



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южный федеральный университет»

У П Р А В Л Е Н И Е

- ◆ Перспективы применения робототехнических комплексов наземного, морского базирования и комплексов с БЛА
- ◆ Перспективы применения РТК в интересах решения народно-хозяйственных задач
- ◆ Перспективы группового применения РТК ВН
- ◆ Системы управления и моделирования
- ◆ Системы энергетики и приводной техники
- ◆ Связь, навигация и наведение
- ◆ Техническое зрение

Сборник материалов
XIV Всероссийской научно-практической
конференции
“Перспективные системы и
задачи управления”

2019

- | | |
|--|--------------------|
| ♦ предел погрешности измерения гидростатического давления, МПА | 0,02; |
| ♦ напряжение питания, В | 30; |
| ♦ габариты, мм (масса, кг):
прибора 3А | Ø115х298 (7,1); |
| ручной лебедки с кабель-тросом и стрелой
(в сложенном виде) | 472х516х1550 (33). |



Рис. 7. Измеритель скорости звука «Анапа-ИСЗ»

Измерители скорости звука и датчик гидростатического давления используемые в приборе 3А, сертифицированы как средства измерения.

Заключение. Резюмируя изложенное, можно сказать, что в настоящее время АО «АКВАМАРИН» имеет достаточный научно-технический задел для разработки и последующего серийного производства как стационарных, так и мобильных систем траекторных измерений для обеспечения испытаний ПРТК различного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автономные подводные роботы: системы и технологии / под ред. М.Д. Агеева. – М.: Наука, 2005. – 398 с.
2. 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: ФГБУН Ин-т проблем морских технологий ДВО РАН 2018. – 368 с.

УДК 629:58

А.М. Маевский, Б.А. Гайкович

РАЗРАБОТКА ЛЕГКОГО ИНТЕРВЕНЦИОННОГО АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА В ЦЕЛЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОДВОДНЫХ РЕЗИДЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

В статье рассматривается вопрос организации и применения подводных автономных резидентных систем, способных долгое время без участия оператора выполнять поставленную разветвленную задачу. Целью исследования является повышение эффективности функционирования автономных подводных необитаемых аппаратов (АНПА) различного типа. Описывается концепция использования гетерогенных групп АНПА для выполнения

задач по мониторингу акваторий и поиску полезных ископаемых (таких как углеводородные залежи). Использование сетевых принципов информационного взаимодействия подводных аппаратов позволяет расширить спектр выполняемых задач, в совокупности с использованием имеющихся распределённых децентрализованных систем автономного управления. Описывается процесс разработки легкого гибридного (интервенционного) подводного аппарата, сочетающего в себе как основные принципы традиционного АНПА, так и использование гидродинамических принципов движения АНПА глайдерного типа. Для выполнения подводных интервенционных задач, на борту АНПА установлен подводный электрический манипуляторный комплекс (МК). И как результат проделанной работы представлен первый российский демонстратор технологий интервенционного автономного необитаемого подводного аппарата, способного в автономном режиме осуществлять оперативную работу в рамках подводных резидентных систем.

Резидентная робототехника; распределение целей; подводные глайдеры; I-AUV; подводные манипуляторы; сетевая система; группа АНПА; система группового управления.

A.M. Maevskiy., B.A. Gaikovich

DEVELOPMENT OF A LIGHT INTERVENTION AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE FOR USE IN UNDERWATER RESIDENT TECHNOLOGY

The article considers the organization and application of autonomous resident underwater systems capable during long time missions perform complex tasks without the operator's participation. The aim of the study is to improve the efficiency of functioning of autonomous underwater vehicles (AUV) of various types specifically for said purpose. Article describes the concept of usage of heterogeneous groups of AUV for underwater monitoring and minerals (such as hydrocarbon) survey. The use of network-centric principles of informatics exchange for underwater vehicles allows expansion of the area of possible application, together with the use of existing distributed decentralized autonomous control systems. Article describes developing process for lightweight hybrid (interventional) underwater vehicle, which combines both the basic principles of the traditional AUV and the use of hydrodynamic motion's principles of the AUV of a glider type. To perform underwater interventional tasks, an underwater electric manipulator complex (MC) is installed onboard the AUV. And as a result of the development, the first Russian demonstration vehicle incorporating such technologies is presented, capable of carrying out operational work in the framework of underwater resident systems in an Autonomous.

Resident robotics system; distribution of targets; I-AUV; underwater gliders; network-centric system; swarm auv control system; underwater manipulator.

Введение. Без подводных робототехнических комплексов (РТК) сегодня невозможно проведение инспекций, обследований и процессов эксплуатации подводных объектов, изучения рельефа дна, мониторинга водной среды и исследований донных поверхностей на наличие полезных ископаемых. И это не только важный технологический аспект, но и в значительной мере всё более и более весомая финансовая составляющая освоения мирового океана. В частности, если рассматривать нефтегазовую отрасль, где, по мнению специалистов, в лучшем случае, только одна из 3–4 пробуренных поисковых скважин на шельфе является продуктивной, а среднестатистическое значение для шельфа, к примеру, Вьетнама за 30 лет составило всего 15 %. Зачастую такой результат вызван невозможностью однозначно интерпретировать данные геофизического прогноза даже для хорошо изученных районов. Это наиболее критично при бурении разведочных скважин глубоководных морских акваториях, а также в удаленных регионах, которые отличаются более жесткими климатическими условиями. А учитывая постепенное истощение легкоизвлекаемых запасов, необходимость проведения глубоководных исследований будет только возрастать. При этом, например, средние затраты в

сутки на глубоководное бурение в Мексиканском заливе в 2008 г. составляли 600 000 дол. США, в то время как для мелководного (до 200 м) бурения на шельфе Вьетнама – 450 000 дол. США. Таким образом, нетрудно оценить финансово-временные потери, которые несут нефтегазовые компании из-за недостоверных или ошибочных прогнозов, основанных на применении стандартных методов геофизической разведки. Поэтому снижение рисков бурения пустых скважин становится особенно актуальным в условиях глобального финансово-экономического кризиса. По оценкам специалистов компании «Роснефть» для освоения российской части шельфа до 2050 г. потребуется около 2,5 трлн дол. США.

Логичным решением снижения рисков указанных проблем становится поиск альтернативных методов исследований, и одним из ключевых направлений для раскрытия потенциала добычи полезных ископаемых, таких как нефти и газа, является разработка новых технологий с использованием подводных автономных РТК, что может существенно упростить процесс поиска и обнаружения месторождений.

