

Результаты экспериментальных исследований по применению сверхширокополосных хаотических сигналов в активном гидролокаторе

А.В. Скнар¹, Н.Н. Залогин², А.А. Разин¹, С.А. Тошов¹

¹АО «Научно-исследовательский институт приборостроения им. В. В. Тихомирова», 140180, Московская обл., г. Жуковский, ул. Гагарина, д. 3, e-mail: niip@niip.ru

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН», 125009, Москва, ул. Моховая 11, корп.7., e-mail: ire@cplire.ru

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований по применению сверхширокополосных хаотических сигналов в активной гидролокации. Целью исследований было подтверждение возможности использования данного типа сигналов в различных гидроакустических системах (ГАС). Макет ГАС разработан в АО «НИИП имени В.В. Тихомирова» (г. Жуковский).

The article presents some results of the field investigations of using ultra-wideband chaotic signals in active sonars. Purpose of researches was to assess the possibility of using this type of signals in different sonar systems. The model of sonar was developed in JSC “NIIP”.

Растущие требования к активным гидроакустическим системам (ГАС), решающим задачи высокоскоростной помехозащищенной гидроакустической связи, обнаружения и классификации подводных объектов, скрытый мониторинг акватории, вынуждают разработчиков исследовать новые методы решения, в том числе проводить поиск новых типов сигналов. Широко используемые узкополосные сигналы либо не могут выполнять поставленные задачи, либо не отвечают современным техническим требованиям. Применение сверхширокополосных сигналов (СШПС) позволило решить ряд проблем, стоящих в настоящее время перед разработчиками ГАС [1]. Одним из новых типов СШП сигналов в гидроакустике являются хаотические сигналы [2].

Работы по исследованию возможности применения сверхширокополосных сигналов в активных гидролокаторах в инициативном порядке были начаты в ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (г. Москва) еще в 2007 году небольшой группой сотрудников. В процессе выполнения данной работы, которая продолжается и по сей день совместно с АО «НИИП имени В.В. Тихомирова», были разработаны алгоритмы формирования и обработки СШПС, в том числе хаотических, проведены исследования и выработаны требования и принципы построения трактов приема и излучения гидролокаторов, включая приемо-передающие антенны [3].

В 2013 году в АО «НИИП имени В.В. Тихомирова» (г. Жуковский) был разработан и изготовлен макет активного гидролокатора, в котором в качестве зондирующего сигнала использовался сверхширокополосный хаотический сигнал (СШПХС).

В макете активного гидролокатора в качестве приемо-передающей антенны использовалась антенна с полосой пропускания от 75 кГц и до 150 кГц с диаграммой направленности в двух плоскостях (1.5 *40) градусов.

Зондирующие СШПХ сигналы имели следующие параметры: нижняя частота – 78 кГц, верхняя частота – 142 кГц, длительность – от 4 до 80 мс.

Для примера на рисунке 1 представлены сигнальная выборка в виде временных отсчетов СШПХС длительностью 14 мс, спектр и АКФ сигнала.

