

УДК 629.5

Пушкарев Игорь Игоревич,
Ведущий инженер-программист,
АО «Концерн «Моринформсистема-Агат»
г. Владивосток, Российская Федерация

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ ПОДСИСТЕМА МОРСКОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация:

Несмотря на заметный прогресс в разработке и создании морской роботизированной техники, в вопросах создания масштабируемой ИУП МРС, функционирующей в реальном времени, мы находимся в самом начале пути. В настоящей работе представлены результаты этапа работы – описаны созданные экспериментальные образцы элементов морской роботизированной системы и описан программный комплекс, предназначенный для экспериментальной проверки и уточнения требований к ключевым компонентам информационной модели и алгоритмов работы информационно-управляющей подсистемы.

Ключевые слова:

автономный необитаемый подводный аппарат, АНПА, автономный носитель гидрофизической аппаратуры переменной плавучести, АНГАПП, безэкипажный катер, БЭК, морская роботизированная система, информационно-управляющая подсистема

Для освоения необходимых компетенций и технологий в области создания морских робототехнических систем АО «Концерн «Моринформсистема-Агат» силами Дирекции по проектам на Дальнем Востоке провел научно-исследовательскую работу по созданию экспериментального образца морской роботизированной системы (МРС). Основу коллектива составили выпускники Дальневосточного Федерального Университета, участники и победители международных соревнований по подводной робототехнике.

В состав системы входят:

- Экспериментальный образец автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА);
- Экспериментальный образец автономного носителя гидрофизической аппаратуры переменной плавучести (АНГАПП) [1];
- Экспериментальный образец безэкипажного катера (БЭК);
- Экспериментальный образец информационно-управляющей подсистемы, обеспечивающей работу всех устройств в единой подводно-надводной системе связи (ИУП).

АНПА представляет собой подводную универсальную платформу, для испытания новых технологий и оборудования. Аппарат способен работать как в автономном, так и в телеуправляемом режиме на кабеле. Все приборы и устройства АНПА размещены в отдельных гермоблоках, соединенных между собой разъемными гермокабелями и герморазъемами. Это позволяет быстро и удобно заменять устройства на новые или подключать дополнительные. Также предусмотрен внутренний отсек АНПА под дополнительное оборудование, в который выведены стандартные интерфейсы для подключения и питания устройств. Гермоблоки и элементы плавучести размещаются на алюминиевой раме. Рама является главным несущим элементом конструкции. Поверх рамы с оборудованием устанавливается легкий стеклопластиковый корпус обтекаемой гидродинамической формы.



Рисунок 1 Экспериментальный образец АНПА

АНПА оснащен пятью подводными движителями: 2 вертикальных движителя, 2 горизонтальных движителя и 1 – горизонтальный лагочел. Такая конфигурация движителей обеспечивает высокую маневренность АНПА в телеуправляемом и автономном режиме. Для обеспечения навигации аппарат оснащен модулем ориентации, лазерным измерителем скорости [2], датчиком глубины и GPS/ГЛОНАСС модулем. На аппарат установлена цифровая видеокамера со светодиодными светильниками на поворотном кронштейне. Угол поворота ± 90 градусов.

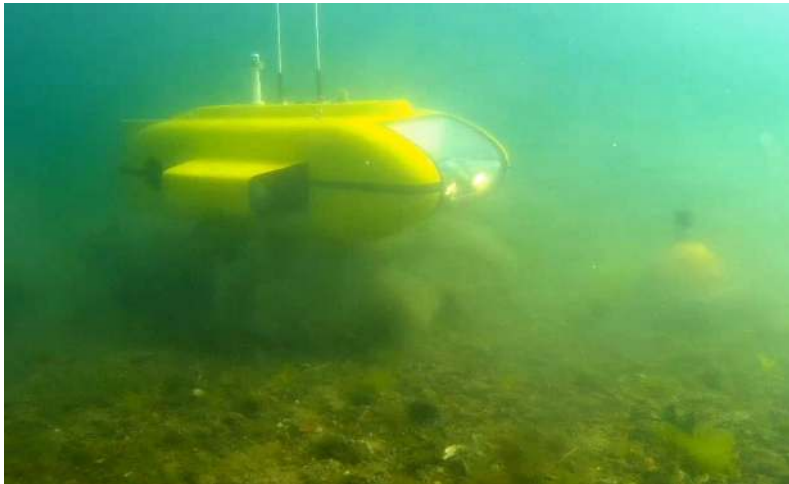


Рисунок 2 Испытания экспериментального образца АНПА

АНПА снабжен тремя видами связи: проводная Ethernet связь для работы в режиме телеуправления, Wi-Fi радиосвязь, УКВ радиосвязь и гидроакустическая система связи (ГАСС). Энергопитание аппарата обеспечивают 4 литий-ионные батареи, ёмкостью 1 кВт*ч каждая.

