

УДК 621.371

А.А. Ткаченко¹, В.А. Кочура², В.Н. Дейнеко¹, Ю.В. Резников¹¹ Харьковський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків² Харьковський національний університет внутрішніх дел, Харків

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПСЕВДОСПУТНИКОВ

Рассмотрены вопросы применения локальных радионавигационных систем на основе псевдоспутников для обеспечения высокоточного позиционирования в локальном районе в условиях затруднения приема сигналов спутниковых радионавигационных систем. Проведен анализ потенциальной точности определения координат в зоне действия локальной радионавигационной системы.

Ключевые слова: локальная радионавигационная система, псевдоспутник.

Постановка проблемы

Действующие спутниковые радионавигационные системы (СРНС), такие как GPS и ГЛОНАСС являются эффективным средством навигационного обеспечения и широко используются в военной сфере при подготовке и ведении боевых действий – от планирования операций до применения боеприпасов. Однако использование СРНС малоэффективно в районах, где прием спутниковых сигналов затруднен или велика погрешность определения координат. Кроме того, низкий уровень сигнала СРНС делает уязвимой аппаратуру потребителей для средств РЭБ. Поэтому, учитывая что, например, морская и воздушная навигация критически зависят от надежности предоставления, точности и достоверности геопространственной информации, одной из приоритетных задач технической политики развитых стран названо обеспечение устойчивости навигационных систем в условиях подавления сигналов СРНС, а в качестве основного средства обеспечения устойчивости к подавлению названы локальные дополнения.

Надежная высокоточная навигация воздушных объектов, ориентирование морских и наземных средств, топопривязка, мониторинг подвижных объектов, могут быть обеспечены за счет создания в локальном районе дополнительных радионавигационных полей на основе псевдоспутников (ПС). Локальные радионавигационные системы (ЛРНС) на основе псевдоспутников (ЛРНС ПС) предназначены для обеспечения высокоточной навигации в условиях затруднения приема сигналов СРНС вследствие непреднамеренных и преднамеренных помех и позволяют обеспечить точность позиционирования до 10 см за счет отсутствия у наземных псевдоспутников ионосферных и эфемеридных погрешностей. Кроме того, преимуществами таких ЛРНС являются: относительно высокая мощность передатчиков псевдоспутников существенно затрудняет возможность их подавления; пространственное разделение передающей антенны и передатчика позволяет со-

хранить псевдоспутник при уничтожении антенны; относительно невысокая стоимость псевдоспутников позволяет разместить большое их число, что делает экономически не целесообразным их уничтожение; с помощью псевдоспутников могут быть созданы ложные навигационные поля для дезориентации противника.

С целью обеспечения высокоточного и стабильного навигационного поля Европейское космическое агентство приступило к развертыванию ЛРНС ПС. В морском порту Хельсинки была успешно испытана система навигации, в которой в дополнение к спутниковым сигналам и широкозонным подсистемам использовались сигналы ПС. Обеспечение навигационного поля в ограниченных районах (таких как, например, закрытые акватории) является наиболее привлекательной сферой применения ЛРНС ПС, поскольку размещение ПС в стационарных точках позволяет обеспечить оптимальную геометрию излучателей и, соответственно, стабильное навигационное обеспечение потребителей.

Известные [1 – 3, 5] разработки ЛРНС ПС, представляют собой наземные дополнения к СРНС на основе наземных ПС, излучающих сигнал, схожий по параметрам с навигационным сигналом GPS/ГЛОНАСС, который может быть принят обычным приемником GPS/ГЛОНАСС, подверженным минимальным модификациям программной части (в частности с него должна быть снята защита от приема сигналов спутников, находящихся на земле). Фактически псевдоспутники представляют собой стационарные излучатели GPS-сигналов со значительно меньшей мощностью сигнала и, соответственно, меньшим радиусом действия. Прием их сигналов возможен на компактные пользовательские GPS-приемники, позволяющие использовать их при решении навигационной задачи.

