

РЕФЕРАТЫ

УДК 551.46.077:629.584

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат, телеуправляемый необитаемый подводный аппарат, гидроакустическая навигационная система, гидролокатор бокового обзора, акустический профилограф, цифровая фотокамера, измеритель параметров воды.

Матвиенко Ю.В., Борейко А.А., Костенко В.В., Львов О.Ю., Ваулин Ю.В. КОМПЛЕКС РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОИСКОВЫХ РАБОТ И ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ШЕЛЬФЕ // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1 (19). С. 4–15.

Создан подводный робототехнический комплекс для выполнения обзорно-поисковых работ на шельфе, состоящий из двух автономных и одного телеуправляемого необитаемых подводных аппаратов (АНПА/ТНПА) и комплекта навигационного, вспомогательного и обеспечивающего оборудования. Отличительной особенностью комплекса является сокращение времени поисково-обследовательской операции, что подтверждается приведенными материалами выполнения морских работ. Комплекс может обеспечивать мониторинг состояния дна в выделенном водном районе с размещением аппаратуры управления на берегу, оперативные поисковые работы в различных районах на шельфе, при размещении оборудования комплекса на судне-носителе, а также контроль состояния подводных гидротехнических сооружений, в том числе и корпусов судов. Техническая реализация комплекса предусматривает возможности как одновременной работы всех аппаратов в одной акватории, так и работы каждого из трех аппаратов одновременно в различных акваториях. Комплекс в полном объеме обеспечен технической документацией в соответствии с требованиями действующих стандартов. Эта документация в короткие сроки может быть адаптирована к производству комплекса или отдельных его составных частей в условиях «Центра по проектированию и производству подводных роботов», который в настоящее время построен в г. Владивостоке.

УДК 551.46.077:629.584

Ключевые слова: подводные роботы, навигационные средства, градуировка навигационной системы, доплеровский лаг, гидроакустическая дальнометрия.

Матвиенко Ю.В., Ваулин Ю.В., Каморный А.В. ГРАДУИРОВКА НАВИГАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1 (19). С. 16–22.

Организация работ по градуировке гидроакустических и бортовых средств навигации подводных роботов основана на прецизионных дальномерных измерениях в подводной среде. Градуировка выполняется на специализированном полигоне, координаты ключевых точек которого определены геодезическими методами с ошибкой менее 1 м. На полигоне элементами гидроакустической навигационной системы с длинной базой (маяками-ответчиками и управляющей антенной) образуются постоянно действующие стационарные дальномерные трассы, которые служат для определения и текущей коррекции эффективной скорости сигналов на акватории. Представлены результаты градуировки комплексированной навигационной системы, основанной на счислении и коррекции численных координат данными гидроакустической навигационной системы с длинной базой. С учетом источников формирования погрешностей обеспечивается значительное уменьшение суммарной навигационной ошибки в ходе длительного запуска АНПА по циклической траектории.

УДК 004.94+629.58

Ключевые слова: автономный подводный робот, моделирующий комплекс, распределенная программная архитектура, гибридный параллелизм, визуализация в реальном времени.

Мельман С.В., Бобков В.А., Инзарцев А.В., Павин А.М., Черкашин А.С. ПРОГРАММНЫЙ МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ НА БАЗЕ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1 (19). С. 23–32.

Моделирование в реальном времени ресурсоемких задач, связанных с отладкой алгоритмов «интеллектуального» управления автономными подводными роботами (АПР), влечёт необходимость

разработки программных моделирующих комплексов с распределёнными вычислениями. В описываемом комплексе исследования алгоритмов ведутся путём имитационного моделирования широкого спектра бортовых датчиков, сенсоров, динамики АПР и физических процессов подводной среды. Отличительной особенностью комплекса является возможность проведения отладки алгоритмов непосредственно в среде системы управления выбранного АПР.

Архитектура программного комплекса организована с использованием клиент-серверной технологии и централизованной БД с возможностью подключения в качестве вычислительных узлов как персональных компьютеров, так и супер-ЭВМ. Используемый модульный подход обеспечивает возможность расширения алгоритмической и функциональной базы за счет подключения дополнительных модулей по технологии plug-in. Описываются функциональные возможности комплекса, схема взаимодействия модулей в условиях распределенных вычислений, протоколы передачи и хранения данных с учетом специфики моделируемых процессов.