Основной системы управления является основной компьютер стандарта PC/104+ (PCM-3362) [3] и 32-х битный навигационный контроллер. Основной компьютер выполняет задачи, к которым предъявляются относительно высокие вычислительные требования и нет необходимости в «жестком» реальном времени. К таким задачам относятся ведение по маршруту, выполнение плана миссии, решение навигационной задачи и выполнение алгоритмов системы технического зрения.

Задачи менее вычислительно нагруженные, но требующие «жесткого» реально времени выполняет навигационный контроллер. Это – расчет регуляторов по глубине, курсу и дифференту; выработ-

ка необходимых управляющих команд для каждого движителя; управление и получение данных с устройств, объединенных в CAN сеть; контроль устройств на аварии/затекания и выполнение аварийных процедур.

АНГАПП это автономная платформа в форме буя, с управляемой системой погружения-всплытия. Прибор способен погружаться, удерживаться на заданной глубине, проводить геофизические измерения и осуществлять передачу накопленных данных по радиоканалу после всплытия.



*Рисунок 3 Экспериментальный образец
АНГАПП перед испытаниями*

Погружение/всплытие осуществляется путем изменения собственной плавучести. Прибор оснащен резиновым компенсатором, в который закачивается/выкачивается гидравлическое масло, благодаря чему изменяется общий объем прибора и соответственно плавучесть. На АНГАПП установлен GPS/ГЛОНАСС приемник, совмещенный со светомаяком в одном прозрачном корпусе в верхней крышке. Основное назначение светомаяка - облегчение обнаружения прибора в сложных метеоусловиях и ночное время суток. Вторая функция - это индикация о состоянии прибора.

Общее управление АНГАПП осуществляет одноплатный компьютер, который выполняет заданную миссию погруже-

ния/всплытия. Она формируется в специальном программном приложении на посту оператора. Программное приложение поста оператора АНГАПП предназначено для управления буюм, либо группой буюв путем радиосвязи, либо с использованием подводной гидроакустической связи. Приложение отображает телеметрию выбранного АНГАПП, текущее положение прибора на географической карте и позволяет передавать команды управления. Все дополнительные датчики и оборудование подключается к АНГАПП с помощью CAN-шины.

Каждый АНГАПП оборудован гидроакустическим модемом с гидрофоном, который реализует гидроакустическую связь с подводными объектами. Безэкипажный катер — это надводный аппарат на базе гидроцикла, способный работать как в автономном, так и в телеуправляемом режиме.



Рисунок 4 Экспериментальный образец БЭК

БЭК построен на базе гидроцикла BRP SPARK – 2up 900 HO ACE IBR [4]. Это двухместный гидроцикл массой 184 кг, и оснащенный 4-тактным 3-цилиндровым бензиновым мотором мощностью 90 л. с.

На БЭКе установлен блок автопилота, который осуществляет управление двигателем гидроцикла и приводом сопла водомета, а также внешним оборудованием. Привод сопла водомета реализован на базе линейного актуатора, реализующего возвратно-поступательное движение через гибкое соединение на сопло водомета.

БЭК снабжен двумя видами радиоканалов: Wi-Fi для высокоскоростного скачивания данных, и отладки программного обеспечения

БЭК и радиоканалом 868 МГц для управления и передачи телеметрии на дальнее расстояние (до 15 км).

Основой блока автопилота является 32-х битный микроконтроллер и одноплатный компьютер ODROID C2, объединенные в Ethernet сеть через сетевой коммутатор.

Для обеспечения навигации аппарат оснащен модулем ориентации, и GPS/ГЛОНАСС приемником. Также БЭК оснащен светомаяком, для отображения текущего состояния катера и автоматическим размыкателем для транспортировки и сброса в нужный район элементов морской роботизированной системы (в частности транспортировки АНГАПП).

Для объединения элементов морской роботизированной системы в единое концептуальное, организационное и техническое целое, необходима информационно-управляющая подсистема, которая являлась бы системообразующим центром и выполняла бы своего рода функцию «головного мозга» МРС. Не будет преувеличением сказать, что именно от того, как построена ИУП, зависит, в конечном счёте, останется ли МРС лишь механической совокупностью специальных технических средств, привлекаемых для решения каких-то частных задач, или же превратится в унифицированную платформу информационно-управляющего пространства морских операций, обладающую не только ресурсом, необходим для проведения масштабных и сложных операций, но и эвристичностью, позволяющей развивать МРС в новых, заранее не предусмотренных направлениях.

