

infection admitted to the intensive care unit. Intensive Care Med. 2018.

8. Angus DC, Linde-Zwirble WT, Lidicker J, Clermont G, Carcillo J, Pinsky MR. Epidemiology of severe sepsis in the United States: analysis of incidence, outcome, and associated costs of care. Crit Care Med 2001.

9. Johnson AE, Stone DJ, Celi LA, Pollard TJ (2018) The MIMIC code repository: enabling reproducibility in critical care research.

10. Johnson AEW, Aboab J, Raffa JD, Pollard TJ, Deliberato RO, Celi LA, et al. A comparative analysis of sepsis identification methods in an electronic database. Crit Care Med.

---

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ СИСТЕМЕ ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ GPS

---

*Нгуен Ван Хай*

*к.т.н,*

*Технический университет им. Ле Куи Дона,  
Социалистическая Республика Вьетнам*

**Фан Ньат Занг**

*к.т.н,*

*Технический университет им. Ле Куи Дона,  
Социалистическая Республика Вьетнам*

**Фам Хак Хоан**

*к.т.н, доцент,*

*Технический университет им. Ле Куи Дона,  
Социалистическая Республика Вьетнам*

### АННОТАЦИЯ

Проанализированы существующие методы борьбы с преднамеренными помехами системам глобальной навигации, в частности системе GPS. Исследованы эффективности воздействия различных помех системе глобальной навигации GPS и предложены эффективные помехи.

### ABSTRACT

The existing methods for combating intentional interference with global navigation systems, in particular the GPS system, are analyzed. The effects of various interferences on the GPS global navigation system are investigated and effective interferences are proposed.

**Ключевые слова:** преднамеренные помехи, системы глобальной навигации.

**Key words:** intentional interference, global navigation systems.

### 1. Введение

Спутниковые системы навигации (СН) играют важную роль в деятельности людей. Отдельно можно отметить важность СН в военном деле. Использование сигналов спутников для навигации, вместе с помощью компьютерной техники и связи, позволило эффективно управлять войсками, особенно воздушным движением и оружием. Например, сигналы СН используются в управлении ракетами Tactical Tomahawk, AGM/RGM/UGM-84 «Гарпун», БПЛА различных классов и т.д. [1]. К системам глобальной навигации относятся следующие системы: GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Галилео (Евросоюз), Компас/Бейдоу (Китай), IRNSS (индийская региональная спутниковая система навигации) и QZSS (японская региональная система синхронизации времени и глобального позирования).

Популярность и востребованность системы спутниковой навигации GPS будет возрастать. Ее активно начнут использовать службы спасения и другие организации, заинтересованные в постоянном отслеживании местоположения людей. Сотовые технологии для таких задач не подходят, так как пока они покрывают сигналами лишь ограниченную часть территории. К 2006 г. мировой рынок GPS-оборудования составит 34 млрд. долл.

Однако навигационная аппаратура потребителей (НАП) СН слишком чувствительна к воздействию помех. Для решения данной проблемы основные предприятия-разработчики предположили разработку помехоустойчивой НАП. Создание помехоустойчивой НАП позволило принимать сигналы от спутников даже в условиях воздействия преднамеренных помех направленным излучением [2, 3].

Задача исследования эффективности воздействия помех системе глобальной навигации GPS и разработки новых средств подавления спутниковых систем навигации, также средств защиты НАП СН от помех по прежнему является актуальной.

### 2. Проблема борьбы с помехами СН

Существующие СН построены по общему принципу. Спутниковая система навигации включает три основных элемента: космический сегмент, наземный сегмент, пользовательский сегмент. Космический сегмент, состоящий из навигационных спутников (24–30 спутников), представляет собой совокупность источников радионавигационных сигналов с орбит высотой порядка 20 000 км, передающих одновременно значительный объем служебной информации. В состав наземного сегмента входят космодром, командно-измерительный комплекс и центр управления. В пользовательский сегмент входит

аппаратура потребителей. Она предназначена для приема сигналов от навигационных спутников, измерения навигационных параметров и обработки измерений.

Навигационные сигналы представляют собой непрерывными фазокодо-манипулированными сигналами с шириной спектра порядка 1–2 МГц и 10 МГц на несущей частоте 1200–1600 МГц.

