

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

Е.И. Татаренко

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Предложена концепция построения многоагентной информационно-измерительной системы для полярных исследований. Показаны возможные способы обеспечения энергетической автономности системы. Разработана структура системы управления подводного аппарата, имитационный моделирующий комплекс.

Ключевые слова: арктический бассейн, мониторинг, автоматическая буйковая станция, автономные подводные роботы.

В последнее время во всем мире по определенным геополитическим причинам наблюдается значительное повышение интереса к Арктике. Развития арктических исследований требуют интересы общества, неразрывно связанные с изучением Северного Ледовитого океана, использованием его энергетических, биологических, геологических и др. ресурсов, с хозяйственным освоением полярных регионов.

Для науки, как и для практики, необходимы многолетние круглогодичные наблюдения в одних и тех же районах арктического бассейна и морей.

Однако арктический бассейн Северного Ледовитого океана является самым труднодоступным и сложным для исследования районом Мирового океана в связи с его климатическими и физико-географическими особенностями.

Наиболее перспективными методами изучения арктического бассейна и арктических морей в настоящее время являются синхронные океанографические съемки и стационарные долговременные гидрометеорологические и океанографические наблюдения в постоянных реперных точках и на дрейфующих станциях.

Особенности таких съёмок в арктическом бассейне – их значительная дороговизна, трудоёмкость, организационная сложность, потребность в специальных транспортных средствах, оборудовании и снаряжении.

В силу указанных обстоятельств основным способом комплексного научно-производственного изучения Северного Ледовитого океана и арктического бассейна сегодня остается экспедиционный.

Однако современные транспортные средства, обладающие необходимыми качествами для проведения океанографических работ, такие как мощные атомные ледоколы, научно-исследовательские подводные лодки, дирижабли, самолеты, вертолеты, а также существующие в настоящее время технические средства, приборы и оборудование, используемые в морских экспедициях, не позволяют в полной мере решать научные задачи, предусмотренные в национальных и международных программах по исследованию полярных районов Мирового океана.

Поэтому актуальной задачей становится разработка новой методологии исследований, а вместе с ней современных высокотехнологичных технических средств гидрометеорологических, океанографических и экологических исследований в арктическом бассейне, которые были бы способны:

– не только осуществлять плавание и проводить работы в прикромочной зоне и среди разреженных льдов, но также и проникать в массивы сплоченных льдов или в припайные льды;

– обеспечивать возможность ведения сетцентричных наблюдений в нужных районах с большой продолжительностью во времени и разрешаемостью в пространстве.

При создании таких систем сегодня нет альтернативы разработке автономных необитаемых надводных и подводных средств.

Речь идет об автономных роботизированных измерительных комплексах, ориентированных на самостоятельное выполнение долговременных «интеллектуальных» программ в арктическом бассейне.

В рамках реализации указанного проекта была разработана концепция построения многоагентной информационно-измерительной системы для полярных исследований, разработан оригинальный подводный исследовательский комплекс.

Сущность концепции заключается в массовом использовании двух типов универсальных исследовательских агентов (автономных роботизированных комплексов) – надводного и подводного.

Надводный комплекс представляет собой дрейфующую автономную буйковую станцию (ДАБС), предназначенную для следующих целей:

- измерение гидрометеорологических и океанологических параметров в месте нахождения станции;
- обеспечение двусторонней связи с центром управления;
- выполнение функций приводного маяка для подводных аппаратов;
- выполнение функций источника пополнения запаса энергии подводных аппаратов.

Обширная сеть однотипных ДАБС, свободно дрейфующих в открытой воде или вмороженных в лед, служит для постоянного мониторинга ледовой, гидрометеорологической и океанографической обстановки в пределах всего арктического бассейна. Полученные данные, привязанные к координатной сетке спутниковой системой навигации, с помощью системы связи передаются в центр сбора информации. Эти данные формируют реперную, опорную сеть данных.

Главная проблема, которую необходимо решить при разработке и создании такой сети, – обеспечение энергетической автономности системы. Степенью энерговооруженности во многом определяется и степень общей надежности как буйковой станции, так и всей информационно-измерительной системы. Если не говорить о ядерных источниках, выход из этого положения один – использовать энергию внешней среды.

