

ОПЫТ СОЗДАНИЯ МОРСКОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ АНПА МАЛОГО КЛАССА

С.Н. Сурин, А.В. Балакин, Е.А. Мусатов, А.С. Челпанов, Ю.Е. Рожков, А.О. Попко

В статье рассматривается опыт создания продуктовой линейки модульных морских робототехнических комплексов легкого класса на базе АНПА. Приводится описание универсальной морской робототехнической платформы, включающей в себя основные функциональные системы АНПА: бортовую систему управления, движительно-рулевой комплекс, бортовую энергетическую систему. В АО «Концерн «НПО «Аврора» в период с 2014 по 2022 год на базе многолетнего задела предприятия в области комплексной автоматизации морской техники создан и прошел все виды испытаний для серийного производства модульный АНПА легкого класса, предназначенный для решения задач освоения Мирового океана в интересах широкого круга потенциальных заказчиков. Кратко описаны внедренные на предприятии технологии, обеспечивающие сокращение сроков создания МРТК, которые включают исследовательское проектирование, непрерывный цикл разработки–изготовления, модельно-ориентированную технологию создания программного обеспечения, адаптивность конструкции и программного обеспечения АНПА к изменению полезной нагрузки. Приводится описание не имеющей мировых аналогов бортовой энергетической системы на базе водородно-кислородного аккумулятора для АНПА малого класса, позволившей достичь преимущества в автономности по сравнению с АНПА того же класса. Также приводятся оригинальные решения, реализованные при создании обследовательского АНПА, позволяющие сочетать преимущества автономного и телеуправляемого АНПА.

Введение

В течение последних десятилетий в мире продолжается значительный рост в области создания морской робототехники – автономных и телеуправляемых НПА. Основные специфические свойства АНПА, способствующие неослабевающему интересу к ним: отсутствие человеческого фактора; модульность и реконфигурируемость под различные миссии; возможность эффективного использования в любых акваториях, подо льдом и в придонном прострaнстве [1, 2].

Повышение возможностей АНПА в ближайшей перспективе будет осуществляться в том числе за счет разработки унифицированных модульных платформ различного назначения с учетом интеграции в их состав, в качестве полезной нагрузки, современных средств технического зрения и иного радиоэлектронного вооружения.

Созданная в АО «Концерн «НПО «Аврора» линейка поисково-обследовательских малых модульных глубоководных АНПА представляет собой ба-

зовую технологическую платформу для отработки практически любых технических решений в заданном классе аппаратов. Использование сменных модулей дополнительного оборудования не только наращивает функциональные возможности АНПА, но и расширяет диапазон их применения.

Модульная структура подводного аппарата реализуется на базовой платформе, состоящей из отсеков бортовой системы программного управления, энергетического отсека и отсека движительно-рулевого комплекса, а также отсеков сменяемой полезной нагрузки. Конструкция корпуса и быстроразъемных соединений позволяют оперативно изменять конфигурацию АНПА для решения различных функциональных задач.

АО «Концерн «НПО «Аврора» в период с 2015 по 2021 г. в инициативном порядке создало комплекс универсальных модульных АНПА со сменной полезной нагрузкой, способный эффективно решать широкий круг задач в районах с глубинами до 1000 м. Комплекс прошел различные виды испытаний и готовится к серийному производству.

Малогобаритный модульный глубоководный АНПА создавался в качестве базовой технологической платформы для отработки технических решений, обеспечивающих оптимизацию его характеристик в заданном классе аппаратов, со способностью наращивать функциональные возможности за счет использования сменных модулей. Отличительной особенностью таких аппаратов является расширение их функциональных возможностей за счет модульно-устанавливаемого поискового и измерительного оборудования.

■ Облик перспективного НПА

Использование АНПА модульной конструкции позволяет производить реконфигурацию аппаратов группировки под различные миссии, а заложенный при конструировании задел – максимально удешевить расширение возможностей комплекса при решении новых исследовательских задач.

При определении облика будущего АНПА в первую очередь был произведен анализ оперативно-тактических требований, рассмотрены и предложены модели использования и оценена их реализуемость. Задачи, для решения которых создавался перспективный АНПА, традиционно разделяются на две основные функциональные группы:

- обзорно-поисковая задача характеризуется максимально возможной производительностью обследования, результатом которого является комплекс весьма грубых данных об исследуемом участке акватории, которые, при правильной интерпретации, позволяют выделить более компактные (точечные) зоны, требующие дополнительного обследования;

- обследовательская задача позволяет осуществить более детальное изучение выявленных в ходе решения предыдущей задачи зоны или объекта исследований.

Поисковый АНПА, кроме того, может быть предназначен для проведения маршрутной или площадной гидролокационной съемки, а также измерения океанографических параметров водной среды.

Обследовательский НПА предназначен для допосиска (обследования) обнаруженных АНПА объектов с помощью гидроакустических средств и системы фото-видеорегистрации с возможностью передачи оператору информации о подводной обстановке в режиме реального времени.