Параллель между ИУС и головным мозгом не выглядит преувеличением, если даже просто перечислить основные, лежащие на поверхности, задачи, которые на неё возлагаются:

1. Проработка замысла морской операции, оценка принципиальной её исполнимости при имеющихся ресурсах, предварительное моделирование возможных вариантов её выполнения, выбор оптимального варианта.
2. Общее планирование морской операции в части задач, решаемых как отдельными сетями (сеть сенсоров, сеть связи, сеть исполнительных элементов), так и отдельными приборами. Проработка временных диаграмм, определение точек синхронизации, оценка необходимых материально-технических и временных резервов.
3. Проработка деталей операции на математических моделях и программно-аппаратных эмуляторах с одновременной имитацией возможных изменений внешних (гидрологических, метеорологических, тактических и пр.), оценка допустимых границ изменения условий, а при необходимости - разработка резервных вариантов (этапов) плана.

4. Подготовка МРС к выполнению операции: кодирование программ (скриптов), передача управляющих программ и скриптов приборам и роботам, контроль за предварительным развёртыванием необходимой инфраструктуры (сети сенсоров, сети связи, резервных элементов), тестирование и проверка готовности МРС к проведению операции.
5. Обеспечение информационной совместимости всех элементов МРС на основе общей функциональной модели системы, общей объектной модели предметной области и общего унифицированного набора протоколов информационно-технического взаимодействия.
6. Управление морской операцией, информационное взаимодействие с внешними информационными и командными системами, мониторинг и отображение обстановки в районе операции, контроль и отображение хода операции и состояния технических средств.
7. Контроль за выполнением подготовленных планов, принятие оперативных решений, подготовка оптимальных вариантов и рекомендаций по выходу из нештатных ситуаций.
8. Документирование хода операции, действий отдельных её элементов и решений, принимаемых должностными лицами.
9. Ретроспективный анализ предыдущих операций с возможностью детального восстановления общего хода и отдельных фаз, анализа взаимного положения объектов и их информационного взаимодействия, оценки действий должностных лиц и анализа ошибок.

Экспериментальная ИУП МРС представляет программный пакет, обеспечивающий прием данных со всех элементов морской роботизированной системы, их классификацию и отображение в едином информационном пространстве.

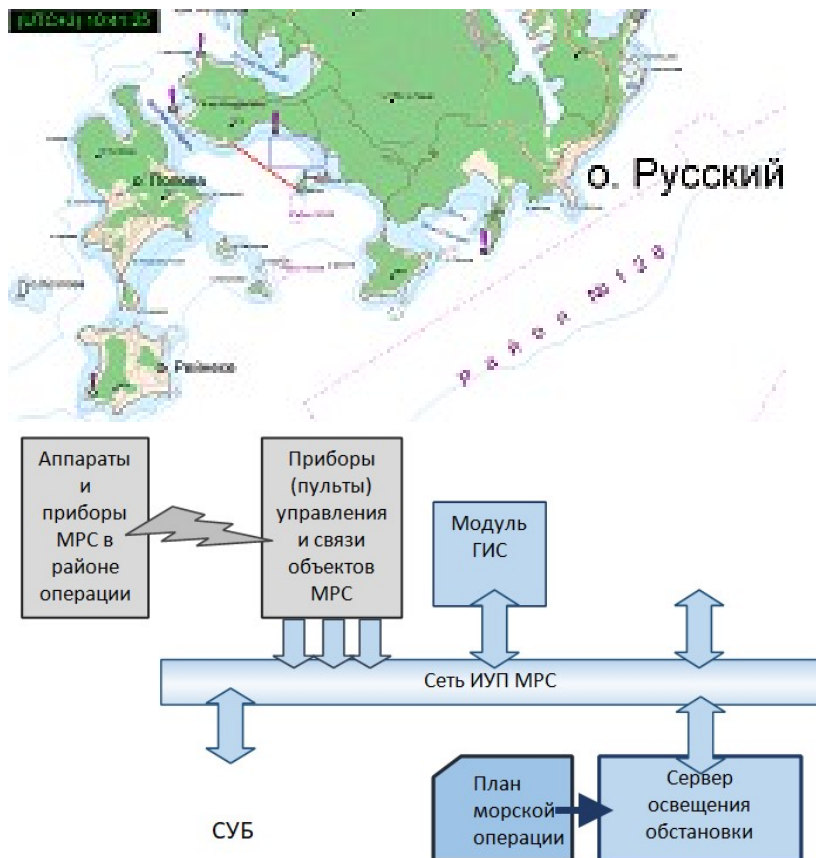


Рисунок 5 Функциональная схема ИУП МРС

Информационно-управляющая подсистема оперирует с формализованными представлениями некоторых существенных свойств, характеристик и состояний объектов реального мира, руководствуясь при этом набором правил и алгоритмов, описывающих возможные изменения состояний и реакции элементов системы на воздействия. Говоря иными словами, реальные сущности представлены в информационно-управляющей подсистеме информационными и математическими моделями, совокупность которых образует информационную модель предметной области МРС.