Исходя из принципа построения ССН, следует отметить, что на качество приема сигналов от спутников НАП ССН сильно влияют помехи. Это обусловлено следующими факторами [2, 3]:

- большой дальностью передачи сигналов (20 000 км);
- ограниченной мощностью сигнала спутника (10...50 Вт);
- малым коэффициентом усиления антенны спутникового передатчика (10...15 дБ).

По известным данным [2], в ходе последнего конфликта в Ираке (перед свержением режима) на территории было установлено несколько достаточно мощных передатчиков помех системе GPS. В результате их действия в первые три дня конфликта по имеющимся сведениям агрессор потерял значительное количество крылатых ракет. После определения причин снижения эффективности стрельбы обстрелы были прекращены. Местоположение передатчиков было установлено, передатчики были уничтожены. Стрельба возобновилась, уже со штатной эффективностью.

В [2] авторы отмечают, что лучше меньше мощность, по больше количество передатчиков, распределенных по территории. Это затрудняет обнаружение и уничтожение элементов системы. Авторы предлагали варианты размещения передатчиков помех на местности по аналогии организации покрытия территории системы сотовой связи.

3. Анализ существующих методов борьбы с преднамеренными помехами системам глобальной навигации

Существуют много методов повышения помехоустойчивости ССН GPS. Отметим наиболее эффективные из них[4-9]:

- введение нового частотного канала  $L_5$ , по которому могут передаваться как сигналы C/A, так P/Y кодов;
- введение нового закона модуляции навигационного сигнала с расширением спектром;
- пространственная селекция сигналов: использование фазированной антенной решетки с «максимумами» в направлениях на спутники или/и с «нулями» в направлениях на источники помех (введение автокомпенсатора помех). Данный метод является самым эффективным;
- спектральная обработка смеси сигналов и помех с целью распознавания помех и подавления их сосредоточенных спектральных составляющих;
- применение НАП, имеющей возможность приема сигналов от нескольких ССН (ГЛОНАСС, GPS, Galileo...);
- использование с внешними источниками навигационной информации (с инерционной навигационной системой, совместно с различных датчиков (скорости, ускорения, высоты и т.п.)).

На рис. 1 показана типовая структурная схема автокомпенсатора помех в  $K$ -элементной антенной фазированной решетке. Данная схема обеспечивает формирование «нулей» диаграммы направленности фазированной антенной решетки в направлениях на  $L$  ( $L < K$ ) источников активных помех. Принцип работы данной схемы следующий: сигналы от спутников принимаются  $K$  антеннами, усиливаются и после преобразования в цифровой вид подвергаются взвешиванию с последующим суммированием, в результате которого режектируются помехи с нежелательных направлений.

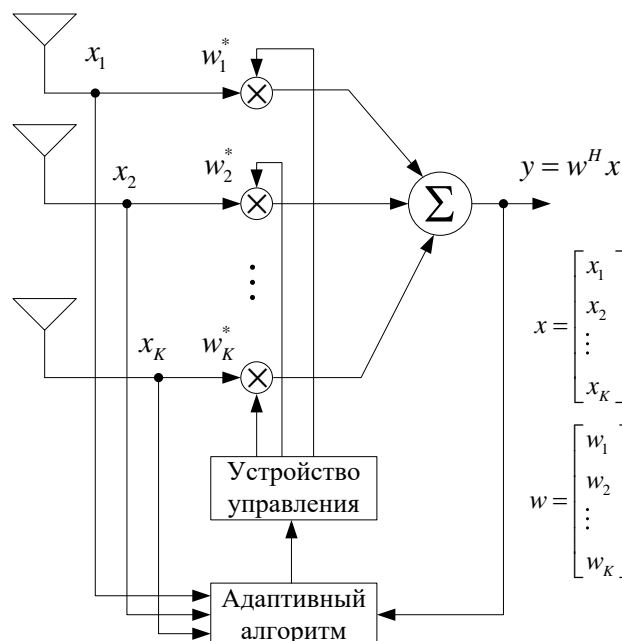


Рис. 1. Типовая структурная схема автокомпенсатора помех  $K$ -элементной антенной решеткой

4. Эффективность воздействия различных помех системе глобальной навигации GPS

Для исследования эффективности воздействия различных помех системе глобальной навигации GPS в лабораторных условиях авторы использовали приемный модуль GPS NEO-7M и

проектировали передатчик с различными видами помех.

