

УДК 626

Л.А. Мартынова, А.И. Машошин, И.В. Пашкевич, А.И. Соколов**АЛГОРИТМЫ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ
УПРАВЛЕНИЯ АНПА**

Рассматривается АНПА, в котором решение всего комплекса задач по его управлению на всех этапах выполнения миссии возложено на аппаратно-программный комплекс, называемый интегрированной системой управления (ИСУ), и включающий в себя все радиоэлектронные средства, так или иначе участвующие в управлении АНПА. Целью работы явилось описание алгоритмов функционирования каждой из подсистем ИСУ АНПА на каждом из этапов выполнения миссии. В состав ИСУ АНПА входят: подсистема управления, подсистема освещения обстановки (ПОО) по гидроакустическому и другим (при необходимости) каналам наблюдения, подсистема радиосвязи (ПРСв), подсистема гидроакустической связи (ПГАСв) с взаимодействующими объектами и прием сигналов подводных маяков-ответчиков, навигационная подсистема (НП), подсистема управления техническими средствами (ПУТС) АНПА (двигателем, рулями, манипуляторами и др. механизмами), подсистема обеспечения причаливания (ППр) АНПА. Приведена алгоритмическая структура интегрированной системы управления (ИСУ) АНПА, базирующаяся на гибридном подходе, который сочетает централизованный и мультиагентный подходы и во многом повторяет структуру системы управления боевого корабля. Излагается краткое описание алгоритмов функционирования каждой из подсистем интегрированной системы (ИСУ) АНПА на каждом из этапов выполнения миссии, которыми являются: – переход из места базирования в назначенный район; – поиск в назначенном районе назначенного объекта; – осуществление с этим объектом заданного взаимодействия; – возвращение в место базирования; – причаливание к причальному устройству. Приведены основные из алгоритмов, реализуемых ИСУ.

Автономный подводный необитаемый аппарат; интегрированная система управления; алгоритм; функциональная эффективность.

L.A. Martynova, A.I. Mashoshin, I.V. Pashkevich, A.I. Sokolov**ALGORITHMS REALIZED THE INTEGRATED CONTROL SYSTEM OF AUV**

This paper considers the AUV, in which the solution of the whole complex of cottages, on its management at all stages of the mission entrusted to Appa-versa-software system, called an integrated system of councils-ment (MIS), and includes all the radio-electronic means, in one way or otherwise involved in the management of the AUV. The aim of the work was the description of algorithm operation of each of the subsystems ISU AUV at each stage of the mission. The structure of the ISU AUV includes: management subsystem, subsystem illumination situation (VET) in hydroacoustic and others (need-sti) channels surveillance subsystem radio (RSVP), a subsystem of hydro-acoustic coupling (PGASv) with interactive objects and receive signal underwater beacons, navigation subsystem (TM) subsystem theme of technical means (putts) AUV (engine, steering-mi, manipulators and others. mechanisms) subsystem ensuring approaching-tion (LTP) AUV. The paper shows the algorithmic structure of integrated systems-we (MIS) AUV based on a hybrid approach that combines centralized and multi-agent approach and largely follows the structure of the control system of a warship. Presents a brief description of the algorithms functioning of each of the subsystems of the integrated system (MIS) AUV at each stage of the mission, which are: – transition from home base in the designated area; – search in a designated area of the designated facility; – implementation of the specified object with this interaction; – return to home base; – mooring to mooring. The paper presents the basic algorithm implemented by the ISU.

Autonomous underwater unmanned vehicles; integrated-control system; algorithm; functional efficiency.

Введение. Эффективность выполнения автономным необитаемым подводным аппаратом (АНПА) поставленной задачи (миссии) во многом зависит от качества функционирования её системы управления (СУ). Разработка СУ АНПА представ-

ляет собой весьма сложную задачу, поскольку СУ, кроме обеспечения выполнения поставленной формализованной задачи (что весьма непросто), должна принимать решение в различных нештатных ситуациях. Разработке СУ АНПА посвящено большое число работ, например [1–13]. Однако проблема еще далека от решения.