Текущее направление исследований. С точки зрения создания новых образцов подводной робототехники, необходимо принимать во внимание изменившуюся конъюнктуру мирового и российского рынка. В условиях вынужденного сокращения издержек компании-операторы месторождений прибегают к новым, более экономически эффективным решениям. В качестве направлений исследований для таких решений можно выделить:

- ♦ Универсализацию подводной робототехники, т.е. создание аппаратов, способных решать широкий объем задач в рамках единой базовой платформы.
- ♦ Модульную унификацию по полезной нагрузке, т.е. обеспечение универсальности аппарата путем смены функциональных модулей полезной нагрузки.
- ♦ Модульную унификацию по блокам и узлам самого аппарата, т.е. возможность изменения конструкции и функционала аппарата путем добавления и замены типовых блоков-модулей. Например, по данной схеме построен созданный АО «НПП ПТ «Океанос» манипулятор, позволяющий добавлять и убирать ступени без изменения системы управления и программного обеспечения [1, 2].
- ♦ Модульную унификацию системы управления, что подразумевает необходимость изначальной разработки универсальной системы управления аппаратом с открытой архитектурой, которая смогла бы организовывать управление на основе различных режимов (гибридных режимов) и иметь возможность расширения данного управления посредством добавления дополнительных программных нод (модулей), что существенно увеличит сферу применения разрабатываемого объекта.
- ♦ Применение новых подходов к сокращению стоимости работы и обслуживания аппаратов, внедрение резидентных, т.е. постоянно находящихся на месте работ систем, не требующих судов обеспечения и постоянного обслуживания на поверхности.

В итоге расширение функциональных возможностей применения АНПА является приоритетной задачей совместных разработок АО «НПП ПТ «Океанос» и ФГБОУ ВО СПбГМТУ последние несколько лет [3]. В дальнейшей работе будут рассмотрены данные направления исследований с учетом описания проекта по разработке резидентного подводного аппарата.

Методология подводных резидентных систем. Основные подводные работы такие как: инспекция, проверка и техническое обслуживание, выполняются как правило при помощи телеуправляемых подводных аппаратов (ТПА), использование которых основано на применении не только кабель-троса, но и специального обслуживающего судна. В виду чего вытекает следующий ряд проблем:

- ◆ Большие затраты на проведение миссии (суточная ставка выполнения работ от 40 до 120 тыс. долларов США (и более, в зависимости от типа судна и аппарата)).
- ◆ Дополнительное время связано с погружением ТПА и его поднятием на борт судна для периодического технического обслуживания, а также перемещение судна к следующим ключевым точкам миссии.
- ◆ Потенциальный риск, сопровождающий спускоподъемные операции с ТПА.
- ◆ Погодные ограничения на выполнение работ с применением ТПА.
- ◆ Судходные ограничения на выполнение работ с применением ТПА.
- ◆ Ряд конструктивных ограничений, связанных с длиной и структурой кабель-троса, возможностью его запутывания, повреждения и т.д.

Для решения описанных выше проблем является необходимым разработка принципиально нового класса подводных роботов, которые бы смогли совмещать в себе возможности как традиционных АНПА, так и ТПА, работая в единой подводной резидентной системе. В зарубежной литературе такие АНПА носят название интервенционных, пример такого аппарата представлен на рис. 1.



Рис. 1. Пример концепта резидентного АНПА

Подводные резидентные системы (ПРС) – это комплекс взаимосвязанных морских РТК способных большую часть рабочего цикла автономно выполнять поставленную задачу, при этом являясь объектом целостной сетцентрической системы, которая включает в себя общее взаимодействие различных элементов внутренней инфраструктуры (донные станции, информационные буи, другие АНПА). Таким образом ПРС обеспечивают долговременную исследовательскую, инспекционную и сервисную работу без участия надводного сопровождающего судна или судна-носителя. Пример работы такой системы, изображен на рис. 2, одновременно иллюстрирующем основное различие между системами ТПА и резидентным АНПА. В то время как ТПА получает питание и управление через кабель-трос и управляется с надводного судна, подводный резидентный аппарат является полностью автономным, действующем по заложенным программам и питается от внутреннего аккумуляторного блока. Сфера выполняемых задач может быть расширена при помощи организации единой подводной резидентной системы.

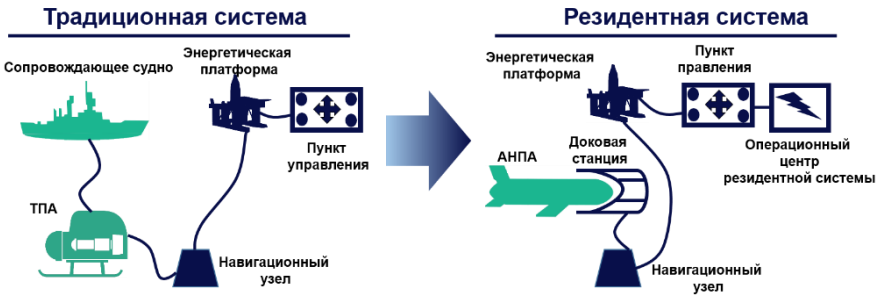


Рис. 2. Основные отличия традиционных и резидентных систем

Благодаря таким резидентным системам становится возможным работа на донной поверхности в течении долгого времени. К основным преимуществам ПРС можно отнести:

- ♦ возможность выполнения работ без участия обеспечивающего судна, что существенно сокращает экономические затраты при проведении долгих исследований, решает проблему с ограниченным радиусом действия аппарата;
- ♦ быстрое реагирование. Мобильность. Поскольку резидентные АНПА постоянно находятся в режиме ожидания, то в случае возникновения задач, связанных с необходимостью быстрого развертывания системы, ПРС позволяет в кратчайшие сроки организовать выполнение миссии;
- ♦ гибкая настройка ПРС. Данные системы могут быть масштабированы в зависимости от места проведения исследований, необходимых задач, в них без особых проблем могут быть добавлены новые узлы и введены дополнительные АНПА.

Также система может быть расширена при помощи использования группы, как однородных, так и разнородных ПА, что существенно увеличит спектр выполняемых задач и скорость выполнения миссии [4]. На данный момент ведутся обширные исследования в области группового управления [5, 6]. Так к имеющимся разработкам следует отнести методы группового управления, обеспечивающие взаимодействие групп в недетерминированных средах с препятствиями [7] и включающими в себя алгоритмы целераспределения [8], что непосредственно может быть использовано для организации резидентных подводных структур.

Использование резидентной группы АНПА, можно рассмотреть на примере концепта проекта по исследованию сейсмической активности вулканов хребта Juan de Fuca недалеко от побережья Орегона [9,10], представленном на рис. 3.

