

УДК 519.876.5

А.Н. Долгов, М.А. Раскита**ИМИТАТОР ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОТЛАДКИ
НАУЧНОГО ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ**

Приводится описание программного имитатора гидроакустических сигналов, разработанного специалистами ООО КБМЭ «Вектор». Имитатор применён для комплексной отладки программного обеспечения прибора управления и индикации научного гидроакустического комплекса для мониторинга водных биоресурсов. В имитаторе моделируется поведение одиночных рыб, движение и качка судна-носителя гидроакустического комплекса, состояние водной поверхности и типа дна, учитываются отражающие свойства рыб и параметры приёмно-излучающего тракта гидролокатора. На выходе имитатора формируется массив данных огибающей гидроакустических сигналов по каждому лучу многолучевой приёмной антенны гидролокатора, входящего в состав гидроакустического комплекса.

Мониторинг водных биоресурсов; программный имитатор; гидроакустический сигнал; подсчёт рыб; гидроакустический комплекс.

A.N. Dolgov, M.A. Raskita**SONAR SIGNAL SIMULATOR DESIGNED FOR DEBUGGING RESEARCH
SONAR EQUIPMENT USED FOR MONITORING AQUATIC BIORESOURCES**

The paper offers the description of the Sonar Signal Simulator software developed by Vector Marine Electronics, Ltd. specialists. The Simulator is intended for system debugging the control and display console as a part of the research sonar system used for aquatic bioresources monitoring. Single fishes behavior, vessel-carrier movement and pitching, sea surface state and sea bottom type are modeled in simulator. Fish reflecting properties and transmitting-receiving parameters of sonar are taken into consideration. Hydroacoustic signal envelope data array is formed in the output of simulator for each beam of multibeam receiving antenna of a sonar system.

Monitoring aquatic bioresources; software simulator; sonar signal; calculation of fish; sonar system.

На сегодняшний день задачи оценки запасов водных биоресурсов (ВБР) лежат в сфере государственных интересов, как при проведении морских и океанических исследований, так и при мониторинге объектов аквакультуры [1]. В связи с этим в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг. предприятиями ООО «КБ морской электроники “Вектор”», ЗАО НПП «Нелак» и ОАО НИИП проведена совместная разработка научного гидроакустического комплекса (НГАК) для подсчета и мониторинга рыб ценных пород, обитающих в приповерхностном слое и на мелководье [2].

Для решения задачи обнаружения и достоверного подсчета рыб в приповерхностном слое в широкой полосе обзора при помощи НГАК в водном пространстве формируется веер узких лучей приемной характеристики направленности (ХН) в секторе 2×90 градусов (каналы левого и правого бортов, по 128 лучей в каждом канале). Выделение полезных сигналов на фоне помех, локализация отдельных рыб в пространстве, построение треков движения рыб и их подсчёт, расчёт плотности распределения рыб в обследуемом водном пространстве осуществляется при помощи программного обеспечения (ПО) прибора управления и индикации (ПУИ).

На этапе разработки ПО ПУИ было необходимо иметь инструмент, позволяющий осуществлять комплексную отладку ПО, не прибегая к дорогостоящим и длительным натурным морским испытаниям аппаратуры. Единственным решени-

ем этой проблемы, позволяющим проводить такие работы в лабораторных условиях, является разработка имитатора сигналов. В связи с этим для успешного выполнения разработки и отладки ПО ПУИ специалистами КБМЭ «Вектор» был разработан программный имитатор гидроакустических сигналов.

Имитатор сигналов осуществляет формирование следующих данных:

- 1) массив амплитуд огибающей гидроакустического сигнала по каждому лучу веера ХН в зависимости от дистанции включает в себя следующие компоненты [3]:
 - ◆ зондирующий импульс;
 - ◆ эхосигналы от рыб (координаты расположения рыб генерируются случайным образом в заданном пространстве);
 - ◆ эхосигналы реверберации приповерхностного слоя и объемной реверберации;
 - ◆ когерентную и некогерентную составляющие донного эхосигнала в зависимости от рельефа донной поверхности и ее типа;
 - ◆ шумовую составляющую в зависимости от скорости движения судна-носителя НГАК;
- 2) текущие значения координат судна, значения бортовой и килевой качки, рыскания, вертикального и горизонтального смещения судна-носителя НГАК.

Аппаратная часть имитатора сигналов состоит из системного блока и двух мониторов, предназначенных для отображения пользовательского интерфейса имитатора сигналов, редактора сценариев и трехмерного отображения моделируемой подводной обстановки.

Экранная форма основного окна имитатора сигналов показана на рис. 1. Пример отображения подводной обстановки модуля трехмерной визуализации показан на рис. 2.

