

С. Г. БАЕВ, В. М. ВЕДЕРНИКОВ, В. П. КИРЬЯНОВ
(Новосибирск)

СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Реальный прогресс в повышении пространственного разрешения аппаратуры и достоверности регистрации тонкой структуры гидрофизических полей в океане связан с уменьшением инерционности датчиков первичных параметров, в частности с использованием для этих целей практически безынерционных оптических датчиков.

Первым экспериментальным устройством для регистрации профилей поля плотности морской воды оптическими методами был зонд Института океанологии АН СССР, построенный на базе интерферометра Майкельсона [1]. Эксперименты с зондом в целом подтвердили принципиальную возможность использования погружаемых интерферометров для измерения гидрологических характеристик океана. Дальнейшее развитие это направление получило с созданием лазерного зондирующего комплекса (ЛЗК), разработанного в Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР при активном содействии специалистов Тихоокеанского океанологического института ДВНЦ АН СССР [2]. Этот комплекс имеет более совершенную оптическую схему датчика показателя преломления, полностью автоматизированную систему сбора, обработки и регистрации результатов измерения и рассчитан на большие глубины.

Структурная схема комплекса представлена на рис. 1. Конструктивно ЛЗК состоит из погружаемого зонда и бортовой части. В состав погружаемого зонда входят: датчик изменений показателя преломления Δn , датчик температуры T , датчик давления P , блоки управления и передачи данных, узел контроля работоспособности датчика Δn и блок питания. Максимальная глубина погружения зонда не менее 400 м. Для оптического датчика в торцевом фланце зонда предусмотрен стеклянный иллюминатор, а для датчиков температуры T и давления P — специальные герметизированные вводы. Результаты измерений передаются на борт исследовательского судна по стандартному трехжильному кабелю-тросу. Бортовая часть комплекса выполнена по типовой схеме систем автоматизации научных экспериментов «МикроКАМАКлаб» [3] и содержит ЭВМ «Электроника 60», цифровой магнитофон ИЗОТ5003, буквенно-цифровой дисплей «Электроника», блок цифровой индикации, двухкоординатный самонисец Н-306 и проблемно ориентированный модуль «Применик с линией».

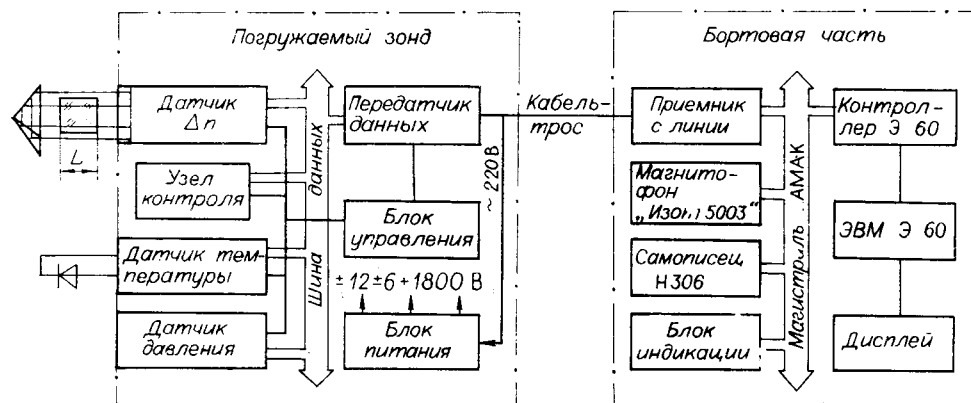


Рис. 1

Из используемых датчиков наиболее важным (принципиально отличающимся разработанный зонд от изготавливаемых серийно) является датчик изменений показателя преломления воды Δn [2]. Он состоит из двух включенных по дифференциальной схеме интерферометров Майкельсона, измерительные плечи которых расположены в воде. При этом в измерительном плече одного интерферометра установлен стеклянный столбик длиной L (см. рис. 1). Длина оптического пути в стеклянном столбике выступает базой сравнения, относительно которой регистрируется взаимное смещение интерференционных полос N , обусловленное изменением показателя преломления воды Δn :

$$\Delta n = (N/L) (\lambda_{\text{вак}}/2), \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{вак}}$ — длина волны света в вакууме.

Погрешность в нахождении вариаций показателя преломления морской воды из (1) определится выражением

$$\delta(\Delta n)/\Delta n = (\delta N/N) + (\delta L/L) + (\delta \lambda_{\text{вак}}/\lambda_{\text{вак}}). \quad (2)$$

Оценим величину $\delta(\Delta n)$, задавшись реальными условиями проведения натуральных измерений и допустимой погрешностью измерения δN и δL . Так, для экваториальной зоны океана при погружении зонда на глубину до 400 м изменения температуры T , давления P и солености S не превышают величин $\Delta T = 20^\circ\text{C}$, $\Delta P = 40$ кг/см², $\Delta S = 2\text{‰}$. Динамический диапазон вариаций показателя преломления Δn для этих условий можно оценить из выражения [4]

$$\Delta n = \frac{\partial n}{\partial T} \Delta T + \frac{\partial n}{\partial P} \Delta P + \frac{\partial n}{\partial S} \Delta S,$$

где $\frac{\partial n}{\partial T} = 0,8 \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$; $\frac{\partial n}{\partial P} = 1,35 \cdot 10^{-5} 1/\text{кг/см}^2$; $\frac{\partial n}{\partial S} = 1,92 \cdot 10^{-4} 1/\text{‰}$. Отсюда $\Delta n = 2,5 \cdot 10^{-3}$.

