

РЕФЕРАТЫ

УДК 551.46.077:629.584

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.001

Ключевые слова: буксируемый антенный модуль, гидроакустический источник навигационных сигналов, приемник спутниковой навигационной системы, грузонесущий кабель связи, гидроакустическая навигационная система.

Ваулин Ю.В., Костенко В.В., Мокеева И.Г., Матвиенко Ю.В., Рылов Н.И. ОСОБЕННОСТИ КООРДИНИРОВАНИЯ ДОННЫХ ИСТОЧНИКОВ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БУКСИРУЕМОГО АНТЕННОГО МОДУЛЯ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 4–11.

Предложен способ осуществления оптимальной траектории буксировки антенного модуля, обеспечивающей экономно времени координирования донных гидроакустических маяков без существенной потери точности. Разработана методика определения координат буксируемой антенны без использования гидроакустических навигационных систем. В соответствии с результатами моделирования гибкой нерастяжимой нити в стационарном потоке определены аналитические зависимости координат буксируемой антенны от длины линии связи и скорости движения. Разработаны алгоритмы определения координат буксируемой антенны относительно носителя, основанные на данных о его скорости движения по спутниковой навигационной системе, угле курса антенного модуля и длине кабеля связи.

УДК 62-529

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.002

Ключевые слова: телеуправляемый необитаемый подводный аппарат, интеллектуальная система, подводные операции, навигационный комплекс, программное обеспечение.

Филаретов В.Ф., Коноплин А.Ю., Коноплин Н.Ю. РАЗРАБОТКА И НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ТНПА // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 12–20.

Обсуждаются результаты разработки системы интеллектуальной

поддержки деятельности операторов (СИПДО) телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА) и ее практической реализации для ТНПА Comanche 18. Предлагаемая система реализует алгоритмы управления согласованными перемещениями ТНПА и его блока-заглубителя для одновременного точного и безаварийного перемещения по протяженным маршрутам. В реальном масштабе времени формируются наглядные рекомендации и предупреждения для операторов на основе экспертной оценки информации, получаемой с различных датчиков и навигационных систем. В разработанной системе реализованы возможности планирования маршрутов перемещений ТНПА и его судна-носителя, ввода целевых точек, а также сохранения карт, трекков и местоположений обнаруженных подводных объектов. Приведены результаты испытаний, выполненных в глубоководной научно-исследовательской экспедиции Национального научно-исследовательского центра морской биологии ДВО РАН в Беринговом море в 2018 году с базированием на НИС «Академик М.А. Лаврентьев». Созданная система значительно расширила возможности ТНПА в процессе выполнения многих уникальных работ, сокращая время выполнения подводных операций.

УДК 681.883.67.001:621.396.677

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.003

Ключевые слова: морские роботы, групповая работа, охрана водных акваторий.

Спорышев М.С., Щербатюк А.Ф. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГРУПП МОРСКИХ РОБОТОВ ДЛЯ ОХРАНЫ ВОДНЫХ АКВАТОРИЙ: КРАТКИЙ ОБЗОР // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 21–27.

Морское наблюдение требуется для обнаружения, локализации и классификации посторонних объектов в указанном подводном пространстве с помощью стационарных или мобильных разнородных датчиков. Посторонние объекты могут быть подвижными или стационарными. Разные задачи возникают при решении задач охраны портов, критически важных объектов морской инфраструктуры или судов. Развитие морской робототехники привело к созданию комплексов раз-

нородных автономных необитаемых подводных и водных (перемещающихся по поверхности моря) аппаратов, которые обеспечивают непрерывное присутствие и решение поставленных задач более надежно и существенно экономичнее. Рассмотрены связанные с охраной водных акваторий задачи и методы их решения с использованием групп морских роботов. Описаны некоторые предназначенные для этого морские робототехнические комплексы, а также приведены примеры выполнения операций по охране водных акваторий в реальных морских условиях.

УДК 004.896+629.58+001.891.57

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.004

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА), инспекция подводной инфраструктуры, навигационно-управляющий комплекс (НУК), высокопроизводительная система моделирования, удаленная отладка управляющих алгоритмов.

Инзарцев А.В., Елисеенко Г.Д., Панин М.А., Павин А.М., Бобков В.А., Морозов М.А. ОТЛАДКА АЛГОРИТМОВ ИНСПЕКЦИИ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА БОРТУ АНПА С ПОМОЩЬЮ УДАЛЕННОГО ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 28–36.

Рассматривается сценарий автоматизированной инспекции трубопроводной инфраструктуры в подводных добычных комплексах с помощью АНПА. Точная дистанция до объекта инспекции определяется на основе анализа видимой формы лазерной линейки, с помощью которой робот подсвечивает трубопровод. Далее эта информация используется для организации прецизионного целенаправленного движения АНПА вблизи объекта инспекции.

Представлены схема организации отладки и особенности реализации набора навигационно-управляющих алгоритмов, разработанных для целей инспекции. Отладка ведется с использованием распределенной системы моделирования, которая включает удаленный высокопроизводительный вычислительный кластер, сопряженный с программной средой

навигационно-управляющего комплекса (НУК) реального АНПА. На стороне вычислительного кластера решается задача моделирования внешней среды и анализа формы лазерной линейки. В среде НУК функционируют модель АНПА и управляющие агенты, которые используют данные распознавания для организации инспекции. Такая схема отладки позволяет проводить ресурсоемкое моделирование без внесения каких-либо изменений в архитектуру программного обеспечения НУК.

