

УДК 621.396

**В. В. БАРАБАШ, А. И. ЛЯЛЮК, Г. М. ТИНЯКОВ****МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ «БАЗИС»**

Представлены результаты изменения программного обеспечения обработки файлов содержащих экспериментальные данные полученные при помощи станции вертикального зондирования входящей в состав измерительного комплекса Института ионосферы. Изложены причины для модернизации программного обеспечения. Описаны преимущества и особенности разработанного программного обеспечения для обработки экспериментальных данных. Приведены описание функций нового программного обеспечения и их внешний вид. Сделаны выводы о снижении ошибок при обработке ионограмм, увеличении скорости с которой осуществляется обработка, и частичной автоматизации сохранения значений критической частоте.

**Ключевые слова:** обработка, экспериментальные данные, программное обеспечение, вертикальное зондирование, программа, профиль.

**Введение.** Наиболее распространенным методом исследования ионосферы является метод вертикального зондирования. При исследований ионосферы методом вертикального зондирования Институт ионосферы использует станцию «Базис». Формат данных в данный момент не позволяет отслеживать переключение пределов измерений. Рабочий диапазон станции 10 МГц что, при больших колебаниях значений критической частоты  $f_0F2$  в ночное и дневное время не позволяет работать на одном частотном диапазоне весь цикл измерений. В периоды повышенной солнечной активности величина критической частоты ночью примерно 1,5 МГц, тогда как днем – 13 МГц, что требует перехода в другой частотный диапазон на протяжении суток. При обработке результатов измерений требуются данные о переключении в другой частотной диапазон и записи данного параметра в файл данных. Для устранения этого недостатка разработано программное обеспечение записи и обработки полученных результатов.

**Анализ литературы.** В [1, 6] рассмотрена автоматическая ионосферная станция (АИС) «Базис» после доработки оборудования для режима хранения данных в цифровом виде. При составлении общей структуры программы были учтены основные требования предъявляемые к системам виртуальных измерительных комплексов [2]. Были рассмотрены подобные программы для программно-аппаратного комплекса обсерватории «ПАРАТУНКА» [3], а также программы станций «Парус», «Бизон» и «Digisonde DPS-4» [4] с целью максимальной информативности и удобства программы предварительной обработки.

**Цель статьи** – рассмотреть модернизацию программного обеспечения используемого при записи и первичной обработке АИС «Базис», для эффективной работы в обычных и возмущенных геомагнитных условиях.

**Модернизация программного обеспечения.** Техническая часть преобразования данных из аналогового вида в цифровой, была решена при помощи внедрения блока цифрового преобразования [1]. Блок представляет собой систему, состоящую из персонального компьютера, устройства синхронизации и аналого-цифрового преобразователя. Устройство синхронизации позволяет подключить аналого-цифровой преобразователь к персональному

компьютеру посредством шины ISA и обеспечить работу блока цифрового преобразования в соответствии с рабочим режимом АИС «Базис» [6]. Программное обеспечение комплекса состоит из *двух частей*. *Первая* – осуществляет преобразование данных из аналогового вида в цифровой и их запись на магнитный носитель, а также позволяет производить визуальный контроль преобразованных данных. *Вторая* – дает возможность производить предварительную автоматическую или ручную обработку преобразованных данных.

*Рассмотрим первую часть.* Процесс цифрового преобразования контролируется персональным компьютером посредством программного обеспечения функционирующего в среде программирования языка Turbo Pascal. В связи с работой в реальном режиме времени программа работает в среде DOS и позволяет программными средствами осуществлять прямой доступ к памяти, что способствует уменьшению времени преобразования полученных данных в цифровой вид и увеличить скорость обработки рабочих сигналов АИС «Базис». Это обеспечивает корректное формирование файла с данными.

При преобразовании и обработке данных полученных при высокой геомагнитной активности возникла необходимость получать дополнительную информацию о рабочем режиме станции вертикального зондирования (СВЗ). Поскольку формат данных, использовавшийся, до модернизации не позволял хранить информацию о текущем частотном диапазоне, шаге по частоте, количестве рабочих частот. Для устранения этого недостатка был разработан новый формат данных.