Основные характеристики приемного модуля GPS NEO-7M приведены в таблице 1. Структурная схема модуля представлена рис. 2.

Таблица 1.

Основные характеристики приемного модуля GPS NEO-7M	
Размеры	12,2x16,0x2,4 мм
Спецификация GPS ресивера	56-ти канальное ядро 7-го поколения
Поддерживаемые системы позиционирования	GPS L1 C/A, GLONASS L1 FDMA, QZSS L1 C/A, SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS, Galileo E1B/C
Частота обновления данных	до 10 Гц
Точность	GPS — до 2.5м GLONASS — до 4м
Поддержка активных и пассивных антенн	да
Интерфейсы	UART, SPI, I2C, USB
Чувствительность приемника	-162 дБм

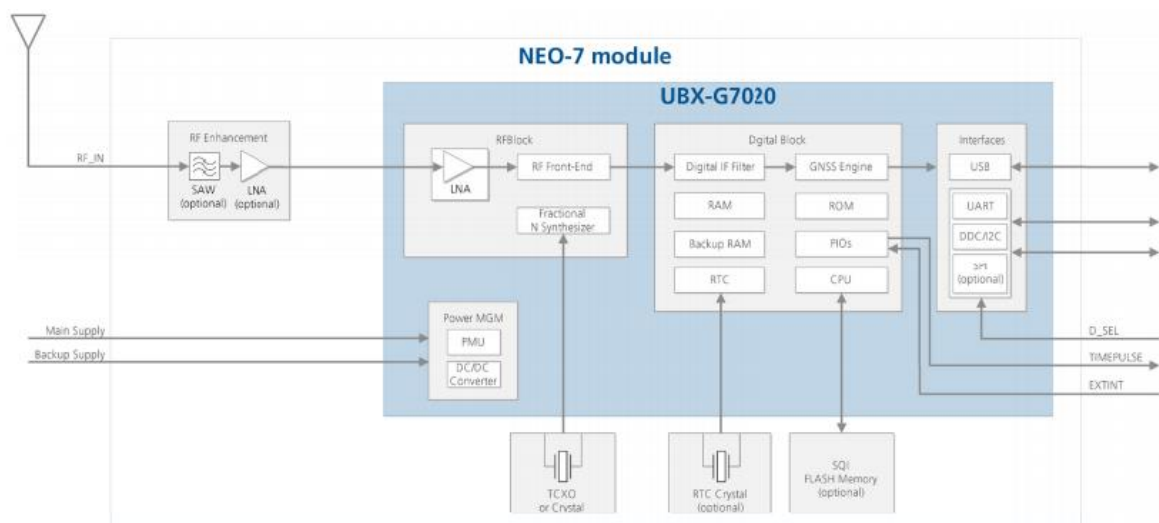


Рис. 2. Структурная схема приемного модуля GPS NEO-7M

В качестве исследуемых помех были использованы частотно-модулированные радиосигналы на частоте  $L_1$ . Модулирующие сигналы представили собой тремя популярными видами помех, используемыми в системе

радиоэлектронного подавления: белый шум, пилообразный сигнал и псевдослучайная последовательность (ПСП) максимальной длины (M-последовательность). Упрощенная структурная схема макета передатчика помех показана на рис. 3.

