

**МОДУЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА NI PXI – ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИГНАЛОВ СПУТНИКОВ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ СТРУКТУРЫ ИОНОСФЕРЫ**

**Буй Суан Тьен, А.Г. Ченский**

**MODULE PLATFORM NI PXI AS A CENTRAL ELEMENT OF THE SYSTEM OF PROCESSING SATELLITE SIGNAL DATA TO RESEARCH INTO IONOSPHERE STRUCTURE INHOMOGENEITIES**

**Bui Xuan Tien, A.G. Chensky**

Программа предназначена для обработки сигналов спутников для изучения неоднородности структуры ионосферы и может применяться при проведении исследования возмущений в ионосфере, а также для обучения программированию по дисциплине «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах». С помощью программы пользователь ведет обработку бинарных файлов, в которых сохраняются записи сигналов спутников. В результате получается изменение параметров (амплитуды, частоты) сигналов в зависимости от времени во время полета спутника. Программный модуль обработки сигналов создан в среде LabVIEW и обладает высоким быстродействием, большой точностью, высокой чувствительностью и удобством в эксплуатации при изучении неоднородности структуры ионосферы. Результаты измерений сохранены в цифровом виде, отличаются удобством в эксплуатации при изучении неоднородности структуры ионосферы.

The program is designed for processing satellite signals for observation of the ionospheric structural irregularities and can be used in a study of perturbations in the ionosphere, as well as for teaching programming on the subject "Methods and tools to measurement in telecommunication systems." With this program, the user can process the binary files that are recording satellite signals. The result is the signal parameters (amplitude, frequency) versus time during the flight of the satellite. Software signal processing module is created in the LabVIEW environment and has high speed, high accuracy, high sensitivity and ease of use, in the study of irregularities of the ionospheric structure. The measurement results are stored in digital form, so it's convenient to use in the study of irregularities.

Ионосферой называют ионизированную область атмосферы, расположенную на высотах свыше 60 км. Основным источником ионизации служит излучение Солнца. Ионосфера состоит из смеси газа нейтральных атомов и квазинейтральной плазмы. До высоты 90 км наблюдается такой же состав воздуха, как и у поверхности Земли. С увеличением высоты начинают доминировать ионы атомарного кислорода  $O^+$ . Также присутствуют ионы  $N^+$ ,  $(O^{18})^+$ ,  $NO^+$ ,  $N_2^+$  и  $O_2^+$  [Долуханов, 1972; Данилкин, 2008; Гершман и др., 1984; Буй и др., 2013].

Основной причиной, определяющей интерес к изучению ионосферы Земли, является свойство ионосферы влиять на распространение радиоволн. И существует большое количество методов изучения ионосферы. Все методы делят на две группы: прямые (изучение с помощью масс-спектрометров, установленных на борту ракет, искусственных спутников и др.) и косвенные (вертикальное, наклонное и возвратно-наклонное зондирование, метод некогерентного рассеяния, доплеровские методы, методы воздействия мощным радиоизлучением и т. д.) [Данилкин, 2008]. С момента запуска первого искусственного спутника Земли (ИСЗ) 4 октября 1957 г. началась космическая эра, появились спутниковые линии радиосвязи и новые методы изучения ионосферы [Гершман и др., 1984]. Один из них - метод доплеровского радиозондирования. В статье предлагается система, использующая NI PXI, сбора сигналов спутников и обработки данных сигналов спутников для измерения доплеровского сдвига с целью изучения неоднородностей структуры ионосферы.

**Оборудование**

Спутниковые сигналы поступают на антенную систему (рабочий диапазон частот 149–150 МГц, усиление ~13 дБ). Для наведения антенны на спутник используется поворотное устройство Yaesu G5-500, управляемое с помощью контроллера GS-232B. Коор-

динаты спутника передаются с помощью контроллера GS-232B. Координаты спутника передаются с помощью контроллера GS-232B.

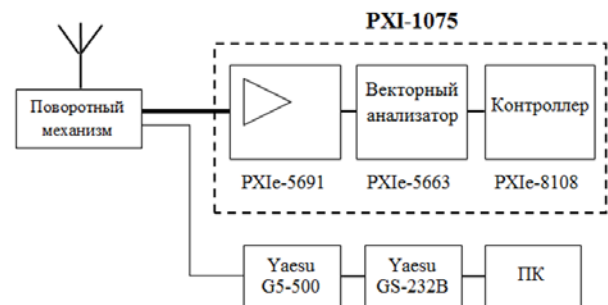


Рис. 1. Структурная схема системы сбора данных.

