

РЕФЕРАТЫ

УДК 551.46.077:629.584

DOI: 10.25808/24094609.2019.29.3.001

Ключевые слова: телеуправляемый необитаемый подводный аппарат, регулирование остойчивости, управление ориентацией, кватернионы, бассейновые испытания.

Быканова А.Ю., Костенко В.В., Стороженко В.А., Толстоногов А.Ю. МАЛОГАБАРИТНЫЙ ТНПА ПОВЫШЕННОЙ МАНЕВРЕННОСТИ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ОСТОЙЧИВОСТИ // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 3 (29). С. 4–12.

Представлены результаты разработки телеуправляемого необитаемого подводного аппарата с автономным источником питания и оптическим кабелем связи, способного совершать пространственные движения и зависания с произвольными углами крена. Управление углом крена осуществляется не только управляющим моментом движительной системы, но и путем регулирования остойчивости аппарата за счет изменения положения центра объема и центра масс в поперечной плоскости. В алгоритмах управления пространственным движением аппарата с предельными углами крена используется математическая модель с кватернионами состояния. Основные технические решения апробированы в процессе разработки и бассейновых испытаний телеуправляемого подводного аппарата «Сокол тысячелетия» при подготовке его к соревнованиям по подводной робототехнике «Аквароботех-2018».

УДК 621.396.96

DOI: 10.25808/24094609.2019.29.3.002

Ключевые слова: тракторная обработка, гидроакустические станции с линейными антеннами, сопровождение объектов.

Воронина Н.Г. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ПО УГЛОМЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 3 (29). С. 13–23.

Рассматриваются вопросы, связанные с построением алгоритма сопровождения траекторий морских объектов с использованием только угломерной гидроакустической информации в режиме пеленгования объектов наблюдения. За основу взят метод совместного вероятностного отождествления данных, фильтрации параметров траектории и порогового критерия принятия решения о наличии наблюдаемого объекта. Для решения задачи фильтрации параметров траектории использованы два фильтра: рекуррентный фильтр Калмана и нерекуррентный фильтр с конечной выборкой на основе метода функции максимума правдоподобия. Представлены результа-

ты имитационного моделирования синтезированного алгоритма с использованием данных широкополосного шумопеленгования на линейную антенну. Проведено сравнение результатов для двух методов фильтрации.

УДК 551.465

DOI: 10.25808/24094609.2019.29.3.003

Ключевые слова: арктические вихри, ADCP (acoustic Doppler current profiler), стримлетная модель.

Шупикова А.А., Казанский А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРИМЛЕТНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЯ СКОРОСТИ АРКТИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 3 (29). С. 24–29.

Рассматривается реконструкция трехмерного поля скорости подповерхностных вихрей в Арктическом бассейне с использованием стримлетной модели. Исходные данные скорости, полученные в ходе эксперимента ИОЕВ (Ice-Ocean Environmental Buoy), представлены в виде последовательности вертикальных профилей, расположенных на некотором расстоянии друг от друга вдоль траектории дрейфа льдины с измерениями ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Трехмерное поле скорости вихрей восстанавливается на базе параметрической стримлетной модели путем минимизации среднеквадратичного отклонения модельных и измеренных векторов скорости. Оптимальные параметры модели подбираются с помощью хорошо известных алгоритмов нелинейной оптимизации: симплексного спуска Нелдера–Мида и метода внутренних точек (метод Ньютона). Показаны результаты восстановления поля скорости для нескольких арктических вихрей с помощью стримлетной модели и приведен сравнительный анализ результатов аппроксимации с доступными скоростными объектными моделями.

УДК 621.391.8.018.782.4

DOI: 10.25808/24094609.2019.29.3.004

Ключевые слова: гидроакустическая связь, ортогональное частотное уплотнение, OFDM, многочастотные сигналы

Родионов А.Ю., Унру П.П., Кулик С.Ю., Голов А.А. ОЦЕНКИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ С ПОСТОЯННОЙ ОГИБАЮЩЕЙ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 3 (29). С. 30–38.

Для организации гидроакустической связи с подводными подвижными объектами в настоящее время активно используются все более сложные методы сигнальной обработки. В данном исследовании представляется метод, основанный на формировании

многочастотных сигналов (OFDM) с постоянной огибающей. Рассмотрен режим с применением точной кадровой синхронизации многочастотных символов OFDM-FM с QPSK манипуляцией поднесущих, а также режимы с коэффициентами расширения спектра FM сигнала, равные 2, 4 и 10. По результатам численных экспериментов в условиях гауссовского шума без дополнительного помехоустойчивого кодирования получены значения вероятности ошибки приема от 0,15 до 10^{-3} для многолучевых откликов, типичных для гидроакустических каналов связи. Проведены эксперименты с OFDM-FM-QPSK на дистанции 25 км при использовании низкочастотной (400 Гц) гидроакустической аппаратуры. Получены импульсные и частотные характеристики линии связи и значения BER при различном коэффициенте расширения спектра OFDM-FM-QPSK сигнала.

УДК 534.23

DOI: 10.25808/24094609.2019.29.3.005

Ключевые слова: внутренние волны, пограничные волны, инвариант, комбинированный приемник, сонограмма.

