

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ЕРОШКО Алексей Антонович

БУЙКОВЫЕ СТАНЦИИ  
ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

(04.00.22 - геофизика)

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Работа выполнена в Лаборатории методов и средств измерения  
вчений отдела автоматизации океанографических исследований Мор-  
ского гидрофизического института АН Украины.

Научный руководитель: доктор технических наук  
В.М. Кушнир

Главные оппоненты: доктор физ.-мат. наук, профессор  
Н.А. Пантелеев

кандидат технических наук, доцент  
В.С. Чедлега

Ведущая организация: Севастопольский военно-морской  
институт  
г. Севастополь

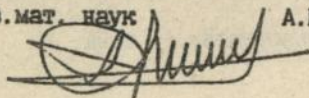
Защита состоится "26" мая 1994 г. в 12 часов на засе-  
дании Специализированного совета Д 016.01.01 по защите диссер-  
таций на соискание ученой степени кандидата наук при Морском  
гидрофизическом институте АН Украины по адресу: 335000, г. Се-  
вастополь, ул. Капитанская 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Морского  
гидрофизического института АН Украины по адресу: 335000, г. Се-  
вастополь, ул. Капитанская 2.

Автореферат разослан "14" апреля 1994г.

Ученый секретарь  
Специализированного совета  
доктор физ.мат. наук

А.М. Суворов





Актуальность темы. Длительные, непрерывные измерения характеристик пространственно-временной изменчивости метеорологических и гидрологических элементов необходимы для решения многих фундаментальных и прикладных проблем океанографии. Это - изучение структуры и механизмов синоптических процессов, сезонных и климатических колебаний гидрологического режима морей и океанов, автоколебаний в системе океан-атмосфера.

Необходимая продолжительность таких непрерывных наблюдений составляет месяцы и годы. Их актуальность возрастает в последнее время в связи с попытками создания методов долгосрочных прогнозов погоды, разработкой теории климата, наметившимся переходом региональных экологических проблем в глобальные.

В настоящее время задача получения длительной непрерывной гидрометеорологической информации решается следующим образом. Метеорологическая информация на суше собирается с помощью сети метеостанций и постов. Непрерывные измерения метеопараметров в приземном слое атмосферы проводятся на береговых метеорологических станциях, научно-исследовательских, торговых, пассажирских и других судах, находящихся в плавании. Дискретность измерений составляет 3 - 4 часа.

Постановки буйковых станций продолжительностью от нескольких дней до нескольких месяцев выполняются эпизодически при проведении океанологических исследований с различных научно-исследовательских судов.

Перечисленные методы далеко не в полной мере отвечают задачам получения данных длительных непрерывных измерений характеристик атмосферы и океана в режиме автоматических измерений. В развитых странах созданы стационарные и мобильные буйковые системы с поверхностными и притопленными плавучестями, рассчитанными на автономную работу в океане сроком 1 год и более, разработаны и сравнительно широко используются автономные автоматические метеостанции.

Настоятельная необходимость в создании аналогичных по своему назначению средств в настоящее время диктуется, кроме указан-

ных научных задач, и экономическими причинами, вследствие резкого увеличения стоимости судовых работ. Эти факторы определяют актуальность выполнения настоящей работы, которая посвящена разработке стационарных поверхностных и притопленных буйковых систем, судовых автоматических метеоконплексов, а также созданию алгоритмического и программно-математического обеспечения для эффективного использования созданных измерительных средств при производстве океанографических исследований.

Цель работы. Создание научно обоснованных технических решений, методического и программно-математического обеспечения буйковых систем с сосредоточенными и распределенными плавучестями, включающих автоматические метеоконплексы и обеспечивающих производство долговременных океанографических измерений. Отработка методики использования и внедрение созданных средств в практику выполнения морских экспериментальных исследований.

Основные задачи диссертационной работы, отвечающие поставленной цели, формулируются следующим образом:

1. Анализ и обоснование принципов построения стационарных буйковых станций с поверхностными плавучестями.

2. Проверка в натурных условиях основных технических решений, разработанных при создании автоматического буйкового конплекса "Скат".

3. Создание численных методов моделирования и расчета буйковых станций с подповерхностными плавучестями.

4. Создание вычислительной системы для моделирования и расчета буйковых станций.

5. Решение основных технических, методических и программно-математических вопросов создания автоматических метеоконплексов в составе буйковых станций или судовых средств.

6. Отработка методики использования и внедрение созданного автоматического метеоконплекса в практику морских экспедиционных работ.

Основные результаты работы и их научная новизна.

1. Созданы функциональная и структурная схемы стационарной

автоматической буйковой станции, обеспечивающие гибкость управления режимами проведения измерений и полный контроль работы комплекса.

2. Впервые создана, опробована и внедрена система передачи данных с буйковой станции, установленной в море, на береговой командно-информационный центр через искусственный спутник Земли.

3. Выполнены натурные испытания и получены данные опытной эксплуатации стационарной автоматической буйковой станции в длительных постановках, продолжительностью 6-8 месяцев.

4. Созданы численные модели притопленных автономных буйковых станций (ПАБС) для условий воздействия произвольных стационарных течений и нестационарных волновых колебаний.

5. Разработана и создана вычислительная система для полного гидродинамического расчета буйковых станций. Выполнено большое количество численных расчетов ПАБС для глубин 500...6000 м., с различными профилями стационарных течений и параметрами волновых возмущений.

6. Разработан и создан автоматический метеоконплексо для стационарных поперностных автоматических буйковых станций и судов, который по своим основным характеристикам не уступает зарубежным аналогам. Обоснована необходимость значительного уменьшения дискретности измерений относительно стандартных величин. Это позволило уменьшить погрешности и разрешить некоторые энергонеисущие компоненты гидрометеорологических процессов.

