

программных средств к средствам технического диагностирования является не совсем корректным и требует пересмотра. 4. Впервые предложены следующие виды средств диагностирования в рамках транспортной диагностики - информационные, технико-технологические, математические.

Список литературы: 1. *Горяинов, А.Н.* Выделение общих свойств диагностического подхода применительно к транспорту [Текст] / А.Н. Горяинов // Вісник НТУ «ХПІ». Зб.наук.пр. Тем.вип.: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – №2. - С.89-93. 2. *Горяинов, А.Н.* Использование методов технической и экономической диагностики в рамках транспортной диагностики [Текст] / А.Н. Горяинов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - Харьков: Технологический центр, 2011. - Вып.2/3 (50). – С.61-64. 3. *Гавриленко, Н.Г.* Особенности циклического развития транспортного комплекса России [Текст]: монография / Н.Г. Гавриленко. - Омск: СибАДИ, 2011. - 212 с. 4. *ГОСТ 20911-89.* Техническая диагностика. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsegost.com/> - 22.03.2012. 5. *Говорущенко, Н.Я.* Техническая кибернетика транспорта [Текст]: Учеб.пос. / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Харьков : ХГАДТУ, 2001. – 271 с. 6. *Мигаль, В.Д.* Технічна кібернетика транспорту [Текст] : навч.посіб. / В.Д. Мигаль, В.П. Волков. – Х.: ХНАДУ, 2007. – 308 с. 7. *Горяинов, А.Н.* Определение эффективности систем диагностирования в теории транспортной диагностики [Текст] / А.Н. Горяинов // Вісник НТУ «ХПІ». Зб.наук.пр. Тем.вип.: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – №1. - С.64-70. 8. *Елисеєва, О.К.* Диагностика и управление производственно-экономическими системами [Текст] : монография / О.К.Елисеєва, А.Н. Марюта, В.Н. Узунов. – Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – 191 с. 9. *Ананьин, А.Д.* Диагностика и техническое обслуживание машин [Текст]: учебник / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др. – М.: Изд.центр «Академия», 2008. – 432 с. 10. *Надежность и эффективность в технике. Т.9.* Техническая диагностика [Текст] : справочник / под общ.ред. В.В.Клюева, П.П.Пархоменко. – М.:Машиностроение, 1987. – 352с. 11. *Диагностирование автомобилей.* Практикум: учеб.пособ. / под ред. А.Н. Карташевича. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. – 208 с. 12. *Далека, В.Ф.* Практикум по технической эксплуатации городского электрического транспорта [Текст] : учеб.пособ. / В.Ф. Далека, В.Б. Будниченко, В.И. Коваленко и др. - 2-е изд., испр. и перераб. – Харьков: ХНАГХ, 2007. – 222 с. 13. *Сырбаков, А.П.* Диагностика и техническое обслуживание [Текст]: учеб. пособ. / А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова. – Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2009. – 220 с.

Поступила в редколлегию 22.03.2012

УДК: 537.3:621.371

А.Л. КОВОРТНЫЙ, мл. научн. сотрудник, ИРЭ им. А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков
В.Н. ГОРОБЕЦ, канд. физ.-мат. наук, ИРЭ им. А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков
Ю.В. ГОНЧАРЕНКО, канд. физ.-мат. наук, ИРЭ им. А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков
С.И. РЫМАРЬ, аспирант, НТУ "ХПИ", Харьков

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ УСЛОВИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В АТМОСФЕРЕ

Розроблено вимірювальний комплекс на базі приймального модуля Trimble Copernicus II. Комплекс працює на частоті 1575 МГц та має 12 каналів для безперервного стеження за

спутниками. Вимірювальний комплекс дозволяє приймати первинні данні, які характеризують канал зв'язку між супутником та GPS приймачем. Він відрізняється високими технічними показниками та має порівняно невелику вартість.

Разработан измерительный комплекс на базе приёмного модуля Trimble Copernicus II. Данный приемник работает на частоте 1575 МГц и имеет 12 каналов для непрерывного слежения за спутниками. Измерительный комплекс позволяет получать первичные данные, характеризующие канал связи спутник – GPS приёмник. Комплекс обладает высокими техническими характеристиками и имеет сравнительно небольшую стоимость.

