

Озеров М.В.

ЗАО «Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения», Санкт-Петербург, Россия

ДРЕЙФУЮЩАЯ СИСТЕМА СБОРА ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПЕРЕМЕННОГО ГЛУБИННОГО ПРОФИЛЯ

Изложены результаты проработок концепции создания перспективного дрейфующего комплекса для проведения океанографических исследований в различных районах Мирового океана.

Ключевые слова: подводный комплекс, океанография, дрейфтер, буй нейтральной плавучести, дрейф, ветровое течение.

Автор заявляет об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Озеров М.В. Дрейфующая система сбора океанографических данных переменного глубинного профиля. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; специальный выпуск 1: 235–241.

УДК 551.46:681.3

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-235-241

Ozerov M.

JSC Central Research institute of Marine Engineering, St. Petersburg, Russia

DRIFTING OCEAN DATA STATION OF VARIABLE DEPTH

Conceptual design studies for developing an advanced drifting ocean data system intended for operation in various parts of the world ocean are described.

Key words: underwater system, oceanography, drifter, neutral-buoyancy buoy, drift, wind-driven current.

Author declares lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Ozerov M. Drifting ocean data station of variable depth. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; special issue 1: 235–241 (in Russian).

UDC 551.46:681.3

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-235-241



Мировой океан, таящий в своих недрах огромные запасы пищевых и минеральных ресурсов, становится в настоящее время сферой хозяйственной деятельности человека. Более 10 % животных белков, употребляемых в пищу населением планеты, добывается в океанах и морях. Более 30 % мировой добычи нефти ведется в прибрежных зонах океана, кроме того, освоена промышленная добыча газа и некоторых редких полезных ископаемых.

Океан является главной транспортной артерией планеты, он в существенной степени определяет погоду Земли за счет аккумуляции значительных запасов тепловой и механической энергии. Интересы народного хозяйства требуют интенсивного развития сырьевой и энергетической базы, и изучение Мирового океана как наиболее перспективного источника становится первоочередной задачей.

В настоящее время получили развитие и активно используются следующие методы и средства исследования океана:

- дистанционное зондирование с использованием искусственных спутников Земли (ИЗС);
- автономные океанологические станции (АОС);
- свободно дрейфующие буи, буи нейтральной плавучести (БНП) и буи-профилемеры;
- автономные обитаемые подводные аппараты (АНПА);
- глубоководные обитаемые подводные аппараты;
- судовые океанографические наблюдения.

Дистанционное зондирование с помощью искусственных спутников (при их достаточном количестве) позволяет вести наблюдение за всей поверхностью Мирового океана и протекающими в нем процессами, такими как: таяние и образование ледяного покрова полярных зон, образование циклонов и антициклонов, погодные наблюдения. Также спутники позволяют выполнять контроль уровня моря, измерение температуры поверхности океана и многие другие измерения. Этому способствуют имеющиеся средства наблюдения, позволяющие вести контроль за океаном в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом спектрах. Но у этого способа есть и существенный недостаток: с помощью спутников невозможно заглянуть в океан и производить измерения температуры, солёности, давления и многих других параметров непосредственно на глубине. Для решения подобных задач требуются приборы и методы, позволяющие проводить вертикальное зондирование толщи вод океана. В данный момент наибольшее распространение получили автономные океанографические станции, свободно дрейфующие буи, БНП и буи-профилемеры.

Океанографические станции позволяют непрерывно получать информацию о состоянии выбранного участка толщи океана в течение большого промежутка времени. Но в то же время с их помощью возможно проводить только локальные измерения. Для оперативных и глобальных измерений (в том числе и для измерений течений) применяются свободно дрейфующие буи и БНП. Свободно дрейфующие буи (они же дрейфтеры) измеряют температуру и прозрачность приповерхностного слоя воды, а так же атмосферное давление (примером может служить отечественный буй «ЛЮБАН»). Специализированные метеорологические дрейфтеры (например, серия дрейфтеров WaveGlider Mercury, разработка компании Liquid Robotics, США) способны определять основные характеристики приповерхностного слоя атмосферы (скорость и направление ветра, влажность воздуха и прочее).