Внедрение нового формата повлекло за собой доработку программы записи данных. В файл данных производится запись режимов работы аппаратуры таких как:

- 1) *число высотных интервалов* – фиксированное число запусков АЦП;
- 2) *начальная частота* (МГц) – нижняя частота частотного диапазона;
- 3) *количество отчетов* – число замеров проведенных на одной частоте, для улучшения статистических характеристик;

4) количество рабочих частот – количество частот, которые используются для работы в ходе измерений;

5) шаг частоты (кГц) – шаг по частоте, используемый для дискретного переключения частоты в ходе измерений;

6) интервал измерений (мин) – временной интервал между сеансами измерений, изменяется дискретно и может принимать значения: 1мин, 5мин, 15мин, 60мин.

Наличие данных о параметрах работы аппаратуры в дальнейшем позволит реализовать для данной станции алгоритмы автоматического

определения критической частоты, а также построения суточного хода критической частоты.

Рассмотрим вторую часть. Обработка данных производится не в режиме реального времени, это позволило снизить требования к быстродействию. Поэтому для простоты модернизации программного обеспечения комплекса, вторая часть разработана с использованием языка программирования Delphi, что дает возможность использовать более совершенный программный алгоритм обработки (вид интерфейса программы рис. 1).

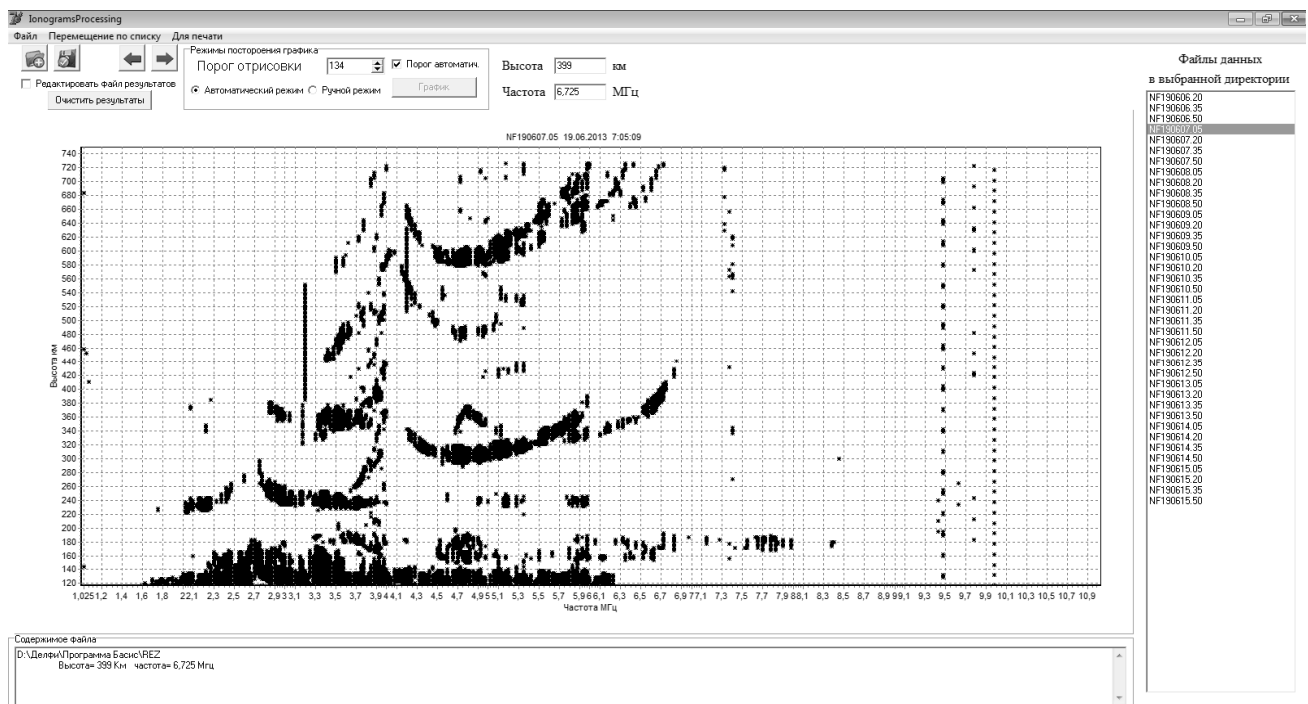


Рис. 1 – Интерфейс программы обработки ионограмм

Для поддержания файлов сформированных в предыдущем формате в программу была добавлена возможность выбора типа файла (рис. 2).

