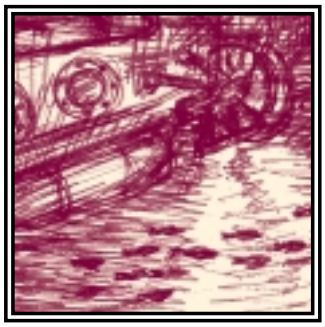

# Информационно-управляющая система необитаемого подводного аппарата

Виталий Вельтищев, Александр Кропотов, Евгений Николаев, Владимир Челышев, Андрей Ходкин

В статье описаны принципы построения и реализации мультипроцессорной информационно-управляющей системы для телеуправляемого необитаемого подводного аппарата «Аква-ЧС»

Необитаемый подводный аппарат (НПА) «Аква-ЧС» предназначен для проведения различных осмотровых и технических подводных работ. В его составе находятся шесть винтомоторных агрегатов для перемещения в водной среде, черно-белая и цветная телекамеры, манипуляционно-технологический комплекс (МТК), состоящий из шестистепенного правого рабочего манипулятора, трехстепенного левого тросореза, магазина сменного инструмента, блока светильников. Внешний вид НПА на предварительных испытаниях в бассейне показан на рис. 1.

На рис.2 представлена его трехмерная геометрическая модель.

Одной из особенностей мультипроцессорной информационно-управляющей системы (МС) аппаратов такого класса является размещение ее составных частей в различных местах НПА и судна-носителя. Поэтому МС строится как распределенная система управления. Каждая часть выполняет свои функциональные задачи и связана с пультом управления оператора (ПУ), расположенным на судне, по информационным каналам. Проектирование МС осуществлялось из условий минимума количества линий связи между ее составными частями, простоты наладки, настройки, эксплуатации и диагностики НПА без разбора его прочных корпусов, высокой надежности и живучести.

Хотя различные функциональные задачи составных частей МС выдвигают неодинаковые требования к аппаратным средствам, желательно сохранить единый подход к разработке и эксплуатации МС. Структурная схема МС приведена на рис.3.

## Организация потоков информации

На сегодняшний день в отечественной и мировой практике принят блочно-модульный принцип организации микропроцессорных систем. При этом важную роль играет общее связующее звено между элементами МС, которое часто определяет параметры всей системы и условия ее развития. В нашем случае МС реализована как распределенная система управления, объединенная в локальную сеть. Информационная связь между составными частями МС выполнена на основе интерфейса RS-485, так как такая организация сети допускает простую наращиваемость и модифицируемость системы, минимальное количество жил в кабеле связи между составными частями МС, а также достаточную скорость обмена (до 115 кбод). Логически коммуникационные средства комплекса разделены на следующие элементы: сеть НПА, сеть ПУ, модемный канал связи ПУ-НПА.

Сеть НПА содержит 4 узловых модуля: два микропроцессорных модуля управления на базе ОЭВМ 1830ВЕ31, центральный модуль управления на базе одноплатной ЭВМ MicroPC для управления манипуляторами и вычислительный модуль датчиков пространственного положения НПА, реализованный также на базе одноплатной ЭВМ MicroPC. Физически сеть поддерживает интерфейс RS-485 (дифференциальная пара). Обмен информацией по сети кадровый, в полудуплексном режиме, с выделенным ведущим. Кадр содержит последовательно следующие поля: преамбула, адрес получателя, адрес отправителя, тип кадра, номер кадра, поле данных, маркер конца кадра. Длина кадра является постоянной величиной для каждого конкретного типа кадра.

Все поля кадра, кроме преамбулы и маркера конца, защищены кодом Хем-



(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru



**Рис. 1. Вид подводного аппарата во время предварительных испытаний в бассейне**

минга со скоростью 4/8, способным исправить 1 ошибку и обнаружить 2 при передаче 1-го байта (байт в этом случае содержит 4 информационных и 4 проверочных бита). Такая избыточность введена, исходя из особенностей эксплуатации НПА, и призвана снизить до пренебрежимо малой величины вероятность возникновения в канале нераспознаваемых ошибок в условиях нестационарных помех, вызванных работой электронного оборудования на борту НПА. Принятые поля данных, содержащие неисправимые ошибки, игнорируются, что не приводит к серьезным последствиям, благодаря периодической передаче по каналу всего набора параметров. Таким образом, возникновение неисправимых ошибок приводит только к запаздыванию передачи информации на время такта передачи набора параметров.

