

Ш-702

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Григорий Тимофеевич Щетинин

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭВМ В СИСТЕМАХ СБОРА
И ОБРАБОТКИ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Специальность 05.13.06 - автоматизированные
системы переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических
наук

г. Дубна, 1974 г.

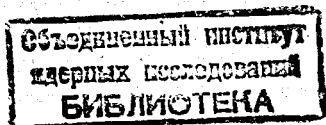
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Ориг. Тимофеевич Шетинин

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭВМ В СИСТЕМАХ СБОРА
И ОБРАБОТКИ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Специальность 05.13.06 – автоматизированные
системы переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических
наук



г. Дубна, 1974 г.

Работа выполнена в Морском гидрофизическом институте
АН УССР.

Официальные оппоненты:

член-корреспондент АН УССР В.И.Беляев
кандидат технических наук В.Н.Шкунденков

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт Физики Высоких Энергий

Автореферат разослан "20" марта 1974 г.

Защита диссертации состоится "24" апреля 1974г.
на заседании Ученого совета лаборатории вычислительной
техники и автоматизации в конференц-зале ЛТФ, ОИЯИ,
г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
ОИЯИ.

Ученый секретарь совета Е.А.ЛОГИНОВА

В последние годы исследования, проводимые в океане, приобретают все большее практическое значение. В Советском Союзе ведутся широкие работы по изучению Мирового океана с целью использования его природных богатств в народном хозяйстве.

XXIV съездом КПСС перед советской океанографией поставлена важная народнохозяйственная задача о более широком и рациональном использовании естественных ресурсов морей и океанов.

Для выполнения этой задачи в первую очередь требуется многократное увеличение сведений об океане, для чего необходимо автоматизировать процессы приема, сбора и обработки гидрофизической информации.

В Морском гидрофизическом институте разработано и внедрено в практику морских исследований большое число различных типов измерительных комплексов / I5 /, предназначенных для объективного анализа проб воды и грунта на борту судна, для измерений на отдельных горизонтах в толще воды и на дне, а также исследования непрерывного распределения по глубине основных гидрологических характеристик. Эта аппаратура позволила автоматизировать процесс сбора гидрологических данных при традиционных методах исследования /гидрологические разрезы, многосуточные станции и т.д./.

Внедрение этих комплексов значительно расширило возможности исследований, повысило пропускную способность измерительных средств, привело к резкому возрастанию объема первичной информации. Как показал анализ, объем информации, получаемый в 100-суточном рейсе научно-исследовательского судна "Михаил Ломоносов", уже в 1965 г. достигал $5 \cdot 10^9$ миллиона двоичных единиц / I5 /. Такое количество исходных данных потребовало организации обработки информации в два этапа: первичной - непосредственно на борту судна и окончательной - в береговом вычислительном центре БВЦ. Установка на судне современной универсальной ЭВМ позволило не только автоматизировать первичную обработку данных, но и перейти

к новым способам ведения исследований, позволяющим получать непрерывные и длительные синхронные наблюдения на больших акваториях океана с помощью зондирующих приборов, буксируемых измерительных устройств и автономных буйковых станций, активно вмешиваться в процесс сбора научной информации, управлять исследованиями в реальном масштабе времени / 1, 2, 3, 8, 13, 14, 15, 16, 27 /.

Одновременно с включением ЭВМ в различные звенья экспериментальной аппаратуры в качестве самостоятельно работающих вычислительных устройств все больше проявляется тенденция использования методики, предусматривающей комплексное использование вычислительных средств, состоящих из нескольких связанных между собой электрическими связями и радиоканалом и работающих по согласованным программам вычислительных машин. Такого вида системы для проведения экспериментов в области гидрофизики на протяжении последних лет были созданы за рубежом /20/ и в нашей стране.

Основной задачей, которую решали зарубежные системы, является максимальная автоматизация работ по сбору океанографической информации, ее регистрации и взаимной привязке. Предусматривалась только некоторая предварительная обработка данных и не ставилась задача переработки данных и управления исследованиями в реальном масштабе времени. Вычислительные машины в этих системах выступали как потребители первичной информации.

Как известно, выполнение функций оптимального управления исследованиями налагает определенные требования, как на структуру системы, так и на алгоритм ее работы /1, 2, 9, 10, 11, 12, 15, 16/.

В нашей стране работы по автоматизации гидрофизических исследований впервые были начаты в Морском гидрофизическом институте АН УССР. Целью этих работ являлось создание Единой океанографической системы сбора и обработки гидрофизической информации, включающей в свою структуру системы сбора и передачи данных, системы первичной обработки информации и управления экспериментом на судне, систему окончатель-

ной обработки, планирования и управления исследованиями на берегу /3, 15, 25/. В отличие от зарубежных систем Единая океанографическая система решает комплекс исследовательских задач гидрофизики.

Рассмотрев проблем построения судового и берегового океанографических вычислительных центров на базе ЭВМ, призванных решать прежде всего, задачи сбора и обработки экспериментальной информации в реальном масштабе времени, посвящается данная работа.

Глава I. Теоретические принципы выбора оптимальной структуры океанографического вычислительного центра на базе ЭВМ.

Перечислим основные задачи ОВЦ /3, 9, 14, 25/:

- а) первичная обработка данных (обработка данных, проводимая одновременно с ходом измерений, позволяющая повторять наблюдения в случае выявления неисправностей в системе, а также изменять методику наблюдений при каких-либо непредвиденных обстоятельствах, когда исследование новых явлений в океане с достаточной полнотой не может быть выполнено заранее предусмотренной методикой);
- б) управление экспериментом с целью оптимизации режимов наблюдений, исходя из определенных в ходе эксперимента статистических свойств изучаемых процессов;
- в) обобщение результатов наблюдений с целью получения представлений о пространственно-временных закономерностях распределения океанографических характеристик;
- г) планирование исследований;
- д) решение фундаментальных задач, решаемых в океанографии.

