УДК 629.58 / 629.564.4

© Илларионов Г.Ю., Щербатюк А.Ф., Кушнерик А.А., Квашнин А.Г.
Illarionov G., Shcherbatyuk A., Kushnerik A., Kvashnin A.

ДОННЫЕ ПРИЧАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

DOCKING STATION FOR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES

Аннотация. *В статье рассмотрены донные причальные устройства (ДПУ), решающие проблемы, связанные с подводной зарядкой аккумуляторных батарей необитаемых подводных аппаратов (АНПА) и информационным обменом.*

Annotation. *The article deals with bottom loading unit, which solve the problems associated with underwater recharging batteries unmanned underwater vehicle and information exchange.*

Ключевые слова. *Автономный необитаемый подводный аппарат, донное причальное устройство.*

Key words. *Autonomous underwater uinmanned vehicles, docking station.*

В настоящее время, за исключением тех редких случаев, когда автономный необитаемый подводный аппарат запускается прямо от пирса или берега, его эффективность зависит от судна-носителя. При планировании подводных работ необходимо учитывать уже не только характеристики самого подводного аппарата, но и свойства системы «судно – аппарат». В ряде случаев, проблема использования АНПА заключается в высокой стоимости жизненного цикла системы «судно-аппарат». Иногда систему «судно – аппарат» использовать вообще невозможно, например, в штормовых условиях, или когда трудно прогнозировать вероятность всех событий, связанных со степенью готовность судна-носителя АНПА к выполнению поставленных задач. Донные причальные устройства отчасти решают ряд обозначенных проблем, они предназначены для подводной зарядки аккумуляторной батареи АНПА и его информационного обмена (снятие накопленной информации и получение новых заданий), что позволяет аппарату в течение длительного времени работать под водой уже независимо от судна-носителя.

Применение ДПУ эффективно, когда автономный аппарат предназначен для выполнения многократных миссий в пределах одной акватории: например, охрана порта или нефтяной платформы, мониторинг донной обстановки или водной среды (рис. 1).

При этом ДПУ подключается с помощью подводного кабеля, имеющего силовые и информационные связи, к специальному береговому посту, управляющему

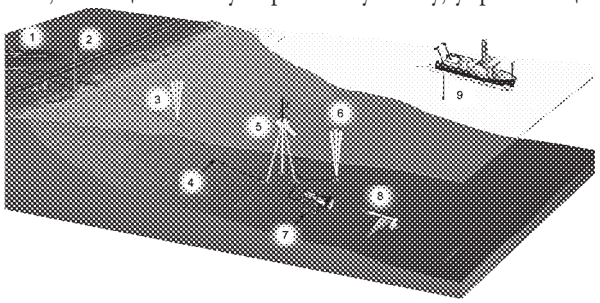

Рис. 1. Схема установки ДПУ вблизи побережья:
1 – выход кабеля к береговому посту управления; 2 – мачта радиоантенн; 3, 6 – гидроакустические профилографы; 4 – подводный кабель; 5 – исследовательская платформа; 7 – ДПУ; 8 – АНПА; 9 – исследовательское судно

Илларионов Геннадий Юрьевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик Международной инженерной академии, главный научный сотрудник Института проблем морских технологий ДВО РАН;
Щербатюк Александр Федорович – доктор технических наук, член-корреспондент РАН;
Кушнерик Андрей Андреевич – младший научный сотрудник Института проблем морских технологий ДВО РАН;
Квашнин Антон Геннадьевич – аспирант Института проблем морских технологий ДВО РАН.

Illarionov Gennady – doctor of technical sciences, professor, chief researcher at the Institute of marine technology problems, FEB RAS.
Shcherbatyuk Alexander – doctor of technical sciences, corresponding member of RAS;
Kushnerik Andrew – researcher of Institute of marine technology problems, FEB RAS;
Kvashnin Anton – postgraduate of Institute of marine technology problems, FEB RAS..

работой одного АНПА (или группы аппаратов). ДПУ с автономным источником питания в принципе могут быть выставлены в любом районе Океана на любой глубине, делая автономность АНПА практически неограниченной.

В настоящее время за рубежом известен ряд технических решений, направленных на обеспечение базирования автономных АНПА на ДПУ. Причем в понятие «базирование» входит совокупность следующих связанных между собой технических решений:

• обеспечение навигационной привязки АНПА к ДПУ с помощью гидроакустической навигационной системы (ГАНС);

• обеспечение связи АНПА и ДПУ с помощью гидроакустического модема;

• обеспечение процесса наведения АНПА на ДПУ с помощью системы приведения;

• обеспечение процессов стыковки АНПА с элементами конструкции ДПУ и фиксации аппарата на ДПУ в строго заданном положении;

• обеспечение взаимодействия электронных и механических систем аппарата с системами ДПУ;

• обеспечение процесса заряда аккумуляторной батареи аппарата;

• обеспечение процесса информационного обмена между АНПА и ДПУ;

• обеспечение процесса завершения обслуживания и старта АНПА на выполнение очередной миссии.

За рубежом известны несколько попыток создания ДПУ и сопутствующих технологий, находящихся в разной степени готовности.