Для выбранной длины стеклянного столбика $L = 100$ мм и при использовании He—Ne-лазера ЛГ-78 ($\lambda_{\text{вак}} = 0,63$ мкм) из (1) определим максимальное число интерференционных полос на выходе интерферометров:

$$\Delta N = 2(\Delta n L / \lambda_{\text{вак}}) \approx 800.$$

Схема датчика Δn обеспечивает регистрацию сдвига интерференционных полос с погрешностью 1/4 полосы. Ограничившись погрешностью определения длины столбика $\delta L = 10$ мкм и учитывая, что нестабилизированный по частоте гелий-неоновый лазер обеспечивает неопределенность длины волны $\delta \lambda_{\text{вак}}/\lambda_{\text{вак}} = 10^{-5}$, из (2) окончательно определим $\delta(\Delta n) = 1 \cdot 10^{-6}$.

Следует учесть, что эталонный стеклянный столбик вносит дополнительную погрешность в результат измерения за счет температурного изменения его длины и показателя преломления:

$$\delta L(\Delta n) = [\alpha(n_{\text{ст}} - n) + \beta] \Delta T L,$$

здесь $n_{\text{ст}}$ — показатель преломления стекла; β — коэффициент его температурного изменения; α — коэффициент линейного расширения стекла. Зависимость $n_{\text{ст}}$ от изменения давления пренебрегаем.

Очевидно, что погрешность $\delta L(\Delta n)$ может быть сведена к минимуму, если $\alpha n_{\text{ст}} + \beta = \alpha n$, т. е. если на выбранной длине волны обобщенный параметр $A = n_{\text{ст}} + (\beta/\alpha)$ будет равен показателю преломления воды.

В нашем случае для длины волны лазера $\lambda_{\text{вак}} = 0,63$ мкм показатель преломления воды $n = 1,338$. Тогда, выбирая в качестве материала столбика оптическое стекло марки Ф9, для которого $A = 1,337$, можно свести дополнительную температурную погрешность к минимальной величине $\delta L(\Delta n) \approx 1,3 \cdot 10^{-7}$ во всем диапазоне изменения температуры.

Таким образом, погрешность в нахождении изменений показателя преломления морской воды не превышает $1 \cdot 10^{-6}$ и в основном определяется неточностью измерения взаимного смещения интерференционных полос и геометрической длины столбика.

В качестве датчика температуры используется прямосмещенный $p-n$ -переход, изменения напряжения на котором преобразуются в частоту. Крутизна преобразования $74 \text{ Гц} \cdot \text{с}^{-1}$, чувствительность датчика $0,01^\circ\text{С}$. В качестве датчика давления применялся серийный преобразователь с крутизной преобразования $1,83 \text{ Гц} \cdot \text{м}^{-1}$ и чувствительностью $0,1 \text{ м}$.

Передачик данных формирует 20-разрядные слова выходных параметров, преобразует их в последовательный код и передает по кабель-тросу в бортовую часть комплекса. Для увеличения помехозащищенности передачи использовался самосинхронизирующийся код отношения [5] с четырьмя контрольными разрядами и каскад гальванической развязки.

Бортовая часть обеспечивала прием и накопление данных, вычисление профилей значений гидрологических параметров, документирование результатов, оперативный визуальный контроль за качеством первичного материала и ходом обработки на различных ее этапах и имела достаточную для экспедиции вычислительную производительность.

Программное обеспечение системы разработано на базе алгоритмического языка Qbasic и состояло из системных и рабочих программ. Системные программы предназначались для управления работой магнитофона, обмена данными между регистрами модулей и ЭВМ, преобразования форматов данных и проверки регистров состояний модулей.

Центральное место занимает рабочая программа, предназначенная для регистрации и предварительной обработки данных зондирования. Она позволяла запоминать на НМЛ всю измерительную информацию, рассчитывала и в реальном времени выводила на цифровой индикатор абсолютные величины глубины зондирования, температуры морской воды и вариации ее показателя преломления. При желании любой интересующий параметр после предварительной фильтрации отображался в виде графика на самописце.

