



Издается с 2008 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Корчак В.Ю.</i> К 60-летию Секции прикладных проблем при Президиуме РАН .....	4
<b>Статьи</b>	
<i>Гурьев Ю.В., Ткаченко И.В., Якушенко Е.И.</i> Компьютерные технологии корабельной гидромеханики: состояние и перспективы .....	8
<i>Родионов А.А., Хантулева Т.А.</i> Нелокальная гидродинамика и ее приложения .....	22
<i>Кузьмицкий М.А., Гизитдинова М.Р.</i> Мобильные подводные роботы в решении задач ВМФ: современные технологии и перспективы .....	37
<i>Коваленко В.В., Корчак В.Ю., Чулков В.Л.</i> Концепция и ключевые технологии подводного наблюдения в условиях сетецентрических войн .....	49
<i>Дашевский О.Ю., Нежевенко Е.С., Чулков В.Л.</i> Апертурный синтез гидроакустических антенн – основа мобильных гидроакустических систем наблюдения .....	65
<i>Тарасов С.П., Воронин В.А.</i> Перспективы применения методов нелинейной акустики в технологиях гидроакустического поиска .....	78
<i>Белогубцев Е.С., Кирюхин А.В., Кузнецов Г.Н., Михайлов С.Г., Пудовкин А.А., Смагин Д.А., Федоров В.А.</i> Проблемы и предварительные результаты испытания систем активного гашения низкочастотных сигналов в водной и воздушной среде .....	93
<i>Иванов М.П., Степанов Б.Г.</i> Исследование акустического биосенсора дельфина и возможности построения его технического аналога .....	108
<i>Стародубцев Ю.Д., Надолишняя А.П.</i> История, современное состояние и перспективы служебного использования китообразных в составе биотехнических систем двойного назначения .....	123
<b>Перспективные направления развития науки и техники</b>	
<i>Арсентьев В.Г., Криволапов Г.И.</i> Некоторые результаты реализации подводных сетевых технологий в СибГУТИ .....	129
<b>Конференции</b> .....	135
<b>Поздравляем!</b> .....	138
<b>Хроника</b> .....	140
Правила представления материалов в редакцию.....	142

# CONTENTS

<i>Korchak V.Yu.</i> To the 60-th Anniversary of Section of Applied Problems at Presidium of RAS .....	4
--	---

## Articles

<i>Guriev U.V., Tkachenko I.V., Ykushenko E.I.</i> Computer Technologies in Marine Hydrodynamics: State-of-the-Art and Perspectives .....	8
---	---

The basic stages and perspective directions of marine hydrodynamics development are considered. Efficiency of computer technologies in hydrodynamic and engineering analysis is demonstrated. Necessity of their wider use in shipbuilding is substantiated.

**Key words:** computer-aided technologies, marine hydromechanics, mathematical and physical experiments, multidisciplinary modeling.

<i>Rodionov A.A., Khantuleva T.A.</i> Nonlocal Hydrodynamics and Its Applications .....	22
---	----

Modern problems of science and engineering lead outside the scope of continuum mechanics. In order to solve the problems a new nonlocal hydrodynamics of nonequilibrium processes had been developed on the base of statistical mechanics using methods of nonlinear operator sets and adaptive control. The allowance for self-organization and selfregulation provides the mathematical model to be completed and results discrete structure spectra and structure transitions in a system. Application of the new approach to problems of flow and wave propagation in condensed media allows the description of the observed effects that have no explanation in the framework of the classical hydrodynamics.

**Key words:** nonequilibrium process, nonlocality, memory, selforganization, structure, multi-scaling, control..

<i>Kuzmitsky M., Gizitdinova M.</i> Mobile Underwater Robots for the Navy Tasks: Modern Technologies and Prospects .....	37
--	----

In the article the state-of-the-art review of prospects of mobile underwater robots using for solving some naval problems is resulted: MCM, surveys, ports, harbors and sea borders protection, targeting and underwater surveillance. Possible technologies of the specified problems solving using mobile underwater robotics are considered.