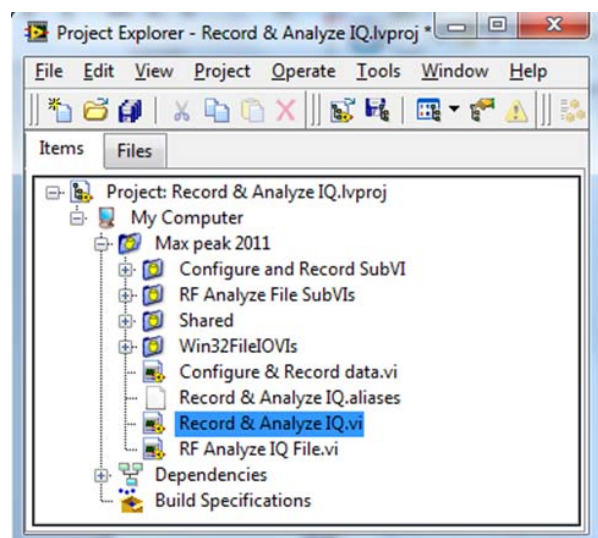


Рис. 2. Проект записи и обработки экспериментальных данных в LabVIEW.

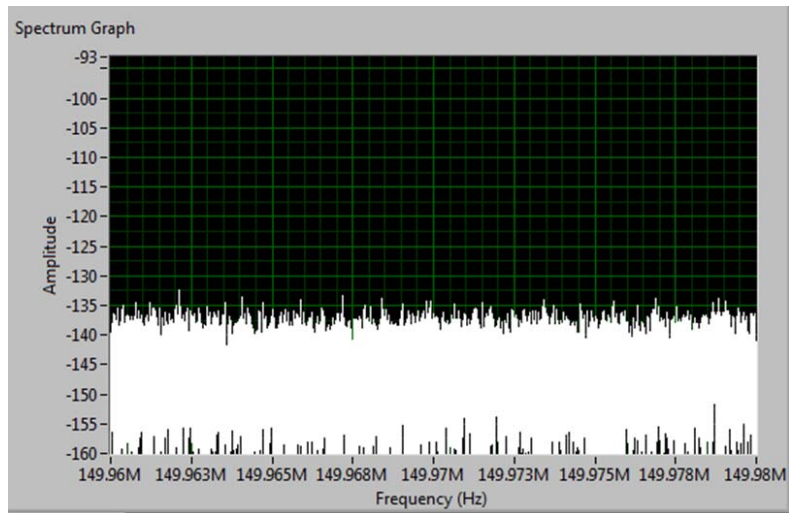


Рис. 3. Белый шум.

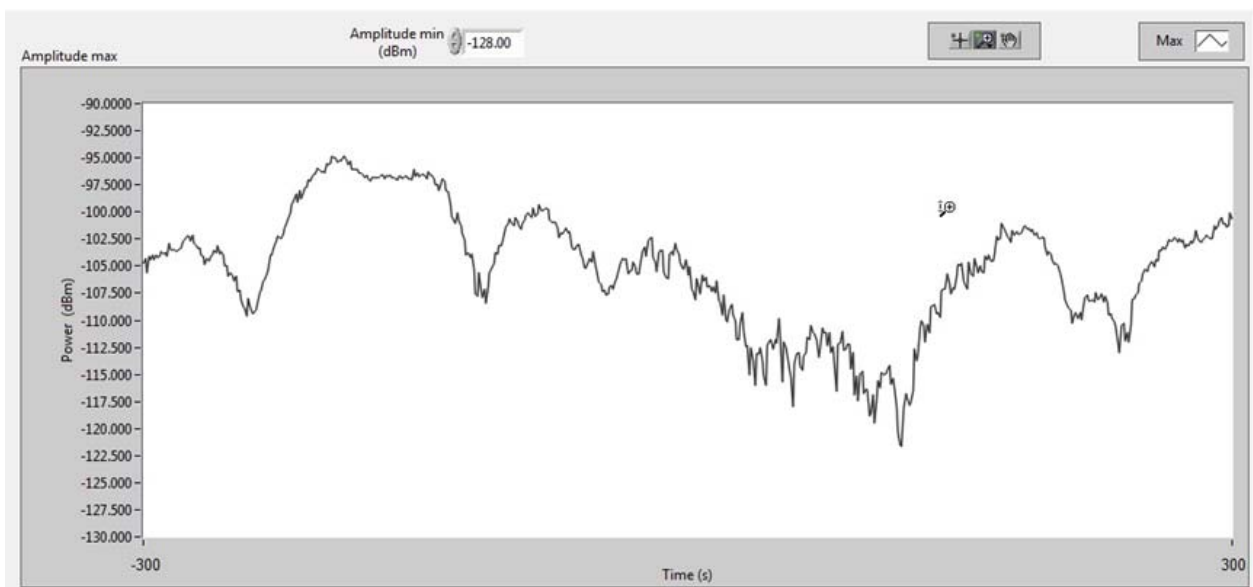


Рис. 4. Временная зависимость амплитуды сигнала от спутника COSMOS 2407 во время пролета спутника над Иркутском 6 февраля 2015 г.



