

УДК 534.231

Ключевые слова: вектор акустической интенсивности, векторный приемник, вихревая структура, комбинированный приемник, локальный вихрь, мелкое море, преобразование Фурье и Гильберта.

Щуров В.А., Ляшков А.С., Черкасов А.В. ВИХРИ ВЕКТОРА АКУСТИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПОЛЯХ МЕЛКОГО МОРЯ // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1 (13). С. 4–14.

Представлены результаты исследований поля вектора акустической интенсивности широкополосного сигнала в зависимости от расстояния между источником и приемником в мелком море. Эксперимент проводился в заливе Петра Великого Японского моря. Глубина места 120 м, комбинированный приемник находился на глубине 70 м, скорость звука у поверхности больше скорости звука у дна. В результате исследований установлено, что в полосе исследуемых частот от 20 до 1000 Гц перенос акустической энергии осуществляется посредством регулярных вихревых структур. Основой вихревого поля вектора акустической интенсивности являются регулярная интерференционная структура акустического давления и межфазовые соотношения четырех компонент поля. В данной работе приведены результаты исследований для частоты 111 Гц. Степень завихренности определяется через нормированные ортогональные компоненты ротора вектора интенсивности. Наибольшая вероятность соответствует значениям ± 1 для горизонтальных x -, y -компонент ротора и нулевому среднему значению для его вертикальной z -компоненты. Регулярная вихревая структура вектора акустической интенсивности наблюдалась на всем исследуемом расстоянии (~5000 м) от источника до приемника с чередующейся сменой движения энергии «вверх-вниз». На фоне регулярной (почти периодической) протяженной вихревой структуры вектора акустической интенсивности наблюдаются локальные вихри вектора интенсивности. Описанный механизм переноса акустической энергии в условиях мелкого моря открывает новые возможности фундаментальных исследований акустических полей.

УДК 629.58

Ключевые слова: подводный аппарат, разработка, коммерческое использование.

Ляхов Д.Г. СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ПОДВОДНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1 (13). С. 15–23.

Рассматриваются типовые задачи по назначению необитаемых подводных аппаратов с акцентом на современные подходы к разработке и применению. Анализируются характеристики коммерческих продуктов, показатели качества и пути их достижения. Оценивается рынок подводной техники и выполняемых ею работ.

УДК 551.46.077:629.584

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат, система управления, гидродинамика, динамические процессы.

Киселев Л.В., Медведев А.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЕКТОВ И КОНФИГУРАЦИЙ // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1 (13). С. 24–35.

При создании автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) обычно соблюдается принцип преемственности, позволяющий не только сохранять, но и наращивать функциональные свойства аппаратов и их систем управления. При этом аппараты могут иметь различные тактико-технические данные, но общими для них являются динамические требования, распространяющиеся на все многообразие режимов пространственного движения. Оптимизация динамических свойств АНПА предполагает построение адекватной модели движения, идентификацию её параметров на основе экспериментальных данных, синтез адаптивных регуляторов при изменении сил взаимодействия аппарата со средой. В статье рассматриваются модели динамики АНПА, отличающихся конструкцией и назначением, и примеры осуществления некоторых характерных пространственных движений.

УДК 629.127.4–52

Ключевые слова: телеуправляемый подводный аппарат,

двигательно-рулевой комплекс, управление движением, динамические свойства.

Костенко В.В., Михайлов Д.Н. РАЗРАБОТКА ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА «МАКС-300» // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1 (13). С. 36–46.

Дается описание нового малогабаритного телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА) «МАКС-300», разработанного в ИПМТ ДВО РАН при сотрудничестве с МГУ им. адм. Г.И. Невельского. Аппарат предназначен для инспектирования гидротехнических сооружений, осмотра подводной части корпусов судов, сопровождения аварийно-спасательных работ на глубинах до 300 м, учебно-методической подготовки специалистов-операторов.

УДК 681.883:551.462.8

Ключевые слова: гидролокация, гидролокатор бокового обзора, машинная графика, OpenGL, 3D-сцены.

