

УДК 681:551.46.09

СОЗДАНИЕ ПОДВОДНОГО БУКСИРУЕМОГО ВИДЕОКОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОИСКА И ИССЛЕДОВАНИЙ МОРСКИХ ГАЗОГИДРАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Лискин В.А., Егоров А.В., Анисимов И.М., Руссак Ю.С.

ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» РАН, Москва, e-mail: liskin@ocean.ru

Объектом исследований являются скопления на морском дне газогидратов, относящихся к перспективным энергетическим ресурсам, и технические средства, необходимые для их поиска и разведки. Целью исследований является разработка телеуправляемого придонного комплекса и видеоаппаратуры для него, регистрирующей в том числе пузырьковую разгрузку метана. Комплекс предназначен для обнаружения и исследований морских газогидратных скоплений, что связано в том числе с исследованиями аномалий содержания метана в осадочном слое дна. Выполнена разработка и изготовление подводного видеомодуля с видеосистемой высокого разрешения, обеспечивающей эффективный выбор рабочей зоны применения разрабатываемой аппаратуры. Одной из основных частей передающей видеокамеры является оптическая подсистема, включающая наружное защитное стекло и несколько сменных объективов, обладающих различными углами зрения. Решены основные задачи по разработке и реализации структурных и функциональных схем подводного видеокомплекса, электрических схем отдельных электронных узлов и комплекса в целом. Определен и апробирован принцип взаимодействия между составными частями видеокомплекса. Разработаны оптимальные конструктивные решения создания комплекса, а также проведены макетирование и отработка информационного взаимодействия составляющих микропроцессорных контроллеров и вспомогательных электронных узлов. Реализована возможность включения в состав комплекса эхолота, позволяющего определять расстояние от аппарата до дна, а также передавать информацию о режимах буксировки на борт судна обеспечения по оптоволоконному кабель-тросу. В результате исследований и разработок создан подводный буксируемый видеокомплекс, являющийся одним из компонентов комплекса технических и методических средств исследований природных газовых гидратов в акваториях.

Ключевые слова: газовые гидраты, подводный, буксируемый, видеокомплекс, телекамера, светильники

CREATION OF UNDERWATER TOWED VIDEO COMPLEX FOR SEARCHING AND RESEARCH OF MARINE GAS-HYDRATE DEPOSITS

Liskin V.A., Egorov A.V., Anisimov I.M., Russak Yu.S.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow, e-mail: liskin@ocean.ru

The object of research is the accumulation of gas hydrates on the seabed, related to promising energy resources, and the technical means necessary for their search and exploration. The aim of the research is to develop a remotely controlled bottom complex and video equipment for it, recording, inter alia, the bubble discharge of methane. The complex is designed to detect and study marine gas hydrate accumulations, which is associated, among other things, with studies of methane anomalies in the sedimentary layer of the bottom. The development and manufacture of an underwater video module with a high-resolution video system that provides an effective choice of the working area for the application of the developed equipment has been completed. One of the main parts of the transmitting video camera is the optical subsystem, which includes an external protective glass and several interchangeable lenses with different viewing angles. The main tasks for the development and implementation of structural and functional circuits of an underwater video complex, electrical circuits of individual electronic components and the complex as a whole have been solved. The principle of interaction between the constituent parts of a video complex is defined and tested. The optimal design solutions for the creation of the complex were developed, as well as the prototyping and refinement of the information interaction of the components of microprocessor controllers and auxiliary electronic nodes. The ability to include an echo sounder in the complex, which allows you to determine the distance from the apparatus to the bottom, as well as transmit information about the towing modes to the side of the support vessel via a fiber optic cable – cable, has been realized. As a result of research and development, an underwater towed video system was created, which is one of the components of a complex of technical and methodological tools for researching natural gas hydrates in water areas.

