

Пашкевич Иван Владимирович – e-mail: iv@bk.ru; 197373, Санкт-Петербург, пр-т Авиа-конструкторов, 32, кв. 168; тел.: +79119330006; главный специалист.

Martynova Liubov Alexandrovna – JSC CSRI Elektropribor; e-mail: martynowa999@bk.ru; 49, pr. Rimskogo-Korsakova, ap. 1, Saint-Petersburg, 190068, Russia; phone: +79219411395; senior scientist; leading scientist.

Mashoshin Andrey Ivanovich – e-mail: aimashoshin@mail.ru; 30, Malaya Posadskaya street, Saint-Petersburg, 197046, Russia; phone: +79217632345; professor; head of department.

Pashkevich Ivan Vladimirovich – e-mail: iv@bk.ru; 32, pr. Aviakonstruktorov, ap. 168, Saint-Petersburg, 197373, Russia; phone: +79119330006; chief specialist.

УДК 004.942+519.876.5+001.57

А.И. Машошин, А.В. Шафранюк

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ОБСТАНОВКИ В АКВАТОРИИ*

Целью работы является краткое описание программного комплекса и вычислителя (ПКВ), разработанного под руководством авторов в обеспечение создания распределенной системы наблюдения (РСН) для освещения обстановки в Арктике. Создание РСН является сложной научно-технической задачей, что обусловлено: существенным влиянием на эффективность РСН гидроакустических условий в районе развертывания, зависящих от времени года и суток, а также взаимного позиционирования элементов РСН и режимов их работы; существенным различием гидроакустических условий в различных районах, в которых планируется развертывание РСН; сложными алгоритмами управления функционированием РСН; дороговизной и сложностью морской отработки различных вариантов развертывания и функционирования РСН. Разработка ПКВ является одним из эффективных путей создания РСН, который позволит найти оптимальные решения развертывания и функционирования РСН путем их моделирования. Задачами ПКВ являются: обеспечение синтеза РСН в части пространственной конфигурации его компонент, организации обмена данными, выбора режимов мультиагентного управления системой и т.п.; возможность проведения моделирования заданных эпизодов с использованием как встроенных моделей алгоритмов функционирования, так и рабочих вариантов; наличие экспертной системы, позволяющей осуществлять расчёт показателей эффективности функционирования по результатам моделирования. При этом разработанный ПКВ позволяет осуществлять сопровождение РСН в течение всего их жизненного цикла, выполняя на каждом из этапов определённую задачу, позволяя снизить затраты и сократить время разработки РСН: на этапе аванпроекта либо НИР ПКВ решает задачи моделирования; на этапе технического проектирования – выбора параметров и моделирования алгоритмов обработки информации; на этапе рабочего проекта – отработки программного обеспечения; на этапе испытаний – поддержки проведения испытаний; на этапе сопровождения – коррекции и доработки развёрнутых систем. В работе приводится описание структуры аппаратной части и программного обеспечения ПКВ, а также взаимодействия между его отдельными компонентами.

Освещение подводной обстановки; распределенная сетевая система подводного наблюдения; программно-аппаратный комплекс.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 14-08-01006-а).

A.I. Mashoshin, A.V. Shafranyuk

THE COMPUTER COMPLEX FOR THE SPATIAL DISTRIBUTED SURVEYING SYSTEM MODELING

The purpose of the work is the brief description of the firmware complex (FC), developed under the management of the authors for the support of creation of the distributed surveillance system (DSS) aiming to work in Arctic. Creation of DSS is complex scientific and technical problem, which is caused: by essential influence on the effectiveness of DSS of the hydroacoustic conditions in the region of the work, which depend on the time of the year and on mutual positioning of DSS elements and on their operation modes; by the essential difference in the hydroacoustic conditions in different regions, in which the DSS work is planned; by complexity of DSS control algorithms; by high costs and complexity of the experimental works with DSS in natural conditions. FC development is one of the effective paths of DSS creation, which make it possible to find the optimal solutions of DSS development and functioning by their simulation. The tasks which FC fulfils are: the support in DSS synthesis, exactly: optimal configuration of DSS components, organization of data exchange, the selection of multi-agent control system regimes, etc; the possibility of conducting the simulation of the assigned episodes with the use of both the built-in models of operation algorithms and of the working versions; the expert system which is a part of FC uses the simulation results to calculate the effectiveness of DSS functioning. This developed FC allows DSS support throughout their life cycle, performing at each stage of a certain task, allowing you to reduce costs and shorten development time DSS: at the stage of preliminary design or research DSS solves the problem of modeling; at the stage of technical design – the choice of parameters and modeling of data processing algorithms; at the stage of working project – mining software; at the stage of testing – testing support; accompaniment on stage – correction and refinement of deployed systems. The work contains the description of the structure of FC apparatus and software, and also interaction between its components.

The underwater surveillance; distributed network system; the firmware complex.

