

УДК 621.396.1

Автоматизированная обработка сигналов в системе пассивной пеленгации

*Пирогов А.А., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Автономные информационные управляющие системы»*

*Научный руководитель: Силин С.И., к.т.н, ассистент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

Бортовая система (рисунок 1.) состоит из антенной системы (АС), высокочастотной части (ВЧ), блока цифровой обработки сигнала - бортовой специализированный вычислитель координат (БСВК), блока управления, вычислителя и автоматического рабочего места (АРМ).

Радиосигнал, создаваемый радиолокационными станциями, попадает на шесть антенн антенной системы, находящихся на борту летательного аппарата. На антеннах происходит преобразование падающей электромагнитной волны в соответствующее осциллирующее высокочастотное напряжение с частотой f_0 .

В блоке высокочастотных преобразований (ВЧ) спектр полученных на АС сигналов переносится в область низких частот. И оцифрованные сигналы на частоте f_{nc} (промежуточная частота) поступают в блок цифровой обработки сигнала.

Модули БСВК предназначены для приема сигналов на промежуточной частоте, их оцифровки и быстрой внутриимпульсной обработки с целью получения радиотехнических и пеленгационных параметров и для межимпульсной обработки, селекции импульсов по радиотехническим и пеленгационным параметрам и, формирования пакетов импульсов.

Блок управления УПР предназначен для выработки управляющих команд для управления режимами работы специализированного радиотехнического комплекса (СРТК), а именно для выбора левого или правого борта приема сигнала, выбора частотного участка и т.д. В начале каждого ЧУ блок обмена выдает настройку на ЧУ в режиме широкой полосы, что обеспечивает принятие контрольных целей. По окончании окна приема контрольного сигнала, блок может выдать настройку на соответствующую узкую полосу,

если текущий признак – работа узкой полосой. После выдачи настройки, признак работы блока изменяется на следующий по порядку.

Вычислитель по принятой от блока БСВК информации рассчитывает координаты обнаруженной станции, идентифицирует ее с известными базовыми станциями, а в случае отсутствия на карте известного источника излучения с подобными координатами наносит новую станцию на карту.

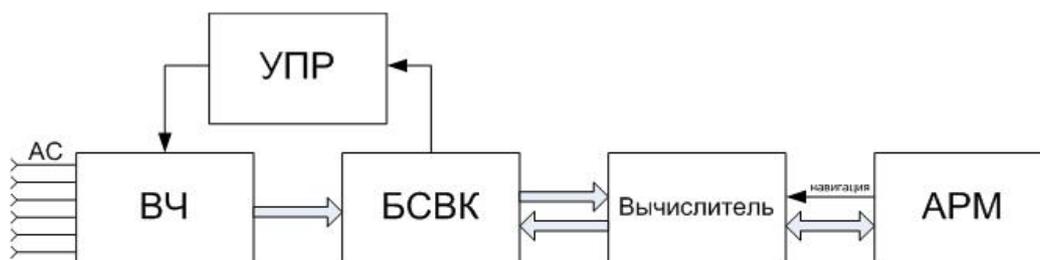


Рис. 1. Структурная схема системы

Однако вычислительные алгоритмы системы не всегда позволяют достоверно определить наличие и положение станций. Целесообразно добавить автоматизированный режим работы, при котором оператор сможет самостоятельно оценивать обстановку в радиоэфире. Для этого можно вывести на экран оператора отсчеты сигнала, отсчеты спектра этого сигнала, огибающую.

Однако следует учитывать, что блок БСВК связан с вычислителем через интерфейс RS-485, который имеет сравнительно медленную скорость передачи данных.

Для примера: частота дискретизации данных равна 200 МГц, что дает нам 200 млн. отсчетов в секунду. Каждый отсчет имеет размер 10 бит, а вычислитель способен принимать данные со скоростью примерно равной 500 кбит/с. Путем простых вычислений получаем, что данные за одну секунду будут передаваться оператору в течение 4000 с, что займет больше часа.

