

УДК 621.396.933.21

**Д.Ш. Нагучев, В.Л. Сахаров, И.Б. Старченко****ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПРОФИЛОГРАФ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА**

*Представлена концепция параметрического профилографа для целей экологического мониторинга водных акваторий. Для получения трехмерной картины донных структур в параметрическом профилографе выбран метод обзора, связанный с перемещением приемопередаточной антенной системы профилографа за счет движения носителя. Одновременное сканирование характеристикой направленности в режиме излучения в траверсной плоскости профилографа позволяет прозвучивать полосу на донной поверхности. Рассмотрены основные функциональные модули профилографа, кратко описаны их основные функции. Как итог, представлена схема включения профилографа в структуру системы мониторинга с возможностью автономии.*

*Профилограф; мониторинг; трехмерное изображение; автономия.*

**D.Sh. Nagutchev, V.L. Sakharov, I.B. Starchenko****PARAMETRIC PROFILER FOR ENVIRONMENTAL MONITORING**

*The article introduces the concept of parametric profiler for environmental monitoring of water areas. To obtain a three-dimensional picture of bottom structure in a parametric profilograph survey method associated with the movement of two-radiating antenna system profiler by the movement of the carrier was selected. Simultaneous scanning-directional mode radiation in the traverse plane of profiler allows to sound the strip on the bottom surface. The main functional modules of profiler are considered, basic functions are described. As a result, a diagram of the structure of the inclusion of profiler to monitoring system with the possibility of autonomy was constructed.*

*Profiler; monitoring; three-dimensional image; autonomy.*

Гидроакустические профилографы уже давно перестали быть средством только научных исследований и в настоящее время, объединяя в себе функции обычного эхолота и устройства, визуализирующего придонные и поддонные структуры, являются мощным инструментом для проведения поисковых, контрольных, проектно-изыскательских, осмотровых, промерных, мониторинговых работ в акваториях морских портов, в руслах рек и в шельфовой зоне. Профилографы могут использоваться как самостоятельно, так и в составе гидрографических комплексов. Часто гидроакустические профилографы становятся единственным средством визуализации структуры донных отложений, поиска и оконтуривания заиленных объектов, включая нефте- и газопроводы, другие потенциально опасные для экологии объекты.

Наиболее перспективным направлением в технике зондирования морского дна является создание профилографов, работающих на принципах нелинейной акустики, получивших название параметрических профилографов [1]. Эти приборы сочетают в себе все уникальные свойства параметрических антенн – отсутствие боковых лепестков характеристики направленности, малогабаритность антенны, возможность перестройки частоты и др. [1]. Перечисленные свойства позволяют, в отличие от обычных линейных систем, не только обнаруживать акустические неоднородности, но и определять их координаты, производить классификацию по геометрическим признакам. Это делает параметрические профилографы незаменимым инструментом при обследовании трубопроводов и других заиленных объектов природного и техногенного происхождения.

Целью разработки параметрического профилографа является оснащение малого многоцелевого автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) для его использования с надводных носителей, включая маломерные суда, а также от береговой линии в целях и задачах экологического мониторинга. Задачи, решаемые профилографом, не отличаются от стандартных задач, решаемых такого рода аппаратурой. Основной задачей является обнаружение малоразмерных объектов типа кабелей, трубопроводов и т.п., находящихся на поверхности дна и в слое грунта, затрудняющих судоходство и наносящих вред экологической обстановке.

В состав параметрического профилографа входят следующие основные функциональные аппаратные части [2]:

- 1) гидроакустическая антенна;
- 2) усилитель мощности;
- 3) сигнальный модуль;
- 4) модуль вторичных источников питания;
- 5) комплекты программного обеспечения.

Формирование необходимых питающих напряжений для аппаратуры профилографа АНПА осуществляет модуль вторичных источников питания (ВИП). Общее электропитание отсека профилографа осуществляется от системного источника питания (аккумуляторной батареи) напряжением + 30 В. Модуль ВИП формирует три питающих напряжения: а) постоянное напряжение + 5,5 В для питания модуля сигнального; б) постоянное напряжение + 12,0 В для питания низковольтных цепей усилителей мощности; в) высокое постоянное напряжение + 300 В для питания силовых выходных каскадов усилителей мощности. В цепь питания «+ 300 В» включен накопительный конденсатор большой емкости, предназначенный для уменьшения «просадок» питающего напряжения на уровне минус 10 % от номинального значения при формировании зондирующих импульсов (посылок). Для ограничения и стабилизации тока заряда и разряда накопительного конденсатора, входящего в состав аппаратуры профилографа АНПА, в составе модуля ВИП имеются управляющие и разрядные цепи.

Сигнальный модуль осуществляет управление работой аппаратуры профилографа и выполняет следующие функции [2]:

- ◆ информационный обмен с внешними системами;
- ◆ расчет значений параметров;
- ◆ формирование сигналов управления усилителями мощности;
- ◆ расчет поправок при формировании характеристики направленности излучающей антенны;
- ◆ усиление и аналого-цифровое преобразование сигнала приемной антенны;
- ◆ первичная цифровая обработка полученных гидроакустических данных;
- ◆ контроль уровня гидроакустических помех;
- ◆ тестирование аппаратных средств.