Ключевым элементом реализации информационной модели ИУП МРС является база данных. БД ИУС выполняет функции хранилища структурированных данных, описывающих МРС в той её части,

которая относится к сфере интереса, компетенции и ответственности ИУС. При этом существенные, значимые черты реальной МРС представлены в БД ИУС с той степенью подробности, которая достаточна для решения задач ИУС, и с той степенью условности, которая позволяет применять к МРС и её составным элементам общие, унифицированные и формализованные подходы.

Практически все задачи информационно-управляющей системы МРС требуют учёта текущего и прогнозируемого положения объектов контроля между собой, относительно Земли и внешних объектов обстановки. Этим обстоятельством объясняется особенно значение, придаваемое в ИУП МРС алгоритмам решения геоинформационных задач и способам представления информации в географическом контексте.

В качестве основы для решения геодезических и картографических задач в концептуальном прототипе ИУП МРС был выбран открытый картографический сервис OpenStreetMap [5].

Передача данных от пультов оператора элементов морской роботизированной системы к ИУП и обратно производится через WebSockets over SSL/TLC(RFC 6455) [6]. Физически эти соединения могут быть как проводные (медный или оптический кабели), так и через радиоканал.

Каждому объекту в сети присваивается уникальный идентификатор, согласно которому ИУП однозначно определяет тип объекта, его основные характеристики и возможности, используя свою базу данных.

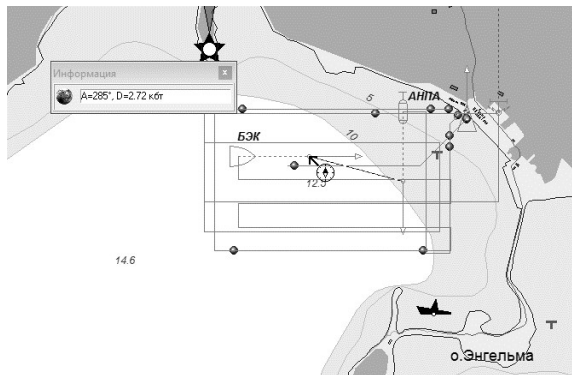


Рисунок 6 Отображение элементов МРС в ИУП

Выше перечисленное в большей степени выражает информационную составляющую ИУП. Реализация управляющей составляющей для разнородных автономных элементов МРС сложна и требует значительных ресурсов и реализуется по этапам. На текущем этапе она

реализована в упрощенном виде и представляет из себя передачу текстовых команд/сообщений из ИУП на соответствующий пульт оператора элемента МРС, с которого осуществляется управление или кодировании автономного аппарата в соответствии с заданным описанием.

Система, представленная в данной работе, является одним из важных шагов на пути построения промышленного действующего программного комплекса.

Список используемых источников

1. Болотов В. В., Голуб Н. А., Капшитар М. Д., к.ф.-м.н. Кобылянский В. В., Пушкарёв И. И., Сергеев Н. С. Автономный носитель гидрофизической аппаратуры переменной плавучести // Состояние, проблемы и перспективы создания корабельных информационно – управляющих комплексов. Сборник докладов научно – технической конференции. – М.: ОАО «Концерн «Моринсис – Агат». – 2017. – С. 214–217.
2. Растопов С. Ф. Бесконтактные лазерные и оптические датчики скорости и пути// Информатизация и Системы Управления в Промышленности 2016, № 4(64)
3. Описание РСМ-3362 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prosoft.ru/cms/f/428721.pdf>
4. Описание гидроцикла BRP SPARK – 2up 900 HO ACE IBR [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sea-doo.com/watercraft/rec-lite/sea-doo-spark.html>
1. 5.OpenStreetMap [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openstreetmap.org/#map=3/69.62/-74.90>
5. Описание RFC 6455 [Электронный ресурс]. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6455>

Pushkarev Igor,

Leading Software Engineer,
Concern Morinformsystem-Agat JSC
Vladivostok, Russian Federation

INFORMATION CONTROL SUBSYSTEM FOR THE UNMANAGED MARINE DEVICES

Abstract:

Despite the notable progress in the development and creation of underwater robotic technology, in the conditions of creating a scalable ICS MRS functioning in real time, we are at the very beginning of the path. In this paper, the results of the work stage are presented – elements MRS and a software package designed for experimental verification and specification of requirements for key components of the information model and algorithms of the ICS MRS work is presented.

Key words:

autonomous underwater vehicle, AUV, autonomous carriers of hydrophysical variable-buoyancy equipment, ACHAVB, autonomous surface vehicles, ASV, marine robotic system, information control system