Модемный канал связи НПА-ПУ представляет собой соединение типа «точка-точка» с двумя контроллерами MicroPC в качестве терминалов. Протокол обмена подобен рассмотренному ранее, однако используется другое подмножество типов кадров и обмен происходит в полностью дуплексном режиме. Передачу сигналов по кабельной линии обеспечивает модем собственной разработки, подключаемый к интерфейсу RS-232 MicroPC и обеспечивающий скорость передачи 115 кбод.

Сеть ПУ содержит 3 узловых модуля: два микропроцессорных модуля управления и модуль управления на базе MicroPC. Сеть использует интерфейс RS-485 в полудуплексном режиме, сеть ПУ поддерживает описанный протокол сети НПА и модемного канала. Ведущими в сетях НПА и ПУ являются центральные модули управления.

## Аппаратные средства системы

Аппаратной основой МС являются модули управления и центральные модули управления.

В качестве микропроцессорного модуля управления используется собственная разработка на базе однокристальной микроЭВМ 1830ВЕ31 и согласующих устройств на основе многоканальных АЦП и ЦАП, а также микросхем дискретного ввода/вывода. ОЭВМ 1830ВЕ31 выбрана в силу достаточного быстродействия (тактовая частота до 24 МГц), малых габаритов, довольно высокой степени внутренней интеграции и наличию развитого встроенного последовательного интерфейса.

В качестве центрального модуля управления для вычислений верхнего уровня использована одноплатная микроЭВМ MicroPC, выпускаемая фирмой Octagon Systems (США). MicroPC была выбрана в силу целого ряда соображений. Фирма Octagon Systems ориентируется на промышленные системы и выпускает продукцию в соответствии со стандартом качества ISO-9001. Необходимо также отметить высокую надежность (среднее время наработки на отказ более 100 000 часов), широкий температурный рабочий диапазон (-40...+85°C), малые габариты плат (120×114 мм), низкое энергопотребление, высокую степень совместимости с универсальными ПЭВМ на базе процессоров Intel, наличие встроенной в ПЗУ операционной системы MS-DOS и достаточного объема флэш-памяти для нужд пользователя.

Современные тактико-технические характеристики МС применительно к НПА и условия ее работы требуют создания малогабаритных пультов оператора с информационно-емкой индикацией, позволяющей эффективно эксплуатировать данные системы. Самой важной составляющей таких пультов управления оператора является индикаторное устройство. Условия работы диктуют, чтобы индикаторы ПУ имели малые размеры и массу, отличались высокой механической прочностью, не нагревались, имели низкое напряжение питания и малую потребляемую мощность. Всем этим требованиям наиболее полно соответствуют электролюминесцентные индикаторы (ЭЛИ). К достоинствам ЭЛИ, кроме того, относятся высокая яркость, малая инерционность (<1 мс), длительный срок службы, большой угол обзора. Поэтому в качестве отображающего устройства ПУ был использован электролюминесцентный индикатор EL640.480.AA1 фирмы Planar (США). Этот высоконадежный малогабаритный индикатор позволяет решать задачи отображения пространственного положения НПА, контроля состояния его систем в графическом и буквенно-цифровом виде.