Рассматривается АНПА, в котором решение всего комплекса задач по его управлению на всех этапах выполнения миссии возложено на аппаратно-программный комплекс, называемый интегрированной системой управления (ИСУ). Термин "интегрированная" означает, что ИСУ включает все радиоэлектронные средства, так или иначе участвующие в управлении АНПА.

Особенностью предлагаемой ИСУ АНПА является учет активного взаимодействия с внешними объектами (донные маяки-ответчики (ДМО), донное причальное устройство (ДПУ)) в процессе выполнения миссии. Это предъявляет дополнительные требования к алгоритмам, реализуемым ИСУ, по сравнению с обычным функционированием АНПА.

Функциональная схема ИСУ АНПА приведена на рис. 1.

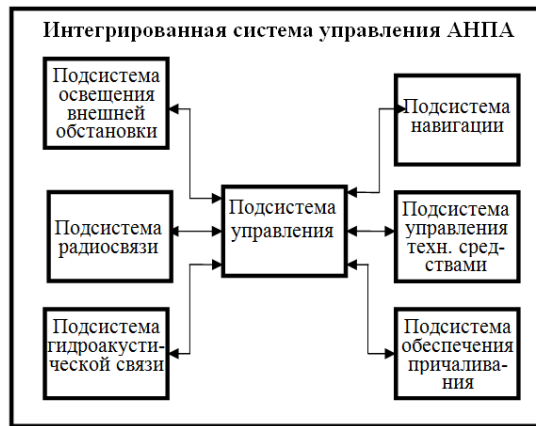


Рис. 1. Функциональная схема ИСУ АНПА

В состав ИСУ АНПА входят:

- ◆ подсистема управления (ПУ), в которой осуществляется совместная обработка информации, поступающей от всех остальных подсистем ИСУ, ее анализ, принятие управленческих решений и выдача команд в подсистемы ИСУ и другие системы АНПА на исполнение принятых решений;
- ◆ подсистема освещения обстановки (ПОО) по гидроакустическому и другим (при необходимости) каналам наблюдения, обеспечивающая обнаружение и распознавание объекта поиска и навигационных препятствий;
- ◆ подсистема радиосвязи (ПРСв), обеспечивающая двустороннюю связь с взаимодействующими объектами;
- ◆ подсистема гидроакустической связи (ПГАСв) с взаимодействующими объектами и прием сигналов подводных маяков-ответчиков;
- ◆ подсистема навигации (ПН), отвечающая за контроль текущих координат и параметров движения АНПА в трехмерном подводном пространстве, а также за выработку маршрута движения АНПА на всех этапах выполнения миссии;
- ◆ подсистема управления техническими средствами (ПУТС) АНПА (двигателем, рулями, манипуляторами и др. механизмами);

- ◆ подсистема обеспечения причаливания (ППр) АНПА, обеспечивающая высокоточный контроль текущего взаимного положения АНПА и причального устройства.

Целью работы является описание алгоритмов функционирования каждой из подсистем ИСУ АНПА на каждом из этапов выполнения миссии, которыми являются:

- ◆ переход из места базирования в назначенный район;
- ◆ поиск в назначенном районе назначенного объекта;
- ◆ осуществление с этим объектом заданного взаимодействия;
- ◆ возвращение в место базирования;
- ◆ причаливание к причальному устройству.

1. Алгоритмическая структура ИСУ АНПА. В результате рассмотрения различных подходов к разработке алгоритмической структуры ИСУ АНПА авторы остановились на гибридном подходе, который сочетает централизованный и мультиагентный подходы [15–27]. При таком подходе каждая из перечисленных подсистем ИСУ представляет собой агента, обладающего определенной независимостью и самостоятельностью в пределах своих полномочий, но при этом подчиняющегося главному агенту, которым является подсистема управления. Все агенты в процессе функционирования осуществляют информационное взаимодействие между собой и с главным агентом.

