

УДК 551 465

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА МНОГОКАНАЛЬНОГО ГИДРОЛОГО-ОПТИКО-ХИМИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И НОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КАНАЛЫ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

© 2015 Г. В. Смирнов, А. Л. Оленин

Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, г. Москва

Представлены результаты анализа развития и построения информационно-измерительных систем океанографических параметров в 60-70 и 80-90-х годах. Большое влияние на проектирование измерительной аппаратуры оказали информационно-измерительные системы на основе стандарта САМАС, созданные под руководством академика Нестерихина Ю.Е. Однако прямое их использование в океанологических измерениях оказалось невозможным. Это было связано с необходимостью проведения измерения параметров среды *in situ* на значительном расстоянии от устройств управления. Была разработана базовая структурная схема измерительного комплекса, и к концу 80-х годов были созданы, сертифицированы и внедрены в практику океанологических исследований зондирующие, буксируемые, автономные измерительные комплексы. Ими обеспечивались экспериментальные исследования в океане в диапазоне пространственно-временных масштабов в пределах от секунд до десятков суток по времени и от сантиметров до сотен тысяч километров по расстоянию. В настоящее время разрабатываются измерительные каналы на основе высокоскоростных приёмников информации (телевизионные камеры, акустические устройства). Разработана структурная схема многоканального гидролого-оптико-химического измерительного комплекса, позволяющая ассимилировать в своём составе измерительные каналы океанографических параметров с различной скоростью поступления информации. На основе этой схемы спроектирована и изготовлена технологическая платформа для разработки, испытаний и аттестации новых измерительных каналов параметров морской среды. Представлены результаты натурных испытаний технологической платформы, проведённых на Чёрном море вблизи Геленджика.

Синоптическая изменчивость океана, ассимиляция наблюдений, первичный измерительный преобразователь, термодинамическая модель океана, интеркалибрация датчиков, погружаемый гидрофизический зонд, идентификация частиц взвеси, функциональная схема, многоканальный погружаемый измерительный комплекс, волоконно-оптическая линия связи, электрическая лебёдка, экспериментальные зондирования океана.

doi: 10.18287/2412-7329-2015-14-2-211-222

Введение

Экспериментальные исследования Мирового океана, выполненные сотрудниками Института океанологии РАН во второй половине 20-го века, привели к открытию в эксперименте «Полигон-70» синоптической изменчивости океана и открытию синоптических вихрей. Дальнейшее исследование синоптических вихрей выполнялось совместно с коллективом Морского гидрофизического института (МГИ) АН УССР в международном эксперименте «ПОЛИМОДЕ», где были существенно развиты технологии комплексных наблюдений состояния океана с использованием искусственных спутников

Земли (ИСЗ), свободно дрейфующих буйковых станций и методов ассимиляции разнородных наблюдений в моделях состояния морской среды. Открытие синоптических вихрей изменило представление о характере гидрофизических процессов, протекающих в глубинах океана. Большие орбитальные скорости и вертикальные размеры синоптических вихрей, сопоставимые с глубиной океана, влияют на механизм перераспределения тепловой и механической энергии в планетарных масштабах. Новые знания оказали значительное воздействие на все разделы фундаментальной и прикладной океанологии и позволили группе учёных нашей страны во главе с академиком Бреховских Л.М.

сформулировать основные направления фундаментальных исследований Мирового океана: создание термодинамической модели океана и создание модели взаимодействия океана и атмосферы с учётом влияния материков [1]. Разработка этих моделей, по существовавшим в то время представлениям, должна позволить описать динамические процессы в океане во всём диапазоне их изменчивости от систем океанических течений до мелкомасштабных явлений, а также создать основу для развития теории климата и методов прогноза погоды.

Работы по дальнейшему развитию методов дистанционного зондирования океана с ИСЗ и контактных наблюдений со свободно дрейфующих буёв для проведения мониторинга синоптических процессов в океане были продолжены в МГИ АН УССР в рамках программы «Океан». Выработанные представления о синоптических процессах в океане явились основой развития технологии оперативного наблюдения текущего состояния океана, как с ИСЗ, так и со свободно дрейфующих буёв, и методов унификации разнородных наблюдений посредством ассимиляции в моделях состояния морской среды. Подготовленная коллективом авторов ИО РАН и МГИ НАНУ по плану МААН монография «Океанология. Средства и методы океанологических исследований» в концентрированном виде освещает наблюдательную и методическую основы методов оперативного мониторинга и прогноза состояния морской среды [2].

Одновременно с проведением эксперимента «ПОЛИГОН-70», международно-го эксперимента «ПОЛИМОДЕ» и реализацией программы «ОКЕАН» планировались и разворачивались работы по «Национальной программе СССР исследования взаимодействия океана с атмосферой в целях разработки долгосрочного прогноза погоды и теории климата» (сокращённое название программы – «Разрезы»).

Программа «Разрезы» была посвящена трём главным вопросам:

1. Изложение научной концепции, направленной на решение проблемы моделирования климата и долгосрочного прогноза погоды, включая обоснование роли процессов взаимодействия океана с атмосферой в формировании климатических и погодных условий.