БНП перемещаются в толще воды под действием подводных течений. Они так же способны перемещаться, изменяя свою плавучесть. БНП осуществляют долговременные измерения профилей температуры и солёности воды. В момент всплытия накопленные данные передаются через уже упомянутые спутники исследовательской группе на землю. Такой подход, совмещающий перечисленные методы и средства исследований, позволяет создать глобальную исследовательскую сеть для всеобъемлющего контроля за Мировым океаном.

Предлагаемая в данной работе система является своеобразным гибридом дрейфтера и буя нейтральной плавучести. Она объединяет в одном устройстве несколько различных датчиков для проведения измерений параметров как приповерхностного слоя воды и прилегающей атмосферы, так и более глубоких слоев океана (до 600 м). Система будет иметь срок жизни, превышающий срок жизни буй-профилемера, за счет возможности подзарядки входящих в ее состав аккумуляторов (с помощью солнечных батарей) и, в то же время, сможет проводить измерения недоступные для дрейфтеров (такие, как профили температуры и солёности на глубине, измерение скорости звука и другие). Продолжительность измерений – от полутора до двух лет.

Так же создание данной системы представляется актуальным ввиду морального и технического устаревания имеющихся в Российской Федерации устройств (так, зондирующий дрейфтер «Зенит» и дрейфтер «ЛЮБАН» были созданы в период «перестройки», распада СССР и «лихих» 90-х), а также тем, что проектировавшиеся в период 90-х гг. перспективные устройства так и не вышли за рамки

НИОКР и макетов. Ввиду задачи освоения Арктики и контроля за ней наличие подобных систем крайне необходимо.

Назначение системы определено техническим заданием:

- измерение параметров приповерхностного слоя атмосферы;
- измерение параметров верхнего и глубинных слоев океана;
- составление карты течения (как поверхностного слоя, так и глубинного).

Система передвигается в горизонтальной плоскости под действием течения, в котором находится.

В связи с тем, что для возможности проведения измерений всех заявленных в техническом задании параметров системе по сути придется находиться одновременно в двух средах (под водой и над ней), было принято решение разделить ее на два отдельных блока, соединенных тросовой системой – на верхний и погруженный подвижный, перемещающийся по тросу. К концу троса прикреплен груз-заглубитель (рис. 1).

Верхний блок находится на поверхности воды. Он осуществляет измерения параметров приповерхностного слоя атмосферы и верхнего слоя воды, таких как: температура, влажность, направление движения и скорость воздуха у поверхности воды; температура, соленость верхнего слоя воды, количество кислорода в нем и прочее.

В состав аппаратуры верхнего блока входят:

- метеостанция AirMag PB200 для измерения параметров приповерхностного слоя атмосферы;
- блок спутниковой связи ARGOS-3 для связи с землей, уточнения своего местоположения и отправки накопленных данных на землю;
- жесткий диск для записи данных измерений верхнего блока;
- лебедка с ходовым тросом, по которому перемещается подвижный блок. Так же в тросе находится проводник для функционирования индукционного модема;
- управляющий контроллер на базе процессора Vaikal-T1;
- приемное устройство индукционного модема для получения данных измерений, проведенных подвижным блоком (встроено в управляющий контроллер и получает питание от него).

Верхний блок осуществляет непрерывные измерения параметров верхних слоев воды и приповерхностного слоя атмосферы в течение всего времени работы системы (рис. 2).

Структурная схема электроники верхнего блока представлена на рис. 3.