Введение. Учитывая большую протяженность морских границ России, одной из актуальных задач обеспечения её безопасности является создание эффективных систем морского наблюдения (СМН) в интересах решения следующих задач:

- ◆ контроль трафика морских судов и обеспечение безопасности движения;
- ◆ слежение, организация ловли и контроль ресурсов гидробионтов;
- ◆ обнаружение ближайших последствий катастроф, таких как разливы нефти;
- ◆ томография океанической толщи в интересах гидрографии и метеорологии;
- ◆ и др.

В последнее время во всем мире при создании СМН наметилась устойчивая тенденция перехода от сосредоточенных СМН с широкоапертурными антенными и большим энергетическим потенциалом к РСН, объединяющим на сетевой основе пространственно распределенные малогабаритные гидроакустические и неакустические датчики [1–6].

К РСН предъявляются следующие требования:

- ◆ подводное наблюдение с заданной эффективностью в назначенном районе;
- ◆ доведение за заданное время информации об обнаружении объектов, представляющих интерес, до потребителей;
- ◆ способность адаптироваться к текущим гидроакустическим условиям;
- ◆ управляемость, обеспечивающая изменение режимов работы подводных сенсоров;
- ◆ устойчивость к преднамеренному и непреднамеренному противодействию;
- ◆ надежность функционирования в течение заданного времени;
- ◆ ремонтпригодность;
- ◆ реализуемость, т.е. возможность быть созданной в приемлемые сроки и за приемлемую стоимость.

Создание РСН является сложной научно-технической задачей, что обусловлено:

- ◆ существенным влиянием на эффективность РСН гидроакустических условий в районе развертывания, зависящих от времени года и суток, а также взаимного позиционирования элементов РСН и режимов их работы;
- ◆ существенным различием гидроакустических условий в различных районах, в которых планируется развертывание РСН;
- ◆ сложными алгоритмами управления функционированием РСН;
- ◆ дороговизной и сложностью морской отработки различных вариантов развертывания и функционирования РСН.

Для создания РСН необходимо решить целый ряд научных задач, в частности:

- ◆ разработать алгоритмы оптимального позиционирования элементов РСН [7];
- ◆ разработать алгоритмы оптимального управления РСН [8, 9];
- ◆ разработать алгоритмы адаптации работы РСН к текущим гидроакустическим условиям в районе [10];
- ◆ исследовать зависимость бистатической силы цели для морских объектов различных классов [11];
- ◆ исследовать когерентность гидроакустических сигналов в диапазонах частот и гидроакустических условиях работы РСН [12].

Одним из эффективных путей создания РСН является разработка ПКВ, который позволит найти оптимальные решения развертывания и функционирования РСН путем их моделирования [13].

Задачами ПКВ являются:

- ◆ обеспечение синтеза РСН в части пространственной конфигурации его компонент, организации обмена данными, выбора режимов мультиагентного управления системой и т.п.;
- ◆ возможность проведения моделирования заданных эпизодов с использованием как встроенных моделей алгоритмов функционирования, так и рабочих вариантов;
- ◆ наличие экспертной системы, позволяющей осуществлять расчёт показателей эффективности функционирования по результатам моделирования.

Анализ отечественной и зарубежной литературы не позволил выявить аналогичные разработки. Среди систем, аналогичных описываемому ПКВ, наиболее близкими по технической сути являются тренажёры, одним из производителей которых является группа компаний «Транзас» [14]. Однако эти тренажёры направлены, в первую очередь, на обучение/тренировку либо аттестацию операторов и не решают задач анализа работы автоматических алгоритмов, а также не формируют данные для их отработки.

Другим представителем моделирующих систем является комплекс программ «Онтомап-В2» разработки СПИИ РАН [15]. Он обеспечивает моделирование процесса обнаружения морских объектов различными системами наблюдения. Однако набор реализованных в нем моделей отличается от набора моделей, реализованных в ПКВ. В частности, в нём отсутствует модель сетевого взаимодействия между элементами (абонентами) РСН, необходимой для работы с распределёнными системами.

К подобному типу моделирующих систем относится система моделирования Мирового океана WOSS (world ocean simulation system) [16]. Эта система в виде открытого программного продукта выложена в Интернете.

Целью работы является краткое описание ПКВ, разработанного под руководством авторов в обеспечение создания РСН для освещения подводной обстановки в Арктике.

Облик РСН. РСН является сложной системой, включающей в свой состав:

- ◆ различные каналы передачи информации и потребители данной информации, например, исследовательские и рыболовные суда, находящиеся в районе;
- ◆ донные антенны (станции) сейсмического мониторинга;
- ◆ автономные гидроакустические станции (АГС), способные принимать сигналы морских объектов в режимах шумопеленгования и мультистатической гидролокации, а также обмениваться сообщениями с потребителями информации;
- ◆ излучатели подсветки, обеспечивающие работу системы в режиме мультистатической гидролокации;
- ◆ и т.п.