Связь с внешними системами сигнальный модуль осуществляет по информационному каналу связи Fast Ethernet 100 Base. Обмен данными осуществляется с помощью набора команд управления в соответствии с протоколом информационного обмена данными. Модуль сигнальный формирует сигналы управления для функционирования 12-и усилителей мощности. Управление каждым усилителем мощности осуществляется с помощью набора из трех сигналов, таким образом, на выходе модуля сигнального формируется 36 управляющих сигналов. От каждого усилителя мощности в модуль сигнальный поступает один диагностический сигнал (всего 12 сигналов), информирующий о том, что сработал защитный предохранитель. В модуль сигнальный поступает информация от датчика температуры, который установлен в гидроакустической антенне в районе поля излучающей ке-

рамики для измерения температуры. На основе всех диагностических сигналов, поступивших в узел технической диагностики сигнального модуля, формируется обобщенный признак исправности аппаратуры профилографа и передается по каналу связи в базу данных.

Для управления характеристикой направленности антенны в излучении используются 12 каналов усилителей мощности. Конструктивно в один усилитель мощности входит два канала усиления. Усилители мощности управляют группами пьезоэлементов излучающей антенны. От каждого усилителя мощности идут две линии к обкладкам излучающих пьезоэлементов, объединенных в изолированные группы. Питание выходных цепей усилителей мощности осуществляется по цепи питания «+ 300 В». Питание цифровых драйверов управления силовыми ключами в усилителях мощности осуществляется по цепи питания «+ 12 В». Цепи управления усилителей мощности гальванически развязаны по питанию от цепей управления модуля сигнального.

Гидроакустическая антенна включает в себя две составные части:

- 1) приемный пьезоэлектрический блок;
- 2) блок нелинейного акустического преобразователя.

Излучающая антенна (блок нелинейных акустических излучателей) преобразует электрические ВЧ-сигналы накачки в зондирующие акустические сигналы в воде.

В свою очередь, приемная антенна преобразует слабые акустические эхосигналы в диапазоне рабочих разностных частот, приходящие из воды, в электрические сигналы, поступающие на полосовой фильтр и далее на вход приемного тракта сигнального модуля.

В состав комплекта программного обеспечения, располагаемого на носителе данных, входят конфигурационные файлы ПЛИС-модуля сигнального, файлы коэффициентов для построения графиков автоматической регулировки усиления (ВАРУ), файлы коэффициентов для работы цифровых согласованных фильтров и другие системные файлы. В составе комплекта документации модуля сигнального имеется комплект программного обеспечения управляющего микроконтроллера.

В состав комплекта программного обеспечения, располагающегося на ЭВМ, предназначенной для камеральной обработки данных профилирования, входят программа отображения гидроакустических данных профилирования, в том числе блок математических моделей и алгоритмов вторичной обработки данных профилирования, сервисные модули связи, справочная система. Блок математических моделей включает следующие программные модули:

- ◆ модуль визуализации эхограмм (интерфейс оператора);
- ◆ модуль определения линии дна;
- ◆ модуль выработки формуляра цели (трубы, мины);
- ◆ модуль выработки формуляра дна;
- ◆ модуль интерполяции координат;
- ◆ модуль компенсации вертикальных перемещений и наклонов;
- ◆ модуль удаления стационарных участков эхограмм;
- ◆ модуль фильтрации вторичных отражений;
- ◆ модуль оконтуривания участков эхограмм;
- ◆ модуль оценки геометрических размеров объектов;
- ◆ модуль построения карт и траекторий;
- ◆ модуль программирования миссии в части, касающейся профилографа;
- ◆ модуль сервисных функций.

Рис. 1 определяет место профилографа АНПА в системе информационного и логического сопряжения с другими подсистемами АНПА.

Основной целью работы параметрического профилографа АНПА является сбор информации о рельефе дна и неоднородностях в структуре основных и осадочных пород, расположенных под дном, а также мониторинг подводных трубопроводов и кабелей с привязкой к географическим координатам, обнаружение затонувших объектов. Аппаратура параметрического профилографа АНПА совместно с программным обеспечением камеральной обработки данных профилирования решает задачи поиска, обнаружения, классификации малоразмерных объектов, находящихся на дне и в толще осадочных пород.