Все задачи, решаемые на ОВЦ, можно разбить на два класса /9, 13, 14, 25/:

- а) статистическая обработка результатов наблюдений (определение первого и второго моментов, автокорреляционной и взаимокорреляционной функций, кросс- и квадратурные спектры; когерентность и разности фаз, асимметрии, эксцес-

са и закона распределения);

б) задачи, связанные с решением дифференциальных уравнений в частных производных.

Анализ типов решаемых задач показывает, что на СВЦ задачи статистической обработки данных носят систематический характер и занимают до 80-90% машинного времени, в то время когда на БВЦ этот класс задач составляет порядка 30-40% от общего машинного времени и 60-70% - задачи, связанные с решением дифференциальных уравнений в частных производных.

Учет этого обстоятельства позволяет эффективно использовать в структуре ОВЦ специализированные процессоры и приставки к универсальной ЭВМ для повышения их производительности.

Развитие автоматизации обработки и анализа океанографических наблюдений потребовало системного подхода к организации взаимосвязанных вычислительных средств. Это привело к необходимости объединения подсистем обработки на НИС и берегового ВЦ в единую подсистему обработки океанографических наблюдений. Совершенно очевидно, что эта задача не может быть решена только простым соединением существующих отдельных структурных звеньев системы посредством каналов радиосвязи.

Проблема в данном случае включает в себя решение ряда сложных задач, связанных с разработкой оптимальной структуры подсистемы и методов управления ею, единого "межмашинного языка". На основе универсального транслятора, надежных радиосхем связи, использования помехоустойчивых методов кодирования данных, передаваемых по радиоканалам, эффективных методов сокращения избыточной информации в потоках обмена информацией, наконец, многоканального комплекса обмена с программным управлением позволяющего объединить все звенья системы (СВЦ, БВЦ, измерительные комплексы и радиопцентр, периферийные устройства и др.) в единую океанографическую вычислительную систему /16/.

Рассматривается структура типовых вычислительных процессоров с целью выявления их особенностей при машинном способе вычислений. Представлена блок-схема алгоритма статистической обработки данных гидрофизических наблюдений при исследовании двух взаимосвязанных процессов $\{X(t)\}$ и $\{Y(t)\}$ включающая в себя семь блоков, взаимодействие между которыми осуществляется управляющей программой в зависимости от логической шкалы /9,13/.

Анализ алгоритмов вычисления статистических характеристик показал, что основное машинное время используется на выполнение массовых арифметических операций. Это говорит о том, что выполнение массовых операций можно вести спец-процессорами-приставками, а операции управления поручить универсальной ЭВМ.

Проследим на примере выполнения сглаживания двух процессов фильтром скользящего среднего (первый блок схемы). Скользящее среднее на отрезке скольжения q вычисляется по формуле:

$$\tilde{x}_i = \frac{1}{2p} \sum_{q=0}^{2p} x_{i+q} \cdot K_{q+p},$$

$$\tilde{y}_i = \frac{1}{2p} \sum_{q=0}^{2p} y_{i+q} \cdot K_{q+p},$$

где $K_{q+p} = 1 + \cos \frac{\pi(q-p)}{p}$, $i = 1, 2, \dots, N-2p$,

$2p+1$ - длина отрезка скольжения.

Величина K_{q+p} - корреляционное окно /17/.

Время выполнения фильтрации T_{ϕ} на ЭВМ определяется выражением

$$T_{\phi} = (2p\tau_y + 2p\tau_{\text{сч}})(N-2p) \approx 2p\tau_y(N-2p),$$

где T_y - время выполнения операции умножения,
 $T_{сл}$ - время выполнения операции сложения,
 N - число реализаций случайного процесса. Здесь не учитывается время выполнения операций сложения, управления, поэтому общая формула

$$T_{\text{оп}} \approx 2\rho f T_y (N - 2\rho),$$

$$f = \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{оп}}},$$

где $T_{\text{пр}}$ - реальное время счета. Для различных типов ЭВМ коэффициент f подбирается экспериментально [25]. Так, например, для ЭВМ "Днепр-1" $f \approx 3,2$, а для М-220М $f = 4,5$.

Представлены графики, иллюстрирующие зависимость времени обработки основных статистических параметров от длины ряда при переменном интервале скольжения (обработка велась на ЭВМ М-220М). Длительность времени обработки существенно зависит от длины ряда и выбранного интервала скольжения и имеет квадратичную зависимость.

Второй класс задач дифференциальные уравнения в частных производных, представленные в конечных разностях, составляют особый класс задач в вычислительной математике вследствие исключительной громоздкости вычислений. Это объясняется тем, что указанные задачи сводятся к обширным системам линейных алгебраических уравнений, содержащих от сотен до сотен тысяч неизвестных.

В случае линейной постановки задачи, как правило, не возникает существенных затруднений в вычислительном плане. Решение таких задач обычно носит единичный характер, фактор машинного времени здесь не является решающим. Учет начальных и краевых условий позволяет относительно легко отыскать подходящую вычислительную схему, достаточно надежную в смысле накопления ошибок округления. Громадное быстроедействие современных ЭВМ, даже при значительных размерностях сеточной области ($n = 10^{-2} + 10^{-3}$), позволяет исследователю проэкспериментировать с несколькими вычислительными схема-

ми и выбрать лучший из них.