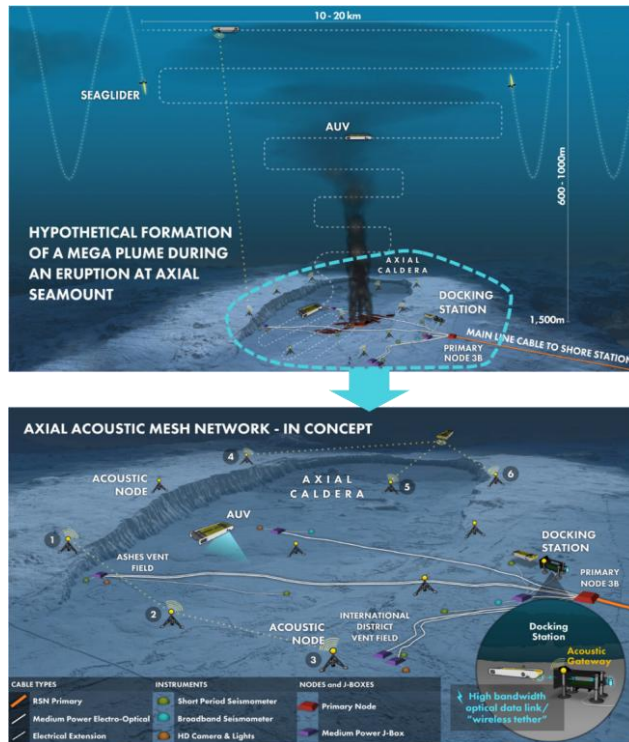


Рис. 3. Гетерогенная двух уровневая подводная резидентная система

На рис. 3 (сверху) представлена гетерогенная резидентная система верхнего уровня. В рамках данной системы осуществляется контроль и управление разнородной группой АНПА, как изображено на рисунке это могут быть глайдеры, традиционные АНПА и интервенционные резидентные АНПА, которые работают непосредственно на месте базирования. Так глайдеры, обеспечивают продолжительный мониторинг и исследование водной среды на больших глубинах отслеживая изменение состояния среды.

Резидентная система нижнего уровня на рис. 3 (снизу), одновременно выполняет роль единой системы беспроводной связи, навигации за счет расположения массива акустических маяков/ретрансляторов, оптической связи и энергетической системы, при помощи док-станций, подключенных к кабельной инфраструктуре. Акустическая система и оптическая система связи в совокупности, позволяет точно ориентироваться и управляться АНПА в данной зоне избегая столкновений с донными объектами. В данной системе, также одновременно работает группа ПА, которые оперативно, в случае необходимости, могут быть задействованы для решения инспекционных задач, задач связанных с взятием микробиологических проб или выполнением интервенционных миссий с подводными объектами.

Следует учесть, что при построении распределенной робототехнической системы наиболее важной и сложной задачей является разработка системы управления группировкой в целом, способной решать задачи планирования действий роботов и целеуказания в соответствии с выбранной стратегией группового управления, а также задачи автодвижения, коммуникации, обработки полезной информации, получаемой роботами в процессе выполнения заданий.

Частный случай применения подводных резидентных систем. Вне оборонных точек приложения наиболее целесообразным объектом применения ПРС является нефтегазовый сектор. Как правило на ближайшем шельфе глубины которого достигают 200-300 метров, количество месторождений крайне сокращено и нефтегазовая отрасль переходит на большие значения исследуемых глубин от 500 м до 2 000 м. К примеру, компания Equinor собирается реализовать глубоководный проект у границ Канады. По оценкам, запасы актива составляют 300 млн баррелей высококачественной нефти. Первую нефть на месторождении на глубинах до 1 200 м планируют добыть в 2025 году. В июне 2018 года итальянская Eni обнаружила перспективные глубоководные месторождения на участках Средиземного моря. Eni в 2018 году открыла глубоководное месторождение газа Calypso на Блоке 6 экономической зоны Кипра на глубине 2 074 м. Total в конце июля 2018 года начала добычу на крупнейшем глубоководном проекте Анголы – Kaombo Norte. Добыча ведется на глубинах воды до 1 950 м в 200 км от берега [11]. В экономической зоне РФ ситуация еще сложнее в виду как удалённого расположения перспективных месторождений в арктическом регионе, так и наличия тяжёлой ледовой обстановки с айсбергами, дрейфующими ледовыми полями в купе с сильными подводными течениями. Величины упомянутых глубин и иные негативные условия исключают непосредственное участие человека в мониторинге и обслуживании инфраструктуры месторождений, при этом и классическая телеуправляемая робототехника, не смотря на конструктивные решения, обеспечивающие глубину её применения до 3 – 6 000 м, имеет ограничения целесообразности применения по технологическим и экономическим параметрам. В этих условиях представляются перспективными следующие направления развития резидентных систем:

а) гидрохимический мониторинг акваторий с базированием на промежуточные станции с автономными или кабельными источниками энергоснабжения;

б) сейсмические исследования с базированием на промежуточные станции с автономными или кабельными источниками энергоснабжения;

в) инспекция протяжённых линейных объектов с базированием на промежуточные донные станции;

г) инспекция внутривидеоморской инфраструктуры месторождений и ограниченный набор сервисных операций по объектам инфраструктуры при базировании на автономные донные станции или донные станции встроенные в объекты инфраструктуры.

На данный момент ряд зарубежных компаний ведет интенсивную работу над проектированием различных узлов резидентной системы. Системы передачи больших объемов информации [12], необходимость стабильных систем докования аппаратов к зарядным станциям и сами механизмы передачи заряда от док-станции [13].

В рамках работы над проектом FlatFish [14] с 2014 года ведется разработка резидентного АНПА и соответствующих вспомогательных технологий. Основной задачей проекта является разработка универсального аппарата способного провести подводное обследование трубопроводов, шлангокабелей, подводных структур и сетей, и подводного оборудования в целом.

В феврале 2019 года компания Sonardyne подписала проект о сотрудничестве с разработчиками FlatFish с целью применения их АНПА как носителя новых 4D систем сейсмической разведки, которые разрабатываются в рамках программы, продвигаемой Национальным агентством нефти, природного газа и биотоплива (ANP). По информации Sonardyne, основная цель состоит в том, чтобы увеличить продолжительность и автономность исследования дна и обеспечивать работоспособность резидентной системы на протяжении 5 лет. По мнению разработчиков, такие системы помогут повысить эксплуатационную эффективность и устранить различные существующие трудности при развертывании современной технологии 4D сейсмического мониторинга, которая имеет жизненно важное значение для проведения исследований месторождений нефтяных и газовых залежей.

Примером другой разработки резидентного АНПА является аппарат компании Saab Seaeye [15], которая в феврале 2019 года провела успешные испытания системы причаливания гибридного АНПА к различному типу док-станциям. АНПА Sabretooth максимальная рабочая глубина которого является 3000 м, включает в себя интеллектуальную систему управления iCON (разработанную производителем) и оснащен индуктивным устройством Blue Logic бесконтактной системы заряда, позволяющий при базировании АНПА в док-станции, восстанавливать заряд АКБ и возвращаться к выполнению миссии, как в автономном, так и в телеуправляемом режиме, включая такие задачи как осмотр, ремонт и техническое обслуживание объектов инфраструктуры месторождений, исследовательские задачи и мониторинг окружающей среды. Для выполнения интервенционных миссий, Sabretooth оборудован пятиступенным гидравлическим манипулятором HLC-HD, который способен поднимать объекты массой до 40 кг.

Добыча углеводородов особо значима для России. По планам ПАО «Газпром нефть» увеличение ежегодной добычи должно составить к 2020 году до 100 млн. тонн нефтяного эквивалента. Программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ» подразумевает создание технологий, способных обеспечить полноценное автономное подводное освоение арктического региона и поиск новых месторождений. Использование АНПА для инспекции подводных объектов составляет не более 70 % от стоимости, а ее продолжительность находится в интервале от 40 до 80 % от длительности традиционных инспекции с использованием водолазов и/или ТПА. В виду этого предлагается разработка принципиально нового морского гибридного РТК, совмещающего в себе основные преимущества таких подводных систем как глайдеры, традиционные АНПА и ТНПА.