7. В процессе отработки методов использования автоматического метеоконплексо в реальных океанских условиях получен и обработан обширный материал измерений гидрометеорологических процессов в приводном слое атмосферы. Показана возможность использования метеоконплексо в режиме автоматических измерений в течение 4...6 месяцев.

Практическая значимость работы. В результате выполнения диссертационной работы разработаны принципы и методология проектирования стационарных автоматических буйковых станций и метеоконплексо, которые могут использоваться как автономно в составе буйковых конплексо, так и в качестве судовых средств. На основе этого созданы автоматический буйковый конплексо "Скат" и автома-

тизированный измерительный метеоконплексо.

Получены многочисленныо данные экспериментальной проверки буйковой станции "Скат" и автоматического метеоконплексо в натурных условиях, где также отработаны такие вопросы, как передача командной, телеметрической и контрольной информации различными методами (в том числе с использованием ИСЗ), энергопитание станции при длительных постановках на срок до 6...8 месяцев, управление режимами ее работы и другие. При помощи буйковой станции "Скат" и входящего в ее состав метеоконплексо получен и обработан обширный материал измерений в Черном море и в Атлантическом океане, который использован в научных проектах ЧЕРНОЕ МОРЕ, ОКЕАН, ПОЛИМОДЕ, ПГЭП, РАЗРЕЗЫ.

Разработка вычислительной системы для расчетов буйковых станций при воздействии стационарных и нестационарных течений позволяет выполнять полные гидродинамические расчеты якорных постановок, определять возможные вариации трехмерного пространственного положения измерителей, статические и динамические нагрузки, угловые отклонения буйрепа и другие параметры. Это имеет большое значение для оптимизации и повышения надежности долговременных буйковых постановок.

Личный вклад автора. При создании буйкового конплексо "Скат" и автоматического метеоконплексо автором разработаны основные технические решения по структурным и частично принципиальным схемам аппаратуры. Он осуществлял научно-техническое руководство этими разработками и принимал непосредственное участие на всех стадиях выполнения работ, в том числе, при натурных испытаниях и практическом использовании созданных средств в условиях экспедиций в Черном море и в Атлантическом океане.

При эксплуатации автоматического метеоконплексо автором разработаны методические и программные средства для первичной обработки данных метеоизмерений в приводном слое атмосферы. Он также принимал непосредственное участие в обработке и систематизации натурных данных, которые имеются в научных фондах МГИ АНУ и доступны для широкого использования.

Автором разработана вычислительная система для полного гидродинамического расчета подповерхностных буйковых станций. Вы-

полнена верификация созданных программных средств и проведены многочисленные расчеты различных вариантов буйковых постановок для глубин от 500 до 6000 м.

Апробация работы. Диссертационная работа выполнена по плановой тематике Морского гидрофизического института АН Украины. Ее результаты отражены в следующих отчетах по бюджетным и хозяйственным работам: "Работа экспедиционной автоматической буйковой станции (заключительный отчет, номер государственной регистрации 71059223)", "Работа радиоинформационной автоматизированной системы РИЦА" (заключительный отчет, номер государственной регистрации 71059220), "Создание единой автоматизированной системы, включающей подсистемы сбора, передачи информации, подсистемы обработки данных экспедиционных исследований на ЗЕМ непосредственно на научно-исследовательских судах МГИ, а также подсистемы, состоящей из берегового вычислительного центра обработки и анализа наблюдений и приемо-управляющего центра, осуществляющего двухстороннюю связь с телеметрическими буйами" (заключительный отчет, номер государственной регистрации 71059219), "Работа концепции построения подсистемы морского и речного базирования государственной экологической информационной системы и ее генеральной схемы", "Создать долговременную автономную буйковую станцию на основе распределенных плавучестей, неметаллических тросов, измерителей течений нового поколения без ограничения глубин и районов постановок" (шифр "Буй"), хозяйственной теме "Океан".

Результаты работы были доложены на симпозиумах и конференциях "Проблемы получения и обработки информации о физическом состоянии океана (1967, Севастополь), "Автоматизация научных исследований морей и океанов (1968, 1971, 1980, Севастополь), "Технические средства для государственной системы контроля природной среды (1981, 1983, Обнинск), "Проблемы метрологии гидрофизических измерений (1990, Москва), Системы экологического контроля вод (1991, Севастополь), "Автоматизация гидроэкологических исследований (1992, Севастополь), на первом и втором съездах советских океанологов (1977, Москва, 1982, Ялта).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 37 печатных работ, в том числе два авторских свидетельства на изобретение.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы.

В первой главе рассмотрены принципы построения и основные технические решения автоматической буйковой станции "Скат". Приведены результаты натурных испытаний и использования станции при производстве длительных постановок, главным образом, в Черном море.

Вторая глава посвящена разработке и созданию вычислительной системы для полных гидродинамических расчетов буйковых станций в условиях воздействия на них стационарных и нестационарных течений. Выполнено большое количество численных расчетов для различных условий.

В третьей главе рассмотрены основные вопросы создания автоматического метеокомплекса для длительных измерений. Приведены результаты испытаний и использования автоматического метеокомплекса в натурных условиях.

В заключении перечислены основные результаты работы и перспективы разработок измерительных средств для длительных океанографических наблюдений

Объем диссертации составляет 130 стр. машинописного текста, 39 рисунков. Список литературы включает 125 источников.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цель и задачи исследований, излагаются основные научные и практические результаты работы.

В первой главе рассмотрены стационарные буйковые станции с поверхностной плавучестью для длительных, непрерывных измерений гидрологических характеристик на различных глубинах океана, а также метеорологических параметров в приземной атмосфере.