Донное причальное устройство АНПА «Marine Bird». Для отработки фундаментальных технологий в области подводного базирования АНПА, в Японии в 2000 г. был создан АНПА «Marine Bird» с ДПУ. Главная цель исследований – проблемы наведения АНПА на ДПУ, подводной стыковки, заряда аккумуляторной батареи и информационный обмен. АНПА «Marine Bird» (рис. 2 и 3) выполнен в виде тримарана и имеет следующие характеристики: масса 1300 кг; длина 6,7; ширина 1,8; высота 1,1; диаметр среднего корпуса 0,7; диаметр боковых корпусов 0,45 м; скорость 2,5 уз; глубина погружения 100 м; автономность 5,0 ч; дальность хода 23 км. В качестве источника энергии используется литий-ионная аккумуляторная батарея. Система управления АНПА выполнена на базе персонального компьютера (процессор «Motorola» MCP-750) и операционной системы реального времени VxWorks. Навигационная система аппарата состоит из ультракороткобазовой (УКБ) ГАНС, инерциальной навигационной системы (ИНС) с лазерными гироскопами, доплеровского лага,

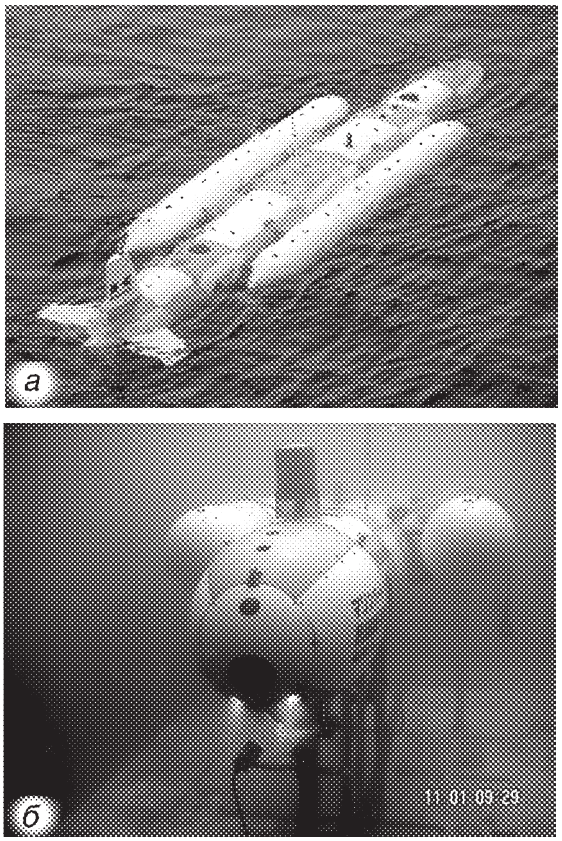

Рис. 2. АНПА «Marine Bird»:
а – в надводном положении;
б – под водой во время испытаний

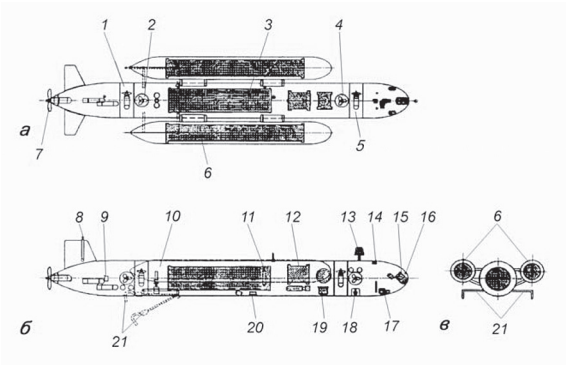

Рис. 3. Конструкция АНПА «Marine Bird»:
а – разрез в плане; б – разрез по диаметральной плоскости;
в - поперечный разрез: 1,2,4,5 - подруливающие устройства;
3 – прочный контейнер; 6 – аккумуляторная батарея; 7- гребной винт; 8 – светомаяк; 9 – рулевой электропривод;
10, 12 – балластная система; 11 – глубиномер; 13 – антенна DGPS; 14 – антенна ГАСС; 15 – телекамера; 16 – гидролокатор;
17 – антенна УКБ ГАНС; 18 – фиксатор; 19 – доплеровский лаг;
20 – индуктивная связь; 21 – захват

датчика глубины и DGPS. Аппарат имеет три канала связи: УКВ радиосвязь (надводное положение), система гидроакустической связи (подводное положение) и оптоволоконная линия связи (для обеспечения режима телеуправления в случае необходимости).

Аппарат имеет систему стыковки с ДПУ основанную на концепции «Landing-on-Base» (рис. 4): здесь под

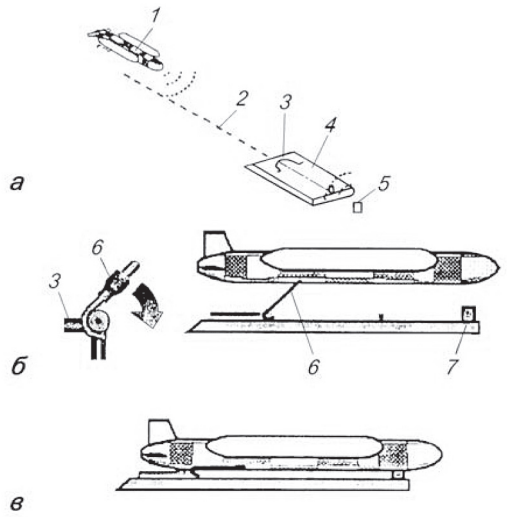

Рис. 4. Посадка НПА «Marine Bird» на ДПУ:
а – заход на площадку; б – захват выдвижной рамы; в – положение в рабочем состоянии: 1 – исходная позиция АНПА перед заходом на посадку; 2 – курс АНПА на посадочную площадку; 3 - выдвижная рама; 4 - посадочная площадка; 5 – приемоответчик УКБ ГАНС; 6 – захват; 7 - фиксатор

каждым из боковых корпусов находится механический захват, который используются в комбинации с другими устройствами в процессе стыковки. Конструкция позволяет аппарату садиться на подводную платформу и стыковаться с ней для заряда аккумуляторной батареи и информационного обмена.

Данный метод посадки подобен приземлению самолета на палубу авианосца. Движущийся медленно по заданному курсу аппарат ловит захватом 6 выдвижную раму 3 и далее садится на посадочную площадку 4, окончательно закрепляясь на ней фиксатором 7. Преимущество данного метода (по мнению разработчиков концепции) заключается в том, что конструкция подводной платформы достаточно проста, надежна и имеет ограниченное количество движущихся частей и приводов.

В 2001 – 2002 гг. проводилась отработка системы посадки и стыковки АНПА «Marine Bird» на акватории, оборудованной в сухом доке г. Kobe. План маневрирования аппарата и результаты измерений реальной траектории его движения с помощью ГАНС приведены на рис. 5. Результаты испытаний были признаны успешными: отмечалась необходимость уменьшения массы устройства, предназначенного для индуктивной передачи энергии на аппарат и повышение его К.П.Д. В 2003 г. проводились морские испытания аппарата в г. Wakayama. Цель экспериментальных исследований состояла в том, чтобы проверить работу аппаратных средств и программного обеспечения в условиях реальной водной среды. Процесс посадки и стыковки аппарата проходил в следующем порядке:

А. При получении команды на посадку, АНПА

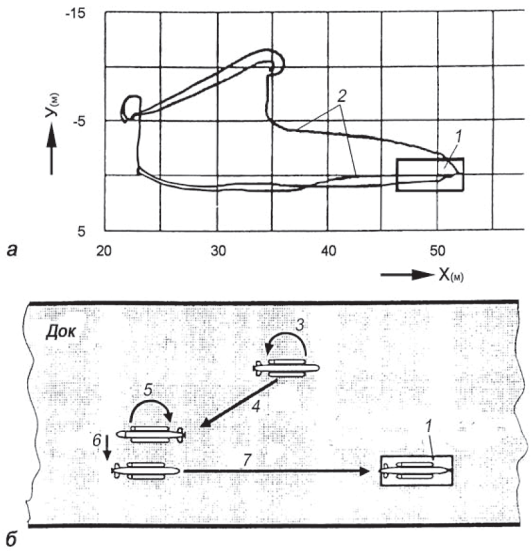

Рис. 5. Схема экспериментальной отработки посадки АНПА «Marine Bird» в доке:
а – результаты измерения реальной траектории движения АНПА; б – план маневрирования АНПА: 1 – посадочная площадка на палубе дока; 2 - фактическая траектория движения АНПА; 3 – поворот на 180°; 4 - участок прямого курса; 5 – поворот на 360°; 6 – поворот перед заходом на посадку; 7 – курс глиссады на посадочную площадку

(ориентируясь с помощью ИНС) дает команду на включение приемоответчика ГАНС, расположенного на посадочной площадке. В это время АНПА начинает процедуру поиска исходной точки для захода на посадку и формирует курс и параметры глиссады.

Б. АНПА, ориентируясь с помощью ГАНС, занимает исходную точку, откуда начинает заход на посадку. В точке захода на посадку координаты аппарата уточняются, и он начинает движение к гидроакустическому маяку, установленному на ДПУ на малой скорости, выдерживая параметры глиссады.

В. При подходе к посадочной площадке из аппарата выпускаются захваты (рис. 4, поз. 6), которые цепляются за раму (рис. 4, поз. 3), приподнимаемую над плоскостью посадочной площадки.

Г. После того как аппарат зацепился захватами за раму, включаются вертикальные подруливающие устройства, которые прижимают его к посадочной площадке до момента срабатывания фиксатора (рис. 4, поз. 7).

Д. После завершения цикла посадки и фиксации аппарата на посадочной площадке, начинается зарядка аккумуляторной батареи. Переменный ток подается на борт АНПА через несколько индуктивных соединителей, один из которых имеет также канал информационного обмена.

Донное причальное устройство АНПА «REMUS». Переносной комплекс Remote Environmental Monitoring UnitS (REMUS), разработанный Oceanographic Systems Laboratory и Woods Hole Oceanographic Institute (WHOI), предназна-

чен для подводно-инспекционных работ в условиях мелкого моря. Аппарат имеет следующие характеристики: масса 30,8 кг; длина 1,3; диаметр 0,191; глубина 150 м; автономность 22 ч; автономность при скорости хода 4 уз; максимальная скорость подводного хода 4 уз. В состав бортовой измерительной аппаратуры АНПА входят: гидролокатор бокового обзора (ГБО), датчик CTD, датчики измерения оптических свойств водной среды и акустический профилограф. Для решения навигационных задач используется: ГАНС с длинной и ультракороткой базами, доплеровский лаг, датчик курса и датчики угловых скоростей. В состав надводной части комплекса входят аппаратура ГАНС и портативный компьютер (Notebook), предназначенный для ввода в систему управления аппаратом программного задания и сбора (обработки и отображения) информации от измерительной аппаратуры. Для АНПА «REMUS» Океанографический институт в Woods Hole предложил концепцию ДПУ (рис. 6 и 7), которая по замыслу разработчиков должна отвечать следующим требованиям:

• АНПА после выполнения своей миссии должен самостоятельно обнаружить ДПУ;

• само ДПУ должно обнаруживать присутствие аппарата для запуска своей программы стыковки и обслуживания АНПА;

• ДПУ должно обеспечить подачу электроэнергии на АНПА для заряда его аккумуляторной батареи;

• ДПУ должно обеспечить двустороннюю связь с аппаратом, что позволяет снимать с него накопленную информацию, загружать данные для выполнения новой миссии и проводить диагностику систем АНПА.

ДПУ состоит из причального конуса 6 наружным диаметром 1,0 м, который ведет к цилиндрической части 3 с внутренним диаметром 0,25 м, что на 0,06 м больше, чем диаметр корпуса аппарата. Электропривод 7 предназначен для обеспечения поперечной фиксации АНПА в цилиндре [2, 3, 6], а электропривод 8 предназначен для перемещения и герметизации контакта клемм зарядного устройства (а также клемм интерфейса двусторонней связи) с носовой частью АНПА, где также находятся контакты 9. После того как аппарат входит в ДПУ, реализуется сложная последовательность событий. Вначале ДПУ обнаруживает присутствие аппарата в цилиндрической части 3 и его положение, используя специальные датчики. Когда аппарат достигает конечного положения, включается двигатель 7, который с помощью винтового механизма затягивает аппарат в ловушку в вершине цилиндра 3.

Система управления электроприводами фиксирует параметры перемещения механизмов и выдает соответствующие сигналы, если аппарат находится не в надлежащей позиции внутри цилиндра или показывает, что фиксация аппарата и другие ответственные операции стыковки закончены. Герметичность продольного контакта устройства заряда аккумуляторной батареи и недопущение попадания туда морской воды обеспечивается за счет мягкой присоски из полиуретана, которая плотно прижимается к носовой части аппарата электроприводом 8. Второй поперечный контакт герметично прижимается к борту аппарата при помощи электропривода 7, его конструкция показана на рис. 8. Во время заряда система управления АНПА отключает батарею от нагрузки, а после электрического соединения АНПА с зарядным устройством выполняется ряд тестовых процедур для оценки качества соединения.

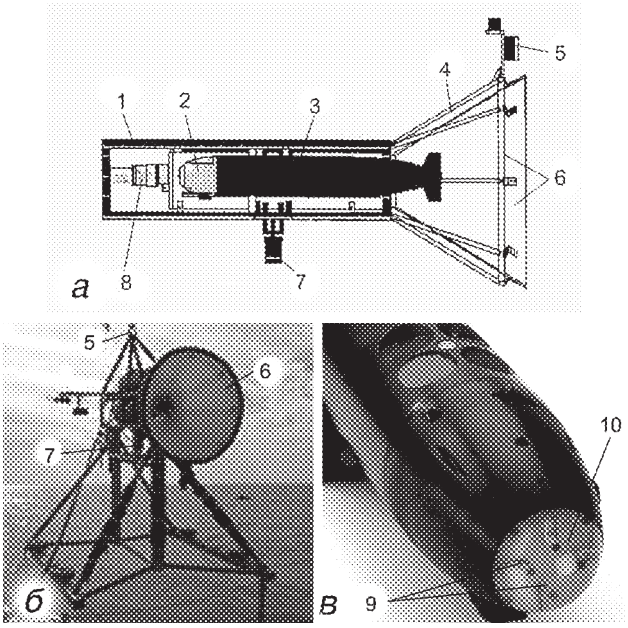

Рис. 6. Схема донного причального устройства для АНПА «REMUS»:
а – принципиальная схема; б – макет; в – носовая часть аппарата: 1,4 - элементы несущей конструкции; 2 – АНПА; 3 – цилиндрическая часть ДПУ; 5 - антенны УКБ ГАНС; 6 - причальный конус; 7 - электропривод устройства поперечной фиксации и подачи контактов; 8 - электропривод системы подключения к зарядному и связному устройствам; 9 - носовая часть АНПА с электрическими контактами; 10 – обтекатель

Мощность зарядного устройства, находящегося на ДПУ на 30 Вт, выше, чем требуется для зарядки аккумуляторной батареи (параметры заряда регулируются микропроцессорами). Интерфейс дуплексной связи обеспечивается коммерческими модемами, работающими в полосе частот 10-300 кГц с производительностью 56 кБит/с.

Один из вариантов проекта ДПУ (в части, касающейся передачи энергии на борт аппарата) предусматривал использование индуктивной связи. Однако после проработки этот вариант был отклонен, так как размещение в носовой части аппарата катушки индуктивно-

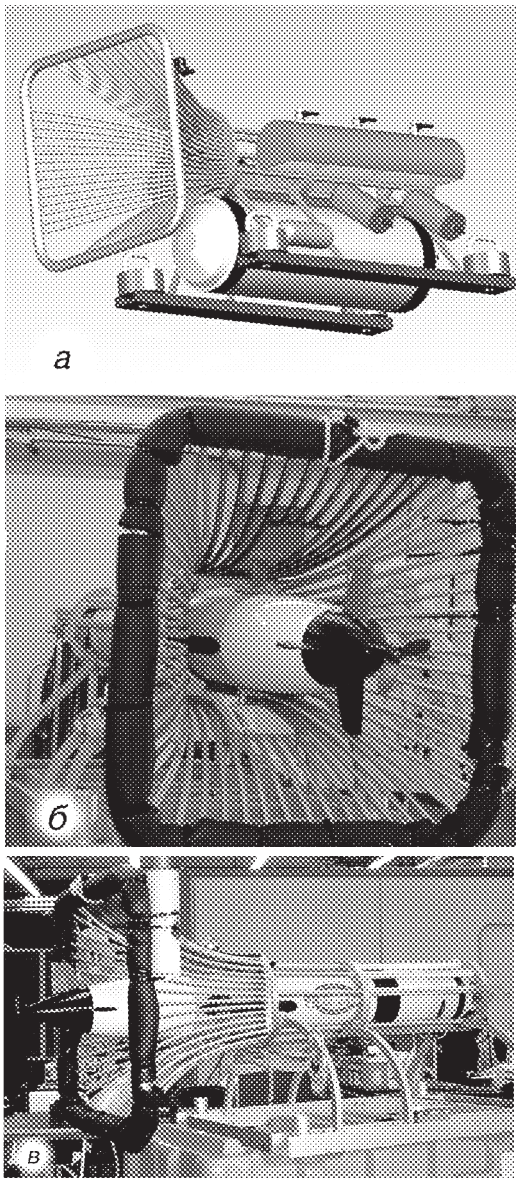

Рис. 7. Макетный образец усовершенствованного образца ДПУ для АНПА «REMUS»:
а – принципиальная схема; б – вид сзади;
в – вид сбоку: 1 – причальный конус; 2 – цилиндрическая часть; 3 – плавучий объем; 4 – приводы механизмов; 5 – прочный контейнер радиоэлектронной аппаратуры; 6 – несущая конструкция; 7 – грузы; 8 – АНПА REMUS

сти массой 1,5-2,0 кг приводило к недопустимой перегрузке аппарата и нарушению его дифферентовки. В итоге разработчики ДПУ для АНПА REMUS пришли к выводу, что индукционный метод довольно громоздок для малых аппаратов и имеет низкий К.П.Д. Окончательно был выбран метод непосредственного электрического соединения через один центральный изолированный электрод (отрицательный потенциал), другим электродом является неизолированный электрод на корпусе аппарата (положительный потенциал). Недостатком этого метода является коррозия положительного электрода, для предотвращения которой он защищен цинковым протектором.

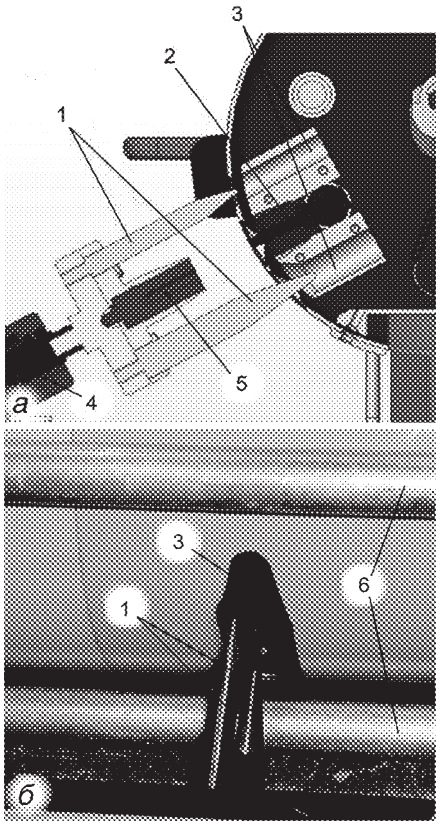

Рис. 8. Макетный образец контактного устройства ДПУ НПА «REMUS»:
а – принципиальная схема устройства;
б – вид сбоку на макете:
1 – направляющие штанги; 2 – контакт внутри корпуса НПА; 3 – приемные гнезда; 4 – привод контактно устройства; 5 – контакт; 6 – силовые конструкции ДПУ

Достоинством метода непосредственного электрического соединения с постоянным током является отсутствие дополнительных электрических преобразователей и минимум потерь на передачу энергии.

Для обеспечения стыковки АНПА REMUS со своим ДПУ применено акустическое приведение [6]. Аппарат имеет УКБ ГАНС, известную как Relative Acoustic Tracking System (RATS) [11]. Эта ГАНС обеспечивает точное определение дистанции и положения аппарата относительно транспондера. Направление захода АНПА в ДПУ может быть заложено в программу миссии аппарата перед его запуском или непосредственно измерено и передано по гидроакустическому каналу связи на аппарат, Для этого ДПУ должно иметь компас, включенный в состав его электронных систем. Если скорость течения будет приближаться к существенной доле от скорости хода аппарата, то ДПУ планируется разворачивать так, чтобы курс подхода аппарата был параллелен преобладающему направлению течения.

В аппарате REMUS акустические приемники размещены в носовой части аппарата. Эти приемники состоят из четырех широкополосных гидрофонов и 4-каналь-

ного предварительного усилителя, которые расположены внутри полиуретанового обтекателя. Точность вычисления дальности в ближней зоне лежит в пределах нескольких сантиметров. Точность вычисления пеленга обычно лежит в пределах градуса (при использовании кодированных сигналов). Первый этап сближения должен привести аппарат на дистанцию до причального конуса ~ 50 м и на траекторию по направлению к ДПУ. Когда это требование выполнено, аппарат движется к ДПУ (используя ГАНС УКБ), корректируя свою позицию. Когда система управления «понимает», что АНПА входит в ДПУ, она дает команду на движители, которые продолжают работать «вперед» с постоянными оборотами в течение 15 с (на этом этапе аппарат полностью входит в цилиндрическую часть).

Затем система управления аппаратом перемещает руль и, если после этого обнаруживается существенное изменение курса аппарата, делается заключение, что АНПА пропустил ДПУ. Аппарат будет далее кружиться вокруг ДПУ и делать другие заходы, используя свою систему управления, а также данные акустической навигации. Для этой цели в качестве одного из параметров может быть включено число повторений стыковок. О точности наведения АНПА к ДПУ можно судить по диаметру причального конуса (один метр), куда должен попасть аппарат и далее продвинуться внутрь цилиндрической части под действием собственного движителя.