Для успешного решения каждой поставленной задачи необходимо обеспечить: связь, навигацию, планирование миссии, её сопровождение в части контроля АНПА, управление по доступным каналам, передачу данных, накопленных за миссию, и т. д. Появляется возможность произвести декомпозицию аппаратных средств, ответственных за выполнение целевых функций: радиосвязи, гидроакустической связи и позиционирования, спутниковой навигации и других. В то же время специфика каждой функциональной группы задач требует оснащения АНПА различным дополнительным техническим вооружением, например, многолучевым эхолотом или системой телевизионного зрения [3].

Практически реализуемый подход к созданию АНПА – разработка взаимозаменяемых модулей, позволяющих менять конфигурацию каждого аппарата под конкретные задачи – не является открытием, его цель – практическая реализация, испытания, внедрение и последующее массовое производство с возможностью оперативного и недорогого наращивания

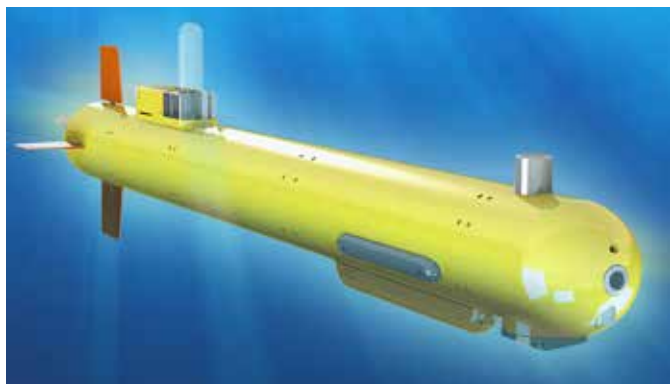


Рис. 1. Создание линейки малых модульных поисково-обследовательских АНПА



возможностей путем выпуска модификаций унифицированных модулей и изготовления новых сменяемых полезных нагрузок (рис. 1).

Анализ оперативно-тактических требований и модели использования создаваемых АНПА по всем критериям (особенно «эффективность – стоимость») позволяет объективно определить перспективы и эксплуатационную успешность будущего изделия, увязывать требуемые технические характеристики с техническими возможностями конкретной полезной нагрузки, возможности повышения эффективности за счет группового или совместного использования сравнительно недорогих аппаратов.

Модульная структура подводного аппарата реализуется на базовой платформе, состоящей из отсеков бортовой системы программного управления, энергетического отсека и отсека движительно-рулевого комплекса, а также отсеков сменяемой полезной нагрузки. Конструкция корпуса и быстроразъемных соединений позволяют оперативно изменять конфигурацию АНПА для решения различных функциональных задач.

Дальнейшее развитие многоцелевых модульных АНПА связано с созданием для них линейки модулей, способных осуществлять точную навигацию и позиционирование, необходимое энергообеспечение, с бортовыми системами программного управления, получающими информацию от систем технического зрения (гидроакустических, фото- и видеорегистрации) и обеспечивающими ее интерпретацию.

Решается задача создания – проектирования, испытаний и внедрения в последующее массовое производство унифицированных взаимозаменяемых

модулей, позволяющих менять конфигурацию каждого аппарата под конкретные задачи, создания новых сменяемых полезных нагрузок для обеспечения оперативного наращивания функций линейки малых АНПА.

■ Создание обзорно-поискового АНПА

На первом этапе реализации программы создания АНПА был разработан, изготовлен и прошел испытания АНПА, состоящий из базовых модулей, совокупно образующих платформу АНПА – носителя радиоэлектронного вооружения (РЭВ), и модулей для решения прикладных задач – полезной нагрузки.

Основные характеристики поискового АНПА приведены в таблице, укрупненный состав технических средств и РЭВ представлен на рис. 3.

При создании обзорно-поискового АНПА были успешно использованы: имеющиеся научно-технический задел и производственный потенциал, созданы и отработаны технологии автоматизированного проектирования и изготовления, проведено имитационное моделирование и прототипирование, в том числе 3D-моделирование и макетирование с использованием 3D-принтеров [4]. Предварительные гидродинамические оценки осуществлялись с использованием программных расчетно-графических моделей САПР.

Разработана и прошла отработку в стендовых и полигонных условиях технология создания базовых блоков и модулей АНПА: системы программного управления, движительно-рулевого комплекса, энергетики, навигации и связи.