Анализ возможности использования различных видов энергии океана показал, что вполне реальными источниками пополнения запаса энергии буйковой станции в условиях Арктики могут быть: энергия ветра, температурный перепад, существующий между приповерхностными слоями воздуха и поверхностными слоями воды, солнечная энергия, а также водоактивируемые батареи.

По оценкам В.И. Сидорова [1], северная зона, включающая побережье Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, площадью 6 млн кв. км, с постоянно дующими сильными ветрами, обладает потенциальной мощностью до 180 кВт и может обеспечить выработку до 540 ТВт·ч/год электроэнергии.

Перспективными являются потенциальные возможности температурного перепада, существующего между приповерхностными слоями воздуха и поверхностными слоями воды. В Арктике в зимнее время – практически не менее 8 месяцев в году –

температуры воздуха лежат ниже -20°C при относительно постоянных температурах воды подо льдом $+2 - +3^{\circ}\text{C}$. По данным В.А. Акуличева [2], удельная мощность, получаемая с 1 кв. м площади океана при разности температур воды и воздуха, равной 10°C , составляет примерно 18 кВт/кв. м, при разности 20°C – 60 кВт/кв. м, а при разности 30°C – 125 кВт/кв. м.

Перспективными типами тепловых двигателей, способных работать от тепловых источников низкопотенциального типа, можно считать двигатель Стирлинга и нитиноловый двигатель.

Идеальный термодинамический цикл двигателя Стирлинга обладает термическим КПД, равным максимально возможному теоретическому, и составляет 30-40%. По расчеам С.М. Веймана [3], КПД нитинолового двигателя меняется в диапазоне от 5 до 21% в зависимости от свойств используемого материала.

Заманчивым представляется прямое преобразование тепловой энергии. В основе тепловых энергетических станций на термоэлектрических преобразователях лежит явление Зеебека. КПД такого преобразователя, выполненного на полупроводниковых элементах, достигает 10%.

В условиях полярного дня самой доступной является солнечная энергия. Интенсивность солнечной энергии на поверхности океана составляет несколько киловатт-часов на квадратный метр в сутки. В последние годы промышленностью достигнуты значительные результаты в повышении КПД солнечных панелей. Так, серийные кремниевые преобразователи в настоящее время имеют КПД 14...16%, мелкосерийные – около 25%, а экспериментальные образцы приближаются к КПД 35%.

Хорошо известны водоактивируемые батареи. Наиболее распространена система «магний – хлористая медь». Энергоемкость таких батарей превышает 100 Вт·ч/кг. К недостаткам их относят саморазряд после активации в морской воде и невозможность повторного использования. Такие батареи можно использовать в качестве резервных.

Нестационарность характера природных явлений в Арктике – одно из препятствий на пути развития системной энергетики арктического бассейна, основанной на указанных ресурсах, однако для энергообеспечения радиоэлектронной аппаратуры ДАБС этих источников вполне достаточно.

Для бесперебойной работы буйковая станция должна быть застрахована от случайностей погоды. Поэтому при благоприятных для выработки электроэнергии гидрометеоусловиях избыток энергии океана необходимо запасать впрок. Накопление энергии в условиях низких температур – сложная, но решаемая проблема, для решения которой необходимо дать ответы на два вопроса: в какой удобный вид энергии переработать энергию океана и каким образом хранить эту энергию.

Одним из наиболее проработанных на сегодня является способ переработки и хранения энергии океана в виде электрической энергии, хотя возможно использование и любых эффективных по энергоемкости аккумуляторов, созданных в последние годы, например химических, инерционных и др.

В качестве электрических аккумуляторов возможно использование практически любых современных эффективных аккумуляторов, даже работающих на морской воде в качестве электролита.

Главный недостаток аккумуляторных батарей – падение емкости в условиях пониженных температур. Однако если хранить аккумуляторные батареи подо льдом, где сохраняется практически постоянная температура $+2 - +3^{\circ}\text{C}$, эта проблема становится вполне разрешимой.

Буйковая станция должна обладать способностью противостоять воздействию

на корпус сил сжатия сплоченных многолетних льдов. Для этого поплавков буйковой станции должен иметь форму, способствующую вытеснению его на поверхность ледового покрова при сжатии льдов (как «Фрам» Ф. Нансена).