Касаткин Б.А., Касаткин С.Б. МОДУЛЯЦИЯ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ ПОГРАНИЧНЫХ ВОЛН ВНУТРЕННИМИ ВОЛНАМИ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ ШЕЛЬФ – ГЛУБОКОЕ МОРЕ // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 3 (29). С. 39–46.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния внутренних волн на интерференционную структуру звукового поля, сформированного пограничными волнами

Рэля–Шолте в переходной зоне шельф – глубокое море. Это влияние проявляется в периодической модуляции частоты максимума спектральной плотности мощности на сонограммах звукового поля, зарегистрированных комбинированным приемником, в инфразвуковом диапазоне частот, причем амплитуда модуляции пропорциональна частоте. Анализируется зависимость периода модуляции от взаимного расположения приемных модулей, шумящего судна, формирующего звуковое поле дискретными составляющими вально-лопастного звукоряда, и предполагаемого направления распространения внутренних волн. Отмечено, что наибольшее влияние внутренние волны оказывают на структуру вихревой составляющей вектора интенсивности.

УДК 551.466

DOI: 10.25808/24094609.2019.29.3.006

Ключевые слова: внутренние волны, поверхностные проявления, диагностика плотности.

Алексанин А.И., Ким В., Константинов О.Г., Коротченко Р.А., Ярошук И.О. НАБЛЮДЕНИЕ ВНУТ-

РЕННИХ ВОЛН ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯМ // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 3 (29). С. 47–53.

Описываются результаты экспериментов по регистрации прохождений длинных внутренних гравитационных волн (ВГВ) на видеоизображениях в поляризованном свете. Рассчитывались скорости прохождения волн и их характерные длины. Видеонаблюдение сопровождалось детальными измерениями плотностной структуры воды с помощью вертикально расположенных термогирлянд в шельфовой зоне Японского моря. Это позволило сравнить наблюдаемые скорости распространения волн и рассчитываемые на основе расширенного уравнения Кортевега–де Вриза. В летние месяцы наблюдалась устойчивая стратификация воды с плавным нарастанием плотности с глубиной. В осенние месяцы наблюдалась двухслойная структура воды с небольшим по толщине слоем пикноклина. Разобрано 17 случаев регистрации ВГВ за два года. Амплитуды ВГВ были небольшими и не превышали 3 м. Наблюдаемые скорости лежали в диапазоне 0,35–0,45 м/с. В целом рассчитанные и наблюдаемые скорости были близки, а рассогласования объяснялись погрешностями, возникавшими при обработке данных. Исключение составили осенние случаи, когда толщина придонного слоя была существенно меньше приповерхностного. Наблюдаемая по видеоизображениям скорость распространения ВГВ была значительно выше, чем рассчитываемая по плотностной структуре. Правильность расчета скорости прохождения ВГВ по видеоизображениям подтверждалась расчетом прохождения волны через последовательность термогирлянд.

УДК 550.34:534.23

DOI: 10.25808/24094609.2019.29.3.007

Ключевые слова: гидроакустика, геоакустическая модель, низкочастотный гидроакустический излучатель, залив Петра Великого.

Самченко А.Н., Долгих Г.И., Кошелева А.В., Пивоваров А.А., Швырев А.Н., Ярошук И.О. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ШЕЛЬФЕ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 3 (29). С. 54–60.

Статья посвящена обсуждению результатов гидроакустических экспериментальных работ в заливе Петра Великого Японского моря, проведенных в мае и октябре 2016 г. В эксперименте использовались низкочастотные излучатели с несущей частотой 22 и 33 Гц, прием сигналов осуществлялся на автономные

гидроакустические станции (АГС), синхронизированные по времени. Полученные в результате измерений групповые скорости различных мод позволяют провести оценки геоакустических свойств дна. Результаты гидроакустических работ сравниваются с геоакустической моделью участка шельфа в районе проведения экспериментов. Геоакустическая модель построена на основе имеющейся геолого-геофизической информации залива с расчетом акустических свойств дна.

УДК 556.084

DOI: 10.25808/24094609.2019.29.3.008

Ключевые слова: флуоресценция, фитопланктон, хлорофилл-а, растворенные органические вещества, автономные оптические модули, спутниковые измерения.

Крикун В.А., Коротенко А.А., Салюк П.А. МНОГОЦЕЛЕВОЙ АВТОНОМНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СЕТЕВЫХ ПОДВОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ БИООПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОРСКОЙ ВОДЫ // Подводные исследования и робототехника. 2019. № 3 (29). С. 61–67.

Для решения многих фундаментальных и прикладных задач в океанологии не хватает регулярных измерений, производимых в водной толще или подо льдом. Организация морских экспедиций является дорогим мероприятием, спутниковое оптическое зондирование обеспечивает измерение только в приповерхностном слое моря с существенными ошибками в водах второго оптического типа и не работает при наличии облачности или ледового покрова, сети автономных буев с оптическими датчиками являются крайне малочисленными в мировом масштабе. В работе описаны результаты разработки недорогого многоцелевого автономного оптического модуля для сетевых и/или комплексных измерений флуоресценции морской воды. Актуальность исследования определяется необходимостью создания автономных сетей глобального подводного наблюдения за биооптическими параметрами морской воды. Научная новизна исследования состоит в разработке универсальных оптических модулей, которые как могут быть скомбинированы в сложный единый комплекс для гидрооптических исследований, так и поодиночке организованы в распределенную сеть гидрооптических измерений. Данное решение позволит создать универсальную систему подводных гидрооптических измерений, а также модернизировать существующие подводные аппараты и приборы, не имеющие оптических датчиков.