Программная настройка моментов излучения сигналов нескольких псевдоспутников, создающих локальное навигационное поле, осуществляется из

единого центра, где находится контрольно-корректирующая станция (ККС) с приемником навигационного сигнала, которая одновременно осуществляет функции контроля за работой всех псевдоспутников системы, а также реализует обратную связь. Если измеряемая псевдодальность от какого-либо псевдоспутника будет отличаться от реальной дальности, которая заранее известна, то ККС выдает псевдоспутнику соответствующую команду подстройки момента излучения сигнала. Приемник навигационного сигнала ККС принимает сигналы как ПС, так и реальных навигационных спутников, осуществляя по ним синхронизацию всей системы. Опционально этот приемник может быть оснащен собственным рубидиевым генератором частоты, и работать отдельно от реальных спутников.

Архитектура подобных навигационных сервисов существенно отлична от локальных, региональных или широкозонных дифференциальных подсистем, использование которых возможно только в случае стабильного приема GPS-сигналов. С помощью псевдоспутников теоретически можно обеспечить стабильную навигацию даже в отсутствие сигналов от «настоящих» спутников вообще. Правда, такой подход сопряжен с недостатками [4, 5].

Радиус действия псевдоспутников относительно невелик (от 1 до 10 км), а геометрические особенности их расположения (в плоскости горизонта) не позволяют только с их помощью эффективно определять третью координату (высоту).

Точностные возможности ЛРНС на базе псевдоспутников

Использование навигационных приемников в автономном режиме позволяет получать оценки текущего местоположения с точностью до единиц метров. Дополнительное привлечение псевдоспутников позволяет достичь субметрового уровня точности. Так, согласно исследованиям потенциально достижимой точности позиционирования [2], в пределах интегрированного навигационного поля ГЛОНАСС/GPS/ЛРНС при наличии хотя бы одного ПС точность позиционирования улучшается на порядок. На рис. 1, а показана планарная погрешность местоопределения в пределах квадрата 10x10 км при использовании пяти НКА, направления на четыре из которых совпадают с направлениями из центра квадрата к его углам, а пятый расположен над центром квадрата. На рис. 1, б показана та же погрешность при использовании в дополнение к пяти НКА одного наземного ПС в центре квадрата.

Результаты моделирования показывают, что даже добавление всего одного псевдоспутника дополнительно к аппаратам орбитальной группировки позволяет значительно (до 10 раз) увеличить точность позиционирования.

