РЕФЕРАТЫ

УДК 681.883.67.001:621.396.677

Ключевые слова: подводный робот, навигационно-управляющая система, программная платформа, типовые конфигурации.

Ваулин Ю.В., Инзарцев А.В., Львов О.Ю., Матвиенко Ю.В., Павин А.М. РЕКОНФИГУРИРУЕМАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И НАВИГАЦИИ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 4–13.

Спектр выполняемых автономными необитаемыми подводными аппаратами-роботами (АНПА) операций постоянно расширяется и в настоящее время включает такие операции, как обследование заданных объектов и выполнение действий над ними. Система управления таких роботов должна иметь средства интеграции и координации работы разнородных бортовых устройств, обеспечивать определение навигационных параметров с необходимой точностью и вести обработку информации от сенсорных устройств в реальном времени.

Рассматриваемая реконфигурируемая навигационно-управляющая система АНПА, обобщает многолетний опыт разработок ИПМТ ДВО РАН в этой области. Система содержит необходимый набор датчиков, интегрируется с широким спектром полезной нагрузки и может быть адаптирована для использования в аппаратах различного класса и назначения. Программное обеспечение системы реализует функционал для организации решения задач обзорно-поискового и обследовательского классов. Взаимодействие программных модулей системы организовано на базе распределенной событийно-ориентированной программной платформы. Программная платформа позволяет интегрировать разнородные программные модули, расположенные как в пределах вычислительной сети одного АНПА, так и на разных аппаратах. В качестве примера приводятся варианты конфигурации навигационно-управляющей системы для аппаратов тяжёлого, среднего и лёгкого классов.

УДК 623.9:627.7

Ключевые слова: мобильный робототехнический комплекс, мобильный роботизированный технологический комплекс, оперативная группировка разнородных мобильных робототехнических комплексов.

Опарин А.И., Печников А.Н. О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ГРУППИРОВОК РАЗНОРОДНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ПОДХОДАХ К ИХ РЕШЕНИЮ // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 14–22.

Целью работы являлось выявление основных проблем комплектования и применения оперативно формируемых разнородных роботизированных технологических комплексов и обоснование подходов к их решению. В результате сравнительного анализа подходов к созданию и практическому применению средств ведения подводных исследований и работ была обоснована трактовка мобильного роботизированного технологического комплекса как оперативно формируемой группировки разнородных мобильных робототехнических комплексов. На основе представленных в средствах массовой информации данных о случаях фактического применения таких группировок были выделены отличительные характеристики, проблемы комплектования и применения оперативно формируемых группировок разнородных подводных аппаратов и других технических средств ведения подводных исследований и работ. На этой базе была разработана концептуальная модель оперативно формируемого мобильного роботизированного технологического комплекса и определены целесообразные подходы к реализации процедуры его оперативного комплектования и организации системы управления им.

УДК 535.372:629.584: 533.9.07

Ключевые слова: лазерный сенсор, хлорофилл А, ТНПА, лазерная индуцированная флуоресценция, растворённое органическое вещество, лазерная искровая спектроскопия.

Букин О.А., Майор А.Ю., Прощенко Д.Ю., Букин И.О., Мун С.А., Ляхов Д.Г., Чехленок А.А., Болотов В.В., Буров Д.В. ЭЛЕМЕНТЫ ЛАЗЕРНОЙ СЕНСОРИКИ В ПОДВОДНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 23–30.

В работе анализируются возможности, которые представляют лазерные технологии для разработки сенсорных элементов подводных роботов и результаты последних разработок в области подводной робототехники для реализации методов лазерной спектроскопии в целях мониторинга подводных сред. Сделан обзор основных направлений использования лазерных сенсоров в подводной робототехнике. Подробно рассмотрены перспективы использования спектроскопии лазерной индуцированной флуоресценции (ЛИФ) и лазерной искровой спектроскопии (ЛИС) для разработки элементов сенсорики подводной робототехники. Представлены основные технические характеристики и результаты разработки погружного модуля лазерного спектрометра, предназначенного для исследования спектров комбинационного рассеяния и лазерной индуцированной флуоресценции. Спектрометр разрабатывался как элемент сенсорики телеуправляемого необитаемого подводного аппарата, обеспечивающий возможность дистанционного обнаружения и измерения концентрации органических веществ, находящихся в морской воде и подводных объектах в различных формах. Описаны результаты натурных испытаний погружаемого спектрометра ЛИФ, которые проводились на различных морских акваториях, включая Арктику. Параметры лазерного спектрометра позволяют использовать его на телеуправляемом необитаемом аппарате обследовательского класса. На основании опыта разработки лазерного спектрометра и ТНПА, обеспечивающего работу спектрометра, сформулированы основные направления дальнейшей разработки сенсорных элементов, обеспечиваю-

щих дистанционную ЛИФ- и ЛИС-сенсорику.