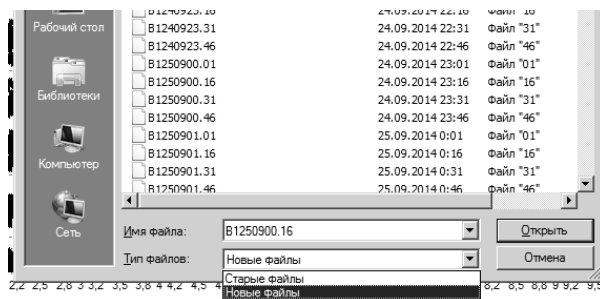


Рис. 2 – Выбор типа файлов

Программа первичной обработки данных производит коррекцию высотно-частотных характеристик (ВЧХ), позволяет производить выбор уровня значения

сигнал/шум – автоматически или в ручном режиме рис. 3.

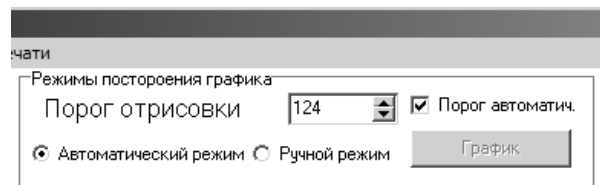


Рис. 3 – Выбор значения соотношения сигнал/шум

Это дает возможность, используя данные о режиме работы аппаратуры, значительно улучшить качество обрабатываемых ионограмм и более достоверно определить параметры ионосферы (см. рис. 4).