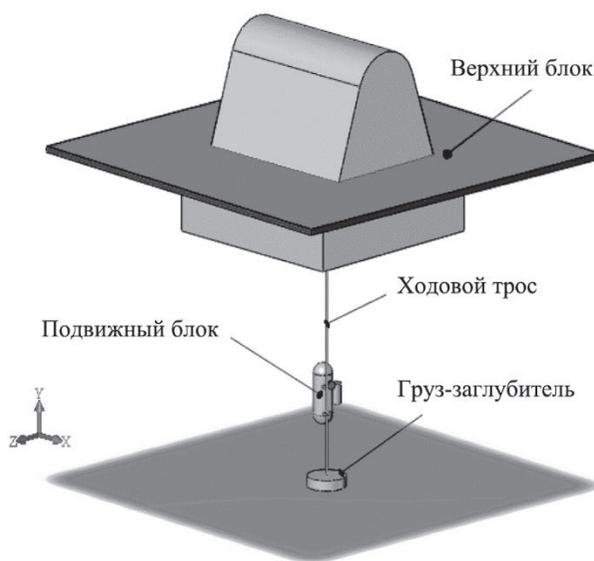


Рис. 1. Общий вид комплекса

Fig. 1. General view of system

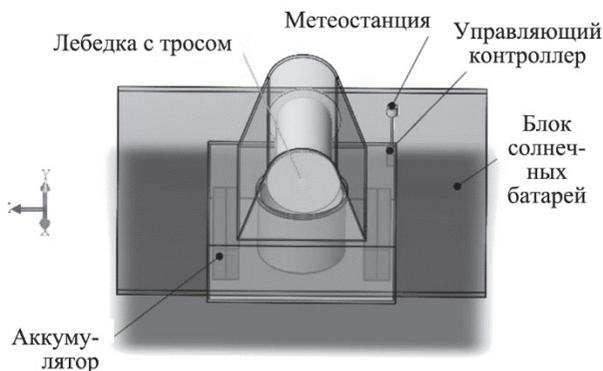


Рис. 2. Верхний блок

Fig. 2. Topside block

Электропитание – автономное, осуществляется от бортового литий-ионного аккумулятора. Напряжение в системе $U = 12$ В. Исходя из характеристик приборов (рабочего напряжения и тока) высчитаем энергопотребление: ЦП управляющего контроллера: 5 Вт; жесткий диск: 7 Вт; метеостанция: $P_{мс} = 12В \cdot 0,22 А = 2,64$ Вт; блок спутниковой связи: $P_{бсс} = 12В \cdot 0,12А = 1,44$ Вт. Просуммировав полученные значения получим общее энергопотребление систем верхнего блока:

$$P_{вбоб} = 5 Вт + 7 Вт + 2,64 Вт + 1,44 Вт = 16,08 Вт.$$

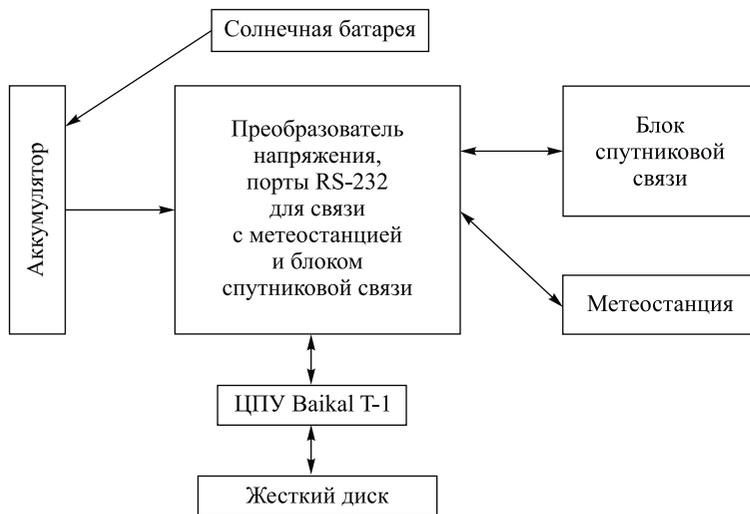


Рис. 3. Структурная схема электроники верхнего блока

Fig. 3. Circuit diagram of topside electronics

Пополнение запаса электроэнергии осуществляется с помощью блока солнечных батарей, закрепленного на верхней поверхности блока. Емкости аккумулятора должно хватить как минимум на месяц автономной работы (720 ч), так как КПД солнечных батарей сильно зависит от погодных условий, и не всегда будет возможно пополнить запас энергии. С учетом этих факторов суммарная емкость аккумулятора верхнего блока составит

$$N_{\text{вб}} = 16,08 \text{ Вт} \cdot 720 \text{ ч} = 11520 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

Погруженный подвижный блок перемещается по ходовому торсу в толще воды с помощью электромотора. Блок осуществляет получение вертикальных профилей океанографических параметров, таких как температура, соленость, давление, скорость звука в воде, количество кислорода и прочее. Для этого он осуществляет цикл всплытие-погружение. Блок осуществляет до пяти подобных циклов раз в 1–2 сут. со скоростью перемещения 0,5 м/с. Продолжительность цикла: 1 час. Итого в сутки блок работает в течении 5 часов.