Созданный автоматический буйковый комплекс "Скат", структурная схема которого показана на рис.1, является телеметричес-

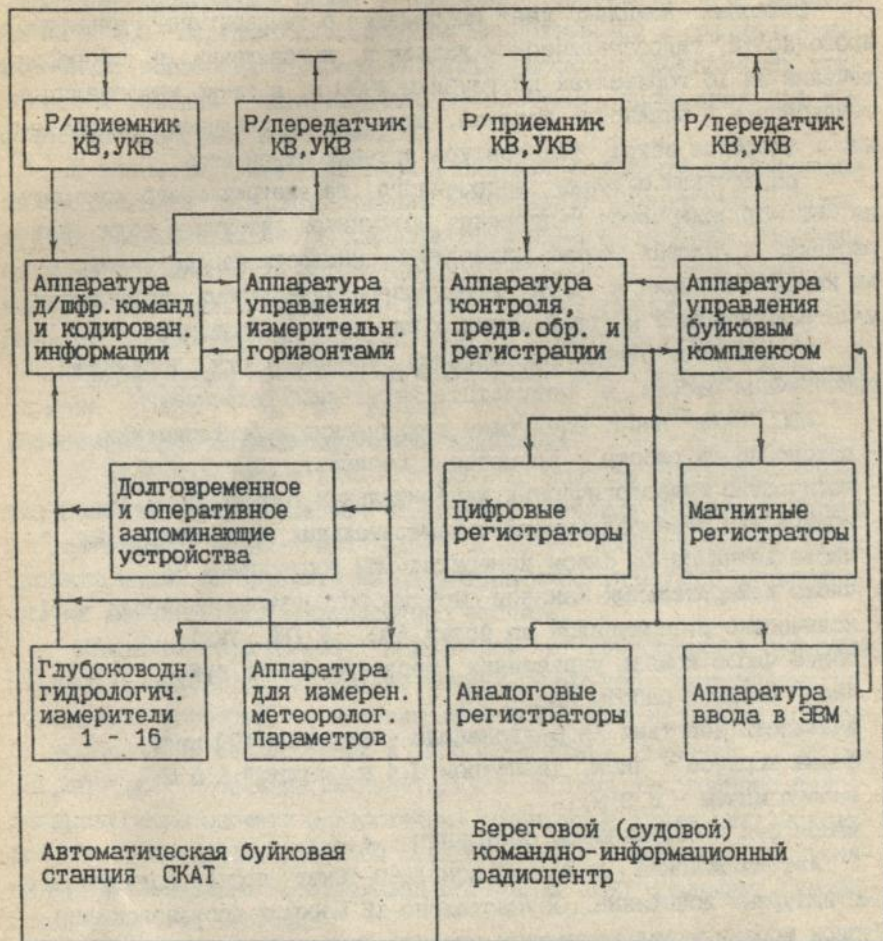


Рис.1. Структурная схема буйкового комплекса "СКАТ"

кой системой, в которой совмещены два принципа организации: 1) с фиксированным графиком выполнения измерений, выполняемых, например, в стандартные сроки 0,3,6,9,12,15,18,21 ч; 2) с оперативной перестройкой режимов работы автоматически или по командам с управляющего радицентра.

Буйковый комплекс дает информацию о температуре, электропроводности, гидростатическом давлении, направлении и скорости течений на 16 горизонтах до глубины 4000 м, а также информацию о температуре и влажности воздуха, атмосферном давлении, направлении и скорости ветра, температуре поверхностной воды.

Посредством системы встроенного телеметрического контроля на АБС контролируются напряжения источников питания и токи потребления в узловых точках аппаратуры, мощности передатчиков, углы качания станции в двух взаимноперпендикулярных плоскостях, углы закручивания якорной линии и ряд других параметров.

В аварийном режиме фиксируется уровень воды, проникшей в герметичные отсеки в результате каких-либо повреждений.

АБС "Скат" имеет следующие технические характеристики:

- автономность работы - не менее 6 месяцев;
- количество гидрологических измерительных горизонтов - 16;
- количество метеорологических измерительных горизонтов - 2;
- число датчиков на одном измерительном горизонте - 8;
- число измерительных каналов системы встроенного контроля - 21;
- количество радиоканалов на борту АБС - 2 (КВ, УКВ);
- общее число команд управления, передаваемое на буй - 60;
- число режимов работы АБС - 10;
- дальность действия КВ радиоканала - не менее 100 миль;
- форма корпуса - диск, диаметром 3.4 м, высотой 1.5 м;
- высота мачты - 6.3 м;
- масса буя в снаряженном состоянии - 4.3 т.

Автоматический буйковый комплекс "Скат" прошел большую серию натуральных испытаний. Осуществлено 12 морских постановок АБС в Черном море и в Атлантическом океане. Две постановки имели продолжительность 6-8 месяцев. В ходе испытаний проверялись технические решения и методики производства долговременных непрерывных океанографических измерений. Получены и обработаны длительные ряды экспериментальных данных во всех режимах работы АБС.

В 1971 г. впервые в Советском Союзе проведен эксперимент по передаче океанографической информации с АБС, установленной в Черном море, через искусственный спутник Земли "Космос-426" на береговой командно-информационный радиоцентр МГИ АН Украины. Эксперимент продолжался более 7 месяцев, проведено 276 сеансов связи с ИСЗ. Передан большой объем измерительной и служебной информации, обработка которого показала высокую эффективность технических решений и методического обеспечения, созданного для выполнения программы эксперимента.

В целом натурные испытания и опытная эксплуатация созданных автоматических буйковых станций подтвердили правильность структурной организации АБС и показали относительно высокую функциональную надежность на основе цифровой структуры систем контроля, измерения, связи, управления и регистрации данных, а также возможности оперативного изменения работы и состава измерителей.