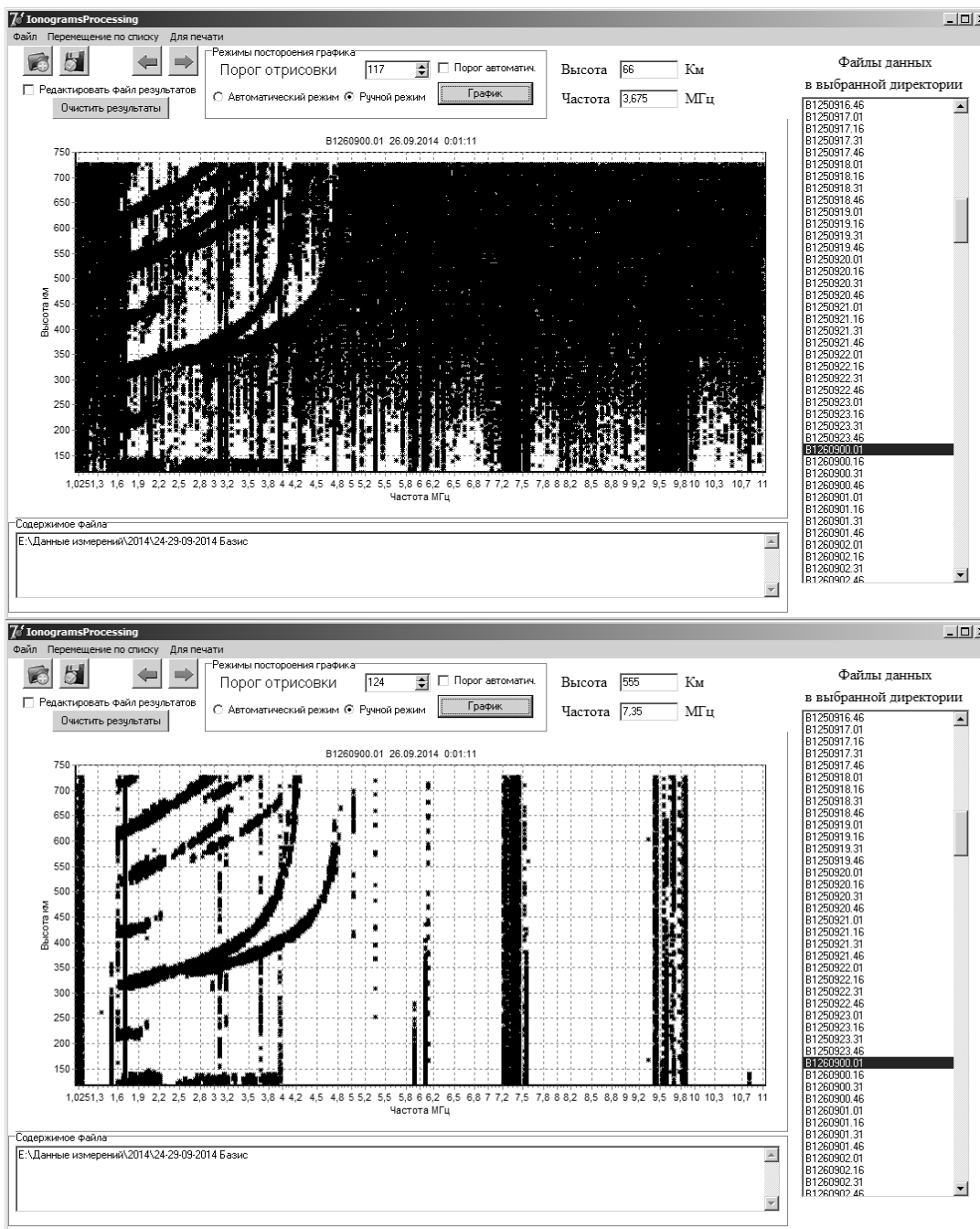


Рис. 4 – Пример ионограмм до обработки – верхняя панель и после обработки – нижняя панель

Также программа позволяет получить значения ВЧХ в табличном виде, сохраняемом в файле с расширением TXT (рис. 5), которые могут быть

использованы для восстановления ионного профиля при помощи внешних приложений.

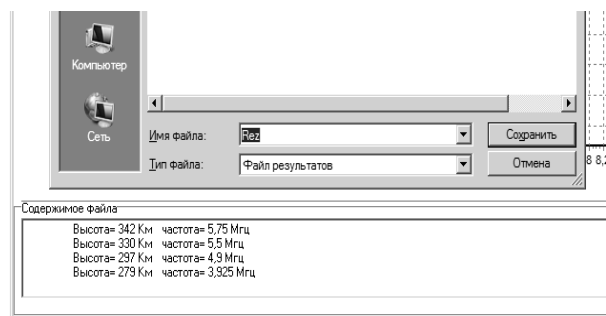


Рис. 5 – Запись данных в текстовый файл

Дальнейшей задачей развития программного комплекса, блока цифрового преобразования ионосферной станции, является написание модуля автоматической интерпретации ионограмм.

Было рассмотрено несколько вариантов решения данной задачи. В данное время основным методом обработки ионограмм применяемым системами станций вертикального зондирования ("Парус", "Бизон", "Digisonde") является метод вращающихся, или трафаретных масок. Суть метода заключается в том, что на первом этапе составляется набор теоретически возможных вариантов, на втором сравнение теоретических решений с реальными

данными и выбор наиболее соответствующего варианта.[4]

Можно также выделить четыре метода восстановления высотного профиля электронной концентрации: метод Huang-Reinisch, используемый на дигизондах, методика Гуляевой, способ Михайлова, а также модель IRI которая позволяет восстановить  $N(h)$ -профиль.

Сравнительный анализ этих методов не показал однозначного преимущества, какого либо метода перед другими. [5] Поэтому разработка модуля будет производиться с возможностью применения различных методов обработки, для достижения наилучших результатов и получения наиболее полной информации.

**Выводы.** Модернизация программного обеспечения, позволила устранить ошибки интерпретации ионограмм вызванные отсутствием данных о режиме работы аппаратуры и значительными, быстро изменяющимися значениями критической частоты при возмущенных геомагнитных условиях.

Кроме того появляется возможность восстановления профиля  $N_e(h)$  по измеренным высотно-частотным характеристикам и автоматизации учета данных о критической частоте при обработке измерений методом некогерентного рассеяния.

**Список литературы:** 1. *Лысенко В.Н.* Перспективы применения ионозонда в составе радара некогерентного рассеяния Института ионосферы / *Лысенко В.Н., Скляр И.Б.* // Вестн. Харьк. политехн. ин-та. Сер.: Радиофизика и ионосфера. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. – №23. – С. 63–68. 2. *Патрик Гёль* Как превратить персональный компьютер в измерительный комплекс // Перевод с французского Брандинского А.Э / ред. Куликова Г.В. – М.: ДМК. – 1999. – 144 с. 3. *Шушпанов Г.А.* Программа для анализа ионограмм