2. Описание средств, методов и систем наблюдений, которые позволяют обеспечить разрабатываемые модели климата и долгосрочного прогноза погоды необходимыми экспериментальными данными.

3. Организация сбора, обработки и распространения данных, получаемых в ходе проводимых научных экспериментов.

К сожалению, программа «Разрезы», хорошо подготовленная и укомплектованная исполнителями (привлечены практически все министерства и ведомства страны, имеющие отношение к поставленной проблеме) не смогла развернуться и состояться в полном объёме из-за начавшихся в стране перестроечных процессов. При этом необходимо отметить, что выполненная по этой программе часть работы является хорошей основой и опорой для всех последующих инициатив, которые имеют своей целью создание систем диагноза и прогноза состояния океанических бассейнов и всего Мирового океана, а значит, и долгосрочных прогнозов погоды и разработки модели климата на планете.

В данной статье считаем необходимым акцентировать внимание на том, что при анализе всех проектов, программ и экспериментов в морях и океанах актуальным остаётся вопрос об обеспечении всех проектов необходимыми экспериментальными данными, как это сформулировано во втором главном пункте программы «Разрезы».

Подводя итоги экспериментальных исследований Мирового океана во второй половине 20 века, можно с удовлетворением отметить, что науки об океане обогатились новыми знаниями: развитие методов дистанционного зондирования оке-

ана с ИСЗ; контактные наблюдения со свободно дрейфующих буёв, позволяющие в перспективе осуществлять непрерывный мониторинг синоптических процессов в океане; исследования по развитию математических методов численного моделирования, имеющих своей целью создание систем диагноза и прогноза состояния океанических бассейнов и всего Мирового океана.

Далее рассмотрим состояние средств, методов и систем наблюдений, которые позволяют обеспечить разрабатываемые модели климата и долгосрочного прогноза погоды необходимыми экспериментальными данными.

Анализ направлений автоматизации экспериментальных исследований

Анализ существовавших в 60–70 годах направлений автоматизации экспериментальных исследований показал, что наибольший интерес представляли системы сбора и обработки данных, построенные аналогично информационно-измерительным системам стандарта САМАС, созданного под руководством академика Ю.Е. Нестерихина. Они находили широкое применение в различных областях автоматизации экспериментальных исследований в связи с тем, что имели гибкую, легко меняющуюся структуру, хорошо разработанное программное обеспечение и оперативно могли быть перестроены на новую программу экспериментальных исследований. Эти системы включают в себя стандартизацию трёх типов: механический стандарт – блочный каркас со вставными блоками; логический стандарт, предусматривающий унификацию разводки линий связи внутри блоков; электрический стандарт, унифицирующий источники питания всей системы. Наиболее значительным достоинством стандарта САМАС являлось на тот момент то, что он имел хорошее обеспечение организации программно-управляемого обмена между блоками стандарта, позволяющее на его основе легко создавать информаци-

онно-измерительные системы. Информационно-измерительные системы на основе стандарта САМАС нашли широкое применение в биологии и медицине.

Развитие океанологического приборостроения в 70–80-х годах рассмотрим на примере работ Специального конструкторско-технологического бюро Морского гидрофизического института АН УССР (СКТБ МГИ АН УССР).

Особенности конструкции океанографических измерительных комплексов не позволили при разработке их структурной схемы применить стандарт САМАС в полном объёме. Необходимость проведения измерений параметров среды *in situ* на значительном расстоянии от устройств управления и регистрации информации телеметрической системой формулирует особые технические требования для океанологических измерительных комплексов. Тем не менее при разработке базовой структурной схемы океанологического многоканального измерительного комплекса были использованы все три типа стандартизации системы САМАС.

Уровень автоматизации экспериментальных исследований и направления её развития в других отраслях знаний показал, что наиболее эффективными методами проведения экспериментов являются исследования с использованием интегрированных магистрально-модульных мультипроцессорных макро- и микросистем. Новое поколение систем отличает высокий уровень интеграции компонентов, широкий выбор унифицированных средств организации взаимодействия подсистем различного назначения, насыщенность функционально и территориально распределёнными микропроцессорными системами, гибкость программной реконфигурации структуры аппаратных и программных средств. Принципы построения базовой структурной схемы интегрированной мультипроцессорной системы, позволяющей в значительной степени решить задачу сбора и обработки информации при экспериментальных исследованиях в океане, включали в себя: развитие

структуры иерархического магистрально-модульного построения аппаратных и программных средств, рациональное использование международных стандартов на системные средства организации взаимодействия подсистем, упрощение программной реконфигурации. При этом в интегрированных мультипроцессорных системах важное место занимали средства организации взаимодействия процессов (измерений, обработки данных, передачи сообщений), протекающих в подсистемах всех уровней иерархии. В группе таких средств выделяются машинные, системные, приборные, надплатные, вспомогательные магистрали. Стандартизация машинных магистралей UNIBUS, Q-BUS, MULTIBUS для построения одно- и многопроцессорных вычислительных систем определила их широкое распространение в средствах автоматизации научных исследований.