Вторая глава посвящена рассмотрению притопленных буйковых станций (ПАБС), которые широко используются для производства долговременных океанографических измерений.

В настоящее время в МГИ АН Украины принята программа создания ПАБС для долговременных измерений, главным образом в Черном и Средиземном морях. При этом одним из важных вопросов этого проекта является определение структуры и состава ПАБС и выполнение их полного гидродинамического расчета.

Качество информации, полученной с притопленной буйковой станции определяется не только техническими характеристиками используемых приборов, но и поведением всей системы ПАБС в условиях воздействия неоднородных и нестационарных течений. Поэтому разработана и создана вычислительная система для полного гидродинамического расчета притопленных станций, а также для моделирования возмущающих профилей стационарных и нестационарных течений и последующего исследования поведения ПАБС различных конфигураций в этих течениях.

Основой для разработки вычислительных алгоритмов служит общее уравнение равновесия упругого тяжелого троса, находящегося под воздействием гравитационных и гидродинамических сил. При этом используются следующие допущения. Не учитываются высокочастотные колебательные движения, обусловленные: 1) вибрацией, воз-

никающей под действием турбулентных завихрений, 2) продольными упругими колебаниями ПАБС. Буйреп считается абсолютно упругим, т.е. натяжение совпадает с единичным касательным вектором. Уравнения равновесия элемента ПАБС имеют следующий вид :

$$g(m - \rho s dl'/dl) z - 0.5\rho C_n d dl'/dl V_n|V_n| + \\ 0.5\rho C_o \pi d dl'/dl V_o|V_o| + dT/dl(1 + \epsilon)^{-1}dr/dl,$$

$$V_o - (V_t r) r, \quad V_n - V_t - V_o, \quad \epsilon - (dl' - dl)/dl, \quad (1)$$

где  $l'$  - длина буйрепа или других элементов ПАБС в напряженном состоянии,  $V_o, V_n$  - векторы скорости течения, направленные соответственно по касательной и нормально к буйрепу и другим элементам станций,  $V_t$  - скорость течения относительно буйрепа,  $T$  - натяжение,  $S$  - площадь поперечного сечения,  $m$  - масса единицы длины ненапряженного буйрепа,  $g$  - ускорение свободного падения,  $\rho$  - плотность воды,  $C_n, C_o$  - коэффициенты сопротивления соответственно при нормальном и касательном обтекании буйрепа и других элементов ПАБС,  $d$  - диаметр,  $z, r$  - единичные векторы направлены вертикально вверх и вдоль буйрепа соответственно.

Опущены члены уравнения, содержащие производные скорости течения и движения элемента ПАБС по времени и соответствующие силам инерции. Анализ, выполненный на основе введения размерных масштабов и безразмерных переменных показал, что для периодов возмущений 10 и более часов относительный вклад инерционных членов на 2-4 порядка меньше других составляющих уравнений (1).

Векторные уравнения равновесия проектируются на оси связанной с элементом ПАБС системы координат, положение которой относительно земной системы координат задается углом  $\Phi$  отклонения по вертикали и углом  $\Theta$  между проекцией элемента на горизонтальную плоскость и плоскостью меридиана.

Вычислительная система, структурная схема которой показана на рис.2, представляет собой пакет различных программ, работающих более чем в 20 режимах и управляемый программой-диспетчером. Вычислительная система работает по следующему алгоритму:

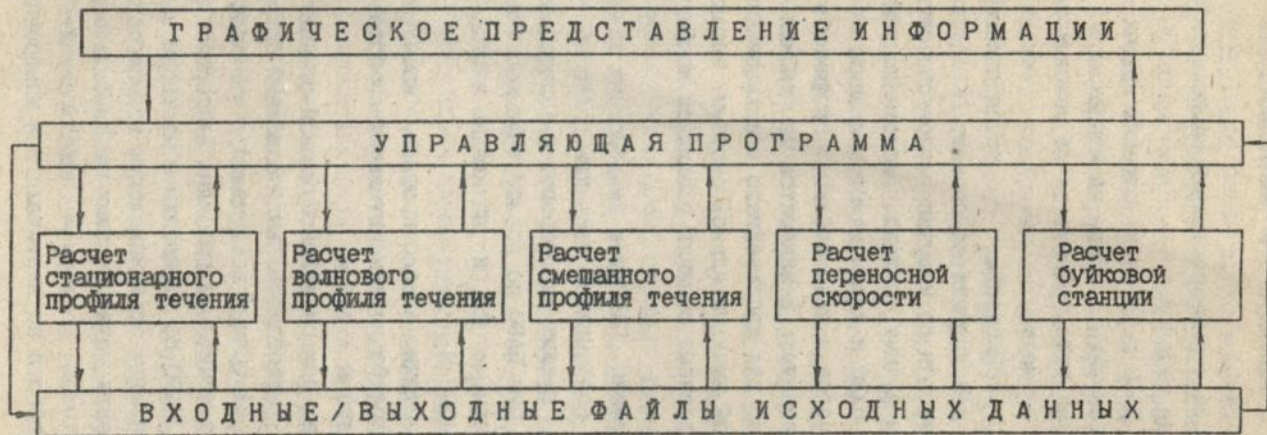


Рис.2 Структурная схема программно-математического обеспечения ПАБС

1. Рассчитываются стационарные и нестационарные двумерные профили возмущающих течений.

2. ПАБС с выбранными характеристиками компонент "устанавливается" в созданное поле течений.

3. Все компоненты ПАБС делятся на отрезки прямых - сегменты, негибкие с тремя степенями свободы на концах.