Достоинством такой структуры является то, что при ее создании можно воспользоваться опытом реализации хорошо отработанной за многие годы структуры управления боевого корабля, которую предлагаемая структура ИСУ АНПА копирует. В структуре управления корабля каждая боевая часть (в нашем случае агент) во взаимодействии с другими боевыми частями (другими агентами) выполняет свои обязанности по сбору и передаче информации, а также по управлению техническими средствами, но при этом подчиняется командиру корабля (главному агенту).

Ниже кратко описываются алгоритмы, реализуемые каждой подсистемой ИСУ.

2. Алгоритмы, реализуемые подсистемой управления (главным агентом). На ПУ возлагается решение следующих задач:

- ◆ получение формализованного задания на выполнение миссии;
- ◆ своевременная выработка команд подсистемам ИСУ, обеспечивающих выполнение миссии;
- ◆ принятие от подсистем ИСУ текущей информации и сообщений о возникновении нештатных ситуаций;
- ◆ отслеживание выполнения задания на миссию, принятие решения о дальнейших действиях в случае отклонения от задания по времени и/или в пространстве;
- ◆ принятие решения о действиях при возникновении нештатных ситуаций, обусловленных внешними и внутренними причинами, в том числе, аппаратными отказами;
- ◆ принятие решения о завершении выполнения миссии или о невозможности выполнения миссии и последующих действиях.

Формализованное задание на выполнение миссии записывается на специальном языке заданий на миссию и включает:

- ◆ цель миссии;
- ◆ координаты и характеристики района выполнения миссии;
- ◆ координаты и характеристики объекта воздействия;
- ◆ вид воздействия;

- ◆ цифровую карту района выполнения миссии;
- ◆ маршрут и параметры движения (скорость, глубина) в район выполнения миссии;
- ◆ методы и периодичность обсерваций на маршруте;
- ◆ описание текущих гидроакустических условий по маршруту перехода и в районе выполнения миссии;
- ◆ способ выполнения миссии;
- ◆ вероятные способы противодействия выполнению миссии со стороны других объектов и методы их преодоления;
- ◆ критерий выполнения миссии;
- ◆ порядок действий после выполнения миссии;
- ◆ критерий прекращения выполнения миссии;
- ◆ порядок действий в случае прекращения выполнения миссии.

В задании на миссию может быть подробно (с привязкой ко времени и координатам) расписано поведение АНПА на каждом этапе выполнения миссии либо приводятся только отдельные контрольные точки. В последнем случае ПУ должна содержать ресурс для планирования поведения АНПА, обеспечивающего выполнение миссии.

На этапе перехода АНПА в назначенный район выполнения миссии ПУ:

- ◆ при получении от ПН сообщения о том, что прогнозные ошибки координат АНПА превышают допустимые значения, принимает решение о проведении обсервации, которая может быть осуществлена по сигналам GPS/GLONASS либо по данным маяков-ответчиков. В первом случае ПУ выдает команду ПУТС на всплытие и поднятие антенны радиосвязи. При получении сообщения о всплытии и поднятии антенны выдает команду ПРСв на прием сигналов GPS/GLONAS и передачу их ПН для устранения невязки. Во втором случае ПУ выдает команду ПГАСв на передачу сигнала запроса маякам ответчика. При получении от ПГАСв сообщения о получении ответа от маяков-ответчиков и передачи их в ПН ожидает сообщения от ПН об уточненных координатах АНПА. При получении от ПГАСв сообщения, что сигналы от маяков-ответчиков не получены, принимает решение, предписанное в задании на миссию (например, изменить способ обсервации, увеличить мощность излучения, изменить курс для приближения с маяками-ответчиками и др.);
- ◆ при получении сообщения от ПОО о том, что обнаружено препятствие, принимает решение о его обходе. В этом случае ПУ выдает команду в ПУТС об изменении курса для обхода препятствия;
- ◆ при получении от ПН сообщения о прибытии в район целевой точки (ЦТ), принимает решение о начале поиска объекта.