Особое место в создании модульных информационно-измерительных систем океанографических параметров занимало метрологическое обеспечение всего цикла их разработки и аттестации. Работы по сертификации всех измерительных каналов, разрабатывавшихся в СКТБ МГИ, выполнялись совместно с институтами Госстандарта СССР.

Для развития комплексного подхода к океанологическому приборостроению в СКТБ МГИ АН УССР были проведены следующие работы:

- На основе анализа, многочисленных материалов экспериментальных исследований изменчивости параметров гидрофизических полей в океане, полученных различными авторами, сделана выборка наиболее информативных параметров среды в различных диапазонах пространственно-временных масштабов [3,5,6].

- Определены временные и пространственные масштабы, диапазоны изменения каждого параметра и их среднеквадратичной изменчивости для каждого диапазона масштабов.

- Определены наиболее часто применяемые методы экспериментальных исследований для каждого диапазона масштабов.

Для удобства анализа и изложения материалов использована классификация нестационарных процессов, данная А.С. Мониним.

Систематизированные материалы приведены в [2, табл.3.1.1, с. 545-546]. Материалы таблицы позволяют говорить о возможности использования одних и тех же измерительных приборов для решения различных экспериментальных задач при исследовании океана. Для использования однотипных, с разными метрологическими характеристиками измерительных комплексов при исследовании в разных диапазонах масштабов, предусматривается изменение их метрологических характеристик за счёт замены отдельных узлов.

Таким образом, стала очевидной необходимость унификации:

–первичных измерительных преобразователей всех измеряемых параметров по выходным параметрам и посадочным местам;

–измерительных преобразователей по всем измеряемым параметрам во всём диапазоне их изменчивости;

–бортовых управляющих устройств, обеспечивающих работу комплекса, первичную обработку и документирование получаемой информации.

Необходимо предусмотреть модульность построения механических конструкций бортового и погружаемого устройств.

Измерительные преобразователи должны обеспечивать преобразование сигналов с первичных измерительных преобразователей в единую унифицированную форму. При этом, учитывая различные требования к преобразователям, все они должны быть унифицированы по конструктивному исполнению, командам управления, питанию, входным и выходным сигналам.

Набор аналого-цифровых преобразователей, позволяющих обеспечить пре-

образование измеряемых сигналов по любому параметру во всём диапазоне их изменчивости, также должен составлять унифицированный параметрический ряд.

Бортовое управляющее устройство должно обеспечивать управление работой комплекса, проводить первичную обработку и документирование получаемой информации.

При этом в базовой структурной схеме бортового управляющего устройства была предусмотрена возможность изменения режима управления измерительным комплексом, вида первичной обработки и документирования получаемой информации без выполнения работ по его переделке или перенастройке, т.е. изменением алгоритма работы программными методами.

Механические конструкции погружаемого и бортового устройств также должны были обеспечивать модульность построения и унификацию основных узлов и типоразмеров.

Сформулированные требования к первичным измерительным преобразователям, бортовому управляющему устройству и механическим конструкциям позволили определить узлы и блоки, которые подлежат унификации, и при разработке базовой структурной схемы они являются её структурными элементами.

Второй, по-видимому основной фактор, определяющий вид базовой структурной схемы, был сформулирован на основе анализа состава измеряемых параметров при экспериментальных исследованиях в Мировом океане в разных диапазонах масштабов.

При разработке зондирующих, буксируемых, автономных и специальных измерительных океанологических приборов и комплексов в базовой структурной схеме было предусмотрено: измерение параметров, характеризующих изменчивость верхнего слоя океана; приводного слоя атмосферы; ввод информации от навигационных и судовых метеосистем.

Учитывая разнородность получаемой информационно-измерительным

комплексом информации, в базовой структурной схеме были предусмотрены узлы предварительной обработки информации и представление её в цифровом виде в абсолютных физических единицах.

С учётом изложенных принципов построения интегрированных мультипроцессорных систем была разработана базовая структурная схема измерительного комплекса, которая была внедрена в практику проектирования и производства измерительных океанографических приборов. Созданная в СКТБ МГИ структурная схема имеет элементы новизны и защищена авторскими свидетельствами на изобретения [3, 5].

В завершение анализа уровня океанографического приборостроения к концу 80-х годов отметим, что были созданы, сертифицированы и внедрены в практику океанологических исследований зондирующие, буксируемые, автономные измерительные комплексы, обеспечивающие экспериментальные исследования в океане в диапазоне пространственно-временных масштабов в пределах: от секунд до десятков суток по времени и от сантиметров до сотен тысяч километров по расстоянию. Считаем необходимым отметить, что в ходе международного эксперимента «ПОЛИМОДЕ» проводились интеркалибрации измерительных приборов и комплексов. В Советско-американской экспедиции в марте 1986 г. было проведено параллельное зондирование отечественным гидрофизическим комплексом и системой MarkIII. Оба зондирующие комплекса снабжены автоматическими кассетами батометров для отбора контрольных проб с заданных глубин в процессе зондирования. Профили температуры, электрической проводимости и кислорода достаточно хорошо совпадают между собой и с контрольными пробами, концентрации кислорода в которых определялась стандартным методом Винклера.