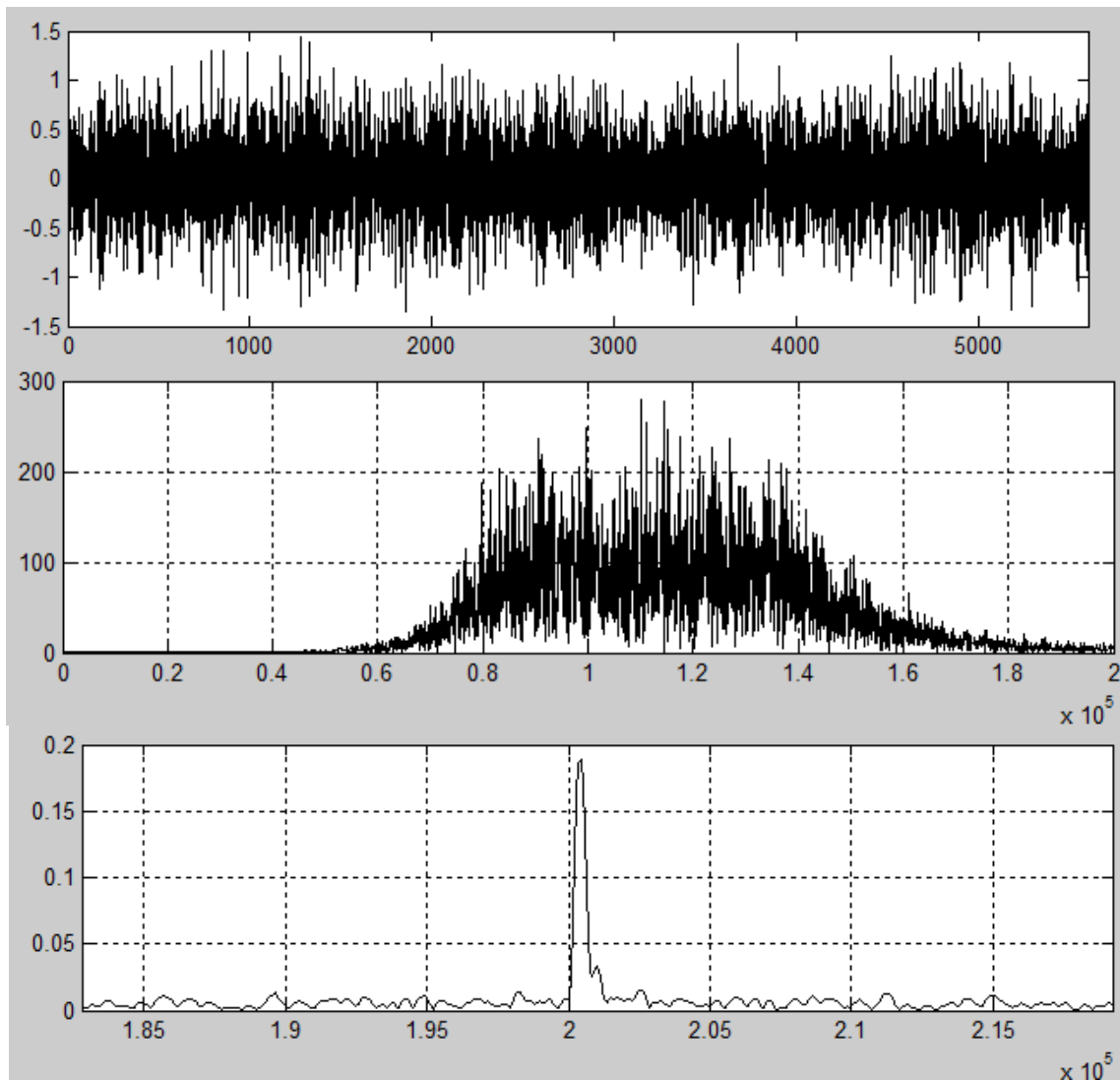


Рис. 1. Временные выборки СШПХС (сверху), его спектр (посередине) и АКФ (снизу)

В ходе натуральных экспериментов были проверены разработанные алгоритмы по формированию и обработке СШПХ сигналов. На первом этапе экспериментов (выполненных на полигоне АО «НИИП имени В.В. Тихомирова» на Москва-реке) производилось излучение СШПХ сигналов передающей антенной, которая жестко крепилась с помощью штанги к пирсу на глубине примерно 1.5 м, и их прием на широкополосный гидрофон, который перемещался в озвученной области водного пространства с помощью лодки. Сигнал с гидрофона через малошумящий усилитель с автономным питанием по кабелю подавался на вход приемного тракта макета гидролокатора, располагавшегося на пирсе.

На рисунке 2 представлены спектр и взаимокорреляционная функция эхосигнала, принятого гидрофоном на расстоянии 9 м от излучающей антенны.