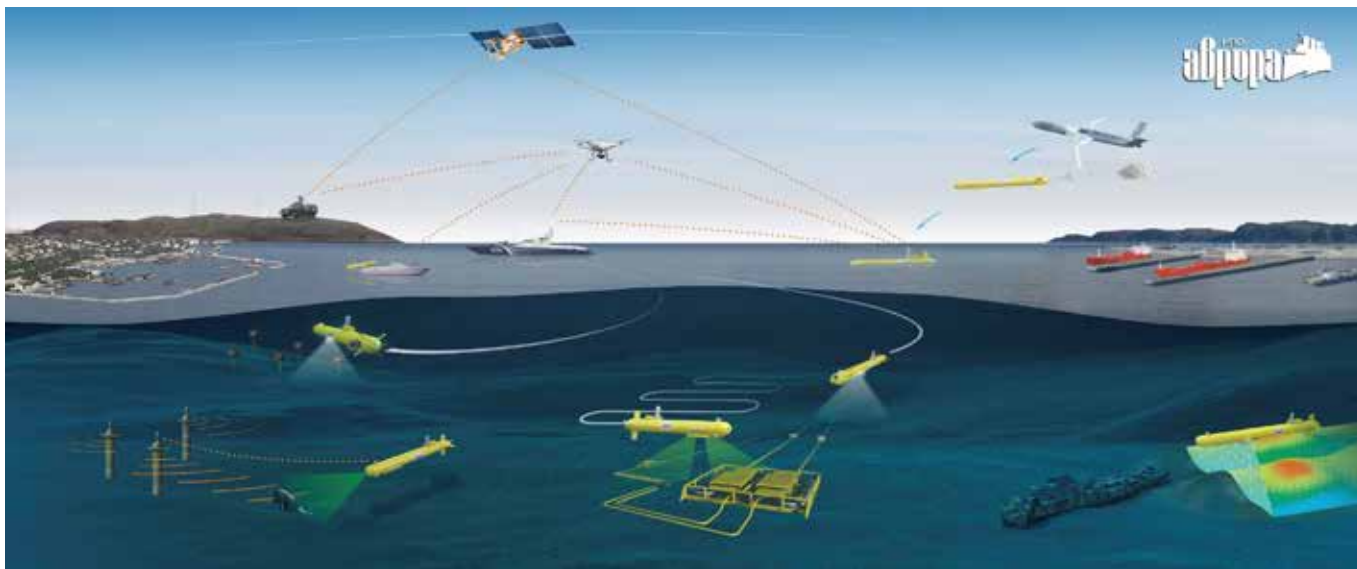


Рис. 2. Применение многоцелевых модульных АНПА АО «Концерн «НПО «Аврора» для решения разнородных поисково-обследовательских задач

Основные технические характеристики АНПА

Габаритные размеры		Ø 200 x 2150 мм	
Глубина погружения		1000 м	
Масса		63 кг	
Максимальная скорость		2,5 м/с	
Автономность		не менее 6 ч	
Доплеровский лаг		Эхолот	
Рабочая частота	600 кГц	Рабочая частота	675 кГц
Точность	0,2 % ± 1мм/с	Ширина луча	10°
БИНС		Гидролокатор бокового обзора	
Точность	0,6% от пройденного пути	Рабочая частота	260/330/800 кГц
Гидроакустическая система позиционирования и связи		Измеритель скорости звука	
Дальность действия	3500 м	Разрешение	0,001 м/с
Скорость передачи данных	до 13,9 кбит/с	Точность	до 0,02 м/с
Система радиосвязи		Измеритель глубины	
Дальность действия	до 1,5 км	Точность	0,02 %

Образец малогабаритного многоцелевого глубоководного АНПА в 2018 и 2019 годах прошел в соответствии с программой различные виды бассейновых, полигонных и морских глубоководных испытаний, подтвердивших заданные технические характеристики.

В настоящее время в рамках программы «импортозамещения» осуществляются работы по оснащению АНПА отечественным радиоэлектронным вооружением, техническими средствами и полезной нагрузкой, обеспечивающими заданные тактико-технические характеристики и расширенные функциональные возможности.

■ Создание обследовательского АНПА

При проектировании облика и перспективных модулей, необходимых для конфигурации обследова-

тельного АНПА, учитывалась не только специфика решаемых задач, но и необходимость максимальной унификации технологических этапов изготовления одновременно с расширением инструментария аппарата в целом.

Одной из важных задач при создании обследовательского АНПА ставилась его способность осуществлять точное позиционирование вблизи обследуемого объекта и высокое качество и информативность результатов обследования, для чего были спроектированы новые модули пропульсивной установки и другого дополнительного оборудования (рис. 4). Отличительной особенностью обследовательского АНПА является возможность использования его в режиме телеуправления по волоконно-оптическому кабелю. При оснащении АНПА модулями подруливающих устройств и высоком качестве позиционирования АНПА это значительно расширяет области применения обследовательского АНПА.



Рис. 3. Состав технических средств и РЭВ поискового АНПА



Рис. 4. Модули дополнительного оборудования АНПА

Создание комплекса сопровождалась проведением исследовательского проектирования с использованием имитационно-моделирующего комплекса, созданного на предприятии для информационной поддержки разработчиков, в целях сокращения сроков и стоимости разработки. Использование технологий имитационного моделирования позволило создать адаптивную к дополнительной полезной нагрузке систему управления роботизированными средствами, а использование унифицированного межотсечного интерфейса и единой бортовой сети позволяет доо-

снащать базовые образцы АНПА дополнительными отсеками полезной нагрузки массой до 20 кг.

В качестве полезной нагрузки для достижения требуемого качества результатов обследования готовятся к испытаниям модули многолучевого эхолота и активной системы подводного видения, а также модуль оптического модема, позволяющий при наличии оптоволоконного подключения к пульта оператора анализировать результаты обследования в реальном времени и управлять аппаратом в ручном режиме (рис. 5).

