

---

*А.А. Романов*

### **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВВОД РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ПЭВМ**

Достоверные оперативные карты температуры поверхности океана (ТПО), построенные по данным, получаемым от радиометров инфракрасного (ИК) диапазона спектра, устанавливаемых на искусственных спутниках Земли (ИСЗ), существенно повышают качество информационного обеспечения мониторинга состояния деятельного слоя океана. Необходимость обеспечения заданной точности восстановления абсолютных значений ТПО требует проведения количественных измерений температуры с применением различных методов, в том числе и дистанционных. При этом время, отводимое на обработку радиометрических данных, ограничено периодом поступления информации (около 6 часов), а прием может быть осуществлен в любой точке Мирового океана. Используемые сегодня в оперативной практике судовые автономные

пункты приема космической информации (АППИ) позволяют производить качественные оценки температурной структуры морской поверхности, поскольку ориентированы только на интерактивную обработку изображения подстилающей поверхности. К сожалению, такие оценки не могут быть использованы в вычислительных процедурах численных моделей усвоения информации. Поскольку объемы информации, получаемой с ИСЗ, велики, переход от качественной обработки к количественной может быть осуществлен только с использованием автоматизированных процедур ввода космической информации в ЭВМ. Целью настоящей работы является анализ требований к интерфейсу связи АППИ с ЭВМ, позволяющему осуществить такой переход наиболее эффективно, а также описание принципа действия созданного устройства. Проблемы радиоприемного тракта в работе не рассматриваются.

Используемые сегодня на научно-исследовательских судах АППИ, произведенные в основном не в СССР, предназначены для приема изображений, передаваемых с метеорологических ИСЗ США серии TIROS-N/NOAA. Вместе с тем на некоторых судах применяются и советские разработки. Известны работы ряда организаций, таких как ИАПУ ДВО АН СССР, ЛО ГОИН и других по разработке и созданию АППИ с возможностью подключения их к ЭВМ. Поскольку все указанные работы ориентированы на использование больших универсальных ЭВМ, не всегда доступных в судовых условиях, чрезвычайно актуальна стыковка АППИ и персонального компьютера.

В [1-3] подробно рассмотрена структура аналогового сигнала, передаваемого со спутников NOAA в режиме непосредственной передачи, т.е. при пролете спутника в зоне уверенного радиоприема над судовым АППИ. Остановимся только на основных его характеристиках, необходимых для использования в последующих разделах. Такой сигнал является ЧМ/АМ сигналом фототелеграфного стандарта. Частота несущей сигнала равна 2400 Гц, а каждая строка изображения содержит информацию, измеряемую в двух различных диапазонах радиометра AVHRR спутника NOAA. При этом во время дневных сеансов принимается информация видимого и дальнего ИК диапазонов, а в ночных сеансах - ближнего и дальнего ИК диапазонов.

В [3] сформулированы требования к автоматизированной измерительной системе обработки информации.

1. Система должна обеспечивать полный прием спутниковых данных - какие-либо пропуски не допускаются.
2. Исключаются любые промежуточные носители аналогового сигнала.
3. Кодирование и ввод в ЭВМ спутникового сигнала должны осуществляться в режиме реального времени.
4. Система должна строиться по модульному принципу.
5. Система должна строиться на серийных технических средствах, выпускаемых в СССР, для обеспечения возможности ее тиражирования.
6. Система должна быть достаточно компактной (с учетом возможности ее размещения на научно-исследовательских судах).
7. Частота измерения сигнала равна 4160 Гц.
8. Момент измерения сигнала (из-за ступенчатой формы последнего) должен быть синхронизирован с элементом изображения.

Проведем анализ этих требований и архитектуры судовых АППИ с целью разработки эффективного алгоритма автоматизированного ввода космической информации в персональную ЭВМ (ПЭВМ).

Первое требование о полноте приема для ряда задач и возможностей существующих АППИ избыточно, т.к. полная площадь района съемки со спутника составляет

$S = 2900 \text{ км} \times 8 \text{ км/с} \times t$ , где  $t$  для ненаправленной антенны составляет 8 мин. При этом максимальная площадь изображения на поверхности Земли составит  $2900 \text{ км} \times 3840 \text{ км}$ . При переводе в цифровую форму, с учетом двух спектральных каналов это составит около 2 Мбайт. В видеопроцессоре АППИ типа JAA-2N объем ОЗУ ограничен 256 кбайт, а в АППИ SU-8 он составляет 1 Мбайт, в то же время размеры района, представляющие интерес для научно-поискового судна, редко превышают площадь  $500 \text{ км} \times 500 \text{ км}$ , что соответствует всего 30 кбайт. Таким образом, выбор рациональной формы площади, с которой следует принимать и записывать данные, позволяет значительно уменьшить избыточность информации. В результате этого ослабляются требования на объемы как оперативного, так и внешнего записывающего устройства (ЗУ).