В состав аппаратуры подвижного блока входят (рис. 4):

- датчик температуры, солености, давления, и флуориметр для проведения соответствующих измерений MINI-PACK. Число измеряемых параметров можно увеличить, подключив к данному датчику дополнительные. Возможна установка акустической антенны;
- электромотор с планетарным редуктором для передвижения по тросу;
- жесткий диск для хранения накопленных данных измерений;

- акселерометр измерения скорости и направления движения системы;
- управляющий контроллер на базе процессора Baikal-T1;
- индукционный модем SeaBird SBE 44 для передачи накопленных данных в верхний блок.

Функциональная схема электроники подвижного блока представлена на рис. 5.

Электропитание – автономное от бортового аккумулятора большой емкости. Рабочее напряжение $U = 12 \text{ В}$. Исходя из характеристик приборов высчитаем энергопотребление: ЦП управляющего контроллера: 5 Вт; жесткий диск: 7 Вт; датчик CTD-F:

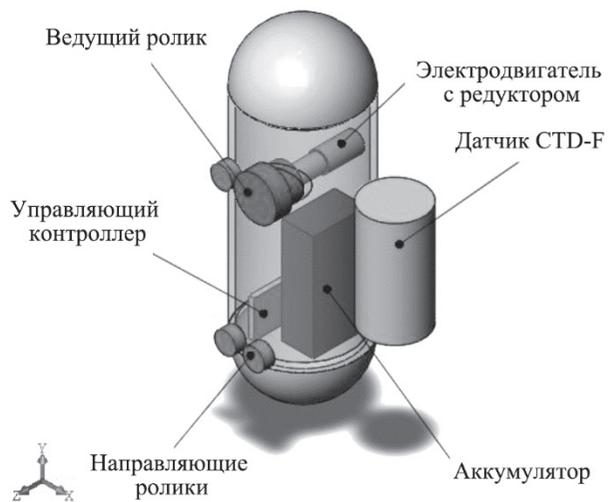
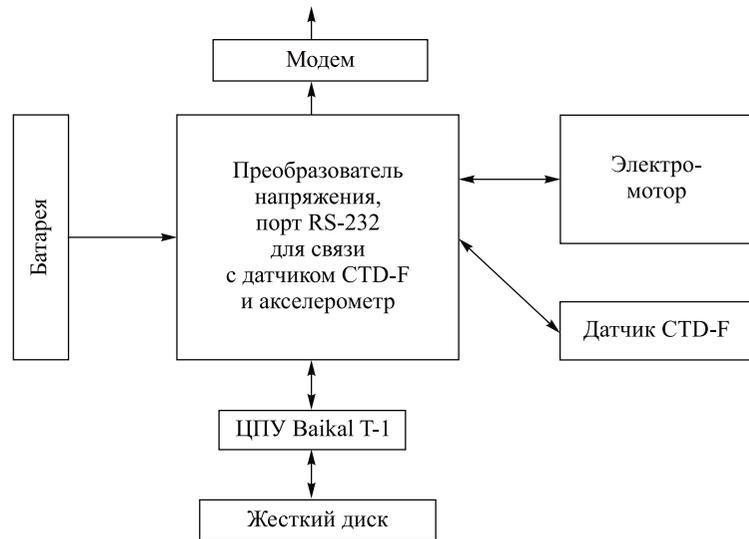


Рис. 4. Подвижный блок

Fig. 4. Moving block

Рис. 5. Функциональная схема электроники подвижного блока
Fig. 5. Circuit diagram of moving block electronics



$P_d = 12 \text{ В} \cdot 0,03 \text{ А} = 0,36 \text{ Вт}$; потребление электромотора: $P_{эм} = 12 \text{ В} \cdot 0,634 \text{ А} = 7,608 \text{ Вт}$; потребление индукционного модема: $P_{им} = 12 \text{ В} \cdot 0,01 \text{ А} = 0,12 \text{ Вт}$. Просуммировав полученные значения, получим

$$P_{воб} = 5 \text{ Вт} + 7 \text{ Вт} + 0,36 \text{ Вт} + 7,608 \text{ Вт} + 0,12 = 20,1 \text{ Вт}.$$