Рис. 5. Временная зависимость частоты сигнала от спутника COSMOS 2407 во время пролета спутника над Иркутском 6 февраля 2015 г.

динаты спутника определяются с помощью программы Orbitron v.3.71 и передаются контроллеру GS-232B от персонального компьютера ПК (контроллером управляет программа Rotator v.5.0). В качестве фидерной линии выбран коаксиальный кабель 8D-FB (длина 25 м, затухание ~4 дБ на частоте 150 МГц).

Для проведения корректных измерений база данных программы Orbitron регулярно обновляется, а системное время компьютеров – корректируется.

Центральным элементом системы сбора данных (рис. 1) является модульная платформа NI PXI, содержащая шасси PXIe-1075, контроллер PXIe-8108, а также следующие модули: предусилитель PXIe-5691, векторный генератор PXIe-5673 и векторный анализатор PXIe-5663.

Стандарт PXI разработан и представлен в 1997 г. как расширение стандарта CompactPCI для измерений и исследований. Технологии PXI в целом являются точными, помехоустойчивыми и доступны по цене при отличных технических характеристиках для проведения измерений с заданной точностью и при определенных условиях.

### Программа

Проект содержит две подпрограммы: запись и обработка. Платформа PXI осуществляет перенос спектра сигнала на промежуточную частоту, оцифровку с частотой дискретизации 10 МГц и программную квадратурную демодуляцию.

В программе записи сигнал спутника написан в двух файлах, в первом написано время, а во втором IQ дата. Чтобы получить высокое разрешение в частотной области сигналы принимаются в относительно узкой полосе 10 кГц. Разрешение по частоте выбрано равным 1 Гц. Слишком высокое разрешение (менее 1 Гц) в зависимости от ширины полосы частот может привести к переполнению буфера промежуточного хранения данных и снижает скорость работы программы. Низкое же разрешение по частоте уменьшает точность измерения амплитуды и частоты принимаемых сигналов.

Видно что уровень шума ~135 дБ. И это система записи с хорошей точностью.

Программа обработки называется «Программный модуль обработки сигналов спутников для изучения неоднородной структуры низкоширотной ионосферы».

С помощью проекта записи и обработки (рис. 2), написанной в среде графического программирования LabVIEW, задаются настройки аппаратной части измерительной установки (выбор модуля сбора данных, установка центральной частоты и ширины полосы приема, разрешение по частоте и пр.) и выпол-

няется Фурье анализ сигнала [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610569]. Те амплитуды, частоты, амплитуда которых превышает установленный порог, записываются в текстовый файл.

На рис. 4 приведены результаты проведения измерений амплитуды сигнала от спутника COSMOS 2407 и на рис.5 приведены результаты частоты, проведенных 6 февраля 2015 г. во время пролета спутника над Иркутском.

Таким образом, программа предназначена для обработки сигналов спутников для изучения неоднородности структуры ионосферы и может применяться при проведении исследования возмущений в ионосфере, а также для обучения программированию по дисциплине «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах». В результате получается изменение параметров (амплитуды, частоты) сигналов в зависимости от времени во время полета спутника. Программный модуль обработки сигналов создан в среде LabVIEW и обладает высоким быстродействием, большой точностью, высокой чувствительностью и удобством в эксплуатации при изучении неоднородности структуры ионосферы. Результаты измерений сохранены в цифровом виде, отличаются удобством в эксплуатации при изучении неоднородностей структуры ионосферы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Буй С.Т., Ченский А.Г., Полетаев А.С. Измерение вариаций доплеровского сдвига частоты спутниковых сигналов при помощи платформы NI PXI // Вопросы атомной науки и техники. Серия: физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2013. № 4. С. 80–83.

Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. Волновые явления в космической плазме. М.: Наука, 1984. 392 с.

Данилкин Н.П. Системное радиозондирование – основа построения службы контроля состояния ионосферы // В сб. Трудов института прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова / Москва, ИПГ им. акад. Е.К. Федорова. 2008. 210 с.

Долуханов М.П. Распространение радиоволн: Учебник для вузов 2-е изд. М.: Связь, 1972. 336 с.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610569. Программный модуль обработки сигналов спутников для изучения неоднородностей структуры ионосферы / С.Т. Буй, А.Г. Ченский. Правообладатель Иркутский государственный технический университет; заявл. 17.11.2014 № 2014661591; дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 13.01.2015; опубл. 20.02.2015.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия*