

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА-АМФИБИИ

А.И. Иванов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: vonaviai@list.ru

Н.А. Лазутина

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: nelex25@yandex.ru

Ключевые слова: автономный обитаемый подводный аппарат-амфибия, шнеко-роторный движитель, внутренние радиосети.

Аннотация: Рассматриваются структура и свойства инновационного проекта автономного обитаемого подводного аппарата-амфибии с роторно-винтовыми движителями (шнеками). Приводятся примеры применения внутренних радиосетей в управлении движением аппарата, описываются технические характеристики и возможности использования при решении широкого спектра задач двойного назначения.

Актуальной задачей для разработчиков средств морской робототехники является расширение функциональных возможностей подводных аппаратов [1].

Цель настоящего доклада – показать один из возможных вариантов создания автономного обитаемого подводного аппарата (АНПА), наделенного специфическими свойствами.

Рассматриваемый аппарат относится к классу амфибий. В процессе подготовки проекта проанализировано большое количество подвижных устройств, ориентированных на сложные условия эксплуатации: это машины-амфибии, способные работать в двух средах - на суше и на водной поверхности. Для передвижения по водной поверхности в машинах-амфибиях используются гребные винты или водометные движители. При перемещении по суше происходит переключение на гусеницы или колеса. У таких устройств усложненные трансмиссии, следовательно, увеличены вес, габариты и энергопотребление. Кроме того, таким амфибиям практически недоступны приливно-отливные зоны, литораль, перемещения под водой.

Применяемые до настоящего времени аппараты имеют ограниченные возможности перемещения только в двух сферах: «водная поверхность-под водой» [2], или «водная поверхность-суша» [3].

Частным решением замены гусениц, колес, винтов является применение роторно-шнековых движителей (шнеков), на основе которых создаются шнекоболотоходные машины, способные перемещаться в двух средах – на суше и в воде. Основной их недостаток – отсутствие возможности перемещаться под водой, что соответственно сокращает функциональность аппарата.

Известно ограниченное число разновидностей аппаратов, работающих на единых для трех сред движителях, использующих различные физические принципы.

Телеуправляемый аппарат VELOX перемещается с помощью волнообразно вибрирующей мембраны (аналог-электрический скат) [4]. Мембранный движитель успешно работает во всех трех средах, включая пересеченную местность, снег, лед. Из-за специфики ненадежного контакта подвижных мембран с поверхностью на корпус передается очень слабое тяговое усилие. О практическом применении движителей мембранного типа мало неизвестно.

Другая разновидность робота-амфибии с универсальным для трех сред движителем представлена моделью AQUA-2 [5]. Перемещение осуществляется с помощью эластомеханических ласт, изготовленных из сплава винила и стали. Ласты размещаются по три с каждой стороны алюминиевого корпуса. Вес аппарата 16.5 кг, проверенная глубина погружения 37 м. Основное назначение - мониторинг и изучение морской среды. Аппарат не приспособлен для использования в военных целях из-за особенностей конструктивного исполнения.

Расширенные результаты могут быть получены путем решения триады тактических задач: перемещением исследовательского аппарата в указанных состояниях – в подводной среде, по водной поверхности и по твердому грунту. Это свойство в полном объеме недоступно известным аппаратам, имеющим ограниченные возможности перемещения. Предлагаемый проект автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) – амфибии позволяет охватить все три направления всесезонного маневрирования.

Возможность работы в трех средах является прорывным результатом использования свойств предлагаемого проекта АНПА-амфибии. Переход в разные среды обеспечивается движителями, создающими необходимые тяговые усилия в разных условиях: на снегу, на песке, на болотистом грунте, в воде, под водой, подо льдом.

Научная и техническая новизна проекта заключается в использовании специфических роторно-винтовых (шнековых) движителей, обеспечивающих перемещение аппарата как под водой, так и по водной поверхности и по суше. Единый тип движителей, работающих в трех средах, позволяет исключить дополнительные механические узлы и трансмиссии, переключающие на аппарате в процессе эксплуатации традиционные разнотипные специализированные движители (гребные винты, колеса, гусеницы).

Согласно патенту [6], авторов настоящего проекта, АНПА представляет собой торпедоподобный корпус с установленными по обеим сторонам симметрично относительно продольной оси и вращающимися в противоположные стороны титановыми шнековыми движителями. С целью сокращения пропульсивных коэффициентов электродвигатели размещаются непосредственно на шнеках. Внутри корпуса находится балластная цистерна с системой управления плавучестью (СИП), датчики крена и дифферента, механизм осушения или заполнения цистерны.

Диаметр вала шнеков ориентирован на работу под водой и на водной поверхности, т.е. существенно меньше внешнего диаметра шнеков. Такая конструкция обеспечивает необходимое тяговое усилие в водной среде. Однако при перемещении на суше по вязкому грунту или по снегу может произойти увязание аппарата. Для устранения этого эффекта в передней и задней частях АНПА между шнеками устанавливаются цилиндры-бамперы, соизмеримые с внешними диаметрами шнеков.

Введение бамперов разрезного типа позволяет устранить противоречивые требования к поведению аппарата на суше и под водой.

Управление движением АНПА, в зависимости от поставленных задач, может осуществляться как по внешнему радиоканалу через пульт оператора, так и по внутренним радиоканалам с использованием встроенной навигационной системы и

процессора миссии. В качестве такого процессора может быть использован бортовой процессор ввода-вывода разработки ИПУ.

Внешнее управление через открытый радиоканал обеспечивается при перемещении аппарата по водной поверхности и по суше.

Внутреннее управление с помощью заранее загруженной программы-миссии может происходить как в подводном состоянии АНПА, так и в режиме молчания на поверхности акватории или на суше. Автоматический переход на соответствующий режим происходит с помощью специального датчика погружения-всплытия, основного логического компонента СИП.

Процесс погружения-всплытия может реализоваться двумя способами – динамическим, на ходу, с помощью горизонтальных рулей, и статическим, с помощью операций заполнения/освобождения балластных цистерн. Возможно совмещение этих двух вариантов. Следовательно, АНПА-амфибия может выходить на заданную глубину как в движении, так и в режиме дрейфа при минимальном расходе электроэнергии.

Сокращение габаритно-весовых показателей и повышение надежности аппарата обеспечивается техническими решениями с применением внутренних радиосетей, предлагаемых в другом патенте разработчиков данного проекта [7].

Техническая реализация этого принципа в АНПА-амфибии заключается в использовании единой беспроводной информационно-управляющей сети, заключенной в экранирующий металлический корпус аппарата, выполняющий две задачи: создаётся необходимая жёсткость конструкции и обеспечивается экранировка внутреннего радиотракта как от внешних воздействий, так и от внутренних излучений.

Одна из целей настоящего проекта состоит в разработке метода построения киберустойчивого аппарата с повышенной живучестью, при сохранении положительных качеств, обеспечиваемых беспроводными сетями [8].

Совокупность технических средств и логических операций в АНПА представляет собой систему искусственного интеллекта в управлении движением аппарата, самостоятельно выбирающую линию поведения в зависимости от ситуации. Система автоматически переводит управление движителями с внешнего на внутреннее радиоуправление, определяет СИП, принимает решение о необходимости корректировки координат, подстройки частот внутреннего и внешнего передатчиков.

Эксплуатационные характеристики аппарата открывают перспективу применения АНПА-амфибий для решения широкого спектра задач двойного назначения.

К числу народохозяйственных областей применения АНПА-амфибии относятся океанографические и гидрографические исследования в прибрежной и шельфовой зонах и в полярных регионах, картографирование береговой линии, рельефа дна, разметка фарватера.

В числе поисково-спасательных и обследовательских подводно- и надводных операций могут осуществляться:

- обследование мостов, дамб и плотин, затопленных строений и техники при наводнениях;
- обследование размещенных в труднодоступных местах побережья и шельфа механизмов, устройств и сооружений.