При времени работы по 5 часов в сутки в течении 2 лет необходимый запас энергии аккумулятора составит (с некоторым запасом):

$$L_{вб} = 20,1 \text{ Вт} \cdot 5 \text{ ч} \cdot 365 \text{ суток} \cdot 2 = 75000 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

Максимальная глубина погружения подвижного блока определяется предельной возможной глубиной работы датчиков, входящих в состав подвижного блока. В качестве основного предлагается использовать мульти-датчик температура-соленость-давление-флуориметр MINI-PACK (разработка компании Chelsea Technologies Group, Великобритания). Его максимальная рабочая глубина составляет 600 м. Также возможно использование датчиков, регистрирующих только один параметр одновременно (к примеру, решения компании Sea-Bird, США). Создание отечественного аналога подобных датчиков в рамках импортозамещения является важной задачей, решение которой позволит развить в нашей стране необходимые технологии и устранить зависимость от зарубежных стран.

В подвижном блоке предусмотрено несколько разъемов под различные датчики для проведения более широкого спектра измерений.

Наиболее близким аналогом подвижного блока может служить отечественный зонд-профилограф

«Аквалог» (разработка Института океанологии им. П.П. Ширшова, Москва). Он применяется в качестве составного элемента автономных океанологических станций. Также аналогом является зонд-профилограф McLane Moored Profiler (разработка компании McLane Research Lab, США).

Комплекс поставляется заказчику в стандартном двадцатифутовом контейнере. В нем же он доставляется на судно, с которого будет осуществляться его постройка. При этом верхний и подвижный блоки соединены в единое целое. Солнечная батарея демонтирована. Аккумуляторы обоих блоков не заряжены. Для приведения комплекса в рабочее состояние потребуются смонтировать на корпусе верхнего блока солнечную батарею так, как представлено на чертежах (в инструкции), и зарядить аккумуляторы блоков (от сети корабля). Также перед постройкой комплекса на воду необходимо проверить работоспособность всех систем комплекса – метеостанции, блока спутниковой связи, датчика CDT-F, электромотора, управляющего контроллера, жестких дисков, лебедки.

Когда работоспособность всех систем будет подтверждена, и аккумуляторы будут заряжены, комплекс следует краном-манипулятором опустить на поверхность воды. После этого лебедка, присоединенная к сети корабля, разматывает трос на длину, равную предельной глубине погружения подвижного блока. Границей этой глубины служит груз, закрепленный на погружаемом конце троса. После его разматывания лебедка отключается от сети корабля. Затем подвижный блок отделяется от верхнего и начинает погружение.

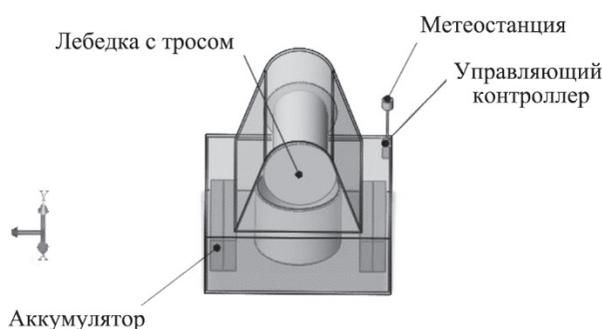


Рис. 6. Верхний блок в полярном исполнении
Fig. 6. Topside block (polar design)

Для использования в условиях Арктики предусмотрен иной вариант компоновки системы. Верхний блок предполагается вмораживать в лед. Также ввиду сложных климатических условий и недостатка солнечного света блок солнечных батарей и подзаряжаемый от него аккумулятор относительно небольшой емкости заменяется на один аккумулятор, способный обеспечить энергией все системы верхнего блока на протяжении всего цикла работы (рис. 6). В данном случае необходимая емкость аккумулятора составит

$$N_{\text{вб}} = 16,08 \text{ Вт} \cdot 24 \text{ часа} \cdot 365 \text{ суток} \cdot 2 = 290000 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

Подобные системы уже реализованы за рубежом и используются для проведения океанографических наблюдений в арктической зоне. Это Polar Ocean Profiling System (POPS, совместная разработка компаний JAMSTEC и MetOcean, Япония – Канада), и Ice Tethered Profiler (ИТР, разработка Вудс-Хольского Института океанографии, США). Данные системы активно применяются с 2008 г., в том числе и в отечественных экспедициях.

