

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) (рис. 1).

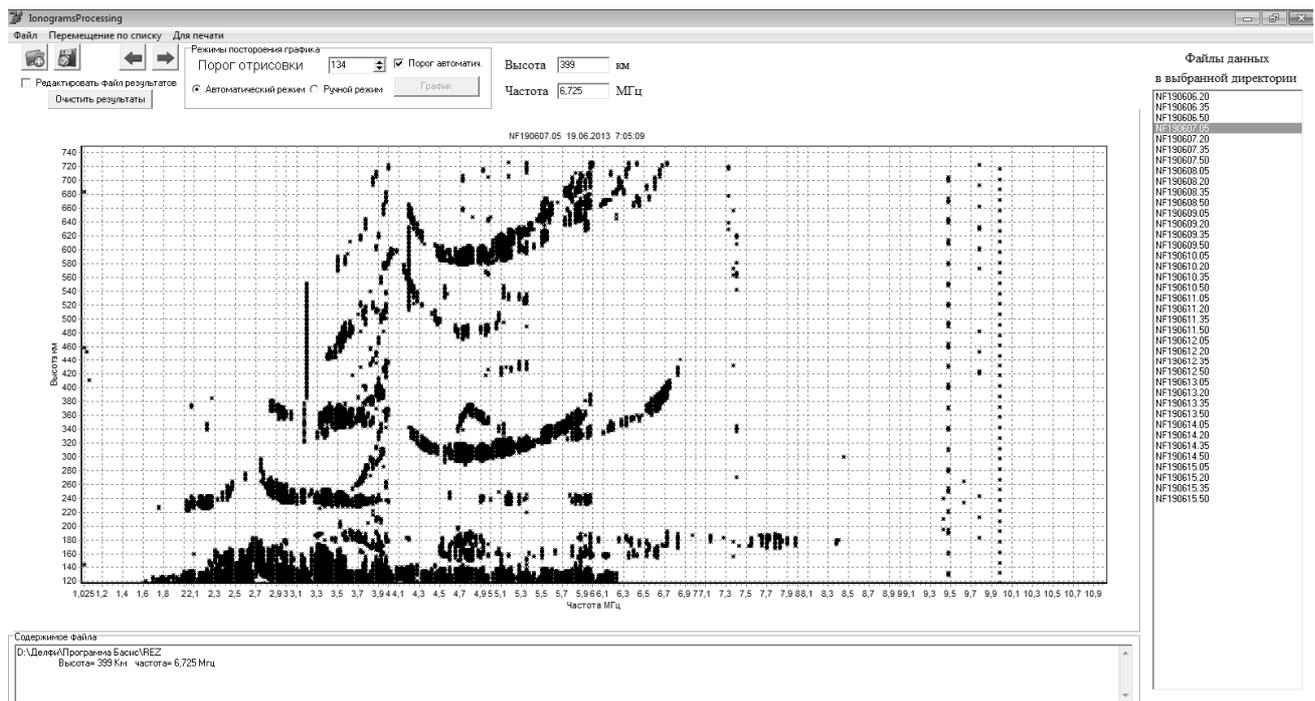


Рис. 1 – Интерфейс программы обработки ионограмм

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

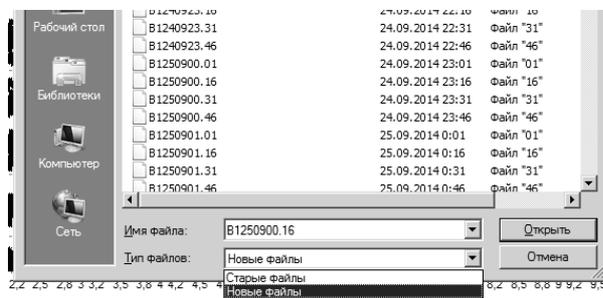


Рис. 2 – Выбор типа файлов

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

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

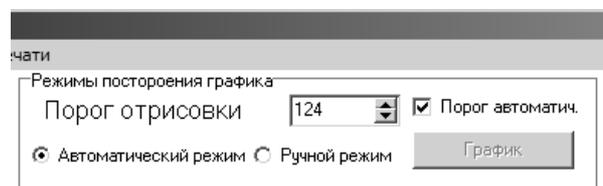


Рис. 3 – Выбор значения соотношения сигнал/шум

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

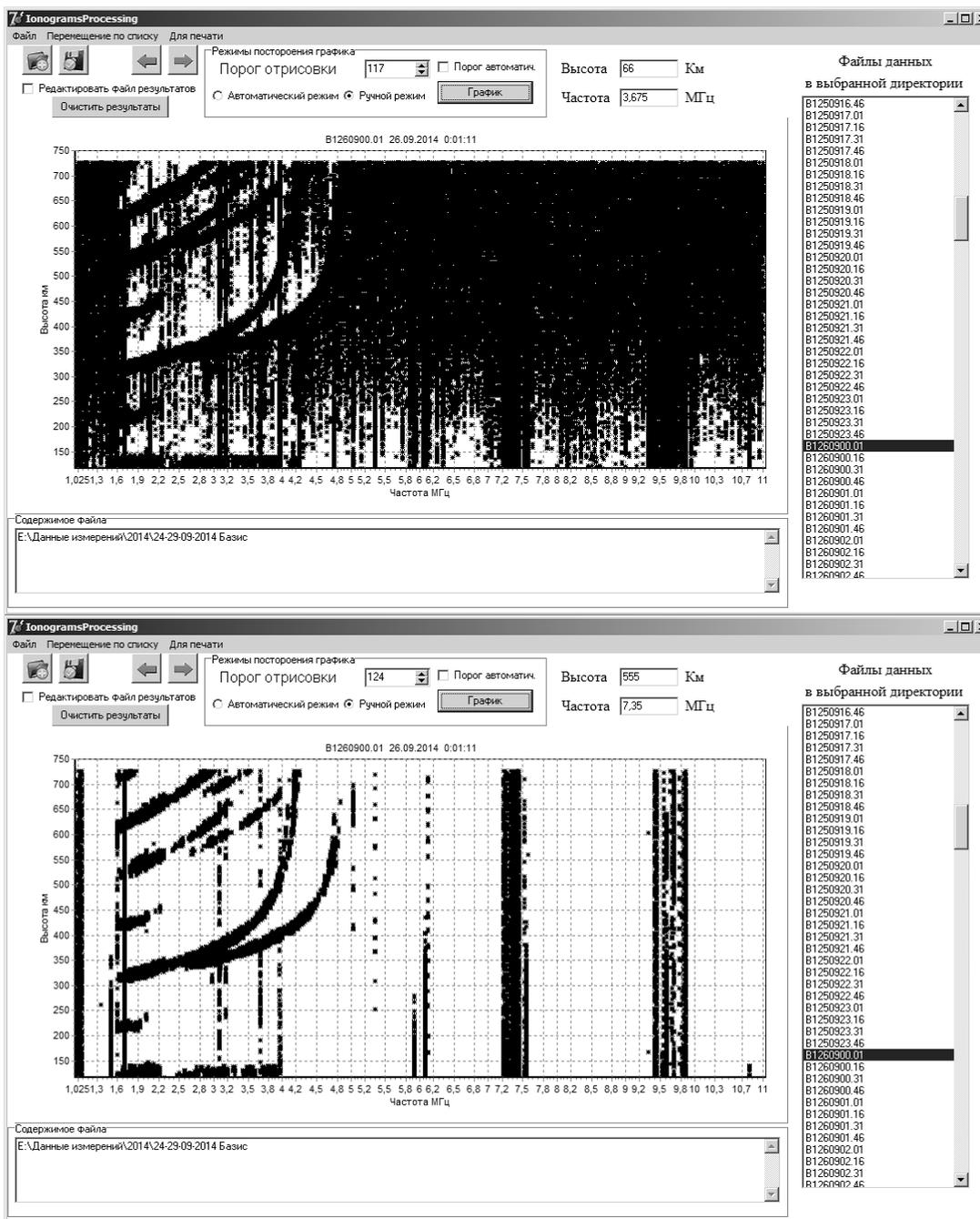


Рис. 4 – Пример ионограмм до обработки – верхняя панель и после обработки – нижняя панель

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.

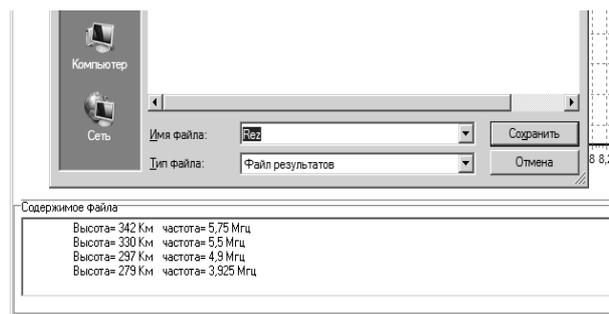


Рис. 5 – Запись данных в текстовый файл

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., Ratovskij 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

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

Barabash Volodymyr Volodymyrovych – Junior Researcher of the Institute of the ionosphere, Kharkov; tel.: +38 (057) 707-67-69; e-mail: 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

Лялюк Алексей Иванович – младший научный сотрудник Института ионосферы, г. Харьков; тел.: +38(057)707-67-69; e-mail: 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.

Тіняков Григорій Михайлович – провідний інженер електронік Інституту іоносфери, м. Харків; тел.: +38(057)707-67-69; e-mail: 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

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.