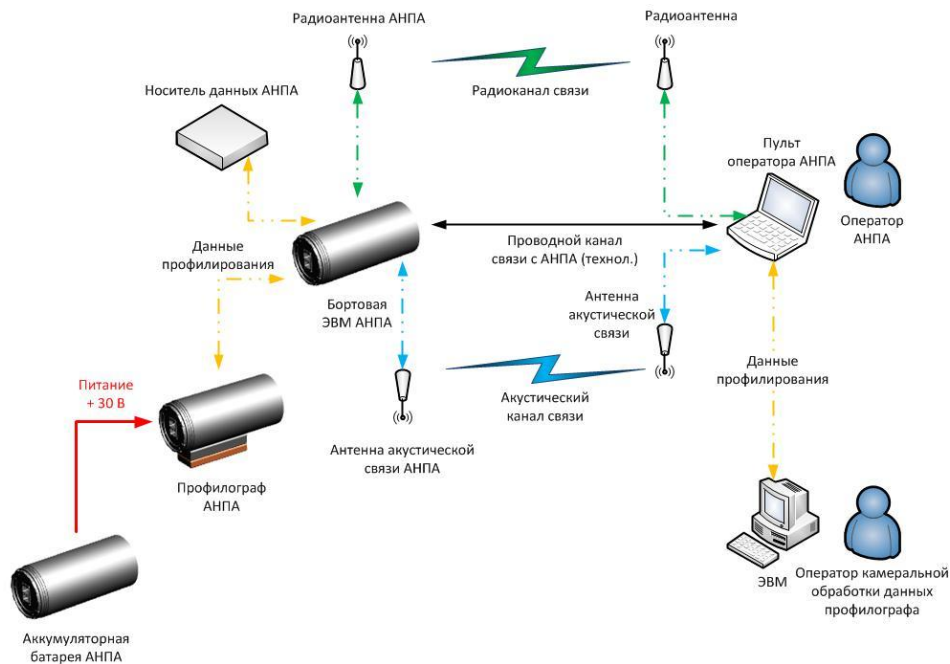


Рис. 1. Общая схема работы профилографа в составе АНПА

При профилировании в автономном режиме аппаратура параметрического профилографа АНПА выполняет следующие операции:

- ◆ находится в режиме ожидания команды на выполнение профилирования (дежурный режим);
- ◆ выполняет настройку параметров аппаратуры профилографа;
- ◆ адаптивно формирует зондирующие акустические сигналы [3];
- ◆ принимает отраженные эхосигналы;
- ◆ выполняет первичную аналоговую и цифровую обработку гидроакустических данных;
- ◆ принимает по каналу связи дополнительную информацию от внешних систем АНПА;
- ◆ формирует пакеты данных профилирования, объединяя гидроакустическую информацию, системное время и координаты АНПА;
- ◆ выполняет диагностику и анализ состояния аппаратуры профилографа;
- ◆ передает собранную информацию по каналу связи в базу данных АНПА для сохранения.

При последующей камеральной обработке данных профилирования, полученных в автономном режиме, программное обеспечение параметрического профилографа позволяет производить анализ и обработку гидроакустической информации. Функциональные возможности параметрического профилографа АНПА определяются в равной степени работой электронной аппаратуры и программного обеспечения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков Б.К., Тимошенко В.И. Параметрические антенны в гидроакустике. – Л.: Судостроение, 1981. – 256 с.
2. Нагучев Д.Ш., Савицкий О.А., Сахаров В.Л. Предпосылки и концепция создания современных параметрических профилографов в ОКБ «РИТМ» ЮФУ // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 12 (89). – С. 89-94.
3. Кириченко И.А., Старченко И.Б. Системный подход к проектированию гидроакустических систем для дистанционного зондирования шельфа океана // Сборник трудов научной конференции «Сессия научного совета РАН по акустике и XXV сессия Российского акустического общества». – М.: ГЕОС, 2012. – Т. 2. – С. 213-216.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор Г.В. Куповых.

**Нагучев Даулет Шабанович** – ОКБ «Ритм» Южного федерального университета; e-mail: main@ritm.tsure.ru; 347900, Ростовская область, г. Таганрог, ул. Петровская, 99; тел.: 88634311933; советник директора.

**Сахаров Вадим Леонидович** – e-mail: vadim@ritm.tsure.ru; зам. директора по научной работе.

**Старченко Ирина Борисовна** – e-mail: star@sfedu.ru; директор; д.т.н.; профессор.

**Nagutchev Daulet Shabanovitch** – Special Design Office “Ritm” – Southern Federal University; e-mail: main@ritm.tsure.ru; 99, Petrovskaya street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634311933; advisor.

**Sakharov Vadim Leonidovitch** – e-mail vadim@ritm.tsure.ru; vice-director in science.

**Starchenko Irina Borisovna** – e-mail star@sfedu.ru; director; dc. of eng. sc.; professor.

УДК 74.580.26

**Н.П. Заграй**

#### **КОЛЕБАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПУЗЫРЬКОВ В ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ УПРУГИХ СРЕДАХ ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ**

*Рассматриваются возможные подходы к описанию нелинейных процессов, обусловленных газовыми пузырьками, содержащимися в жидкости. Колебания отдельного газового пузырька при рассеянии акустической волны в жидкости рассматриваются как осциллирующие колебания. Получены общие выражения для давлений соответственно как первой, так и  $n$ -ых гармоник в аналитическом виде. Выделены выражения, позволяющие оценить вклад в практические результаты и соотношения между вкладами различных гармоник рассеянного сигнала акустического поля.*

*Рассеяние; нелинейное взаимодействие; нелинейные волновые уравнения; газовые пузырьки; генерация  $n$ -ых гармоник; рассеянные сигналы акустического поля.*