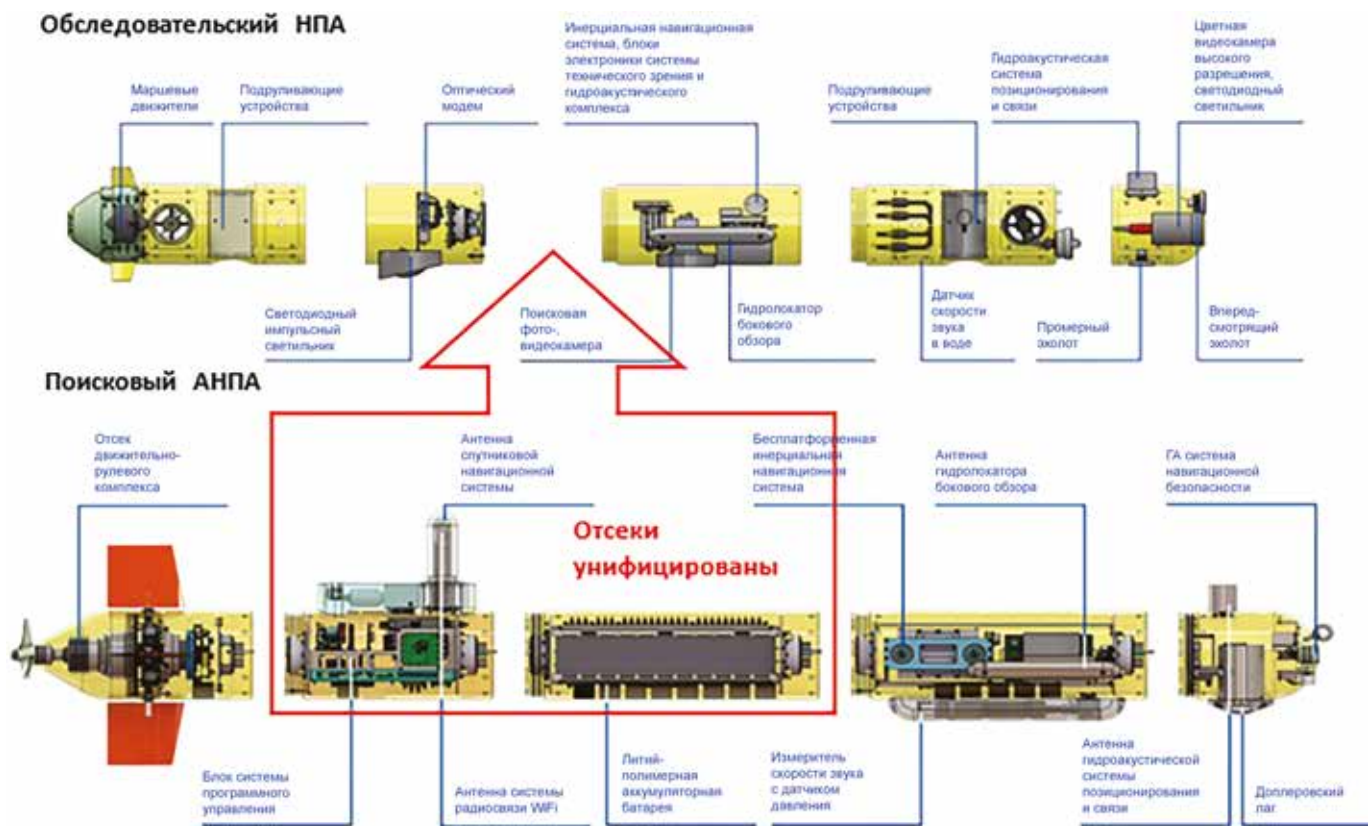


Рис. 5. Модульный подход к созданию перспективного АНПА

Рис. 6. Комплект модулей дополнительного оборудования АНПА



■ Создание эффективного движительно-рулевого комплекса АНПА

Особенностью АНПА малого класса является низкое потребление энергии, но большая удельная доля ее расхода на движительную установку. В этих условиях возникает перспектива исключения рулей, что существенно снизит гидродинамическое сопротивление корпуса аппарата.

Эффективная подводная безрулевая управляемость АНПА может быть реализована на аппаратах, имеющих маршевый движитель с управляемым вектором тяги (упора) (рис. 7).

Пространственная ориентация такого движителя может изменяться относительно продольной оси АНПА, что обеспечит его перемещение по заданным пространственным траекториям, а в комплекте с вертикальным и горизонтальным подруливающими устройствами обеспечит точность позиционирования.

Морские испытания созданного в АО «Концерн «НПО «Аврора» образца АНПА показали, что решение, а в перспективе и расширение эксплуатацион-

ных задач аппарата вызовут рост его энергопотребления и соответственно потребуют более энергоемкого источника питания.

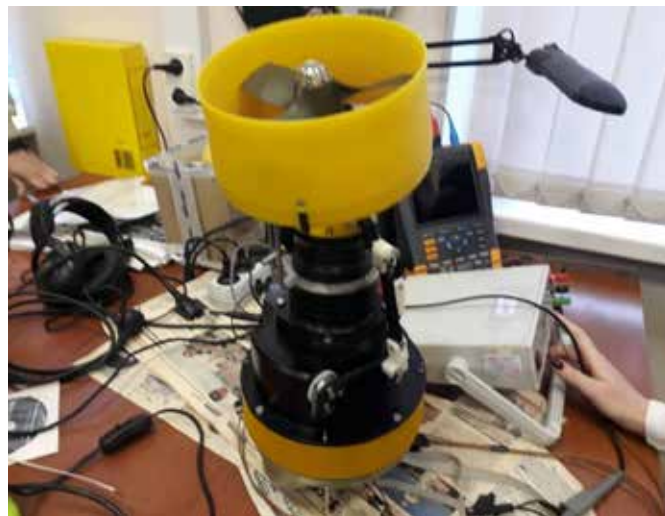
В процессе анализа технических характеристик необходимых для АНПА энергоисточников рассматривались литий-полимерные, литий-ионные и никель-металлгидридные аккумуляторные батареи