Высокий уровень океанографического приборостроения в нашей стране к концу 20-го века позволяет нам рассмат-

ривать возможность дальнейшего развития этого направления. Структурная схема информационно-измерительного комплекса может быть принята при разработке новых океанологических измерительных комплексов за прототип, а созданные измерительные каналы могут быть использованы при их комплектации.

Развитие информационно-измерительных систем океанографических параметров

Внедрение в практику экспериментальных исследований океана спутниковых измерительных систем, свободно-дрейфующих поверхностных буёв, свободно-дрейфующих буёв для вертикального зондирования профилей гидрофизических параметров и измерения течений в толще вод создали предпосылку к пониманию возможности осуществления мониторинга окраинных морей и всего Мирового океана.

Актуальнее стал вопрос о необходимости разработки принципиально новых технологий и технических средств экспериментальных исследований на подспутниковых полигонах, создания новых измерительных каналов и приборов, позволяющих производить прямые измерения *in situ* горизонтальных и вертикальных скоростей течений в водной толще; осуществлять в морской воде определение концентрации минеральной взвеси и взвешенного органического вещества; регистрировать наличие и концентрацию растворённых в морской воде веществ.

Разработка новых измерительных каналов, их лабораторные и натурные испытания, создание методик измерений в комплексе с другими гидрофизическими измерительными каналами, исследование влияния изменчивости граничных условий на показания новых измерительных каналов требуют серьёзного технологического обеспечения всего комплекса работ.

При этом необходимо отметить, что новые измерительные каналы отличаются высокой частотой опроса и большими массивами передаваемой информации.

Лабораторные и натурные испытания этих каналов могут быть проведены только при использовании волоконно-оптической линии связи между погружаемым и бортовым устройствами измерительного комплекса.

Для решения сформулированных задач целесообразно создать технологическую платформу, позволяющую:

- обеспечивать интеграцию в составе базового информационно-измерительного комплекса технологической платформы, существующих измерительных каналов океанологических параметров;

- ассимилировать в базовый комплекс технологической платформы новые измерительные каналы, а именно:

- идентификации и определения концентрации минеральной взвеси и взвешенного органического вещества в морской воде;

- регистрации растворённых в морской воде веществ;

- обеспечивать без ограничений электропитанием измерительный комплекс.

Лабораторией методологии и технических средств океанологических исследований Института океанологии РАН создана Специальная технологическая платформа для разработки, испытаний и аттестации новых измерительных каналов параметров морской среды.

Технологическая платформа включает в себя:

1. Функциональную схему многоканального измерительного гидролого-оптико-химического комплекса.

2. Волоконно-оптическую линию связи, состоящую из морской электрической лебёдки, оснащённой волоконно-оптическим кабель-тросом, многовходовыми оптическими модемами погружаемого и бортового устройств (мультиплексорами), вращающимся волоконно-оптическим переходом.

3. Погружаемое гидролого-оптико-химическое измерительное устройство.

4. Бортовое устройство гидролого-оптико-химического измерительного комплекса.

Основным элементом специальной технологической платформы для разработки, испытаний и аттестации новых из-

мерительных каналов параметров морской среды является функциональная схема многоканального измерительного гидролого-оптико-химического комплекса (МГОХК), приведённая на рис.1.

