

Исследование влияния имитирующих помех на аппаратуру потребителей навигационной информации

Романов А.С. *, Турлыков П.Ю. **

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия

**e-mail: romanov.a.s@bk.ru*

***e-mail: turlykov78@mail.ru*

Аннотация

Экспериментально исследуется влияние имитирующей помехи на аппаратуру потребителей спутниковых сетевых систем позиционирования. Подтверждается возможность нарушения функционирования аппаратуры потребителя и внесения ложной информации. Формулируются рекомендации по формированию такой помехи и защиты от ее деструктивного воздействия.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, имитирующая помеха, дезинформация.

Введение

Функционирование аппаратуры потребителей спутниковых сетевых систем позиционирования основывается на приеме навигационных радиосигналов, излучаемых навигационными искусственными спутниками Земли (НИСЗ). Полностью развернуты и функционируют глобальные навигационные спутниковые

системы (ГНСС) GPS и ГЛОНАСС, в стадии развертывания находятся системы Galileo и Compass аналогичного класса. Навигационные радиосигналы ГНСС передаются на несущих частотах в диапазонах L1 и L2. Фаза несущего колебания модулируется двоичной последовательностью, образованной суммированием по модулю два псевдослучайного дальномерного кода, цифровой информации навигационного сообщения и в системе ГЛОНАСС дополнительным вспомогательным меандровым колебанием [1], [2]. В штатном режиме обе системы применяют открытые дальномерные коды, что обеспечивает доступность радиосигналов неограниченному кругу пользователей, но делает систему уязвимой к преднамеренным помехам.

В данной работе исследуется возможность подмены навигационных сигналов помехами, приводящими к искажению параметров навигационного поля радиосигналов ГНСС.

Имитирующая помеха

Имитирующая помеха (ИП) по своей структуре совпадает с сигналами системы, для поражения которой она предназначена, но отличается количественными значениями информационных параметров. Искажение навигационного поля радиосигналов осуществляется воздействием активной ИП на аппаратуру потребителя. Специфика применения ИП, воздействующей на системы позиционирования, состоит в том, что её эффективность превосходит соответствующие маскирующие помехи только при достаточно малом частотном рассогласовании несущих и фазового рассогласования дальномерных кодов

подлинного сигнала и помехи. Что означает необходимость реализации целеуказания генератору помех по этим параметрам. Для этого необходима система слежения за подлинными радионавигационными сигналами с возможностью внесения поправок в зависимости от взаимного расположения источника помех и аппаратуры потребителя [3]. Использование целеуказания приводит к значительному усложнению системы генерации ИП, поэтому для исследования выбрана ИП без целеуказания. Отсутствие целеуказания, хоть и делает ИП энергетически менее эффективной в сравнении с маскирующей помехой, но не лишает ИП потенциальной возможности дезинформации.

Описание эксперимента

Для исследований в области спутниковой навигации и разработки систем позиционирования используются имитаторы сигналов ГНСС. Имитатор позволяет генерировать сигналы, совпадающие по структуре с подлинными навигационными радиосигналами, но несущие информацию о координатах, векторе скорости и времени системы, заложенных в сценарий. Существует достаточно широкий выбор таких устройств, приобрести которые может любой желающий.

Имитатор сигналов ГНСС в эксперименте используется для генерации ИП, оказывающей влияние на навигационный приемник геодезического класса, являющийся аппаратурой потребителя систем позиционирования. Структурная схема экспериментальной установки изображена на рисунке 1.

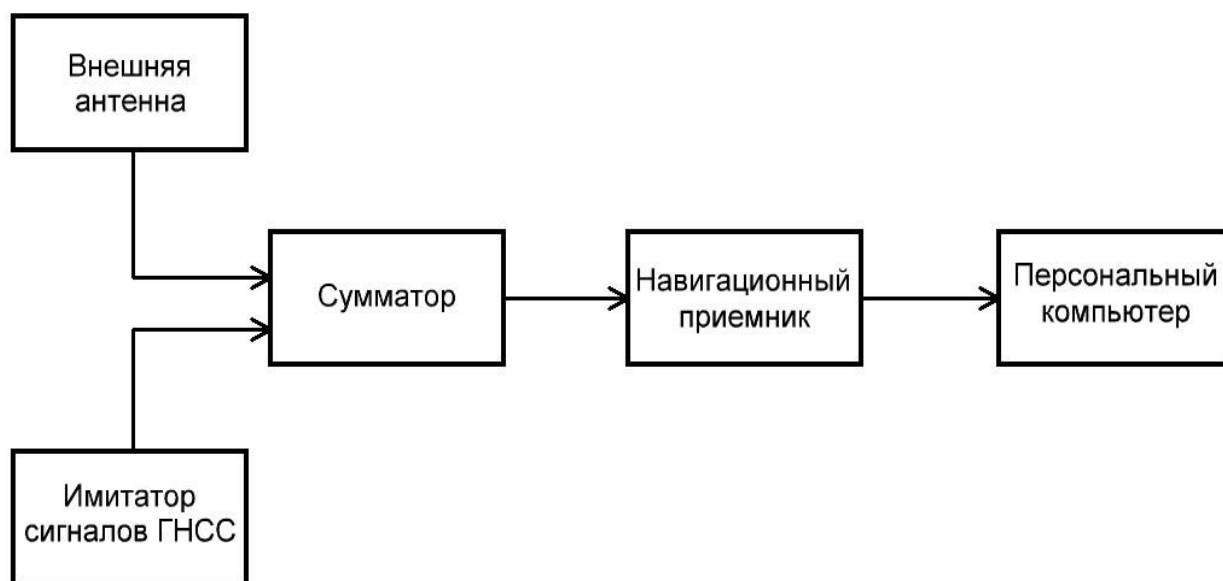


Рисунок 1 - Структурная схема экспериментальной установки

Для формирования ложного навигационного поля сигналов используется имитатор ИМ-2, имеющий 24 канала имитации сигналов космических аппаратов систем GPS с дальномерным кодом C/A в диапазоне L1 и ГЛОНАСС с дальномерным кодом СТ в диапазоне L1. Уровень выходной мощности сигнала в канале от -115 дБВт до -167 дБВт.