На первом созданном в Концерне АНПА использовалась литий-железо-фосфатная аккумуляторная батарея (Li-FePO₄) типа RТLPF1200-24 энергоемкостью 1200 Вт·ч, которая при среднем потреблении 180 Вт обеспечивает 5–6 ч автономной работы АНПА. Длина энергетического отсека с такой батареей составляет 580 мм. Инновационными разработками на данный момент являются литий-никель-марганец-кобальтовые батареи нового поколения, массово представленные на мировом рынке. Эти батареи имеют большой срок службы, минимальный саморазряд и высокую удельную емкость.

Дальнейшим этапом на пути увеличения энергоемкости АНПА стало создание литий-никель-марганцево-кобальтовой аккумуляторной батареи Li-NMC емкостью 1800 Вт·ч (рис. 8), которая позво-



Рис. 7. Отработка движителей с управляемым вектором упора



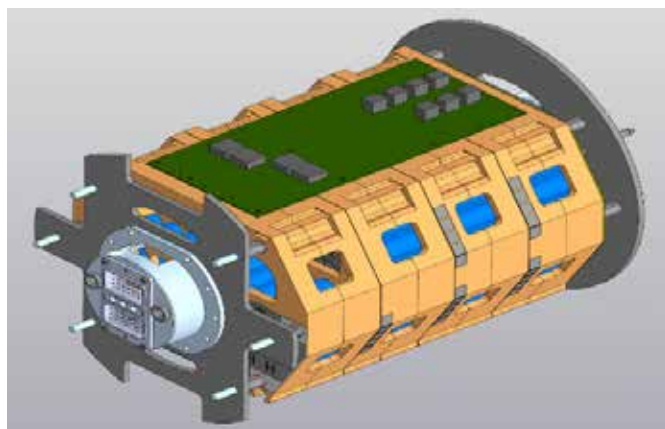


Рис. 8. Перспективная Li-NMC ЛИАБ АНПА

лила увеличить время автономной работы аппарата в 1,5 раза – до 9 ч. При этом длина отсека осталась 580 мм, а масса батареи стала меньше на 3 кг.

Преимущества литий-ионных АБ (ЛИАБ) заключаются в простоте формирования энергетического отсека АНПА и достаточно быстрой замене источника энергии. Однако современные ЛИАБ имеют ограниченное время непрерывной работы между технологическими операциями заряда–разряда [5].

Повышение отдельных тактико-технических характеристик – автономности действия, дальности эффективного применения, скорости движения, масс полезной нагрузки – в первую очередь зависит от решения научно-технических задач в создании энергоемких и быстро возобновляемых источников энергии, экономном расходе энергии составными частями аппарата, эффективности работы модулей движения.

Возможность создания законченных компактных энергетических модулей для АНПА повышенной автономности должна обеспечить существенное повышение эксплуатационных свойств перспективных аппаратов, совершенствование модели их применения.

Создание для глубоководных АНПА современных энергоемких энергетических отсеков–модулей обеспечит повышение автономности (времени непрерывной работы и дальности плавания), энерговооруженности перспективных аппаратов, решение ими дополнительных эксплуатационных задач, расширение их функциональных возможностей, в том числе за счет использования энергоемких полезных нагрузок.

Создание воздухонезависимых энергетических установок (ВНЭУ) АНПА на базе низкотемпературных электрохимических генераторов (например, с использованием топливных элементов щелочного типа) является одним из наиболее перспективных направлений развития анаэробных энергетических

установок, обеспечивающих повышенную автономность, высокий КПД, маневренность, низкий уровень шумности, скрытность, экологичность морских роботов.

К достоинствам щелочных ЭХГ-генераторов можно отнести более высокий КПД, минимальный удельный расход реагентов, использование отечественных компонентов и комплектующих при их изготовлении, а к недостаткам – более высокие требования к чи-

