

Статью рекомендовали к опубликованию: д.т.н. И.Г. Проценко, д.т.н. И.И. Турулин.

**Дегтярев Владимир Павлович**

Закрытое акционерное общество «Научно-производственное предприятие "Нелак».

E-mail: dvp777@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: +79526070101.

Эксперт.

**Degtyarev Vladimir Pavlovich**

Stock company «Scientific-manufacturing enterprise «Nolacs».

E-mail: dvp777@mail.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +79526070101.

Expert.

УДК 621.372.54

**А.И. Демидов, Р.Ш. Комочков, С.С. Мосолов, А.В. Скняря, С.А. Тошова,  
Е.В. Тутынин**

### **ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГИДРОЛОКАЦИИ: НЕОБХОДИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ**

*В настоящее время все более очевидной становится необходимость внедрения в гидролокацию широкополосных технологий. Однако на этом пути есть ряд проблем. В докладе рассмотрены вопросы практической реализации широкополосной технологии в отечественной гидролокации на примере работ, проводимых в ОАО «НИИП». Результаты проведенных испытаний разработанного и созданного в ОАО «НИИП» макета гидролокатора, использующего широкополосные зондирующие сигналы, позволяют с уверенностью говорить о разработке в самое ближайшее время различных типов отечественных гидролокаторов с широкополосными зондирующими сигналами. По сравнению с ныне существующими гидролокаторами они будут иметь существенно лучшие технические характеристики такие как разрешающая способность, дальность действия, помехоустойчивость.*

*Широкополосные технологии, гидролокатор бокового обзора, широкополосные сложные сигналы.*

**A.I. Demidov, R.S. Komochkov, S.S. Mosolov, S.A. Toshova, A.V. Sknarya,  
E.V. Tutynin**

### **SOME QUESTION OF THE PRACTICAL REALIZATION OF A WIDE BAND TECHNOLOGY IN THE NATIVE SONAR**

*In the real time necessity of the introduction a wide band technology in the sonar will be more obviously. But in this way is next some problems. In the report will be consider a questions of the of the practical realization of a wide band technology in the native sonar on the example of the works, which are making in company «NIIP». Results of the spent tests of the breadboard model of the hydrolocator using broadband probing signals developed and created in company «NIIP», allow to speak with confidence about working out in the nearest future various types of domestic hydrolocators with broadband probing signals. In comparison with nowadays existing hydrolocators they will have essentially best technical characteristics such as resolution, range of action, a noise stability.*

*Broadband Technologies; side-scan sonar; broadband complex signals.*

Бурное развитие нашей цивилизации, наблюдаемое в последнее время, помимо положительных имеет и негативные аспекты. К последним в первую очередь следует отнести пагубное влияние на окружающую среду – будь то суша, водное пространство или атмосфера Земли. Человечество в процессе своей жизнедеятельности все больше и больше начинает истощать запасы недр Земли, вклинивается в глобальные процессы, происходящие как в ее недрах, так и на поверхности, и часто совсем не задумываясь о последствиях. И как результат этого – целая серия катастроф, происшедших в последние годы на нашей планете.

Водное пространство Земли играет очень важную роль в жизни нашей планеты, а значит, и в жизни человечества. Поэтому исследование процессов, происходящих в недрах морей и океанов, влияние на них жизнедеятельности человечества являются архиважными.

Гидроакустические системы (ГАС) являются основным техническим средством, с помощью которого можно дистанционно проводить такие исследования как на малых, так и на больших глубинах. И от их технических характеристик зависит глубина наших познаний в происходящих процессах.

К основным техническим характеристикам ГАС в первую очередь следует отнести разрешающую способность и дальность действия, при этом можно констатировать, что обе эти характеристики определяются типом применяемого зондирующего сигнала.

В настоящее время становится очевидным тот факт, что применяемые в подавляющем большинстве ГАС узкополосные зондирующие сигналы не позволяют достичь тех технических характеристик, которые соответствовали бы уровню решаемых задач на современном этапе. Это в равной степени относится к самым разным гидролокаторам, примером которых могут служить гидролокаторы обзора поверхности дна, толщи воды, системы гидроакустической связи.

Так в гидролокаторах бокового обзора (ГБО) извечной является проблема одновременного достижения высокого разрешения по дальности и большой полосы обзора. В настоящее время можно констатировать, что применяемые узкополосные зондирующие сигналы приводят к такой ситуации, что для достижения высокого разрешения по дальности используются частоты от 200 кГц и выше (вплоть до первых МГц). Но при этом, из-за резкого возрастания затухания акустических колебаний с частотой полоса обзора составляет в лучшем случае первые десятки – сотни метров [1].