При этом необходимо отметить важную особенность РСН, а именно мультиагентность управления ею [18–20]. Она вызвана несколькими причинами, основной из которых является низкая пропускная способность каналов гидроакустической связи. По этой причине в составе ПКВ требуется реализация как моделей функционирования систем управления в составе компонент, так и в составе центра управления РСН.

Использование ПКВ для поддержания жизненного цикла РСН. Основными отличительными особенностями разработанного ПКВ являются:

- ◆ наличие модели сетевой связи между элементами (абонентами) РСН [17];
- ◆ возможность обеспечения входными данными рабочих алгоритмов разрабатываемой системы;
- ◆ наличие моделей алгоритмов функционирования различных уровней (первичной, вторичной и комплексной обработки, а также выходов датчиков антенных решёток и ряда вспомогательных систем – навигационных, измерителей скорости звука и т.п.);
- ◆ расширенные пространства параметров моделей, позволяющие более гибко формировать модель системы.

ПКВ по существу является рабочим местом разработчиков РСН.

Процесс проектирования и сопровождения РСН показан на рис. 1. Как видно из рисунка, работа с ПКВ имеет определённую этапность. Основой для моделирования и разработки РСН с использованием ПКВ является модель РСН, формируемая моделями приёмных трактов, среды распространения сигнала, алгоритмов обработки и другими. На основе данной модели возможно как проведение синтеза РСН, так и непосредственно его моделирование (в том числе по результатам синтеза). В случае моделирования либо отработки рабочих алгоритмов могут быть получены оценки показателей эффективности, и с их использованием проводится коррекция и доработка рабочего ПО и алгоритмов, на основе чего разрабатывается РКД. При этом помимо решения практических задач разработки и отработки рабочих алгоритмов и программного обеспечения (ПО), существует обратная задача – коррекция моделей, на основе которых производится моделирование. Причём коррекция может затрагивать как уточнение моделей компонент РСН, так и уточнение моделей среды. В результате использование ПКВ в перспективе будет приводить к повышению адекватности имитации.

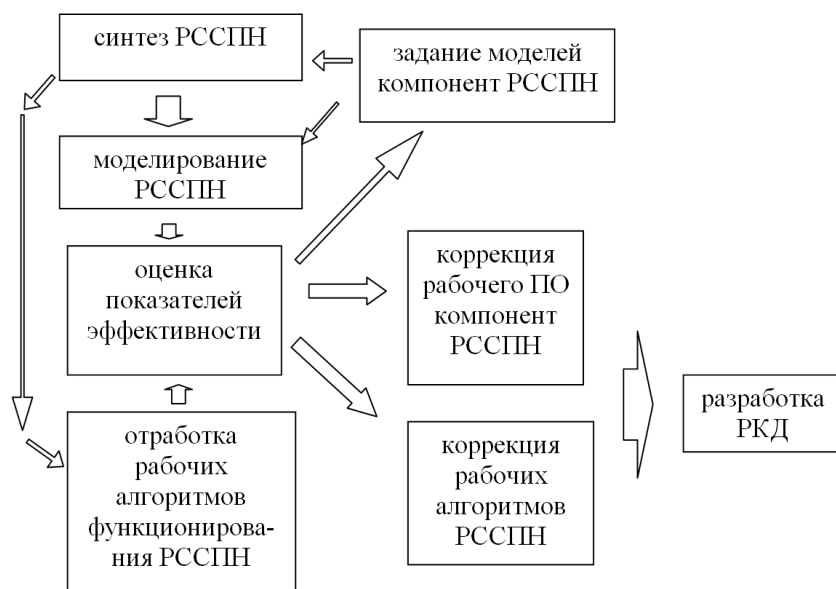


Рис. 1. Схема проектирования и сопровождения РСН с использованием ПКВ

Использование ПКВ на различных этапах жизненного цикла РСН приведено в табл. 1. Гибкость использования ПКВ достигается возможностью верифицировать параметры средств подводного наблюдения, параметры моделируемых морских объектов, географические и гидроакустические особенности района установки РСН, алгоритмы управления РСН [15, 16].

Таблица 1

Использование ПКВ для поддержания РСН на этапах её жизненного цикла

№ п/п	Наименование этапа	Назначение ПКВ
1	НИР, аванпроект	Моделирование в интересах: <ul style="list-style-type: none"> ◆ разработки концепции ИССПН; ◆ формирования технического задания; ◆ оценки эффективности РСН в различных условиях функционирования
2	Техническое проектирование	<ul style="list-style-type: none"> ◆ проектирование антенн; ◆ разработка алгоритмов функционирования элементов РСН и всей системы в целом; ◆ обоснование параметров алгоритмов; ◆ оценка эффективности РСН
3	Рабочее проектирование	<ul style="list-style-type: none"> ◆ разработка и отработка ПО
4	Испытания	<ul style="list-style-type: none"> ◆ проведение стендовых испытаний
5	Сопровождение серийного изделия	<ul style="list-style-type: none"> ◆ отработка возникших нештатных ситуаций; ◆ доработка и корректировка ПО; ◆ реконфигурация ИССПН для решения новых задач; ◆ коррекция моделей и их параметров