С требованиями 2 и 3 следует согласиться. По требованию 4 следует сказать, что разработку интерфейса для персонального компьютера следует производить так, чтобы он мог быть реализован в виде стандартной платы соответствующего типа ЭВМ и не требовал никаких дополнительных аппаратных затрат.

На сегодняшний день в СССР рынок буквально "наводнен" ПЭВМ производства различных стран, поэтому требование 5 вряд ли целесообразно. При использовании ПЭВМ требование 6 безусловно выполняется. Требование 7 в АППИ всех типов учтено.

Поскольку требование 8 вытекает из специфики разработанного в [3] устройства, в нашем случае оно не анализировалось. Для отображения информации на телевизионном мониторе в АППИ используется перевод аналогового сигнала в цифровую форму. Для этого в составе АППИ имеется и АЦП и буферное ЗУ. Однако эти цифровые данные использовать для количественного анализа нельзя в силу следующих причин. В первую очередь это связано с тем, что при переходе от отсчетов АЦП к радиационным температурам нужно применять калибровочные данные соответствующего радиометра, а такие данные в существующих АППИ отсутствуют. Вторым препятствием является то, что для получения качественного, с точки зрения субъективного восприятия изображения, данные в АППИ проходят так называемую гамма-коррекцию на аппаратном уровне и в метрологическом смысле необратимо искажены. Кроме того, в АППИ JAA-2M 8-разрядная запись данных изображения осуществляется только при регистрации информации от одного канала спутникового радиометра. Регистрация данных в двухканальном режиме производится при сильном (до 4 разрядов) загромождении. Это настолько ухудшает информационное содержание исходных данных, что они становятся совершенно непригодными к количественной обработке.

Все вышеизложенное и предопределило такую постановку задачи: обеспечить автоматизированный ввод космических данных в ПЭВМ независимо от АППИ с сохранением всех имеющихся возможностей судовых станций. Для ее решения был предложен следующий алгоритм: перед пролетом спутника задаются координаты района съемки, по которым рассчитываются номера элементов изображения, попадающих в выбранный район. При этом во время приема сигнала записываются только данные, соответствующие выбранному району. Подробно предложенный алгоритм описан в [4]. Для оцифровки используется сигнал непосредственно с выхода приемника АППИ, не испытывавший никаких искажений.

Серьезным ограничением в процессе ввода космической радиометрической информации в ПЭВМ является то, что имеющиеся в наличии технические средства имеют вполне определенные характеристики, поэтому к интерфейсу связи (ИС) были выдвинуты следующие требования.

1. Схемное решение интерфейса не должно зависеть от типа ЭВМ.

2. Интерфейс не должен нарушать работу АППИ.

3. При прохождении через интерфейс не допускается потеря информации, т.е. относительная амплитуда сигнала изменяется не более чем на  $1/256$  и временные характеристики сигнала изменяются не более, чем на величину, соответствующую одному элементу разрешения на изображении поверхности Земли.

Поскольку, как указывалось выше, объем данных в ряде задач не превышает 64 кбайт, обработка технических решений интерфейса производилась с помощью ПЭВМ "APPLE", в комплект которого входит 16-канальный АЦП типа "AD + DA", имеющий следующие характеристики:

Количество программно-выбираемых каналов	16
Разрядность преобразования	8
Входное сопротивление переменному току, ком	1
Входное сопротивление постоянному току, Ом	1
Диапазон входных напряжений, В	От -5 до +5
Время преобразования, Мкс	9
Относительная точность преобразования	1 младший разряд

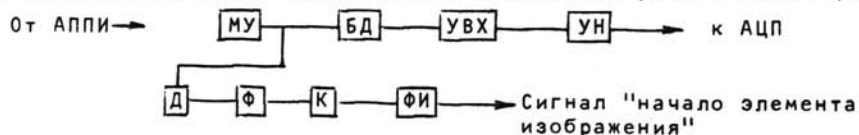
Чтобы обеспечить соответствие аналогового сигнала параметрам АЦП и АППИ, интерфейс должен обладать следующими характеристиками:

- входное сопротивление следует выбрать достаточно высоким, чтобы не перегружать выходные каскады АППИ;

- выходной сигнал приемников АППИ необходимо защитить от проникновения сигналов, возникающих при работе ИС;

- для обмена информацией и синхронизации с ПЭВМ интерфейс должен выработать управляющий сигнал "начало элемента изображения", передний фронт которого соответствует моменту выборки аналогового сигнала, а задний фронт - окончанию преобразования, а также аналоговый сигнал, несущий информацию об амплитуде огибающей фототелеграфного сигнала.