4. Параметры течения интерполируются из узловых точек профиля на глубину центра сегмента.

5. Вычисляются компоненты гравитационных и гидродинамических сил, действующих на сегмент.

6. Итерационным методом из условия равновесия сегмента определяются его наклон и азимут наклона. Расчеты начинаются с самого верхнего сегмента ПАБС и заканчиваются нижним.

7. Результаты расчетов в виде таблиц и графиков выдаются на экран дисплея, на цифропечать и заносятся на гибкий и жесткий диски ПЭВМ в виде файлов для дальнейшего использования.

С помощью созданной вычислительной системы выполнено множество расчетов притопленных станций различной конфигурации для глубин 500...6000 м.

Исследования поведения ПАБС при взаимодействии стационарных и нестационарных течений показывают, что при глубине постановки 500 м и максимальной амплитуде скорости стационарного течения 120 см/с уход несущего буйа ПАБС по горизонтали достигает 150 м, наклон нижней компоненты - 23 и натяжение в точке крепления якорной линии к бую - 4000 Н.

При взаимодействии нестационарного профиля, кроме этого, наблюдаются вертикальные колебания измерительных приборов и других элементов ПАБС с амплитудой 4...6 м.

Особенности реакции притопленной буйковой станции на взаимодействие неоднородных и нестационарных колебаний скорости течения состоит в сильной фильтрации возмущений, что проявляется в значительно меньшей изменчивости профилей векторов горизонтальных смещений компонент ПАБС по отношению к векторам течений.

Расчеты также показывают принципиальную возможность нахождения оптимального сочетания металлических и синтетических компонент буйрепа ПАБС. При этом критерием может служить величина ухода измерительных приборов по вертикали при измерении скорости

течения.

В третьей главе рассмотрены вопросы разработки и создания автоматических метеокомплексов для установки на стационарных поверхностных буйковых станциях. Предусмотрена возможность их установки на научно-исследовательских судах, морских и океанских платформах, береговых метеорологических и экологических пунктах.

Важным моментом при создании метеокомплекса является определение интервала дискретности измерений. В научной литературе исследовано много различных критериев определения оптимальных значений интервала дискретности измерений. В работе рассмотрены два подхода к выбору дискретности измерений:

1. Из известного соотношения для непрерывного спектра, например, скорости ветра вычисляется спектр перекрытия, соответствующий методической погрешности дискретизации. Величина дисперсии спектра перекрытия, приравнивается к инструментальной погрешности измерителя. Из этого условия можно получить значение дискретности как для мгновенных, так и для осредненных прибором измерений.

2. Вероятностный способ, который связан с ограничением на заданном уровне неопределенности в вычислении осредненных значений метеозаэлементов за заданные интервалы времени.

Оба способа дают примерно одинаковые результаты и позволяют установить ряд дискретностей для измерения метеопараметров из следующих величин: 5, 10, 20, 30, 60 минут.

Структурная схема автоматического метеокомплекса, показанная на рис.3, обеспечивает гибкое управление процессом выполнения долговременных непрерывных измерений. Имеется возможность по командам с радиоканала (при установке на поверхностном бую) или с пульта управления (при установке на судне) выбрать любую из приведенных выше дискретностей автоматических измерений метеопараметров, включить аппаратуру в один из четырех режимов работы, отключить вышедший из строя измерительный канал, не нарушая ритма измерений, осуществить контроль напряжений источников питания и токов потребления в узловых точках аппаратуры с помощью системы встроенного телеметрического контроля. Характеристики измерительных каналов автоматического метеокомплекса приведены в табл.1.