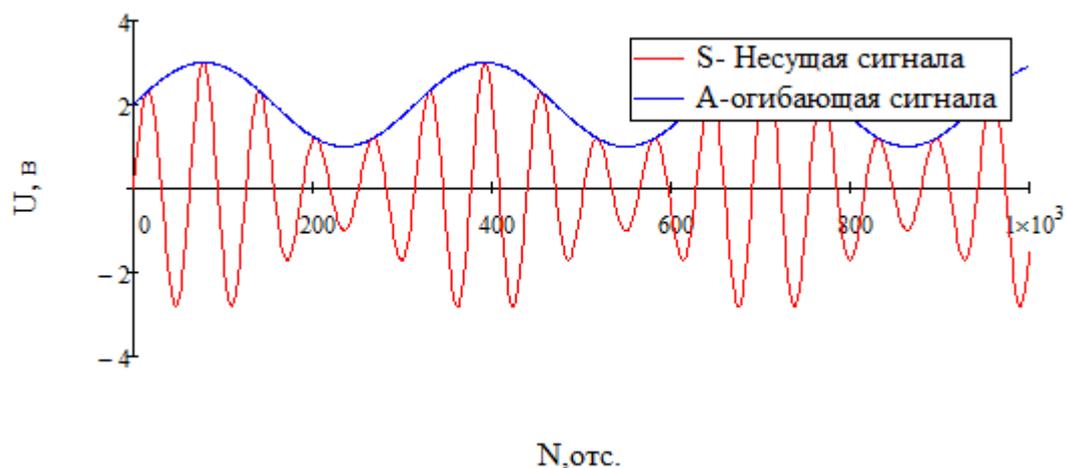
Очевидно, что такая скорость работы системы нас не устроит, необходимо реализовать алгоритм, по которому можно будет передавать меньшие объемы данных, не теряя при этом в информативности.

Сколько бы данных мы не выдавали оператору, за раз он не сможет увидеть больше точек, чем ширина экрана, а значит, и передавать больше данных не имеет смысла. Большой объем данных просто будет уменьшен до тех же размеров. Следовательно, необходимо разработать алгоритмы, по которым данные будут сжиматься БСВК. При таком режиме работы задержка между запросом на получение данных и их выводом на экран всегда будет примерно одинаковой.

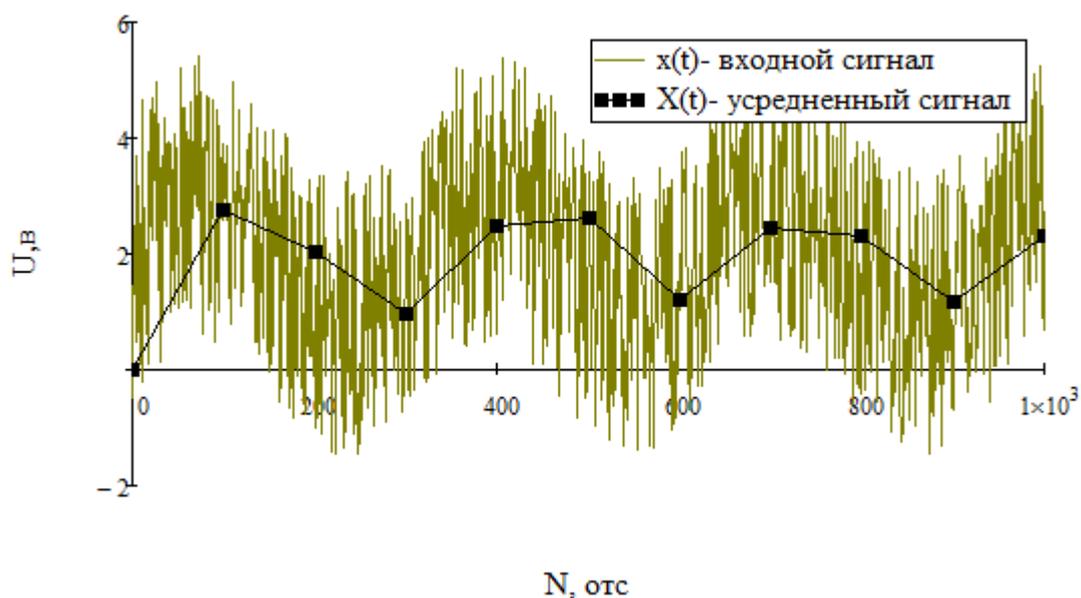
На выход оператору подаются отсчеты сигнала, его огибающей и спектра.

