

NEW DEFENCE ORDER
STRATEGY

НОВЫЙ ОБОРОННЫЙ ЗАКАЗ

СТРАТЕГИИ

№ 4 (36) 2015



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АРЗАМАСКИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
ИМЕНИ П.И. ПЛАНДИНА»

Семейство подводных глайдеров – новые перспективы

ЗАО «НПП ПТ «Океанос» с 2011 года в инициативном порядке, в содружестве с Санкт-Петербургским Государственным Морским Техническим Университетом (СПбГМТУ) и другими высшими научными учреждениями страны, ведет работу над созданием семейства подводных аппаратов с преимущественно гидродинамическими принципами движения. В ряде статей, опубликованных ранее в журнале «Новый Оборонный Заказ. Стратегии», показана актуальность таких аппаратов для России, излагалась история их появления на Западе (в первую очередь в США), описаны принципы функционирования аппарата и различных его подсистем, а также сформулированы задачи, стоящие перед группой разработчиков.

Б.А. Гайкович, к.т.н., заместитель генерального директора, ЗАО «НПП ПТ «Океанос»

В мае 2015 года специалисты ЗАО «НПП ПТ «Океанос» были специально приглашены для чтения лекций в Московский государственный институт международных отношений (МГИМО), на кафедру экологии; в ходе этих лекций рассмотрены концепции применения робототехнических средств, в частности глайдеров, для экологического мониторинга. В июле 2015 года экспериментальный образец аппарата был представлен на Международном Военно-морском Салоне в Санкт-Петербурге, где вызвал большой интерес со стороны представителей Министерства обороны и коммерческих компаний, специализирующихся на морской нефтегазодобыче и морской экологии.

В настоящее время аппарат продолжает проходить натурные испытания (рис. 1, 2), по предварительным результатам которых в конструкцию глайдера уже были внесены (и продолжают вноситься) существенные изменения:

1. Увеличен объем носового механизма изменения плавучести (МИП) и его быстродействие.

2. Изменена начальная балластировка аппарата для увеличения запаса подводной остойчивости, особенно поперечной. Это позволяет «сгладить» кривые опрокидывающих и восстанавливающих моментов, значительно облегчая работу алгоритмов системы управления.

3. Полностью обновлено ПО системы автоматического управления. Введена концепция единого системного времени, согласно которому выстраивается шкала синхронизации системных процессов и событий.

4. В САУ введен режим «ассист-автопилота», работающий на основе предикторных алгоритмов. Фактически САУ постоянно рассчитывает и обновляет математическую модель движения аппарата по его траектории и в случае выхода актуальных параметров из коридора до-

пусков автоматически корректирует положение аппарата. Это позволяет упредить возможные критические ситуации (сваливание, штопор, «зависание» без скорости) на ранних стадиях, опираясь на относительно небольшие отклонения в параметрах. Эти алгоритмы функционируют в режиме «ассистентов» основного навигационного алгоритма и увеличивают эффективность работы САУ.

Последнее улучшение крайне важно, так как из опыта работы с эксплуатантами зарубежных, коммерчески поставляемых глайдеров (например, компания DOF Subsea имеет три глайдера типа

Slocum) стало известно, что проблема потери управления и сваливания на малой скорости до сих пор удовлетворительно не решена. В случае работы на участках со сложной гидрологией (наличие линз воды другой плотности/солености, вертикальных течений, резких температурных скачков) это неприемлемо.

Анализируя накопленный в ходе испытаний опыт, учитывая изменяющуюся экономическую и политическую обстановку, разработчики считают, что только в создании семейства новых высокотехнологичных аппаратов можно

найти средства по поддержанию конкурентной борьбы за экономическое пространство арктических морей. Очевидно, что при имеющихся темпах судостроения и стоимости постройки судов и кораблей традиционные меры разведки и наблюдения не в состоянии надежно обеспечивать районы столь большой площади и удаления, к тому же зачастую ограничено или вовсе несудоходные.

Как видно из опубликованного программного документа Arctic Roadmap 2020, основным приоритетом ВМС США является развертывание в арктических морях мультиагентной системы сбора разведывательной и обеспечивающей (метеорологической, гидрологической, океанографической, геологической) информации. Система состоит из донных станций, дрейфующих буев, волновых и подводных глайдеров, ледовых обсерваторий и т.д. Данная система уже активно создается, схема системы приведена на рис. 3.