Для наблюдения за исследуемым районом океана предполагается использование нескольких систем (от десяти и более), объединенных в единую информационную сеть. Это позволит получить наиболее полную картину происходящего в исследуемом районе. Также это будет более экономически оправдано, нежели использование двух отдельных групп аппаратов для наблюдения за приповерхностным и глубинным слоями океана в исследуемом районе. Установка на подвижный блок системы вместо одного из датчиков акустической антенны (микрофона) позволит использовать ее в качестве системы обнаружения и опознавания подводных лодок и аппаратов (получится своеобразный аналог американской системы SOSUS).

Освоение Арктики, контроль за ее экологией, ресурсами и успешная защита северных рубежей нашей страны от возможных враждебных действий соседних государств требует наличия специальных технических средств. Предлагаемая система позволит решать широкий спектр научных и оборонных задач в любом (в том числе и арктическом) регионе Мирового океана. В работе рассмотрены основные вопросы, связанные с формированием облика и аппаратного состава предлагаемой системы. Также был определен аппаратный состав системы и ее основные энергетические характеристики, составлена математическая модель поведения системы при дрейфе под действием ветрового течения. Информационной базой послужили источники, опубликованные в открытой печати.

Следует отметить направления, в которых предлагаемая система может быть улучшена: увеличение КПД солнечных батарей, улучшение характеристик батарей верхнего и нижнего блоков, совершенствование математической модели поведения системы при нахождении течения, разработка отечественных аналогов используемых датчиков.

Библиографический список

References

1. *Писарев С.В.* Опыт применения автоматических дрейфующих устройств для исследования водной толщи и ледового покрова Арктики в начале XXI века. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2014. [*S. Pisarev.* Service experience with automatic drifting devices intended for studying water columns and ice cover in the Arctic in the early XXI century. М. P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, 2014. (In Russian)].
2. *Островский А.Г., Зацепин А.Г., Соловьев А.Г., Цибульский А.Л., Швоев Д.А.* Автономный мобильный аппаратно-программный комплекс вертикального зондирования морской среды на заякоренной подводной станции. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2012. [*A. Ostrovskiy, A. Zatsepin, A. Soloviev, A. Tsibulskiy, D. Shvoev.* Autonomous mobile software & hardware system for vertical probing of marine environment on a moored underwater station. М. P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, 2012. (In Russian)].
3. *Мотыжев С.В., Лунев Е.Г., Толстошеев А.П.* Развитие дрейферных технологий и их внедрение в практику океанографических наблюдений в Черном море и Мировом океане. Севастополь: Морской гидрофизический институт НАН Украины, 2011. [*S. Motyzhnev, E. Lunev, A. Tolstosheev.* Drifter technology development

and implementation for practical oceanographic observation in the Black Sea and world ocean. Sevastopol: Marine Hydrophysical Institute, National Academy of Sciences of Ukraine, 2011. (In Russian)].

4. *Смирнов Г.В., Еремеев В.Н., Агеев М.Д., Коротаев Г.К., Ястребов В.С., Мотыжев С.В.* Океанология. Средства и методы океанологических исследований. М.: Наука, 2005. С. 81–125. [G. Smirnov, V. Eremeev, M. Ageev, G. Korotaev, V. Yastrebov, S. Motyzhnev. Oceanology. Means and methods of oceanological investigations. M.: Nauka, 2005. P. 81–125. (In Russian)].
5. McLane Moored Profiler Datasheet. McLane Research Laboratories, Massachusetts, USA, 2011.

Сведения об авторах

Озеров Михаил Вячеславович, инженер-конструктор III категории ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения». Адрес: 192029, Санкт-Петербург, ул. Крупской, д. 2а. Тел.: +7 (963) 247-39-22, +7 (999) 668-29-33; E-mail: mvozerov@mail.ru.

About the authors

Ozerov M., design engineer III category, JSC Central Research institute of Marine Engineering. Address: ul. Krupskoi 2a, St. Petersburg 192029, Russia. Tel.: +7 (963) 247-39-22, +7 (999) 668-29-33; E-mail: mvozerov@mail.ru.

Поступила / Received: 02.03.18
Принята в печать / Accepted: 18.04.18
© Озеров М.В., 2018