Результаты тестирования комплекса на разных вычислительных конфигурациях демонстрируют возможность моделирования процессов управления АПР в реальном времени при больших вычислительных нагрузках.

УДК 551.46.077:629.584

Ключевые слова: автономный подводный робот, гидродинамические свойства, управление движением, идентификация.

Киселев Л.В., Багницкий А.В. О ТОЧНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО РОБОТА // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1 (19). С. 33–39.

Гидродинамические свойства автономного подводного робота относятся к числу основных факторов, определяющих качество управления при выполнении пространственных движений. Для идентификации этих свойств наряду с теоретическими моделями динамики используются экспериментальные данные, основанные на обработке результатов траекторных измерений при выполнении реальных работ в море.

Постановка задачи приводит к анализу установившихся и переходных режимов движения и оценке гидродинамических характеристик подводного робота на основе корректной математической модели движения и достоверных данных о наблюдаемом движении. Вектор состояния подводного робота содержит достаточно полный набор навигационных данных, данных об угловой ориентации корпуса и силовых воздействиях управляющих органов. Разработанная программная процедура идентификации позволяет оценивать динамические свойства системы и проводить сравнительный анализ с результатами компьютерного моделирования в виртуальной среде.

УДК 534.23

Ключевые слова: обобщённое модельное решение, компоненты вектора интенсивности, шельфовая зона, комбинированный гидроакустический приемник, проходная характеристика, шумовая помеха.

Касаткин Б.А., Злобина Н.В., Касаткин С.Б., Косарев Г.В., Ларионов Ю.Г., Злобин Д.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКАЛЯРНО-ВЕКТОРНОЙ СТРУКТУРЫ ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ В ЗАЛИВЕ ПОСЬЕТА // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1 (19). С. 40–51.

В работе выполнено экспериментальное исследование звуковых полей в мелком море. Эксперимент проводился в заливе Посьета с использованием комбинированных приемников и буксируемого заглублённого источника звуковых сигналов. Исследуемый диапазон рабочих частот составлял 83–243 Гц. Измерения выполнялись для различных глубин буксировки источника звука и различных горизонтов приёма. Целью эксперимента являлось изучение пространственно-частотной структуры звукового поля в мелком море в скалярно-векторном описании его основных характеристик, а также сопоставление экспериментальных результатов с теоретическими оценками, полученными в рамках обобщённой теории волновых процессов в слоистых средах. Сравнение экспериментальных результатов с теоретическими оценками позволило выявить существенную

нерегулярность звукового поля в горизонтальной плоскости и наличие значительной по уровню реверберационной помехи, связанной с присутствием берегового клина вблизи приёмной системы и вблизи самой трассы буксировки источника звуковых сигналов. Анализ шумового поля позволил выявить анизотропную составляющую, связанную, по мнению авторов, с наличием техногенных источников шумовой помехи, расположенных в бухте Троицы.

УДК 53.088.228

Ключевые слова: Японское море, зонд Sea-Bird, коррекция температуры, коррекция солёности, коррекция содержания кислорода.

Каплуненко Д.Д., Лазарюк А.Ю., Лобанов В.Б., Сагалаев С.Г. КОРРЕКЦИЯ ДАННЫХ ГЛУБОКОВОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СТД-ЗОНДАМИ «SEA-BIRD» В ЯПОНСКОМ МОРЕ // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1 (19). С. 51–55.

Данные современных высокоточных гидрологических зондов (SBE 911 plus) нуждаются в дополнительной коррекции из-за конструктивных особенностей используемых датчиков температуры (SBE 3 plus), электропроводности (SBE 4C) и содержания растворенного кислорода (SBE 43 и Rinko III). В данной работе рассматриваются результаты глубоководных измерений СТД-зондами, выполненных в Японском море в 2012–2014 гг. Основное внимание уделено повышению точности исходных данных, а именно вертикальных профилей основных гидрологических параметров: температуры, солёности, содержания кислорода, необходимых для изучения климатических изменений в Мировом океане и Японском море.

УДК 550.84: 549.905.

Ключевые слова: Потоки пузырей метана, газогидраты, аномалии метана в воде и в донных осадках, индикаторы поиска углеводородов, Охотское море.

