

**ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ**

УДК 534.6

**ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И НАТУРНО-МОДЕЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ ПОДВОДНОГО
ВИДЕНИЯ**

© 2025 г. В. А. Широков, М. Ю. Альес, А. С. Галузин, В. Н. Милич

Поступила в редакцию 19.05.2025 г.

После доработки 28.0.2025 г.

Принята к публикации 01.07.2025 г.

Для создания эффективной системы подводного видения необходимо исследовать вопросы формирования системы излучающих гидроакустических датчиков подсветки, системы приемников гидроакустических сигналов, позволяющих определять амплитудную, фазовую и дальномерную информацию отраженных от объектов сигналов, а также систему интерпретации отраженных сигналов с построением пространственной картины акватории интереса.

Средства реализации необходимых исследований могут быть обеспечены путем создания аппаратуры генерации и приема гидроакустических сигналов, методов обработки получаемой измерительной информации и их последующих натурно-модельных испытаний в опытовом бассейне.

Известен гидроакустический бассейн с системой позиционирования акустических излучателей и приемников, а также моделей объектов [1], который используется для исследования отражающих свойств подводных объектов и решения других задач генерации и анализа гидроакустических сигналов. Однако для решения задач обнаружения и классификации подводных объектов требуется создание обучающих выборок, включающих все возможные положения и ракурсы наблюдения этих объектов, что требует реализации сложных сценариев перемещений тестовых объектов

с различными вариантами гидроакустического воздействия на подводные объекты, измерения и регистрацию отраженных сигналов.

Роботизированный гидроакустический исследовательский комплекс УдмФИЦ УрО РАН (основа комплекса описана в работе [2]) выполняет перечисленные выше функции, а также имеет своей целью создание возможностей формирования больших массивов (до сотен тысяч) записей отражений от подводных объектов для обучения системы их обнаружения и классификации. Комплекс позволяет выполнить десятки, сотни тысяч измерений в автоматическом режиме выполнения сценариев измерений.

Структура комплекса (рис. 1) является многоуровневой.

Верхний уровень комплекса – центральный компьютер, выполняющий функции управления экспериментом, хранения получаемых цифровых массивов данных и отображения результатов измерений.

Второй уровень комплекса обеспечивает формирование зондирующих сигналов, его компоненты отвечают за синтез многообразия зондирующих сигналов с требуемыми характеристиками и за усиление их мощности.

Третий уровень комплекса образуют модули программно-управляемого механического позиционирования элементов комплекса в пространстве опытового бассейна, включающие модули излучателей гидроакустических сигналов, модули приемников отраженных сигналов и модули позиционирования подводных объектов (рис. 2). Конструктивно модули унифицированы, и каждый из них содержит систему позиционирования и последующего перемещения в рамках запланированного сценария измерений. Позиционирование является программно-управляемым, что обеспечивается включением в состав модулей микроконтроллеров и приводов с шаговыми двигателями. Микроконтроллеры получают команды от центрального компьютера. Цифровые индикаторы модулей позволяют контролировать их работу. Модули закрепляются на балках над поверхностью воды. Специально разработанные малошумящие предварительные усилители гидроакустических сигналов модулей приемников закреплены в непосредственной близости от датчиков для уменьшения влияния электромагнитных помех, их функция – усиление слабых сигналов датчиков для дальнейшей их передачи на оцифровку.

Последний уровень комплекса – аналого-цифровые преобразователи. Этот уровень обеспечивает преобразование в цифровую форму и передачу в компьютер четырех аналоговых сигналов, поступающих с коммутационного уровня. Разработаны алгоритмы, процедуры и программное обеспечение коррекции временных параметров

сигнала, позволяющие уменьшить эффективный шаг квантования измеряемого сигнала со 100 до 10 нс.

Программное обеспечение комплекса по сути является SCADA-системой, оно реализует задание параметров выполнения экспериментальных измерений:

- параметров зондирующих сигналов (частоту сигнала, амплитуду, длительность, вид модуляции);
- параметров оцифровки принимаемых сигналов (частоту дискретизации, длительность регистрации, число регистрируемых каналов, число отсчетов сигнала);
- параметров массового проведения эксперимента в автоматических режимах (пошагового сканирования акватории лучом зондирующего сигнала, пошагового сканирования акватории модулем приемника, пошагового перемещения и вращения тест-объекта).