11.04.2015 года на сайте Vessel Finder (международная справочная база судостроения) была опубликована статья «US NAVY deploys Under-ice Drones in Competition with Russia for Arctic», в которой со ссылкой на источники в ВМС США указано, что в свете ожидаемой борьбы с РФ за арктические ресурсы американский флот уже разместил ряд долговременных подводных робототехнических средств, которые ведут сбор информации о температурных колебаниях и состоянии моря, для уточненных оперативных прогнозов погоды и построения компьютерных моделей таяния арктических льдов.

Европейцы разместили на подводных глайдерах сеть гидрофонов в рамках проекта PERSEUS, создав мобильный рубеж наблюдения за морским трафиком, по заявлению авторов программы, «в целях противодействия противоположной деятельности». Очевидно, что этим функции развернутого гидроакустического рубежа слежения вряд ли исчерпываются.

Таким образом, необходимо в кратчайшие сроки принимать решения и начинать практическую разработку нового поколения робототехнических средств. В ходе разработки аппарата нового поколения необходимо будет ответить на технологические и научные вызовы широкого спектра, сосредоточив усилия на следующих направлениях:

1. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Среди перспективных источников питания, потенциально рассматриваемых к установке на следующее поколение подводных аппаратов типа «Глайдер», можно выделить:

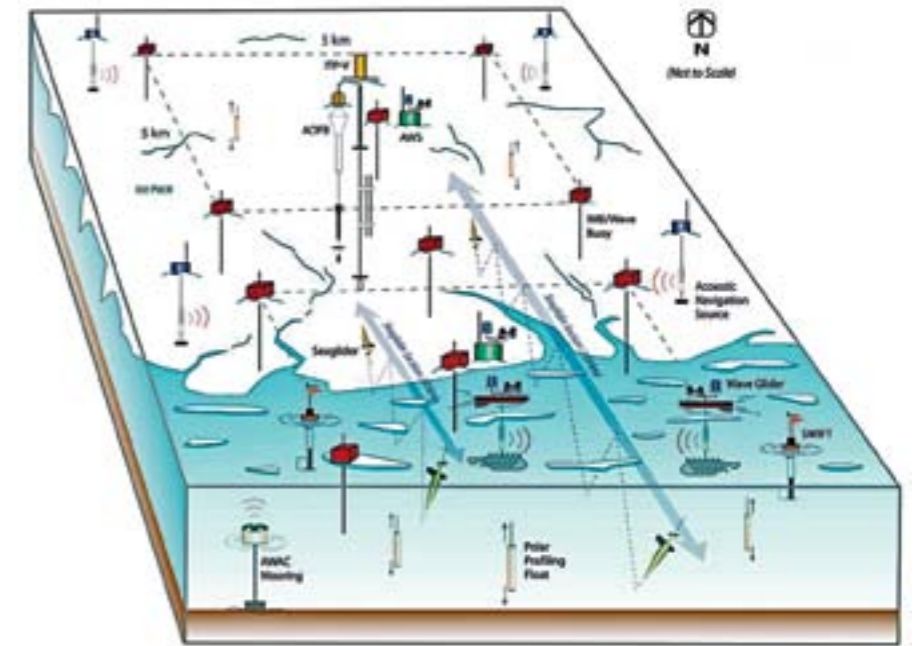


Рис. 3 Иллюстрация из программного документа US NAVY Arctic Roadmap 2020, наглядно демонстрирующая построение мультиагентной системы.

- Солнечные батареи;
- Термальные моторы. Глайдеры ведут свою историю от первых прототипов, разработанных в Институте океанографии Вудс-Хола, которые имели именно термальный привод (Slocum Thermal Glider). Ограничением использования служат в основном климато-метеорологические особенности районов применения;
- Радиоизотопные источники питания также представляют интерес, особенно учитывая богатый опыт отечественной промышленности в данной сфере. Возможными аргументами «против» являются, очевидно, повышенные требования к безопасности, неясный юридический статус и ответственность производителя и пользователя в случае утраты (потери или разрушения) аппарата, а также необходимость обслуживания аппарата в специально уполномоченных учреждениях;
- Генераторы на фазовом переходе. Недавно Океанографический институт Скриппса (США) сообщил об успешном окончании испытаний аппарата SOLO TREC, который питается от генератора на фазовом переходе. В процессе смены фазы рабочего тела изменяется ее объем, и посредством второго контура, в котором находится масло, приводится в движение крыльчатка генератора. Аппарат совершает погружение на глубину 500 м и обратно, за время одного погружения генератор вырабатывает приблизительно 1,7 Вт•ч. К сожалению, об отечественных версиях подобных генераторов никакой практической информации пока получить не удалось.