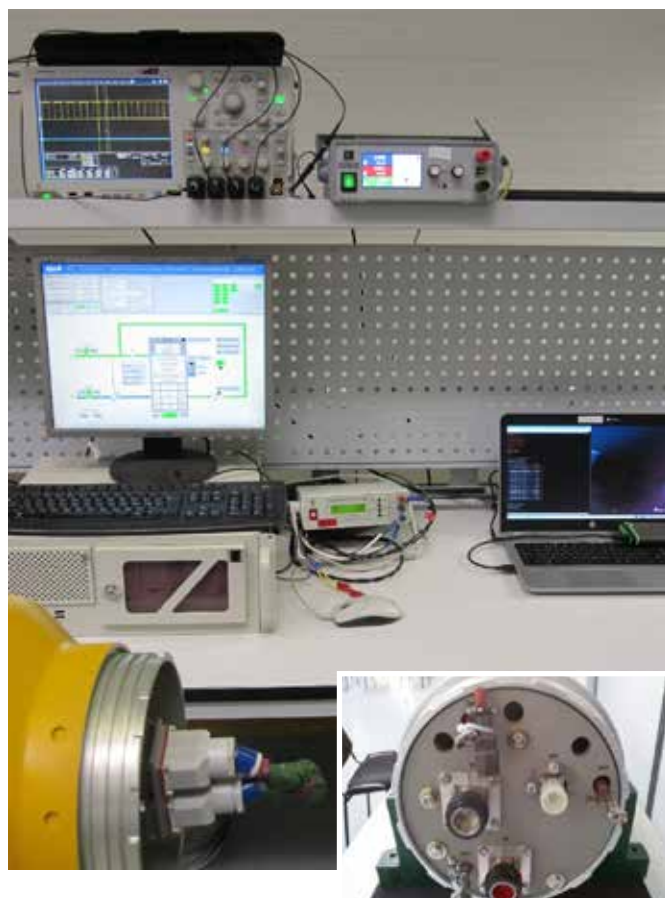


Рис. 9. Отработка энергомодуля АНПА с водородно-кислородным аккумулятором

стоте реагентов, что не является существенным для ВНЭУ подводных технических средств.

В настоящее время подтверждена возможность создания перспективного АНПА повышенной автономности за счет применения в его составе энергетического отсека ВНЭУ на базе принципа электрохимической генерации (ЭХГ) – водородно-кислородного аккумулятора (ВКА) и газобаллонной системы (ГБС) хранения реагентов (рис. 9).

Перспективным вариантом снабжения энергоустановки с ВКА реагентами является их производство на судне-носителе способом электролиза воды [6]. В этом случае можно использовать энергетическую установку судна и в результате получать сверхчистые водород и кислород, что особенно важно для батарей топливных элементов щелочного типа.

■ Бортовая система программного управления

Бортовая система программного управления АНПА – основа роботизированной платформы, адаптивный характер которой в совокупности с унификацией устройств бортовой сети обеспечивает модульность и многофункциональность. В основу создания БСПУ положены принципы:

- унификации интерфейсных устройств и электропитания сборочных единиц АНПА;

- модельно-ориентированный подход к созданию программного обеспечения БСПУ.

Создание надежной в эксплуатации и безаварийной в обслуживании экологически чистой автоматической комбинированной энергоустановки АНПА повышенной автономности потребовало решения задач математического моделирования и комплексной стеновой обработки такого изделия.

Управление энергетической установкой с водородно-кислородным аккумулятором осуществляется блоком программного управления ВКА (БПУ ВКА) (рис. 10).

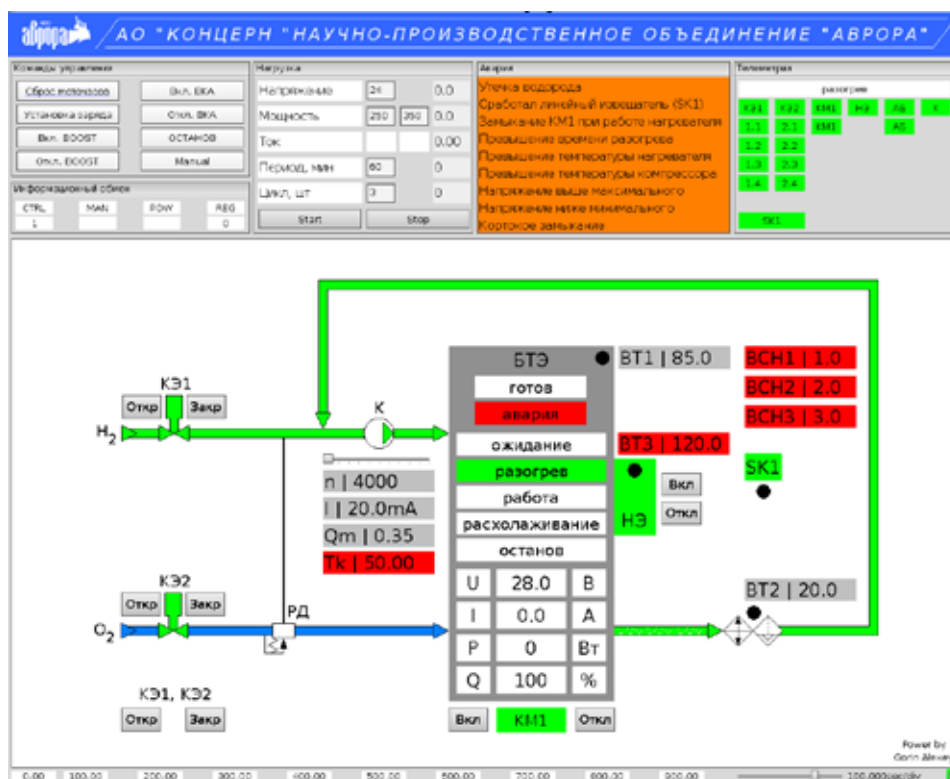
БПУ ВКА предназначен для организации вычислительного процесса, управления, сбора, преобразования и обработки информации технических средств и исполнительных устройств, выдачи управляющих сигналов, а также обмена данными с блоком программного управления АНПА (БПУ АНПА) по каналам связи.