Бобков В.А., Морозов М.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ СРЕДСТВАМИ МАШИННОЙ ГРАФИКИ // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1 (13). С. 46–51.

Разработан моделирующий комплекс, позволяющий получать искусственные гидролокационные изображения подводной обстановки для трехмерных сцен со сложным рельефом и объектами произвольной топологии. В моделирующем комплексе реализованы модели гидролокатора бокового обзора (ГБО) и эхолота. На примере ГБО-изображений рассмотрены нежелательные эффекты, возникающие при синтезе гидролокационных изображений, даются рекомендации по их минимизации. Возможность практического использования метода исследуется на примере обнаружения при помощи ГБО протяженных объектов (кабелей и трубопроводов) в условиях сложного рельефа и шумов. Сделаны оценки производительности системы моделирования.

УДК 534.222.29.584

Ключевые слова: акустическая томография, системы акустического позиционирования, псевдослучайные сигналы, экспериментальная апробация.

Азаров А.А., Голов А.А., Лебедев М.С., Моргунов Ю.Н. МЕТОДЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ В ЗАДАЧАХ ПОДВОДНОЙ НАВИГАЦИИ // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1 (13). С. 52–56.

Приведены результаты экспериментальной работы по тестированию в реальных условиях системы акустического позиционирования (САП). Проведен анализ ошибок определения координат имитатора приемной системы автономного подводного аппарата (АПА) и их зависимости от изменения гидрологической обстановки. Успешно апробирован метод коррекции точности работы САП по данным томографического мониторинга поля скорости звука (температуры) на обследуемой акватории.

УДК 534.26

Ключевые слова: акустический мониторинг мелководной среды, импульсные сигналы, численное моделирование, экспериментальные исследования

Половинка Ю.А., Азаров А.А., Лебедев М.С. МЕТОД И ПРОГРАММА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ В МЕЛКОВОДНЫХ АКВАТОРИЯХ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1 (13). С. 57–67.

Рассмотрен метод мониторинга во времени вертикального профиля скорости звука, температуры, а также уровня поверхности в мелководных акваториях и описана программа для его реализации. Метод включает в себя синхронизированные во времени излучение, прием и измерение времени распространения импульсных акустических сигналов с помощью стационарно размещенных в акватории гидроакустических излучателя и приемника звука. Расчет параметров среды производится с использованием результатов численного моделирования (в рамках лучевого приближения) распространения звука для условий эксперимента. Программа, с помощью которой реализуется метод, позволяет проводить расчеты параметров среды по измеренным временам распространения акустических импульсов, длительно во времени и с высокой частотой. Метод разработан на основе данных экспериментальных измерений функ-

ций отклика акустических каналов на шельфе и в различных мелководных акваториях Японского моря в 2005–2011 годах. Тестирование метода и программы в натуральных условиях проведено в бухте Витязь летом и осенью 2011 года.

УДК 629.127.4+681.518

Ключевые слова: Японское море, ультрафиолетовая спектрофотометрия, наблюдения *in situ*, мезомасштабные интрузии, апвеллинг, тонкая взаимная структура вертикальных профилей нитратов и кислорода.

Каплуненко Д.Д., Лобанов В.Б., Тищенко П.Я., Лазарюк А.Ю., Звалинский В.И. ИЗМЕРЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПАКТНОГО СПЕКТРОФОТОМЕТРА // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1 (13). С. 68–73.

Рассматриваются проблемы и возможности применения ультрафиолетового (УФ) спектрофотометра MBARI-ISUS V3 для определения концентрации биогенных элементов в морской воде *in situ*. В данной работе анализируется распределение концентрации нитратов (NO_3^-), растворенных в морской воде, при зондировании до глубины 1000 м. Временные зависимости концентрации нитратов при вертикальном зондировании были преобразованы в вертикальные профили по глубине с использованием данных гидрологических зондов фирмы «SeaBird» (серия SBE), совместно с которыми в автономном режиме выполнялось зондирование УФ спектрофотометром. Полученные результаты сопоставлялись с данными лабораторных химических анализов, выполненных в экспедициях при использовании MBARI-ISUS. Измерения с использованием методов УФ спектрофотометрии *in situ* и их анализ позволяют получать новую информацию о тонкой структуре вертикального распределения нитратов и по-новому интерпретировать происходящие в море продукционные процессы.