2. СРЕДСТВА СВЯЗИ

В ходе работы над проектом стало очевидно, что необходимо предусматривать все возможные виды связи. В дополнение к уже имеющейся на аппарате станции цифровой радиосвязи, узлу Wi-Fi ближнего радиуса действия, 3G станции связи (используемой в отладочном режиме), в настоящее время добавляются модули гидроакустической связи (гидроакустический модем, с возможностью подводной навигации), спутниковой связи. Большой интерес вызывают ведущиеся в США работы по созданию лазерных и оптических подводных каналов связи. Системы основываются на синие-зеленых лазерах (470–570 нм), которые имеют минимальное энергорассеивание в морской воде (около 0,2 dB/м). Лазерная связь имеет высокую скорость (до 10 Кбс) и в ходе экспериментов устойчиво передавала даже потоковое видео. Малая продолжительность посылки, высокая скрытность и большой объем передаваемой информации делают оптические виды связи наиболее перспективными на относительно небольших расстояниях.

3. ПЕРЕХОД К ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ

Для преодоления участков со сложной гидрологией, а также для проведения площадных гидроакустических обследований необходимо увеличение скорости движения аппарата до 2–3 узлов и соблюдение высотного коридора с достаточной точностью (горизонтальный полет). В силу физической природы

Рис. 1 Глайдер ЗАО «НПП ПТ «Океанос» в ходе предпусковой проверки со снятыми обтекателями и крыльями (носом к камере). Видны: 1 – носовой механизм изменения плавучести, 2 – носовой отсек электроники блока полезной нагрузки, 3 – перемещаемые аккумуляторные батареи, 4 – блок электроники управления

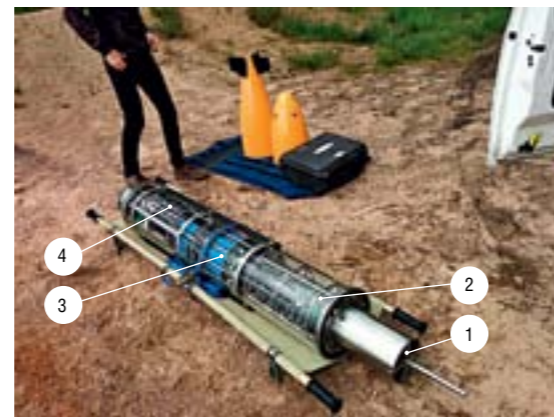


Рис. 2 Глайдер в ходе испытаний на открытой воде. Видны крылья и стабилизаторный блок



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА

ХАРАКТЕРИСТИКА	ОПИСАНИЕ / ЗНАЧЕНИЕ
Тип корпуса	Торпедообразный (цилиндрический) с оконечностями в виде тел вращения
Длина корпуса (без антенны)	2720 мм
Диаметр корпуса	320 мм
Удлинение корпуса	8,5
Размах крыльев	1680 мм
Удлинение крыла	5
Форма крыла в плане	Прямоугольная
Кормовые стабилизаторы	Схема «крест»
Управляемые гидродинамические поверхности	Носовые регулируемые
Объем МИП* носового	2,7 л
Объем МИП кормового	3,1 л
Система точной дифферентовки и изменения угла крена	Продольное и радиальное смещение батарейного блока
Вес	90 кг
Горизонтальная скорость	0,5 м/с
Масса полезной нагрузки	13–17 кг
Глубина погружения	100 м для лабораторного образца, 1000 м для рабочего образца (при той же конструкции, с заменой материала корпуса)
АКБ, тип	Литий-ионная
Емкость	70 А•Ч

*МИП – механизм изменения плавучести.

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА О ПРОЕКТЕ

С 2011 г. совместной инициативной рабочей группой ФГБОУ СПбГМТУ с привлечением специалистов СамГТУ, ЗАО «НПП ПТ «Океанос», ФТУ им. Иоффе и другими научными и производственными организациями ведется создание семейства морских робототехнических средств.