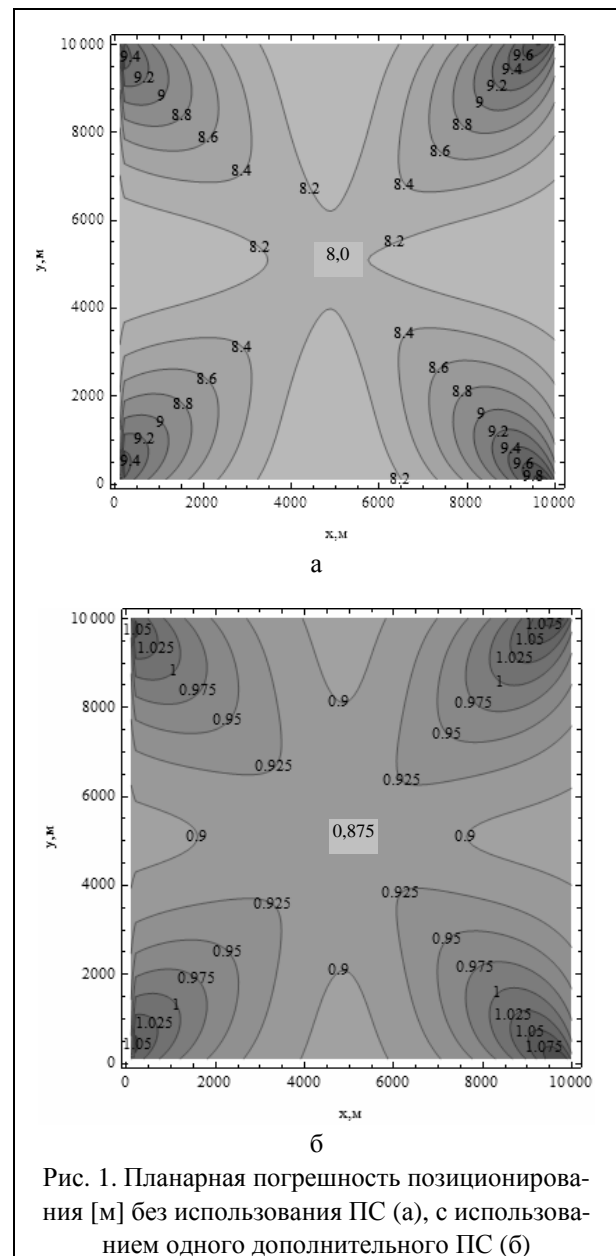


Рис. 1. Планарная погрешность позиционирования [м] без использования ПС (а), с использованием одного дополнительного ПС (б)

Особый практический интерес представляет анализ характеристик точности местоопределения при использовании только ПС без учета орбитальной группировки НКА, что соответствует условиям, когда по каким-либо причинам (подавление, сложный рельеф местности и т.д.) невозможно осуществить прием сигналов СРНС. В работе [1] рассмотрена ЛРНС ПС, которая включает шесть ПС, четыре из которых расположены в углах квадрата 10x10 км, а еще два ПС подняты на высоту 20 м и находятся внутри квадрата на расстоянии 4 км друг от друга. Для такой ЛРНС планарная погрешность местоопределения не превышает 6 см (рис. 2, а).

Однако фактически наземное расположение ПС не дает возможность с высокой точностью определять высоту. При отсутствии информации от спутников погрешность по высоте составляет для рассматриваемой ЛРНС 0,8...1,8 м (рис. 2, б)

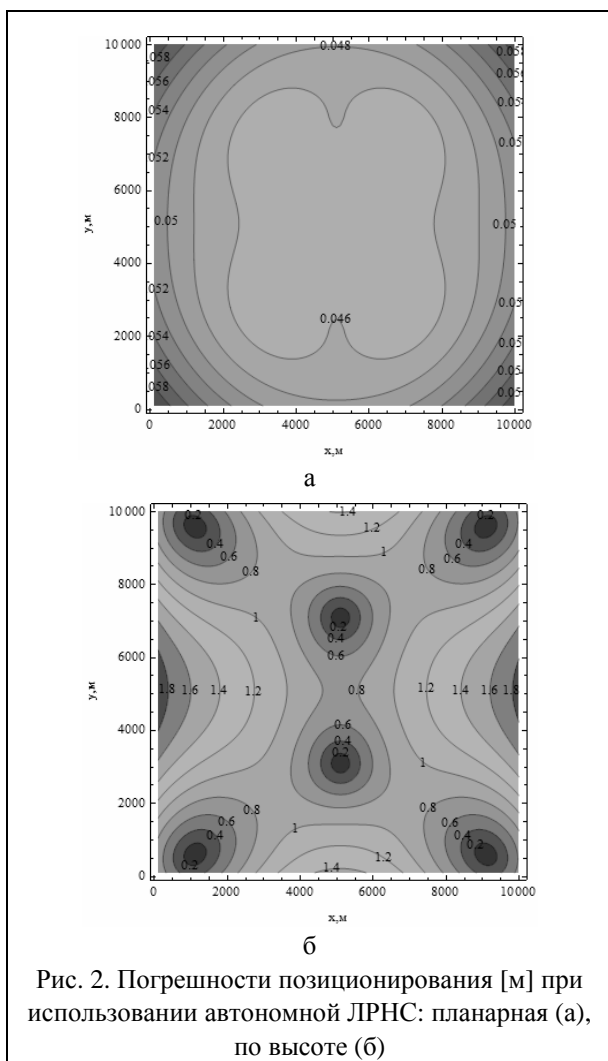


Рис. 2. Погрешности позиционирования [м] при использовании автономной ЛРНС: планарная (а), по высоте (б)