Разработка демонстратора технологий легкого интервенционного АНПА типа «Резидент». Начиная с 2011 года и по настоящее время в АО «НПП ПТ «ОКЕАНОС» в кооперации с СПбГМТУ ведется разработка и опытная эксплуатация ходового стенда подводного глайдера [16–20] (рис. 4) – АНПА на основе гидродинамических принципов движения. Данная работа выполняется в рамках магистрального направления исследований по обоснованию и созданию семейства автономных подводных аппаратов как элементов мультиагентной системы [4]. На Международном конкурсе научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на освоение Арктики и континентального шельфа 2017 года данная работа получила степень лауреата конкурса, что свидетельствует о востребованности данной тематики в профессиональных кругах и признании достигнутых результатов. Описанный ниже ходовой стенд был представлен в рамках Международного Военно-Морского салона в 2015 и 2017 годах, Военно-Технического форума «Армия-2017», а также целого ряда профильных выставок, конференций и практических демонстраций везде вызвав практический интерес и положительную реакцию профессиональной аудитории, наблюдавшей на практике реализацию ранее заявленного научно-теоретического задела. В 2018 году аппарат безоговорочно победил на Первых Всероссийских соревнованиях по морской робототехнике, проходивших в г. Владивосток.



Рис. 4. Ходовой стенд подводного глайдера

Подводный глайдер является эффективным средством для проведения долгосрочного мониторинга и исследования больших акваторий. Такой аппарат способен работать автономно долгие месяцы, (как это было продемонстрировано на недавних результатах работы подводного глайдера китайских ученых в 2018 году [21, 22]). Но наряду с этим глайдеры имеют и ряд недостатков, связанных с тем, что устройство сложно позиционировать и фиксировать в заданной точке, аппарат обладает ограниченной маневренностью. Основным минусом является невозможность традиционного глайдера работать сопряженно со всеми элементами резидентной системы, такими устройствами как док-станции и другие подводные объекты в силу сложности позиционирования и отсутствия управляемости на малых скоростях. В виду этого, с целью решения указанных проблем и расширения функциональности глайдера, была предложена идея модернизации его движения, с учетом использования внешних движительно-рулевых комплексов и установки манипуляторного комплекса (МК) для осуществления легких интервенционных миссий в рамках работы в резидентной системе.

В 2016 году в АО «НПП ПТ «ОКЕАНОС» был разработан подводный манипуляторный комплекс, представленный на рис. 5.

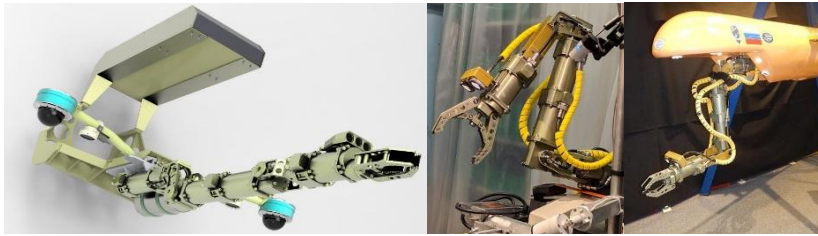


Рис. 5. Трехмерная модель и макетный образец манипуляторного комплекса в вариантах установки на ТПА и АНПА

Изначально в конструкцию комплекса был заложен принцип модульности, и в 2017 году на Международном морском салоне был представлен 3-степенной вариант, а позднее, в рамках выставки RAO / CIS OFFSHORE – 5-степенной. В настоящее время комплекс прошел ряд испытаний и реконфигураций в макетном исполнении и в настоящее время интегрируется в опытный исполнении в подводную робототехнику Заказчиков. Открытая архитектура и модульный подход позволяют легко адаптировать МК как к тяжелым телеуправляемым аппаратам и обитаемым подводным системам, так и использовать его на создаваемом демонстраторе технологий – универсальном резидентном аппарате, первые испытания которого в АО «НПП ПТ «Океанос» запланированы на март 2019.

Основными преимуществами МК являются:

- ◆ унифицированный электрический манипулятор с модульным функционалом;
- ◆ 5 степеней свободы, электромеханический привод; 6-ая степень – дифференцирующий привод для установки на АНПА;
- ◆ съемный хват манипулятора для использования дополнительного инструмента и насадок (manual low torque tool (ISO 13628-8 / API 17d Class 1-4 и ISO 13628-8 type A, B & C / API 17H));
- ◆ максимальные усилия манипулирования грузом/клапанами, не менее 200Н / 20–200 Н/м (соответствует ISO 13628-8 / API 17d Class 1-4);
- ◆ возможность установки на телеуправляемые подводные аппараты осмотрового и легкого рабочего класса, автономные необитаемые подводные аппараты и донные базовые станции.

Параметры МК приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры манипуляторного комплекса

Наименование параметра	Величина параметра
Количество степеней	5
Угол поворота 1 степени (поворот «руки»)	±120 градусов
Угол поворота 2 степени (сгиб «плеча»)	не менее 180 градусов
Угол поворота 3 степени (сгиб «кисти»)	не менее 180 градусов
Угол поворота 4 степени (вращение схвата)	360 градусов
Величина раскрытия схвата	от 0 до 150 мм
Сила сжатия схвата	не менее 400 Н
Максимальный вылет (от оси поворота 1 й степени до центра схвата манипулятора)	1150 мм

Окончание табл. 1

Наименование параметра	Величина параметра
Максимальный габаритный вылет	1350 мм (может быть увеличен до 1700 мм)
Грузоподъемность на максимальном вылете (в воде), зависит от скорости перемещения	15–20 кг (может быть увеличена до 40 кг)
Масса манипулятора на воздухе (без масла)	24 кг
Масса манипулятора в воде (с применением навесных блоков плавучести)	от 0 до 2 кг
Напряжение питания	24±2,4 В
Потребная мощность (для работы двумя степенями одновременно)	500 Вт (может быть увеличена при увеличении базовых параметров)
Стандарт интерфейса	RS-485 или Ethernet

В рамках проекта проработана установка МК на борт АНПА, разработанная трехмерная модель, проиллюстрирована на рис. 6.

Применяя на деле сформулированный во введении принцип универсальности, в АО «НПП ПТ «Океанос» идет разработка гибридного интервенционного автономного необитаемого подводного аппарата с резидентным функционалом. Такой аппарат будет использовать традиционные для АНПА винтовые движители для перемещения в ближней зоне или преодоления течений, и подключать гидродинамический привод глайдерного типа при движении на большие расстояния, сохраняя электроэнергию и увеличивая автономность. При получении команд и телеметрии по различным линиям связи аппарат переходит в режим ТПА, давая оператору возможность непосредственно управлять проведением требуемых ответственных работ. В обеспечении данного функционала ведутся работы по оптическим и акустическим системам связи с планируемым горизонтом отработки макетных образцов в водной среде с сезона 2019 года. Аппарат снабжен модульным манипулятором конструкции АО «НПП ПТ «Океанос», ведется разработка автоматизированной системы управления манипулятором.