The measuring system, based on the receiver module Trimble Copernicus II was developed. The operation frequency of GPS receiver is 1575 MHz. The presented receiver has 12 independent channels for continuous satellites tracking. The raw data, obtained by GPS receiver allows evaluation of physical properties of communications channel GPS satellite – Earth. The measuring complex is cost effective and has high technical characteristics.

Введение. Еще в 1960-х годах после запуска первого спутника Советский Союз и США приступили к созданию систем спутниковой навигации GNSS (Global Navigation Satellite System). В настоящее время существуют две действующие системы — GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) и две развертываемые — GALILEO (Европейский союз) и COMPASS (Китай) [1].

Системы GNSS позволяют обеспечивать высокоточное определение координат и скорости объектов в любой точке земной поверхности [1]. Наиболее широкое распространение получили средства технической навигации, работающие в системе NAVSTAR GPS, так как Российская система ГЛОНАСС начала полноценно действовать только с 2009 года, когда спутниковое созвездие стало насчитывать необходимые 24 спутника для обеспечения навигации с достаточной точностью.

В последнее время система GNSS нашла широкое применение в научных исследованиях в области геодинамики, физики атмосферы, ионосферы, плазмосферы Земли и т.д. [2]. Подобные исследования представляют не только чисто научный интерес, но важны также и для совершенствования самой системы GPS [2, 3, 4].

В качестве научного инструмента, GPS приемники широко используются для радиозондирования атмосферы [5]. Отличие GPS приемников от известных ранее средств заключается в непрерывности наблюдений, высоком пространственно-временном разрешении и чувствительности, а также стандартизации и технологичности обработки данных.

Большинство используемых приёмников, в первую очередь это касается недорогих малогабаритных приёмников, не предоставляют доступ к «сырым» данным – таким как, доплеровское смещение, амплитуда и фаза принятого сигнала, псевдодальность и т.д., которые представляют большой интерес для научных исследований.

Целью настоящей работы является разработка измерительной системы на базе широкодоступных модулей приёмников, позволяющих получать «сырые» данные (координаты, доплеровское смещение, амплитуду и фазу принятого сигнала), необходимые для изучения канала связи спутник-Земля.

Измерительный комплекс. Работы, проводимые в ИРЭ НАН Украины по изучению трансатмосферного радиоканала распространения, в первую очередь направлены на выявление различных факторов, влияющих на распространение радиоволн, таких как солнечные вспышки, ионосферные неоднородности, атмосферные явления (гидрометеоры, литометеоры) и т.д. Для решения этих задач был разработан и изготовлен измерительный комплекс, состоящий из трёх измерительных пунктов (рис. 1).



Рис.1. Расположение приемных пунктов на карте.

Каждый пункт состоит из одночастотного приемника (рис. 2а и рис. 2б), работающего в системе GPS, мачты, на которой располагается данный приемник, (рис. 2в) и персонального компьютера для мониторинга работы системы и создания баз данных сигналов кодовой последовательности передаваемых со спутника.

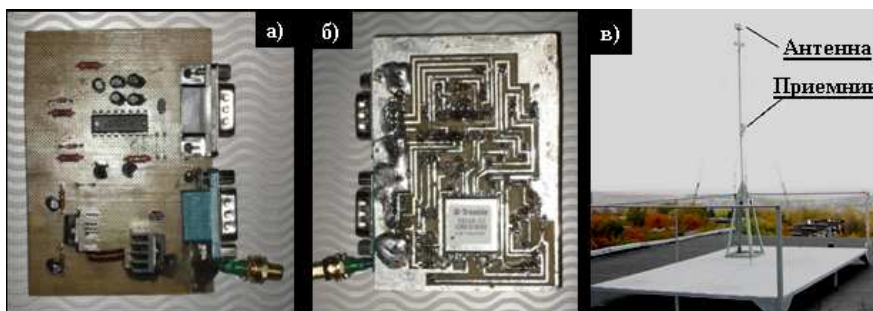


Рис.2. Монтажная плата приемника и его размещение на крыше здания. Блок-схема цифровой части измерительного пункта приведена на рис. 3.

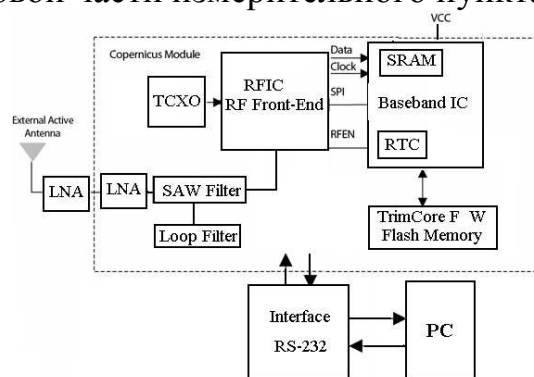


Рис. 3. Структурная схема приемного устройства.