Keywords: gas hydrates, underwater towed, video module, TV camera, LED lights

Для исследований газогидратных энергетических ресурсов окраинных морей России в ближайшем обозримом будущем предполагается достаточно интенсивное использование подводной буксируемой видеоаппаратуры, которая ранее использовалась в достаточно широком спектре исследований акваторий. Ее применяют для исследования микрорельефа и особенностей строения морского дна, для поиска

и выполнения обследования затонувших судов, проведения спасательных работ. С ее помощью проводятся осмотровые работы подводных частей различных гидротехнических сооружений, изучение обстановки в местах предполагаемых подводных работ. Глубоководные видеокомплексы успешно применяются при сильных течениях, в широком диапазоне температур и практически неограниченное время. Существенным фак-

тором, ограничивающим дальность видения в воде, является ослабление света в воде из-за его поглощения и рассеяния, из-за чего в значительной степени ограничивается область использования средств подводной видеотехники. На этапе детального обследования подводного объекта и его классификации прежде всего ведется визуализация подводного объекта, а дальнейшие исследования достигаются как фотографическими, так и телевизионными средствами. Проведенные исследования по изучению газовых гидратов на дне показывают эффективность применения для этих целей подводных телеуправляемых видеокомплексов. В этой связи, прежде всего, были рассмотрены теоретические модели механизмов вертикального переноса метаносодержащих флюидов, на основании которых происходит формирование скоплений газовых гидратов на дне, а также предложены оригинальные технические решения по конструированию комплекса гидрохимической аппаратуры для исследований и количественных расчетов восходящих потоков химических элементов через морское дно.

Назначение и область применения

Основным назначением создаваемого глубоководного буксируемого видеокомплекса является поиск и оценка ресурсов газогидратных месторождений, что является достаточно непростой задачей. В этой связи следует отметить, что предполагаемые ресурсы залежей морских газогидратов представляют собой привлекательный, но все еще не вовлеченный в практическую плоскость вид энергетического сырья. В настоящее время только начинается развитие технологий поиска, разведки и освоения месторождений газовых гидратов, но многие вопросы, связанные с этой проблемой, остаются нерешенными. В этой связи предлагается, например, проведение целенаправленных исследований на уже открытых газогидратных месторождениях с целью определения тех параметров видеоизображений объектов исследований, которые следует получать с помощью буксируемых видеосредств. Далее, следует использовать микрокомпьютерную обработку полученных материалов непосредственно на борту видеокомплекса, с целью возможности «распознавания образов», а именно, признаков наличия газовых гидратов на полученных видеоизображениях. Основным назначением подводного буксируемого видеокомплекса является обследование морского дна в режиме буксировки, в местах предполагаемого присутствия газовых гидратов в осадках. Передача получаемых

видеоизображений должна осуществляться по оптоволоконному кабель-тросу на цифровые средства регистрации, находящиеся на судне. Кроме того, буксировки видеокомплекса для обследования дна проводятся в местах, которые связаны с локализацией мест подводной пузырьковой разгрузки газа со дна и намеченных для последующих постановок донных станций. По выделению газов осуществляется локализация бактериальных матов, а также мест возрастания плотности бентосных организмов с чем, в свою очередь, связаны признаки мест нахождения на дне газовых гидратов. Следует отметить, что обработка получаемых массивов видеоданных с помощью современных компьютерных технологий и технологий «распознавания образов» в режиме реального времени позволит значительно повысить вероятность обнаружения признаков наличия газовых гидратов непосредственно в процессе буксировки. Кроме того, видеокомплекс может быть применен для специальных постановок донных станций в выбранных местах, по результатам предварительно проведенных видеосъемок. Другим возможным использованием буксируемого видеокомплекса является поиск, идентификация и фиксация координат затонувших объектов.

Специфика подводной видеотехники

Применение средств подводной видеоаппаратуры в реальных условиях имеет свою специфику, связанную со свойствами воды как оптической среды. Световой поток, проходя через толщу водной среды, ослабляется, то есть происходит его поглощение и рассеяние и вследствие этого падение интенсивности. Поглощение и рассеяние светового потока осуществляется не только водой, но и содержащимися в ней взвешенными частицами и растворенными веществами. Вопросу выбора оптимальных источников света в подводной видеотехнике уделяется большое внимание, так как дальность обнаружения объектов и качество изображения напрямую связаны с условиями освещения. На определенном этапе разработок подводной видеотехники проводились исследования условий и эффективности применения подводных светильников различной мощности. В результате опыт исследований с применением видеосистем показал, что, как правило, необходимо опытным путем подбирать оптимальные источники света как по мощности, так и по спектральному составу. Кроме того, необходимо оптимально подбирать расположение источников света относительно наблюдаемого объекта, так же как приемника отраженного