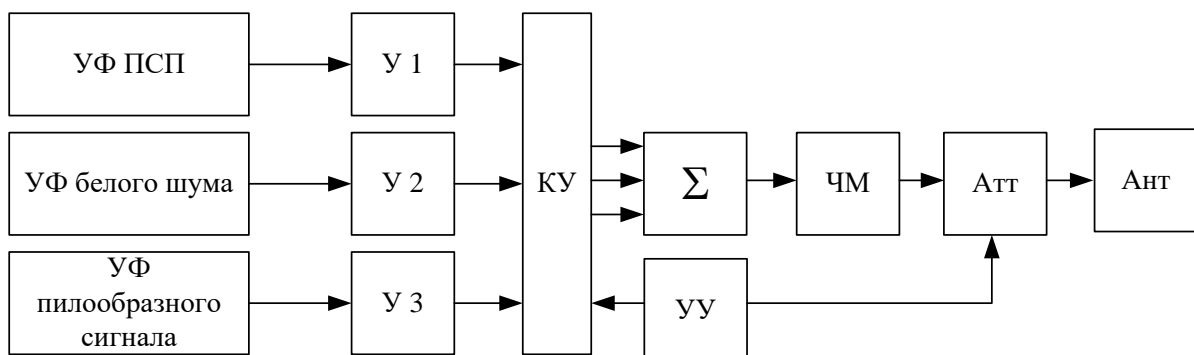


Рис. 3. Упрощенная структурная схема макета передатчика помех

На данной схеме: УФ ПСП – устройство формирования ПСП; УФ белого шума – устройство формирования белого шума; У 1, У 2, У 3 – усилители 1, 2, 3; КУ – коммутирующее устройство; блок сумматор; УУ – устройство

управления; ЧМ – частотный модулятор; Атт – аттенюатор; Ант – антенна.

Выходная мощность на выходе антенны передатчика составила 1 Вт, максимальная ширина спектра сигнала на выходе антенны – 40 МГц.

Устройство управления позволило выбрать вид помех и изменять мощность передатчика по 32 уровням (максимальная мощность передатчика соответствует 1-му уровню, каждый шаг управления мощность передатчика уменьшается).

Осциллограммы УФ ПСП, УФ белого шума и УФ пилообразного сигнала приведены на рис. 4, рис. 5 и рис. 6.

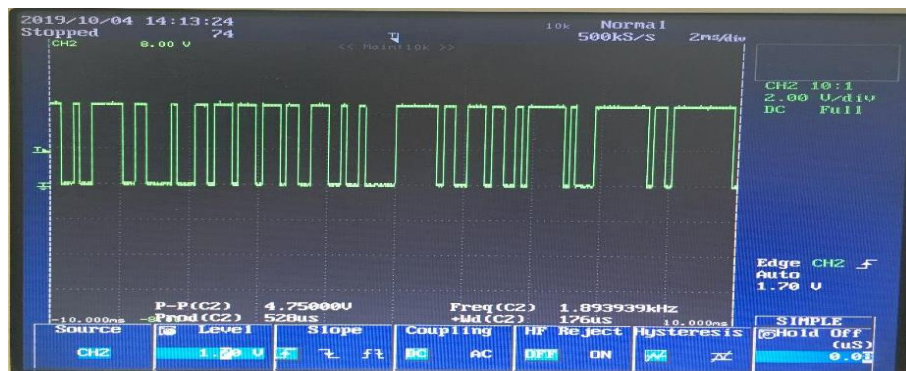


Рис. 4. Осциллограмма ПСП



Рис. 5. Осциллограмма белого шума

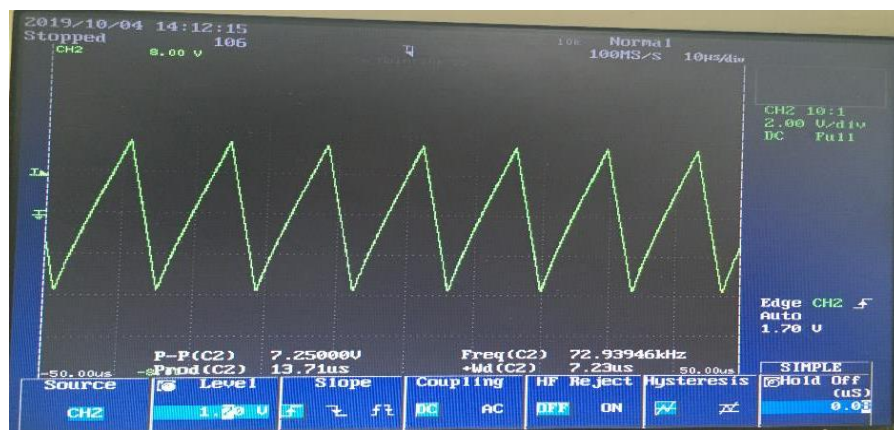


Рис. 6. Осциллограмма белого шума

На рис. 7 приведена диаграмма ширины спектра модулированного сигнала на выходе антенны передатчика при использовании различных помех и их комбинации. Следует

отметить, что при одинаковых условиях модуляции ширина модулированного сигнала при использовании ПСП наибольшая и достигает 15,89 МГц.

