

Давыдов В.С., Богомья В.И., Демичев В.В.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье исследуются особенности состава и конфигурации комплексов ориентации и навигации автономных подводных необитаемых аппаратов (АПНА). При этом анализируется влияние особенностей целевых задач АПНА на состав и конфигурацию комплекса ориентации и навигации (КОН), дается обобщенное представление о структуре и традиционном составе КОН с точки зрения формирования информационного обеспечения в части параметров ориентации и навигации; кратко описывается назначение функциональных блоков комплексов; приводятся конкретные примеры технических решений КОН АПНА.

Ключевые слова: комплексы ориентации и навигации, автономные подводные аппараты, гидроакустические системы, бесплатформенные инерционные навигационные системы.

Общепризнано, что наиболее безопасным и эффективным путем исследования глубин Океана является использование технических средств, обеспечивающих косвенное присутствие человека под водой. Важную роль в этом играют автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА). Автономный необитаемый подводный аппарат представляет собой автоматический самоходный носитель исследовательского и технологического оборудования, способный погружаться в заданный район океана на глубину до 6 км, двигаться по программной траектории, выполнять требуемые работы и по окончании программы возвращаться на обеспечивающее судно или береговую базу. АНПА работает под водой автономно, без связующего кабеля. Передача команд на борт аппарата и телеметрической информации на базовое судно осуществляется с помощью гидроакустической системы связи. Гидроакустическая система (ГАС) совместно с интегральной бортовой навигационной системой (ИБНС) позволяют непрерывно определять местоположение аппарата, а оператору на судне – отслеживать траекторию его движения в реальном масштабе времени. С помощью АНПА в настоящее время выполняются обзорно-поисковые и обследовательские работы в условиях сложного рельефа дна, подлёдные работы, прокладка оптических кабелей, обследование трубопроводов и водозаполненных тоннелей. В научно-исследовательской деятельности – это изучение малых форм рельефа дна океана, поиски и сбор геологических образцов, непрерывное и управляемое картографирование дна океана, контролируемое взятие проб донных осадков и отбуривание кернов и многое другое. Выполнение этих работ с помощью других средств крайне затруднительно или просто невозможно. Также к преимуществам АНПА относятся: малая инерционность; возможность быстрого применения из-за сравнительно малого времени, требующегося на подготовку к работе; сравнительно невысокая стоимость самих аппаратов, их содержания и эксплуатации; отсутствие риска для жизни лица, управляющего аппаратом; целесообразность узкоспециализированного использования АНПА. АНПА обладает значительно большей маневренностью, чем буксируемое средство, высокой степенью точности стабилизации параметров движения (в том числе, в условиях сложного рельефа дна), а также простотой эксплуатации, имеет производительность, не зависящую от глубины. Кроме того, в связи с развитием высоких технологий в области робототехники и электроники, постоянным ростом стоимости водолазного труда, а также необходимостью

выполнения работ на глубинах в несколько тысяч метров, применение АНПА стало реальной альтернативой водолажным работам. АНПА должен выполнять целый ряд функций в процессе обследования:

- ✓ визуальный осмотр внешнего вида подводно-технического объекта;
- ✓ измерение различных технических характеристик объекта;
- ✓ измерение различных гидрофизических параметров среды;
- ✓ обследование акватории.

Одной из главных проблем при создании АНПА является навигационное обеспечение в море. Значительный прогресс в повышении точности определения местоположения АНПА достигнут благодаря использованию СНС с применением системы погружаемых буев, снабженных гидроакустическими приборами (транспондерами). Обобщенное представление о способе определения координат АНПА с помощью гидроакустических систем дает рис. 1[1].