света. Многочисленные исследования показали, что мощные источники подсветки следует использовать только в очень прозрачной среде. Там, где водная среда менее прозрачна, следует использовать несколько источников небольшой мощности, в связи с тем, что в малопрозрачной воде мощные лампы вызывают сильное обратное рассеяние света. Далее отметим, что одним из эффективных средств видеорегистрации является подводная фотография. Подводная фотография обладает высокой разрешающей способностью, информативностью, а также возможностью масштабирования и размножения получаемых материалов. Кроме того, в подводной фотографии существует возможность создания стереоэффекта, что позволяет получить большую пространственно-информационную емкость формы изображения. Другим более эффективным способом визуального обнаружения объектов и их исследования является подводное телевидение, которое позволяет получать видеоинформацию о подводных объектах непосредственно в момент обнаружения, обеспечивает большую производительность съемки и соответствующие оперативные возможности. В итоге отметим, что при работе рассматриваемых оптических видеосредств свет, в общем случае, последовательно проходит цепь: источник освещения – водная среда – приемник отраженного света. При этом решающее влияние на дальность видимости и на качество изображения оказывает водная среда, ее первичные и зависящие от них вторичные оптические характеристики [1–3].

Подходы к созданию комплекса

Проведенный анализ последовательности и условий этапов разработок видеокомплекса показал, что следует создавать проектируемый телеуправляемый видеокомплекс, предназначенный для обнаружения и исследования газовых гидратов, в виде двух независимых подсистем, а именно: блока буксируемого видеокомплекса и постановочного блока донной станции с автономной видеосистемой. Отметим при этом, что в режиме буксировки видеокомплекс должен выполнять свою основную функцию – видеонаблюдение за поверхностью дна и при необходимости фотографирование объектов на дне. Предлагаемое функциональное и аппаратное разделение видеокомплекса на две подсистемы: буксируемый видеомодуль и устанавливаемую с автономной видеосистемой донную (возможно гидрохимическую) станцию – позволит решить многие проблемы. Так, в режиме обследования акваторий бук-

сируемый комплекс освобождается от необходимости транспортировать в течение многих часов неиспользуемую подсистему постановочного блока гидрохимической станции. Далее, в соответствии с программой исследований, с буксируемым видеокомплексом на этапе постановки стыкуется донная станция. Используя предлагаемую схему, буксируемый видеокомплекс позволит прицельно вывести донную станцию на выявленный в ходе предыдущих видеосъемок объект (место подводной разгрузки газообразных углеводородов и флюидов) и провести точную постановку донной гидрохимической станции.

Особенности разработок и реализации

На базе проведенных предварительных исследований выполнена разработка принципиальных схем и базовых блоков буксируемого видеокомплекса. Согласованы рабочие параметры различных элементов комплекса и разработаны электронные блоки, необходимые для синхронизации работы элементов комплекса. Рассчитаны оптимальные размеры и определены материалы для изготовления элементов конструкции, разработана спецификация комплектующих элементов. Проведено макетирование элементов конструкции и электроники видеосистемы как буксируемого, так и постановочного модуля, а также комплекса аппаратуры сбора гидрохимических данных. Рассмотрены особенности реализации и применения подводных видеосистем, сформулированы требования к источникам заливающего света подводных видеосистем, на основании чего предложена методика расчета фотометрических характеристик светового поля. Проведенные работы позволили предложить способы гибкого комплексирования элементов и оптимальные режимы сборки, отладки и испытаний световидеокомплекса и блока гидрохимической аппаратуры в его составе.