**Key words:** mobile underwater robot, technical shape, mission, energy source, carriers, problems, technologies.

<i>Kovalenko V.V., Korchak V.J., Chulkov V.L.</i> Concepts and Key Technologies of Underwater Surveillance Systems in Networked Centric Warfare .....	49
---	----

This paper presents the concept of creation and main features of integrated networked underwater surveillance systems. Several key aspects of such systems variants creation and their features are discussed.

**Key words:** net-centric warfare; integrated networked underwater surveillance system; sensor networks; distributed network system.

<i>Dashevsky O.Yu., Nejevenko E.S., Chulkov V.L.</i> Sonar Array Aperture Synthesis as a Foundation for Mobile Surveillance Sonar Systems .....	65
---	----

The paper analyzes the most effective aperture synthesis methods in hydroacoustics. A synthesis method for wide-band signals is suggested. A SynApp program developed for comparative analysis of different methods is described. The results of an experimental study with test signals (generated by the program) and real signals (obtained from a real towed array) are presented. Aperture synthesis availability in hydroacoustics is concluded.

**Key words:** hydroacoustics, synthetic aperture, flexible underwater towed array, wide-band acoustic signals, real signals.

<i>Tarasov S.P., Voronin V.A.</i> Prospects of Application of Nonlinear Acoustics Methods in Hydroacoustic Search Technologies .....	78
--	----

In the report the results of theoretical and experimental researches of the nonlinear phenomena in acoustics are discussed. It is shown, that using of these phenomena allows to create sonar devices and integrated systems for underwater and buried objects search, underwater surveillance, mineral and biological resources exploration, ocean environment monitoring. Characteristics of parametrical devices are discussed and results of their applications for solving various problems of hydroacoustics are considered. Ways of sonar means perfection and

principles of their construction using methods of nonlinear acoustics are discussed.

**Key words:** nonlinear phenomena, nonlinear interaction, parametrical arrays, beam pattern.

*Belogubtsev E.S., Kirukhin A.V., Kuznetsov G.N., Mikhailov S.G., Pudovkin A.A., Smagin D.A., Fedorov V.A. Testing of Low Frequency Water and Air Sound Active Cancellation Techniques: Problems and Preliminary Results* ..... 93

Active control of low frequency sound vibration is considered. The necessity of solving this problem by active means in consequence of low cancellation effectiveness of passive techniques and means for signals on low frequencies is concluded. The algorithms and techniques development results are discussed for active cancellation of sound signals in water and air medium. The importance of solving this problem to ensure sea objects stealth and maintenance staff environmental safety is concluded. The real opportunity to cancel low frequency discreet components on not less then 8–15 dB and to reduce wide band level on not less then 6...8 dB is demonstrated. It is denoted that discreet frequency components cancellation both increase objects latency hiding and falsify objects classification characteristics.

**Key words:** Object ADT (armament and defense technology), Active cancelling of inner and outer noises, perceptibility decrease, environmental safety support, discreet receiving and radiating elements, falsification of classification characteristics, designer alternative.

*Ivanov M.P., Stepanov B.G. Study of the Dolphin Acoustic Biosonar and Feasibility of Constructing Its Technical Analogue* ..... 108

Presented below are the results of experimental studies of the biosensor system of dolphins using acoustic channel for search and identification of underwater objects as well as for orientation in three dimensional space and underwater communications between individuals. The dolphin's (*Tursiops truncatus*) sonar functioning in complicated conditions of acoustic noise of the dolphin sonar is analyzed. It is shown that the basic mechanisms that provide noise immunity of the dolphin sonar are: the radiation of broadband pulses with zero carrier, use of burst (accumulation), burst rate variable repetition (time selection), and burst with interval-time coding. Possible ways of constructing of broadband underwater transducers and arrays capable to radiate acoustic signals similar to echolocation impulses of cetaceans are considered. Analyzed in the paper is functioning of two electrically operated models of broadband transducers: rod with phased excitation of sections and waveguide type transducer in the form of a coaxial set of piezoactive rings. Some results of solving synthesis and analysis problems for the above models of transducers are presented. It is shown that these transducers provide bandwidth, respectively, 1.5–2 octaves and 2–3 octaves and more.

**Key words:** echolocation signals, the analysis and synthesis of broadband signals, noise immunity, broadband signal, signal without carrier, wideband underwater transducer.