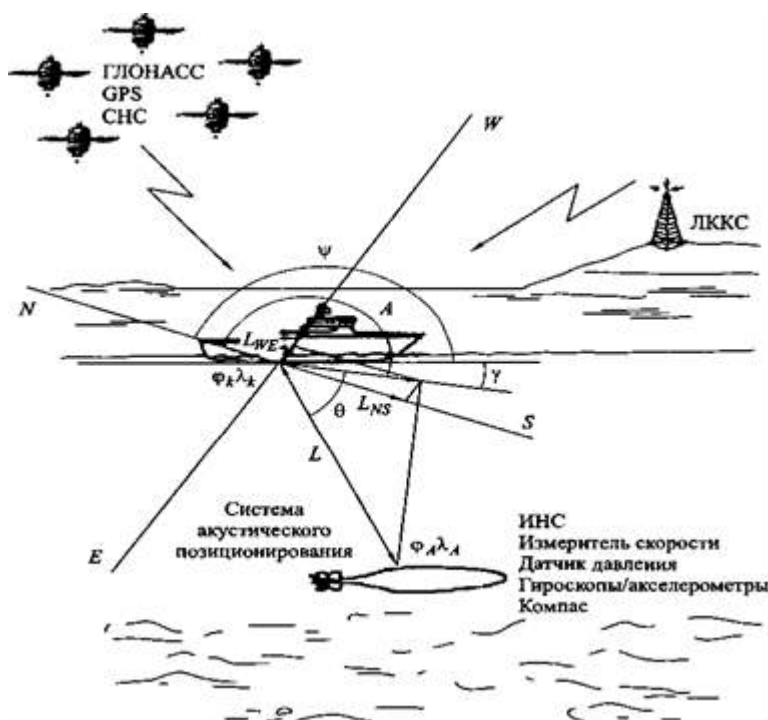


Рис.1. Упрощенная схема способа координирования АНПА с помощью ГАС

Здесь представлены базовое судно и АНПА на удалении L от судна. На рисунке приняты обозначения: φ_k и λ_k ; φ_A и λ_A – соответственно широта и долгота базового судна и АНПА; Ψ – курс базового судна; θ , γ – измеряемые гидроакустической системой базового судна угол заглублиения и пеленг АНПА; A – азимутальный угол АНПА; L_{NS} , L_{WE} – проекции дальности L на северное и восточное направления. Координаты судна известны с высокой точностью из показаний СНС, работающей в дифференциальном режиме, который поддерживается локальной контрольно-корректирующей станцией (ЛККС). Определение местоположения АНПА возможно двумя способами: через показания бесплатформенной инерциальной навигационной системы на борту аппарата и путем объединения данных от СНС и данных акустической навигационной системы. Таким образом, возможно получение измерений путем формирования разностей инерциальных и спутниково-акустических данных и последующая их комплексная обработка. Системы, решающие на борту эти задачи, объединяются в информационно-управляющий комплекс ориентации и навигации (КОН). При разработке алгоритмов КОН АНПА следует учитывать также требуемую точность определения координат объекта обследования и значительное число внешних факторов,

таких как гидрометеорологические и гидрофизические данные акватории в районе объекта исследования, глубина и диапазон изменения глубин, характер грунта, на котором расположен объект обследования и другие. Обобщенная схема комплекса ориентации и навигации автономного подводного аппарата с гидроакустической системой представлена на рис. 2.