Обжиров А.И., Телегин Ю.А., Болбан А.В. ПОТОКИ МЕТАНА И ГАЗОГИДРАТЫ В ОХОТСКОМ МОРЕ // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1 (19). С. 56–63.

Интерес к изучению потоков метана и газогидратов связан как с изучением теории развития геологических процессов, так и с исследованиями законо-

мерностей их формирования. Основной целью исследований является определение источника поступления метана и геологических условий формирования газогидратов. Поиск потоков пузырей метана из донных отложений в воду и газогидратов выполняется в международных и российских экспедициях, в которых используется комплекс геологических, геофизических, геохимических, гидроакустических, морфоструктурных исследований. Аномальные концентрации метана в донных осадках и в водной толще, газогидраты являются индикаторами поиска нефтегазовых залежей, картирования зон разломов, играют важную роль в оценке сейсмической активности, при прогнозе землетрясений, в оценке экологического изменения окружающей среды, процесса глобального изменения (потепления) климата и проектировании добычи метана из газогидратов. Обнаружено, что потоки метана и газогидраты образуются в зонах разломов, по которым метан мигрирует к поверхности из нефтегазосодержащих пород и залежей. При этом газогидрат является хорошей крышкой и способствует формированию месторождений нефти и газа.

УДК 629.127.4

Ключевые слова: метод Кирхгофа-Гельмгольца, район мелкого моря со специфическим рельефом дна, модель исследуемого пространства, измерительный гидрофон.

Халаев Н.Л., Стародубцев П.А., Шевченко А.П. ОЦЕНКА ФОКУСИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СПЕЦИФИЧЕСКОГО РЕЛЬЕФА ДНА МЕЛКОГО МОРЯ ПУТЕМ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1 (19). С. 63–68.

Актуальность темы научной статьи определяется необходимостью теоретического и экспериментального обоснования наиболее рационального размещения стационарных средств акустического мониторинга водной среды в местах добычи морепродуктов, разработок шельфовой зоны, базирования кораблей и судов Министерства обороны и Министерства транспорта РФ.

Цель работы заключалась в анализе возможностей применения метода Кирхгофа–Гельмгольца для оценки фо-

кусирующих свойств отдельных районов шельфовой зоны мелкого моря путем проведения измерений величины сигнала в ближней зоне.

Материал статьи составлен по результатам научно-исследовательских работ, выполненных в лабораторных и натурных условиях профессорско-преподавательским составом кафедры физики и общетехнических дисциплин ТОВВМУ им. С.О. Макарова в северо-восточной части залива Петра Великого (Японское море) в 2013 г.

Полученные результаты проведенных исследований подтверждают возможность использования метода Кирхгофа–Гельмгольца для оценки фокусирующих свойств рельефа дна мелкого моря со специфическим рельефом и выбора мест установки стационарных средств гидроакустического мониторинга.

ABSTRACTS

Keywords: Autonomous underwater vehicle, remotely-operated underwater vehicle, underwater acoustic navigation system, side-scan sonar, sub bottom profiler, digital camera, measuring the parameters of water.

Matvienko Yu.V., Boreyko A.V., Lvov O.Yu., Vaulin Yu.V. COMPLEX ROBOTIC TOOLS TO PERFORM SEARCHES AND SURVEYS OF UNDERWATER INFRASTRUCTURE ON THE SHELF // Underwater Investigation and Robotics. 2015. № 1 (19). P. 4–15.

Created an underwater robotic system to perform the surveillance and search operations on the shelf, which consists of two independent and one remote-controlled unmanned underwater vehicles (AUV/ROV) and a set of navigation, and providing auxiliary equipment. A distinctive feature of the complex is to reduce the time of search and inspection operations, which is evidenced by the materials of the execution of marine operations. The system can provide for monitoring the status of the seabed allocated water in the area with the placement of the control equipment on the shore, prompt a search operation in different areas on the shelf, when placing the equipment on Board the vehicle, and condition monitoring of subsea hydraulic structures, including ship hulls. Technical implementation of the project foresees the

possibility of simultaneous operation of all devices in the same area, and of each of the three devices simultaneously in different areas. The complex is provided in full technical documentation in accordance with the requirements of the applicable standards. This documentation in a short time can be adapted to the production system or its individual components in terms of the «Center for design and manufacture of underwater robots», currently being built in Vladivostok.

