

К вопросу о преимуществе использования сверхширокополосных сигналов при решении задачи распознавания целей в гидролокации

А.В. Скнар, С.А. Тоцов

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт приборостроения им. В.В. Тихомирова» (ОАО «НИИП»), 140180 г. Жуковский, Московская область, ул. Гагарина, д. 3, E-mail: niip@niip.ru

Задача распознавания целей в современной активной гидролокации относится к одной из важнейших. При этом одним из основных принципов распознавания целей в активной гидролокации, использующей узкополосные зондирующие сигналы, является распознавание по ее акустическому изображению. Однако в целом ряде случаев использование акустического изображения цели не позволяет решить задачу ее распознавания. Проведенные в ОАО «НИИП» натурные эксперименты с активным гидролокатором, использующим в качестве зондирующего сигнала сверхширокополосные сигналы, показали возможность получения дополнительных классификационных признаков, которые связаны с преобразованием параметров сверхширокополосных сигналов при их отражении от цели. В данной работе рассматриваются результаты натурных экспериментов, полученных при использовании в качестве цели цилиндра.

The task of target detection in the modern active sonar belongs to one of the most important. Thus one of the main principles of target recognition in the active sonar, which uses narrowband probing signals, is recognition by the acoustic image. However, in many cases, the use of acoustic target image does not solve the problem of its classification. Conducted in ОАО "NIIP" natural experiments with active sonar with using ultra wideband (UWB) probe signals showed the possibility of obtaining additional classification features, which areas sociated with transformation of UWB signals parameters while its reflection from targets. This paper discusses the results of field experiments, obtained by using the cylinder as the target.

Задача распознавания целей всегда являлась и сегодня является одной из самых важных в гидролокации, как при решении задач гражданской направленности, так и военной. На практике решение данной задачи для целей, находящихся как в толще воды и на поверхности дна, так и в толще дна, производится с помощью разных типов гидролокаторов. Так, в частности, для решения данной задачи для целей, находящихся на поверхности дна, используются гидролокаторы бокового обзора (ГБО).

При этом следует отметить, что общим для современных гидролокаторов является использование в них в качестве зондирующих сигналов узкополосных сигналов, что на современном этапе уже не позволяет создавать гидролокаторы, технические характеристики которых отвечали бы современным требованиям. Это относится, например, к решению извечной дилеммы «высокое разрешение – большая дальность», поскольку в данном случае высокое разрешение по дальности достигается за счет использования более высоких рабочих частот, однако из-за увеличения затухания это приводит к уменьшению дальности действия гидролокатора [1].

Применение в гидролокаторах с целью увеличения его дальности действия в качестве зондирующего сигнала сложных узкополосных сигналов позволило решить данную проблему лишь частично, увеличив дальность действия гидролокатора в (2-3) раза по сравнению с простым зондирующим сигналом [2].

Использование узкополосных зондирующих сигналов в современных гидролокаторах также не позволяет эффективно решать и задачу распознавания целей. Так в настоящее время к основным признакам распознавания целей относятся траекторные признаки и акустическое изображение, при этом акустическое изображение в большинстве случаев является первостепенным. Это в первую очередь относится к целям, представляющим наибольший интерес в настоящее время. Таковыми являются цели, расположенные на поверхности дна, а также стационарно закрепленные или медленно дрейфующие в толще воды.

Однако следует отметить, что акустическое изображение не всегда позволяет эффективно решить задачу распознавания целей, и в первую очередь это относится к наиболее «интересным» целям - малоразмерным целям, а также к «подобным» целям.

К тому же следует добавить, что использование в последнее время для маскировки цели технологии «стелс» ставит под вопрос не только успешное решение задачи распознавания цели, но и ее обнаружение.

В 2007 году в ИРЭ РАН (г. Москва) были начаты исследования, относящиеся к выбору перспективного зондирующего сигнала гидролокатора, в том числе и для решения дилеммы «высокое разрешение – большая дальность». Данные исследования показали, что решение данной дилеммы может быть найдено за счет использования в гидролокаторах сверхширокополосных зондирующих сигналов, расположенных в низкочастотной части рабочих частот [3].

Кроме того, учитывая, что спектр сверхширокополосного сигнала может составлять октаву и выше, следует ожидать существенного снижения эффективности работы технологии «стелс» при обнаружении цели, а также расширения признаков классификации целей за счет исследования объектов опять-таки в существенно более широкой полосе частот.