На этапе поиска АНПА в назначенный район выполнения миссии ПУ:

- ◆ производит обнаружение средствами ПОО;
- ◆ при обнаружении принимает решение на осуществление с этим объектом заданного взаимодействия;
- ◆ при окончании заданного взаимодействия с объектом принимает решение о переходе в район расположения донно-причального устройства (ДПУ).

На этапе возвращения АНПА в район ДПУ ПУ повторяет команды, аналогичные движению в заданный район для выполнения миссии.

При получении информации от ПН о прибытии в окрестность точки нахождения ДПУ принимает решение о включении сигнальных маяков и приводящих элементов ППР АНПА. И далее управляет процессом причаливания.

3. Алгоритмы, реализуемые подсистемой освещения обстановки. На ПОО возлагается решение следующих задач:

- ◆ непрерывный обзор пространства в пассивных режимах работы гидроакустических средств освещения обстановки;
- ◆ при получении команду от ПУ обзор пространства в активных режимах работы гидроакустических средств освещения обстановки.

Целью обзора пространства является обнаружение сосредоточенных и протяженных объектов, их классификация и определение координат и параметров их движения.

При обнаружении объектов поиска, а также подвижных либо неподвижных опасных объектов (в том числе навигационных препятствий) сообщение о факте обнаружения, классе, координатах и параметрах движения объекта передается в ПУ.

4. Алгоритмы, реализуемые подсистемой радиосвязи. На ПРСв возлагается решение следующих задач:

- ◆ обеспечение передачи запросов, команд и сообщений;
- ◆ обеспечение приема информации, переданной «извне» по радиоканалу.

5. Алгоритмы, реализуемые подсистемой гидроакустической связи. На ПГАСв возлагается решение следующих задач:

- ◆ обеспечение передачи запросов, команд и сообщений;
- ◆ обеспечение приема информации, переданной «извне» по гидроакустическому каналу.

6. Алгоритмы, реализуемые подсистемой навигации. На ПН возлагается решение следующих задач:

- ◆ постоянное определение местоположения АНПА;
- ◆ определение мер по корректировке положения АНПА для приведения его положения в соответствие с заложенным маршрутом;
- ◆ определение необходимости запроса ДМО для обсервации АНПА;
- ◆ определение необходимости приема сигналов GPS/GLONAS для обсервации АНПА;
- ◆ определение факта прибытия в район для осуществления с объектом заданного взаимодействия;
- ◆ определение факта прибытия в район ДПУ.

При поступлении сообщения о результатах обсервации по ДМО или GPS/GLONAS осуществляется устранение невязки счисления и выдача команд на корректировку параметров движения в случае отклонения от маршрута выше допустимого значения.

При оценке собственными силами (по показаниям БИНС и лага) возможного отклонения от маршрута - выдача команды в ПУТС на корректировку параметров движения АНПА.

7. Алгоритмы, реализуемые подсистемой управления техническими средствами. Целью функционирования подсистемы управления техническими средствами является обеспечение выполнения всех действий техническими средствами, обеспечивающими выполнение миссии.

При подаче на вход команды на изменение направления движения формируется сигнал требуемой мощности и подается на соответствующие рулевые устройства.

При подаче на вход команды на изменение ориентации АНПА в пространстве «не на ходу» формируется сигнал требуемой мощности и подается на соответствующие подруливающие движители.

При подаче на вход команды о подъеме антенны для обеспечения радиосвязи на соответствующее устройство подается сигнал, обеспечивающий выдвигание антенны.

8. Алгоритмы, реализуемые подсистемой обеспечения причаливания.

Целью функционирования подсистемы обеспечения причаливания является обеспечение безаварийного причаливания АНПА на ДПУ.

На ППР возлагается решение следующих задач:

- ◆ обеспечение включения сигнальных маяков ДПУ при получении от ПН сообщения о нахождении АНПА в дальней зоне ДПУ;
- ◆ обеспечение включения собственных средств приема сигналов от маяков ДПУ;
- ◆ обеспечение получения сигналов от устройств ДПУ при получении сообщения от ПН о нахождении АНПА в ближней зоне причаливания;
- ◆ обеспечение посадки АНПА на ДПУ при получении от приводных приемников ПСОО сообщения о нахождении АНПА непосредственно над ДПУ.