Обсуждаются результаты модельных экспериментов по проведению инспекции для различных вариантов размещения трубопровода на донной поверхности.

УДК 534.232:534.8

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.005

Ключевые слова: комбинированный скалярно-векторный приемник звука, определение направления прихода сигнала, обнаружитель слабых шумовых сигналов

Матвиенко Ю.В., Каморный А.В., Хворостов Ю.А. ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО ИСТОЧНИКА ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 37–44.

Для приемных систем, содержащих комбинированные скалярно-векторные приемники звука, предложена модель обработки данных, обеспечивающая определение углового положения и обнаружение движущегося источника широкополосного шума, основанная на условии стабильности угловых характеристик потока энергии, формируемого источником. Модель обработки основана на вычислении углового распределения суммарных уровней потоков энергии, приходящих из узкого горизонтального сектора. Энергетический детектор выделяет угловые сектора, в которых уровень энергии превышает среднее значение по всему горизонту. При низком соотношении сигнал/помеха модель предполагает предварительную нормализацию спектральных компонент высокого уровня исходного сигнала и его временное усреднение.

Модель обработки реализована в компьютерной программе. Приведены примеры обработки программой экспериментальных данных по источ-

нику широкополосного шума при различных соотношениях сигнал/помеха.

УДК 534.23

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.006

Ключевые слова: акустическое поле, автономный необитаемый подводный аппарат, гидроакустическая система.

Чупин В.А., Долгих Г.И., Щербатюк А.Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ОБЛАСТИ МОРЯ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 44–48.

Представлены результаты экспериментальных исследований пространственно-временного распределения гидроакустического поля давления на клиновидном шельфе, созданной низкочастотным гидроакустическим излучателем с центральной частотой излучения 33 Гц и зарегистрированного аппаратно-программным гидроакустическим комплексом на базе автономного необитаемого подводного аппарата MARC и высокочувствительной гидроакустической приёмной системы. В ходе обработки экспериментальных данных получено пространственно-временное распределение гидроакустического поля в прибрежной зоне бухты Витязь.

УДК 534.222

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.007

Ключевые слова: подводная навигация, скорость звука, спутниковая океанология, АНПА, подводный звуковой канал.

Моргунов Ю.Н., Голов А.А., Дубина В.А., Лучин В.А. МЕТОДОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ ОБСЕРВАЦИИ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА БОЛЬШОЙ ДАЛЬНОСТИ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 49–54.

Обеспечение позиционирования автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) на больших удалениях от центров управления зависит от решения задач подводной дальнометрии в сложных гидрологических и батиметрических условиях распространения навигационных сигналов. В связи с этим актуальна разработка методологии эффективной обсервации

АНПА на больших акваториях. Проблема заключается в корректном прогнозе и контроле океанологической обстановки и ее изменений в районе навигационного обеспечения с возможностью передачи информации об изменениях на борт АНПА. Особое внимание уделено методическим и техническим средствам мониторинга основных характеристик подводных звуковых каналов различного происхождения в летние и зимние сезоны на примере северо-восточной части Японского моря. Анализируются возможности применения многолетних климатических данных гидрологических измерений в заданном районе, на заданных акустических трассах для высокоточной обсервации подводных объектов на большой дальности. Для зимних условий рассмотрены возможности оперативного измерения и контроля эффективных скоростей звука на заданных трассах с использованием данных спутниковых ИК изображений поверхностной температуры.

УДК 534.23

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.008

Ключевые слова: звуковое поле, волновод, пограничные волны Рэлея–Шолте, комбинированный приемник, интерференционные структуры.

Касаткин Б.А., Злобина Н.В., Касаткин С.Б. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ЧАСТОТНОЙ СТРУКТУРЫ ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ, СФОРМИРОВАННЫХ ПОГРАНИЧНЫМИ ВОЛНАМИ РЭЛЕЯ–ШОЛТЕ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 55–62.

Выполнен расчёт звукового поля в волноводе типа водный слой – твёрдое полупространство для случая, когда скорость сдвиговой волны в полупространстве меньше скорости звука в водном слое. Особое внимание уделено сопряжённой паре нормальных волн нулевого порядка (фундаментальным модам), которые в предельных случаях низких или высоких частот вырождаются в пограничную волну Рэлея или в пограничные волны Рэлея–Шолте, регулярную и обобщённую соответственно. Рассмотрены варианты практической реализации пограничных волн Рэлея–Шолте в интерференционных структурах, регистрируемых комбинированным приёмником, в случае низких частот,

когда пограничные волны Рэлея–Шолте вносят доминирующий вклад в суммарное звуковое поле.

УДК 534.21

DOI: 10.25808/24094609.2018.26.2.009

Ключевые слова: подводная акустика, обработка экспериментальных данных, дискретное представление переменных, гирлянда гидрофонов, волновод.

Макаров Д.В. АЛГОРИТМ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОФИЛЯ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПО ДАННЫМ ТОЧЕЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 2 (26). С. 63–68.

Разработан метод расчета непрерывного профиля акустического поля по данным точечных измерений с помощью гирлянды гидрофонов. Метод основан на использовании функций дискретного представления переменных. Показано, что данный метод обеспечивает практически точное воспроизведение профиля акустического поля, если вертикальная длина волны звука превышает удвоенное расстояние между соседними гидрофонами. В случае, когда акустическое поле локализовано по глубине за счет существования приповерхностного или придонного звукового канала, требуемая для реконструкции длина гирлянды гидрофонов может быть уменьшена.