УДК 551.46.077:629.584

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат, приемник спутниковой навигационной системы, аппаратура радиосвязи, буксируемый поплавковый модуль, грузонесущий микро кабель связи.

Костенко В.В., Львов О.Ю. КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ И НАВИГАЦИИ АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО РОБОТА С ПОПЛАВКОВЫМ МОДУЛЕМ // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 31–43.

Наличие высокоскоростного канала информационного обмена с обеспечивающим судном (постом управления) в реальном времени существенно расширяет возможности выполнения работ автономным необитаемым подводным аппаратом (АНПА). Кроме того, для периодической компенсации ошибки местоположения аппарата, накопленной бортовой навигационной системой, требуются данные от приемника спутниковой навигационной системы (СНС). Для увеличения эффективности выполнения подводно-технических работ целесообразно использование поплавкового модуля связи и навигации (ПМСН), буксируемого АНПА в подводном положении. В статье проведен обзор существующих технических решений описанного подхода, предложены альтернативные варианты его исполнения, приведены результаты расчета силовых воздействий кабеля связи, а также представлены практические результаты разработки комбинированной системы связи и навигации АНПА через поплавковый модуль.

УДК 62-529

Ключевые слова: телеуправляемый подводный аппарат, информационно-управляющая система, подводные операции, навигационный комплекс, программное обеспечение.

Филаретов В.Ф., Коноплин А.Ю., Коноплин Н.Ю. ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 44–49.

В работе рассмотрен подход к созданию информационно-управляющей системы телеуправляемых подводных аппаратов, основанный на использовании информации от различного навигационного оборудования и бортовых датчиков и позволяющий планировать маршруты перемещений аппаратов и судна-носителя в процессе выполнения подводных работ, а также формировать рекомендации и предупреждения для операторов. Архитектура системы обеспечивает простое построение и реализацию различных алгоритмов управления подводными аппаратами и их многозвенными манипуляторами с возможностью масштабирования и добавления различного оборудования. При ее создании реализован пользовательский интерфейс, наглядно отображающий всю необходимую информацию для успешного выполнения подводных операций, а также позволяющий загружать и формировать карты рабочей зоны, ставить путевые точки, сохранять данные и т.д. Экспериментальные исследования созданной информационно-управляющей системы выполнялись в глубоководной научно-исследовательской экспедиции в Беринговом море с подводным аппаратом Sub-Atlantic Comanche 18. Разработанная система использовалась при обследовании морского дна, поиске различных объектов, видеосъемке, селективном отборе морских организмов, а также взятии проб грунта и геологических пород. Использование реализованных алгоритмов позволило повысить качество подводных операций и сократить время их выполнения. Морские испытания полностью подтвердили высокую эффективность предложенной системы при относительной простоте ее практической реализации.

УДК 681.518.3, 681.518.5,004.514

Ключевые слова: системы управления, роботизированные платформы, безэкипажные аппараты, автономные системы.

Ченский Д.А., Григорьев К.А., Ченский А.Г. ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА БЕЗЭКИПАЖНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАТАМАРАНА // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 50–56.

Основным элементом автономного безэкипажного надводного аппарата является информационно – управляющая система (ИУС). Многоцелевой катамаран предназначен для гидроакустических, гидрофизических исследований водной среды. ИУС состоит из аппаратной и программной частей. Программа для ИУС написана на графическом языке программирования с использованием инструментов разработки приложений LabVIEW, Real-Time и FPGA Module. Данное решение, позволяет, разработать всю систему в рамках одного проекта используя функции программного обеспечения, для синхронизации и передачи данных между различными устройствами. Использование протоколов существенно ускоряет процесс разработки программного обеспечения и реализации проекта в целом.