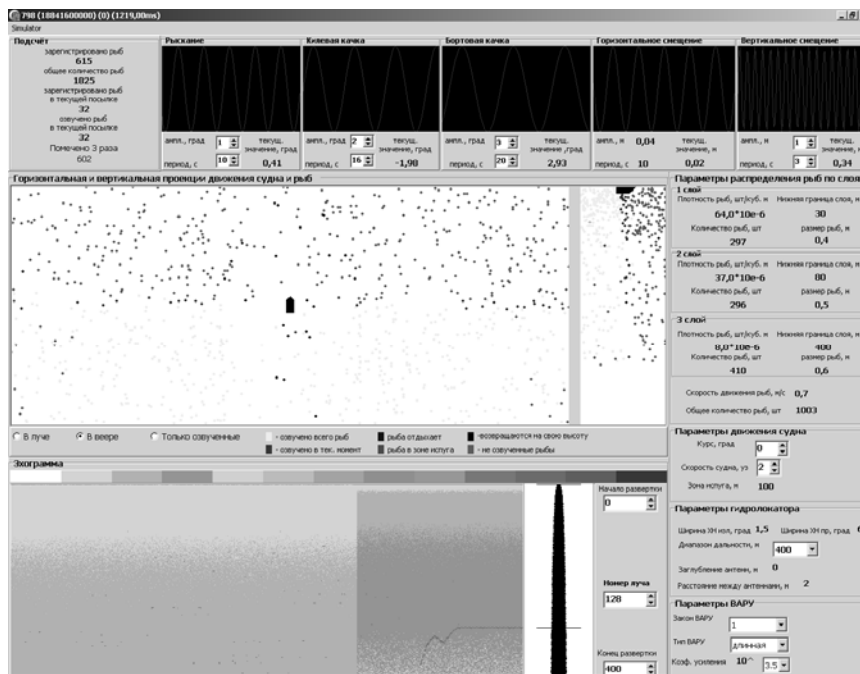


Рис. 1. Экранная форма основного окна имитатора сигналов

В структуру программного обеспечения имитатора гидроакустических сигналов, показанную на рис. 3, входят следующие программные модули:

- ◆ редактор сценариев;
- ◆ системная модель;
- ◆ модуль управления судном;
- ◆ модуль расчета геометрических и акустических компонент;
- ◆ генератор NMEA-сообщений;
- ◆ модуль формирования гидроакустических сигналов;
- ◆ модуль визуализации.

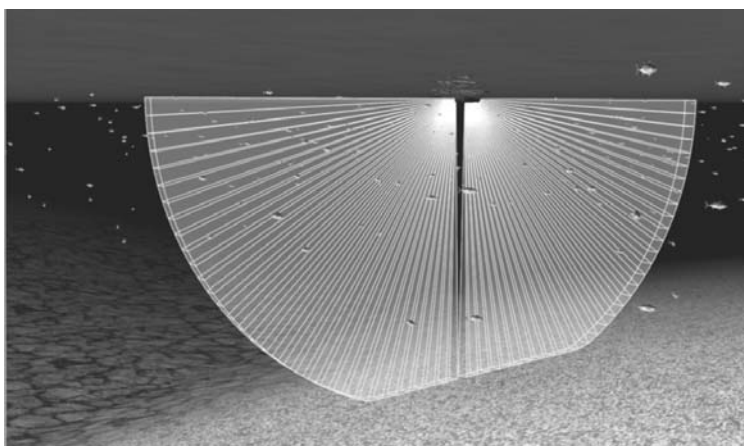


Рис. 2. Отображение подводной 3D визуализации

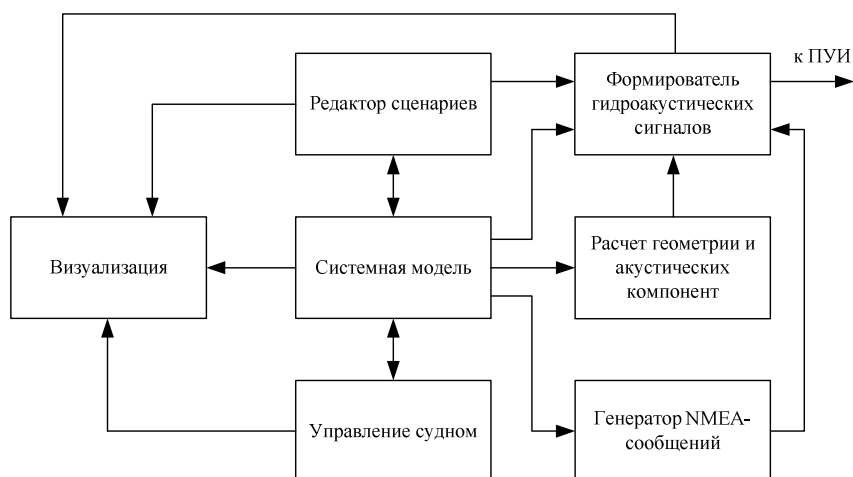


Рис. 3. Структура ПО имитатора сигналов

Системная модель осуществляет следующие функции:

1. Создает кинематическую модель движения судна с 6-ю степенями свободы (равномерное движение с мгновенной реакцией на изменение оператором скорости и курса):

- а) поступательное движение;
- б) бортовая качка;

- в) килевая качка;
- г) рыскание;
- д) вертикальное перемещение;
- е) поперечно-горизонтальное перемещение.