*Starodubtsev Yu.D., Nadolishnyaya A.P. History, State-of-the-Art and Perspectives of the Cetaceans Use as a Part of Biotechnical Dual-Purpose Systems* ..... 123

Here we present the history of using marine mammals (MM) as humans' assistants, the place and time of the Soviet Navy Aquarium creation, the main tasks of Lomonosov Moscow State University (MSU) involved into the research of dolphins' abilities. We describe the biotechnical system for the underwater search (UwS) creation by MSU, about the active work of the USA on using MM. It is shown that the effectiveness and the economy of UwS using MM is much higher than using divers and technical means. The forecast of biotechnical systems development perspectives is given, and the necessity of creation of the Federal base for working with MM in Russia is pointed out.

**Key words:** marine mammals, aquarium, oceanarium, office use, biotechnical systems, underwater search, echolocation, training animals, cognitive activities of animals.

### Perspective Tendency of Development of Science and Technics

*Arsentiev V.G., Krivolapov G.I. Some Results of Undersea Networks Technologies Realization in SibSUTIS* ..... 129

This article represents some results, achieved in Siberian State University of Telecommunications and Information Sciences (SibSUTIS) in research of networks for underwater monitoring. Also, this article reports development and small series manufacturing of the range of unified underwater communication, control and navigation modules. These modules are needed for work in the near-field zone. Now they are used in the University experimental researches in the field of underwater networks technologies. These modules can be used as basis for solution of wide class of underwater researching and manufacturing problems.

**Key words:** underwater network technologies, underwater communication, control, navigation.

## Перспективные направления развития науки и техники

УДК 681.883

© В.Г. Арсентьев, Г.И. Криволапов, 2011

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г.Новосибирск  
krivolapov@sibsutiis.ru

### НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДВОДНЫХ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СибГУТИ

Представлены результаты, полученные в Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), в исследованиях сетей для подводного мониторинга. Сообщается о разработке и мелкосерийном производстве ряда унифицированных модулей аппаратуры гидроакустической связи, управления и навигации, которые предназначены для работы в ближней зоне и используются в университете при проведении экспериментальных исследований в области подводных сетевых технологий. Указанные модули могут служить основой для решения широкого класса подводных исследовательских и производственных задач.

Ключевые слова: подводные сетевые технологии, гидроакустическая связь, управление, навигация.

Развитие современных средств исследования, освоения, охраны и обороны значимых акваторий имеет тенденцию к переходу от задач поиска целей к задачам постоянного контроля этих акваторий на путях развития и применения интегрированных систем подводного наблюдения с сетевыми принципами их организации, обеспечивающими адаптацию системы к изменяющимся условиям, осуществление перенацеливания и концентрацию сил и средств системы на приоритетных направлениях. В качестве элементов сети подводного наблюдения могут использоваться подвижные и стационарные, обитаемые и главным образом необитаемые объекты.

Эффективность применения подобных сетей базируется на организации надежного информационного обмена как между элементами сети подводного мониторинга, так и между сетью и внешними по отношению к ней элементами. Исходя из условий организации информационного обмена в сети, для определения ее эксплуатационных характеристик можно выделить ряд основных подсистем:

- гидроакустических ретрансляторов;
- маршрутизации и защиты информации;
- обмена информацией между подводной сетью и надводными системами связи.

**Подсистема гидроакустических ретрансляторов** обеспечивает магистральную передачу информации от удаленных объектов и между узлами сети. Гидроакустические ретрансляторы (ГР) составляют основу сети. В силу массового применения в составе сети ГР должны характеризоваться:

- повышенной энергетической скрытностью;
- повышенной энергетической эффективностью передачи информации;

- необходимой продолжительностью автономной работы без замены источника питания;
- приемлемыми массогабаритами;
- сравнительно низкой ценой;
- высокой технологичностью, ориентированной на массовое производство.

При создании подсистемы гидроакустических ретрансляторов на основе знаний гидрофизических параметров среды, строения и рельефа дна необходимо осуществить решение следующих проблем:

- выбор ансамбля сигналов, методов их передачи и приема, обеспечивающих устойчивость системы в условиях действия многолучевости;
- обеспечение акустической совместимости системы;
- выбор типа и характеристик гидроакустических антенн.