Приёмник, используемый в измерительной системе, разработанный на базе GPS-модуля – Trimble Corneptic II [6], обладает высокими техническими характеристиками и сравнительно небольшой стоимостью. Приемник работает на частоте 1575 МГц, имеет 12 каналов для непрерывного слежения за спутниками, поддерживает протоколы: TSIP, TAIP и NMEA с частотой обновления информации 1с. Заявленная точность определения координат модуля – в горизонтальной плоскости < 3м (50%), по высоте < 10м (50%). Чувствительность приёмника – не менее -140 дБм.

Антенная система представляет собой выносную антенну (тип ant380), расположенную на металлической мачте (высота мачты 5м) на крыше дома. Основным требованием к антенной системе является минимизация отражений от местных предметов, которые существенно влияют на точность определения координат, поэтому антенна установлена в районе с максимально открытым участком неба (вплоть до горизонта). Для выполнения специальных исследований, а именно – слежения за заходом спутников за горизонт, антенная система имеет возможность регулировки по углу места.

Три измерительных пункта позволили кроме исследования параметров принятых сигналов проводить корреляционный анализ между сигналами с различных точек приёма.

Разработанный приемник по умолчанию работает с протоколом TSIP на последовательном порту 1, а на выход порта 2 подаются сообщения протокола NMEA. Протокол TSIP выдает данные в двоичном коде и не может быть отображен в удобном для понимания виде. Поэтому для обработки и анализа принятых сигналов было разработано специальное программное обеспечение, позволяющее регистрировать кроме координат такие параметры как доплеровское смещение, амплитуду и фазу принятого сигнала и представлять их в удобном для чтения виде.

Результаты измерений. Примеры, которые иллюстрируют результаты, полученные с помощью измерительного комплекса, приведены на рисунках 4 – 6.

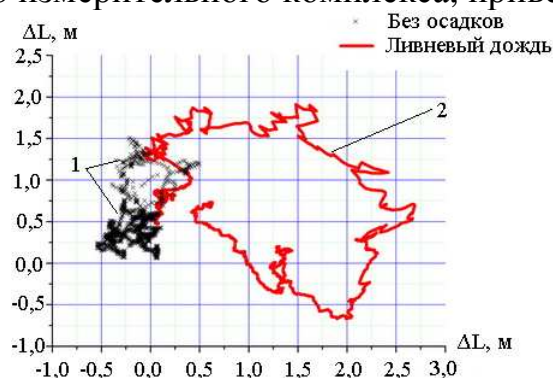


Рис.4. Изменение координат при различных метеороусловиях.

На рис. 4 приведены графики изменения координат неподвижного приёмника относительно исходной координаты (0, 0) в зависимости от метеороусловий в течении 120 мин. Как видно из графика, ошибка определения координат при стабильной солнечной, магнитной и метеорологической обстановке (кривая 1) не превышает один метр. При изменении метеорологической обстановки (ливневый дождь, кривая 2) точность

определения координат значительно ухудшилась. Время регистрации в обоих случаях составляет 120 мин.

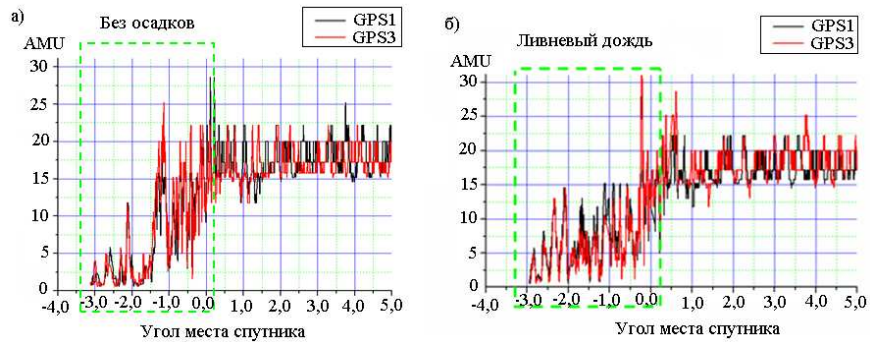


Рис.5. Структура сигнала спутника SV31 при малых углах места и при загоризонтном распространении радиоволн: а – влажность 85%, б – влажность 60%.

