

## ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ИОНОЗОНДА "ПАРУС"

А.И. Сказик

*НИИ физики ЮФУ, г. Ростов-на-Дону*

На основании опыта эксплуатации цифрового ионозонда «Парус» сформулированы требования к реализации программного обеспечения проведения эксперимента и обработки его результатов. Описана возможность расширения функциональности ионозонда путем включения в интерфейс обработки данных программ для определения кажущегося коэффициента отражения по амплитудам последовательных импульсных эхо и оценки рассеянной компоненты ВЧ сигнала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АППАРАТУРА ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ, РАДИОЗОНД, ИОНОЗОНД, РАДИОЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ, РАССЕЯННАЯ КОМПОНЕНТА РАДИОСИГНАЛА, МЕЛКОМАСШТАБНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ИОНОСФЕРЫ.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие элементарной базы позволило в 80-х годах прошлого века приступить к реализации концепции цифрового ионозонда. Многочисленные публикации о цифровой обработке сигнала ионосферного эха, а также презентации прототипов ионозондов свидетельствуют о том, что в этом направлении продолжают активные разработки. Причём акцент смещается с аппаратной реализации приемно-передающей аппаратуры на программное управление экспериментом и обработку его результатов. Отдельно ставится задача создания унифицированных баз данных, объединяющих результаты измерений в географически разнесённых пунктах зондирования. В том числе тех, на которых установлены различные модели ионозондов.

### 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Анализ существующих разработок цифровых ионозондов показывает, что их условно можно разделить на две группы.

Первая ориентирована на работу преимущественно в автоматическом режиме регистрации стандартных параметров ионосферы [1]. В качестве примера такого подхода можно привести ионозонды CADI (Canadian Advanced Digital Ionosonde) и IPS-42, IPS-71 (Ionospheric Prediction Service). Низкая стоимость подобных проектов поз-

воляет создавать сети измерительных постов, удовлетворяющие стандартным задачам потребителей информации о состоянии ионосферы.

Вторая группа, помимо регистрации основных характеристик ионосферы при соответствующей настройке допускает экспериментальную работу. Возможности и качество эксперимента определяются комплектацией антенной системы и приёмно-передающего блока. Известными зарубежными примерами подобного подхода являются системы зондирования Digisonde и Dynasonde. Россия представлена в этой области проектом «Парус».

Большим потенциалом для проведения научной работы обладает вторая группа ионозондов. Добавление новой функциональности в интерфейс проведения эксперимента и обработки данных позволит использовать незадействованные ранее возможности.

### 2. ИНТЕРФЕЙС ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Опыт проведения измерений на макете импульсного цифрового ионозонда «Парус», разработанного в институте земного магнетизма и ионосферы РАН (ИЗМИРАН) [2] и установленного в п. Ростов, позволил сформулировать и частично реализовать требования к интерфейсу проведения эксперимента.

Во-первых, перед проведением эксперимента необходимо осуществлять калибровку

антенн и соответствующую подстройку приемника и передатчика. Для этого необходимо дополнить типовую конфигурацию антенного устройства измерительными диполями для нескольких частот излучения.

Во-вторых, для проведения синхронных измерений необходимо использование либо приемников точного времени, либо приемников GPS (реализовано для модели «Парус-А»).

В-третьих, при проведении серий разно-типных экспериментов (данные калибровок, ионограмм, амплитудных и фазовых измерений), полученные последовательности отсчетов удобно сохранять в специальной таблице реляционной базы данных в виде поля типа BLOB.

В-четвёртых, удобным является описание последовательности проведения эксперимента при помощи скриптового языка (XML, и т.п.).

### 3. ИНТЕРФЕЙС ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Получение и обработка ионограмм является стандартной, но не единственной возможностью комплекса «Парус-А». Одним из востребованных приложений является исследование ионизированных неоднородностей различного масштаба, в том числе и тонкой структуры ионосферы. Мелкие неоднородности с линейными размерами поряд-

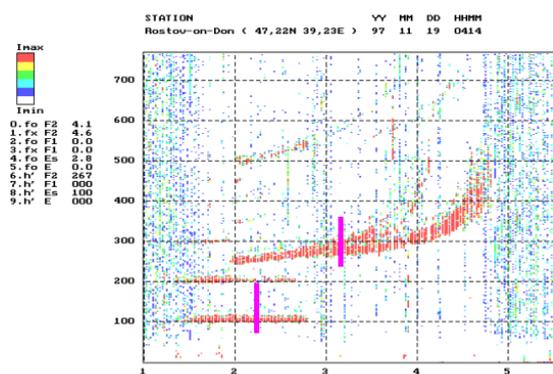


Рис. 1а. Выбор по ионограмме частот для последующих амплитудных измерений

ка километра оказывают значительное воздействие на распространяющийся радиосигнал. Одной из причин погрешностей в работе радиосистем дальней связи и ошибок систем загоризонтной радиолокации являются флуктуации характеристик принимаемого радиосигнала, в большей степени, определяемые именно мелкомасштабными неоднородностями.

Основной задачей проведения таких измерений является получение данных о состоянии неоднородной ионосферы вблизи уровня отражения зондирующего сигнала. В условиях реального эксперимента, информация, переносимая радиоволной подвергается искажению под действием различного рода помех. Их можно условно разделить на две группы. Эффект смешивания в регистрирующем тракте приемника сигнала с шумами радиосхем можно компенсировать при проведении калибровки аппаратуры. С другой стороны, помеховая обстановка в исследуемой области ионосферы при зондировании в рабочем частотном интервале может существенно различаться от одной частоты к другой. Это вызвано различными причинами, в том числе индустриальной деятельностью человека. В таких условиях необходим выбор полос частот, для которых уровень отношения сигнал/шум является допустимым.