Использование же для увеличения дальности действия ГАС более низких частот приводит к ухудшению разрешающей способности.

Хорошо известно, что применение сложных зондирующих сигналов в локации позволяет, сохранив высокое разрешение по дальности, увеличить дальность действия локатора [2]. Так применение сложных зондирующих сигналов в ГБО позволяет увеличить полосу обзора в 2–3 раза по сравнению с простым тональным сигналом [3]. Однако коренного решения проблемы увеличения полосы обзора с одновременным достижением высокого разрешения по дальности применение узкополосных сложных зондирующих сигналов не дает.

Выход из создавшегося положения в современных ГБО найден в использовании в гидролокаторах двух частот, как правило, это частоты в диапазоне 100 кГц и 500 кГц. Примерами таких двухчастотных гидролокаторов являются ГБО фирмы GeoAcoustics Kongsberg Company «2094 Digital» и ОАО «НИИП» – «Неман ДГБО 100/500».

Аналогичные проблемы достижения высокого разрешения и большой дальности действия существуют и для ГАС, предназначенных для обзора толщи воды

при решении задачи обнаружения объектов, будь-то отдельные рыбы или их скопления, подводные пловцы и т.д.

Существенно большие ограничения за счет применения узкополосных зондирующих сигналов имеются в системах гидроакустической связи. И связано это в первую очередь со скоростью передачи данных. Уже сейчас по ряду направлений исследований мирового океана и шельфа прибрежных морей гидроакустические каналы связи являются узким местом, примером чему могут служить автономные необитаемые аппараты (АНПА). Именно использование данных аппаратов на сегодня считается самым перспективным направлением при проведении самых разных исследований в океанах и морях. АНПА, на борту которых размещены различные ГАС – это ГБО, профилограф и т.д., являются универсальным и очень удобным средством проведения подобных исследований, однако получаемые с их помощью данные не могут быть доступны в реальном времени, что для решения целого ряда задач является недопустимым.

Здесь следует также отметить, что недостаточные скорости передачи данных не позволяют создать на современном этапе и высокоэффективную сеть обмена данными между несколькими и акустическими датчиками.

Также следует упомянуть и еще одну характеристику ГАС, а именно, помехоустойчивость, которая в последнее время становится все более и более актуальной. И связано это в первую очередь с большой концентрацией различных ГАС на малом пространстве. Применение же для улучшения помехоустойчивости сложных узкополосных зондирующих сигналов, как показывает практика, также решает эту задачу лишь частично.

Необходимость разработки и внедрения широкополосных технологий также диктуется и необходимостью обеспечения при решении ряда задач скрытной работы активных ГАС.

И в заключение хотелось бы остановиться еще на одном аспекте, относящимся к вопросам идентификации объектов. Использование сверхширокополосных сигналов в этом случае может дать по крайней мере еще один дополнительный признак объекта, относящийся к его материалу, в результате чего может быть получена «акустическая палитра».

Все вышесказанное говорит о необходимости внедрения в ГАС широкополосных сложных сигналов, что требует решения нескольких задач. Это формирование сложного широкополосного сигнала, его излучение, прием и обработка.

Из перечисленных выше задач самой актуальной в настоящее время является разработка широкополосного излучающего тракта, а если конкретнее – разработка широкополосной излучающей антенны. И связано это с тем, что почти за столетнюю историю гидролокации именно антенна практически не изменилась, чего нельзя сказать о приемоизлучающем тракте гидролокатора и обработки сигналов. Так же как ранее современные излучающие антенны имеют полосу пропускания порядка (10–15) % [1].