На рис. 5 приведены примеры радиозаходов спутника SV31 при различных метеорологических условиях. Из графика на рис. 2а видно увеличение флуктуаций на углах от $0,0^{\circ}$ до $-1,5^{\circ}$ что может свидетельствовать о повышенной рефракции в атмосфере Земли.



Рис. 6. Влияние солнечно-протонного события (СПС), проходящего 07 марта 2012г. ($r_{fu}=1429\text{МэВ}$), на точность определения координат.

Влияние геомагнитной активности на точность определения координат местоположения проиллюстрировано на рис. 6. Из рисунка видно, что во время СПС выброс большого количество солнечных протонов приводит к увеличению ионизации в атмосфере, что приводит к увеличению погрешности в определении координат местоположения примерно на 80%.

Выводы. В работе представлен измерительный комплекс для приёма GPS сигналов, позволяющий получать не только стандартные данные (широта, долгота и соотношение сигнал-шум), но и данные (доплеровское смещение, амплитуду и фазу принятого сигнала), позволяющие судить об изменении параметров распространения радиоволн в атмосфере.

Приведены примеры результатов измерений, подтверждающие возможность использования разработанного измерительного комплекса для исследования канала спутник - GPS приемник в разных метеоусловиях и в периоды повышенной геомагнитной и солнечной активности.

Список литературы: 1. *Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П. и др.* Сетевые спутниковые радионавигационные системы. Издательство: Радио и связь, 1993. 2. *Чукин В.В.* Исследование атмосферы методом электромагнитного просвечивания. Монография. – СПб, изд. РГГМУ, 2004. – 107 с. 3. *Азизов А.А., Гайкович К.П., Кашкаров С.С., Черняева М.Б.* Использование сигналов навигационных ИСЗ для определения параметров атмосферы //Изв. ВУЗов. Радиофизика. - 1998. - Т. 41. - № 9. - С. 1093 – 1116. 4. *Э. Л. Афраймович, Ю. В. Ясюкевич.* Адаптивная радиоастрономия – 1. Коррекция фазового запаздывания и поворота плоскости поляризации в ионосфере по данным GPS зондирования и ионосферного моделирования. Радиофизика и радиоастрономия, 2007, т. 12, №4, с. 357-374. 5. *Горбачев О.А., Иванов В.Б., Рябков П.В.* О диагностике ионосферы с использованием одночастотных приемников GPS. Труды БШФФ. Секция «Физика околоземного пространства». – Иркутск, 2006, с.159-163. 6. Copernicus™ GPS Receiver Reference Manual.

Поступила в редколлегию 30.03.2012

УДК 621.396

А.О. ПОДОРОЖНЯК, канд. техн. наук, с.н.с., доц., ХНАДУ, Харків
М.О.КОРНЄВА, магістр, ХНАДУ, Харків

МЕТОД БЧВ СИГНАЛІВ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ МЕТРОПОЛІТЕНУ

В статті досліджено та обґрунтовано застосування модифікованого методу залежного рахунку при багатоканальних вимірюваннях частотних імпульсних сигналів. Отримані результати можуть бути використані при вимірюваннях в метрополітені.

Ключові слова: метрополітен, частота, вимірювання, датчик

В данной работе исследованы и обоснованы применение модифицированного метода зависимого счета при многоканальных измерениях частотных импульсных сигналов. Полученные результаты могут быть использованы при измерениях в метрополитене.

Ключевые слова: метрополитен, частота, измерение, датчик

The employment of the modified method of dependent computation for multi-channel frequency pulse signal measurements has been investigated and substantiated. The results obtained can be used in the measurements in the underground.

Key words: underground, frequency, measurement, sensor

Постановка проблеми

В інформаційно-вимірювальних системах може налічуватися декілька вимірювальних перетворювачів, які різним чином розміщені на візку для вимірювання положення контактної рейки, бальних відступів від норм утримання рейкової колії та контактної рейки метрополітену, що можуть розміщуватися на значній відстані від центрального диспетчерського пульта.[1] При реалізації таких систем пред'являються суперечливі вимоги до вимірювальних перетворювачів. З одного боку, висока точність, стабільність в часі та ідентичність вихідних характеристик, а з іншого боку, – простота конструкції, висока надійність, низька собівартість [2].