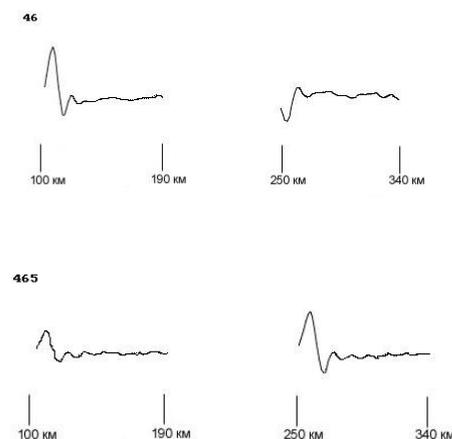


Рис. 1б. Примеры отобранных последовательно по времени регистрации зависимостей квадратурных амплитуд сигнала от действующей высоты. Измерение осуществляется в двух высотных интервалах

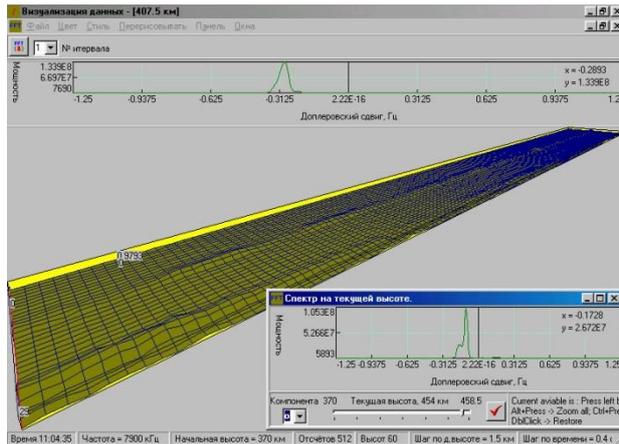


Рис 2. Программа оценки пригодности данных амплитудных измерений по виду высотно – временно-го графика

Процедура измерений сводится к двум основным шагам:

I. Ионосферная станция настраивается на режим регистрации ионограмм. Производится зондирование. Программа, либо оператор, определяет несколько наименее зашумленных частот для последующего зондирования. Кроме того, для каждой выбранной частоты, выбирается интервал попадающих в окно регистрации действующих высот (рис. 1а).

II. Проводятся измерения квадратурных компонент отраженных от ионосферы сигналов на каждой из выбранных частот, с заданной частотой выборки, в продолжение заданного промежутка времени. Данные зондирования сохраняются в файле либо в базе данных как последовательность квадратурных отсчетов (рис. 1б).

Описанные шаги повторяются всякий раз при проведении нового эксперимента, и дополняются, по необходимости, калибровкой антенн. Для дальнейшей подготовки данных к расчёту характеристик в лаборатории электродинамики космической плазмы

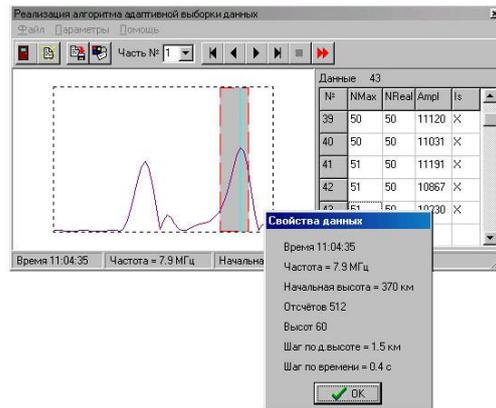


Рис. 3. Программа, реализующая алгоритм адаптивной выборки данных для определения параметров мутности ионосферы из амплитудных измерений

(ЛЭКП) НИИФ ЮФУ было разработано соответствующее программное обеспечение (рис. 2, 3). Оно позволяет выделять временные последовательности, соответствующие как заданным уровням отражения радиосигнала, так и изменяющемуся уровню максимального эха. Выделенные последовательности используются для определения кажущегося коэффициента отражения методом A1 [3] и оценки рассеянной компоненты ВЧ сигнала [4].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный аппаратно-программный комплекс «Парус-А» обладает характеристиками, позволяющими использовать его в качестве гибко настраиваемой научной ионосферной станции. Изложенные предложения и программное обеспечение амплитудных измерений, дополняющие интерфейс обработки данных позволят более полно производить мониторинг ионосферы в области определения характеристик, определяющих качество и надёжность радиоканалов.

A.I. Skazik

The requirements to the software implementation of the experiment and processing the results based on the experience of operating a digital ionosonde «Parus» have defined. The possibility of extending the functionality of the ionosonde has described. It includes interface data-processing programs to determine the apparent reflection coefficient amplitudes of successive pulse echo and evaluation components of the scattered RF signal.

KEYWORDS: IONOSPHERIC MEASURING APPARATUS, RADIOSONDES, IONOSONDES, IONOSPHERIC RADIO SOUNDING, SCATTERED COMPONENT OF THE RADIOSIGNAL, SMALL-SCALE INHOMOGENEITIES OF THE IONOSPHERE.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П/ред. Медникова Н.В. Руководство URSI по интерпретации ионограмм. - М.: Наука, 1978, 344 с.
2. Gajdanskij V.I., Karpenko A.L., Krasheninnikov I.V., et al. The base network digital ionospheric station "Parus" // XXVth General Assembly of the U.R.S.I., Lille – France, 1996. G2.P15. P. 360.
3. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. – М.: Мир, 1973, 502 с.
4. Денисенко П.Ф., Кулешов Г.И., Сказик А.И. Метод оценки рассеянной компоненты ВЧ сигнала при вертикальном зондировании ионосферы // Геомагнетизм и аэрномия, том 40, № 5, 2000г., с. 132-135.