Проблемные вопросы реализации ЛРНС на основе псевдоспутников

Практическая реализация ЛРНС ПС сопряжена с необходимостью решения ряда проблем. Одной из основных является так называемая проблема near/far, связанная как со значительной разницей уровня принимаемых сигналов от спутников и от ПС, так и быстрым ослаблением сигнала ПС при удалении от него. Этот эффект не позволяет обеспечить совместное использование сигналов ПС и спутников как в ближней зоне псевдоспутника (где подавляются сигналы от спутников), так и в дальней зоне (где сигналы псевдоспутника ослабевают до критического уровня) [4, 5].

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ НА БАЗІ ПСЕВДОСПУТНИКІВ

А.О. Ткаченко, В.О. Кочура, В.М. Дейнеко, Ю.В. Резніков

Розглянуто питання застосування локальних радіонавігаційних систем на основі псевдоспутників для забезпечення високоточної навігації в локальному районі в умовах утруднення прийому сигналів супутникових радіонавігаційних систем. Проведено аналіз потенційної точності визначення координат в зоні дії локальної радіонавігаційної системи.

Ключові слова: локальна радіонавігаційна система, псевдоспутник.

FEATURES OF USING OF A PSEUDOLITE-BASED LOCAL RADIO NAVIGATION SYSTEM

A.A. Tkachenko, V.A. Kochura, V.N. Deyneko, U.V. Reznikov

The problems of using of a pseudolite-based local radio navigation system, which provides precise positioning in a local region even if satellite radio navigation systems' signals can't be received, is considered. The results of the analysis of the potential accuracy of the positioning within a local radio-navigation system's working region are presented.

Keywords: local radionavigation system, pseudolite.

Также для сигналов псевдоспутников, которые размещаются на (или вблизи) поверхности Земли, характерен высокий уровень многолучевости, которая является одним из самых больших источников погрешностей определения псевдодальности [3, 6].

К числу проблемных вопросов также относится обеспечение временной синхронизации ПС, входящих в состав ЛРНС, которая является одним из ключевых факторов обеспечения высокоточного местоопределения [3, 6].

Выводы

Таким образом, ЛРНС на основе псевдоспутников за счет создания дополнительных радионавигационных полей позволяют обеспечить надежное высокоточное позиционирование в локальном районе при затруднении приема сигналов СРНС. Практическая реализация таких систем связана с необходимостью решения ряда технических проблем, основными из которых являются проблема near/far, многолучевость и временная синхронизация псевдоспутников.

Список литературы

1. Контрольно-корректирующая станция морской дифподсистемы КНС ГЛОНАСС/GPS CH-3500M [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://navis.ygo.ru/catalog/?cats=5408&g=35483>.
2. Функциональное дополнение к ГНС ГЛОНАСС на основе псевдоспутников для обеспечения точной посадки воздушных судов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vedapro.ru/files/GPS2.pps>.
3. Augmenting GPS by ground-based pseudolite signals for airborne surveying applications / H.K. Lee, J. Wang, C. Rizos, T. Tsujii // Survey Review. – 2005. – № 38 (296). – P. 88-99.
4. Kanli M. Limitations of pseudolite systems using off-the-shelf GPS receivers [Электронный ресурс] // Int. Symposium on GNSS/GPS. – Sydney, Australia, 6-8 December. – 2004. – Режим доступа к ресурсу: www.gmat.unsw.edu.au.
5. Rizos C. Pseudolite Augmentation of GPS [Электронный ресурс] / C. Rizos // Workshop on Geolocation Technology to Support UXO Geophysical Investigations. – 2005. – Режим доступа : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/>.
6. Techniques for reducing the near-far problem in indoor geolocation systems / Jonathan M. Hill, Ilir F. Progri, W. R. Michalson // Proc. of the 2001 NTM. – Institute of Navigation, Long Beach, USA, 22-24 January. – 2001. – P. 860-865.

Поступила в редколлегию 03.08.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Деденок, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.