Keywords: underwater robotic vehicles, navigation systems, calibration for acoustic navigation system, Doppler log, acoustic ranging.

Matvienko Yu.V., Vaulin Yu.V., Kamornyy A.V. CALIBRATION FOR UNDERWATER ROBOTIC VEICHLES NAVIGATION // Underwater Investigation and Robotics. 2015. № 1 (19). P. 16–22.

Calibration for acoustic and on-board navigation systems of underwater robotic vehicles is based on precise range-only measurements in the underwater medium. Calibration is carried out on the specially equipped area with the coordinates being estimated by using geodetic methods with inaccuracy less than 1 meter. A complex navigation system including a set of hydrophones / transponders and acoustic antenna with known coordinates is used for determination and better control of signals propagation speed within the area. The paper presents both the results of calibration for complex navigation system based on estimation and changing of estimated coordinates by data obtained from acoustic navigation system and inaccuracy sources for coordinate estimations. The consideration of inaccuracy sources for coordinate estimations provides significant decrease of total navigation error during long lasting mission of underwater robotic vehicle along the cyclic trajectory.

Keywords: autonomous underwater vehicle, simulation framework, distributed program architecture, hybrid parallelism, real-time.

Melman S.V., Bobkov V.A., Inzartsev A.V., Pavin A.M., Cherkashin A.S. SOFTWARE SIMULATION FRAMEWORK ON THE BASE OF MULTIPROCESSING ARCHITECTURE FOR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES //

Underwater Investigation and Robotics. 2015. № 1 (19). P. 23–32.

Real-time simulation of resource-intensive tasks connected with testing of autonomous underwater vehicles' (AUV) "intelligent" control algorithms implies the need of framework design with distributed computing. Algorithms research in the described framework environment is carried out by simulation of wide range of onboard sensors, AUV dynamics and underwater physics. Simulator distinctive feature is the possibility to test algorithms directly in selected AUV control system environment.

Simulation framework architecture utilizes client-server technology and centralized database with possibility to connect both personal computers and supercomputers as computational nodes. Utilized modular approach provides for possibility to expand algorithm and functional base at the expense of connection of additional modules via plug-in technology. Framework functional capabilities, modules interaction diagram under the circumstances of distributed computing, data communications and storage protocols taking into account specific features of simulated processes are described.

Framework testing results with different computation configurations illustrate possibility of AUV control processes real-time simulations with heavy computational loads.

Keywords: autonomous underwater robot, hydrodynamic properties, motion control, identification.

Kiseljov L.V., Bagnitckii A.V. ABOUT THE IDENTIFICATION ACCURACY OF HYDRODYNAMIC PROPERTIES OF THE AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE // Underwater Investigation and Robotics. 2015. № 1 (19). P. 33–39.

The hydrodynamic properties of autonomous underwater robot relate to the number of basic factors, which determine the quality of control with the execution of spatial motions. The experimental dates, based on processing of the results of trajectory measurements with the fulfillment of real operations in the sea, are used for the identification of these properties together with the theoretical models of dynamics. The formulation of the problem leads to the analysis of the steady-states and transient states of motion and the evaluation

of the hydrodynamic characteristics of underwater robot on the basis of the correct mathematical model of motion and reliable dates about the observed motion. The state vector of underwater robot contains the sufficiently complete set of navigational information, dates about the angular orientation of housing and the power actions of control devices. The developed program procedure of identification makes it possible to evaluate the dynamic properties of system and to carry out comparative analysis with the results of computer simulation in the virtual medium.

Keywords: generalized model solution, the components of intensity vector, shelf zone, combined sonar receiver, transit characteristic, noise.

Kasatkin B.A., Zlobina N.V., Kasatkin S.B., Kosarev G.V., Larionov Yu.G., Zlobin D.V. EXPERIMENTAL AND THEORETICAL RESEARCHES OF SCALAR-VECTOR STRUCTURE OF SOUND FIELDS IN POS'ET BAY // Underwater Investigation and Robotics. 2015. № 1 (19). P. 40–51.

