

В. И. КАЕВИЦЕР, А. Я. ОЛЕЙНИКОВ, В. П. СИНИЛО,  
А. В. СКНАРЯ, В. А. ШУБИН  
(Фрязино Московской обл.)

### СИСТЕМА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ГИДРОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСА ЦЛАНП-0280

При изучении структуры дна океана с помощью приповерхностного гидролокатора бокового обзора — сервейера [1, 2] — существенный выигрыш в дальности зондирования и качестве получаемых акустических изображений достигается за счет применения сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ). Сервейер излучает акустические импульсы, длительность которых при глубине океана 3—6 км составляет 4—8 с, с девиацией частоты  $F_m$ , определяемой требуемым разрешением по дальности  $d = c/2F_m$ , где  $c$  — средняя скорость звука в океане. В сравнении с импульсным гидролокатором бокового обзора энергетический выигрыш, реализуемый в сервейере,  $\sim 10^2$  раз, но при этом существенно усложняется формирование зондирующего сигнала и обработка принимаемой информации.

В Институте радиотехники и электроники АН СССР разработана и применена для исследовательских целей автоматизированная система цифровой обработки гидролокационной информации, получаемой сервейером, на базе комплекса ЦЛАНП-0280 [3]. В состав системы входят (рис. 1) формирователь ЛЧМ-сигналов с высокостабильными характеристиками; комплекс ЦЛАНП-0280, построенный на базе процессора М-2 «Электроника 60», включающий в себя два цифровых магнитофона СМ 5300, накопители на гибких магнитных дисках ЕС 5074, терминал СМ 1604, алфавитно-цифropечатающее устройство ИЗОТ 0230, а также аппаратуру в стандарте КАМАК (аналого-цифровой преобразователь, устройство полутонового отображения информации на телевизионный экран).

Формирователь ЛЧМ-сигналов синтезирует зондирующие посылки, когерентный с ними демодулирующий сигнал, а также синхронизирует работу всей системы. После демодуляции в приемном устройстве эхосигналы, отличающиеся временем прихода, оказываются разнесенными по частоте. Задача устройства обработки в этом случае сводится к спектральному анализу акустических сигналов и построению акустического изображения. Синхронизирующими сигналами системы являются импульсы конца приема (начало зондирующей посылки), синхроимпульсы в течение времени приема эхосигналов  $T$  с частотой следования  $2F_m$ . Последние применяются для внешней синхронизации работы аналого-цифрового преобразователя (АЦП), а также в качестве пилот-сигнала при регистрации акустической информации на аналоговом магнитофоне. Информация, оцифрованная в каждом цикле приема, вводится по очереди в два буфера памяти ЭВМ. Буферы организованы программными средствами, размер каждого равен  $2F_m T$ , а их переключение осуществляется сигналом прерывания в момент появления импульса конца приема. По мере накопления информации в очередном буфере содержимое предыдущего обрабатывается по программе быстрого преобразования Фурье (БПФ) для пары действительных массивов по 512 чисел. Появление сигнала прерывания завершает работу программы БПФ, после чего в течение длительности излучения формируется строка акустического изображения, которая записывается на НМЛ и отображается на телевизионном экране (рис. 2). При появлении синхроимпульсов программа вводит новую ин-