В этой связи следует отметить, что в настоящее время за рубежом сверхширокополосные сигналы в рамках активно развивающихся широкополосных (ШП) технологий, используются при решении широкого круга задач в гидролокации, в том числе это относится и к вопросам классификации целей [4]

Для реализации исследований по выбору перспективных зондирующих сигналов в гидролокации в ОАО «НИИП» (г. Жуковский) совместно с ИРЭ РАН (г. Москва) был разработан макет гидролокатора, в котором в качестве зондирующего сигнала могут быть использованы различные типы сверхширокополосных сигналов различной длительности в полосе частот от 78 кГц и до 155 кГц. В данном гидролокаторе в качестве приемопередающей антенны использовалась антенна со следующими основными параметрами: раскрыв диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях составлял, соответственно, 1,5 градуса и 40 градусов, а полоса пропускания по уровню 3 дБ - 78 кГц.

В ходе проведения многочисленных натурных испытаний макета гидролокатора на полигоне ОАО «НИИП» на Москве-реке были проведены, в том числе, и эксперименты с различными типами зондирующих сигналов по обнаружению цели, расположенной в толще воды. В качестве цели использовался толстостенный металлический цилиндр диаметром 160 мм и длиной 520 мм.

В ходе экспериментов антенна гидролокатора и сам гидролокатор располагался на пирсе, а цель перемещалась лодкой по акватории реки.

На первом этапе эксперимента проводилось лоцирование цели узкополосным линейно-частотно-модулированным (ЛЧМ) сигналом длительностью 21 мс со следующими па-

раметрами: нижняя частот 79 кГц, девиация частоты – 12 кГц с использованием серийного гидролокатора серии «Неман» - ГБО-100.

На втором этапе проводилось лоцирование той же цели, но уже сверхширокополосным ЛЧМ сигналом со следующими параметрами: нижняя частота 77 кГц, девиация частоты – 78 кГц с использованием макета гидролокатора.

На рис.1 показана взаимокорреляционная функция (ВКФ) отраженного от цели узкополосного ЛЧМ сигнала(по оси абсцисс отложена дальность в метрах).

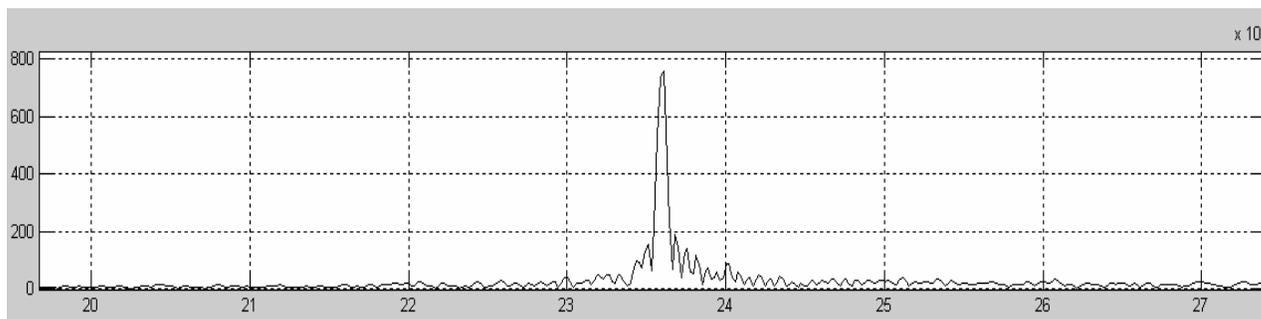


Рис.1. Взаимокорреляционная функция отраженного от цели узкополосного ЛЧМ сигнала.

На рис. 2. показаны, соответственно, спектр отраженного от цели сверхширокополосного ЛЧМ сигнала (верхняя часть рисунка), и его ВКФ (нижняя часть рисунка).