Совершенно иной становится картина в случае нелинейной постановки - т.е. случай наиболее типичный для задач гидрофизики. Общий подход к решению таких уравнений состоит в поэтапной линеаризации задачи. В вычислительном плане это сводится к пространственно-временному итерированию, состоящему в том, что на каждом временном шаге решается линейная пространственная задача [7]. Решение этой задачи на предыдущем шаге используется затем для вычисления коэффициентов схемы на последующем временном шаге. Указанная схема итерируется до достижения устойчивых результатов при заданной относительной ошибке. К сожалению, отсутствие законченной теории численного решения нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных ставит здесь исследователя перед сложнейшей дилемой в выборе параметров вычислительного эксперимента: шага сеточной области и вычислительной схемы на каждом шаге (кроме того, у вычислителя, как правило, имеются еще и другие варьируемые аргументы). Самые незначительные изменения этих параметров могут совершенно исказить конечный результат, повлиять на устойчивость схемы. Задача в этом случае проходит длительный и весьма трудоемкий этап "настройки" с целью подбора оптимальных значений указанных параметров. Если учесть, что количество временных шагов, на каждом из которых решается линейная пространственная задача, для достижения устойчивых результатов может достигать десятков тысяч, то станет ясным, что выбор наиболее экономичной вычислительной схемы на каждом временном шаге итерирования приобретает здесь решающее значение. Обычно решение ведется не точным (для которых время решения

$$T \approx n^3), \text{ а приближенными методами, в частности итерационными } (T \approx n^2) \text{ и статистическими } (T \approx n^{3/2} - n).$$

Учитывая указанную зависимость времени решения, а также резкое увеличение времени решения задач эллиптического типа, указанные задачи являются исключительно громоздкими для универсальной ЭВМ.

Стереотипность и большой объем вычислений при статистической обработке данных, а также относительно низкое быстродействие универсальных ЭВМ при решении задач статистического анализа и дифференциальных уравнений в частных производных, выдвигают проблему эффективизации вычислительных средств для решения указанных задач либо путем построения приставок к ЭВМ, либо построение спецпроцессоров. При этом надо отметить, что в качестве приставки предусматривается использование спецпроцессоров, которые при решении относительно простых задач, могут быть использованы автономно, а для решения более сложных задач могут работать в комплексе в универсальной ЭВМ. Именно такой путь выбран в ВЦ МГИ АН УССР /24/.

В заключении главы представлена и описана оптимальная структура океанографического вычислительного центра, которая включает в свой состав универсальную ЭВМ с периферийными устройствами ввода-вывода (УВ), устройства автоматического обмена информацией (УАОИ), специализированные процессоры (ВСП), радиопункт (РЦ), абонентские пункты и систему отображения результатов (СО).

Глава II. Разработка структурных и функциональных схем комплекса обмена.

При построении современных ОВЦ одной из важнейших проблем является сопряжение с каналами связи, которое является специфичным для каждого потребителя. В качестве аппаратуры сопряжения используются универсальные ЭВМ и специализированные устройства обмена информацией (УОИ) /15,21/. Применение универсальных ЭВМ в качестве устройств сопряжения характеризуется большим процентом избыточности оборудования, системы команд и операций, сложностью и громоздкостью в построении программ, невысокой эффективностью использования оборудования, необходимостью модернизации оборудования /21/.

В последние годы для сопряжения ЭВМ с каналами связи начали широко применяться специализированные устройства обмена УОИ. Специализированными в УОИ являются команды и операции, а также формат команды, отсутствие адресации всей

оперативной памяти, принципы базовой и индексной адресации и т.д. . Вместе с тем, функции выработки величины кванта времени обработки информации (режим разделения времени), генерирование случайных чисел, сжатие данных возлагаются на ЭВМ, поэтому указанные УОИ не могут быть применены в ОВЦ. В связи с этим автором был разработан и реализован многоканальный комплекс обмена с программным управлением УАОИ, который обладает достоинствами использования универсальных ЭВМ в качестве УОИ и исключает недостатки известных подобных устройств /24/.

В этой главе показано, что при выборе оптимальных технических характеристик УАОИ возможно построить гибкий комплекс обмена, позволяющий объединить в систему ЭВМ, периферийные устройства и измерительные комплексы. На основании анализа решаемых задач в ОВЦ и количественных требований к УАОИ выбрана его оптимальная структура, которая содержит /24/ блок контроля информации, местное управление, блок приоритета, входной и выходной регистры, блок сжатия, запоминающее устройство, преобразователи код-аналог и аналог-код, блок автоконтроля.

Одной из достаточно сложных задач при создании комплекса явилась разработка блока сжатия информации и принципа согласования его с запоминающим устройством, позволяющего снизить требования к пропускной способности канала связи, емкости запоминающего устройства и быстродействию обработки информации. В качестве алгоритма сжатия применяется метод статистического кодирования /37/, сущность которого заключается в следующем.

Пусть стационарная случайная функция $X(t)$ представлена N значениями $X(t) = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$ и нормирована так, что ее текущие значения $x_i, i = 1, 2, \dots, N$ лежат в интервале $(0,1)$. Выработаем $S \cdot N$ независимых случайных чисел $R_i^{(\mu)}, i = 1, 2, \dots, N, \mu = 1, 2, \dots, S$ равномерно распределенных в интервале $(0,1)$, и сопоставим каждому числу исходного ряда $X(t)$ двоичную цифру

$$y_i^{(\mu)} = \begin{cases} 1 & \text{если } R_i^{(\mu)} < x_i \\ 0 & \text{если } R_i^{(\mu)} \geq x_i, \mu = 1, 2, \dots, S. \end{cases}$$

Процесс получения двоичных цифр $y_i^{(\mu)}$ и называется статистическим кодированием функции $X(t)$, а последовательность двоичных цифр $Y(t) = \{y_1^{(\mu)}, y_2^{(\mu)}, \dots, y_N^{(\mu)}, y_1^{(\mu)}, \dots, y_N^{(\mu)}, y_1^{(\mu)}, \dots, y_N^{(\mu)}\}$ называется статистическим отображением S -го порядка функции $X(t)$. Показано, что статистическое отображение S -го порядка функции $X(t)$ сохраняет статистические характеристики исходной функции $X(t)$ до момента S -го порядка включительно [7]. Согласно теории массового обслуживания определяется величина емкости запоминающего блока в зависимости от вероятности потерь информации, плотности потока заявок и времени обслуживания заявок [6, 19].