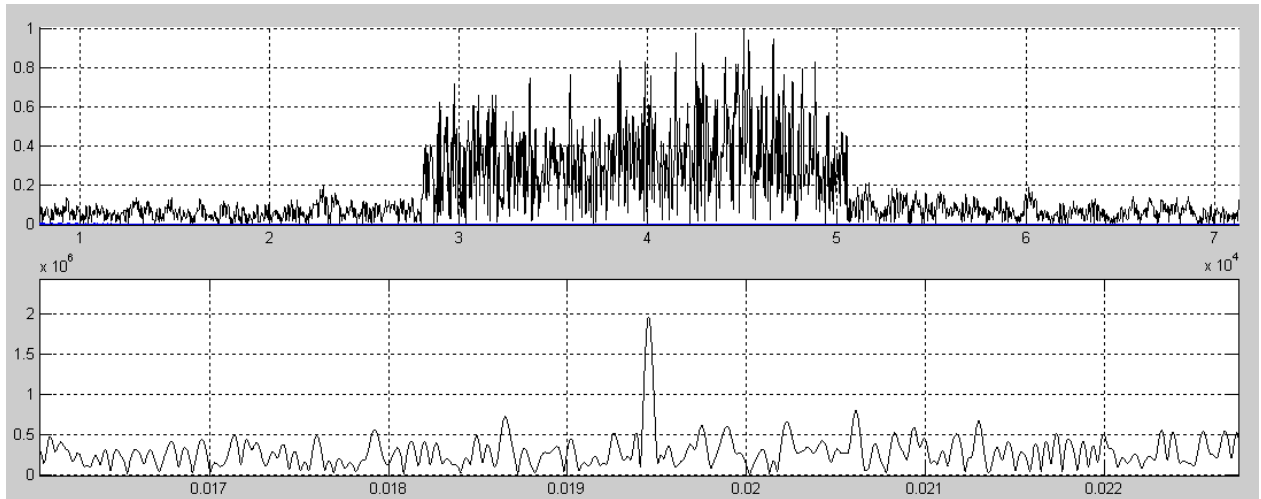


Рис. 2. Спектр (сверху) и ВКФ (снизу) на расстоянии 9 м

На рисунке 3 представлены спектр и взаимокорреляционная функция эхосигнала, отраженного от малоразмерной цели (ПВХ трубы) на расстоянии порядка 30 м. Искажения спектральных характеристик и сложная структура ВКФ эхо-сигнала от цели могут быть использованы в качестве дополнительных классификационных признаков [4].

