

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

Басов Сергей Александрович

Исследование помехозащищенности систем спутниковой навигации

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-45 81 01 Инфокоммуникационные системы и сети

Научный руководитель

Вилькоцкий Марат Антонович
профессор, доктор технических наук

Минск 2016

Работа состоит из трех глав, введения, заключения. В работе рассмотрена возможность применения экранов, расположенных параллельно поверхности Земли, для повышения помехозащищенности навигационной аппаратуры, возможные источники помех, методы борьбы с помехами, рассмотрены принципы повышения помехоустойчивости подобного рода систем. Проведен эксперимент позволяющий сделать общие выводы относительно возможности применения дифракционных экранов.

В настоящее время спутниковая навигация - очень развитая и перспективная сфера деятельности человека. Появление в последнее десятилетие возможности использования спутниковой навигации в гражданском секторе привело к бурному росту предложения при огромном спросе в различных областях науки и техники. При этом потребителям требуется все более высокая точность определения координат во все более сложной помеховой обстановке. Воздействие различного рода мешающих факторов на навигационные сигналы, таких как шумы и помехи как активного, так и пассивного происхождения, переотражения от зданий и высотных объектов (многолучевость) отрицательно сказывается на точности определения местоположения.

Современные условия применения и развития спутниковых навигационных систем требуют непрерывного совершенствования навигационной аппаратуры потребителей СНС. Возрастающие требования к НАП СНС идут по трём основным направлениям:

- развитие существующих и создание новых СНС;
- возрастание требований к точности определения навигационных параметров;
- возрастание требований к помехозащищенности НАП.

Мешающим воздействием помех считается недопустимое ухудшение качества определения координат и/или выделения эфемеридной информации в навигационной аппаратуре потребителей спутниковых навигационных систем, произошедшее вследствие воздействия помех. В настоящее время, в условиях сложной помеховой обстановки, в том числе с учетом фактора активного радиоэлектронного подавления, особое место занимают вопросы повышения помехозащищенности НАП.

Принципы построения и работа НАП СНС были не раз рассмотрены в технической литературе. Однако, до настоящего времени, не проводился анализ возможной помеховой обстановки в зоне действия НАП СНС и не приводились обобщенные тактико-технические характеристики современных многоцелевых средств и комплексов РЭП, потенциальных источников помех для НАП СНС.

Целью работы является анализ возможной помеховой обстановки в зоне работы НАП СНС и методов повышения помехозащищенности навигационной аппаратуры потребителей спутниковых навигационных систем.

Цели защиты информации – обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных. Информация ГНСС в настоящее время подвергается угрозам, нуждается в защите и однозначно ее надо защищать. Однако специфика применения информации ГНСС требует не традиционных методов защиты. Ограничивать доступ к информации спутников нельзя, на данном этапе ГНСС открытая система для всех пользователей. Шифровать данные – переделывать все оборудование ГНСС (космический и наземный сегмент, пользователей – миллионы), на такие затраты ни одна страна разработчик сейчас не пойдет.

Направление по которому идут работы по защите данных ГНСС – модернизация космического сегмента (повышение мощности спутниковых передатчиков, применение сигналов с расширенным спектром). Однако сроки окончания этих работ все время отодвигаются, так система GPS должна была быть модернизирована до 2016 года. Окончательный срок модернизации правительством США в настоящее время не определен. ГАЛИЛЕО – запланированный ввод в эксплуатацию 2014 год, перенесено на 2018-2020 года. ГЛОНАСС – на данном этапе работает не полная группировка спутников, вводятся новые, старые спутники не модернизируются.

Наиболее эффективный метод борьбы с помехами, на основе адаптивных антенно-приемных систем на базе антенных решеток совершенно не подходит среднестатистическому пользователю системы спутниковой навигации из-за дороговизны и больших габаритов.

В качестве альтернативы нами был выбран метод противодействия помеховой обстановке на основе экранов поглощающего, металлического и дифракционного типа. Подобный экран является более удобным в эксплуатации и дешевле в производстве.

В процессе эксперимента проводились несколько серий измерений при вариации расстояния между источником помех и навигационным приемником, с экранами, поглощающего, металлического и дифракционного типа. Результаты сопоставлялись с ситуацией без экранов.

Использовались несколько типов источников помех. Их радиотехнические параметры не были декламированы производителями. В связи с этими обстоятельствами после их приобретения были изучены их спектральные характеристики. Оказалось, что как по мощности, так и по спектрам излучения, они существенно отличаются.

На основании этой информации могли бы быть определены методики эксперимента и типы используемых навигационных абонентских приемников

(НАП). Как правило, производители НАП указывают, что НАП поддерживают стандарты GPS, ГЛОНАС и некоторые Galileo. Однако, вопрос о том, какие диапазоны частот они используют - L1, L2, L5, как правило, не декларируется производителями и поэтому в данном случае предварительное заключение об эффективности тех или иных источников помех сделать невозможно. В данном, случае была сделана попытка дать ответ на этот вопрос можно с помощью натурального эксперимента (рисунок 1).