В устройстве обмена применена быстродействующая схема блока приоритета, требующего малого количества элементов. Блок содержит двухходовые конъюнкторы E/\bar{V} , дизъюнкторы E/\bar{V} и одноходовые инверторы E/\bar{I} , причем каждый из этих элементов имеет единичную задержку τ и константы 0 и 1.

Разряд y_i номера выделенного запроса представляется следующим образом:

$$y_i = k(\tilde{U}_j, \tilde{V}_j), \quad \text{где}$$

$$\tilde{U}_j = \left\{ D_{2^{j(i+1)}} \right\}, \quad i = 2k,$$

$$\tilde{V}_j = \left\{ D_{2^{j(i+1)}} \right\}, \quad i = 2k+1,$$

$$(k=0, 1, \dots) \left] \frac{\pi}{2^{i+2}} \right[.$$

Отсюда вытекает способ построения блока приоритета [18]. Выведены формулы величины выигрыша применения блока приоритета в режимах с относительными и абсолютными приоритетами. Проведенный анализ эффективности приоритетных методов при обмене данными показал, что использование приоритетных дисциплин обслуживания заявок позволяет улучшить качество функционирования комплекса обмена и получить выигрыш эквивалентный применению более быстродействующей ЭВМ.

Проведен анализ основных параметров комплекса в режиме разделения времени. Анализ выбора величины кванта времени Δt обработки информации показал, что при увеличении величины кванта система с разделением времени переходит в режим пакетной обработки, при слишком малых значениях величины кванта возрастает число перезаписей в системе. Это свидетельствует о наличии оптимального значения величины Δt .

Дана методика определения вероятности P_0 простоя системы, распределения числа пользователей n_0 , ожидающих ответа на заявку и среднее время ожидания пользователями окончания обслуживания заявок. Применяя теорию массового обслуживания, определим параметры следующим образом [6]:

$$P_0 = \left\{ 1 + \sum_{i=1}^n n(n-1) \dots (n-i+1) \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^i \right\}^{-1}, \quad (1)$$

$$P_i = n(n-1) \dots (n-i+1) \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^i P_0. \quad (2)$$

Считаем, что время подготовки задачи абонентом и время ее решения системой распределены по показательным законам с параметрами λ_1 и λ_2 . Соотношения (1, 2) определяют распределение параметра n_0 , так как в этих соотношениях показывается количество пользователей, ожидающих ответа на свою заявку:

$$t_0 = \frac{1}{\lambda_2} \sum_{i=1}^n \frac{i P_{i-1} (i-1)}{n - \sum_{i=0}^n i P_i}$$

Введем параметр $d = \mu_2 / \mu_1$, который показывает, во сколько раз производительность системы выше суммарной производительности пользователей. Представленные графики иллюстрируют зависимость вероятности простоя системы, среднего числа пользователей и коэффициента простоя пользователей K в зависимости от d и n .

Технические данные комплекса обмена:

- контроль приема-выдачи данных - четность, контрольное суммирование;
- разрядность обменного слова - I до 45;
- число одновременно работающих каналов - 9 (возможно увеличить до 64);
- частота обмена данными - до 160 кГц;
- прием-выдача данных производится в дискретной и аналоговой формах;
- предусмотрено сжатие информации методом статистического кодирования;
- реализуется режим разделения времени;

Комплекс построен на стандартных элементах ЭВМ М-220М.

Глава III. Решение задач гидрофизики в системе сбора и обработки данных.

В данной главе рассматривается методика решения дифференциальных уравнений в частных производных, навигационных задач, управления режимом работы автоматических буйковых станций и приема данных с измерительных комплексов в подсистемах судового и Берегового вычислительных центров, построенных по структуре, предложенной автором в первой главе диссертации.

Для решения на ЦВБК дифференциальных уравнений в частных производных с заданными граничными условиями необходимо /7/:

- составить конечно-разностные схемы для уравнения, граничных и начальных условий;
- представить в явном виде коэффициенты при неизвестных в каждом уравнении;
- выразить через полученные коэффициенты вероятности перехо-

дов;

- записать адреса сеточной области и признаки нахождения узлов в области;
- задать требуемую надежность $1/\beta$ и допустимую погрешность решения $|\Delta|$, где β - отношение числа узлов, в которых погрешность не выходит за пределы $\pm \Delta$, к общему числу узлов области. Число испытаний при этом определяется по формуле

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot t_{\beta}^2}{\Delta^2},$$

где t_{β} - функция, обратное нормальной функции распределения при аргументе;

σ^2 - дисперсия осредненных случайных чисел, описываемых в сумматор в результате построения случайных траекторий;

- определить количество внутренних узлов и пределы изменения граничных и начальных условий;
- составить программу решения задачи, основываясь на алгоритме, представленном в главе. Представлена таблица с наименованием задач, видами дифференциальных уравнений, формами области и количеством узлов сетки, видами конечно-разностного оператора. Приводятся экспериментальные данные о величинах точности и времени решения уравнений на цифровом вероятностном комплексе.

Далее описывается методика приема и обработки телеметрических данных с автоматических буйковых станций через радиоканал. Реализация этой задачи позволила БВЦ осуществлять контроль за получением и исполнением команд управления, директив, указаний и рекомендаций управляемыми объектами, а также выдавать информацию о планировании и проведении дальнейшего эксперимента. Непосредственный ввод информации в ЭВМ осуществляется программой операционной системы. Иллюстрируются и описываются блок-схемы подпрограмм-модулей приема-выдачи информации в радиоканал. Опыт эксплуатации линии связи ЭВМ - АБС показал хорошую ее надежность.

Вычисление оценок вероятностных характеристик гидрофизи-

еских процессов является важнейшей частью экспериментального анализа физических полей в океане. Для повышения оперативности обработки первичной информации и увеличения экономической эффективности ЭВМ в МГИ используются специализированные вычислительные устройства. Одним из таких устройств является автоматический комплексный вероятностный анализатор АКВА-1. Описывается программно-управляемый селекторный канал обмена информацией между ЭВМ М-220М и анализатором АКВА-1 через комплекс обмена. Приводятся блок-схемы канала обмена и информационно-обменного алгоритма программы.