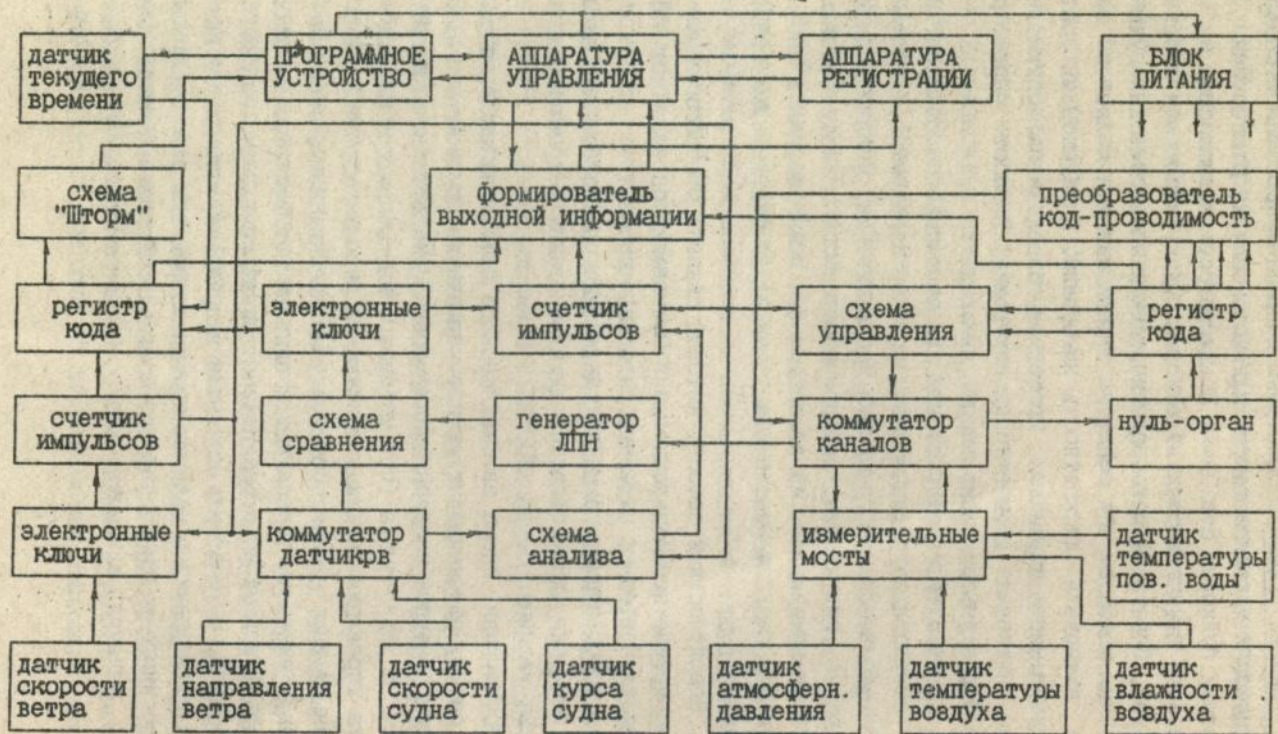


Рис.3 Структурная схема автоматического измерительного метеоконплекса

Характеристики автоматического метеокомплекса

Параметр	Диапазон изменения	Погрешность
Скорость ветра, м/с	0.7...40	(0.5±0.05V )
Направление ветра, град.	0...360	3
Температура воздуха, С	-10...32	0.1
Температура пов. воды, С	-2...32	0.1
Отн. влажность воздуха, %	30...100	5 при T > 0
Атмосферное давление, гПа	980...1040	0.4
Скорость судна, узлы	0...15	(0.5±0.05V )
Курс судна, град.	0...360	3
Текущее время, часы	0...24	1с/сут
Дискретность, мин.	5, 10, 20, 30, 60	-

Для первичной и вторичной обработки информации, полученной метеокомплексом, разработано и создано программно-математическое обеспечение для ЕС ЭВМ и ПЭЭМ, созданы библиотеки данных с записью реальных величин измерений в рейсах НИС "Академик Вернадский" (23, 25, 27).

Автоматический метеокомплекс прошел большую серию натуральных испытаний как в составе АБС "Скат", так и в судовом варианте. С его помощью получен и обработан большой объем информации в Черном море и в Атлантическом океане. Он показал высокую эффективность при выполнении измерений на бую, на ходу и в дрейфе судна, при установке на берегу, что подтвердило правильность основных технических решений и методик его использования в различных натуральных условиях.

Метеокомплекс позволяет вести круглосуточную работу на судне в течение 3...4 месяцев при обслуживании одним оператором. Методическое и программное обеспечение позволяют эффективно использовать метеокомплекс на научно-исследовательских судах при выполнении разрезов, полигонов, многосуточных станций, трансатлантических разрезов, вести исследования во фронтальных зонах океана.

## Основные результаты работы.

1. Разработаны структурные и функциональные схемы автоматического буйкового комплекса "Скат", обеспечивающие смену дискретности измерений, гибкий и всесторонний контроль и управление работой каждого измерительного канала, регистраторов, запоминающих устройств, передатчиков и системы энергоснабжения станции по командам приемо-передающего центра. Эти решения практически проверены при создании буйковой станции "Скат".

2. Получены данные опытной эксплуатации автоматической буйковой станции "Скат" в натуральных условиях в Черном море и в Атлантическом океане в период с 1966 по 1978 годы. Выполнено 12 постановок АБС, две из них имели продолжительность 6-8 месяцев. Гидрометеорологическая информация с АБС "Скат" использовалась Гидрографической службой Черноморского флота и метеорологической службой Севастополя для оперативного прогнозирования обстановки в Черном море. Эти данные подтвердили правильность принятых научно-технических решений.

3. В 1971-72 гг., впервые в СССР, на базе комплекса "Скат" проведен эксперимент по передаче информации с АБС, установленной в Черном море, через активный ретранслятор на искусственном спутнике Земли "Космос-426" в береговой командно-информационный центр "Наука" МГИ АН Украины. За время эксперимента, продолжавшегося более 7 месяцев, проведено 276 сеансов связи буй-ИСЗ-берег. Результаты эксперимента подтвердили высокую эффективность комплекса для передачи гидрометеорологической информации через ИСЗ при производстве долговременных гидрофизических измерений.

4. Разработана вычислительная система для выполнения полного гидродинамического расчета притопленных буйковых станций, которая представляет собой пакет программ, состоящий из отдельных модулей, управляющей программы-диспетчера и библиотек исходных технических характеристик всех компонент притопленной станции, а также библиотек профилей возмущающих течений и библиотек промежуточных результатов расчета, необходимых для успешного выполнения всех шагов задания. Вычислительная система может работать более чем в 20 различных режимах. Выполнено большое число гидродинамических расчетов ПАБС для глубин от 500 до 6000 м.

5. Численные расчеты показали, что притопленная буйковая система совершает вращательные и колебательные движения под действием нестационарных и неоднородных профилей течения, интегрируя высокочастотные составляющие возмущающих сил.

6. Разработаны структурные и функциональные схемы автоматического метеоконплекса в составе буйковой станции с возможностью установки на научно-исследовательских судах, обеспечивающие выполнение долговременных измерений метеорологических параметров в приводном слое атмосферы. В структуре метеоконплекса предусмотрена возможность изменения по командам с пульта управления дискретности измерений, числа базовых и служебных измерительных каналов, подключения дополнительных каналов, например, экологических, что обеспечивает возможность проведения научных исследований в различных диапазонах изучаемых процессов и расширяет набор решаемых исследовательских задач. Научно-технические решения практически проверены при создании автоматического метеоконплекса, который использовался в составе буйкового конплекса "Скат" и в судовом варианте.