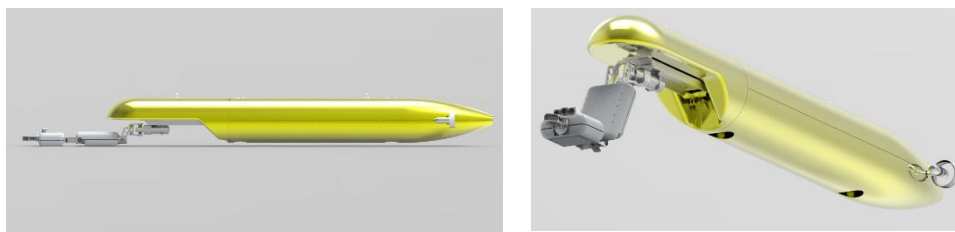


Рис. 6. 3Д изображение демонстратора технологий ЛИ АНПА «Резидент»

Результат текущей разработки, направленной на создание полноразмерного демонстратора технологий легкого интервенционного АНПА, представлен на рис. 7, со следующими техническими характеристиками:

- ◆ количество стационарных движителей – 4;
- ◆ количество съёмно-регулируемых движителей – 4;
- ◆ скорость хода – до 4-х узлов;
- ◆ манипуляторный комплекс – электрический, 5-ти степенной;
- ◆ силовой параметр манипуляций на полном вылете – до 200 Н.



Рис. 7. Демонстратор технологий легкого интервенционного АНПА «Резидент» (вверху), подводный глайдер (внизу)

К основным преимуществам разрабатываемого АНПА «Резидент» следует отнести модульный подход реализации как к полезной нагрузке, так и к функциональным системам и подсистемам аппарата.

Применение модульности полезной нагрузки не вызывает особых трудностей после формализации требования к модулям. При создании резидентных систем особое внимание должно уделяться возможности замены модулей полезной нагрузки *in situ* теми средствами (как правило, манипуляторные системы), которые находятся в наличии на месте базирования аппарата. Должно быть оценено и экономически обосновано создание либо малого числа модулей повышенной универсальности, например универсальный многопараметрический анализатор состава и состояния воды на несколько десятков параметров, из которых на постоянной основе могут использоваться 2–3, но остальные имеются в наличии и при получении требования могут быть немедленно применены; или, в случае легкой и надежной замены, создание банка различных навесных устройств и систем, позволяющих в нужный момент перевооружать аппарат под конкретную задачу. При этом необходимо оставаться в рамках ограничений по весу и плавучести модулей, так как эти характеристики являются критическими для движения в глайдерном режиме, а возможности аппарата по компенсации отклонений весьма ограничены.

Модульность функциональных единиц и систем самого аппарата позволит производить максимально быстрый ремонт методом агрегатной замены, удешевить его стоимость в силу унификации производимых модулей и обеспечить открытость архитектуры для добавления новых блоков. Именно такой подход применен на тяжелых рабочих ТПА фирмы Schilling Robotics Inc (сейчас – часть группы FMS) типа HD и UHD. Система аппарата состоит из т.н. «nodes» – узловых контроллеров. Каждая «нода» является универсальным контроллером для подключенного к ней прибора или системы и совершенно идентичны. Одна «нода» управляет светильниками или видеокамерами, другая – двигателем, третья – работой насоса компенсатора и т.д. Аппаратно они совершенно идентичны, имеют функции связи между собой и управления периферийными устройствами по требуемым протоколам – RS 232/485, Ethernet и др. О своем статусе, помимо программных флагов, контроллеры сообщают путем включения светодиодов соответствующего цвета. Так как корпуса разъемов выполнены прозрачными, при первом взгляде на ту или иную подсистему становится понятно, какую функцию в данный момент она выполняет, в каком направлении идет (и идет ли) передача информации, а по частоте мигания светодиода даже можно примерно определить объем этой информации и частоту обращения к ней.

В разработках АО «НПП ПТ «Океанос» и СПбГМТУ заложен аналогичный подход. Так на демонстраторе технологий АНПА «Резидент» применяется универсальный блок контроллеров, идентичный для управления манипуляторным устройством и основными ходовыми двигателями аппарата. При замене блока необходимо лишь провести начальную калибровку положения крайних точек для корректной работы системы. В дальнейшем, такой подход будет распространен максимально, ибо, даже при некоторой избыточности универсального контроллера для решения какой-то узкой задачи, экономическая эффективность при производстве большого числа идентичных устройств, легкость агрегатной замены и малое время ввода в строй после ремонта существенно оптимизирует конструкцию.

Интервенционный аппарат является элементом общей сетевидной системы РТК. Структурная схема работы такой системы и основные этапы работы ЛИ АНПА изображены на рис. 8 и 9.

На рис. 9 представлен процесс работы резидентной системы. Основными блоками в данной схеме являются наземный пункт управления (НПУ), док-станция и подводный аппарат.

На этапе подготовки миссии, оператором задаются необходимые параметры задачи, такие как координаты цели (или целей), тип выполняемой задачи, параметры состояния внешней среды, ограничения системы, в виде установки по скорости выполнения миссии или по минимальной энергозатратности ПА. После задания всех необходимых начальных параметров, система автоматически проводит расчет и предварительное моделирование, в результате которого оператор может увидеть основные показатели предстоящей миссии. После подтверждения оператором валидации миссии с НПУ вся необходимая информация, через канал связи с док-станцией передается на борт АНПА.