БПУ ВКА обеспечивает следующие информационные и управляющие функции:

- сбор и обработка параметров рабочих сред (давления, температуры, и др.) и параметров электроэнергии (ток, напряжение, остаточная энергоемкость);
- возможность определения вида неисправности;
- выдача дискретных сигналов на управление электромагнитными клапанами;



Рис. 10. Отработка блока программного управления ВКА на стенде



- автоматическое управление оборудованием (компрессором) в соответствии с заложенным алгоритмом, включая функции защиты;

- контроль возникновения пожароопасной ситуации (предельная концентрация водорода, повышение температуры);

- поддержка протокола обмена сигналами с БПУ АНПА.

Энергосистема подводного робота повышенной автономности может рассматриваться интеллектуальной системой управления как объект формирования единого совокупного информационного пространства – нового базиса обеспечения энергетического баланса, как сетевая инфраструктура, предназначенная для поддержания энергетических, информационных и технологических ресурсов всех потребителей аппарата и предполагающая системное преобразование электроэнергетики, затрагивающее ее основные элементы: генерацию, преобразование, передачу, распределение, диспетчеризацию, т.е. прогнозируемого состояния АНПА на основе энергетического подхода: поддержания и увеличения уровня энергии.

■ Создание сменных полезных нагрузок

Для обеспечения широких функциональных возможностей созданного комплекса ведется работа по оснащению его отсеками полезной нагрузки, включающими дополнительное оборудование (по выбору заказчика):

- многолучевой эхолот;
- профилограф;
- магнитометр;
- гидрологические датчики;
- средства доставки малогабаритных грузов;

- интерферометрический ГБО;

- специальное оборудование для нужд государственного заказчика [7].

Имитационно- и отладочно-моделирующие комплексы

Использование научно-технического задела, технологического и производственного потенциала позволило в короткие сроки освоить весь цикл создания, без участия контрагентских организаций, современных АНПА, включая все стадии математического моделирования, исследовательского проектирования, создание имитационно- и отладочно-моделирующих комплексов, отработку технологии изготовления и проведения испытаний, отладку высокоэффективных алгоритмов управления в натурных условиях, функционального программного обеспечения пульта оператора (рис. 11).

Практическое использование имитационно- и отладочно-моделирующих комплексов позволяет расширить возможности инструментов моделирования и отработки алгоритмов функционирования.

В настоящее время отрабатывается научная методология и технология создания многоцелевых автономных подводных роботов повышенной автономности нового поколения для работы в водной среде в широком диапазоне глубин и времени автономной работы.

Ключевое значение имеет разработка развитой иерархической структуры системы бортового управления, в которой все бортовые устройства, объединенные вычислительной сетью, управляются автопилотом, обеспечивающим планирование и управление интеллектуальным поведением робота.

Создание моделирующего комплекса для комплексного моделирования АНПА, его технического состояния, внешних условий и тактической обстановки, математической и алгоритмической отладки



Рис. 11 . Имитационно- и отладочно-моделирующие комплексы

систем управления АНПА обеспечит решение задач эффективного одиночного применения и группового взаимодействия аппаратов.

■ Технологическая подготовка производства

Технология производства АНПА с самого начала была ориентирована на внедренную на предприятии технологию цифрового проектирования, моделирования и автоматизированного изготовления (CAD/CAM (рис. 12).

Использование отработанных технологий проектирования позволило сократить сроки проектирования корпусных элементов более чем в два раза, а использование интегрированной с парком ЧПУ САПР значительно уменьшило стоимость и сроки внедрения в производство. Проектирование прочных корпусов и корпусных конструкций ведется одновременно с исследовательским проектированием системы управления и созданием бортового оборудования соисполнителями работ. Таким образом, сроки создания образца сокращаются при неизменно высоком качестве [8].

Автоматизация методов расчетов механической прочности, унификация межмодульных связей в части конструктивных и электрических соединений, наличие в библиотеках САПР электронных моделей изготовленных универсальных конструктивных узлов модулей позволило многократно сократить затраты на проектирование.

Серийное производство АНПА открывает возможности и перспективы повышения эффективности за счет группового использования многоцелевых модульных аппаратов.

С одной стороны, относительно невысокая стоимость серийно производимых модульных АНПА малого класса способна компенсировать риски при поломках и потере таких аппаратов, а модульность компоновки позволяет производить быструю замену



Рис. 12. Отработка технологии серийного производства АНПА на станках с ЧПУ [8]

модулей и реконфигурацию под различные целевые миссии.

С другой стороны, появляется возможность формировать из аппаратов такого класса группировки для совместного использования и группового применения (с автоматическим перераспределением решаемых задач и целей миссий), что существенно повысит общую эффективность решения целевой задачи.

■ Испытания образцов

Вновь создаваемые образцы проходят следующие этапы испытаний:

- стендовые испытания бортовой системы программного управления и отдельных сборочных единиц АНПА с использованием имитационно-моделирующих средств;
- гидростатические испытания прочных корпусов и корпусных конструкций;
- бассейновые испытания АНПА в опытовом бассейне (балластировка, проверка активных РЭС, замер буксировочных мощностей);

- полигонные испытания, проводимые в три этапа на мелководном и глубоководном морских полигонах (в т.ч. с погружением на рабочие глубины) [9].