Структура аппаратной части ПКВ. Структура аппаратной части ПКВ приведена на рис. 2. Собственно аппаратная часть ПКВ представляет собой несколько универсальных вычислителей, объединённых в единую сеть коммутатором. При этом общее число вычислителей является ограниченным только снизу и определяется вычислительной ёмкостью задачи при выполнении моделирования. Сетевой вычислитель дополняется необходимым числом автоматизированных рабочих мест (АРМ), которые делятся на основные и дополнительные. К основным относятся АРМ:

- ◆ оптимизации параметров РСН;
- ◆ системы управления базой данных (СУБД);
- ◆ имитации тактической обстановки (ИТО).
- ◆ К дополнительным относятся АРМ:
- ◆ управления моделированием РСН;
- ◆ статистического анализа;
- ◆ программных моделей используемых в составе РСН систем (центр управления, пульта на кораблях обеспечения и т.п.);
- ◆ моделей сетевого взаимодействия компонент РСН и т.п.

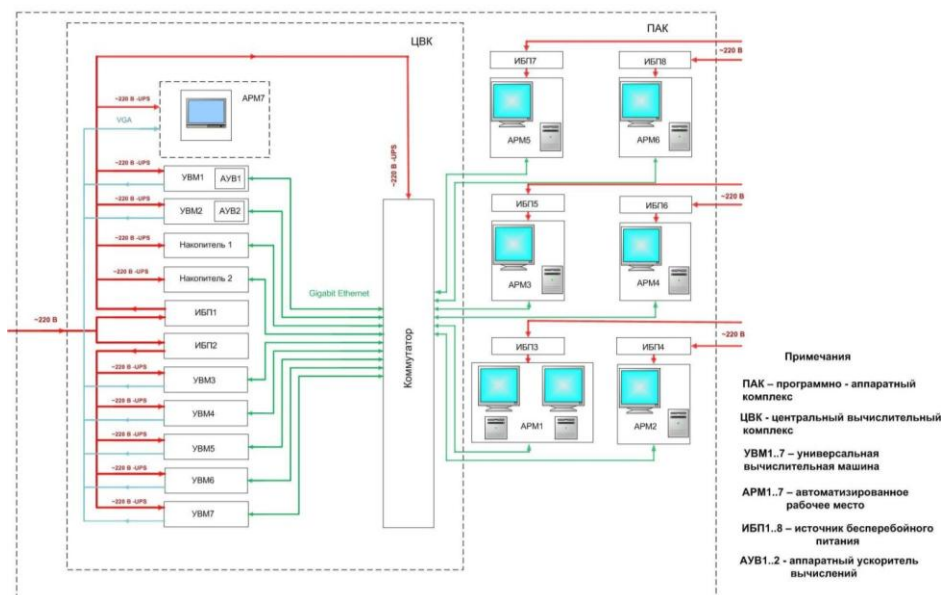


Рис. 2. Структура аппаратной части ПКВ

Рассматриваемый конкретный ПКВ построен с использованием объединённых в единый конструктив: семи универсальных вычислительных машин (УВМ1-УВМ7 на рис. 2), коммутатора, для объединения УВМ в вычислительную сеть, двух накопителей для сохранения информации, получаемой в ходе моделирования, а также терминала для обеспечения доступа к УВМ. При этом два УВМ оснащены спецвычислителями CUDA, необходимыми при имитации выходов датчиков антенных решёток в реальном времени. Стабильность электропитания системы обеспечивается двумя источниками бесперебойного питания (ИБП1 и ИБП2). Через коммутатор к стойке подключаются как основные, так и дополнительные АРМ (АРМ1-АРМ6), стабильность электропитания которых также обеспечивается источниками бесперебойного питания (ИБП3-ИБП8).

Структура программного обеспечения ПКВ. Структура ПО ПКВ и схема взаимодействия его составных частей приведены на рис. 3.

ПО ПКВ состоит из двух основных частей (выделены серым фоном):

- ♦ программы оптимизации параметров РСН 3, реализованной в виде отдельного модуля с графическим интерфейсом пользователя. В задачи программы входит оптимизация расположения компонент РСН, задания параметров их функционирования, включая режимы работы ретрансляторов, систем связи, излучателей и приёмников. Причём оптимизация параметров проводится для заданного отрезка времени и выбранной акватории Мирового океана. В качестве критерия оптимизации служит обеспечение максимальной вероятности выполнения поставленных перед РСН задач. Данное ПО может использоваться как при моделировании функционирования РСН, так и отдельно при проектировании РСН для заданного района;
- ♦ комплекса программ моделирования функционирования РСН. Задачами данного комплекса программ являются уточнение параметров РСН, полученных при оптимизации, для конкретных ситуаций, отработка алгоритмов и ПО и т.п.