2. Формирует движущийся в пространстве параллелепипед с трёхслойной моделью распределения одиночных рыб в объёме воды $800 \times 400 \times 100 \text{ м}^3$ (ширина \times глубина \times длина) с разной плотностью распределения рыб в слоях. Во всех слоях рыбы распределены случайным образом и движутся в одном направлении с одинаковой скоростью. При сближении судна и рыб рыбы «убегают» из зоны испуга с заданным радиусом в радиальных направлениях.

Редактор сценариев обеспечивает:

- 1) задание параметров движения и качки судна (курс, скорость, амплитудные значения рыскания, килевой и бортовой качки, вертикального смещения);
- 2) задание параметров водной среды:
 - а) скорости звука, солёности и температуры воды;
 - б) силу объёмной реверберации;
 - в) состояние поверхности моря;
 - г) характер дна;
 - д) район плавания судна (выбирается в соответствии с морскими навигационными картами или задаётся плоское дно с фиксированной глубиной);
- 3) параметры распределения рыб в водных слоях (плотность распределения, размеры рыб);
- 4) задание радиуса зоны испуга вокруг судна;
- 5) задание параметров движения рыб (курс, крейсерская скорость, скорость броска из зоны испуга, время отдыха, параметры рыскания);
- 6) задание времени движения рыб при испуге;
- 7) задание параметров работы ФГБО:
 - а) диапазон дальности ФГБО (до 400 м);
 - б) коэффициент усиления приёмного тракта;
 - в) тип временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ);
 - г) параметры характеристики направленности;
 - д) положение гидроакустических антенн относительно центра масс судна.

Модуль управления судном осуществляет управление движением судна в заданной области моделирования и позволяет изменять курс и скорость судна в режиме real-time.

Модуль генерирования NMEA-сообщений формирует массив данных, содержащих информацию о географическом положении судна, параметрах качки судна и курсе судна.

Модуль расчёта геометрических параметров и акустических компонент осуществляет расчёт значений огибающей эхосигнала по каждому лучу веера ХН ФГБО в зависимости от текущего пространственного положения веера ХН относительно поверхности, дна, рыб и формирует результирующий сигнал как сумму энергий элементарных составляющих эхосигнала (зондирующего импульса, реверберации приповерхностного слоя, объёмной реверберации, шумовой составляющей гидроакустического сигнала, эхосигналов от рыб, когерентной и некогерентной составляющих донной реверберации). После вычисления значений огибающей эхосигнала в зависимости от расстояния осуществляется пересчёт сигналов из акустических величин в электрические и наложение ВАРУ.

Формирователь сигналов ФГБО осуществляет структурирование данных, полученных в результате расчёта акустических компонент, и данных генератора NMEA-сообщений в соответствии с протоколом обмена данными ФГБО и ПУИ.

Таким образом, на входе ПУИ имеются смоделированные гидроакустические сигналы ФГБО, позволяющие проводить комплексную отладку алгоритмов и ПО ПУИ по подсчёту одиночных рыб.

Модуль визуализации имитатора сигналов ФГБО служит для контроля сформированных исходных данных, и реализует индикацию амплитудной развертки сигнала в выбранном луче веера ХН, индикацию эхограммы этого луча и трёхмерную визуализацию подводной обстановки в соответствии с установками редактора сценариев и результатами моделирования движения судна и движения рыб.

Благодаря разработанному имитатору гидроакустических сигналов была осуществлена отладка программного обеспечения прибора управления и индикации научного гидроакустического комплекса для подсчёта и мониторинга рыб ценных пород на базе гидролокатора бокового обзора с фазовой обработкой сигналов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон об аквакультуре прошел первое чтение. РИА Fishnews.ru. <http://www.fishnews.ru/rubric/zakon-ob-akvakulture/3564>.
2. Долгов А.Н., Раскита М.А. Разработка структуры ГАК и требований к алгоритмам вторичной и третичной обработки сигналов для обнаружения и подсчета одиночных рыб в приповерхностном слое // Труды X Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2010. – С. 134-136.
3. Долгов А.Н. Теория и практика проектирования тренажёров гидроакустической рыбопоисковой аппаратуры. – Ростов н/Д: ЗАО «Росиздат», 2009. – 400 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. С.П. Тарасов.

Долгов Александр Николаевич

ООО «Конструкторское бюро морской электроники “Вектор”».

E-mail: dolgov@vector.ttn.ru, mail@vector.ttn.ru.

347913, г. Таганрог, ул. Менделеева, 6.

Тел./факс: +78634333900.

Директор-генеральный конструктор; к.т.н.

Раскита Максим Анатольевич

E-mail: raskita@vector.ttn.ru.

Старший научный сотрудник; к.т.н.

Dolgov Alexander Nikolaevich

Vector Marine Electronics Ltd.

E-mail: dolgov@vector.ttn.ru, mail@vector.ttn.ru.

6, Mendeleev Street, Taganrog, 347913, Russia.

Phone/fax: +78634333900.

Director General; Cand. of Eng. Sc.

Raskita Maxim Anatolievich

E-mail: raskita@vector.ttn.ru.

Senior Scientist; Cand. of Eng. Sc.