Предлагаемый АНПА-амфибия за счёт своих характеристик имеет явные преимущества перед известными решениями при эксплуатации в сложных условиях:

- возможность круглогодичного мониторинга водных ресурсов, включая исследования в зимний период;
- проведение исследовательских и прочих операций в условиях, где действия любых других средств либо затруднены, либо невозможны;
- многопараметрический анализ качества водных ресурсов.

На аппарат могут устанавливаться портативные съёмные измерительные приборы и параметрические анализаторы, разнообразные датчики, позволяющие обследовать водохранилища, русла рек, побережье.

АНПА-амфибии способны внести существенный вклад в процесс восстановления и оздоровления микрофлоры водных ресурсов и предотвращения экологического кризиса.

К числу тактических задач, способных выполнять АНПА-амфибии, можно отнести:

- скрытное проведение разведывательных, поисковых и прочих операций в условиях мелководья (включая прибойную зону);
- обнаружение, слежение за боевыми системами противника в ближней береговой и морской зоне;
- противодиверсионное обеспечение Северного морского пути и морских объектов;
- освещение гидрометеобстановки для обеспечения выполнения боевых задач;
- охрана прибрежной и шельфовой зон.

Разведывательно-диверсионные АНПА-амфибии способны решать задачи:

- поиск в заданном районе стратегических кабелей связи, газо-нефтепроводов, а также других важных элементов военной инфраструктуры противника;
- гидроакустическая разведка в заданных районах, в т. ч. и в территориальных водах противника;
- установка прослушивающих, а также управляемых взрывных устройств;
- доставка в заданные районы контейнеров с медикаментами, боеприпасами, разведывательной аппаратурой.

При выполнении разведывательных операций АНПА-амфибия может скрытно под водой приблизиться к побережью противника, всплыть, переместиться к объекту, выполнить сеансы видео-фото съемки с помощью соответствующей аппаратуры, передать по радиоканалу или записать на диск требуемые данные, а затем погрузиться под воду и вернуться незамеченным к точке запуска.

Научный анализ, заключающийся в применении инновационных методов терраквадинамики и в математическом моделировании алгоритмов и параметров основных узлов АНПА-амфибии, должен дать ответы и рекомендации по оптимизации свойств и характеристик аппарата, функциональных подсистем, вычислить показатели надежности. Моделирование позволит определить граничные энергетические характеристики движителей при перемещении на разных скоростях в различных средах и горизонтах.

Представляется целесообразным рассмотреть алгоритмы группового поведения АНПА-амфибий при ротации точек доступа на суше и акватории. Сетевое управление такой группой может создать синергетический эффект при решении тактических задач.

Макетный образец АНПА-амфибии должен лечь в основу мелкосерийного производства аппаратов для отладки технологии, проведения опытной эксплуатации и отработки документации.

Благодаря своим техническим характеристикам, возможностям использования по двойному назначению, относительно низкой стоимости, АНПА-амфибия может стать массовым изделием, применяемым в разных отраслях народного хозяйства.

Список литературы

1. Войтов Д.В. Автономные обитаемые подводные аппараты. М: МОРКНИГА, 2015. С. 273-312.
2. Гайкович Б.А. и др. Исследование и разработка концептуального подводно-надводного аппарата «Тень». С.Пб.: ГМТУ, ГНИИЦ РТ МО.

3. Месяц Л.А. и др. Робототехнический разведывательный комплекс амфибийный. ЦНИИИ ИВ МО. Патент № 2654898 от 29.05.2018.
4. Pliant Energy Systems. Аппарат VELOX.
5. McGill Independent Robotics, AQUA-2. USA, 2019.
6. Дружинин Ю.О. и др. Автономный необитаемый подводный аппарат-амфибия. Патент № 2713494 от 06.02.2020. РФ.
7. Дружинин Ю.О. и др. Модульный автономный необитаемый подводный аппарат. Патент № 2667674 от 24.09.2018. РФ.
8. Иванов А.И. Программно-аппаратный комплекс для отказоустойчивого мониторинга подвижных морских объектов // Подводные исследования и робототехника. 2007. № 2 (4). С. 21-29.