Количество отсчетов огибающей можно уменьшить, усреднив значения отсчетов на небольших промежутках.

На рис. 2.а. представлен амплитудно-модулированный сигнал, а на рис.2.б. представлен этот же сигнал на фоне шума, превышающего по амплитуде сам сигнал и результат его усреднения по времени.



а)



б)

Рис. 2. а – Амплитудно-модулированный сигнал; б – Входной сигнал на фоне шума и результат усреднения сигнала

Формула, использованная для усреднения амплитуды огибающей сигнала

$$f_t = \sin\left(\frac{t}{2}\right) + R_t,$$

где m – количество точек исходной реализации, используемые для получения одного усредненного отсчета, n – количество усредненных отсчетов

Этот алгоритм прост в реализации, но плох тем, что нам необходимо получить значения для всех точек усредняемой величины.

Вычислительная часть в блоке БСВК реализована на базе ПЛИС, и для нахождения спектра используется ДПФ, т.к. алгоритмически он проще БПФ. Количество операций для нахождения спектра по данному алгоритму примерно равно n^2 , где n - количество используемых отсчетов. Таким образом вычисление спектра на участке даже в 1 секунду уже не представляется возможным. (частота дискретизации 200 МГц).

Пример:

Запишем гармонический сигнал на фоне шума, превышающего по амплитуде сам сигнал:

$$f_t = \sin\left(\frac{t}{2}\right) + R_t, .$$

Здесь R_t - белый шум с амплитудой равной 5.

По отсчетам сигнала, из-за большой амплитуды шума, невозможно понять какой формы информационный сигнал. Выполним преобразование Фурье от него.

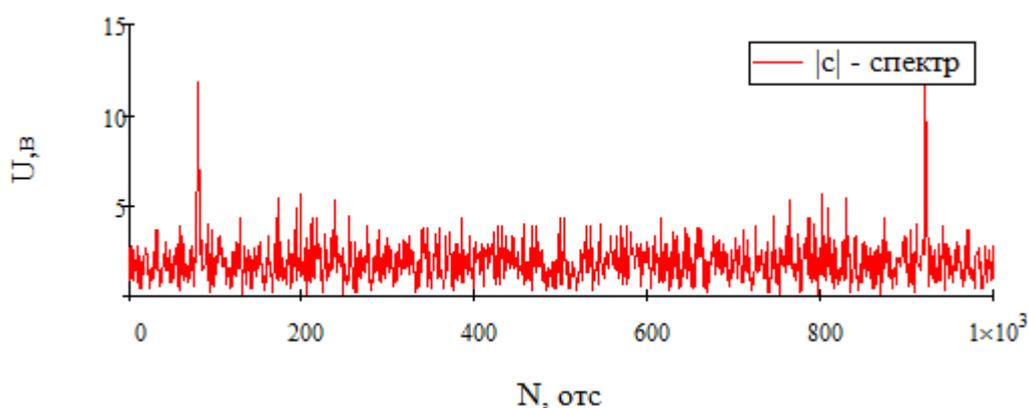


Рис. 3. Входной сигнал на фоне шума

Несмотря на шум по форме спектра мы можем легко определить, что это за сигнал, но для получения такого спектра нам пришлось выполнить преобразование для тысячи точек.

Как уже писалось ранее вычислять ДПФ от большого количества точек физически трудно. Воспользуемся следующим алгоритмом:

- 1) Поделим необходимый нам промежуток времени на участки, соответствующие по длительности количеству точек, которые необходимо вывести на экран.
- 2) Последовательно выполним ДПФ на этих участках.

