

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ,
МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ**

УДК 534.222

**АВТОНОМНАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ ПРИЕМНАЯ
АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО
ВЕКТОРНОГО ПРИЕМНИКА И ГИДРОФОНА**

© 2019 г. Ю. Н. Моргунов^а, В. В. Безответных^а, А. В. Буренин^а, Е. А. Войтенко^а,
А. А. Голов^а, Д. С. Стробыкин^{а,*}, А. А. Тагильцев^а

^а Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН
Россия, 690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43

*e-mail: strobykin.dmitr@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.08.2018 г.

После доработки 27.08.2018 г.

Принята к публикации 13.09.2018 г.

Разработана гидроакустическая автономная приемная система с использованием комбинированного приемника. Она предназначена для проведения исследований векторно-скалярной структуры звуковых полей в условиях мелкого моря, с глубиной погружения до 100 м, посредством регистрации звукового давления и трех ортогональных компонент колебательного ускорения с датчиков, имеющих чувствительность 150–180 мкВ/Па. Кроме того, синхронно регистрируются данные о положении системы в пространстве с датчиков ориентации и глубины, которые вместе с данными акустических каналов сохраняются на SD-карту.

DOI: 10.1134/S0032816219020277

ВВЕДЕНИЕ

Автономная приемная система с использованием комбинированного приемника (к.п.) разработана в ТОИ ДВО РАН. Она состоит из трехкомпонентного векторного приемника колебательного ускорения соколеблющего типа с чувствительностью 150–180 мкВ/Па и распределенного по его поверхности гидрофона, а также снабжена датчиками положения системы в пространстве (крен, тангаж, азимут, глубина). Система предназначена для проведения исследований векторно-скалярной структуры звуковых полей в условиях мелкого моря, с глубиной постановки до 100 м. Она может быть оперативно развернута в заданных точках района работ, причем массогабаритные характеристики и состав системы допускают ее использование как в заякоренном варианте, так и в дрейфе или движении на носителе, а постановка и выборка могут осуществляться с помощью маломерных плавсредств.

Формирование и накопление пакетов информации от к.п. и датчиков ориентации и глубины осуществляются автономным цифровым блоком регистрации с записью на SD-карту с последующей распаковкой информации после извлечения карты и преобразованием в стандартные звуковой и текстовый форматы данных.

СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕМНОЙ СИСТЕМЫ

Внешний вид к.п. в защитном ограждении-клетки с герметичными контейнерами приемного тракта показан на рис. 1.

Устройство содержит:

- к.п., объединяющий в общей конструкции с единым фазовым центром трехкомпонентный векторный приемник и приемники звукового давления, расположенные симметрично вокруг воспринимающего элемента векторного приемника;
- систему подвеса векторного приемника и приемника звукового давления в защитной клетке, включающую эластичные лонжи и элементы крепления;
- жесткую клетку для установки в нее к.п. с целью ориентации в пространстве и механической защиты;
- обтекатель на клетку для снижения воздействия гидродинамической помехи;
- герметичные контейнеры с электроникой и блоком электропитания;
- систему постановки клетки с к.п. на якорю с элементами защиты от структурной помехи и возможностью изменения глубины постановки.

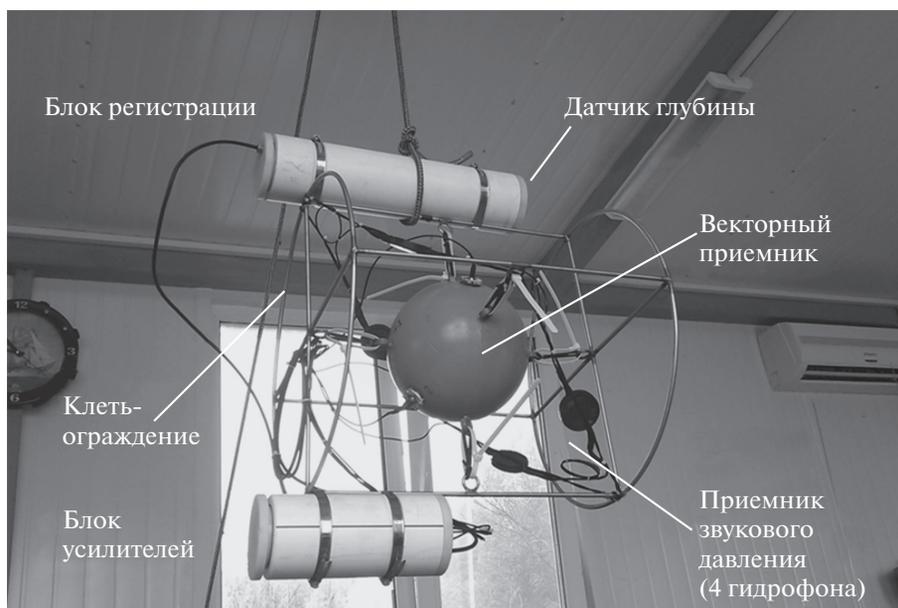


Рис. 1. Внешний вид приемной системы.