**Подсистема маршрутизации и защиты информации** (вместе с подсистемой гидроакустических ретрансляторов) должна обеспечивать выбор маршрута передачи пакетов информации по некоторому критерию качества. Маршрутизация для установления связи и передачи информации – важный фактор взаимодействия подсистемы ретрансляторов. Выбор схемы маршрутизации существенно влияет на важнейшие характеристики подводной сети, к которым следует отнести:

- оперативность и надежность установления связи и передачи информации;
- достоверность и полноту передаваемой в системе информации;
- уровень необходимых затрат (капитальных и эксплуатационных), связанных с передачей информации.

**Подсистема обмена информацией между подводной сетью и надводными системами связи**, именуемая в дальнейшем «шлюз», предназначена для обеспечения надежного двустороннего канала передачи информации на границе «вода–поверхность». По характеру взаимодействия в разрабатываемой сети указанная подсистема может рассматриваться как магистральная линия связи, которая реализуется с использованием различных физических каналов связи: спутникового, радиоканала, кабельного и др.

В течение ряда лет в Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ) выполняются исследования и разработка принципов организации информационного обмена в сетях подводного мониторинга.

В качестве базы для организации обмена сигналами управления и цифровой информацией между объектами сети применяются сигналы относительной фазовой модуляции. Передача информации осуществляется как последовательными, так и параллельными методами на ортогональных поднесущих. Повышение достоверности передачи информации в сети достигается на основе комплексного применения корректирующих кодов, методов декорреляции ошибок, автозапроса, разносенного приема и накопления. Разделение информации между элементами сети осуществляется преимущественно кодовыми методами.

Для проведения экспериментов и отработки алгоритмов функционирования элементов сети в университете разработан и производится ряд унифицированных модулей, обеспечивающих решение широкого круга задач, связанных с передачей сигналов управления, цифровой информации и определения навигационных характеристик (направление и наклонное расстояние).

В настоящее время СибГУТИ производит четыре базовые модели аппаратуры гидроакустической связи, управления и навигации (ГАКС), условно обозначаемые: ГАКС-7, ГАКС-8, ГАКС-9, ГАКС-10.

Базовые модели ГАКС производятся в виде унифицированных модулей размером  $86 \times 56 \times 22$  мм<sup>3</sup> в корпусном и бескорпусном вариантах исполнения; корпусной вариант

ГАКС выполняется в металлическом корпусе Gainta G106. На рис. 1, 2 представлены бескорпусной и корпусной варианты исполнения модулей ГАКС.



Рис. 1. Бескорпусной вариант исполнения модуля ГАКС-7.



Рис. 2. Вариант исполнения модуля ГАКС в корпусе G106.

Все модули ГАКС имеют встроенные средства текущего контроля качества функционирования аппаратуры. На их основе путем соответствующей адаптации могут строиться системы гидроакустической цифровой передачи в частотном диапазоне от единиц до 200 кГц. В зависимости от значения рабочей частоты и базовой модели потребляемая модулем от источника питания мощность лежит в пределах от 40 до 70 мВт. Типовое значение вероятности передачи команд управления на подводный объект с необнаруженной ошибкой – не хуже  $10^{-10}$ ; средняя вероятность выдачи цифровой информации получателю с необнаруженной ошибкой – не более  $10^{-4}$ . При необходимости качественные характеристики передачи сигналов управления и цифровой информации могут быть улучшены. Все модули ГАКС имеют средства для определения наклонного расстояния на основе измерения времени распространения сигнала до корреспондента и обратно. Типовое значение относительной погрешности измерения этого времени для отношений сигнал/шум, превышающих 10 дБ, лучше  $10^{-3}$ .

Применение упомянутых унифицированных модулей ГАКС позволяет реализовывать системы гидроакустической связи, управления и навигации, предназначенные для работы в глубоком, мелком море и подо льдом. На их основе осуществляется построение подсистемы обмена информации с надводными системами связи.

На рис. 3 представлен комплект гидроакустических модулей для оборудования глубоководного (до 5 км) сейсмического полигона в составе модулей ГАКС: для трех автономных донных сейсмостанций; судового комплекта аппаратуры гидроакустической связи, управления и навигации; для трех поверхностных буевретрансляторов со спутниковым каналом связи. В аппаратуре, рассчитанном на работу в частотном диапазоне 18 кГц, передача сигналов управления и цифровой информации осуществляется в наклонном канале связи со скоростью 600 Бод на расстоянии до 9 км.