2012 г. – создан лабораторный практический образец подводного глайдера (рабочая глубина до 100 м), проведены испытания (СамГТУ)

2013 г. – сформулирована концепция создания и развития робототехнических средств

2013 г. – проведена серия гидродинамических расчетов для различной архитектуры глайдеров (СПбГМТУ)

2013 г. – создана математическая модель подводного глайдера (СПбГМТУ и ЗАО «НПП ПТ «Океанос»)

2014 г. – создана и испытана в аэродинамической трубе твердотельная продувочная модель подводного глайдера (СПбГМТУ)

2014 г. – создан полноразмерный образец подводного глайдера (ЗАО «НПП ПТ «Океанос»)

2014 г. – создан макет волнового глайдера (СамГТУ)

2014 г. – создано ПО глайдера в режиме самостоятельной стабилизации движения по препрограммируемым заданиям и отработан интерфейс системы управления исполнительными механизмами (ЗАО «НПП ПТ «Океанос»)

2014 г. – первые лабораторные испытания в испытательном бассейне (СПбГМТУ)

2015 г. – создано ПО глайдера в режимах теле- и автономного управления движением по препрограммируемым заданиям (ЗАО «НПП ПТ «Океанос»)

2015 г. – интерфейс пользователя ПО унифицирован с ПО управления БПЛА

2015 г. – сотрудничество с компанией «Криотерм» по использованию радиоизотопных и термогенераторных энергетических модулей

2015–2016 гг. – запланированы широкомасштабные, в том числе длительные морские испытания

механизма движения глайдер традиционной конструкции не в состоянии решить эти проблемы. Единственный выход – пожертвовать частично энергетической эффективностью и установить на аппарат традиционный двигатель с гребным винтом (хотя рассматриваются и альтернативные движители, например бионические). Данное направление открывает большой простор для исследований и разработок, в котором смогут быть применены передовые знания, накопленные в СССР и РФ в области гидродинамики, эффективности и скрытности гребных винтов.

Выводы

При текущем состоянии дел для поддержания конкурентоспособности РФ в арктическом регионе выход можно найти только в создании современной, высокотехнологичной единой системы наблюдения за морем с высоким уровнем использования робототехнических средств, причем развертывание такой системы необходимо начинать в ближайшее время, или мы окажемся «за бортом».

Подводные глайдеры являются ключевыми элементами такой системы. ЗАО «НПП ПТ «Океанос» продолжит дальнейшую разработку и усовершенствование семейства автономных подводных аппаратов с целью повышения эффективности их работы. ♦



ЗАО «НПП ПТ «ОКЕАНОС»
194295, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Есенина, 19/2
тел. +7 812 292 37 16
www.oceanos.ru

Underwater Gliders – New Prospects

B.A. Gaykovich, PhD in Engineering Science, Deputy General Director, JSC “NPP PT “OCEANOS”

JSC “NPP PT “Oceanos” has been working on its own initiative since 2011 in collaboration with the State Marine Technical University of St.-Petersburg (SMTU) and other higher academic institutions of the country on building a family of underwater vehicles with predominantly hydrodynamic principles of motion. A number of articles previously published in the journal “New Defense Order. Strategy” described the relevance of such devices in Russia, laid out the history of their appearance in the West (especially in the United States), described the principles of operation of the device and its various subsystems as well as formulated the challenges the development team was facing.

In May 2015 the specialists of JSC “NPP PT “Oceanos” have been specially invited to lecture at the Moscow State Institute of International Relations (MGIMO), at the Department of Ecology; in the course of these lectures the concepts of using robotic vehicles for environmental monitoring, such as gliders have been considered. In July 2015 an experimental prototype of the device was presented at the International Maritime Defence Show in St. Petersburg, where it aroused great interest among the representatives of the Ministry of Defense and commercial companies specializing in the offshore oil and gas production and marine ecology.

Currently, the vehicle continues to undergo field tests, according to the preliminary results of which the design of the glider has been (and continues to be) significantly changed:

1. Volume of the fore buoyancy variation mechanism (BVM) and its performance has been increased.

2. Initial ballasting of the vehicle has been changed for increasing the margin of subsea stability, especially lateral. It allows to “smooth” the curves of capsizing and righting moments greatly facilitating the work of control algorithms.

3. Automatic control system software has been fully updated. The concept of single system time has been introduced, according to which the scale of synchronization of system processes and events is built.