На наш взгляд, одним из интересных и перспективных направлений при построении *подводных агентов* арктической ИИС является использование роботизированных подводных планеров, которые могут быть использованы как носители аппаратуры для измерения гидробиологических, гидрохимических, гидрофизических и др. параметров морской воды и льда, исследований океанического дна с последующим картографированием данных. Такой аппарат парит в водной среде за счет изменения плавучести корпуса. Перемещение по горизонтали осуществляется изменением дифферента и крена корпуса аппарата.

Планер свободно, по синусоиде, скользит вниз до установленной глубины, затем плавно поднимается к поверхности. При движении измерительная аппаратура планера обеспечивает сбор и накопление необходимой информации. После всплытия в условиях открытой воды аппарат определяет своё местоположение с помощью спутниковой навигационной системы, передает накопленные данные в центр слежения и управления и, если требуется, получает новое задание.

При сплошном ледовом покрове планер по сигналам приводных гидроакустических маяков ДАБС находит ближайшую к нему станцию и пристыковывается к ее подледному стыковочному узлу. После стыковки аппарат переписывает накопленные данные в память ДАБС, производит корректировку своих текущих координат и подзаряжает аккумуляторные батареи от зарядной станции ДАБС.

Аппарат снабжен эффективным навигационным комплексом, включающим в себя инерциальную, спутниковую и гидроакустическую дальномерную навигационные системы (предложено использовать плату GPS Lassen iQ фирмы Trimble, плату акселерометров ABC053, пьезоэлектрический гироскоп ENC-03JA). Точность обсервации в относительной системе координат (организованной в районе работ сетью гидроакустических маяков-ответчиков ДАБС) составляет единицы метров при рабочей зоне 10-15 кв. км.

Планер имеет систему спутниковой связи с центром слежения и управления (Iridium). Запасов энергии литиево-ионных батарей хватает на преодоление более 1000 миль. Длина аппарата – 2 м, размах крыльев – 1,2 м, масса – 40 кг.

Аппарат состоит из неизменяемой части (носителя измерительной аппаратуры), обеспечивающей его передвижение в среде и основные рефлекторные навыки, и специальной, которая может выбираться в зависимости от назначения аппарата.

Информационно-измерительный комплекс состоит из унифицированных сменных модулей (комплексов) датчиков для проведения исследований в соответствии с программой-заданием. Диапазоны измерений и погрешности используемой измерительной аппаратуры определяются в каждом конкретном случае пространственно-временными масштабами изменчивости изучаемых явлений.

При проведении подводных исследований принципиальное значение имеет степень информационной автономности подводного аппарата, т. е. его способность самостоятельно действовать в неизвестной или недостаточно определенной среде.

Традиционные методы управления не всегда эффективны в условиях неполной или недостоверной информации о внешней среде, при деградации части систем (отказах, авариях) или необходимости целенаправленной реконфигурации.

Поэтому для выполнения программы исследований при непредвиденных обстоятельствах исключительное значение имеет «интеллектуализация» системы управления подводного аппарата.

Интеллектуализация аппарата подразумевает также способность его системы управления осуществлять функции анализа сцен и общей обстановки, навигации, ориентирования на местности, сбора и накопления разнообразной информации о среде.

Система управления аппарата должна анализировать показания внутренних и внешних датчиков, формировать виртуальную модель окружающего пространства, управлять исполняющими органами.