При получении от ПН сообщения о нахождении АНПА в дальней зоне ДПУ ПУ формирует сигнал на включение маяков-ответчиков и приемных устройств АНПА приведения к ДПУ.

При получении сообщения от ПН о нахождении АНПА в ближней зоне причаливания формируется команда на изменение режима причаливания.

При получении сообщения от ПН о нахождении АНПА непосредственно над ДПУ формируется команда на посадку АНПА на ДПУ.

Заключение. В работе приведена алгоритмическая структура интегрированной системы управления (ИСУ) АНПА, базирующаяся на гибридном подходе, который сочетает централизованный и мультиагентный подходы и во многом повторяет структуру системы управления боевого корабля.

Излагается краткое описание алгоритмов функционирования каждой из подсистем интегрированной системы (ИСУ) АНПА на каждом из этапов выполнения миссии.

Функционирование ИСУ АНПА проиллюстрировано на простом примере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пшихонов В.Х., Суконкин С.Я., Нагучев Д.Ш., Стракович В.В., Медведев М.Ю., Гуренко Б.В., Костюков В.А., Волощенко Ю.П. Автономный подводный аппарат «Скат» для решения задач поиска и обнаружения заиленных объектов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 3 (104). – С. 153-162.
2. Пшихонов В.Х., Сиротенко М.Ю., Гуренко Б.В. Структурная организация систем автоматического управления подводными аппаратами для априори неформализованных сред // Информационно-измерительные и управляющие системы. Интеллектуальные и адаптивные роботы. – 2006. – Т. 4, № 1-3. – С. 73-79.
3. Автономные подводные роботы. Системы и технологии / Под ред. Агеева М.Д.. – М.: Наука, 2005.
4. Пшихонов В.Х. Позиционно-траекторное управление подвижными объектами. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 183 с.
5. Пшихонов В.Х., Медведев М.Ю. Структурный синтез автопилотов подвижных объектов с оценением возмущений // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2006. – № 1. – С. 103-109.
6. Пшихонов В.Х. Аттракторы и репеллеры в конструировании систем управления подвижными объектами // Известия ТРТУ. – 2006. – № 3 (58). – С. 117-123.
7. Пшихонов В.Х., Сиротенко М.Ю. Структурно-алгоритмическая реализация системы управления автономным мобильным роботом с нейросетевым планировщиком перемещений // Известия ТРТУ. – 2004. – № 3 (38). – С. 185-190.
8. Пшихонов В.Х., Медведев М.Ю. Синтез адаптивных систем управления летательными аппаратами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 3 (104). – С. 187-197.
9. Галуллин А.С. Методы решения обратных задач динамики. – М.: Наука, 1986. – 224 с.

10. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели. – М.: Наука, 1988.
11. Филаретов В.Ф., Лебедев А.В., Юхимец Д.А. Устройства и системы управления подводных роботов. – М.: Наука, 2005.
12. Киселев Л.В., Инзарцев А.В., Матвиенко Ю.В. О некоторых задачах динамики и управления пространственным движением АНПА // Подводные исследования и робототехника. – 2006. – № 2. – С. 13-26.
13. Инзарцев А.В., Львов О.Ю., Сидоренко А.В., Хмельков Д.Б. Архитектурные конфигурации систем управления АНПА // Подводные исследования и робототехника. – 2006. – № 1. – С. 18-30.
14. Маиошин А.И., И.В.Пашкевич, Соколов А.И. Интегрированная система управления автономного необитаемого подводного аппарата // Материалы 7-ой Российской конференции по проблемам управления 7-9 октября 2014г., г. Санкт-Петербург. – С. 855-858.
15. Marine Robot Autonomy/ Springer Science+Business Media New York 2013. – 382 p.
16. Brooks R.A. Intelligence without reason. In: Computers and thought, international joint conference on artificial intelligence. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1991. – P. 569-595.
17. Brooks R. Intelligence without representation. Artif Intell. – 1991. – № 47.– P. 139-159.
18. Nilsson N.J. Shakey the robot, Tech. Rep. Technical Note 323. Artificial Intelligence Center, SRI International, Menlo Park, CA, Apr. 1984.
19. Simmons R. Structured control for autonomous robots // IEEE Trans Robot Autom. – 1994. – № 10. – P. 34-43.
20. Haigh K., Veloso M. Interleaving planning and robot execution for asynchronous user requests // Autonomous Robots. – 1998. – № 5. – P. 79-95.
21. Alami R., Chatila R., Fleury S., Ghallab M., Ingrand F. An architecture for autonomy // Int J Robot Res. – 1998. – № 17. P. 315-337.
22. Chien S., Knight R., Stechert A., Sherwood R., Rabideau G. (2000) Using iterative repair to improve the responsiveness of planning and scheduling. In: Proceedings of the 5th international conference on artificial intelligence planning and scheduling (AIPS), Breckenridge, CO.
23. Muscettola N., Nayak P., Pell B., Williams B. (1998) Remote agent: to boldly go where no AI system has gone before. Artif Intell 103:5–483 Towards Deliberative Control in Marine Robotics 169.
24. Teichteil-Konigsbuch F., Fabiani P. (2007) A multi-thread decisional architecture for real-time planning under uncertainty. In: Proceedings of the 3rd international workshop on planning and execution for real-world domains, international conference on automated planning and scheduling (ICAPS), Rhode Island.
25. Rajan K., Bernard D., Dorais G., Gamble E., Kanefsky B., Kurien J., Millar W., Muscettola N., Nayak P., Rouquette N., Smith B., Taylor W., Tung Y. (2000) Remote agent: an autonomous control system for the new millennium. In: Proceedings of prestigious applications of intelligent systems, European conference on artificial intelligence (ECAI), Berlin.
26. Ai-Chang M., Bresina J., Charest L., Chase A., Hsu J., Jonsson A., Kanefsky B., Morris P., Rajan K., Yglesias J., Chafin B., Dias W., Maldague P. MAPGEN: mixed initiative planning and scheduling for the Mars'03 MER mission // IEEE Intell Syst. – 2004. – № 19 (1). – P. 8-12.
27. Bresina J., Jonsson A., Morris P., Rajan K. (2005) Activity planning for the mars exploration rovers. In: International conference on automated planning and scheduling (ICAPS), Monterey, California.

REFERENCES

1. Pshikhopov V.Kh., Sukonkin S.Ya., Naguchev D.Sh., Strakovich V.V., Medvedev M.Yu., Gurenko B.V., Kostyukov V.A., Voloshchenko Yu.P. Avtonomnyy podvodnyy apparat «Skat» dlya re-sheniya zadach poiska i obnaruzheniya zailennykh ob"ektov [Autonomous underwater vehicle «Skat» for search and detection silty object tasks], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2010, No. 3 (104), pp. 153-162.
2. Pshikhopov V.Kh., Sirotenko M.Yu., Gurenko B.V. Strukturnaya organizatsiya sistem avtomaticheskogo upravleniya podvodnymi apparatami dlya apriori neformalizovannykh sred [Structural organization of systems of automatic control of underwater vehicles for a priori informal environments], *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. Intellektual'nye i adaptivnye roboty* [Information-measuring and control system. Intellectual and ADAP-tive robots], 2006, Vol. 4, No. 1-3, pp. 73-79.