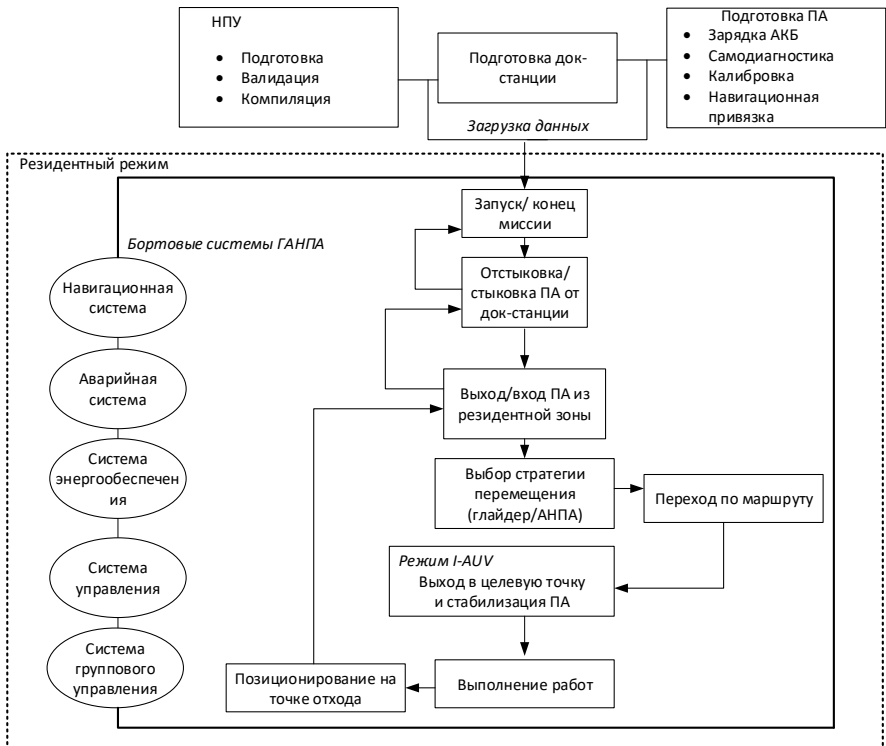


Рис. 8. Структурная схема работы резидентного АНПА

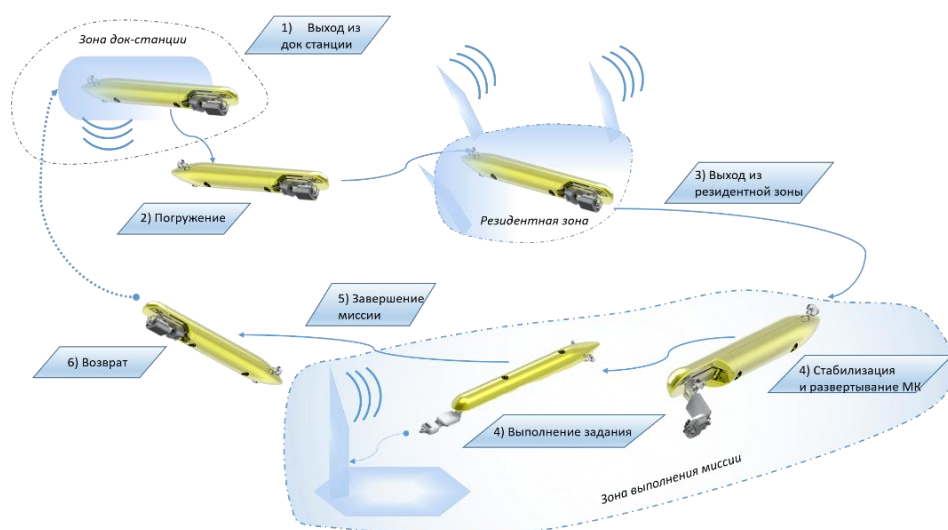


Рис. 9. Этапы выполнения миссии ЛИ АНПА

Док-станция в резидентной системе выполняет множественную функцию. Она обеспечивает канал обмена информацией с оператором, проводит системный анализ всех бортовых систем АНПА, выполняет функцию зарядной системы и производит конфигурацию необходимых модулей МК в зависимости от поставленной задачи.

Бортовые системы АНПА такие как навигационная система, система связи, система управления, энергетическая система, аварийная система и система группового управления с другими АНПА, работают непрерывно в процессе выполнения всей миссии.

После того как с борта АНПА получена вся информация о состоянии готовности всех систем, аппарат готов к выполнению задачи. В начале происходит процесс отстыковки АНПА от док-станции, после того как АНПА отошёл на безопасное расстояние вторым этапом наступает процесс выхода АНПА из резидентной зоны. После выхода из резидентной зоны, АНПА переходит в режим, выбранный на основе заданной программы поведения (глайдерный или гибридный), что зависит от начальных установок оператора.

На следующем этапе АНПА подплывая в зону целевой точки, переходит в режим стабилизации и развертки МК. Так как предполагается, что на объекте выполнения задания установлена необходимая навигационная приемопередающая аппаратура (гидроакустическая или оптическая), то благодаря системе наведения и видеосистеме, установленной на борту АНПА, производится точечное позиционирование аппарата в районе целевой точки.

После завершения миссии и выхода аппарата из района объекта исследования, аппарат производит позиционирование на точку отхода (док-станцию), после чего возвращается в резидентную зону, где снова при помощи приводной системы док-станции на основе точных позиционных данных, аппарат выполняет стыковку, после чего с борта АНПА считывается вся накопленная информация, производится зарядка АНПА и диагностика всех его систем.

Заключение. В результате исследований был проведен анализ необходимости применения морских резидентных систем. Обозначены основные сферы, которые в скором времени будут вероятно востребованы. С целью развития, вне-

дрения и использования данных технологий, был разработан опытный образец манипуляторного комплекса, установленный на борт демонстратора технологий легкого интервенционного АНПА. Ведётся развитие сопутствующих технологий (связь, навигация, энергетика, системы технического зрения), необходимых для развития резидентных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Занин В.Ю. Морская робототехника // Нефтегаз. – 2017. – № 8.
2. Занин В.Ю., Кожмякин И.В. Манипуляторный комплекс для подводной работы на объектах донной инфраструктуры морского нефтегазового комплекса в подледных условиях мелководных и глубоководных районах // Сб. работ лауреатов Международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа 2018 года. – С. 53-58.
3. Гайкович Б.А., Занин В.Ю., Тарадонов В.С., Блинков А.П., Кожмякин И.В., Токарев М.Ю., Бирюков Е.А. Концепция роботизированной подводной сейсморазведки в подледных акваториях // Сб. работ лауреатов Международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа 2018 года. – С. 64-87.
4. Гайкович Б.А., Занин В.Ю., Рыжов В.А., Кожмякин И.В. Элементы мультиагентной подводной робототехнической системы // 12 Всероссийская научно-практическая конференция «Перспективные системы и задачи управления», НИИ РПУ ЮФУ, 2017.
5. Pshikhov V.Kh. et al. Path Planning for Vehicles Operating in Uncertain 2D Environments // Butterworth-Heinemann: Elsevier. 2017. – 312 p.
6. Пишихов В.Х., Соловьев В.В., Титов А.Е. и др. Групповое управление подвижными объектами в неопределенных средах. – М.: Физматлит, 2015. – 305 с.
7. Пишихов В.Х., Медведев М.Ю. Децентрализованное управление группой однородных подвижных объектов в двумерной среде с препятствиями // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. – Т. 17. № 5. – С. 346-353.
8. Медведев М.Ю., Лазарев В.С. Метод планирования движения группы подвижных объектов с использованием динамических репеллеров и целераспределения // Научный вестник НГТУ. – 2017. – Т. 66, № 1. – С. 41-52ю
9. Wilcock W.S.D. et al. The recent volcanic history of Axial Seamount: Geophysical insights into past eruption dynamics with an eye toward enhanced observations of future eruptions // Oceanography. – 2018. – Vol. 31 (1). – P. 114-123. – <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.117>.
10. Dana Manalang, John R. Delaney Axial seamount - restless, wired and occupied: A conceptual overview of resident AUV operations and technologies, OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, p. 1-7, IEEE, url, doi:10.1109/OCEANS.2016.7761305.
11. https://oilcapital.ru/article/general/30-07-2018/glubokovodnyy-proryv-ob-emy-razvedki-i-dobychi-v-okeane-rastut?id=glubokovodnyy-proryv-ob-emy-razvedki-i-dobychi-v-okeane-rastut&published_date=30-07-2018&type=AnalyticItem (дата обращения 04.03.19).
12. Peng S. et al. A Low-cost Electromagnetic Docking Guidance System for Micro Autonomous Underwater Vehicles // Sensors. – 2019. – No. 19. – P. 682.
13. Lin R, Li D-J, Zhang T, Lin M. A non-contact docking system for charging and recovering autonomous underwater vehicles. Journal of Oceanic Engineering, submitted, 2018.
14. Albiez, Jan et al. "FlatFish - a compact subsea-resident inspection AUV // OCEANS 2015 - MTS/IEEE Washington (2015): 1-8.
15. Johansson B. Seaeye sabertooth a hybrid AUV/ROV offshore system // OCEANS 2010 Seattle. USA, 2011: 1-11
16. Гайкович Б.А., Занин В.Ю., Кожмякин И.В., Смольников А.В. Бесшумная революция // Новый оборонный заказ. – 2016. – № 2 (39). – С. 76-79.
17. Гайкович Б.А., Занин В.Ю., Кожмякин И.В. Аспекты практического применения подводных глайдеров на базе опытной эксплуатации // Новый оборонный заказ. – 2016. – № 4 (41). – С. 78-81.
18. Гайкович Б.А. Разработка модульноунифицированного семейства подводных глайдеров // Новый оборонный заказ. – 2017. – No. 05.