Разработанный автоматизированный зондирующий комплекс в 1983 г. прошел предварительные испытания, а в 1984 г. эксплуатировался в экспериментах по регистрации тонкой структуры полей показателя преломления и плотности морской воды. На рис. 2 в качестве иллюстрации работы комплекса показана серия профилей поля показателя преломления воды, снятых с интервалом 20 мин на суточной станции. Комплекс продемонстрировал высокую воспроизводимость результатов измерений и хорошее пространственное разрешение.

В целом результаты испытаний и опытной эксплуатации комплекса подтвердили перспективность широкого использования оптических интерференционных методов регистрации тонкой структуры гидрофизических полей.

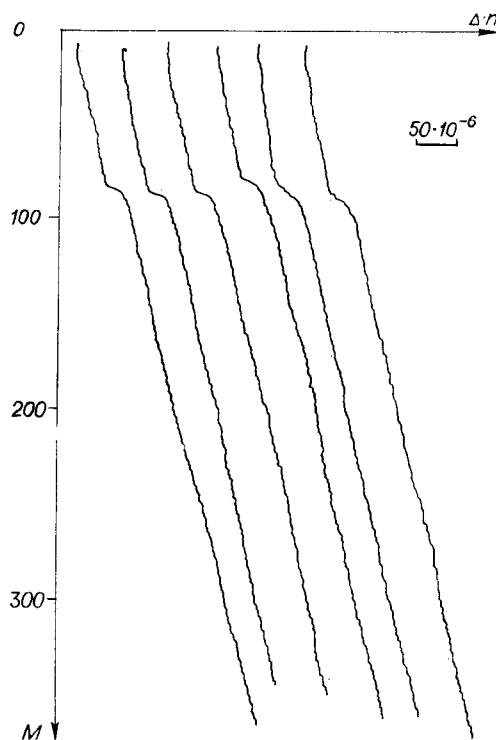


Рис. 2

В заключение авторы выражают признательность за разработку отдельных узлов системы и активное участие в проведении натурных измерений Г. Ю. Косолапкину, В. М. Фортусу, В. А. Ханову, В. И. Солоненко и Б. С. Долговесову.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев В. С., Власов В. Л., Озмидов Р. В. Исследование тонкой вертикальной структуры плотности воды в океане опико-интерференционным методом // Физика атмосферы и океана.— 1979.— Т. 15, № 8.
2. Разработка и исследование системы автоматизации океанологического эксперимента на основе погружаемого лазерного интерферометра: Итоговый отчет по НИР «Океан».— Новосибирск: НГУ, 1983.
3. Гусев О. З., Золотухин Ю. Н., Прохожев О. В., Ян А. П. Базовые конфигурации систем «МикроКАМАКлаб» // Автометрия.— 1984.— № 4.
4. Попов Н. И., Федоров К. Н., Орлов В. М. Морская вода.— М.: Наука, 1979.
5. Хвоц С. Г., Васильев А. Н., Кудрявцев В. А. Архитектура мультиплексных каналов последовательной передачи данных // Зарубеж. радиоэлектрон.— 1984.— № 12.

Поступила в редакцию 29 ноября 1985 г.

УДК 681.3.007

Л. Д. ХАЦКЕВИЧ

(Воронеж)

ЛОКАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ НА БАЗЕ МИКРОЭВМ СЕРИИ «ЭЛЕКТРОНИКА»

Автоматизированная система управления хозяйством Воронежской области представляет собой комплекс аппаратно-программных средств, образующих локальную информационно-вычислительную сеть (ЛИВС) [1—8]. С 1984 г. входящие в состав ЛИВС вычислительные комплексы базируются на микроЭВМ «Электроника МС 1211» [9]. Основной причиной формирования таких комплексов — достижение более низкого уровня затрат при обработке заданного объема экономической информации в допустимые сроки и обеспечение диалогового режима работы с временем реакции порядка нескольких секунд [4, 5, 10, 11]. На рисунке представлена структурная схема комплекса, наиболее полно, на наш взгляд, отвечающего поставленной проблеме.

Различные устройства ЛИВС объединяются тем или иным типом физической среды передачи данных. Устройства доступа, содержащие аппаратные и программные средства обработки информационных сигналов, и точки их подключения к физической среде и абонентскому пункту образуют вместе абонентский канал.

ЛИВС как многоуровневая сеть осуществляет сбор, хранение, передачу, обработку и выдачу информации. На первом, терминальном, уровне информация обрабатывается в мультипрограммном режиме при подключении к базовой ЭВМ через мультиплексор четырех — восьми дисплеев. Такие терминальные комплексы устанавливаются на предприятиях, в организациях и учреждениях города и имеют выход через абонентский канал к локальным или удаленным вычислительным комплексам. Второй уровень составляют вычислительные комплексы из нескольких ЭВМ, участвующих в едином информационном многофункциональном процессе обработки информации с учетом ее обработки на терминальном уровне.

Сама локальная информационно-вычислительная сеть, включающая большое число разобценных территориально ЭВМ, удовлетворяет всем требованиям распределенной обработки информации. В этой сети терминальные и вычислительные комплексы абонентских пунктов объеди-