7. Программно-математическое обеспечение, разработанное и созданное для метеоконплекса, организовано в виде пакета, позволяющего производить: а) первичную обработку исходной информации; б) накопление данных на долговременных носителях ЕС ЭВМ и ПЭВМ; в) вторичную обработку метеорологических параметров.

8. Получены данные многократных натурных испытаний метеоконплекса в реальных условиях в Черном море при установке на АБС "Скат" и в океане при использовании в качестве судового измерительного конплекса. С его помощью получен и обработан большой объем информации об изменчивости элементов приводного слоя атмосферы. Это подтверждает правильность научно-технических решений, заложенных в структуру созданной аппаратуры.

Таким образом, созданные в работе аппаратные, программно-математические и методические средства долгосрочных океанографических измерений надежно апробированы в натурных условиях, широко использовались при выполнении различных национальных и международных программ, с их помощью получен и обработан обширный материал измерений, ведется разработка перспективных океанографических конплексов.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Аюблагов В.Г., Васильев Л.Н., Гапамаджян С.С., Доценко С.В., Ерошко А.А., Забурдаев В.И., Назаров В.С., Парамонов А.Н., Петров В.А., Сытников В.Ф. Автоматическая буйковая станция. // ЭИ МГИ АН УССР. Проблемы получения и обработки информации о физическом состоянии океана. Севастополь, МГИ АН УССР, 1967, №8, с.115-121.
2. Булгаков Н.П., Ерошко А.А., Лебедева Т.П. Некоторые особенности поля температуры поверхностного слоя океана над Срединно-Атлантическим хребтом. Деп. в ВИНТИ 04.07.84, N 4667-84Деп., Рж. Геофизика, 1984, N 10.
3. Гайский В.А., Ерошко А.А. Многоканальная телеметрическая система. Заявка N4781059/24-(5595). (Реш. 24/3 от 05.09.91).
4. Гапамаджян С.С., Ерошко А.А., Будников И.П. Контрольно-проверочная аппаратура автоматической буйковой станции. // ЭИ N14. Автоматизация научных исследований морей и океанов. Симпозиум, 1968, ч. 1. Севастополь, МГИ АН УССР, 1969, с.244-252.
5. Гапамаджян С.С., Ерошко А.А., Назаров В.С. О некоторых результатах постановки автоматической буйковой станции. // ЭИ. Промысловая океанология и подводная техника, N 7 (дополнительный выпуск), 1973, с.33-35.
6. Гапамаджян С.С., Ерошко А.А., Поплавская М.Г. Некоторые результаты обработки информации, полученной при помощи АБС. -В кн.: Морские гидрофизические исследования. Севастополь, МГИ АН УССР, 1975, N1, с.125-128.
7. Дворянинов Г.С., Ерошко А.А., Прусов А.В., Статистические характеристики метеозлементов у границы раздела атмосфера-океан в тропической Атлантике. // Морской гидрофизический журнал. -К.: Наукова Думка, 1986, N 2, с.20-25.
8. Ерошко А.А., Павловский И.В., Сулейманов В.Ф. Особенности систем питания, применяемых в аппаратуре для морских исследований. В кн.: Материалы областной конференции молодых ученых Крыма. Симферополь, 1969, с.178-179.
9. Ерошко А.А., Эпштейн Е.М. Обмен информацией между радиоцентром НИС и береговым радиоцентром в автоматизированной оис-

теме сбора и обработки гидрофизической информации. В кн.: Автоматизация научных исследований морей и океанов. Симпозиум, 1971, ч. 2. Севастополь, МГИ АН УССР, 1972, с.27-31.

10. Ерошко А.А., Перерва А.С., Щетинин Ю.Т., Щетинина Л.А. Канал ввода-вывода гидрофизических данных с телеметрических буйев через радиоканал в ЭЕМ М-220М. В кн.: Морские гидрофизические исследования, №2. Севастополь, МГИ АН УССР, 1972, с.101-109.

11. Ерошко А.А., Кулешов С.В., Павловский И.Б., Эпштейн Е.М. Результаты работы автоматической буйковой станции АБС-3 в режиме измерения и передачи информации на береговой радиопункт. - В кн.: Автоматизация научных исследований морей и океанов. Симпозиум, 1971. Севастополь, МГИ АН УССР, 1972, с.20-26.

12. Ерошко А.А., Павловский И.Б. Система телеметрического контроля автоматического буйкового комплекса. В кн.: Автоматизация научных исследований морей и океанов. Симпозиум 1971, ч. 2, Севастополь, МГИ АН УССР, 1972, с.42-47.

13. Ерошко А.А., Коржан Г.А., Павловский И.Б., Присекин В.А., Щетинин Ю.Т. Центр сбора и обработки информации с автоматических буйковых станций. В кн.: Морские гидрофизические исследования. Севастополь, МГИ АН УССР, 1976, №4, с.137-143.

14. Ерошко А.А., Назаров В.С. Автоматические телеметрические буйковые станции. В кн.: Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Изд. 2-е, перераб. и дополн. -Л.: Гидрометеодат, 1977, гл. 21, с.505-547.

15. Ерошко А.А., Павловский И.Б. Автоматизированная система для измерения основных метеорологических элементов в приземном слое атмосферы. // Автоматизация научных исследований морей и океанов. Севастополь, МГИ АН УССР, 1980, с.102-104.

16. Ерошко А.А., Павловский И.Б. Судовой автоматизированный комплекс аппаратуры для измерения основных метеозадающих элементов. В кн.: Морские гидрофизические исследования. Севастополь, МГИ АН УССР, 1980, №1(88), с.172-179.

17. Ерошко А.А., Павловский И.Б. Автоматизированная аппаратура для исследования гидрометеорологических полей. В кн.: Технические средства для Гос. системы контроля природной среды. Всесоюзный семинар. Обнинск, ЦКБ ГМП, 1981, с.221-223.