УДК 534.222

Ключевые слова: гидроакустика, распространение звука, псевдослучайные сигналы, подводная навигация, дальнометрия, синоптические вихри.

Моргунов Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ПОДВОДНОЙ ДАЛЬНОМЕТРИИ В ЗИМНИХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЯПОНСКОГО МОРЯ // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 57–61.

Перспективы развития навигационных систем для обеспечения позиционирования автономных подводных аппаратов (АПА) на больших удалениях от центров управления связаны с решением задач подводной дальнометрии в сложных гидрологических и батиметрических условиях распространения сигналов. Исследование особенностей распространения акустической энергии из шельфа в глубокое море имеет важное прикладное значение для решения этих задач. Особенно актуальны эти исследования для обоснования и раз-

работки измерительных комплексов для обеспечения позиционирования и управления подводными роботами на расстояниях в сотни километров в зимних условиях функционирования АПА. Обсуждаются результаты эксперимента, проведенного в Японском море в марте 2016 года, на акустической трассе протяженностью 194 км. Исследован наиболее сложный случай распространения импульсных псевдослучайных сигналов из шельфа в глубокое море при наличии на акустической трассе вихревого образования. Анализ экспериментально полученных импульсных характеристик показал, что фиксируемый во всех точках максимальный первый приход акустической энергии хорошо согласуется с расчетом. Это свидетельствует о том, что на данном горизонте приема первыми приходят импульсы, прошедшие в приповерхностном звуковом канале по кратчайшему расстоянию и под малыми, близкими к нулю, углами. Предложена методика расчета средней скорости звука на трассе по данным спутникового мониторинга поверхностной температуры, позволяющая рассчитывать на успешное применение полученных результатов в задачах акустической дальнометрии и навигации.

УДК 551.462

Ключевые слова: мобильный лазерный деформограф, низкочастотный гидроакустический излучатель, лёд, томография морского дна.

Чупин В.А., Будрин С.С., Долгих Г.И., Долгих С.Г., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швец В.А., Швырёв А.Н., Яковенко С.В., Ярощук И.О. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТОМОГРАФИИ МОРСКОГО ДНА ДЛЯ АКВАТОРИЙ, ПОКРЫТЫХ ЛЬДОМ. ПЕРВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 62–67.

Мобильный лазерный деформограф (МЛД), созданный в ТОИ ДВО РАН, широко используется в экспериментальных исследованиях структуры морского дна. Важный этап исследований связан с разработкой методики применения МЛД в покрытых льдом акваториях с перспективой создания основ томографии морского дна в шельфовых областях Арктики и Антарктики. Разрабатываемая методика ориентирована на решение задач геоакустической инверсии и построение реальной модели земной коры шельфовых областей. В проводимых экспериментальных исследованиях в качестве источника полезного сигнала используются низкочастотные гидроакустические излучатели различного типа, генерирующие сложные фазоманипулированные сигналы, и береговые стационарные и мобильные лазерные деформографы, регистрирующие сейсмические сигналы с характерными амплитудно-частотными свойствами. В результате эксперимента в условиях ледового покрытия акватории наблюдалась устойчивая регистрация приёмной системой всех излученных сигналов. Следующий этап работы предполагает математическую обработку полученной информации, необходимой для изучения времени приходов всех отраженных сигналов и сравнения их с данными контрольного оборудования излучающей системы.

УДК:550.4.550.84:551.3

Ключевые слова: метан, потоки газа, подземные воды, аномальные поля газа, происхождение газа, хозяйственная деятельность.

Окулов А.К., Обжиров А.И., Мишукова Г.И., Окулов Ал.К. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА НА АКВАТОРИИ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 68–73.

В работе представлены результаты исследований природного газа прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого. Получены данные о составе и распределении газа в придонном и поверхностном слоях воды. Выделено несколько генетических типов газа на исследуемой площади, основные из них – микробный, угольный, нефтегазоносный, интрузивный. Путями миграции газа из глубоких горизонтов к поверхности являются зоны разломов. Обнаруженные аномальные поля метана и других природных газов в донных осадках и воде акватории залива Петра Великого требуют более детальных исследований с использованием подводной робототехники, так как эти районы являются опасными для инженерного строительства. В то же время они могут быть благоприятными для разведения аквакультуры и важно оценить их для выполнения других хозяйственных работ.