Система постановки (рис. 2) содержит: фал диаметром 8 мм, груз массой 40 кг, плавучести (пластиковые кувшалы), выборочный конец с проблесковым маячком. На фале с помощью быстросъемных зажимов крепится клеть с к.п., на которую перед спуском за борт надевается чехол из ткани для снижения воздействия на к.п. гидродинамических помех. Глубина постановки зада-

ется установкой клетки по разметке на фале. Изменение заглубления осуществляется после подъема клетки на борт плавсредства ослаблением зажимов и перемещением по фалу всей конструкции. Натяжку фала обеспечивают груз и две притопленные на глубину 5–10 м плавучести, которые крепятся к фалу также быстросъемными зажимами.

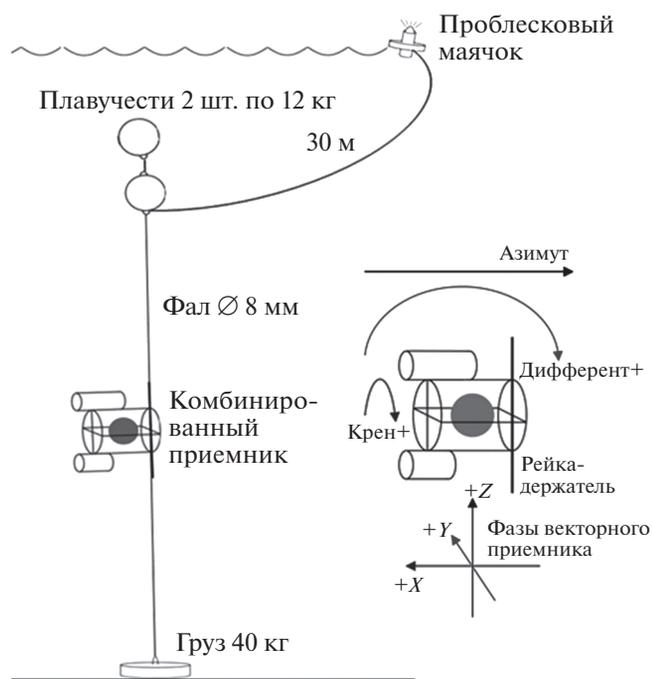


Рис. 2. Схема постановки приемной системы.

Притопленность обеспечивает защиту фала и клетки с к.п. от вибрации под воздействием поверхностного волнения. К притопленным плавучестям крепится выборочный фал длиной 30 м с поверхностным буйком, оснащенный проблесковым маячком. Фал пропускается через блок грузоподъемной стрелы плавсредства при постановке и подъеме системы. Все элементы системы крепятся к фалу быстросъемными зажимами во время постановки и демонтируются при подъеме.

Электронная часть устройства, находящаяся в герметичных контейнерах, включает в себя (рис. 3) 4-канальный тракт усиления сигналов комбинированного приемника с аналоговыми фильтрами низких и высоких частот, 16-разрядный аналого-цифровой преобразователь (а.ц.п.), микроконтроллер STM32F103, модули определения заглубления и углового положения, накопитель данных на основе SD-карты и два блока электропитания, поддерживающие автономную работу устройства в течение 3 сут. Блок питания № 1 обеспечивает питанием цифровую часть устройства, а блок питания № 2 – аналоговую. Такое разделение необходимо для снижения влияния помех цифровой части на аналоговую. Также для уменьшения по-

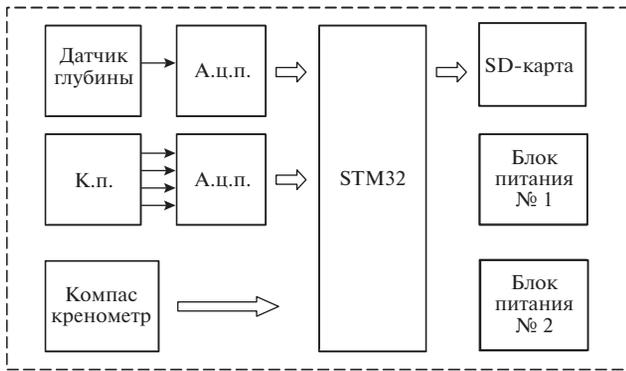


Рис. 3. Структурная схема электронной части системы: STM32 – микроконтроллер STM32F103RC; SD-карта – Secure Digital Memory Card.

мех блок усилителей с источником питания вынесен в отдельный герметичный контейнер (на схеме не показан).