Донное причальное устройство АНПА типа «Bluefin». Разработано в институте Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI). Разработчики подходили к проекту таким образом, чтобы упростить устройство ДПУ, на сколько это возможно, а все сложные части разместить на аппарате (рис 9). Корпус 4 изготовлен из стеклопластика в виде трубы с диаметром, превышающей диаметр аппарата на 0,03 м. Причальный конус 2 плавно сопрягается с корпусом и изготовлен из пластиковых реек, удерживающихся с помощью колец из нержавеющей стали. Задача передачи электрической энергии и механической фиксации АНПА была решена при помощи штанги (со встроенным индуктором), вводимой в аппарат (рис. 10), что позволяет передавать энергию индуктивным способом через морскую воду бесконтактно (при этом эффективность передачи мощности 416 Вт с берега составила 48%) [10]. В конструкции следующего поколения разработчики планируют переставить штепсель с индуктором на аппарат с целью поддержания тенденции упрощения ДПУ (даже с размещенным на ДПУ штепселем, система в целом содержит только один привод).

Информационный обмен АНПА и ДПУ происходит с помощью модифицированных стандартных бес-

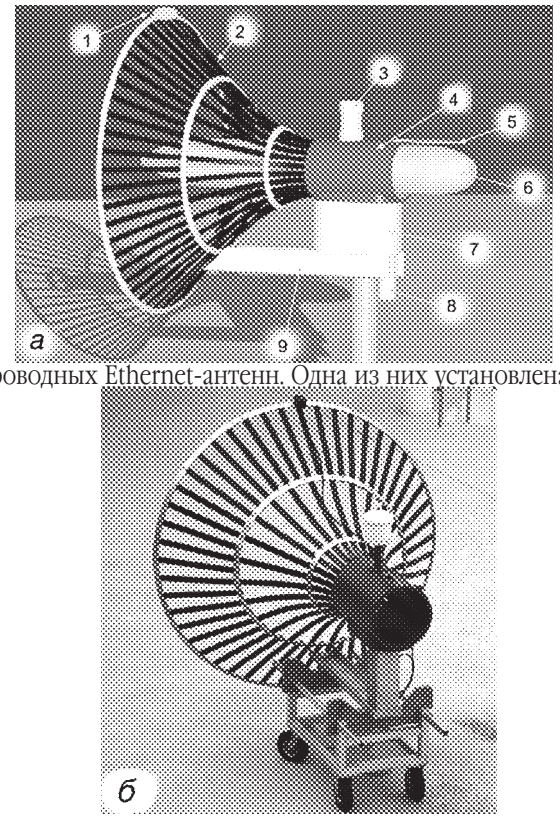

Рис. 9. Конструкция ДПУ: а – схема; б – макет:
1 – гидроакустический маяк; 2 – причальный конус; 3 – измеритель дистанции; 4 – корпус ДПУ; 5 – Ethernet-антенна; 6 – АНПА; 7 – прочный контейнер с аппаратурой; 8 – привод фиксатора АНПА; 9 – элемент несущей конструкции

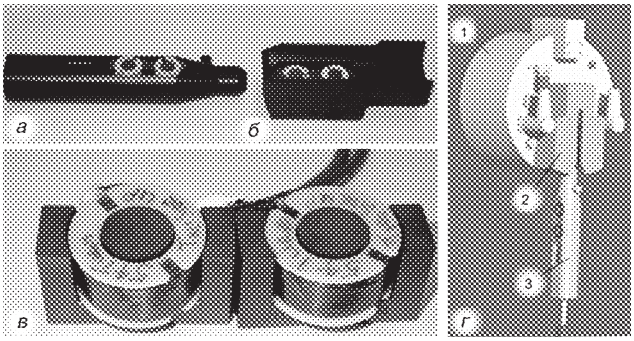

Рис. 10. Конструкция фиксирующей штанги со встроенным индуктором:
а – вводимая часть (штанга); б – приемная часть; в – катушки индуктивности; г – схема взаимного расположения в ДПУ:
1 – корпус АНПА; 2 – приемная часть; 3 - вводимая часть

проводных Ethernet-антенн. Одна из них установлена на верхней части аппарата, а ответная 5, соответственно, на верхней части корпуса 4, при этом сила плавучести аппарата удерживает антенны вблизи, а штырь выравнивает носовую и кормовую части аппарата. При испытаниях в бассейне с морской водой, проведенных в MBARI, скорость передачи данных достигала 10 Мб/с, при этом расстояние между антеннами составляло 0,025 м. Последовательность приведения и стыковки состоит из следующих этапов:

1. Обнаружение и наведение АНПА на ДПУ. Для движения в области действия гидроакустического (ГА) маяка (дистанция около 2 км) аппарат использует бортовую навигационную систему (маяк имеет угол обзора ±85°). Аппарат наводится на ДПУ, используя метод поиска направления, при этом система управления просто удерживает направление на маяк. Такой алгоритм управления не может компенсировать течение и поэтому аппарат может быть снесен течением во время наведения.

2. Вычисление местоположения АНПА. Когда аппарат получит сигнал маяка достаточной мощности, система управления использует компасный курс, а также пеленг и дистанцию до маяка для вычисления местоположения АНПА. Предыдущие испытания показали, что это происходит на расстоянии от 1000 до 200 м от ДПУ.

3. Подход и начало конечного этапа сближения. Этап сближения проходит вдоль центральной линии причального конуса с дистанции около 300 м. При сближении аппарату, возможно, придется отойти от ДПУ, что приведет к временной потере связи с ГА маяком.

4. Выполнение окончательного сближения. Аппарат приближается вдоль центральной линии причального конуса, используя контроллер уклонений вместо поиска направления. То есть аппарат будет отслеживать путь приближения к причальному конусу и запрашивать угол коррекции сноса (crab angle) при наличии поперечной составляющей морского течения. Этот тип управления использует как дистанцию, так и пеленг на маяк на частоте 1 Гц, также для счисления пути в момент обновления данных. На АНПА используются также компас и доплеровский лаг. Примерно за 200 м до ДПУ аппарат замедляет скорость до 1 м/с, при этом появляется время для снижения ошибки отклонения в контуре управления до нуля, а также снижается вероятность столкновения аппарата с причальным конусом с большой силой.