ABSTRACTS

Keywords: acoustic intensity vector, vector receiver, vortex structure, combined receiver, local vortex, shallow seas, Fourier transform, Hilbert transform.

Shchurov V.A., Lyashkov A.S., Cherkasov A.V. VORTICES OF THE ACOUSTIC INTENSITY VECTOR IN SHALLOW SEAS INTERFERENTIAL FIELDS // Underwater Investigation and Robotics. 2012. № 1 (13). P. 4–14.

This paper presents results of the research of dependence of acoustic intensity vector of the wideband signal on the distance between the source and receiver in shallow seas. The experiment was conducted at the Peter the Great Bay of the Sea of Japan. The depth of the place was 120 m, combined receiver was located at depth of 70 m, the sound speed near surface was larger than that near the bottom. It was found that at frequency band of 20–1000 Hz the acoustic energy transfer is accomplished by the regular vortex structures. Regular interferential structure of the acoustic pressure and relationship between phases of four components of the field are the fundamentals of the vortex field of the acoustic intensity vector. This paper presents results of the research for the frequency of 110 Hz. The level of the vorticity is defined through the normalized orthogonal components of the curl of the intensity vector. The most probable values for the horizontal x- and y- curl components are +1, and the most probable value for vertical z-component of the curl is 0. Regular vortex structure of the acoustic intensity vector was observed along all the distance (about 5000 m) from the source to receiver. This structure had alternating changes of the energy movement directions, they are up and down. Local vortices of the intensity vector were superimposed on the regular (almost periodic) structure. Described mechanism of the acoustic energy transfer on the shallow seas opens new possibilities of the fundamental research of acoustic fields.

Keywords: unmanned, underwater vehicle, development, commercial applications.

Lyakhov D.G. A REVIEW OF UNDERWATER ROBOTICS APPLICATIONS // Underwater Investigation and Robotics. 2012. № 1 (13). P. 15–23.

This overview is about current state and trends in unmanned maritime robotics focusing on UUV technologies. Brief outline of the most common tasks provided with appropriate application areas. Commercial products and activities of last decade described with the point on existing markets and market drivers.

Keywords: autonomous underwater vehicle, control system, hydrodynamic, dynamic processes.

Kisel'gov L. V., Medvedev A. V. COMPARATIVE ANALYSIS AND THE OPTIMIZATION OF THE AUTONOMOUS UNDERWATER ROBOTS DYNAMIC PROPERTIES OF DIFFERENT PROJECTS AND CONFIGURATIONS // Underwater Investigation and Robotics. 2012. № 1 (13). P. 24–35.

Usually creation of autonomous underwater vehicles (AUV) presupposes the use of succession principle. It provides possibility to preserve and to increase the functional properties of vehicles and their control systems. The vehicles can possess of different tactical-technical data, but the dynamic requirements are general for variety spatial motions. The optimization of dynamic properties AUV assumes the construction of the adequate motion model, the identification of its parameters considering experimental dates, the synthesis of adaptive regulators with a change of the external forces. In the article are examined dynamics AUV models, which are notable for construction and designation. Give examples of the realization of some characteristic spatial motions.

Keywords: remotely operated vehicle, propulsive-steering system, motion control, dynamic properties.

Kostenko V. V., Mikhailov D. N. DEVELOPMENT OF THE REMOTELY OPERATED UNDERWATER VEHICLE "MAKS-300" // Underwater Investigation and Robotics. 2012. № 1 (13). P. 36–46.

Is given description of the new small remotely controlled unmanned underwater vehicle (ROV) "MAKS-300", developed with the collaboration IMTP FEB RAS and MSU named by adm. G. I. Nevelskoy. Apparatus is intended for the inspection of hydrotechnical facilities, underwater part of the hulls of the ship, tracking of emergency-rescue operations at the depths to 300 m, the educational-methods preparation of specialist-operators.