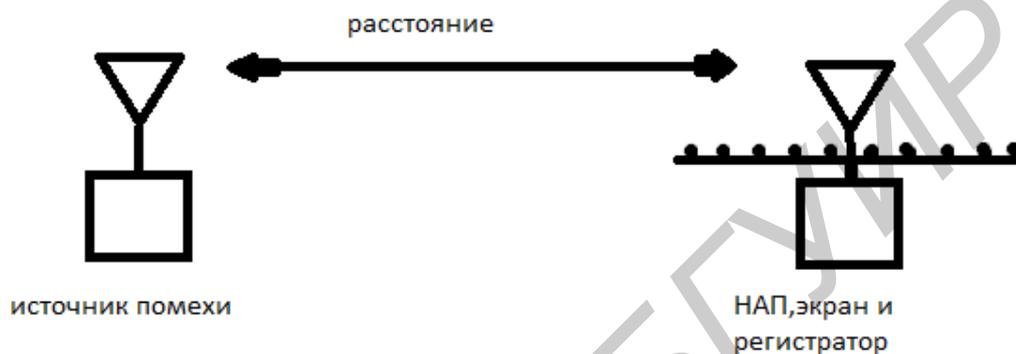


Рисунок 1 - Схема проведения эксперимента

В качестве ситуаций проведения натурального эксперимента были выбраны три варианта:

- 1 – город (площадь Независимости г.Минска);
- 2 – дачный поселок товарищества БГУ;
- 3 – открытое пространство размером $\sim 1000 \times 1000$ м, обеспечивающее отсутствие местных предметов под углами более 50 к горизонту.

Анализ результатов эксперимента показал, что без источника помех наличие экранов незначительно (в пределах нескольких десятых долей угловых секунд, что соответствует приблизительно 5 м) незначительно сказывается на функционировании НАП. Однако, абсолютную точность, обусловленную влиянием местных предметов не удалось определить, в связи с отсутствием реперной точки и поправочных сигналов сигнала.

Наличие помех существенно изменяет ситуацию. Сигнал мощностью 10 мВт независимо от вида источника помех на расстояниях до 10 м полностью блокируют работу НАП. Причем, это имеет место и для приемника, не создающего помех в диапазонах L5, L3 и L2. При увеличении расстояния до 20 м, т.е. при ослаблении сигнала помехи в 4 раза работоспособность НАП практически полностью восстанавливаются. Изменение расстояния между источником помех и НАП варьировалось в пределах от 20 м до расстояния ограниченного ближней зоной экрана, которая в данном случае определялась в соответствии с критерием $2L2/\lambda$ и составляло:

$$P_{б.з.} = 2L^2/\lambda \sim 0,08/0,2 = 0,4 \text{ м.}$$

Результаты измерений были нестабильны в пределах 2-3 спутников и 3-6 дБ соотношения сигнал-шум. Последнее было обусловлено тем, что при всем множестве параметров, в целом, характеризующий задачу один из параметров – время, а это означает, что при разных орбитах и периодах обращения «созвездий» невозможно набрать достаточно большой статистический ансамбль. Т.е. в данном случае, который точность оценки эффективности применения экранов была невысока.

В результате был сделан вывод, что применение металлических экранов, расположенных параллельно поверхности Земли, помеховая ситуация несущественно изменяется. Поглощающий экран улучшает соотношения сигнал-помеха на 3 дБ в зависимости от времени и взаимного расположения НАП и экрана. Дифракционный (метаматериальный) экран, как правило, улучшал соотношение сигнал-шум от 6 до 10 дБ.

Вывод – применение дифракционных экранов может привести к улучшению параметров НАП. Однако, для точной количественной оценки этого эффекта необходимы дополнительные исследования и уточнение методик натурных исследований и методов обработки результатов испытаний.

В настоящее время, в условиях сложной помеховой обстановки, в том числе с учетом фактора активного радиоэлектронного подавления (РЭП), особое место занимают вопросы повышения помехозащищенности НАП.

В данной работе был описан эксперимент, целью которого было исследование воздействия преднамеренной помехи на НАП и возможности противодействия помехе посредством применение различного вида экранов. Из полученных данных можно сделать вывод: применение дифракционных экранов может привести к улучшению параметров НАП. В тоже время для получения более точной количественной оценки эффекта противодействия помехам необходимо в дальнейшем проведение ряда дополнительных исследований в данной области. В работе были выполнены следующие пункты:

- рассмотрены общие принципы работы СНС;
- рассмотрены возможные источники помех;
- проведен анализ помеховой обстановки и рассмотрены методы борьбы с помехами;
- проведен эксперимент, с целью изучения помеховой обстановки;
- рассмотрена возможность использования экранов.