18. Ерошко А.А., Павловский И.Б., Шмырева И.Г. Математичес-

кое обеспечение судового автоматического метеокомплекса. В кн. Технические средства для Гос. системы наблюдений и контроля природной среды (ГСКП). Второй всесоюзный семинар. Обнинск, ВНИИ ГМИ, ЦКБ ГМП, 1983, с.109-110.

19. Ерошко А.А., Павловский И.Б. Соотношение суточной и межсуточной изменчивости метеозлементов в прибрежной части Черного моря. Деп. в ВИНТИ 02.08.85, N 5801-85Деп.

20. Ерошко А.А. Методы и средства автоматизированного сбора информации о приводном слое атмосферы. В кн.: Проблемы метрологии гидрофизических измерений. Всесоюз. конференция, тез. докл. -М.: Изд. ВНИИФТРИ, 1990, с. .

21. Ерошко А.А. Судовой метеозокологический измерительный комплекс. Тезисы докл. 3 семинара "Системы экологического контроля вод. Севастополь, МГИ АНУ, 1991, с.33.

22. Ерошко А.А. Программное обеспечение метеозокологического измерительного комплекса. Тезисы докл. 3 семинара "Системы экологического контроля вод. Севастополь, МГИ АНУ, 1991, с.104.

23. Ерошко А.А. Автоматизация сбора информации о приводном слое атмосферы. В сб. Автоматизированные системы контроля состояния морской среды. Севастополь, МГИ АНУ, 1992, с.34-41.

24. Ерошко А.А. Задачи вторичной обработки данных с автоматического метеокомплекса. В сб. Автоматизированные системы контроля состояния морской среды. Севастополь, МГИ АНУ, 1992, с.42-45.

25. Ерошко А.А. Алгоритм и программа для расчета притопленных буйковых станций. Расш. тезисы докл. школы "Автоматизация гидроэкологических исследований". Севастополь, МГИ АНУ, 1992, с. 34-36.

26. Ерошко А.А., Кушнир В.М. Численное моделирование подповерхностной буйковой станции в условиях взаимодействия стационарных и нестационарных течений. // Гидрофизический журнал. Севастополь, МГИ АНУ, (в печати).

27. Заикин В.М., Ерошко А.А., Колтаков Ю.Н., Кушнир В.М., Ремчуков В.И. Разработка технологии долговременных автономных измерений параметров водной среды. Расш. тезисы докл. школы "Автоматизация гидроэкологических исследований". Севастополь, МГИ АНУ, 1992, с.31-33.

28. Заключительный отчет по теме "Разработка экспедиционной автоматической буйковой станции" N гос.рег.71059223, 1975, 191с.

29. Колесников А.Г., Нелено В.А., Ковтуненко В.М., Доценко С.В., Ерошко А.А. Ретрансляция океанографической информации с автоматической буйковой станции при помощи ИСЗ "Космос 426". Докл. АН СССР, 1977, т.234, N1, с.49-52.

30. Парамонов А.Н., Анблагов В.Г., Ерошко А.А., Комплекс аппаратуры автономной буйковой станции. // ЭИ МГИ АН УССР N11. Автоматизация научных исследований морей и океанов. Симпозиум 1968, ч.1. Севастополь, МГИ АН УССР, 1968, с.76-87.

31. Парамонов А.Н., Ерошко А.А., Иванов А.Ф., Кушнир В.М. Методика комплексных исследований мезомасштабных процессов в океане. В кн.: 1 съезд советских океанологов. Тезисы докладов. Вып.1. Физика океана. Морская техн. -М.: Наука, 1977, с.79-80.

32. Парамонов А.Н., Ерошко А.А. Предварительные результаты исследования изменчивости метеорологических характеристик в 31-м рейсе НИС "Михаил Ломоносов". // Морские гидрофизические исследования. Севастополь, МГИ АН УССР, 1977, N 4, с.167-178.

33. Сизов А.А., Ерошко А.А. Мезомасштабная флюктуация гидрометеорологических полей в приводном слое атмосферы тропической Атлантики. В кн. Первый глобальный эксперимент ПИГАП. т.5. -Л.: Гидрометиздат, 1982, -с.24-34.

34. Сизов А.А., Ерошко А.А. Мезомасштабная структура гидрометеорологических полей в приводном слое атмосферы Тропической Атлантики. В кн.: 2 Всесоюзный съезд океанологов. Ялта, 1982.Тез. докл. Севастополь, МГИ АН УССР, 1982, вып.1, с.77-78.

35. Сизов А.А., Ерошко А.А. Динамические и тепловые процессы в Черном море у южного берега Крыма как реакция на крупномасштабные аномалии циркуляции атмосферы в Северной Атлантике. Докл. АН Украины (математика, естествознание, технические науки). -К.: Наукова Думка, 1991, N 12, с.139-142.

36. Сизов А.А., Ерошко А.А., Куклин А.К. О связи количества осадков, температуры воды и уровня моря у южного берега Крыма с параметрами крупномасштабной циркуляции атмосферы в северной Атлантике. // Океанология, Т32, вып.3, 1992, -с.446-451.

37. Erochko A.A., Koulechhoff S.V. Groupe de mesure a comande automatique sur bouee, avec transmission des informations par radio. -"Colloque international sur l'Exploitation des Oceans". Bordeaux (France), Mars 1971, Theme 5, Tome 2, Paris, 1971, pp 202-208.

**АВ 29.982**

Отпечатано ИПУ «ЭКОСИ-Гидрофизика»

Зак. 8 тир. 100

---

Севастополь 335000, ул. Ленина, 28