На примере адаптивного комплекса описывается один из вариантов управления ходом эксперимента. Измерительная система предназначена для ввода данных измерений гидрофизических величин непосредственно в ЭВМ; анализа структуры исследуемого физического процесса в реальном масштабе времени и вычисления статистических параметров, необходимых для управления экспериментом; вывода вычисленных характеристик в систему управления экспериментом; регистрации данных наблюдений с накоплением их на магнитной ленте. Измеряемые параметры поступают по линиям связи в комплекс обмена и после каждого поступившего в ЭВМ слова вычисляются следующие статистические параметры, необходимые для адаптивного управления измерителем /26/

а) выборочная величина среднего модуля приращений $|\bar{\Delta}|_v$

$$|\bar{\Delta}|_v = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |x_{i+v+1} - x_{i+v}|.$$

Величина $|\Delta|_v$ однозначно связана с дисперсией приращений $D(\Delta)$

$$|\Delta|_v = \sqrt{\frac{2}{n} D(\Delta) \cdot (1 - \frac{\gamma_x}{48})},$$

где γ_x - коэффициент эксцесса измеряемого процесса;

б) выборочная величина дисперсии σ_v^2 измеряемого процесса

$$\sigma_v^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} (x_{i+v} - \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_{i+v})^2;$$

в) параметр числа порядков, на которое происходит спад спектра флуктуаций P_{qv}

$$P_{qv} = A + B \lg \frac{\sigma_v^2}{|\Delta|}.$$

Вычисления величин σ_v^2 , $|\bar{\Delta}|_v$ выполняется согласно следующих соотношений:

$$\sigma_v^2 = S_v^2 - \frac{n}{n-1} \cdot m_v^2,$$

$$S_v^2 = S_{v-1}^2 + \frac{x_{n+v-1}^2 - x_{v-1}^2}{n-1}, S_0^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} x_i^2,$$

$$m_v = m_{v-1} + \frac{x_{n+v-1} - x_{v-1}}{n},$$

$$m_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i,$$

$$|\bar{\Delta}|_v = |\bar{\Delta}|_{v-1} + \frac{|x_{n+v} - x_{n+v-1}| - |x_v - x_{v-1}|}{n},$$

$$|\bar{\Delta}| = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |x_{i+1} - x_i|.$$

A, B, n - константы, которые задаются в информационной таблице программы.

Описанная измерительная система используется для проведения исследований статистической структуры полей биопотенциала и температуры на ходу судна.

До последнего времени в области обработки биоокеанографических наблюдений практически не было достигнуто никакого прогресса. В то же время такая биоокеанографическая задача, как определение распределения видов морских организмов, особенно относящихся к мелким фракциям планк-

тона, связана с переработкой огромного количества информации /3,26/. Автоматизация указанных работ была начата в 22-м рейсе НИС "Михаил Ломоносов" с группой сотрудников Института биологии южных морей. Хотя процесс исследования автоматизировался не полностью, тем не менее применение ЭВМ дало значительный эффект. Та работа, которая занимала многие месяцы, выполнялась в ходе рейса и к концу его все результаты были обобщены и оформлены в виде таблиц. Несколько позднее работы по автоматизированной обработке биоокеанографических данных начали проводиться на судовом ВЦ НИС "Академик Вернадский".

Сбор навигационных данных производится измерительным комплексом "Рельеф". Подсистема "Рельеф" - ЭВМ решает задачи по автоматизации промерных работ и прокладки пройденного пути; решение задачи расхождения с судами и вывод судна в заданную точку с помощью РЛС кругового обзора; решение задачи ведения судна по заданной программе, а также определение координат местонахождения судна /26/. Для развязки пути судна задаются следующие параметры:

φ_0^c, λ_0^c - координаты начальной точки;

φ_n^c, λ_n^c - координаты конечной точки.

Кроме того, для каждой промежуточной i -той точки задается курс K_i , отсчет лага $\Theta \lambda_i$ и время T_i . По этим данным по формулам

$$\varphi_i^c = \varphi_{i-1}^c + P \sin \alpha_i,$$

$$\lambda_i^c = \lambda_0^c,$$

$$\lambda_i^c = \lambda_{i-1}^c + P \Delta \lambda_i,$$

$$\lambda_0^c = \lambda_0^c,$$

получаем счислимые координаты движения судна.

Далее описываются формулы определения линейной величины невязки между счислимой и обсервованной точками, про-

межутка времени между обсервациями, величин поправок. Обработка данных ведется специальной подпрограммой диспетчера в реальном масштабе времени.

В заключении главы описывается методика приема и обработки данных с буксируемого измерительного комплекса "Нырок", применяемого для определения статистических пространственных характеристик температурного поля в океане. Данный режим позволяет производить прием изучаемых параметров в ЭВМ в реальном масштабе времени на ходу судна и осуществлять их отслеживание по заданному постоянному значению, с последующей выдачей команды управления на рули /26/.

Глава IV. Приложение.

В главе описывается структура и задачи судового и берегового вычислительных центров. БВЦ является базовым структурным звеном Единой автоматизированной системы сбора и обработки гидрофизической информации. Главная его задача состоит в выполнении расчетов и прогнозов гидрофизических полей, а также в планировании наблюдений в масштабах океана. Наиболее полно эти задачи решаются на основе учета статистических свойств изучаемых полей. Исходная информация при этом представляется в виде пространственно-временных совокупностей наблюдений; на выходе же ЭВМ потребитель получает информацию, представленную в виде карт, таблиц, атласов и графиков.

На основании сформулированных задач и принципов, разработанных в диссертации, на рис. I представлена структурная схема БВЦ /25/. В состав БВЦ входят универсальная ЭВМ М-220М, устройства ввода /УВ/, система отображения /СО/, устройство автоматического обмена информацией (УАОИ), специализированные процессоры (СП), устройство промежуточной памяти (УПП), информационно-поисковая система (ИПС) и дистанционные пульты связи (ДПС).