3. Avtonomnye podvodnye roboty. Sistemy i tekhnologii [Autonomous underwater robots. Systems and technologies, Under the edit. Ageeva M.D. Moscow: Nauka, 2005.
4. *Pshikhopov V.Kh.* Pozitsionno-traektornoe upravlenie podvizhnymi ob"ektami [Position-trajectory control of mobile]. Taganrog: Izd-vo TTI YuFU, 2009, 183 p.
5. *Pshikhopov V.Kh., Medvedev M.Yu.* Strukturnyy sintez avtopilotov podvizhnykh ob"ektov s otsenivaniem vozmushcheniy [Structural synthesis of autopilots moving objects with the estimation of disturbances], *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy* [Information-measuring and control system], 2006, No. 1, pp. 103-109.
6. *Pshikhopov V.Kh.* Attraktory i repellery v konstruirovanii sistem upravleniya podvizhnymi ob"ektami [Attractors and repellers in the design of control systems of mobile objects], *Izvestiya TRTU* [Izvestiya TSURE], 2006, № 3 (58). – S. 117-123.
7. *Pshikhopov V.Kh., Sirotenko M.Yu.* Strukturno-algoritmicheskaya realizatsiya sistemy upravleniya avtonomnym mobil'nyim robotom s neyrosetevym planirovshchikom peremeshcheniy [Structural-algorithmic implementation of a control system of an Autonomous mobile robot with a neural network scheduler movements], *Izvestiya TRTU* [Izvestiya TSURE], 2004, No. 3 (38), pp. 185-190.
8. *Pshikhopov V.Kh., Medvedev M.Yu.* Sintez adaptivnykh sistem upravleniya letatel'nyimi apparatami [Synthesis of adaptive control systems aircraft], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskoe nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2010, No. 3 (104), pp. 187-197.
9. *Galiullin A.S.* Metody resheniya obratnykh zadach dinamiki [Methods for solving inverse problems of dynamics]. Moscow: Nauka, 1986, 224 p.
10. *Krut'ko P.D.* Obratnye zadachi dinamiki upravlyaemykh sistem. Nelineynye modeli [The inverse problem of dynamics of controlled systems. Nonlinear model]. Moscow: Nauka, 1988.
11. *Filaretov V.F., Lebedev A.V., Yukhimets D.A.* Ustroystva i sistemy upravleniya podvodnykh robotov [Devices and control systems for underwater robots]. Moscow: Nauka, 2005.
12. *Kiselev L.V., Inzartsev A.V., Matvienko Yu.V.* O nekotorykh zadachakh dinamiki i upravleniya prostranstvennym dvizheniem ANPA [On some problems of dynamics and control of three-dimensional motion of an AUV], *Podvodnye issledovaniya i robototekhnika* [Underwater research and robotics], 2006, No. 2, pp. 13-26.
13. *Inzartsev A.V., L'vov O.Yu., Sidorenko A.V., Khmel'kov D.B.* Arkhitekturnye konfiguratsii sistem upravleniya ANPA [Architectural configuration management systems of ANP], *Podvodnye issledovaniya i robototekhnika* [Underwater research and robotics], 2006, No. 1, pp. 18-30.
14. *Mashoshin A.I., I.V.Pashkevich, Sokolov A.I.* Integrirovannaya sistema upravleniya avtonomnogo neobitaemogo podvodnogo apparata [The integrated control system Autonomous underwater vehicle], *Materialy 7-oy Rossiyskoy konferentsii po problemam upravleniya 7-9 oktyabrya 2014g., g. Sankt-Peterburg* [The material of the 7th Russian conference on problems of upravleniya 7-9 October 2014 Saint-Petersburg], pp. 855-858.
15. *Marine Robot Autonomy/ Springer Science+Business Media New York* 2013, 382 p.
16. *Brooks R.A.* Intelligence without reason. In: *Computers and thought, international joint conference on artificial intelligence.* Morgan Kaufmann, San Francisco, 1991, pp. 569-595.
17. *Brooks R.* Intelligence without representation, *Artif Intell.*, 1991, No. 47, pp. 139-159.
18. *Nilsson N.J.* Shakey the robot, Tech. Rep. Technical Note 323. Artificial Intelligence Center, SRI International, Menlo Park, CA, Apr. 1984.
19. *Simmons R.* Structured control for autonomous robots, *IEEE Trans Robot Autom.*, 1994, No. 10. pp. 34-43.
20. *Haigh K., Veloso M.* Interleaving planning and robot execution for asynchronous user requests *Autonomous Robots*, 1998, № 5, pp. 79-95.
21. *Alami R., Chatila R., Fleury S., Ghallab M., Ingrand F.* An architecture for autonomy, *Int J Robot Res.*, 1998, No. 17, pp. 315-337.
22. *Chien S., Knight R., Stechert A., Sherwood R., Rabideau G.* Using iterative repair to improve the responsiveness of planning and scheduling. In: *Proceedings of the 5th international conference on artificial intelligence planning and scheduling (AIPS)*, Breckenridge, CO, 2000.
23. *Muscettola N., Nayak P., Pell B., Williams B.* Remote agent: to boldly go where no AI system has gone before. *Artif Intell* 103:5–483 *Towards Deliberative Control in Marine Robotics* 169, 1998.