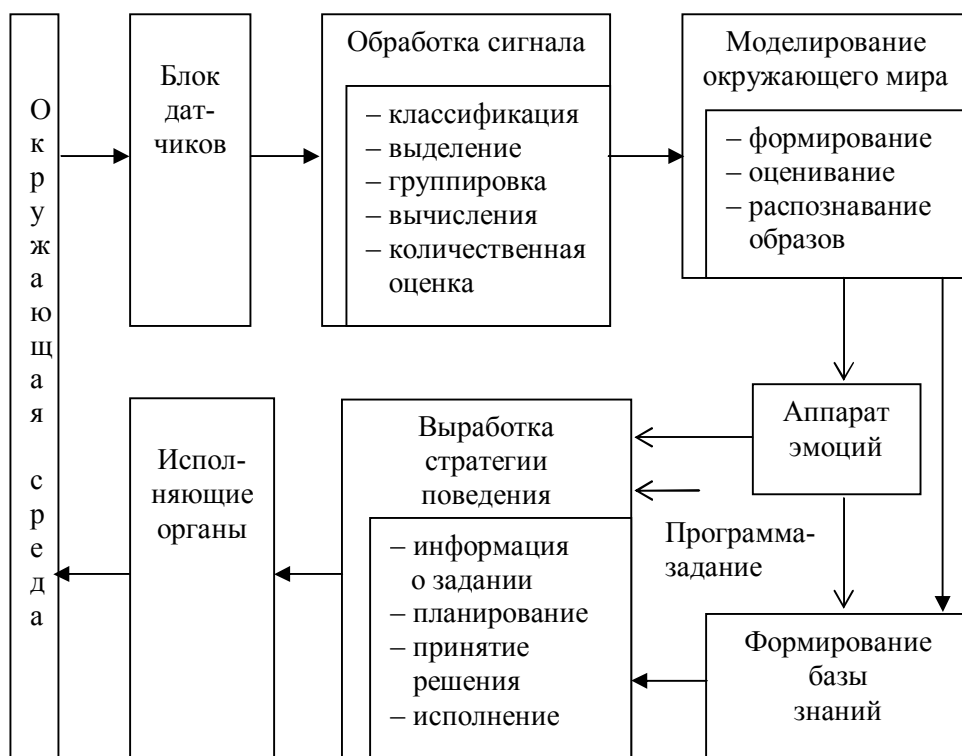
В системе управления реализуется несколько подходов к решению возникающих задач.

1. В основе т.н. «оперативного» подхода лежат мгновенные реакции на изменение окружающей обстановки: например, при возникновении препятствия необходимо совершить обходной маневр; при внезапном затекании прочного корпуса обесточить электронные схемы и немедленно всплывать и пр.

2. «Аналитический» подход предполагает, что решение принимается на основе сопоставления текущей ситуации с базой знаний аппарата. Такой базой могут быть заранее записанные программы, карты дна, отметки глубин, характеристики океанологических полей и др.

3. «Креативный» подход предполагает способность аппарата к самообучению.

В общей схеме системы управления (рис. 1) объект управления взаимодействует с окружающей средой посредством датчиков и исполняющих органов; в управляющую систему входят блоки обработки сигналов, формирования и распознавания образов, база знаний, аппарат эмоций и блок принятия решений.