4. ACS now has an “Assist autopilot” mode, working on the basis of the predictor algorithms. In fact, the ACS constantly calculates and updates the mathematical model of movement of the vehicle in its path, and in the event of deviation of actual parameters from the tolerance corridor it automatically adjusts the position of the vehicle. This allows pre-empting possible critical situations (stall, spin, “hovering” without moving) in the early

stages, based on relatively small deviations in the parameters. These algorithms operate as “assistants” of the main navigation algorithm and increase the efficiency of the ACS.

The latter improvement is crucial, as the experience of working with operators of foreign commercially available gliders (for example, the DOF Subsea company has 3 Slocum type gliders) showed that the problem of loss of control and stalling at low speed has not yet been satisfactorily resolved. It is unacceptable when working in areas with complex hydrology (availability of water lenses with different density/salinity, vertical currents, sharp temperature jumps).

Analyzing the experience accumulated during the tests, given the changing economic and political situation, the development agency believes that only the building of a family of new high-tech vehicles can help find the means to maintain a competitive struggle for economic space of the Arctic seas. It is obvious that with the existing rate of the cost of shipbuilding and construction of ships and vessels, traditional measures of intelligence and surveillance are unable to reliably cover such large and remote areas that often also feature limited navigability or even are non-navigable.

As can be seen from the published policy document Arctic Roadmap 2020, the main priority of the US Navy is the deployment of a multi-agent system of gathering the intelligence and auxiliary (meteorological, hydrological, oceanographic, geological) information in the Arctic seas. The system consists of bottom stations, drifting buoys, wave and underwater gliders, ice observatories, etc. This system is already being actively built, Figure 3 shows the diagram of the system.

On 11.04.2015 the website Vessel Finder (international reference navigational database) published an article called “US Navy deploys under-ice drones in competition with Russia for Arctic”, which citing the sources in the US Navy stated that in the context of the expected fight with Russia over the Arctic resources, the US Navy has already placed a number of long-term underwater robotic vehicles that are already collecting information about temperature fluctuations and sea conditions, to clarify the operational weather forecasting and build the computer models of Arctic ice melting. In order “to counter the illegal activities” the Europeans have placed a network of hydrophones on the underwater gliders in the project PERSEUS creating a mobile monitoring line of maritime traffic according to the authors of the program. Obviously, the deployed sonar tracking system could do much more than that.

Thus, it is necessary to make decisions in the shortest possible time and start the practical development of a new generation of robotic vehicles. We will need to respond to a broad range of technological and scientific challenges in the development of the new generation vehicles focusing on the following areas:

1. POWER SOURCES.

We can identify the following among the most promising power sources potentially considered for installation in the next generation of underwater vehicles such as “Glider”:

– Solar panels

– Thermal engines. Gliders trace their history to the first prototypes developed at the Woods Hole Oceanographic Institution, which had thermal drive (Slocum Thermal Glider). Their use is limited mainly by climatic and meteorological characteristics of the application area;

– Radioisotope power sources are also of interest, especially given the wealth of experience of the national industry in this area. Possible arguments “against” include the obviously increased security requirements, unclear legal status and the responsibility of the manufacturer and the user in case of vehicle loss or destruction as well as the need to perform maintenance of the vehicle in specially authorized institutions.

– Phase transfer generators. Recently, the Scripps Institution of Oceanography (the USA) has reported a successful completion of testing the SOLO-TREC device, which is powered by the phase transfer generator. During the phase change of the working fluid, its volume changes, and the impeller of the generator is driven via the second circuit with oil. The device performs a dive to a depth of 500 meters and back, during one dive the generator produces about 1.7 Wh. Unfortunately, no practical information could be obtained on the domestic versions of such generators.

2. COMMUNICATION TOOLS

The need to provide all possible forms of communication became clear in the course of works on the project. In addition to the already available digital radio station apparatus, short-range WiFi unit, 3G communication station (used in debug mode), we added the sonar communication modules (sonar modem with the possibility of underwater navigation), satellite communication. Much interest was aroused by the works going in the United States to create laser and optical submarine channels. The systems are based on blue-green lasers (470–570 nm) that have minimum energy dispersion in seawater (about 0.2 dB/m).