Заключение

Использование научно-технического задела, технологического и производственного потенциала позволило в короткие сроки освоить на базе морской технологической платформы весь цикл создания, без участия контрагентских организаций, современных АНПА, включая все стадии математического моделирования, исследовательского проектирования, создания имитационно- и отладочно-моделирующих комплексов, отработку технологии изготовления и проведения испытаний, отладку высокоэффектив-

ных алгоритмов управления в натуральных условиях и функционального программного обеспечения пульта оператора.

К новым решениям по системам энергообеспечения АНПА можно отнести применение отечественных новейших водородных технологий, доказавших работоспособность в космической технике, в том числе технологии водород-кислородных аккумуляторов. Внедрение водород-кислородных аккумуляторов на АНПА позволит увеличить время их пребывания в подводном положении до нескольких суток, существенно расширит область применения аппаратов.

Серийное производство АНПА открывает возможности и перспективы повышения эффективности за счет группового или совместного использования сравнительно недорогих аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инзарцев А.В., Киселев Л.В., Костенко В.В., Матвиенко Ю.В., Павин А.М., Щербатюк А.Ф. Подводные робототехнические комплексы: системы, технологии, применение // отв. ред. Л.В. Киселев. Владивосток: Дальнаука, 2018. 367 с.
2. Илларионов Г.Ю. Некоторые аспекты военного применения подводных роботов за рубежом // Изв. Южного федерального университета. Технические науки. 2012. № 3. С. 65–75.
3. Матвиенко Ю.В., Щербатюк А.Ф. Опыт ИПМТ ДВО РАН в создании и практическом применении унифицированного АНПА среднего класса. // Материалы 7-й науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения мирового океана». Владивосток: ИПМТ, 2017. С. 70–73.
4. Мусатов Е.А., Попко А.О., Чечаничев А.А. Технология создания серийных модульных поисково-обследовательских АНПА. // Материалы 7-й науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения мирового океана». Владивосток: ИПМТ, 2019. С. 11–15.
5. Бакуменко Л.Г., Дядик А.Н., Рожков Ю.Е., Сурин С.Н. Экспериментальное обоснование использования литий-ионных аккумуляторных батарей в автономных необитаемых подводных аппаратах // Системы управления и обработки информации. СПб: АО «Концерн «НПО «Аврора», 2018. Вып. 3 (42). С. 45–49.
6. Бакуменко Л.Г., Дядик А.Н., Сурин С.Н. Обеспечение повышенной энергетической автономности АНПА. // Материалы 8-й науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения мирового океана». Владивосток: ИПМТ, 2019. С. 38–42.
7. Шилов К.Ю., Сурин С.Н. Модульный морской робототехнический комплекс со сменной полезной нагрузкой. Презентация к докладу на НТС ФГУП «КГНЦ». 2021
8. Шилов К.Ю. Перспективная модульная платформа морских робототехнических комплексов. Презентация к докладу на НТС АО «ССК «Звезда». 2021 г.
9. Бакуменко Л.Г., Дядик А.Н., Карамзин А.С., Крятов А.Ю., Сурин С.Н. Определение характеристик автономного необитаемого подводного аппарата на основе 3-D моделирования // Морские интеллектуальные технологии. СПб, 2018. Вып.1(39). С. 244–248.



Об авторах

СУРИН Сергей Николаевич, к.т.н., заместитель генерального директора

Акционерное общество «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»

Адрес: 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 15

Тел. +7 (812) 297-23-11, факс +7 (812) 610-11-00

E-mail: mail@avrorasystems.com

Область интересов: инновационный менеджмент, автоматизация ЯЭУ, воздухонезависимые энергоустановки, корабельные автоматизированные системы управления, морская робототехника

БАЛАКИН Алексей Васильевич, к.т.н., заместитель директора проектного центра

АО «Концерн «НПО «Аврора»

Область интересов: автоматизация ЯЭУ, воздухонезависимые энергоустановки, корабельные автоматизированные системы управления, автоматизация морских робототехнических комплексов

ЧЕЛПАНОВ Александр Семенович, главный конструктор по радиоэлектронике морских робототехнических комплексов АО «Концерн «НПО «Аврора».

Область интересов: средства навигации, связи, гидроакустики и технического зрения морских робототехнических комплексов

МУСАТОВ Евгений Александрович, главный конструктор морских робототехнических комплексов

АО «Концерн «НПО «Аврора».

Область интересов: общесистемное проектирование МРТК

РОЖКОВ Юрий Евгеньевич, к.т.н., главный конструктор АНПА

АО «Концерн «НПО «Аврора»

Область интересов: общесистемное проектирование АНПА

ПОПКО Артём Олегович, к.в.н., ведущий научный сотрудник АО «Концерн «НПО «Аврора»

Область интересов: тактика и оценка эффективности применения МРТК, технологии моделирования, методы обработки данными средств освещения обстановки МРТК

Для цитирования:

Сурин С.Н., Балакин А.В., Мусатов Е.А., Челпанов А.С., Рожков Ю.Е., Попко А.О. ОПЫТ СОЗДАНИЯ МОРСКОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ АНПА МАЛОГО КЛАССА // Подводные исследования и робототехника. 2022. № 1 (39). С. 4–16. DOI: 10.37102/1992-4429_2022_39_01_01.