## Особенности отображения пространственной информации

Одной из проблем управления сложным технологическим оборудованием, установленным на НПА, является трудность получения объемного изображения относительного положения НПА,

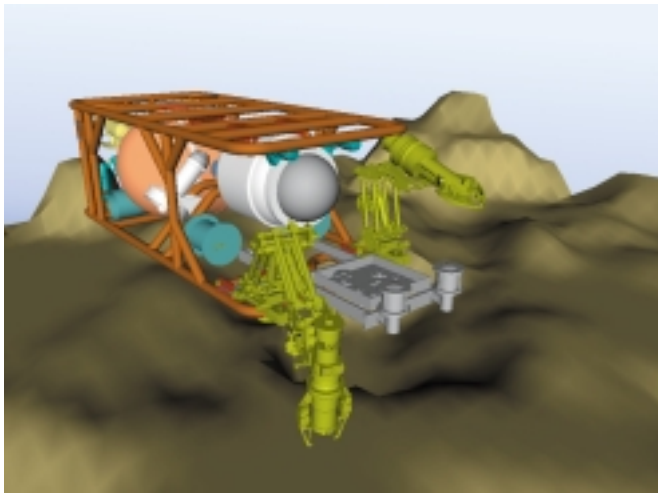

**Рис. 2. Трехмерная геометрическая модель подводного аппарата**



(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

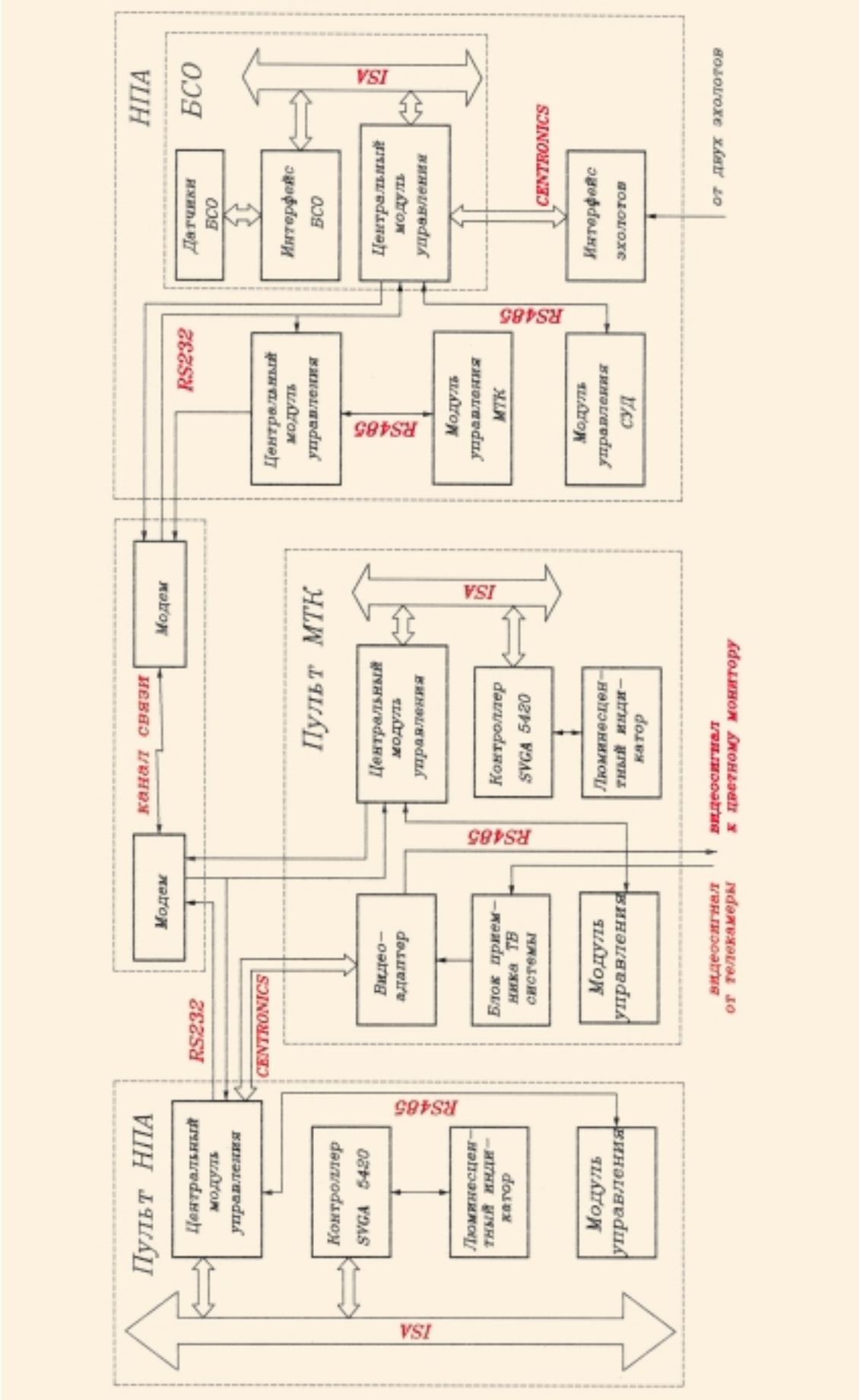


**Рис. 3. Структурная схема мультипроцессорной информационно-управляющей системы подводного аппарата «Аква - ЧС»**

**Принятые сокращения:**
НПА – необитаемый подводный аппарат,
МТК – манипуляционно-технологический комплекс,
БСО – бесплатформенная система ориентации,
СУД – система управления движением.



(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

его рабочей зоны и манипуляторов через плоскую картинку на видеомониторе. Для решения этой задачи был применен оригинальный графический интерфейс оператора, который позволяет существенно повысить эффективность выполнения технологических операций. Особенностью разработанного графического интерфейса является отображение на экране трехмерной проволочной модели НПА, судна-носителя, а также манипуляционно-технологического комплекса. Модели строятся в соответствии с фактическими показаниями навигационной системы НПА и датчиков положения всех степеней манипуляторов в режиме реального времени.

Исходная структура проволочной модели разрабатывается в САПР AutoCad. Это позволяет до минимума сократить сроки проектирования исходной структуры необходимой конфигурации.

Для обеспечения в процессе работы графического интерфейса приемлемой скорости пересчета положения и вывода на экран элементов проволочной структуры рекомендуется использование в модели не более 500...1000 линий. Линии группируются в объекты. Каждый объект имеет собственную систему координат, которая определяет необходимую ориентацию и положение объекта в пространстве относительно глобальной системы координат всей модели.

Процесс отображения на экране проволочной модели происходит в несколько стадий:

- по данным, приходящим с датчиков, или по вычисляемым параметрам пересчитывается положение объектов в модели относительно друг друга, а также ориентация объектов в пространстве;
- вычисляется матрица проецирования модели на экран дисплея;
- по полученным данным выполняется отображение на экране трехмерной динамической модели с использованием метода проецирования пространственной структуры на плоскость.

Данный метод позволил отображать трехмерную геометрическую модель НПА, судна-носителя и двух манипуляторов в режиме реального времени. При этом была достигнута достаточная частота обновления и перерисовки моделей на экране (около 3...4 Гц). Внешний вид графического интерфейса пульта оператора НПА в режиме управления движением НПА представлен на рис. 4, в режиме управления МТК – на рис. 5. Разработанный графический интерфейс позволяет оператору в любой момент времени изменять точку зрения на НПА или МТК.