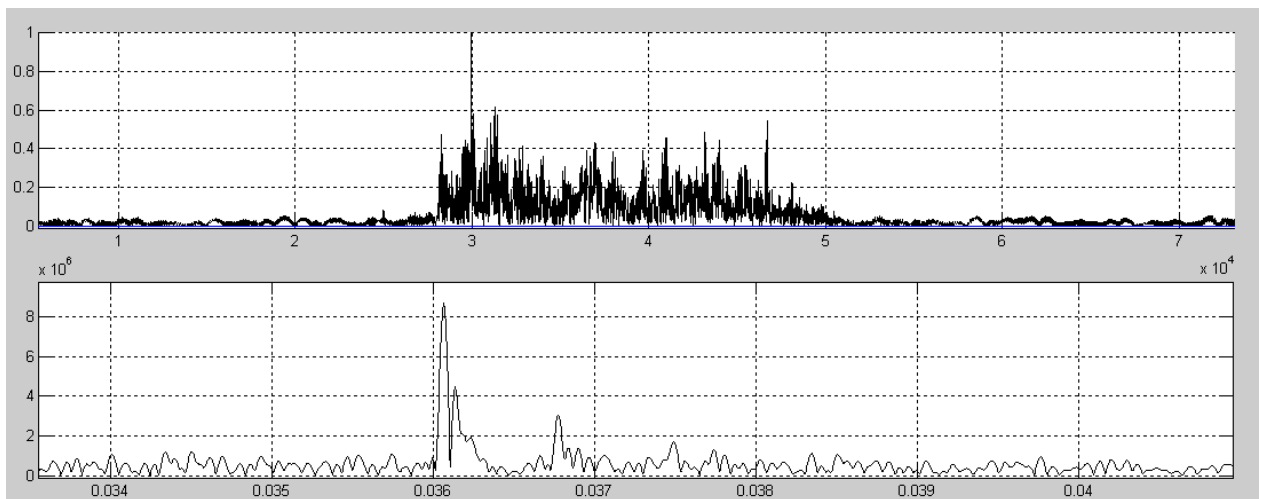


Рис. 3. Спектр (сверху) и ВКФ (снизу) СШПХ эхосигнала от малоразмерной цели (ПВХ трубы) на расстоянии 30 м

В рамках натурных исследований были оценены возможности использования ортогональных свойств СШПХ сигналов. Эксперименты проводились на Плещеевом озере. Передача и прием производилась двумя макетами ГАС. Антенны каждого макета устанавливались в толще воды на штанге с поверхности льда на глубине около 3 м. Эксперимент проводился с установкой макетов на расстоянии 500 м, 1000 м и 1500 м друг от друга. С антенны передающего макета излучались последовательно СШПХ сигналы различной длительности. На макете, выполнявшем функцию приемного устройства, производилась корреляционная обработка принятых отсчетов с образцами каждого из излучаемых сигналов. На рисунке 4 на графике представлены ВКФ ортогональных СШПХ сигналов. Расстояние между макетами 500 м.

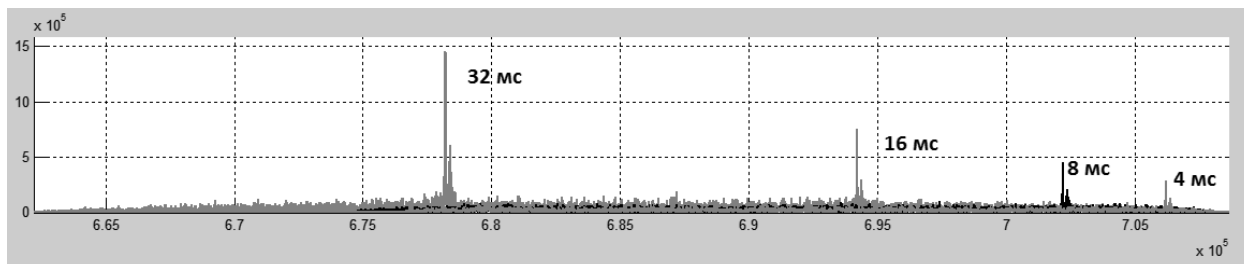


Рис. 4. ВКФ ортогональных СШХ сигналов различной длительности

Вторичные пики ВКФ сигналов вызваны рефракцией из-за зимнего термоклина. Полученные в эксперименте ВКФ говорят о сохранении ортогональных свойств излучаемых СШХ сигналов при распространении в среде.

Приведенные выше результаты натуральных испытаний активного гидролокатора со сверхширокополосным хаотическим зондирующим сигналом иллюстрируют реальную возможность использования данного типа сигналов в активных гидроакустических системах, решающих задачи обнаружения и классификации подводных объектов, охраняемых системах и ГАС передачи данных.

Литература

1. Н. Lew. Broadband Active Sonar: Implications and Constraints, DSTO-TR-0435, 199
2. Залогин Н.Н., Кислов В.В. Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнике и информационных системах. М., Радиотехника, 2006, 208 с.
3. Залогин Н.Н., Скнурия А.В. Выбор зондирующего сигнала для гидролокатора». X111 Международная конференция «Радиолокация, навигация, связь». Воронеж, 2002-2007 г.г., стр.2722-2730.
4. А.В. Скнурия, С.А. Тощов Сравнение результатов натурального эксперимента и результатов моделирования по отражению СШП сигнала от целей правильной формы, Доклады Пятой Всероссийской научной конференции «Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике», Муром, 2015 г., стр. 154-158.