5. Фиксация. Для определения факта полного вхождения в ДПУ система управления аппаратом использует индуктивный датчик положения и канал связи Ethernet. После полного входа в трубу ДПУ подается команда на ввод, фиксирующей штанги со встроенным индуктором.

На рис. 11 показана диаграмма состояний различных вариантов последовательностей приведения и стыковки АНПА к ДПУ, где обозначено:

Состояния: 1 – выполнение миссии, 2 – приведение, 3 – стыковка; 4 – прекращение миссии (всплытие); 5 – повторный заход на стыковку с ДПУ; 6 – аппарат в ДПУ; 7 – отстыковка; 8 – фиксация аппарата; 9 – прекращение работы (аппарат остается в ДПУ).

Условия: а - три неудачных попытки; б – неудачная стыковка; в – исходная позиция; г – наличие подключения к сети; д - отсутствие подключения к сети, отсутствует движение, вышло время; е - АНПА движется свободно и запускается новая миссия; з - штанга выдвинута; и - штанга втянута; к – нет движения и вышло время; л – АНПА движется свободно и миссия продолжается.

Процессы: I - двигатель АНПА включен, запросы УКБ выключены, запуск синхронизации, продолжение входа в ДПУ, ожидание, изменение угла упора, вышло время; II - окончание миссии, оператор запускает передачу данных, оператор включает/ выключает зарядку батарей, оператор загружает и инициирует новую миссию; III - втягивание штепсельного штыря, включение двигателя на реверс, изменение угла упора, всплытие до глубины 3 м, вышло время. Пункты, выделенные зеленым цветом, были запланированы, но на момент испытаний не были осуществлены.

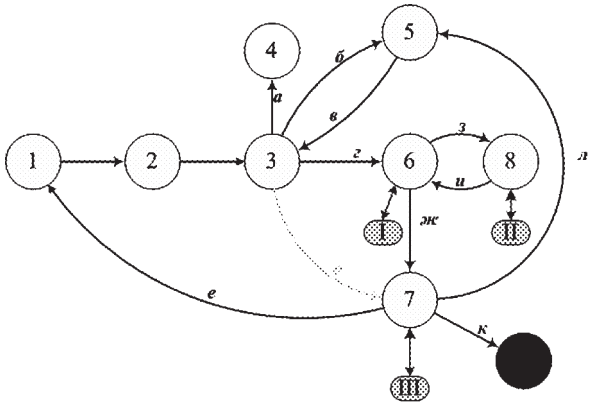

Рис. 11. Диаграмма состояний приведения и стыковки АНПА к ДПУ

В случае заклинивания АНПА в ДПУ предполагается раскачивать аппарат рулями и пульсировать движителем для его освобождения. Если аппарат вошел в ДПУ, но не достиг продольного совмещения, то он выполняет маневр реверса, АНПА возвращается на исходную позицию и повторяет попытку (рис. 12). После трех неудачных попыток, аппарат прерывает миссию и всплывает на поверхность.

Сотрудниками компании Bluefin Robotic Inc. [8] приведен обзор концепций базирования АНПА на ДПУ, способов заряда аккумуляторной батареи АНПА и информационного обмена под водой, их достоинства и недостатки. Проанализированы три основных способа передачи электрической энергии под водой: контактный; бесконтактный (индукционный) и генераторный (см. таблицу).

Для передачи энергии на АНПА предпочтение отдается индукционному методу, который имеет следующие достоинства:

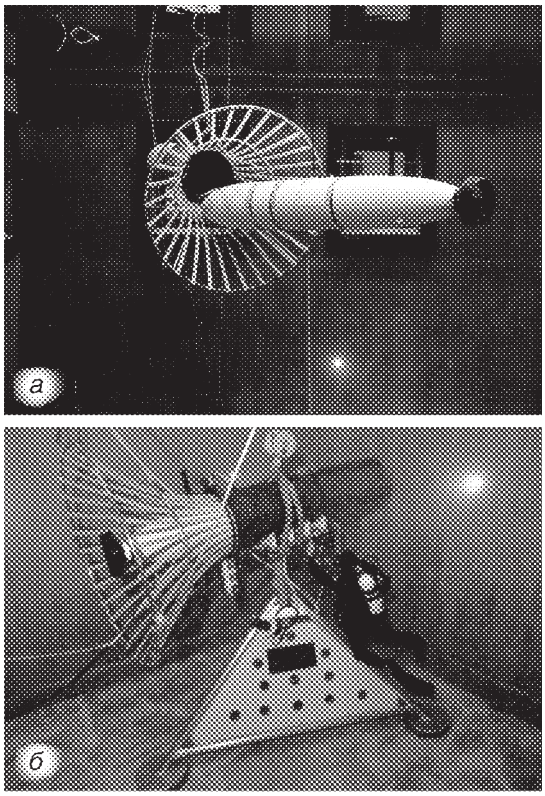

Рис. 12. Отработка процесса причаливания:
а – попадание АНПА в причальный конус; б – вход в ДПУ

• отсутствие физического электрического контакта;

• поверхности инвариантны к неточному соединению и обрастанию.

Недостатком системы передачи энергии индукционного типа является наличие дополнительных электрических преобразователей и, как следствие, дополнительные габариты и масса, а также дополнительные потери на передачу энергии. При генераторном способе энергия передается путем подключения вала электродвигателя, находящегося на ДПУ, к валу электродвигателя АНПА, работающего в генераторном режиме и заряжающего аккумуляторную батарею.