Реализованное в измерительном комплексе автоматическое программно-управляемое проведение эксперимента по заданному заранее многошаговому сценарию делает осуществимой регистрацию акустического поля сигналов с заданным шагом по линейному или угловому перемещению приемников и излучателей, измерение характеристик диаграмм направленности излучателей, приемников и объектов и регистрацию акустических голограмм.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Перемещение элементов (излучателей, объектов, приемников) осуществляется роботизированными приводами с программным управлением, шаг перемещения составляет 10 мкм по координате и 0.08° по углу вращения подвеса. Достигнутая дискретность измерения временных интервалов составляет 10 нс.

Используется усилитель мощности сигнала раскачки пьезоизлучателя на частоте 1 МГц с выходным напряжением до 200 В, что позволяет надежно регистрировать отраженные гидроакустические сигналы от малоразмерных объектов.

Реализован режим автоматического проведения измерений по задаваемому в управляющем компьютере сценарию. Этот режим позволяет осуществлять последовательности измерений гидроакустических сигналов с пошаговым перебором состояний (линейных и угловых) по задаваемым в сценариях комбинациям в автоматическом режиме.

Роботизация проведения измерений по заданным сценариям позволяет реализовать задачу получения и накопления больших (десятки и сотни тысяч сонограмм) массивов многомерных экспериментальных данных, исчерпывающе

описывающих акустическую видимость объектов заданных классов, что открывает путь к использованию мощного инструмента анализа многомерных сигналов – нейронных сетей глубокого обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родионов А.А., Никитин Д.А., Филин К.Б., Шпилев Н.Н., Паничева Е.Д. // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2024. Т. 17. № 4. С. 109.
2. Широков В.А., Милич В.Н. // *Вестник ИжГТУ*. 2021. Т. 24. № 4. С. 5.

Адрес для справок: Россия, 426067, Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук. E-mail: shirokovva@udman.ru

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Состав гидроакустического измерительного комплекса: АЦП – аналого-цифровой преобразователь, МК – микроконтроллер, ШД – шаговый двигатель, ПУ – предварительный усилитель.

Рис. 2. Размещение роботизированных модулей позиционирования, вращения и линейного перемещения излучателей, приемников и объектов на несущих балках.