24. *Teichteil-Konigsbuch F., Fabiani P.* A multi-thread decisional architecture for real-time planning under uncertainty. In: Proceedings of the 3rd international workshop on planning and execution for real-world domains, international conference on automated planning and scheduling (ICAPS), Rhode Island. 2007.
25. *Rajan K., Bernard D., Dorais G., Gamble E., Kanefsky B., Kurien J., Millar W., Muscettola N., Nayak P., Rouquette N., Smith B., Taylor W., Tung Y.* Remote agent: an autonomous control system for the new millennium. In: Proceedings of prestigious applications of intelligent systems, European conference on artificial intelligence (ECAI), Berlin, 2000.
26. *Ai-Chang M., Bresina J., Charest L., Chase A., Hsu J., Jonsson A., Kanefsky B., Morris P., Rajan K., Yglesias J., Chafin B., Dias W., Maldague P.* MAPGEN: mixed initiative planning and scheduling for the Mars'03 MER mission, *IEEE Intell Syst.*, 2004, No. 19 (1), pp. 8-12.
27. *Bresina J., Jonsson A., Morris P., Rajan K.* Activity planning for the mars exploration rovers. In: International conference on automated planning and scheduling (ICAPS), Monterey, California, 2005.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Г.С. Малышкин.

Мартынова Любовь Александровна – ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»; e-mail: martynowa999@bk.ru; 190068, Санкт-Петербург, пр. Римского-Корсакова, 49, кв. 1; тел.: 79219411395; с.н.с.; в.н.с.

Машошин Андрей Иванович – e-mail: aimashoshin@mail.ru; 197046, Санкт-Петербург, Малая Посадская ул., 30; тел.: +79217632345; начальник НИЦ; профессор.

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

Соколов Анатолий Игоревич – e-mail: aisokolov@eprib.ru; Санкт-Петербург, г. Ломоносов, Дворцовый пр., 33, кв. 11; тел.: 89052709693; начальник НТЦ – главный конструктор по навигации.

Martynova Liubov Alexandrovna – JSC CSRI Elektropribor; e-mail: martynowa999@bk.ru; 190068, Saint-Petersburg, pr. Rimskogo-Korsakowa, 49, kw. 1; phone: 79219411395; senior researcher; leading researcher.

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

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

Sokolov Anatolii Igorevich – e-mail: aisokolov@eprib.ru; Saint-Petersburg, Lomonosov, Dwortsowyi pr., 33, kw. 11; phone: +79052709693; head of department – Chief Specialist

УДК 551.46.077:529.584

И.В. Кожемякин, Ю.П. Потехин, К.В. Рождественский, В.А. Рыжов
ВОЛНОВОЙ ГЛАЙДЕР, КАК ЭЛЕМЕНТ МОРСКОЙ ГЛОБАЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Представлены некоторые результаты исследований проводимых в СПбГМТУ в области создания автономного необитаемого аппарата – волнового глайдера. Приводится краткий обзор известных разработок морских технических объектов, движущихся за счет использования энергии волн. Обосновывается актуальность создания волнового глайдера, как одного из ключевых элементов морской глобальной информационно-измерительной системы двойного назначения. Рассматривается математическая модель, описывающая поведение волнового глайдера на морском волнении при использовании различных конструктивных решений крыльевого устройства преобразования волновой энергии. Входными