The experimental research of sound fields in the shallow water is executed in the work. Experiment was spent in Pos'et Bay with use of the combined receivers and towed deepened source of sound signals. The researched range of working frequencies made 83-243 Hz. Measurements were carried out for various depths of towage of sound source and various horizons of reception. The purpose of experiment was studying spatially-frequency structure of the sound field in the shallow water in the scalar-vector description of its basic characteristics, as well as comparison of experimental results with the theoretical estimations received within the limits of the generalized theory of wave processes in layered media. Comparison of experimental results with theoretical estimations has allowed to reveal significant irregularity of the sound field in the horizontal plane and the presence of a considerable level of reverberation noise associated with the presence of a coastal wedge near the receiving system and near the towing line of sound signal source. The analysis of noise field re-

vealed anisotropic component connected, in opinion of authors, with presence of man-caused sources of noise interference, located in Trinity Bay.

Keywords: Japan Sea, SEA BIRD CTD-UNITS, correction of temperature, correction of oxygen content, of salinity.

Kaplunenko D.D., Lazaryuk A.Yu., Lobanov V.B., Sagalaev S.G. THE IN SITU DEEP MEASUREMENTS DATA CORRECTION FOR SEA BIRD CTD-UNITS IN THE JAPAN SEA // Underwater Investigation and Robotics. 2015. № 1 (19). P. 51–55.

The results analyzed in the paper is obtained by the authors during their marine expeditions to the Japan Sea during the 2012-2014. We demonstrate a modern opportunities to obtain high accuracy data on vertical distribution of oceanographic parameters (temperature, salinity, oxygen parameters) in the water basin with stable homogeneous characteristics during CTD profiling. The high accuracy of these parameters is necessary for assessment of climate changes in the Japan Sea and World Ocean. Each measured parameter can be corrected dependently from the sensor type and its individual peculiarities. The considered type of sensors are SBE3plus (temperature), SBE4C (conductivity-salinity), SBE43 and RINKOIII (oxygen).

Keywords: Fluxes of methane bubbles, gas hydrate, anomalies of methane in water and in bottom sediment, indicator to search hydrocarbon, Okhotsk Sea.

Obzhurov A.I., Telegin Yu. A., Boloban A.V. METHANE FLUXES AND GAS HYDRATE IN THE OKHOTSK SEA // Underwater Investigation and Robotics. 2015. № 1 (19). P. 56–63.

Interest to study methane fluxes and gas hydrate is to understand influence methane fluxes and gas hydrate on geological processes and to search regularities to form it. Mostly purpose is to examine source of methane and geological conditions to form gas hydrate. Looking for fluxes of bubbles methane from sediment to water and gas hydrate carry out in International and Russia expedition. In its are using complex of methods: geology, geophysics, gas geo-

chemistry, hydroacoustics, morpho-structures investigation. Methane anomalies in the sediment and water column, gas hydrate are good indicator to search oil-gas deposits, mapping of zones faults, to examine seismic activity, to forecast earthquake, to determine ecology and process of global changing (warmer) climate and to mine methane from gas hydrate. There is found that fluxes methane and gas hydrate to form in the zones faults and methane migrates from oil-gas deposit and oil-gas-bearing layers comes up to use fault. It is important that gas hydrate is good cap that assisting to form oil-gas deposits.

Keywords: Method Kirchhoff-Helmholtz, area of shallow sea with specific terrain, model of the investigated area, the measuring hydrophone.

Khalaev N.L., Starodubtsev P.A., Shevchenko A.P. EVALUATION OF THE FOCUSING PROPERTIES OF SPECIFIC BOTTOM TOPOGRAPHY OF SHALLOW SEA BY MEASUREMENTS OF ITS CHARACTERISTICS IN THE NEAR ZONE // Underwater Investigation and Robotics. 2015. № 1 (19). P. 63–68.

The relevance of this topic is determined by the need to locate stationary tools of the acoustic monitoring of the aquatic environment in places of the seafood harvesting, development of a shelf zone, basing of ships and different classes vessels.

The purpose of this article is to analyze the possibilities of the Kirchhoff-Helmholtz method by evaluation of focusing properties of some areas of shallow sea by making measurements in the nearest field.

The material is based on the results of theoretical analysis and research works made by the Pacific Higher Naval School S.O. Makarov (Department of Physics and technical disciplines). Researches were made in laboratory and field conditions in the Peter the Great Bay (Japanese sea) in 2013. The results of these researches confirm the feasibility of using Kirchhoff-Helmholtz method to evaluate the focusing properties of the shallow sea areas with specific relief and to choose the place for installation of stationary hydroacoustic monitoring equipment.