19. Гайкович Б.А., Занин В.Ю. Вопросы создания семейства морских глайдеров как элементов глобальной системы морской безопасности // Материалы 9 научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления». – 2014. – С. 211-218.
20. Гайкович Б.А., Занин В.Ю., Кожемякин И.В.. Вопросы разработки морских робототехнических платформ на примере создания подводного аппарата «Глайдер» // Материалы 11 научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления». – 2016. – С. 151-163.
21. Wei Ma, Yanhui Wang, Shaoqiong Yang, Shuxin Wang and Zhao Xue "Observation of Internal Solitary Waves Using an Underwater Glider in the Northern South China Sea," Journal of Coastal Research (JCR) 34(5), doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-17-00193.1.
22. <http://www.chinadaily.com.cn/a/201812/27/WS5c246f79a310d912140514aa.html> (дата обращения 04.03.19).

СОДЕРЖАНИЕ

В.Г. Довгань СОВЕТСКИЙ ЛУННЫЙ ФОТОГРАФ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ	8
---	---

СЕКЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РТК НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ

С.Г. Цариченко, С.Е. Симанов, И.М. Сидоров ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НАЗЕМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	24
А.В. Вазаев, В.П. Носков, И.В. Рубцов НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДУЛЬ ВЫБОРА ЭТАЛОНОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	29
А.У. Заммоев, Р.Н. Абуталипов КАТАЛИТИЧЕСКИЕ САМОХОДНЫЕ НАНОДВИЖИТЕЛИ КАК ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА БИОНАНОРОБОТОТЕХНИКИ	33
О.С. Морозов, А.Е. Гвоздев, А.А. Зарайский О ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ФГБУ «З ЦНИИ» МИНОБОРОНЫ РОССИИ НА ТЕМУ: «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ» 30 МАЯ 2018 ГОДА	43
В.Б. Афанасьев, Г.В. Палихов, В.М. Медведев, С.Н. Остапенко РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И НАДЕЖНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЙ ВПК	45

СЕКЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ С БЛА

Р.Р. Галин, К.А. Кулагин, А.Н. Мигачев, Р.В. Мешеряков, Д.В. Сенчук ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ (БАС) ПОЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ	54
С.А. Синютин, Е.С. Синютин БАРЬЕРЫ НА ПУТИ МАССОВОГО ВНЕДРЕНИЯ БПЛА И ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ВАРИАНТЫ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ	63
С.В. Шидловский, Д.В. Шашев СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ МАЛОГАБАРИТНЫХ БПЛА	67
А.Б. Бельский ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ВЕРТОЛЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ	71

СЕКЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РТК МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

И.Б. Широков, Г.А. Иванов ЛОКАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ	75
А.А. Борейко, А.В. Воронцов, Д.Н. Михайлов, А.Ф. Щербатюк О СОЗДАНИИ И ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ УНИФИЦИРОВАННОГО АНПА СРЕДНЕГО КЛАССА: ОПЫТ ИПМТ ДВО РАН	84
К.А. Виноградов, И.В. Дьяков, М.В. Кравец, Н.В. Тихонов СИСТЕМЫ ТРАЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПОДВОДНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	85

А.М. Маевский, Б.А. Гайкович

РАЗРАБОТКА ЛЕГКОГО ИНТЕРВЕНЦИОННОГО АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА В ЦЕЛЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОДВОДНЫХ РЕЗИДЕНТНЫХ СИСТЕМАХ	91
---	----

**СЕКЦИЯ ГРУППОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ РТК ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ,
В Т.Ч. ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ТРАДИЦИОННЫМИ
СРЕДСТВАМИ ВВСТ**

С.В. Зюзин, С.А. Умеренков, С.В. Шадрин

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РАКЕТНЫХ ВОЙСКАХ И АРТИЛЛЕРИИ	106
--	-----

А.И. Наговицин, Б.Б. Молоткова, Н.Б. Гарифуллин, Д.С. Алятин

СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕКОГНОСЦИРОВКИ МАРШРУТОВ И РАЙОНОВ ОГНЕВЫХ ПОЗИЦИЙ (ПОЗИЦИОННЫХ РАЙОНОВ) ФОРМИРОВАНИЙ РВИА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ВИРТУАЛЬНОЙ 3D-МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ И ДАННЫХ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	113
--	-----

**СЕКЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РТК В ИНТЕРЕСАХ РЕШЕНИЯ
НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАДАЧ**

А.И. Савельев, Д.К. Ву, А.Р. Шабанова, Х.М. Гюзей, А.Л. Ронжин

ЗАДАЧИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ БЛА И БНА В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ	127
--	-----

В.В. Клочков, А.Е. Карпов

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КОМПЛЕКСАМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ НОВЫХ РЫНКОВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПОЖАРНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АВИАЦИИ)	130
--	-----

И.Г. Смирнов, Д.О. Хорт, А.И. Кутырёв

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ АДАПТЕРЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МАШИН В САДОВОДСТВЕ	139
--	-----

Н.А. Соколов

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПРИ ПОИСКЕ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ С БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ НОСИТЕЛЕЙ	152
---	-----

М.А. Романова, А.Ю. Исхаков, С.И. Антипин, И.С. Коробейников

МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА В КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	160
---	-----

П.М. Трефилов, А.О. Исхакова, А.В. Чехов

КОНЦЕПЦИЯ «УМНОГО» ПРОИЗВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	169
---	-----

П.П. Лукашов, М.В. Масюков

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИВЯЗНОЙ МОНИТОРИНГОВОЙ ПЛАТФОРМЫ В ИНТЕРЕСАХ РЕШЕНИЯ НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАДАЧ	178
--	-----

Ю.Х. Хамуков

О ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХВАТА ИНТЕНТНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ И ВООРУЖЕНИЕМ	186
---	-----

Г.Н. Гудов, И.А. Лобанов, А.В. Рожнов

ФРЕЙМВОРК СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ВИРТУАЛЬНОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЭКСТРЕННОГО РЕАГИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ	189
---	-----