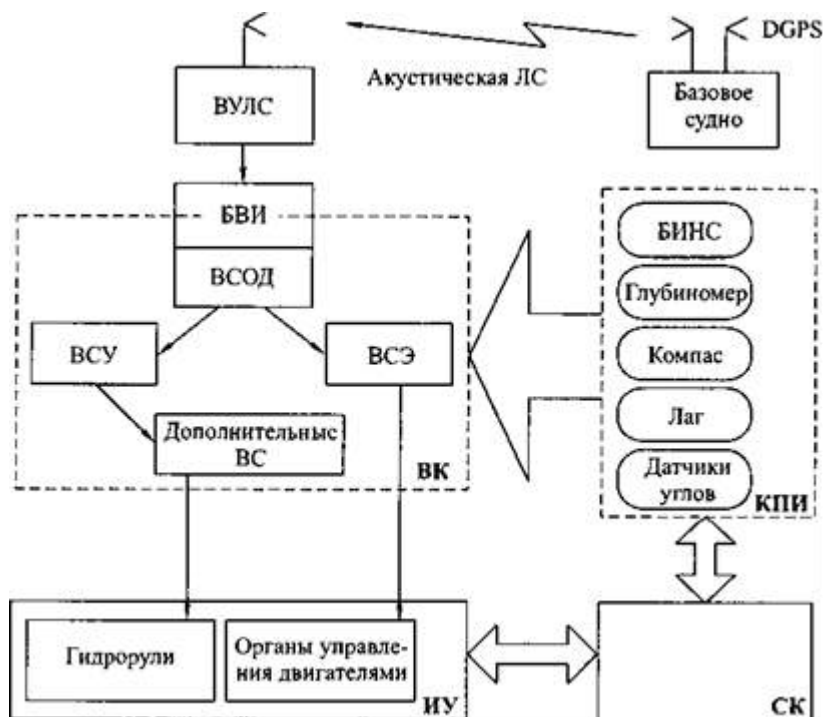


Рис.2. Обобщенная схема построения КОН АНПА с ГАС

ВУЛС – входное устройство линии связи; БВИ – блок ввода информации; ВСУ – вычислительная система; ВСЭ – вычислительная система управления энергетической установкой; ВК – вычислительный комплекс; ИУ – исполняющие устройства; СК – средства контроля подсистем; КПИ – комплекс систем-источников первичной информации; БИНС – бесплатформенная инерциальная навигационная система

В настоящее время имеются данные о целом ряде АНПА с использованием гидроакустических систем, из которых автономное подводное транспортное средство HUGIN 3000, разработанное норвежской компанией Kongsberg Simrad, является, вероятно, одним из наиболее перспективных [5]. Задача HUGIN 3000 заключается в сборе данных для детальной картографии морского дна. Это транспортное средство оснащено мультилучом и другими датчиками для подводных обзоров на глубинах до 3000 м. В состав КОН аппарата HUGIN 3000 включены следующие системы: DVL – доплеровский измеритель скорости; акустическая система HiRAP, использующая и данные DGPS; глубиномер; компас; гироскопы и акселерометры (рис.3).