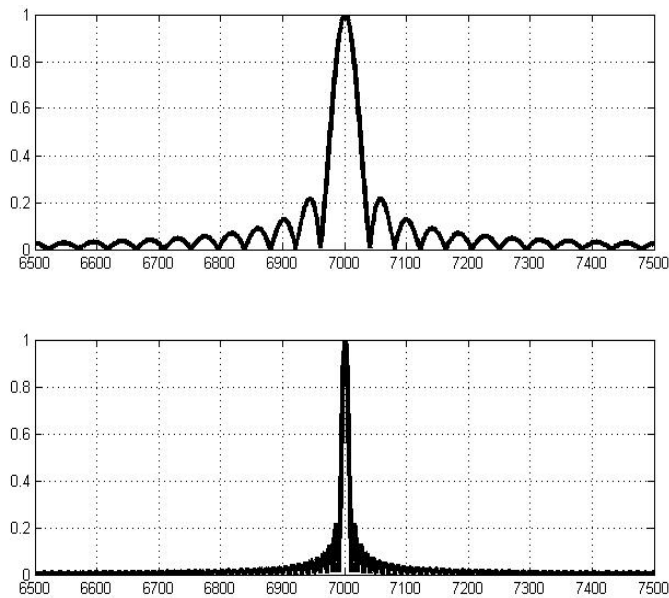
Как показали исследования, проведенные совместно ОАО «НИИП» и ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, в процессе выполнения внутренних НИР применение широкополосных сложных сигналов позволяет решить отмеченные выше проблемы и вывести гидролокацию на совершенно иной, новый уровень [4], [5].

В ОАО «НИИП» в рамках реализации внутренней программы по разработке отечественных гидролокаторов нового поколения в 2010 г. был разработан и создан макет гидролокатора, в котором все перечисленные выше задачи нашли свое решение. В качестве зондирующего сигнала в макете гидролокатора может быть использован любой сложный широкополосный сигнал, формируемый универсальным формирователем зондирующего сигнала. Приемный тракт гидролокатора

представляет собой широкополосный адаптивный приемный тракт, полоса которого может быть перестроена в процессе работы в широких пределах. Излучающий тракт гидролокатора был адаптирован под полосу сигнала от 70 до 120 кГц.

В октябре 2010 г. гидролокатор успешно прошел первый этап натурных испытаний на полигоне ОАО «НИИП» на Москве-реке. Цель данных испытаний заключалась в оценке правильности формирования, излучения, приема и обработки сложных широкополосных сигналов, в качестве которых были выбраны традиционно используемый в гидролокаторах ОАО «НИИП» сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ-сигнал), а также дискретно-кодированные сигналы.

Для достижения данной цели предварительно было проведено моделирование в системе Матлаб обработки узкополосного ЛЧМ-сигнала с девиацией частоты 12 кГц длительностью 10 мс и широкополосного ЛЧМ-сигнала с девиацией частоты 50 кГц той же длительности. На рис. 1 приведены полученные при этом сечения двумерной корреляционной функции ЛЧМ-сигнала по дальности: в верхней части рисунка – для ЛЧМ-сигнала с девиацией частоты 12 кГц, в нижней части рисунка – для ЛЧМ-сигнала с девиацией частоты 50 кГц.



*Рис. 1. Сечения двумерной функции корреляции по дальности для ЛЧМ-сигналов, рассчитанные в Матлабе. Верхняя часть рисунка соответствует узкополосному ЛЧМ-сигналу с девиацией частоты 12 кГц, нижняя часть рисунка – широкополосному ЛЧМ-сигналу с девиацией частоты 50 кГц*

В ходе эксперимента излучаемый ЛЧМ-сигнал принимался широкополосным гидрофоном, который располагался в толще воды на разных расстояниях от излучающей антенны (вплоть до 150 метров). Эхосигнал с выхода гидрофона поступал по кабелю на приемный тракт гидролокатора, где усиливался и далее обрабатывался.

В эксперименте с ЛЧМ-сигналом на каждой дальности в начале излучался узкополосный ЛЧМ-сигнал, а далее – широкополосный ЛЧМ-сигнал. Полученные результаты обработки эхосигналов для одной из дальностей приведены на рис. 2: верхняя часть рис. 2 соответствует приходу зондирующего сигнала на гидрофон, слева от первого корреляционного пика – это шумы воды, а справа – реверберация.