3) Поэлементно сложим результаты преобразований и делим на количество участков.

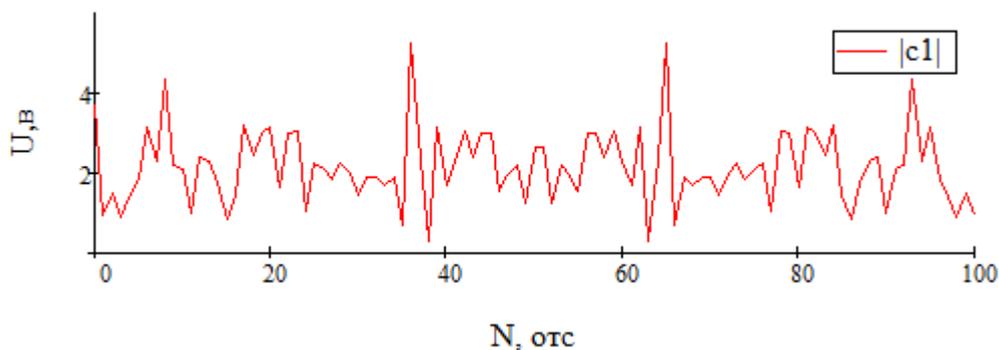


Рис. 4. Спектр входного сигнала, посчитанный по ста точкам

Спектр, полученный по ста точкам, имеет большую зашумленность.

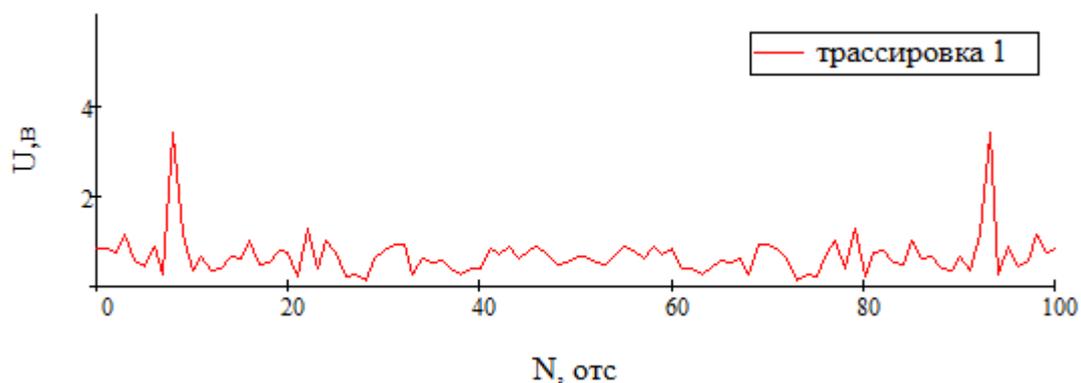


Рис. 6.

Гармоники сигнала хорошо видны на графике спектра, шум меньше. Усреднив спектр по времени, мы уменьшили количество операций для вычисления, и сохранили информативность графика.

Отсчеты за большой промежуток времени хранятся во встроенной памяти БСВК. Данные, сжатые по времени и частоте, выводятся на экран. Если оператора интересует какой-либо участок осциллограмм, он может дать команду увеличить изображение, и данные будут выведены на экран уже с другой степенью сжатия. Таким образом нам не приходится передавать большие объемы данных.

Заключение

В данной работе рассмотрен автоматизированный режим работы системы пассивной пеленгации. В настоящее время проводятся работы по реализации рассмотренных алгоритмов и внедрении их в программное обеспечение реальной радиолокационной системы.

Список литературы

1. Шахтарин Б.И., Ковригин В.А. Методы спектрального оценивания случайных процессов: учеб. пособие. 2-е изд, исправ. М.: Горячая линия – Телекомб. 2011. 256 с.
2. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов: курс лекций. 2-е изд. перераб. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 768 с.: ил.
3. IEEE Standard for SystemVerilog-Unified Hardware Design, Specification, and Verification Language. 2009. 1285 p.