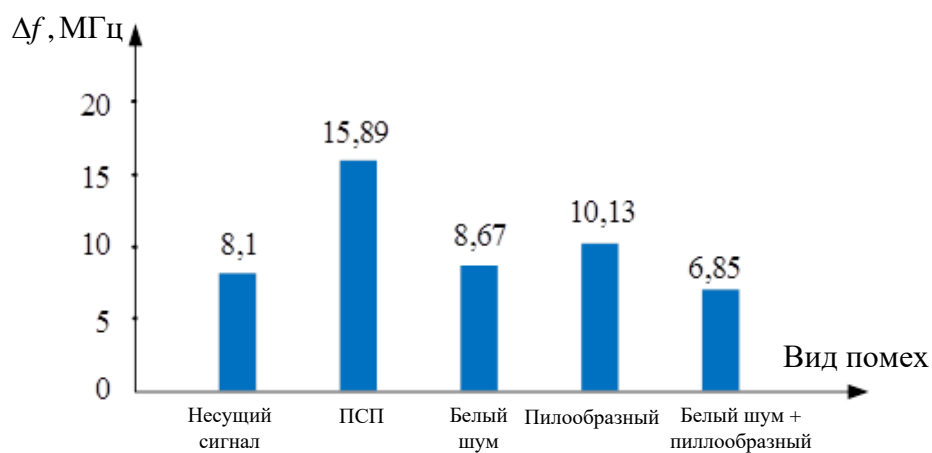


Рис. 7. Ширины спектра модулированного сигнала на выходе антенны передатчика

Условие проведения исследования: передатчик помех и приемник GPS установлены по схеме, представленной на рис. 8. Эффективность

воздействия помех на приемник представлена в таблице 2, где буква «Р» - приемник работает, буква «Х» - не работает.

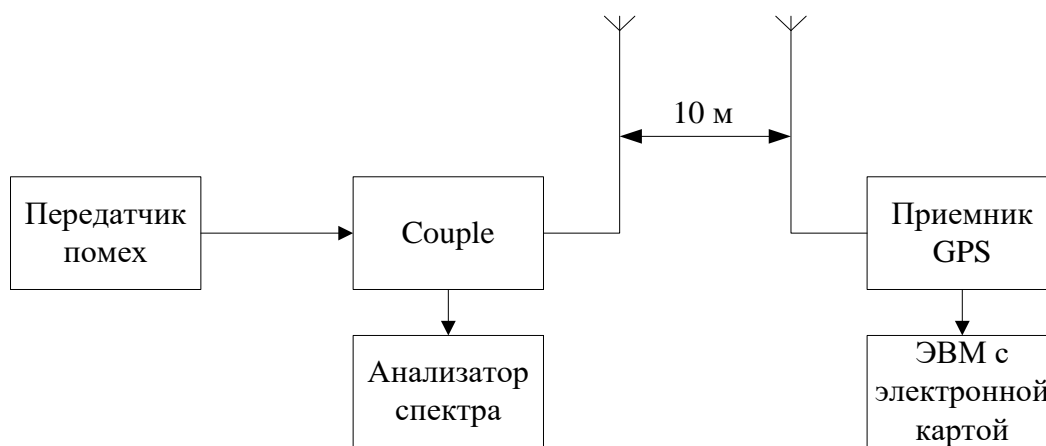


Рис. 8. Лабораторный стенд исследования эффективности воздействия помех системе GPS

Таблица 2.

**Эффективность воздействия помех системе GPS**

Уровень аттенюации	ПСП	Белый шум	Пилообразный	Белый шум + пилообразный
32	Р	Р	Р	Р
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
10	Р	Р	Р	Р
9	Р	Р	Р	Р
8	Р	Р	Р	Р
7	Р	Р	Р	Р
6	Х	Р	Р	Р
5	Х	Р	Р	Р
4	Х	Х	Р	Х
3	Х	Х	Х	Х
2	Х	Х	Х	Х
1	Х	Х	Х	Х

Полученные результаты исследования позволяют выбрать вид эффективной помехи, которая близка к сигналам GPS. В дальнейшем развитии авторы продолжают исследовать эффективность подавления канала аппарата

потребителя (АП) для перспективных схем системы РЭП. Например, схемы реализации канала слежения за задержкой и канала подавления канала демодуляции приведены на рис. 9 и рис. 10 [10], соответственно.