Структурная схема электронной части приемной системы представлена на рис. 3. Использовались 16-разрядный а.ц.п. (акустические каналы – ADS8332, канал глубины – ADS1110), микроконтроллер STM32F103RC и Li-Ion аккумуляторы типоразмера 18650 в качестве блока питания. Регистрацию ориентации осей к.п. в пространстве осуществляли с помощью электронного компаса

и кренометра LSM303 с разрешающей способностью по углам вращения 1° . Выходные значения азимута приняты за угол между направлением оси X и севером (0° – север; 90° – восток и т.д.). Датчик глубины – тензопреобразователь D2.5-T, обеспечивающий точность определения заглубления системы до 1 м.

Тракт усиления акустических сигналов с полосовой фильтрацией выполнен на операционном усилителе ОРА2353, имеет коэффициент усиления в рабочей полосе частот 2000. В области ≤ 60 Гц и ≥ 800 Гц – спад 6 дБ/октаву.

На рис. 4 показано расположение электронных узлов на рамке, помещаемой в герметичный контейнер.

Данные с акустических каналов к.п. и датчиков ориентации сохраняются на SD-карту. Из измеряемых значений формируется пакет (рис. 5).

Частота дискретизации каждого акустического канала 6 кГц. Разрядность а.ц.п. 16 бит. В структуре пакета акустическая информация занимает 99.86% объема, заголовок – 0.07%, данные ориентации – 0.07%. После изъятия SD-карты из устройства и копирования на жесткий диск компьютера программа-распаковщик разделяет пакетную информацию в отдельные файлы: акустические каналы – в стандартные монофонические WAV-файлы с названиями, соответствующими каналам (X, Y, Z, P), а данные ориентации – в тек-

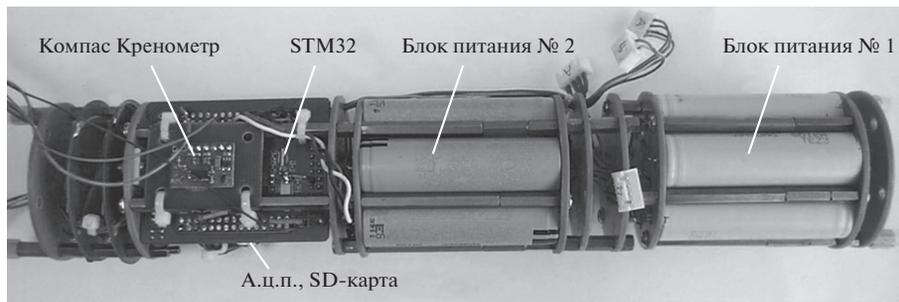


Рис. 4. Внешний вид электронной части системы.

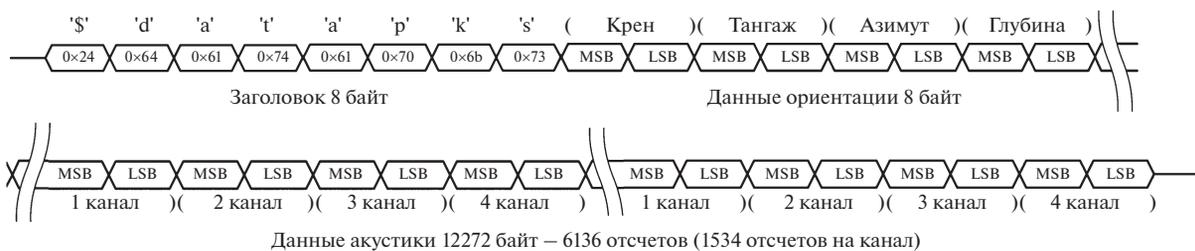


Рис. 5. Структура пакета данных.

стовый формат в виде таблицы в десятичном представлении значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Испытания автономной приемной системы с использованием к.п. продемонстрировали ее функциональность и работоспособность [1, 2]. В натуральных условиях при многократных постановках системы на глубины от 3 до 88 м с временами постановки до 3 сут при непрерывной записи информации на SD-карту объемом 32 Гбайт система отработала непосредственно в морской среде в общей сложности не менее 180 ч. Приемные тракты системы и устройства постановки к.п. на заданную глубину показали свою функциональность и стабильность работы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов ДВО РАН 15-П-1-045, 15-И-1-012 о., ПФИ гос. акад. наук на 2013–2020 гг. (п/п 12, Тема 1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Голов А.А., Безответных В.В., Моргунов Ю.Н.* // Современные технологии и развитие политехнического образования. Владивосток: ДВФУ, 2016. С. 675.
2. *Матвиенко Ю.В., Моргунов Ю.Н., Стробыкин Д.С.* // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 2 (24). С. 36.