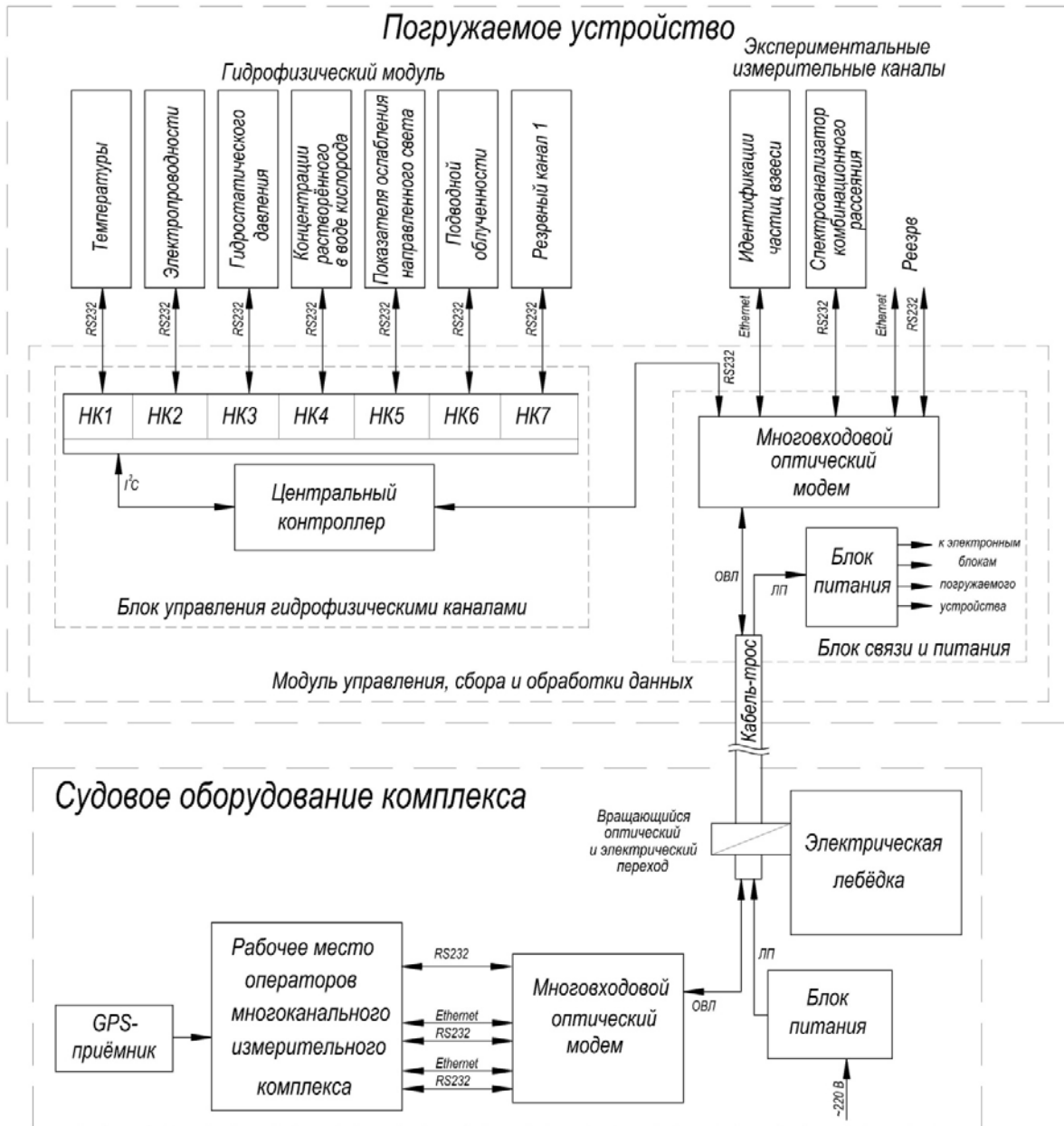


Рис.1. Функциональная схема многоканального измерительного гидролого-оптико-химического комплекса (МГОХК)

Функциональная схема многоканального измерительного гидролого-оптико-химического комплекса технологической платформы обеспечивает интеграцию в своём составе существующих измерительных океанологических каналов и технически перспективна для существенного расширения в своём составе функции интеграции вновь создаваемых измерительных каналов.

Функциональная схема комплекса может использоваться в двух режимах.

Первый вариант: левая часть функциональной схемы (1-6 – измерительные каналы и 7 – резервный канал) построена аналогично схемам зондов гидрологических и может обеспечивать их работу, передавая информацию по кабель-тросу и не используя волоконно-оптическую линию связи.

Второй вариант: информация, получаемая всеми каналами, передаётся через нормализующие для каждого канала контроллеры, и далее через центральный контроллер, многоходовой оптический модем (мультиплексор), волоконно-оптическую линию связи, вращающийся оптический переход информация передаётся в бортовой многоходовой оптический модем (демультиплексор) на рабочее

место оператора многоканального измерительного комплекса.

Примечание. Функциональная схема позволяет одновременно использовать оба режима сбора и передачи информации от погружаемого в бортовое устройство технологической платформы.

После создания макета функциональной схемы многоканального измерительного гидролого-оптико-химического комплекса технологической платформы и его лабораторных испытаний были сформулированы требования к основным узлам технологической платформы с учётом оснащения её погружаемого и бортового устройств волоконно-оптической линией связи. Детальная проработка показала, что с целью уменьшения диаметра используемого волоконно-оптического кабель-троса и уменьшения количества каналов в оптико-волоконном вращающемся переходе целесообразно использовать кабель-трос с одиночной волоконно-оптической линией (вторая линия – резервная), а для передачи сигналов использовать многоходовые оптические модемы.

На рис. 2 представлена специальная волоконно-оптическая кабель-тросовая лебёдка морская электрическая.



Рис. 2. Лебёдка морская электрическая

Технические характеристики лебёдки:

Длина кабель-троса – 350 м

Тяговое усилие – 200 кг

Габариты лебёдки в сборе –
1400×900×1000 мм

Масса (с кабель-тросом волоконно-оптическим D - 9.4 мм, L - 350 м) – 420 кг

Ленточный тормоз с ручным винтовым приводом и дублированный храповой механизм автоматического стопора барабана

Вращающиеся переходы (оптико-волоконный и электрический 8-дорожечный).

