметров внешних помех, но и ряда неинформативных и информативных параметров полезного сигнала. Эффективным способом преодоления априорной неопределенности является применение адаптивных алгоритмов, которые динамически подстраивают параметры фильтра в зависимости от характера помехи.

Использованные источники:

1. Ростокин, И. Н. Определение местоположения воздушного судна в многопозиционной системе наблюдения на основе мультilaterационной технологии обработки сигналов бортового транспондера / И. Н. Ростокин // Научный альманах. – 2025. – № 11-3(133). – С. 60-63. – EDN UFCXXJ.
2. Барабицкий П.В., Волков С.И., Саяпин А.В., Семенов С.А., Симановский А.В., Тоболов Ю.М. Многопозиционные системы наблюдения (МПСН/MLAT): Учеб. пособие/ - М. Некоммерческое образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Институт аэронавигации», 2017 – 312 с.
3. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Радиотехника, 2010. 800 с.