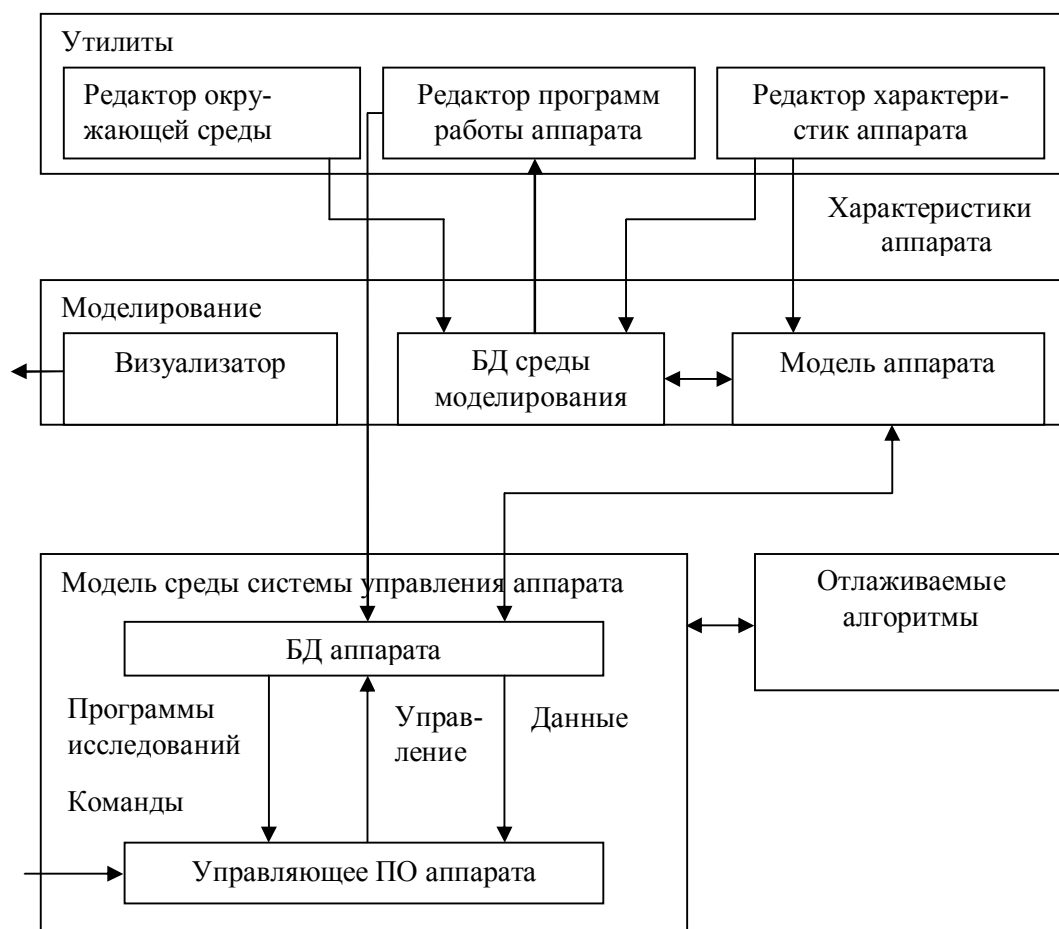


Р и с . 1 . Обобщенная схема системы управления подводного аппарата

Система анализа внешней обстановки базируется на использовании информации от гидролокатора бокового обзора, навигационных эхолотов, ориентированных вниз

(дно) и вверх (лед), и гидролокаторов препятствий, ориентированных вперед-вниз и вперед-вверх. Предусматривается также использование цифровой фото- и видеоаппаратуры. Выработка управляющих сигналов при маневрировании осуществляется с использованием двухслойной нейронной сети. Обучение сети производится по оригинальному модифицированному методу Хебба.

Для повышения эффективности разработки и отладки интеллектуализированной системы управления подводным аппаратом, обеспечения универсальной возможности исследования различных способов управления движением, различных режимов задания траекторий движения разработан один из возможных [4] вариантов имитационного моделирующего комплекса, позволяющий генерировать виртуальную среду, визуализировать движение аппарата и поддерживать в режиме имитации работу сенсорных устройств (рис. 2).



Р и с . 2 . Структурная схема моделирующего комплекса системы управления интеллектуализированного подводного аппарата

В рамках рассматриваемого проекта разработаны основные, системообразующие требования к аппаратам подобного типа. Выработана концепция построения и использования полностью автономных универсальных информационно-измерительных систем для исследований в арктических районах Мирового океана,

включающая состав, элементы инфраструктуры системы исследований, режимы и способы организации совместной работы группы однотипных аппаратов.

Разработана оригинальная конструкция подводного планера, аппаратное, алгоритмическое (включающее в себя алгоритмы управления перемещением планера, разработанные на основе многослойных нейронных сетей, и алгоритмы измерений физических величин (температуры и электропроводности), позволяющие повысить долговременную стабильность и метрологическую надежность измерительных каналов), а также программное обеспечение системы.

Широкое использование указанных средств сбора океанографической и гидрометеорологической информации обеспечит реальную возможность получать карты океанографических элементов, которые подобно синоптическим картам будут представлять «мгновенную» картину физических полей всего арктического бассейна на различных глубинах одновременно с метеорологической обстановкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоров В.И. Об использовании ветроэнергетических ресурсов // Изв. АН СССР. Энерг. и трансп. – 1980. – №3. – С. 73-82.
2. Акуличев В.А. Океан и энергетика // Природа. – 1979. – № 8. – С. 29-37.
3. Вейман С.М. Деформация, механизм явления и другие характеристики сплавов с эффектом запоминания формы // Эффект памяти формы в сплавах. – М.: Металлургия, 1979.
4. Киселев Л.В., Инзарцев А.В., Матвиенко Ю.В. Создание интеллектуальных АНПА и проблемы интеграции научных исследований // Подводные исследования и робототехника. – 2006. – №1. – С. 6-17.

Статья поступила в редакцию 14 июня 2011 г.

UDC 681.3.019

MEASUREMENT SYSTEM FOR ARCTIC RESEARCH

E.I. Tatarenko

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100

We have offered the conception of constructing of multi-agent measurement system for Arctic researches. Possible ways how to make the system independent on external sources of the energy has been shown. We also have elaborated the system to control the under-water unit, and the imitational modeling complex.

Keywords: *Arctic region, monitoring, automatic buoy station, autonomic under-water robots.*