EXPERIMENTAL PROTOTYPE SPECIFICATIONS

CHARACTERISTIC	VALUE
Body type	Torpedo-like (cylindrical) with caps in the form axially symmetric body
Body length (without antenna)	2,720 mm
Body diameter	320 mm
Body elongation	8.5
Wings span	1,680 mm
Wing elongation	5
Wing shape in plan	Rectangular
Afterbody fins	Cross pattern
Controllable hydrodynamic airfoils	Fore controllable
Capacity of foremost BVM*	2.7 l
Capacity of sternmost BVM	3.1 l
System of accurate fore-and-aft trim and rolling deflection	Longitudinal and radial battery array displacement
Weight	90 kg
Horizontal speed	0.5 m/s
Payload weight	13–17 kg
Depth of submersion	100 m for laboratory model, 1,000 m for operating model (with the same design with body material replacement)
Storage battery, type	Lithium-ion
Capacity	70 A·h

*BVM – buoyancy variation mechanism.

HISTORICAL INFORMATION ABOUT THE PROJECT:

A joint initiative working group of Federal State Budgetary Educational Institution State Marine Technical University of Saint-Petersburg involving the experts of Samara State Technical University, JSC “NPP PT “Oceanos”, Ioffe Physical and Technical Institute and other scientific and production organizations has been building a family of marine robotic vehicles since 2011.

2012 – a laboratory practical model of underwater glider (operating depth down to 100 m) was built, test was carried out (Samara State Technical University).

2013 – a concept of building and developing robotic vehicles was formulated.

2013 – a series of hydrodynamic calculations for different architecture of gliders was performed (State Marine Technical University of Saint-Petersburg).

2013 – a mathematical model of underwater glider was built (State Marine Technical University of Saint-Petersburg and JSC “NPP PT “Oceanos”).

2014 – a blow-off solid model of underwater glider was built and tested in the wind tunnel (Saint-Petersburg State Marine Technical University).

2014 – a full-size model of underwater glider was built (JSC “NPP PT “Oceanos”).

2014 – a wave glider mockup was built (Samara State Technical University).

2014 – software of glider in the mode of independent motion stabilization according to pre-programmed tasks was built and interface of actuators control system was exercised (JSC “NPP PT “Oceanos”).

2014 – first laboratory tests were conducted in a model tank (State Marine Technical University Saint-Petersburg).

2015 – software of glider in the modes of remote- and autonomous motion control according to pre-programmed tasks was built (JSC “NPP PT “Oceanos”).

2015 – interface of software user was unified with UAV control software.

2015 – cooperation with Cryotherm company for the use of radioactive-isotope and thermogenerator power modules.

2015-2016 – large-scale sea testing, including durable testing is planned.

Laser communication features high speed (up to 10 Kbps) and has reliably transferred even the streaming video during experiments. Small parcel duration, high stealthiness and high volume of transmitted information makes the optical means of communication the most promising at the relatively short distances.

3. TRANSFER TO HYBRID MOTION MODEL

It is necessary to increase the speed of the vehicle up to 2-3 knots and to comply with altitude corridor with sufficiently high accuracy (horizontal flight) to overcome the areas with complex hydrology, as well as to perform areal sonar surveys. Due to the physical nature of the motion mechanism, the traditional-design glider cannot solve these problems. The only way out is to partially sacrifice the energy efficiency and to install a traditional engine with propeller on the vehicle (although alternative propulsion devices, such as bionic, have also been considered). This direction offers great scope for research and development, where we could apply the advanced knowledge accumulated in the USSR and the Russian Federation in the field of fluid dynamics, efficiency and stealthiness of propeller screws.

CONCLUSIONS

In order to maintain the competitiveness of the Russian Federation in the Arctic region with the current state of affairs, the solution can only be found in building a modern, high-tech comprehensive sea surveillance system with high level of robotic tools utilization, and the deployment of such a system should be launched in the nearest future, otherwise we will find ourselves “overboard”. The underwater gliders are the key elements of such a system. JSC “NPP PT “Oceanos” will continue further development and improvement of the family of autonomous underwater vehicles to improve the effectiveness of operation of the same. ♦

Oceanos JSC

19/2, Esenin Str., 194295

Saint Petersburg, Russia

tel. +7 812 292 37 16

www.oceanos.ru



ЭНЕРГИЯ ВАШЕГО РАЗВИТИЯ

**12-я Международная выставка
компонентов и систем
силовой электроники**

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Организаторы:



Тел.: +7 (812) 380 6003/ 07

E-mail: power@primexpo.ru

POWER ELECTRONICS

27–29 октября 2015

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ | МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

Получите электронный билет
www.powerelectronics.ru