Решение задач в БВЦ производится в режимах пакетной обработки данных и разделения времени программой диспетчером.

Решение дифференциальных уравнений в частных производных осуществляется цифровым вероятностным вычислительным комплексом ЦВВК, построенным на базе ЭВМ М-220М и "ЭВВК".

Описываются режимы работы комплекса.

Проведенный анализ эффективности использования ЭВМ М-220М в системе БВЦ показал, что при введении в эксплуатацию комплекса обмена, каналов ввода-вывода и системного математического обеспечения общая эффективность ЭВМ увеличилась в среднем на 25 процентов, что эквивалентно использованию абонентами дополнительно 1035 час. машинного времени в год.

В результате проведенных испытаний на надежность канала ввода-вывода комплекса обмена выяснено, что наличие одного проверочного символа в каждом слове вполне обеспечит обнаружение от 85% до 92% всех искаженных слов (в связи с этим в системе принят метод контроля на четность. Приводятся диаграммы распределения ошибок между каналами и диаграммы распределения искаженных слов по числу искаженных символов.

В заключении главы описывается структура судового вычислительного центра НИС "Михаил Ломоносов", построенного на базе ЭВМ "Днепр-1". СВЦ состоит (рис.2) из ЭВМ "Днепр-1", устройств опроса датчиков и обмена информацией (УОИ) с измерительными комплексами, линий связи, устройств регистрации и документации, предназначенных для регистрации результатов обработки в виде графиков и таблиц с целью качественной и количественной оценки их в виде перфокарт или перфолент для последующего использования при решении задач в БВЦ, устройств ввода-вывода, осуществляющих запись данных, поступающих на СВЦ с АБС и воспроизведение информации, передаваемой (принимаемой) в БВЦ.

ЭВМ "Днепр-1" была установлена Институтом кибернетики АН УССР. Группой сотрудников этого института был разработан и реализован режим приема и обработки информации в ЭВМ принятой с измерительных комплексов в аналоговой форме /9/.

Все работы и идеи, связанные с управлением, оптимизацией и планированием эксперимента, были проверены и реализованы

автором на СВЦ НИС "Михаил Ломоносов" во время 21+23 экспедиционных рейсов.

В последующем разделе описывается система программного обеспечения канала связи ЭВМ "Днепр-1" с объектами /1,2,9,10,13/.

Комплексы БВЦ и СВЦ в настоящее время успешно используются в МГИ АН УССР.

Основные результаты

Диссертация обобщает материалы работ, на основе которых в Морском гидрофизическом институте создана методика использования ЭВМ в системах сбора, накопления и обработки гидрофизической информации. Основные результаты работ, вошедших в диссертацию, могут быть сформулированы в следующем виде:

1. Систематизирован и проанализирован материал, касающийся построения подсистем сбора, накопления и обработки гидрофизических данных на научно-исследовательском судне и берегу. Сформулированы общие требования к электронной вычислительной машине, работающей на линии с измерительными комплексами.

Показано, что основное машинное время на ЭВМ занимает решение статистических задач и дифференциальных уравнений в частных производных. В связи с этим предложена методика использования в океанографическом вычислительном центре спецпроцессоров, которые в комплексе с универсальной ЭВМ значительно повысят эффективность вычислительной системы.

2. На основании анализа решаемых задач в МГИ АН УССР предложена и реализована структура комплекса обмена с программным управлением, использующего блоки скатия, приоритета, памяти, контроля и автоконтроля. Предложенный принцип статистического кодирования в блоке скатия информации, значительно снижает требования к основным характеристикам комплекса обмена.

В комплексе обмена предусмотрены аппаратные средства для автоматического и программного контроля работы комплекса

УАОИ, системы из ЭВМ, измерительных комплексов и абонентских пультов. По своим параметрам и логическим возможностям разработанный комплекс обмена отвечает требованиям задач гидрофизики и требованиям современной вычислительной техники.

3. Проведен анализ параметров режима с разделением времени, который показал, что величина кванта обработки оптимальна, если при увеличении кванта система переходит в режим пакетной обработки, а при слишком малых значениях возрастает число перезаписей информации.

Применяя методику анализа полумарковской цепи, установлено, что при наличии малого количества абонентов вероятность простоя системы резко возрастает, среднее количество пользователей, ожидающих обслуживания, стремится к нулю, а коэффициент простоя возрастает.

4: Создано устройство обмена для подключения измерительных комплексов к ЭВМ "Днепр-1" в СВЦ НИС "Михаил Ломоносов". Разработано и успешно эксплуатируется математическое обеспечение канала управления экспериментом измерительных комплексов "Нырок", "Исток", "Рельеф", "Акустические зонды" в реальном масштабе времени. Решена навигационная задача определения координат местоположения судна в любое время суток.

5. Разработаны и реализованы в ЭВМ М-220М аппаратные и программные средства (команды) для обмена информацией в системе прерывания программ, позволяющие использовать ЭВМ в "on-line" экспериментах и автоматизированных системах измерения гидрофизических параметров.

6. Выполнена аппаратная реализация исследовательского комплекса радиоинформационного центра, необходимого для приема-передачи телеметрических данных по радиоканалу с автоматических буйковых станций и судовой вычислительной системы.

Разработано математическое обеспечение радиоканала, которое эффективно используется при проведении экспериментальных задач.

7. Разработана программа-диспетчер комплекса обмена информацией в системе Берегового ВЦ. Диспетчер включает программы операционной и обслуживающих систем, приложения, что создает гибкое и компактное системное математическое обеспечение. Функционально не связанные программы из комплекса диспетчера выполнены в виде модулей. Блок-модуль тестовых программ позволяет при помощи ЭВМ проводить диагностику сбоя и контролировать работу электронной аппаратуры каналов ввода-вывода и измерительных комплексов, подключенных к каналам.