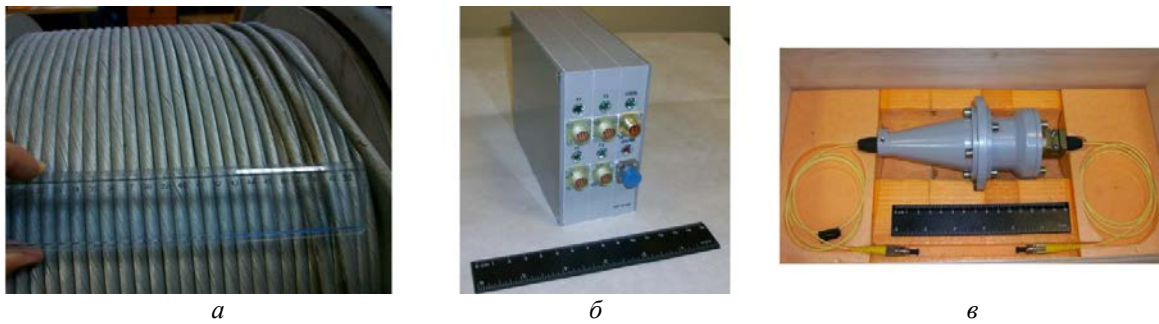


Рис. 3. Компоненты волоконно-оптической линии связи
а – кабель-трос; б – мультиплексор; в – вращающийся переход

Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) укомплектована: а) кабель-тросом; б) мультиплексором; в) вращающийся переходом (рис. 3). Оптико-волоконный канал обеспечивает сквозную передачу четырёх каналов Fast Ethernet 100 Mbit и одного канала RS485.

Характеристики кабель-троса:

Оптико-волоконные жилы:

две одномодовые волоконные жилы

Электрические жилы: одна витая пара $2 \times 0,35 \text{ мм}^2$; две силовые жилы $0,7 \text{ мм}^2$

Диаметр кабеля – 9,4 мм

Количество повивов брони – два

Разрывная нагрузка кабеля – 55 кН

Максимально допустимая нагрузка по условию работоспособности оптических волокон – 18 кН

На рис. 4 показано погружаемое устройство многоканального гидролого-оптико-химического измерительного комплекса технологической платформы, который включает в себя: 1 – узел подвеса; 2 – измерительный канал квантовой нисходящей облучённости; 3 – несущая рама канала идентификации частиц взвеси; 4 – несущая рама гидрофизического модуля; 5 – измерительный канал показателя ослабления направленного света; 6 – измерительный канал растворённого кислорода; 7 – STD-зонд; 8 – модуль управления, сбора и обработки данных гидрофи-

зического модуля; 9 – блок связи и питания; 10 – измерительный канал идентификации частиц взвеси.

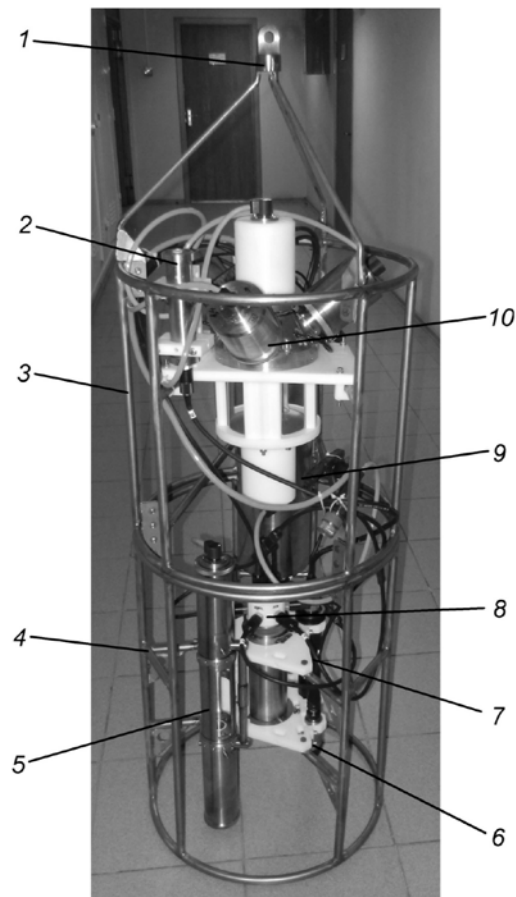


Рис. 4. Погружаемое устройство многоканального гидролого-оптико-химического измерительного комплекса технологической платформы

На рис. 5 показаны результаты зондирования (акватория Голубой бухты (г. Геленджик) 11.08.2012 г.; глубина более 200 м). Представлен общий вид экрана рабочего места оператора гидрофизических каналов комплекса.

На рис. 6 приведён пример регистрации частиц планктона телевизионной камерой измерительного канала идентификации частиц взвеси в морской воде.