Внешняя антенна геодезического класса PG-A1 осуществляет прием подлинных навигационных радиосигналов.

Сложение подлинного сигнала и имитирующей помехи осуществляется в микрополосковом СВЧ сумматоре ZAPD-23+.

Обработка суммарного сигнала происходит в приемнике Topcon NET-G3A, имеющего 144 универсальных канала. Приемник позволяет принимать сигналы GPS

с дальномерными кодами С/А и Р в диапазонах L1 и L2, ГЛОНАСС с дальномерным кодом СТ в диапазонах L1 и L2.

Результат обработки передается на персональный компьютер и выводится посредством интерфейса программного обеспечения РС-CDU. В ходе эксперимента все данные с приемника записываются в файл типа tps.

Методика эксперимента

1. В имитатор загружается сценарий, содержащий альманахи и эфемериды навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, траекторный файл. В качестве траектории выбрана неподвижная точка, несколько удаленная от истинного местоположения приемной антенны.

2. На приемник подается только подлинный сигнал. Ожидается захват максимально возможного числа сигналов НИСЗ и решение навигационной задачи, то есть определение координат приёмной антенны и оценка показаний часов системы.

3. К подлинному сигналу добавляется имитирующая помеха минимальной мощности.

4. Дискретно повышается мощность имитирующей помехи. Фиксируются результаты обработки в приемнике.

5. Эксперимент продолжается до тех пор, пока не будет достигнут эффект дезинформации или мощность суммы сигнала и помехи на входе приемника не превысит допустимую.

Таблица 1 - Результаты наблюдения.

Р _{пом} , дБВт	N _{подлин}		N _{имитац}		СКО, м	Позиция
	GPS	ГЛОНАСС	GPS	ГЛОНАСС		
нет	9 (9)	9 (8)	0	0	1,71	истинная
-159	9 (9)	9 (8)	0	0	1,73	истинная
-149	10(9)	7 (6)	0	0	1,91	истинная
-139	9 (8)	7 (6)	1 (0)	0	2,01	истинная
-129	10 (8)	6 (4)	1 (0)	1 (0)	3,11	истинная
-126	9 (5)	6 (4)	1 (0)	1 (0)	4,53	истинная
-123	8 (4)	6 (2)	1 (0)	1 (0)	12,08	истинная
-121	7 (3)	4 (1)	1 (0)	1 (0)	29,53	истинная
-120	4 (0)	1 (0)	5 (5)	7 (7)	3,74	ложная

В таблице 1 обозначены:

Р_{пом} - мощность имитирующей помехи в одном канале на входе приемника.

N_{подлин} - количество подлинных спутников в обработке. В скобках указано количество спутников, используемых для определения позиции.

N_{имитац} - количество имитационных спутников в обработке. В скобках указано количество спутников, используемых для определения позиции.

СКО - среднеквадратическое отклонение координат позиции.

Координаты, вычисленные приемником, соответствуют или подлинному местоположению антенны приемника (истинная позиция) или местоположению, заданному в сценарии имитатора (ложная позиция).

Анализ наблюдений и интерпретация результатов

В ходе проведения эксперимента была осуществлена дезинформация аппаратуры потребителя при мощности ИП на входе приемника -120 дБВт в каждом канале. Выявлено отсутствие возможности обнаружения факта дезинформации аппаратурой потребителя в автоматическом режиме.

При выполнении всех необходимых условий, переход от истинной позиции к ложной занимает несколько минут. В это время решение навигационной задачи не осуществляется.

Многократное повторение эксперимента при различных исходных группировках НИСЗ показало, что для достижения эффекта дезинформации критичным является количество используемых каналов имитатора. Если подлинное созвездие превосходит имитируемое на 3 или более НИСЗ, то эффекта дезинформации достичь не удастся.

Дезинформация невозможна, пока 4 или более сигнала подлинных спутников пригодны для решения навигационной задачи. При этом сигналы имитационных спутников исключаются из обработки системой автономного контроля целостности RAIM, так как добавление их в обработку приводит к значительному изменению результата решения навигационной задачи [4].

В результате обработки имитирующей помехи приемник фиксирует аномально высокое значение энергетического потенциала по коду, что потенциально может обнаруживать помеху и использоваться для создания систем противодействия ИП.

В современной аппаратуре потребителя систем позиционирования геодезического класса отсутствуют специальные методы защиты от ИП.

Библиографический список

1. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2. - М.: Российский институт космического приборостроения, 2008.- 74 с.
2. Global positioning systems directorate systems engineering & integration. Interface specification IS-GPS-200. 2013. 213 p.
3. Дятлов А. П., Дятлов П. А., Кульбикаян Б. Х. Радиоэлектронная борьба со спутниковыми радионавигационными системами. - М.: Радио и связь, 2004. - 226 с.
4. Борискин А.Д., Вейцель А.В., Вейцель В.А., Жодзишский М.И., Милютин Д.С. Аппаратура высокоточного позиционирования по сигналам глобальных навигационных систем: Приемник – потребитель навигационной информации. - М.: Изд-во МАИ, 2010. - 292 с.