8. На базе модернизированных ЭВМ "Днепр-1" и М-220М, комплекса обмена с программным управлением и специализированных устройств разработаны и введены в эксплуатацию вычислительные системы судового и Берегового вычислительных центров. В настоящее время эти подсистемы используются в составе Единой автоматизированной системы МГИ АН УССР.

Работы, положенные в основу диссертации, выполнены автором совместно с группой сотрудников отделов МГИ АН УССР и опубликованы в виде статей /1, 2, 9, 10, 13, 22, 23, 24, 25, 27/.

Основные положения диссертации докладывались автором на научных конференциях молодых ученых Крыма в г.Симферополе (1970 г., 1972 г.) и на симпозиумах по проблемам сбора, накопления и обработки гидрофизических данных в МГИ АН УССР в г.Севастополе (1969 г., 1971 г., 1972 г.)

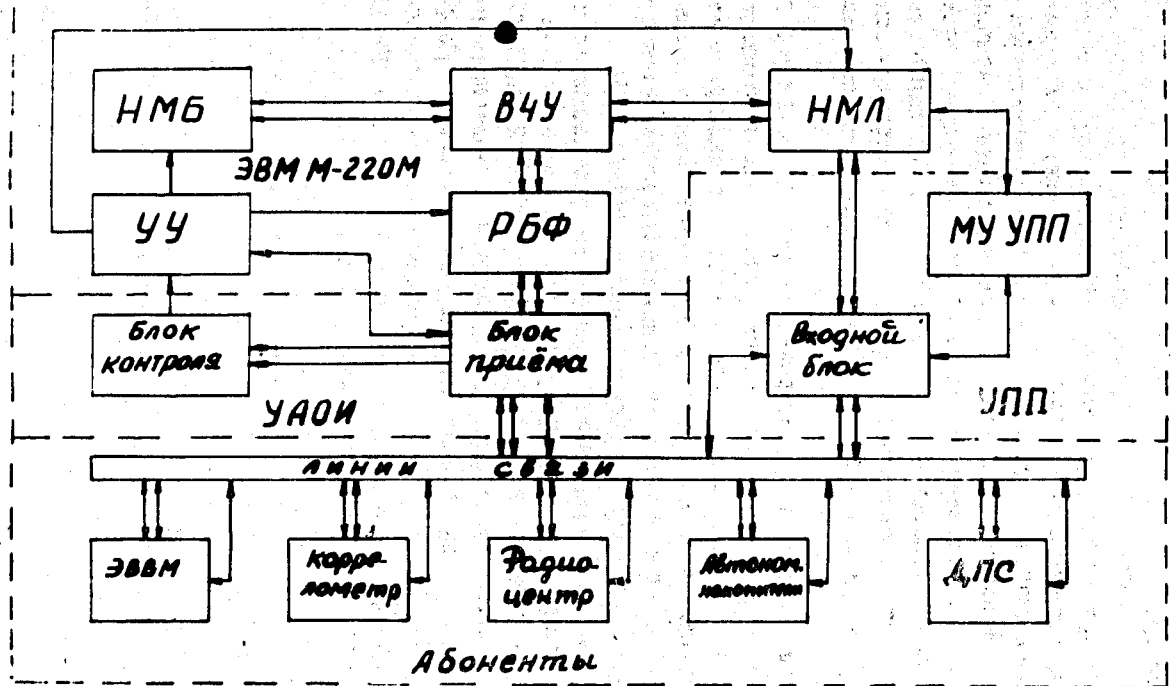


Рис.1. Структура берегового вычислительного центра.