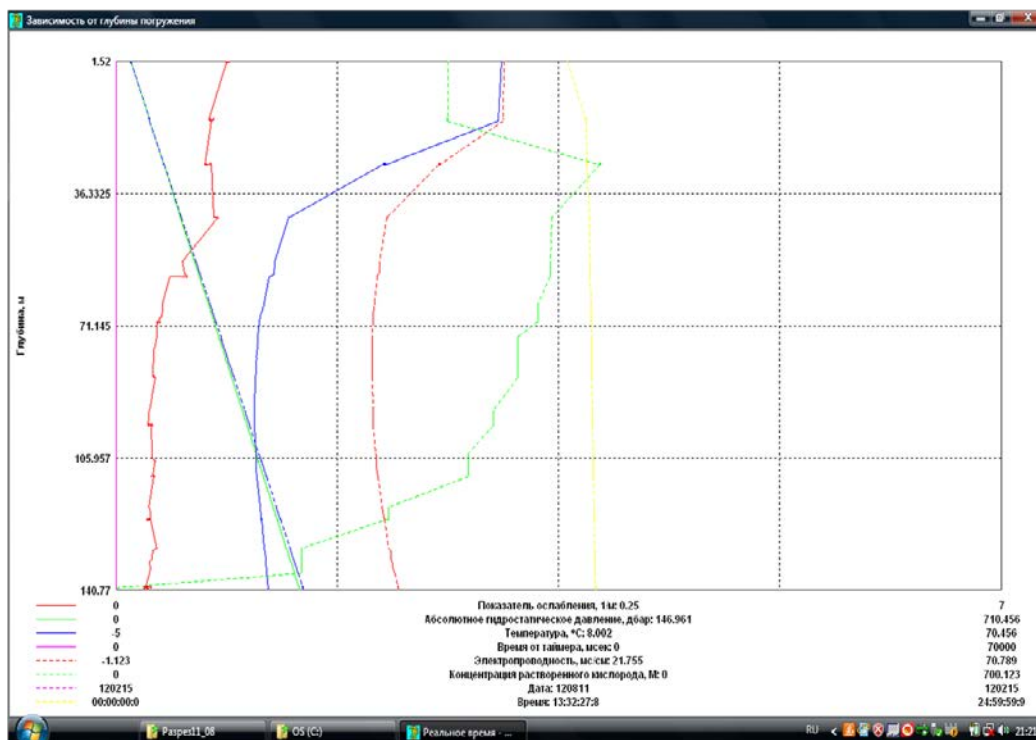


Рис.5. Результаты зондирования акватории

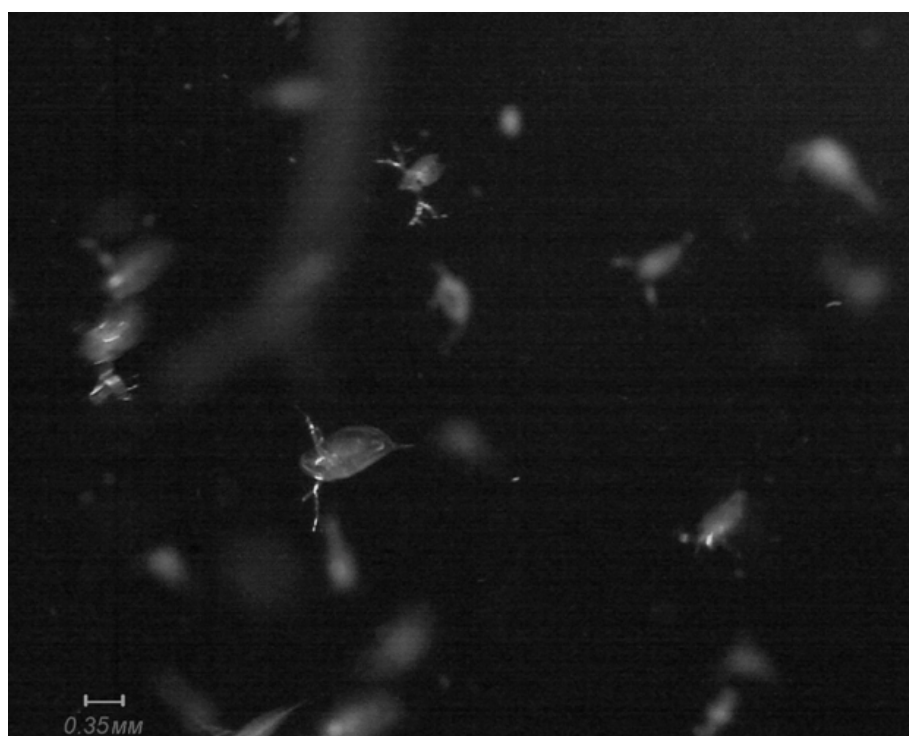


Рис. 6. Пример регистрации частиц планктона

Библиографический список

1. Бреховских Л.М., Кошляков М.Н., Федоров К.Н. Полигонный гидрофизический эксперимент в тропической зоне Атлантики // Доклады АН СССР. 1971. Т. 198, № 6. С. 1434-1437.
2. Смирнов Г.В., Еремеев В.Н., Агеев М.Д., Коротаев Г.К., Ястребов В.С., Мотыжев С.В. Океанология: средства и методы океанологических исследований. М.: Наука, 2005. 795 с.
3. Смирнов Г.В., Кушнир В.М., Шадрин А.Б., Заикин В.М. Комплекс автономных измерителей течений: патент СССР № 1163272; опубл. 23.06.1985; бюл. № 23. 7 с.
4. Ястребов В.С., Соболев Г.П., Смирнов А.В. и др. Системы и элементы глубоководной техники подводных исследований: справочник. Л.: Судостроение, 1981. 304 с.
5. Смирнов Г.В., Кушнир В.М., Шадрин А.Б., Шамрай Б.В. Зондирующий комплекс профиля скоростей течения: патент СССР № 3502837; опубл. 30.02.83; бюл. № 4.
6. Смирнов Г.В., Фендриков А.Н. Способ производства подводных работ и обитаемый подводный комплекс для его осуществления: пат. РФ № 239955; опубл. 29.09.2010, бюл. № 26.
7. Войтов Д.В. Подводные аппараты. М.: АСТ; Астрель, 2002. 303 с.