Анализ различных возможных технических решений ИС показал, что для рассматриваемых конфигураций АППИ наиболее эффективным оказывается простой интерфейс, структурная схема которого показана на рисунке. Поясним подробнее принцип действия предложенного интерфейса. Амплитудно-модулированный сигнал с частотой поднесущей 2400 Гц и ступенчато-аппроксимированной огибающей поступает на вход масштабирующего усилителя (МУ). При этом, уже на входе МУ из-за наличия полосовых фильтров в радиоприемном тракте, ступенчатая аппроксимация огибающей сигнала сильно сглажена. С выхода МУ сигнал поступает на вход фазовращателя, выполненного по схеме неминимальной фазовой цепи, обозначенного на рисунке буквой Д, который служит для формирования импульса "начало элемента изображения". При этом следует помнить, что частота поднесущей 2400 Гц, прошедшая через двухполупериодный выпрямитель (БД), повышается и становится равной 4800 Гц. Если теперь



сформировать импульсы "начало элемента изображения" в моменты пересечения нуля протектированной поднесущей, количество элементов в восстановленном сигнале будет больше, чем в исходном, т.к. частота ступенчато-аппроксимированного мо-

дулирующего сигнала равна 4160 Гц. Поэтому в дальнейшем необходимо на программном уровне принимать меры для устранения возникшей избыточности.

Сигнал с выхода БД поступает на прецизионное устройство выборки-хранения (УВХ). Характеристики примененных элементов позволяют получить выборку сигнала с погрешностью не хуже младшего разряда АЦП с сохранением величины измеренного сигнала на периоде хранения с точностью не хуже единицы младшего разряда АЦП. С выхода УВХ сигнал поступает на нормирующий усилитель (УН), служащий для преобразования сигнала из однополярной формы в двуполярную, необходимую для нормальной работы АЦП. Применение в УН для обеспечения смещения сигнала схемы "токового зеркала" позволяет устранить зависимость выходного сигнала от амплитуды входного, чего не обеспечивает часто применяемая для этих целей схема обычного резисторного делителя напряжений. Формирование импульса "начало элемента изображения" осуществляется в ФИ, выполненном на RS-триггере, который устанавливается по входу R сигналом с выхода Д, а сбрасывается по входу S сигналом от ПЭВМ. Запись преобразованной информации на внешние устройства хранения ПЭВМ осуществляется с помощью программы, написанной на языке ассемблер микропроцессора K580BM80.

Разработанное устройство испытывалось на реальном сигнале АППИ SU-8 на научно-исследовательском судне "Игнат Павлюченков". Информация принималась в ПЭВМ "APPLE". Устройство показало надежность в работе и полностью удовлетворило предъявленным требованиям.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Сформулированы требования к интерфейсу связи судовых АППИ и ПЭВМ, на основании которых разработано эффективное и недорогое устройство.
2. Использование разработанного устройства реализует в судовом АППИ новое качество - количественную обработку космической информации, принимаемой от метеорологических спутников серии NOAA.
3. Испытание разработанного интерфейса в реальных судовых условиях подтвердило правильность выбранных технических решений.

Автор выражает признательность научному сотруднику В.В. Кабанову за помощь в программировании и обсуждении технических решений.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. NOAA Technical Memorandum NESS-107. DATA EXTRACTION AND CALIBRATION OF TIROS-N/NOAA RADIOMETERS. Washington DC, June 1976.

2. Временные методические рекомендации по приему, обработке и использованию спутниковой ИК информации по температуре поверхностей морей и океанов. Л.: Гидрометеиздат, 1985.

3. Гербек Э.Э., Прошьянц Ю.Г. Автоматизация приема изображений метеорологических ИСЗ в судовых условиях // Труды ДВ НИИ, 1986, Вып. 125, С. 27-38.

4. Косицын В.П., Романов А.А., Чумаков А.Л., Юдовский А.Б. Алгоритм ввода космической информации в ПЭВМ // Вопросы механики сплошной среды в геокосмических исследованиях: Сборник. М.: МФТИ, 1989. С. 43-46.