Конструкторская проработка

Проведена конструкторская проработка компоновки буксируемого видеокомплекса. Предложена несущая рама, состоящая из трех эллиптических контуров, сваренных из нержавеющей трубы диаметром 40 мм. Эти три контура соединены вертикальными трубными стойками. Дополнительные трубы, сваренные между вертикальными стойками, служат для крепления светильников и корпуса фотовидеокамеры. Подвес для блоков изготавливается из полосы нержавеющей стали. Он крепится на осях в передней половине рамы к центральному эллипсу. Крепление светильников (светиль-

ники на базе светодиодных матриц особой яркости) осуществляется с помощью специальных хомутов. Бортовой эхолот также крепится с помощью хомутов. Стабилизаторы из листовой нержавеющей стали привариваются к раме со стороны, противоположной подвесу. Для блока питания предусмотрено место ниже оси крепления подвеса, а для его фиксации вварены две несущие трубы. Для лучшего обтекания видеокomплекса и защиты внутренних элементов от ударов о посторонние предметы предусмотрен съемный защитный кожух [4, 5].

Описание и принципы работы

Основным режимом работы подводного буксируемого видеокomплекса является режим телевидения, при котором производится получение и запись телевизионного изображения морского дна. Для решения этих задач, в процессе буксировки с судового устройства управления на подводный носитель по кабелю передаются команды управления видеокамерой, включения видеозаписи, регулирования четкости изображения и выключения видеозаписи. Получаемое телевизионное изображение записывается в блоки памяти компьютера подводного носителя и, кроме того, передается в судовой блок, откуда поступает на вход судового видеомонитора. При этом оператором на судне ведется наблюдение видеоизображения морского дна и показаний эхолота. На основании получаемой информации оператор, с помощью органов управления судовой лебедкой, может эффективно управлять движением подводного буксируемого видеокomплекса, сводя до минимума возможность ударов о дно и, соответственно, повреждения подводного носителя.

Конкретный функциональный состав носителя подводного буксируемого видеокomплекса включает: несущую раму со стабилизаторами, обтекателем и балластными грузами, блок телекамеры, прочный корпус, телекамеру и, при необходимости, фотоустановку.

Блок управления включает: прочный корпус, комплект передатчика и приемника для передачи видеосигнала по оптоволоконной линии связи, плату эхолота, плату управления, плату коллектора, антенну эхолота с кабелем, светодиодные светильники, блоки питания светильников, блок микрокомпьютерных компонентов.

Судовое оборудование подводного буксируемого видеокomплекса включает: судовой приемо-передающий блок, микрокомпьютерный блок управления и индикации, комплект передатчика и приемника для передачи видеосигнала по оптоволоконной ли-

нии связи, блок питания, развязывающий трансформатор, буксировочный оптоволоконный кабель-трос, длиной до 3000 м, герметичные электроразъемы.

Основные технические характеристики, подводного буксируемого видеокomплекса:

глубины буксировки – 2000–3000 м, скорость буксировки – до 2 узлов, максимальное расстояние от дна до подводного буксируемого видеокomплекса не более 4 м (зависит от прозрачности воды), максимальная дальность действия бортового эхолота 100 м, минимальное расстояние от дна – 0,3 м, буксировочный оптоволоконный кабель-трос с герморазъемами 3500 м, тип ламп освещения – матрицы светодиодные 2–4 шт., мощность одного светильника 100 Вт.

Постановочный блок комплекса

Постановочный блок комплекса был разработан на базе «лендера ИО РАН». Блок, в дополнение к прототипу, имеет видеосистему, независимую от видеосистемы буксируемого комплекса. Задача этой видеосистемы – отслеживать во времени масштабы и изменчивость газовыделения со дна в ближайшей окрестности от точки постановки донного комплекса. Предполагается также снабдить постановочный модуль простыми видеосистемами для фиксации основных этапов срабатывания автоматики постановочного блока (наблюдение за подвижными элементами). Видеофотоконтроль работы подсистем постановочного блока (контроль выполнения заданных программ работы подсистем, включающих подсистему автоматического пробоотбора, а также подвижных крышек рабочего и фонового боксов) позволит повысить надежность интерпретации данных, собранных комплексом во время экспозиции на дне. Возможна установка дополнительных подсистем внутреннего и внешнего видеонаблюдения для расширения функциональных возможностей комплекса.

Внешняя и внутренняя видеосистемы

Внешняя видеосистема постановочного комплекса должна охватить наблюдением всю окружающую постановочный комплекс среду и иметь от одной до четырех камер. Количество камер определяется функциональной необходимостью, а увеличение числа камер связано с техническими возможностями. Возможно решение этой проблемы созданием поворотного устройства, с помощью которого одна камера последовательно обходит все секторы обзора. При этом необходимо соответствующее перемещение осветительного устройства.

Кроме того, использование нескольких видеокамер требует высокой энергооборуженности. Более простым вариантом является использование фотокамер с частотой кадров порядка 1–5 мин. Однако за такой интервал времени могут быть пропущены важные периоды изменчивости параметров подводной разгрузки газообразных углеводородов и флюидов. Эта проблема требует детальной проработки в дальнейшем. Внутренняя видеосистема постановочного комплекса предназначена для технического видеонаблюдения за функционированием аппаратуры комплекса и может иметь всего одну камеру с широким углом обзора, размещенную на верхнем периметре рамы, посередине между блоками автоматического пробоотбора. Как показали эксперименты, с этой позиции видны все элементы пробоотборников. Кроме того, нет необходимости использовать непрерывно работающую видеокамеру для технического наблюдения, для этого достаточно сделать несколько фотоснимков, согласованных по времени со срабатыванием шприцев (пробоотборников) [6, 7].

Заключение

Выполнена разработка, предложены комплекс аппаратуры и ее компоновка в составе подводного видеоконструкта, на базе несущей рамы со стабилизаторами и обтекателем, на которую установлены блоки телекамеры и управления, светодиодные светильники, блоки питания и блоки обеспечения информационного обмена данными. Разработана и создана подсистема передачи видеосигнала от подводного источника к судовому приемнику, по кабельной оптоволоконной линии связи. Отработана оптическая система передающей видеокамеры, состоящей из наружного защитного стекла и одного или нескольких дистанционно сменяемых объективов, имеющих различные углы зрения. Базируясь на исследованиях влияния гидрооптических характеристик среды на специфику функционирования видеооптических средств под водой, были разра-

ботаны, изготовлены и включены в состав подводного буксируемого видеоконструкта модернизированная видеосистема, а также источники заливающего света, что обеспечило увеличение дальности видимости видеоконструкта. Были проведены предварительные испытания комплекса функциональных блоков видеосистемы, системы осветителей, а также основные узлы управляющего блока бортовой микрокомпьютерной подсистемы. Разработаны и испытаны элементы судового блока, обеспечивающие управление и оптимальные режимы работы, подводного свето- и видеоконструкта. Разработанный и испытанный глубоководный буксируемый видеоконструкт является одним из компонентов, создаваемых технических и методических средств исследования природных газовых гидратов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0128-2021-0010).

Список литературы

1. Егоров А.В., Рожков А.Н. Формирование залежей газовых гидратов в подводных грязевых вулканах // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2010. № 5. С. 102–112.
2. Римский-Корсаков Н.А., Егоров А.В., Лискин В.А. Обзор и обоснование методов обнаружения и исследования газовых гидратов // Научное обозрение. Технические науки. 2018. № 1. С. 27–31.
3. Пальшин Н.А. Электромагнитные методы исследования геологического строения дна морей и океанов // Современные методы и средства океанологических исследований «МСОИ-2015»: материалы XIV Международной научно-технической конференции. М., 2015. Т. 1. С. 304–305.
4. Саломатин А.С., Юсупов В.И., Верещагина О.Ф., Черных Д.В. Акустическая оценка концентрации метана в областях пузырьковой разгрузки // Акустический журнал. 2014. Т. 60. № 6. С. 636–644.
5. Сергеев В.В., Карпов В.В., Прибылов Ю.С., Соколов В.А. Активная система подводного видения для автономных необитаемых подводных аппаратов // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2019. Вып. 2. С. 53–61.
6. Гамазов Н.И., Новиков В.И. Моделирование движения кабельной линии подводного аппарата в пакете Blender Game Engine // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Приборостроение. 2017. № 3. С. 47–64.
7. Зеньков А.Ф., Матрюков С.И. Состояние и тенденции развития систем оперативной океанологии в ВМС зарубежных стран // Навигация и гидрография. 2016. № 45. С. 69–76.