Рис. 3. Комплект гидроакустических модулей для оборудования глубоководного сейсмического полигона.

На рис. 4 показан комплект оборудования макета ГАКС для двухстороннего информационного обмена между автономными необитаемыми подводными аппаратами. В макете, построенном из унифицированных модулей ГАКС-8, для повышения достоверности передачи реализуется трехкратный пространственно разнесенный прием в сочетании с применением блочных корректирующих кодов, имеющих автозапрос повторной передачи кодовых блоков, пораженных помехами, и накоплением. Макет испытан на мелководье (глубины от 6 до 35 м); показал устойчивую работу при передаче цифровой информации со скоростью 800 Бод на расстоянии до 2.5 км, при этом мощность передачи оценивалась величиной 0.5 Вт.

На рис. 5 представлена многоэлементная гидроакустическая приемная антенна с управлением по гидроакустическому каналу связи.



Рис. 4. Макет аппаратуры ГАКС для подводного робота.



Рис. 5. Многоэлементная гидроакустическая антенна с управлением по ГАКС.

На рис. 6 и 7 показан внешний вид оборудования УКВ и кабельного шлюзов.

На рис. 8 представлен макет 6-канального усилителя мощности генератора подсветки сети подводного мониторинга, выходная мощность каждого из каналов усилителя – 2,4 кВт, динамический диапазон – 46 дБ, коэффициент гармоник – 5 %.

Из образцов аппаратуры, представленных выше, в университете была создана экспериментальная линия подводной связи в составе:

- гидрорелейной линии связи (ГРЛ), состоящей из двух ретрансляционных участков;
- шлюза с кабельной линией связи;
- шлюза с УКВ линией связи.

Работа экспериментальной линия подводной связи, развернутой на Новосибирском водохранилище, была продемонстрирована в августе 2010 г. участникам Всероссийской научно-технической конференции.

С компьютера, подключенного к шлюзу с кабельной линией связи, подавалась команда, которая после прохождения по ГРЛ включала шлюз с УКВ модемом, через кото-

рый в свою очередь к сети подключался второй компьютер. После этого осуществлялся двухсторонний обмен информацией между компьютерами (скорость передачи – 1,2 кБод).



Рис. 6. Радиобуй (УКВ шлюз).



Рис. 7. Шлюз с кабельной линией связи



Рис. 8. Макет 6-канального усилителя мощности генератора подсветки.

Одновременно участникам конференции была продемонстрирована передача цифровой информации по подводному оптическому каналу. С одного компьютера в другой передавался видеофильм со скоростью передачи около 50 Мбит/с.

В СибГУТИ на основе договоров поставки с научными и производственными предприятиями организовано производство ряда образцов аппаратуры гидроакустической связи, управления и навигации. Аппаратура реализуется из упоминавшихся базовых образцов ГАКС путем их соответствующей адаптации под конкретные задачи заказчиков и используется при проведении исследовательских, геологоразведочных, монтажных и строительных работ в океане. В университете организована система гарантийного и послегарантийного обслуживания поставленной аппаратуры, обучается персонал заказчиков.

На рис. 9 представлен снимок автономной донной станции, находящейся на дне Северного моря (глубина 165 м [1]); снимок выполнен с борта необитаемого подводного аппарата. Донная станция оборудована аппаратурой гидроакустической связи, управления и навигации ГАКС-8 и предназначена для проведения геофизических исследований на шельфе (глубина до 500 м).



Рис. 9. Донная станция с аппаратурой ГАС-8 на дне.

На рис. 10 представлены автономные донные сеймостанции, оборудованные аппаратурой ГАС-9, предназначенные для работы на глубинах до 1000 м. Донные станции изготовлены в рамках реализации инвестиционного проекта «Тотальной донной сейсморазведки» [1].



Рис. 10. Автономные донные станции, оборудованные аппаратурой ГАС-9 и предназначенные для реализации проекта «Тотальной донной сейсморазведки».

### Литература

1. [www.seismoshelf.com](http://www.seismoshelf.com).

Статья поступила в редакцию 27.05.2011 г.