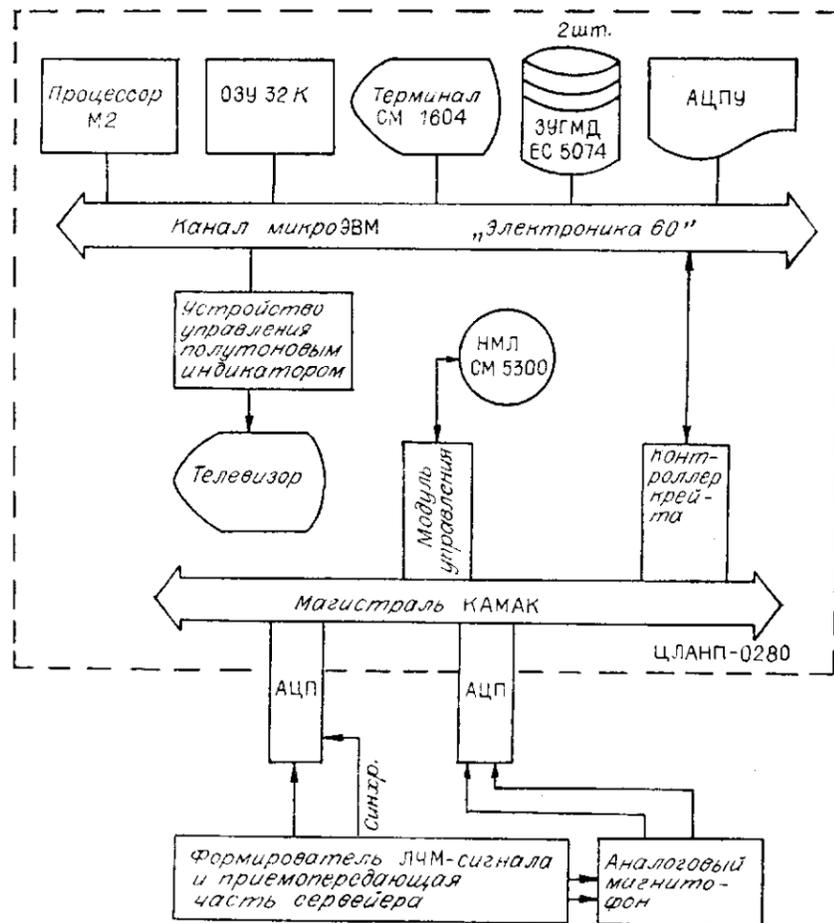


Рис. 1

формацию и процесс повторяется с данными второго буфера. При  $F_{\text{м}} = 250$  Гц обработка осуществляется в реальном масштабе времени.

Для более детального анализа информации, получаемой сервером, производится дополнительная обработка эхосигналов, записанных на аналоговом магнитофоне. Она направлена на достижение следующих целей: получение предельного разрешения  $d$ , коррекция геометрических искажений получаемого изображения, компенсация затухания акустических волн при распространении в воде, выделение на изображении малоконтрастных деталей. В этом режиме работы системы информация с аналогового магнитофона оцифровывается с использованием синхронизации пилот-сигналом, записывается на ПМД CM 5300 блоками по  $2F_{\text{м}}T$  чисел, а затем обрабатывается по алгоритму.

В качестве примера работы автоматизированной системы на рис. 2 приведено полученное сервером акустическое изображение участка дна океана размером  $7 \times 10$  км. Более светлые участки на изображении соответствуют площадкам с повышенными рассеивающими свойствами. В левой части рисунка выделяется область перехода от шумов воды к сигналам, рас-



Рис. 2

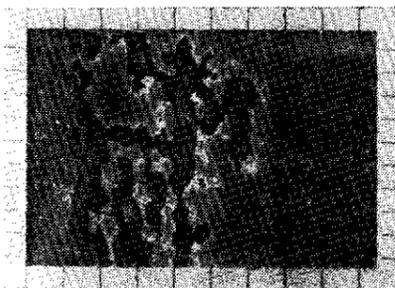


Рис. 3

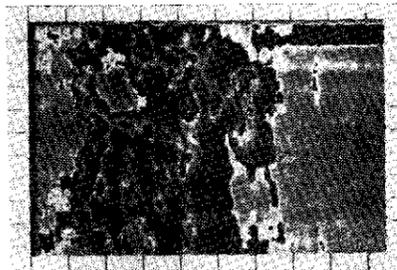


Рис. 4

сеянным дном. Граница этой области отображает изменение глубины океана под сервейером. Акустическое изображение на рис. 2 выравнено по средней яркости и преобразовано из координат наклонной дальности в декартову систему координат на дне. Глубина океана около 5 км. Масштабные метки по осям координат расположены с шагом 1 км. Полученное изображение в цифровой форме также может быть записано на ИМЛ, а затем дополнительно обработано для улучшения зрительного восприятия либо выделения характерных деталей. На рис. 3, 4 приведены результаты вторичной обработки изображения, показанного на рис. 2. Проведено оконтурирование участков акустического изображения с одинаковыми рассеивающими свойствами. На рис. 4 количество градаций увеличено по сравнению с рис. 3 в 4 раза.

Таким образом, система автоматизации, построенная на базе комплекса ЦЛАНП-0280, дополненного рядом внешних устройств и необходимым программным обеспечением, позволила в экспедиционных условиях организовать экспресс-обработку гидролокационной информации сервейера в реальном масштабе времени. Наличие в системе регистраторов цифровой и аналоговой информации представляет возможность проводить более детальную вторичную обработку акустических изображений по окончании измерений. Структура системы автоматизации предоставляет пользователю возможность применения дополнительных внешних устройств, изготовленных в стандартах «Электроника 60» и КАМАК, и расширения круга задач, решаемых с ее помощью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Житковский Ю. Ю., Захлестин А. Ю., Зотов А. И. и др. Дистанционное акустическое зондирование железомарганцевых конкреций // ДАН СССР.— 1986.— 291, № 3.
2. Житковский Ю. Ю. Акустические исследования в океане // Вестн. АН СССР.— 1987.— № 5.
3. Проспект на базовую систему ЦЛАНП-0280.— НРЕ, София, 1986.

*Поступило в редакцию 17 мая 1988 г.*

УДК 535.41.088

**В. И. ГУЖОВ, Б. С. КОТАРСКИЙ**  
(Новосибирск)

#### **ВЛИЯНИЕ РАЗРЯДНОСТИ ПРИ КВАНТОВАНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗЫ В СИСТЕМАХ С УПРАВЛЯЕМЫМ ФАЗОВЫМ СДВИГОМ**

Измерительные системы на основе интерференционных методов определения полей разности фаз получили широкое распространение в экспериментальных исследованиях и в системах промышленного контроля.

© 1990 Гужов В. И., Котарский Б. С.