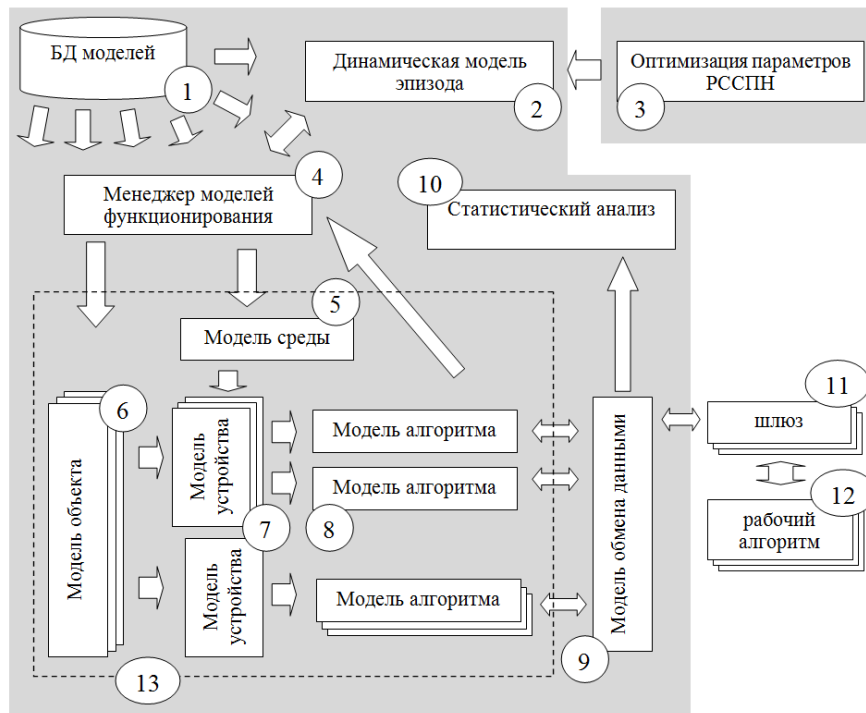


Рис. 3. Структура ПО ПКВ и схема взаимодействия его составных частей

ПО ПКВ представляет собой комплекс программ, включающий следующие основные компоненты:

- ♦ базу данных (БД) моделей 1 и СУБД (на рисунке не показана), реализующую её корректировку и наполнение в соответствии с параметрами используемых в ПКВ моделей. БД обеспечивает параметрами моделей все программы, которые входят в комплекс программ моделирования;

- ◆ библиотеку моделей, связанную с БД моделей, в задачи которой входит формирование откликов моделей на заданные входные воздействия. Так, например, для модели звукоотражения моделируемого объекта рассчитывается бистатистический эквивалентный радиус в зависимости от углов падения и отражения, параметров гидроакустического волновода и др.;
- ◆ статическую и динамическую модели моделируемого эпизода 2, включающие границы контролируемого района, проложенные линии проводной связи, расположение всех (или части) элементов РСН, параметры маневрирования всех объектов, программу излучения активных средств, и др.;
- ◆ менеджера моделей функционирования 4, в задачи которого входит масштабирование вычислений на произвольное число УВМ и обеспечение их взаимодействия с динамической моделью эпизода. То есть менеджер создаёт необходимое число программ 13 и перераспределяет их между УВМ, реализуя на каждой из них расчёт только части задействованных моделей;
- ◆ модель функционирования 13, которая создаёт общую модель объектов в эпизоде с использованием библиотеки моделей. При этом формируются модели собственно объектов 6, а также располагаемых на них устройств 7, которые определяются параметрами функционирования в БД, и содержат некоторый набор моделей алгоритмов 8, обменивающихся данными с использованием модели 9. К алгоритмам относятся модели первичной, вторичной, комплексной обработки информации в АГС, модели алгоритмов навигационных систем и т.п. При этом обмен данными может производиться как в рамках одного объекта 6, так и с учётом среды передачи данных (радио- или гидроакустический каналы либо линии проводной связи);
- ◆ модель обмена данными 9, обеспечивающую как взаимодействие алгоритмов в рамках одного объекта/устройства, так и между объектами по каналам радиосвязи, гидроакустической связи и проводных линий. При этом рассчитываются скорости передачи данных, вероятность доставки, а также занятость линий передачи. В качестве модели сети при этом используется граф, а маршрутизация пакетов периодически перестраивается с использованием алгоритма Дейкстры с учётом занятости линий, вероятности и времени доставки;
- ◆ алгоритмы статистического анализа 10, которые используются для сохранения в формате, совместимом с MatLab, данных, вырабатываемых алгоритмами и проходящих через модель сети. При этом на графическом интерфейсе пользователя отображается предварительно обработанная статистическая информация по вероятностям обнаружения и классификации моделируемых объектов, точностям определения их координат и параметров движения, а также вычисленные показатели эффективности работы РСН;
- ◆ шлюзы 11, предназначенные для обработки рабочего ПО и алгоритмов путём передачи данных, проходящих через модель сети, и преобразования их в формат рабочего ПО. Также возможна обратная связь путём преобразования и передачи структур выходных данных рабочего ПО;
- ◆ рабочее ПО 12, которое временно включается в структуру ПО модели РСН.