// Информатика и системы управления. – 2005. – №2(10). – С. 198–200. 4. *Зыков Е.Ю.* Автоматическая интерпретация ионограмм вертикального зондирования / *Зыков Е.Ю., Акчури А.Д., Сапаев А.Н., Шерстюков О.Н.* // Электронный научный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ». – 2007. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/005.pdf> 5. *Ким А.Г.* Сравнительный анализ различных способов восстановления высотного профиля электронной концентрации по данным вертикального зондирования в Иркутске / *Ким А.Г., Котович Г.В., Михайлов С.Я., Ратовский К.Г.* // Труды Международной Байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике (БШФФ-2006). 6. *Барабаш В.В.* Разработка комплекса цифрового преобразования для автоматической станции вертикального зондирования «Базис» // Вестн. Харьк. политехн. ин-та. Сер.: Радиофизика и ионосфера. – 2010. – № 48. – С. 83–86.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Lysenko V.N.* Perspektivy primeneniya ionozonda v sostave radara nekogerentnogo rassejaniya Instituta ionosfery / *Lysenko V.N., Sklyarov I.B.* // Vestn. Har'k. politehn. in-ta. Ser.: Radiofizika i ionosfera. – Kharkov: NTU «HPI». – 2004. – № 23. – P. 63–68. 2. *Patrik Gjoll* Kak prevratit' personal'nyj komp'yuter v izmeritel'nyj kompleks // Perevod s francuzskogo *Brjandinskogo A. Je / red. Kulikova G.V.* – M.: DMK. – 1999. – 144 p. 3. *Shushpanov G.A.* Programma dlja analiza ionogramm / *G.A. Shushpanov* // Informatika i sistemy upravlenija. – 2005. – № 2 (10). – P. 198–200. 4. *Zykov E.Ju.* Avtomaticheskaja interpretacija ionogramm vertikal'nogo zondirovanija / *Zykov E.Ju., Akchurin A.D., Sapaev A.N., Sherstjukov O.N.* // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «ISSLEDOVANO V ROSSII». – 2007. – Rezhim dostupu: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/005.pdf> 5. *Kim A.G.* Sravnitel'nyj analiz razlichnyh sposobov vosstanovlenija vysotnogo profilja jelektronnoj koncentracii po dannym vertikal'nogo zondirovanija v Irkutske / *Kim A.G., Kotovich G.V., Mihajlov S.Ja., Rатовский K.G.* // Trudy Mezhdunarodnoj Bajkal'skoj molodezhnoj nauchnoj shkoly po fundamental'noj fizike (BShFF-2006). 6. *Barabash V.V.* Razrabotka kompleksa cifrovogo preobrazovanija dlja avtomaticheskoy stancii vertikal'nogo zondirovanija «Bazis» / *V.V. Barabash* // Vestn. Har'k. politehn. in-ta. Ser.: Radiofizika i ionosfera. – 2010. – № 48. – P. 83–86.

Поступила (received) 11.08.2015

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Барабаш Володимир Володимирович** – молодший науковий співробітник Інституту іоносфери, м. Харків; тел.: +38(057)707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua)

**Барабаш Владимир Владимирович** – младший научный сотрудник Института ионосферы, г. Харьков; тел.: +38(057)707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua)

**Varabash Volodymyr Volodymyrovych** – Junior Researcher of the Institute of the ionosphere, Kharkov; tel.: +38 (057) 707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua).

**Лялюк Олексій Іванович** – молодший науковий співробітник Інституту іоносфери, м. Харків; тел.: +38(057)707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua)

**Лялюк Алексей Иванович** – младший научный сотрудник Института ионосферы, г. Харьков; тел.: +38(057)707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua)

**Lialiuk Oleksii Ivanovich** – Junior Researcher of the Institute of the ionosphere, Kharkov; tel.: +38 (057) 707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua).

**Тіняков Григорій Михайлович** – провідний інженер електронік Інституту іоносфери, м. Харків; тел.: +38(057)707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua)

**Тиняков Григорий Михайлович** – ведущий инженер-электроник Института ионосферы, г. Харьков; тел.: +38(057)707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua)

**Tinyakov Gregory Myhajlovych** – Leading Electronics Engineer of the Institute of the ionosphere, Kharkov; tel.: +38 (057) 707-67-69; e-mail: [iion@kpi.kharkov.ua](mailto:iion@kpi.kharkov.ua).