спутниковой радионавигационной системы // Радиотехника. 1996. №1. С.94-99.

ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 3-е, перераб. М.: Радиотехника, 2005. 688 с.

Демьянов В.В. Оперативная оценка качества навигационных определений спутниковых

радионавигационных систем // Авиакосмическое приборостроение. 2007. Вып. 12.

Дятлов А.П., Дятлов П.А., Кульбикаян Б.Х. Радиоэлектронная борьба со спутниковыми радионавигационными системами. – М.: Радио и связь, 2004. –26с.

УДК 621.396.96

---

## УСТРАНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ КОРПУСА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА, НА КАНАЛЫ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЕГО ВИНТОВ

---

**Нгуен Тьен Тхай**

*к.т.н.,*

*Технический университет им. Ле Куи Дона  
Социалистическая Республика Вьетнам*

**Нгуен Чунт Тхань**

*к.т.н.,*

*Технический университет им. Ле Куи Дона,  
Социалистическая Республика Вьетнам*

**Нгуен Тьен Тай**

*к.т.н.,*

*Технический университет им. Ле Куи Дона,  
Социалистическая Республика Вьетнам*

### АННОТАЦИЯ

Сигнал, отраженный от корпуса летательного аппарата, обычно велик по сравнению с сигналом, отраженным от его винтов. Он оказывает существенное влияние на каналы многоканальной системы построения изображения винта, реализующей алгоритм обращенного синтеза апертуры антенны (САА). В данной статье рассматриваются способы устранения или существенного снижения влияния сигнала отражения от корпуса на каналы системы построения изображения винта.

### ABSTRACT

The signal reflected from the airframe, typically large compared with the signal reflected from aircraft propellers. It has a significant impact on the channels of multi-channel imaging system screws implementing the algorithm inverse synthetic aperture radar. This article discusses ways to eliminate or substantially reduce the impact of signal reflections from the airframe to the channels of the system construct the image of the screw.

**Ключевые слова:** обращенный синтез апертуры антенны, винт, летательный аппарат, вертолет, самолет.

**Key words:** inverse synthetic aperture radar, screw, aerial vehicle, aircraft, helicopter.

### Введение

Радиолокация, приложенная к задаче мониторинга летательных аппаратов (ЛА) на предельно малых высотах включает следующие задачи: обнаружение, измерение координат и параметров движения, распознавание. Самая сложная задача является распознаванием класса ЛА, которая может решаться многими способами. Один сравнительно новый способ, приведенный в [1-6], это формирование радиолокационных изображений (РЛИ) винтов ЛА в радиолокационном датчике, как признаки распознавания. Практика показывает, что при построении РЛИ винтов ЛА мощность сигнала, отраженного от винтов в десятки, сотни раз меньше мощности сигнала, отраженного от его корпуса. Также при построении РЛИ рулевого винта одновинтового вертолета на каналы построения еще оказывает влияние сигнала, отраженного от несущего винта. Это приводит к ухудшению качества формируемых РЛИ.

Исследование влияния сигнала, отраженного от корпуса ЛА, на каналы построения РЛИ винтов и способа его устранения или существенного снижения, разработка способа устранения влияния сигнала отражения от несущего винта (НВ) на каналы построения РЛИ рулевого винта (РВ) одновинтового вертолета, являются целью этой статьи.

В статье производится исследование влияния сигнала, отраженного от корпуса на каналы построения РЛИ винтов и оценивать эффективность разработанных способов его компенсации путем математического моделирования.

Влияние сигнала, отраженного от корпуса, на каналы построения РЛИ винтов ЛА

Для исследования влияния сигнала, отраженного от ЛА, на каналы построения РЛИ винтов используем математическую модель сигнала, отраженного от ЛА, которая рассматривалась в работе [1-6]. На основе этой