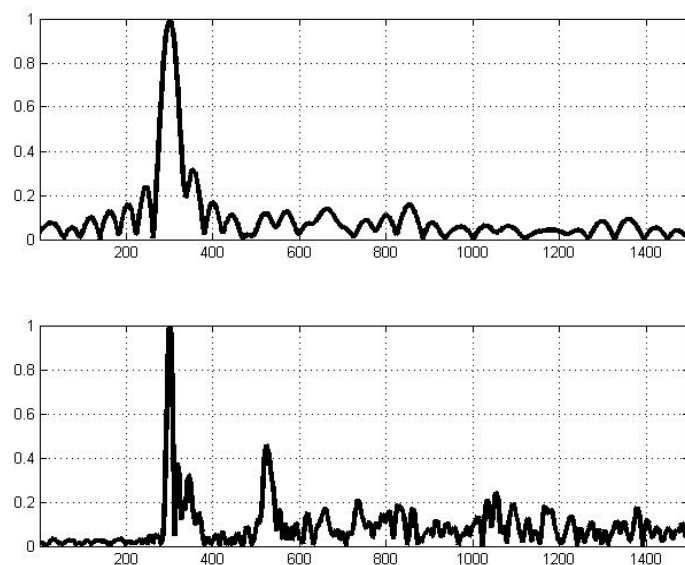


Рис. 2. Распределение амплитуды эхосигнала по дальности для ЛЧМ-зондирующих сигналов, полученные в натурном эксперименте. Верхняя часть рисунка соответствует узкополосному ЛЧМ-зондирующему сигналу с девиацией частоты 12 кГц, нижняя часть рисунка – широкополосному ЛЧМ-зондирующему сигналу с девиацией 50 кГц

Аналогичные результаты были получены и для дискретно-кодированных сигналов.

Из анализа результатов, представленных на рис.1 и 2, можно сказать, что наличие корреляционных пиков на дальностях, соответствующих месту расположения приемного гидрофона, а также их обужение при увеличении базы сигналов, что полностью соответствует результатам моделирования, приведенным на рис. 1, говорит о том, что аппаратная часть макета гидролокатора, включающая формирование зондирующего сигнала, его излучение и прием, а также алгоритмы обработки эхосигналов, работают корректно.

В этом году, основываясь на результатах, полученных в ходе описанных выше экспериментов, планируется продолжение данной работы с целью создания целого ряда гидролокаторов, использующих сложные сверхширокополосные сигналы.

**Заключение.** Успешно проведенные испытания разработанного и созданного в ОАО «НИИП» макета гидролокатора, использующего широкополосные зондирующие сигналы, позволяет с уверенностью говорить о разработке в самое ближайшее время различных типов отечественных ГАС с широкополосными зондирующими сигналами.

По сравнению с ныне существующими гидролокаторами данные ГАС будут иметь существенно лучшие технические характеристики, такие как разрешающая способность, дальность действия, помехоустойчивость.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евтюгов А.П. и др. Справочник по гидроакустике. – Л.: Судостроение.1988.
2. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. – М.: Советское радио. 1971.

3. Демидов А.И. и др. Отечественные гидролокаторы со сложными сигналами производства НИИ Приборостроения им. В.В.Тихомирова // Труды X Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб., 2010. – С. 152-154.
4. Залогин Н.Н., Колесов В.В., Скняря А.В. Гидролокация с высоким разрешением // Доклады. Вып. X1-1. 11-я Международная конференция и выставка «Цифровая обработка сигналов и ее применение», 25-27 марта 2009 г. – Москва. – Т. 1. – С. 260-263.
5. Залогин Н.Н., Скняря А.В. Выбор зондирующего сигнала для гидролокатора // XIII Международная конференция «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2002-2007. – С. 2722-2730.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. В.А. Воронин.

**Демидов Алексей Игоревич**

Научно-исследовательский институт приборостроения им. В.В. Тихомирова.

E-mail: sknarya.a@otd301.niip.ru.

140180, г. Жуковский, Московская область, ул. Гагарина, 3.

Тел.:84955569968.

Инженер.

**Комочков Роман Шявкятьевич**

Инженер.

**Мосолов Сергей Сергеевич**

Начальник сектора.

**Сачкова Марина**

Инженер.

**Скняря Анатолий Васильевич**

Начальник отдела гидроакустических систем; к.т.н.; с.н.с.

**Тутынин Евгений Викторович**

Начальник лаборатории.

**Demidov Aleksey Igorevich**

JSC V.V. Tikhomirov Scientific Research Institute of Instrument Design.

E-mail: sknarya.a@otd301.niip.ru.

3, Gagarina Street, Zhukovskiy, Moscow region, 140180, Russia.

Phone: +74955569968.

Engineer.

**Komochkov Roman Shyavkyat'evich**

Engineer.

**Mosolov Sergey Sergeevich**

Chief of sector.

**Sachkova Mariya**

Engineer.

**Sknarya Anatoly Vasil'evich**

Chief of a Department; Cand. of Eng. Sc.; Senior Scientist.

**Tutyinin Eugene Viktorovich**

Chief of Laboratory.