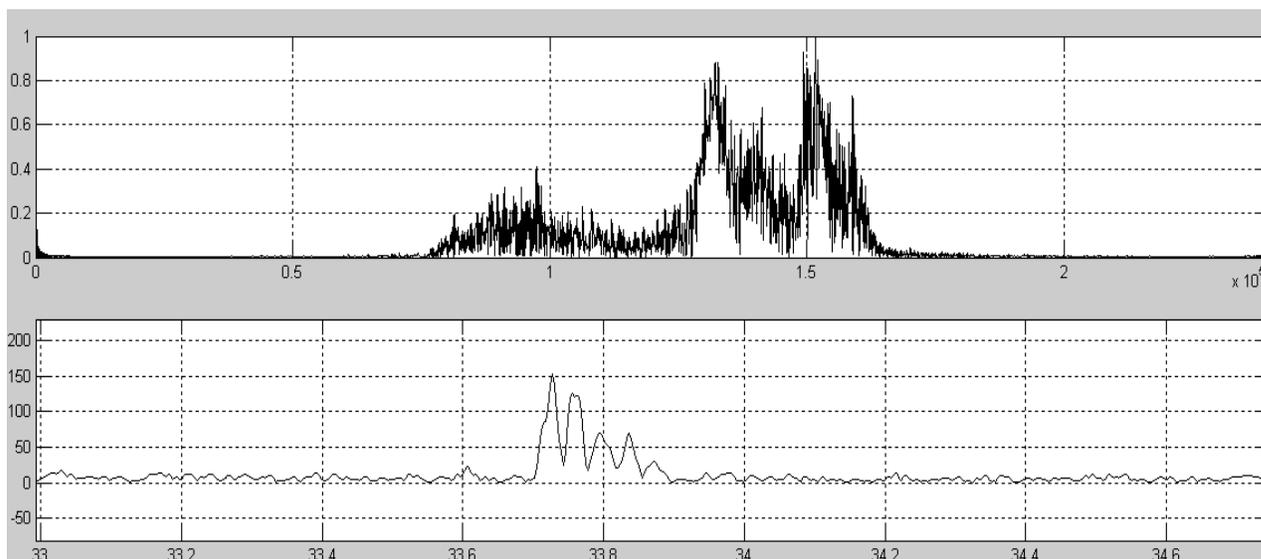


Рис.2. Спектр (верхняя часть рисунка) и взаимокрреляционная функция (нижняя часть рисунка) отраженного от цели сверхширокополосного ЛЧМ сигнала.

Анализируя результаты экспериментов, приведенных на рис.1 и рис.2 можно сказать следующее.

ВКФ отраженного от цели узкополосного ЛЧМ сигнала полностью соответствует корреляционной функции для данного типа сигнала и имеет один корреляционный пик.

Что же касается ВКФ отраженного от цели сверхширокополосного ЛЧМ сигнала, то можно отметить, что она имеет несколько корреляционных пиков и отличается от выше приведенной ВКФ.

Можно также отметить, что спектр сверхширокополосного ЛЧМ сигнала характеризуется изрезанностью, несвойственной спектру узкополосного ЛЧМ сигнала.

При этом вполне обоснованно можно предположить, что выявленные отличия можно использовать в качестве дополнительных признаков при решении задачи распознавания цели.

В общем случае взаимодействие акустического сверхширокополосного сигнала (СШПС) с телом цилиндрической формы и расчет отраженного эхосигнала представляет достаточно непростую задачу, но тем не менее можно выделить основные его компоненты.

И действительно, в данном случае, когда цель имеет форму цилиндра, в отраженном эхосигнале кроме сигнала, соответствующего прямому отражению, может присутствовать и сигнал, соответствующий волнам Лэмба, оббежавшим вокруг цилиндра. При этом за счет временной задержки между эхосигналами от прямого и вторичных отражений происходит их интерференция, что сказывается на форме спектра принятого эхосигнала, приводящей к его изрезанности, а наличие нескольких сдвинутых по времени эхосигналов от цели приводит к появлению дополнительных корреляционных пиков в ВКФ. В этом случае вторичные эхосигналы от цилиндра действительно несут информацию о его геометрических параметрах, что позволяет достаточно точно классифицировать цель.

Помимо этого следует отметить, что в случае, если цилиндр изготовлен из материала с импедансом, незначительно отличным от импеданса среды, то в отраженном эхосигнале появится еще и эхосигнал от задней стенки, который может служить признаком материала цели.

При этом для определения полных возможностей СШПС при решении задачи распознавания целей, необходимо продолжить работу в данном направлении и провести ряд целенаправленных экспериментов с различными объектами цилиндрической формы, а в перспективе и с объектами, отличающимися не только по форме, но по материалу.

Таким образом, представленные данные позволяют сделать вывод о преимуществах применения и перспективности использования СШПС при решении задач классификации целей.

Литература

1. А.П. Евтютов и др. Справочник по гидроакустике. - Л.: Судостроение. 1988 г.
2. А. И. Демидов и др. Отечественные гидролокаторы со сложными сигналами производства НИИ Приборостроения им. В.В.Тихомирова. – Труды X Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики», Санкт-Петербург, 2010 г. С.152-154
3. Залогин Н.Н., Скняря А.В. Выбор зондирующего сигнала для гидролокатора». X111 Международная конференция «Радиолокация, навигация, связь». Воронеж, 2002-2007 г.г., стр.2722-2730
4. C. Capus, Y. Pailhas, K. Brown, J. Evans, D. Willins. «Underwater detection, classification and tracking using wideband sonar»