Информация об авторах

Смирнов Геннадий Васильевич, академик РАН, доктор технических наук, заведующий лабораторией методологии и технических средств океанологических исследований, Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН. E-mail: gvsmirnov@ocean.ru. Область научных интересов: океанологическое приборостроение, экспериментальные исследования явлений и механизмов в океане, автоматизация океанологических экспериментальных исследований.

Оленин Антон Леонидович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории методологии и технических средств океанологических исследований, Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН. E-mail: olenant@hotmail.com. Область научных интересов: проектирование и изготовление гидролого-оптико-химических многоканальных, глубоководных измерительных комплексов, проведение их лабораторных и морских испытаний.

FUNCTIONAL CHART OF A MULTICHANNEL HYDROLOGIC-OPTICAL-CHEMICAL MEASURING COMPLEX AND NEW MEASURING CHANNELS OF HYDROPHYSICAL PARAMETERS

© 2015 G. V. Smirnov, A. L. Olenin

P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation

The results of the analysis of design and development of data measuring systems of oceanographic parameters in the 60-70s and 80-90s are presented in the paper. Data measuring systems based on the CAMAC standard (created under the leadership of academician Nesterikhin Y.E.) had a great influence on the design of instrumentation. However, their direct use in oceanographic measurements proved impossible. It so happened because of the need for in situ measurement of parameters at a considerable distance from the control devices. A basic structural arrangement of a measurement system was developed by the end of the 80s and oceanographic

sounding towed autonomous measuring systems were created, certified and put into practice. They were used for experimental studies in the ocean in the range from seconds to tens of days in time and from centimeters to hundreds or thousands of kilometers in distance. Measuring channels are being developed on the basis of high-speed data receivers (television cameras, acoustic devices). A structural arrangement of a multi-channel hydrological- optical- and chemical measuring complex that makes it possible to assimilate in its composition measuring channels of oceanographic parameters at different information rates has been developed. A process platform for the development, testing and certification of new measurement channels for the parameters of the marine environment has been designed and built on the basis of this scheme. The results of full-scale tests of the process platform carried out on the Black Sea near Gelendzhik are presented.

Synoptic variability of the ocean; assimilation of observations; primary transducer; thermodynamic model of the ocean; intercalibration of sensors; submersible probe; identification of suspended particles; functional chart; multi-channel immersion measurement system; fiber-optic communication line; electric winch; experimental probing of the ocean.

References

1. Brehovskih L.M., Koshlyakov M.N., Fedorov K.N. Hydrophysical poligon-experiment in the tropical zone of the Atlantic. *Doklady ANUSSR*. 1971. V 198, no. 6. P. 1434-1437. (In Russ.)
2. Smirnov G.V., Ereemeev V.N., Ageev M.D., Korotaev G.K., Yastrebov V.S., Motyzhev S.V. *Okeanologiya: sredstva i metody okeanologicheskikh issledovaniy* [Oceanology: the means and methods of Oceanographic research]. Moscow: Nayka Publ., 2005. 795 p.
3. Smirnov G.V., Kyshnir V.M., Shadrin A.V. *Kompleks avtonomnykh izmeriteley techeniy* [Complex autonomous measuring currents]. Patent USSR no.1163272, 1985. (Publ. 23.06.1985., bul. no. 23. P. 7)
4. Yastrebov V.S., Sobolev G.P., Smirnov A.V. *Sistemy i elementy glubokovodnoy tekhniki podvodnykh issledovaniy: spravochnik* [Systems and components of deep-sea underwater research techniques]. Leningrad: Sydstoroenie Publ., 1981. 304 p.
5. Smirnov G.V., Kyshnir V.M., Shadrin A.V., Shamray B.V. *Zondiruyushchiy kompleks profilya skorostey techeniya* [Complex for probing the velocity profile of the flow] Patent USSR, no. 1070484, 83. (Publ. 30.02.83; bul. № 4).
6. Smirnov G.V., Fendrikov A.N. *Sposob proizvodstva podvodnykh rabot i obitaemyy podvodnyy kompleks dlya ego osushchestvleniya* [A method of subsea production and manned underwater complex for its implementation]. Patent RF no. 2399552, 2010. (Publ. 29.09.2010, bul. №26).
7. Voytov D.V. *Podvodnye apparaty* [Underwater vehicles]. Moscow: ACT, Astrel Publ., 2002. 303 p.

About the authors

Smirnov Gennady Vasilievich, Doctor of Science (Engineering), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Methodology and Hardware for Oceanological Research, P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation. E-mail: gvsmirnov@ocean.ru. Area of Research: oceanological instrument engineering, exper-

imental oceanology, automatization of oceanological research.

Olenin Anton Leonidovich, Senior Researcher, Laboratory of Methodology and Hardware for Oceanological Research, P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation. E-mail: olenant@hotmail.com. Area of Research: development and designing of hydro- opto- chemical complexes for deep-water research.