Выводы. В работе приведено краткое описание программного комплекса и вычислителя (ПКВ), предназначенного для моделирования распределенной системы наблюдения (РСН) в интересах поддержки разработки и сопровождения РСН на всех этапах их жизненного цикла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваленко В.В., Корчак В.Ю., Чулков В.Л. Концепция и ключевые технологии подводного наблюдения в условиях сетецентрических войн // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. – 2011. – Т. 4, № 3. – С. 49-64.
2. Пешехонов В.Г., Брага Ю.А., Машошин А.И. Сетецентрический подход к решению проблемы освещения подводной обстановки в Арктике // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2012. – № 3 (128). – С. 219-227.
3. Коваленко В.В., Корчак В.Ю., Хилько А.И., Чулков В.Л. Требования к сетецентрическим системам подводного наблюдения // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. – 2014. – Т. 7, № 1. – С. 22-26.
4. Коваленко В.В., Корчак В.Ю., Хилько А.И., Чулков В.Л. Вопросы противодействия сетевым системам подводного наблюдения и обеспечения их безопасности. Акустическая война систем под водой // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. – 2015. – Т. 8, № 3.
5. Коваленко В.В., Лучинин А.Г., Мареев Е.А., Малеханов А.И., Хилько А.И. Принципы организации перспективных акустических систем подводного наблюдения. Барьеры, зоны, мультистатика // *Труды XII Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики»*. – СПб.: Нестор-История, 2014. – С. 25-29.
6. Пешехонов В.Г., Машошин А.И. Сетецентрический подход к решению проблемы освещения подводной обстановки в Арктике // *Тезисы докладов Первого Всероссийского конгресса по сенсорному приборостроению*. – Кронштадт, 2015. – С. 14.
7. Машошин А.И. Алгоритм оптимального позиционирования мультистатической системы гидролокации // *Морская радиоэлектроника*. – 2013. – № 2 (в печати).
8. Машошин А.И. Алгоритмы управления интегрированной сетецентрической системой подводного наблюдения // *Материалы 6-й Всероссийской мультиконференции по проблемам управления (МКПУ-2013)*, Дивноморское, 2013. – Т. 4. – С. 112-116.
9. Хилько А.И., Коваленко В.В., Машошин А.И., Шафранюк А.В. Управление подводными платформами с помощью сетецентрической системы // *7-я Российская мультиконференция по проблемам управления: материалы конференции "Управление в морских и аэрокосмических системах" (УМАС-2014)*, г. Санкт-Петербург, 7-9 октября, 2014. – С. 700-708.
10. Коваленко В.В., Лучинин А.Г., Мареев Е.А., Малеханов А.И., Смирнов И.П., Хилько А.И. Принципы и методы адаптированного к изменчивости среды мультистатического ГА наблюдения // *Труды XII Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики»*, 2014. – СПб.: Нестор-История. – С. 412-415.
11. Хилько А.И., Смирнов И.П., Машошин А.И., Шафранюк А.В., Хилько А.А. Сила цели в океанических волноводах // *Акустический журнал*. – 2015. – Т. 61, № 3. – С. 377-386.
12. Хилько А.И., Смирнов И.П., Машошин А.И., А.В.Шафранюк, Раевский М.А. Влияние когерентности гидроакустических сигналов на эффективность мультистатического наблюдения // *7-я Российская мультиконференция по проблемам управления: Материалы конференции "Управление в морских и аэрокосмических системах" (УМАС-2014)*, г. Санкт-Петербург, 7-9 октября, 2014. – С. 787-797.
13. Машошин А.И., Шафранюк А.В. Программно-аппаратный комплекс для моделирования распределенных систем подводного наблюдения // *Материалы 8-й Всероссийской мультиконференции по проблемам управления*, Дивноморское, 28 сентября – 3 октября 2015 г. – Т. 3. – С. 193-196.
14. www.transas.ru/simulation.
15. www.oogis.ru/index.php/ontomap.
16. telecom.dei.unipd.it/ns/woss.
17. Брага Ю.А., Машошин А.И. Место сетевой подводной системы обмена данными в интегрированной сетецентрической системе подводного наблюдения // *Сб. докл. VI научно-практической конференции "Гидроакустическая связь и гидроакустические средства аварийно-спасательного назначения"*, 4-9 августа 2013 г., Волгоград. – С. 55-61.
18. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор) // *Новости искусственного интеллекта*. – 1998. – № 2. – С. 64-116.

19. Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания интеллектуальных систем управления предприятиями. – Самара: Офорт, 2015. – 290 с.
20. Innocenti B. A multi-agent architecture with distributed coordination for an autonomous robot. Ph.D. dissertation. – Universitat de Girona, 2009.

REFERENCES

1. Kovalenko V.V., Korchak V.Yu., Chulkov V.L. Kontsepsiya i klyuchevye tekhnologii podvodnogo nablyudeniya v usloviyakh setetsentricheskikh voyn [Concept and key technologies underwater observation in a network-centric warfare], *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika* [Fundamental and Applied Hydrophysics], 2011, Vol. 4, No. 3, pp. 49-64.
2. Peshekhonov V.G., Braga Yu.A., Mashoshin A.I. Setetsentricheskii podkhod k resheniyu problemy osveshcheniya podvodnoy obstanovki v Arktike [Network-centric approach to solving the problem of the underwater environment in the Arctic], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2012, No. 3 (128), pp. 219-227.
3. Kovalenko V.V., Korchak V.Yu., Khil'ko A.I., Chulkov V.L. Trebovaniya k setetsentricheskim sistemam podvodnogo nablyudeniya [Requirements for network-centric systems underwater observation], *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika* [Fundamentalnaya I Prilkadnaya Gidrofizika], 2014, Vol. 7, No. 1, pp. 22-26.
4. Kovalenko V.V., Korchak V.Yu., Khil'ko A.I., Chulkov V.L. Voprosy protivodeystviya setevym sistemam podvodnogo nablyudeniya i obespecheniya ikh bezopasnosti. Akusticheskaya voyna sistem pod vodoy [Questions counter-action network systems, underwater surveillance and without them-Council. Acoustic underwater warfare systems], *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika* [Fundamentalnaya I Prilkadnaya Gidrofizika], 2015, Vol. 8, No. 3.
5. Kovalenko V.V., Luchinin A.G., Mareev E.A., Malekhanov A.I., Khil'ko A.I. Printsipy organizatsii perspektivnykh akusticheskikh sistem podvodnogo nablyudeniya. Bar'ery, zony, mul'tistatika [The principles of perspective on the underwater acoustic systems-compliance. Barriers zone multistate], *Trudy XII Vserossiyskoy konferentsii «Prikladnye tekhnologii gidroakustiki i gidrofiziki»* [Proceedings of the XII All-Russian conference "Applied Technology hydroacoustic and Hydrophysics"]. St. Petersburg: Nestor-Istoriya, 2014, pp. 25-29.
6. Peshekhonov V.G., Mashoshin A.I. Setetsentricheskii podkhod k resheniyu problemy osveshcheniya podvodnoy obstanovki v Arktike [Network-centric approach to solving the problem of pro-lighting underwater environment in the Arctic], *Tezisy dokladov Pervogo Vserossiyskogo kongressa po sensornomu priborostroeniyu* [Abstracts Pervogo Vserossiyskogo Congress sensory instrumentation]. Kronshtadt, 2015, pp. 14.
7. Mashoshin A.I. Algoritm optimal'nogo pozitsionirovaniya mul'tistaticheskoy sistemy gidrolokatsii [Algorithm for optimal positioning multistaticheskoy of sonar], *Morskaya radioelektronika* [Marine Electronics], 2013, No. 2 (in press).
8. Mashoshin A.I. Algoritmy upravleniya integrirovannoy setetsentricheskoy sistemoy podvodnogo nablyudeniya [Control algorithms integrated network-centric system of underwater observation], *Materialy 6-y Vserossiyskoy mul'tikonferentsii po problemam upravleniya (MKPU-2013), Divnomorskoe, 2013* [Materials of the 6th All-Russian Conference on Multi-Control Sciences (ICCS 2013), Divnomorskoe 2013], Vol. 4, pp. 112-116.
9. Khil'ko A.I., Kovalenko V.V., Mashoshin A.I., Shafranyuk A.V. Upravlenie podvodnymi platformami s pomoshch'yu setetsentricheskoy sistemy [Management underwater platforms using network-centric system], *7-ya Rossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya: Materialy konferentsii "Upravlenie v morskikh i aerokosmicheskikh sistemakh" (UMAS-2014), g. Sankt-Peterburg, 7-9 oktyabrya, 2014* [7th Russian Multiconference on governance. Materials conference "Control in marine and aerospace systems" (UMAS 2014), St. Petersburg, October 7-9, 2014], pp. 700-708.
10. Kovalenko V.V., Luchinin A.G., Mareev E.A., Malekhanov A.I., Smirnov I.P., Khil'ko A.I. Printsipy i metody adaptirovannogo k izmenchivosti sredy mul'tistaticheskogo GA nablyudeniya [Principles and methods adapted to the changing environment multistaticheskogo GA observation], *Trudy XII Vserossiyskoy konferentsii «Prikladnye tekhnologii gidroakustiki i gidrofiziki» 2014* [Proceedings of the XII Whole-Russian conferences, of "Applied Technology hydroacoustic and Hydrophysics", 2014]. St. Petersburg: Nestor-Istoriya, pp. 412-415.