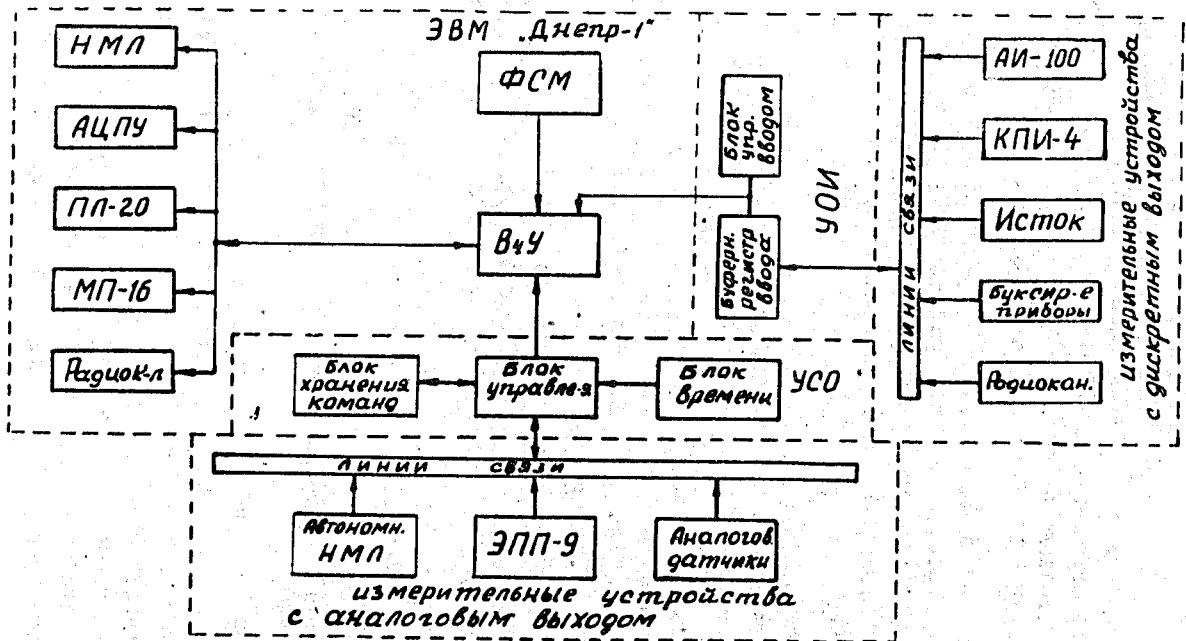


Рис.2. Структура судового вычислительного центра.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Антонов В.И., Бабий В.И., Щетинин Ю.Т. и др.
Аппаратура ввода гидрофизической информации в ЭЦВМ с акустического измерительного комплекса. ЭИ № 11, Из-во МГИ АН УССР, Севастополь, 1968.
2. Батраков Г.Ф., Беляев Б.Н., Щетинин Ю.Т. и др.
Устройство ввода гидрофизической информации в ЭВМ "Днепр-1" с анализатора импульсов "АИ-100". В кн. Морские гидрофизические исследования, т.2, 1970, Из-во МГИ АН УССР.
3. Беляев В.И.
Обработка и теоретический анализ океанографических наблюдений, изд. "Наукова Думка", Киев, 1973.
4. Бертен Э. и др.
Работа ЭВМ с разделением времени. Перевод с франц. под ред. Лаврова С.С., М., "Наукова", 1970.
5. Братальский Е.А. и др.
Об одной структуре устройства сопряжения ЦВМ и объекта управления. В кн. Вопросы радиоэлектроники, серия ЭВТ, Вып. 6, 1970.
6. Вентцель Е.С.
Теория вероятностей. Издание 4, М., "Наука", 1969.
7. Гладкий В.С.
Вероятностные вычислительные модели. Изд. "Наука", М., 1973.
8. Глушков В.М.
"Человек и вычислительная техника". "Наукова думка", Киев, 1971.
9. Ермоленко В.Д., Щетинин Ю.Т. и др.
Некоторые итоги работы автоматизированной системы сбора и обработки гидрофизической информации на НИС "Михаил Ломоносов". ЭИ № 14, из-во МГИ АН УССР, Севастополь, 1969.

10. Ермоленко В.Д., Пуховой А.П., Щетинин Ю.Т., Уриков А.П.
К вопросу ввода в ЭВМ информации с измерительных комплексов гидрофизической аппаратуры. В кн. Исследование в области физики океана, ЭИ № 13, 1969.
11. Забиякин Г.И. и др.
Автоматизированная система передачи информации из многоканальных анализаторов в вычислительную машину. "Приборы и техника эксперимента", 1964, № 4.
12. Забиякин Г.И., Поляков В.Н.
Системы ЭВМ физических исследовательских центров для обработки данных в реальном масштабе времени. Препринт 10-5026, ОИЯИ, Дубна, 1970.
13. Калякин Б.Н., Щетинин Ю.Т.
Система программного обеспечения канала связи ЭВМ "Днепр-1" с объектами. - В кн.: "Автоматизация научных исследований морей и океанов". Симпозиум 1971 г. Часть II. Севастополь, 1972, с.258-262. Библиограф.: 5 назв.
14. Колесников А.Г. и др.
Структура и принцип построения автоматизированной системы для океанографических исследований. ЭИ № 8, Из-во МГИ АН УССР, Севастополь, 1967.
15. Колесников А.Г.
Автоматизация океанографических исследований. В кн. Океанография, № 5. Из-во "Наука", Москва, 1971.
16. Колесников А.Г.
Состояние и перспективы развития автоматизации морских исследований в МГИ АН УССР.
В кн. IV Всесоюзный симпозиум "Автоматизация научных исследований морей и океанов. Из-во МГИ АН УССР, Севастополь, 1972.
17. Мирский Г.Я.
Аппаратурное определение характеристик случайных процессов. "Энергия", 1972.

18. Мультипроцессорные вычислительные системы. Под ред. Я.А. Хетагурова, М., "Энергия", 1971.
19. Новиков А.А., Петухов С.И.
Прикладные вопросы теории массового обслуживания.
Советское радио, М., 1969.
20. Современная аппаратура для океанографических исследований. Из-во МГИ АН УССР, Севастополь, 1970.
21. Усольцев А.Г., Кислин В.П.
Сопряжение дискретных каналов связи с ЭВМ.
Изд. "Связь", М., 1973.
22. Щетинин Д.Т., Перерва А.С.
Канал ввода-вывода гидрофизической информации в ЭВМ М-220М.
- В кн.: "Автоматизация научных исследований морей и океанов". Симпозиум 1971 г. Часть II. Севастополь, 1972, с 9-13. Библиограф.: 1 назв.
23. Щетинин Д.Т., Ерошко А.А., Перерва А.С., Щетинина Л.А.
Канал ввода-вывода гидрофизических данных с телеметрических буев через радиоканал в ЭВМ М-220М. "Морские гидрофизические исследования", 1972 г., № 2, стр.101-109, Библ. 6 назван.
24. Щетинин Д.Т., Перерва А.С.
Устройство автоматического обмена гидрофизической информацией между ЭВМ М-220М и объектами. - В кн. "Автоматизация научных исследований морей и океанов". Симпозиум 1971 г. Часть II. Севастополь, 1972, с.14-19. Библиогр.: 2 назв.
25. Щетинин Д.Т., Перерва А.С., Щетинина Л.А.
Система сбора и обработки гидрофизических данных на базе ЭВМ М-220М. - "Морские гидрофизические исследования", 1972, № 3, с.96-102. Библиограф.: 4 назв.
26. Щетинин Д.Т.
Отчет начальника отряда математики за XXIII рейс НИС "Ми-

- хаил Ломоносов", 1970 г. № 1072, фонды МГИ АН УССР.
27. Щетинин Д.Т. и др.
Ввод гидрофизической информации с автономного накопителя в ЭВМ. - В кн.: Методика, аппаратура для гидрофизических исследований. 1969, Киев, "Наукова думка", т.41.

Объединенный институт ядерных исследований.

Подписано к печати 24.04.74 г. Б.Я. 04460
Формат бумаги 60 x 84/16 1,8 п.л. 2 уч.-изд.л.
Тираж 100 экз. Зак. 105
Бесплатно

СКБ МГИ АН УССР, Севастополь, Ленина 28.