В итоге можно сделать следующие выводы:

1. ДПУ предназначены для подводной зарядки аккумуляторной батареи АНПА и его информационного обмена (снятие накопленной информации и получение новых заданий), что позволяет аппарату в течение длительного времени работать под водой независимо от судна-носителя. Применение ДПУ эффективно, когда АНПА предназначен для выполнения многократных миссий в пределах одной акватории: например, охрана порта или мониторинг водной среды.

2. ДПУ подключается с помощью подводного кабеля, имеющего силовые и информационные связи, к специальному береговому посту, управляющим работой АНПА (или группы аппаратов). ДПУ с автономным источником питания (в том числе и ядерным) в принципе могут быть выставлены в любом районе Океана на любой глубине, делая автономность АНПА практически неограниченной.

3. Конструкция ДПУ обеспечивает единство следующих требований и технических решений:

• навигационной привязки АНПА к ДПУ с помощью ГАНС;

• связи АНПА и ДПУ с помощью гидроакустического модема;

• наведение АНПА на причальное устройство;

• стыковку АНПА с элементами конструкции ДПУ и фиксацию АНПА на ДПУ в строго заданном положении;

Характеристики способов заряда аккумуляторной батареи и информационного обмена под водой

Факторы	Электрический контакт	Индукционный преобразователь	Генератор
Влияние окружающей среды	Сильное	Среднее	Среднее
Необслуживаемость	Плохая	Средняя	Плохая
Эффективность	Средняя	Средняя/высокая	Низкая
Размеры соединителя	Минимальные	Средние	Средние
Кол-во трансформаторов 1000 Вт	8	4	2 двигателя
Масса	Средняя	Средняя/высокая	Высокая
Размеры	Средние	Средние	Большие
Магнитное поле	Низкое	Низкое	Среднее
Изоляция от морской воды	Низкая	Высокая	Средняя
Влияние на движение НПА	Слабое	Слабое	Слабое
Электрическое влияние	Слабое/среднее	Слабое/среднее	Среднее

• взаимодействие электронных и механических систем АНПА с системами ДПУ;

• заряд аккумуляторной батареи аппарата;

• информационный обмен между АНПА и ДПУ;

• завершение обслуживания и старт АНПА на выполнение очередной миссии.

4. Задача установки ДПУ на грунт и обеспечение его работоспособности в течение жизненного цикла включает следующие действия:

• проведение комплекса изыскательских работ по размещению ДПУ на грунте на заданной глубине;

• конструктивное обеспечение устойчивого и безопасного положения ДПУ на грунте (с учетом операции по его установке на грунт);

• прокладка подводного кабеля от берегового поста к ДПУ;

• обеспечение возможности технического обслуживания и ремонта ДПУ.

5. Среди требований, предъявляемых к ДПУ, наиболее важными являются обеспечение его высокой надежности и безотказности в работе, коррозионная стойкость и защита от биологического воздействия.

6. За рубежом достигнут определенный прогресс в создании ДПУ и сопутствующих технологий для подводного базирования. Разработаны и прошли успешные испытания ДПУ для НПА «Marine Bird», «REMUS», «Maridan-600», «Odyssey» и др.

Литература

1. Агеев МД., Наумов ЛА., Илларионов ГЮ. и др. Необитаемые подводные аппараты военного назначения.// Под ред. Академика МД. Агеева. Монография. – Владивосток, Дальнаука, 2005. 168 с.

2. M. Purcell, A. A. Forester. New Capabilities of the REMUS Autono¬mous Underwater Vehicle, OCEANS-2000 Proceedings, MTS/IEEE, Vol. 1 pgs. 147-156.

3. Allen B., Austin T., Forester N. Autonomous docking Demonstration with enhanced REMUS technology. Oceanographic System Laboratory Woods Hole, MA 02543 USA.
http://www.hydroidinc.com/pdfs/Remus%20100%20Docking.pdf

4. EURODOCKER – A universal docking, downloading system for AUVs.
http://www.sate-italy.com/flyers/EuroDocker.pdf

5. Fucasawa T.; Noguchi T.; Kawasaki T.; Biano M. «Marine Bird», A New Experimental AUV with Underwater Docking and Recharging System", OCEANS 2003, pp.2195-2200. - 2003.

6. Stokey R.; Purcell M.; Forrester N.; Austin T; and other. A docking System for REMUS,An Autonomus Underwater Vehicle/ OCEANS 97, Vol.2, pp.1132-1136. - 1997.

7. Singh H.; Lerner S.; Kieth von der Heyt.; Moran B. An Intelligent Dock for an Autonomus Ocean Sampling Network. OCEANS 98, Vol.3, pp. 1459-1463. - 1998.

8. Coulson R.; Lambiotte J.; Grenon G.; Pantelakis T.; Curran J.; An E. Development of A Modular Docking Subsystem for 12' Class Autonomous Underwater Vehicles. OCEANS 2004, pp.1745-1752. - 2004.

9. Bradley A.; Feezor M.; Singh H.; Sorrell F. Power Systems for Autonomus Underwater Vehicles. IEEE Jornal of Oceanic Engineering, Vol. 26 №.4, Oct. - 2001.

10. Coulson R, Lambiotte J, An E. A modular docking system for 12.75-inch class auvs. Sea Technology, pp. 49–54, April 2005.

11. Austin T., Stokey R., von Alt C., Arthur R., Goldsborough R. «RATS», A Relative Acoustic Tracking System Developed for Deep Ocean Navigation. Proceedings Oceans '97.

Материал поступил в редакцию 29. 11. 2010 г.