Keywords: echolocation, side scan sonar, computer graphics, OpenGL, 3D scenes.

Bobkov V. A., Morozov M. A. SIMULATION OF SONAR DEVICES BY MEANS OF COMPUTER GRAPH-

ICS // Underwater Investigation and Robotics. 2012. № 1 (13). P. 46–51.

Developed modeling system that allows make an artificial sonar images of underwater environments for three-dimensional scenes with complex terrain and objects of arbitrary topology. In the simulation system two models are implemented: side-scan sonar (SSS) and sonar. On the example of SSS images considered undesirable effects arising during synthesis of sonar images, and provided recommendations for its minimization. The possibility of practical application is investigated on the example of detection by SSS the extended objects (cables and pipelines) in a complex terrain, and noise. Performance estimations of the modeling system are provided.

Keywords: acoustic tomography, acoustic positioning systems, quasirandom signals, experimental aprobaton.

Azarov A. A., Golov A. A., Lebedev M. S., Morgunov Yu. N. METHODS OF ACOUSTIC TOMOGRAPHY IN THE TASKS OF UNDERWATER NAVIGATION // Underwater Investigation and Robotics. 2012. № 1 (13). P. 52–56.

The results of experimental examination on acoustic positioning system (APS) testing in nature conditions represented in this paper. The analysis of autonomous underwater apparatus (AUA) receiving system imitator positioning errors and its dependency from hydrological condition variation is provided. APS accuracy correction methods based on sound speed (temperature) field tomographic monitoring on surveyed water area was successfully evaluated.

Keywords: acoustic monitoring of shallow-water areas, impulse signals, numerical simulation, experimental measurements.

Polovinka Yu. A., Azarov A. A., Lebedev M. S. METHOD AND PROGRAM FOR MONITORING PARAMETERS OF WATER IN SHALLOW AREAS BY DATA OF IMPULSES SOUNDING // Underwater Investigation and Robotics. 2012. № 1 (13). P. 57–67.

The method of monitoring in time of a sound speed profile, temperature as a level of a surface in shallow-water areas are surveyed and the program for realization method are described. The

method includes synchronization in time, radiation, receiving and measurement propagation time of impulse signals with the help of underwater acoustic source and sound receiver stationary placed in shallow-water areas. Calculation of water parameters is effected with usage of outcomes numerical simulation (within the framework of a ray approximation) acoustic propagations for situation of experiment. The program, of a method realization, allows to conduct, calculations of water parameters by measured propagation times of acoustic impulses is long-term in time and with a high frequency of measurements. Method is designed on the basis of datas of experimental measurements of a response function acoustic channel on a shelf of Japan Sea and in different shallow-water harbor areas in 2005–2011. Testing of method and program in natural environments is conducted in a Vitiaz Bay of Japan Sea in the summer and autumn of 2011.

Keywords: Japan Sea, ultraviolet spectrophotometry, *in situ* measurements, mesoscale intrusions, upwelling, 'step-like' like mutual vertical structure of nitrates and oxygen profiles.

Kaplunenko D. D., Lobanov V. B., Tishchenko P. Ya., Lazaryuk A. Yu., Zvalinsky V. I. THE MEASUREMENTS OF NITRATES CONCENTRATION IN THE NORTH-WESTERN JAPAN SEA WITH THE COMPACT UV-SPECTROPHOTOMETER // Underwater Investigation and Robotics. 2012. № 1 (13). P. 68–73.

The device unit description and analysis of measurements made by the In Situ Ultraviolet Spectrophotometer (ISUS), designed by Monterey Bay Aquarium Institute (MBARI) and by the hydrochemical methods (Niskin bottles sampling for the correspondent depths) have been reported. The UV-spectrophotometer has been successfully used for the detection of nitrate concentration in the North-Western Japan Sea during the several cruises of the R/V Akademik M. A. Lavrentyev at 2009–2010 for the first time in this region. As it been found a 'step-like' structure for NO₃ and oxygen is presented at some stations with typical vertical scale of steps from a few tens meters to hundreds meters. During the warm season the pycnocline separate the upper layer from the nitrates intake within the upper mixed layer.