11. *Khil'ko A.I., Smirnov I.P., Mashoshin A.I., Shafranyuk A.V., Khil'ko A.A.* Sila tseli v okeanicheskikh volnovodakh [The strength of purpose in oceanic waveguides], *Akusticheskiy zhurnal* [Acoustical Physics], 2015, Vol. 61, No. 3, pp. 377-386.
12. *Khil'ko A.I., Smirnov I.P., Mashoshin A.I., A.V.Shafranyuk, Raevskiy M.A.* Vliyaniye kogerentnosti gidroakusticheskikh signalov na effektivnost' mul'tistaticheskogo nablyudeniya [Effect of coherence on the effectiveness of sonar signals multistatic observation], *7-ya Rossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya: Materialy konferentsii "Upravlenie v morskikh i aerokosmicheskikh sistemakh" (UMAS-2014), g. Sankt-Peterburg, 7-9 oktyabrya, 2014* [7th Russian Multiconference on governance. Proceedings of the conference "Control in the marine and aerospace systems" (UMAS 2014), St. Petersburg, October 7-9, 2014], pp. 787-797.
13. *Mashoshin A.I., Shafranyuk A.V.* Programmno-apparatnyy kompleks dlya modelirovaniya raspredelennykh sistem podvodnogo nablyudeniya [Hardware-software complex for modeling distributed systems underwater observation], *Materialy 8-y Vserossiyskoy mul'tikonferentsii po problemam upravleniya, Divnomorskoe, 28 sentyabrya – 3 oktyabrya 2015 g.* [Proceedings of the 8th Whole-Russian multiconference on governance, Divnomorskoe, 28 September – 3 October 2015], Vol. 3, pp. 193-196.
14. Available at: <http://www.transas.ru/simulation>.
15. Available at: <http://www.oogis.ru/index.php/ontomap>.
16. Available at: <http://www.telecom.dei.unipd.it/ns/woss>.
17. *Braga Yu.A., Mashoshin A.I.* Mesto setevoy podvodnoy sistemy obmena dannymi v integrirovannoy setetsentricheskoy sisteme podvodnogo nablyudeniya [Place an underwater network of exchange-governmental given in an integrated network-centric system-of underwater observation], *Sbornik dokladov VI nauchno-prakticheskoy konferentsii "Gidroakusticheskaya svyaz' i gidroakusticheskie sredstva avariyno-spatatel'nogo naznacheniya", 4-9 avgusta 2013 g., Volgograd* [Proceedings of the VI scientific-practical conference "Hydroacoustic communication and sonar rescue on values", 4-9 August 2013, Volgograd], pp. 55-61.
18. *Gorodetskiy V.I., Grushinskiy M.S., Khabalov A.V.* Mnogoagentnye sistemy (obzor) [Multi-agent systems (review)], *Novosti iskusstvennogo intellekta* [News Artificial Intelligence], 1998, No. 2, pp. 64-116.
19. *Rzhevskiy G.A., Skobelev P.O.* Kak upravlyat' slozhnyimi sistemami? Mul'tiagentnye tekhnologii dlya sozdaniya intellektual'nykh sistem upravleniya predpriyatiyami [How to manage complex systems? Mul-tiagentnye technologies for intelligent enterprise management systems]. Samara: Ofort, 2015, 290 p.
20. *Innocenti B.* A multi-agent architecture with distributed coordination for an autonomous robot. Ph.D. dissertation. Universitat de Girona, 2009.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. А.Г. Голубев.

Машошин Андрей Иванович – АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»; e-mail: aimashoshin@mail.ru; 197046, Санкт-Петербург, ул. Малая Посадская, 30; тел.: 89217632345; д.т.н.; профессор; начальник НИЦ интегрированных систем освещения обстановки.

Шафранюк Андрей Валерьевич – e-mail: andrey.shafranyuk@mail.ru; тел.: +79816878477; к.т.н.; начальник группы перспективных исследований в обеспечение создания интегрированных систем освещения обстановки.

Mashoshin Andrei Ivanovich – JSC "Concern" CRI "Electric appliance"; e-mail: aimashoshin@mail.ru; 30, Malaya Posadskaya street, Saint-Petersburg, 197046, Russia; phone: +79217632345; dr. of eng. sc.; professor; head of the Research Center of integrated lighting conditions.

Shafranyuk Andrei valer'evich – e-mail: andrey.shafranyuk@mail.ru; phone: +79816878477; cand. of eng. sc.; head of the Group of Advanced researches in ensuring the creation of underwater surveillance distribution integrated systems.