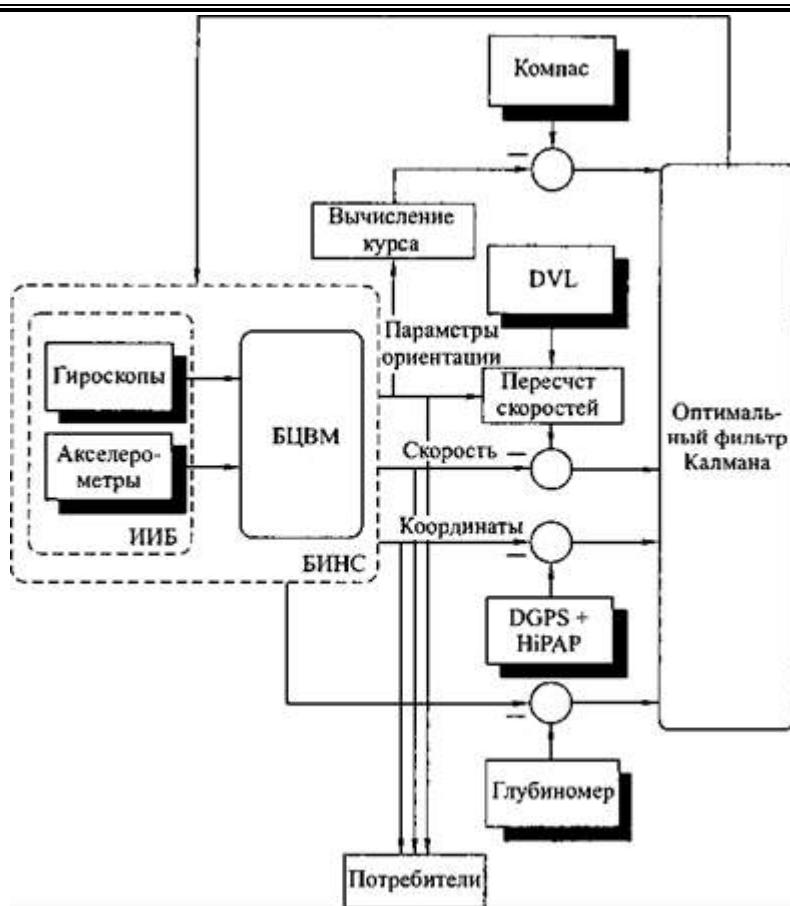


Рис.3. Упрощенная принципиальная схема построения КОИ АНПА HUGIN 3000

Опираясь на опыт использования спутниковых навигационных технологий, следует признать, что высокая точность позиционирования, необходимая для проведения работ на дне, возможна лишь при использовании дифференциального режима работы спутниковой навигационной аппаратуры на базовом судне для определения его координат. При этом базовое специализированное судно должно находиться в зоне действия станции дифференциальных поправок, т.е. не далее, чем в нескольких сотнях километров от ЛККС (расстояние определяется желаемой точностью дифференциального режима). Координировать аппарат по отношению к базовому судну, как показывают исследования, можно гидроакустической системой с достаточной степенью точности. Основной же информационной системой на борту АНПА является БИНС [6]. БИНС предоставляет навигационную информацию, обслуживает систему управления и картографирования. Основным режимом работы БИНС является режим коррекции.

Наиболее оптимальным решением проблемы определения местоположения АНПА, на наш взгляд, является использование ГАС, включающей в себя активный гидролокатор, расположенный на специализированном судне и гидроакустический маяк-ответчик, установленный на АНПА, с помощью которых в реальном режиме времени по направлению и дистанции до маяка-ответчика производится его позиционирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации / Составитель О. А. Степанов; Под общей ред. В. Г. Пешехонова. – СПб.: ГНЦ ЦНИИ «Электроприбор», 2004. – 235 с.
2. Salychev O. Applied Inertial Navigation: Problems and Solutions. – М.: VMSTU Press, Russia, 2004, 304 p.
3. Кузовков Н. Т., Салычев О. С. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация. – М.: Машиностроение, 1982.
4. Гудвин Г. К., Гребс С. Ф., Сальгадо Н. Э. Проектирование систем управления. – М.: Бином, 2004.
5. M Kenneth Gade, Bjorn Jalving. Integrating DGP-USBL Position Measurements with Inertial Navigation in the HUGIN 3000 AUV // 8th Saint-Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, 2001, pp. 173-181.
6. Дмитроченко Л. А., Гора В. П., Савинов Г. Ф. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы: Уч. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1984. – 62 с.

Давидов В.С., Богом'я В.І., Демичев В.В.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ КОМПЛЕКСІВ ОРІЄНТАЦІЇ ТА НАВИГАЦІЇ АВТОНОМНИХ ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРОАКУСТИЧНИХ СИСТЕМ

У статті досліджуються особливості складу і конфігурації комплексів орієнтації та навігації автономних підводних нежилых апаратів (АПНА). При цьому аналізується вплив особливостей цільових задач АПНА на склад і конфігурацію комплексу орієнтації та навігації (КОН), дається узагальнене уявлення про структуру і традиційний склад КОН з точки зору формування інформаційного забезпечення в частині параметрів орієнтації та навігації; коротко описується призначення функціональних блоків комплексів; наводяться конкретні приклади технічних рішень КОН АПНА.

Ключові слова: комплекси орієнтації і навігації, автономні підводні апарати, гідроакустичні системи, безплатформенні інерційні навігаційні системи.

Davydov V., Bogomya V., Demichev V.

CONSTRUCTION PRINCIPLES OF MODERN ORIENTATION AND NAVIGATION COMPLEXES OF AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES WITH SONAR SYSTEMS

The article researches the features and configuration of orientation and navigation systems of autonomous underwater uninhabited vehicles(AUUV).Furthermore it analyses the impact of features AUUV`s targets on the composition and configuration of the of orientation and navigation complex (ONC; also, it gives a generalized picture of the structure and composition of traditional ONC in terms of information provision in the formation of the orientation and navigation parameters; besides it briefly describes the purpose of complexes` functional units; concrete examples of technical solutions of ONC AUUV are provided.

Keywords: orientation and navigation complexes, autonomous underwater vehicles, sonar system, tanning inertial navigational systems.