В.В. Воронов, А.Л. Смолин

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ИНТЕРЕСАХ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ	193
--	-----

Р.Н. Абуталипов, А.У. Заммиев О ВОЗМОЖНЫХ ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТОТАКТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ В БИОНАНОРОБОТОТЕХНИКЕ	200
--	-----

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ РТК

Н.В. Малютин, А.Н. Пономарёв, А.П. Белоглазов, Д.М. Уткин, А.В. Коломиец ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ В ОБЛАСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТОЙКОСТИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ.....	206
А.С. Горобцов, А.Е. Марков, А.В. Скориков, П.С. Тарасов, Ю.А. Орлова МЕТОД ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ ДВУНОГИМ РОБОТОМ КАК СИСТЕМЫ С НЕГОЛОНОМНЫМИ СВЯЗЯМИ	217
А.С. Горобцов, П.С. Тарасов, А.В. Скориков, А.Е. Марков МИНИ РОБОТ С КОЛЕСНО-ШАГАЮЩИМ ДВИЖИТЕЛЕМ	219
К.А. Гордиевич, Н.Н. Семенов, И.В. Кожемякин, П.Н. Красильников, А.А. Кречин, М.Н. Чемоданов МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ РОБОТОВ: ВИРТУАЛЬНЫЙ И ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТЫ	222
Д.А. Бирин, Р.В. Мещеряков БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ СОПРОВОЖДЕНИЯ ГРУППЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ С МНОГОМОДАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....	232
В.В. Косьянчук, Е.Ю. Зыбин, А.Ю. Чекин, Ю.В. Бондаренко О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА В УСЛОВИЯХ ПОЛНОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.....	234
С.Ш. Рехвиашвили, А.В. Псху, А.М. Кидакоев МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И УПРАВЛЕНИЯ ИМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДРОБНОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ.....	239
А.Н. Жирабок, А.В. Зуев, А.Е. Шумский МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ РОБАСТНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	244

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРИВОДНОЙ ТЕХНИКИ РТК

В.М. Рулевский, А.Г. Юдинцев СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ	252
В.М. Рулевский, Н.Н. Цебенко, А.В. Фёдоров СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫМИ АККУМУЛЯТОРНЫМИ БАТАРЕЯМИ КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ	255
В.В. Новоселов ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ, БПЛА, А ТАКЖЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ	258
С.С. Беляев, В.В. Жданов, А.В. Краснобрыжий СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	261
В.В. Богданов, А.В. Оборин, И.С. Соколова ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА И НАДЕЖНОСТИ МЕЛКОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ	264

Г.А. Журавлёв ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КАРДИНАЛЬНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИВОДНОЙ ТЕХНИКИ.....	269
---	-----

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ РТК

В.П. Носков, И.О. Киселев РЕШЕНИЕ SLAM-ЗАДАЧИ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСИРОВАННОЙ СТЗ	278
С.М. Соколов, А.А. Богуславский ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТЗ В СОСТАВЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ	283
А.С. Пахунов, Т.В. Сазонова; А.А. Погодин РАСПОЗНАВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ИНТЕРЕСА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ.....	294
Р.Н. Сафин, Т.Г. Цой, Р.О. Лавренов, Е.А. Магид РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОДАННЫХ С КАМЕР МОБИЛЬНОГО РОБОТА СЕРВОСИЛА ИНЖЕНЕР.....	304
И.А. Шмелев, Т.Н. Круглова МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ	314
А.С. Губанков, А.В. Зуев, В.Ф. Филаретов, Д.А. Юхимец МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУСКОВ В ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЯХ В ВИДЕ ОБЛАКОВ ТОЧЕК, ПОЛУЧАЕМЫХ ОТ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ..	320
Н.Д. Свищев, А.В. Рыбаков, И.Д. Ермаков ПРОГРАММНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ПОДВОДНОГО ВИДЕОПОТОКА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	330
А.Б. Бельский, Д.И. Калининченко СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ И НАВИГАЦИИ ВЕРТОЛЕТОВ	340

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ СВЯЗИ, НАВИГАЦИИ И НАВЕДЕНИЯ РТК

К.А. Виноградов, С.И. Назаров ОПЫТ СОЗДАНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА	345
А.Н. Кучер МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К НАВИГАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	354
А.В. Рожнов О ПОДХОДЕ И ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ "COMMUNICATION- SATELLITE SYSTEM THAT CAUSES REDUCED INTERFERENCE"	363
А.И. Машошин, В.С. Мельканович ОСОБЕННОСТИ АДАПТИВНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ АНПА	374
А.И. Машошин, И.В. Пашкевич, А.И. Соколов МЕТОДЫ НАВИГАЦИИ АНПА БОЛЬШОЙ АВТОНОМНОСТИ	380
И.И. Нестеров, Н.В. Мальгин, А.Б. Кутман, А.А. Торопков БЕСПЛАТФОРМЕННЫЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ПЛАТФОРМЫ	387

Я.Е. Мещеряков, Р.В. Мещеряков РАЗРАБОТКА БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДИНАМИЧЕСКИХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ДРАГЛАЙНОВ СЕРИИ ЭШ	394
С.В. Кулешов, А.А. Зайцева КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ АКТИВНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА БЛА	404

СЕКЦИЯ МОЛОДЕЖНОЙ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА «УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»

В.А. Бондаренко, Г.Э. Каплинский, В.А. Павлова, В.А. Тупиков, П.К. Шульженко РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ФОНО-ЦЕЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ	416
Н.А. Будко, В.В. Пивнев, А.Ю. Будко, Р.Ю. Будко СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ АКТИВНОСТИ МЫШЦ	426
Р.Ю. Будко ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ ВНЕШНИМИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ	432
А.А. Кречин, И.В. Шестаков ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ В СКБ СПБГМТУ	434
Е.С. Басан, А.С. Басан, С.С. Тетеревятников АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АТАК ТИПА ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ НА ПАРАМЕТРЫ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ	441
Д.С. Мещеряков, Н.А. Романов МЕТОДИКА ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ВРАЖЕСКИМ ГРУППАМ БЛА	455
И.А. Путинцев РАЗРАБОТКА КОРПУСНОЙ ЧАСТИ АНПА "АКАРА"	462
А.Б. Бельский, А.К. Дибижев, Д.И. Калинин ГИПЕРСПЕТРОМЕТР, КАК ПОДСИСТЕМА СТЗ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ С ВЕРТОЛЕТА ОБЪЕКТОВ, СКРЫТЫХ ЕСТЕСТВЕННЫМИ И ИСКУССТВЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ	468
А.С. Грицынин АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ПРИКАЗА ФСТЭК №31 ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ	475
М.И. Коротков ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РТК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МОРСКОГО ДНА	482

Научное издание

«ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ»

МАТЕРИАЛЫ XIV ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

И X МОЛОДЁЖНОЙ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА

«Управление и обработка информации
в технических системах»

Подписано в печать 08.05.2019.

Формат 70×108 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 42,88. Уч.-изд. л. 29,7.

Тираж 300 экз. Заказ № 7034 .

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. (863) 243-41-66.