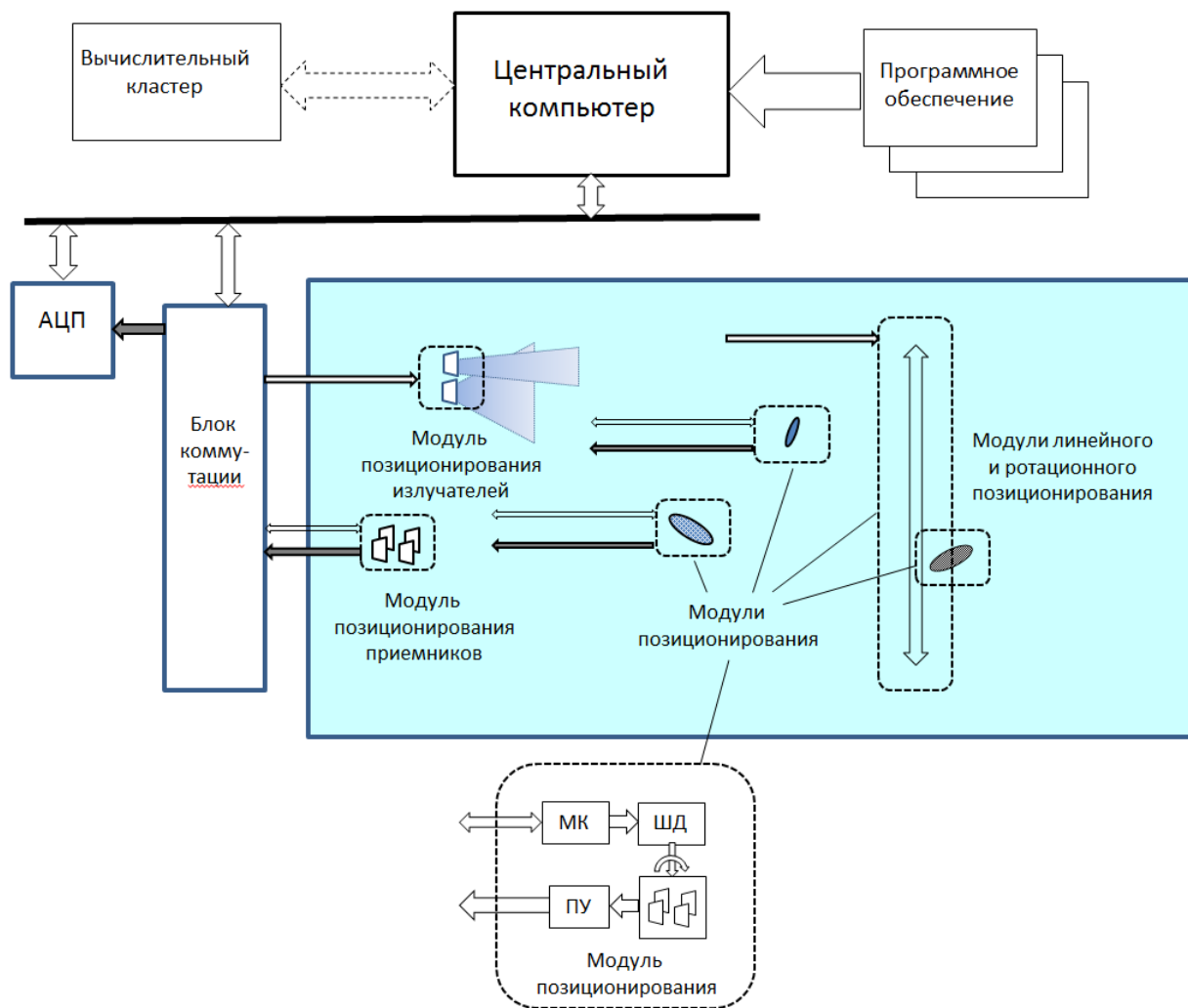


Рис. 1

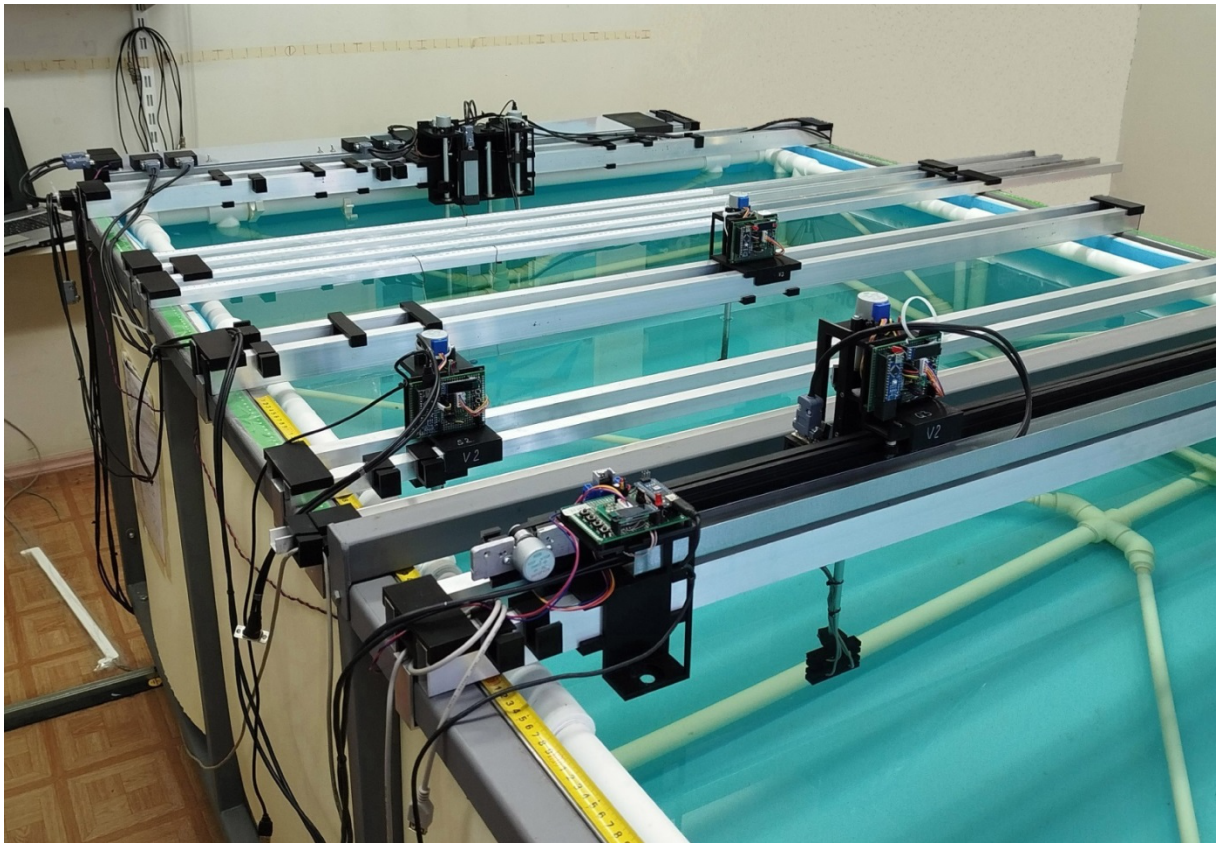


Рис. 2