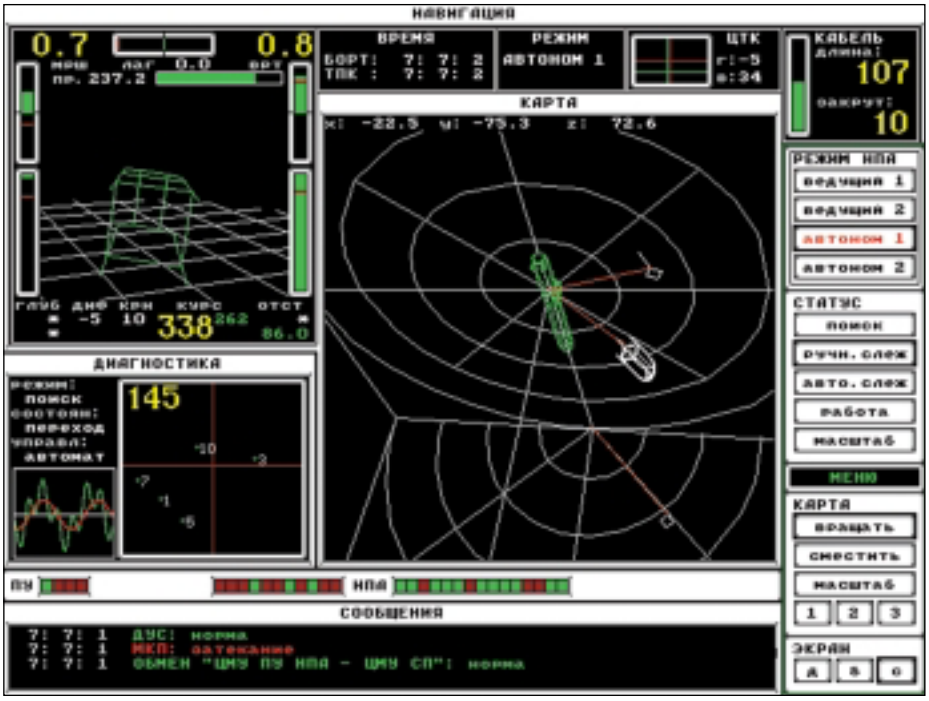


Рис. 4. Интерфейс оператора НПА в режиме управления движением аппарата

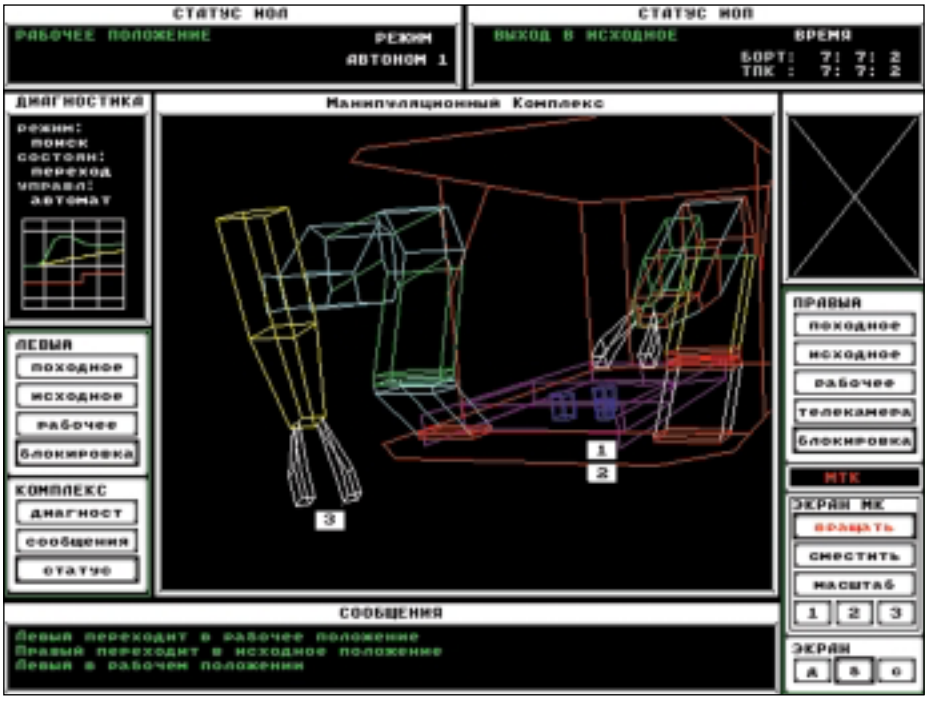


Рис. 5. Интерфейс оператора НПА в режиме управления манипуляторами

Использование данного способа построения графического интерфейса пользователя позволило улучшить визуализацию процессов, происходящих в пространстве рабочей зоны НПА, что расширило возможности наблюдения и управления. ●


(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru