

УДК 629.514.011:621.311.26

Л. Ф. Борисова, А. Н. Коробко

Несамородное гидроэнергетическое судно для обеспечения электрической энергией труднодоступных районов Арктики и Дальнего Востока

L. F. Borisova, A. N. Korobko

The non-self-propelled hydropower vessel for electrical energy providing of Arctic and Far East hard-to-reach areas

Аннотация. Предложена конструкция плавучей приливной электростанции непрерывного действия на базе несамородного судна, использующая для производства электрической энергии возобновляемые источники энергии ветра и приливной волны.

Abstract. The floating tidal unceasing action power plant design based on the non-self-propelled vessel has been proposed. To produce electric energy the renewable energy of wind and tidal waves has been used.

Ключевые слова: плавучая приливная электростанция, несамородное гидроэнергетическое судно, электрическая энергия, возобновляемый источник энергии, энергия приливной волны, энергия ветра, районы Арктики и Дальнего Востока.

Key words: floating tidal power plant, non-self-propelled hydropower vessel, electric energy, renewable energy, tidal wave energy, wind energy, Arctic and Far East areas.

Введение

Интенсивное таяние льдов и развитие судоходства на трассах Северного морского пути (СМП) открывают новые возможности для решения задач электроснабжения Арктических регионов, способствующие продвижению глобальных проектов по освоению новых территорий. Для электрообеспечения хозяйственной деятельности в таких удаленных от центра регионах Севера европейской части страны и Дальнего Востока предлагается использовать наплавные мобильные приливные электростанции на базе наливных несамородных судов (НГЭС), конструктивно переоборудованных в специализированный гидроэнергетический блок.

Натурные испытания на Кислогубской ПЭС, выполненные Полярным институтом рыбного хозяйства и океанологии (ПИНРО)¹, показали хорошие предпосылки для использования наплавных мобильных гидроэлектростанций, к числу которых можно отнести следующие:

1. Безопасность для человека (населения) и окружающей среды:
 - отсутствие вредных выбросов (в отличие от ТЭС);
 - отсутствие затопления земель и опасности волны прорыва (в отличие от ГЭС);
 - отсутствие радиационной опасности (в отличие от АЭС);
 - отсутствие угрозы населению в примыкающих районах в случае возникновения катастрофических природных и социальных явлений (землетрясения, наводнения, военные действия, террористические акты).
2. Экологичность:
 - отсутствие препятствия для пропуска рыбы (натурные испытания на Кислогубской ПЭС не обнаружили погибшей рыбы или ее повреждений);
 - отсутствие гибели планктона – основной кормовой базы рыбного стада (на ПЭС гибнет 5–10 % планктона, а на ГЭС – 83–99 %);
 - отсутствие снижения солености воды, определяющей экологическое состояние морской фауны и льда (на ПЭС снижение солености воды составляет 0,05–0,07 %, т. е. практически неощутимо).
3. Технологичность:
 - отсутствие нажимного действия льда на конструкцию;
 - наблюдается смягчение ледового режима (в бассейне ПЭС исчезают торосы и предпосылки к их образованию).

Все эти качества позволяют сделать вывод о целесообразности исследований в области создания наплавных мобильных приливных электростанций для обеспечения электрической энергией труднодоступных районов Арктики и Дальнего Востока. Вопросам конструирования наплавного блока несамородного гидроэнергетического судна (НГЭС) посвящена настоящая работа.

Конструирование наплавного блока несамородного гидроэнергетического судна

Идея конструктивной модели базируется на наплавной технологии строительства блоков ПЭС, апробированной в ходе строительства Кислогубской ПЭС и защитной дамбы Санкт-Петербурга. Секции

¹ Приливные электростанции (ПЭС) – источник энергии, запасаемый в водороде [Электронный ресурс] / И. Н. Усачев, Ю. Б. Шполянский, Б. Л. Историк [и др.]. URL: http://h2forum2008.ru/docs/pdf/abstracts/5_3_21.pdf.

плотины из железобетонных конструкций были изготовлены на берегу и отбуксированы к месту установки по морю. Это дало существенную экономию капитальных вложений. Способ признан в мире как наиболее эффективный при строительстве плотин ПЭС.

Предлагается в качестве наплавного блока НГЭС использовать нефтеналивные суда, переоборудованные соответствующим образом.

Известно, что наливные суда оборудованы танками для хранения жидкости и имеют дедвейт от 30 до 90 тыс. т. Наливные суда таких типов, как теплоход "Победа" дедвейтом 84 500 т при осадке 13,5 м, теплоход "Пабло Неруда" дедвейтом 51 480 т при осадке 12,2 м, теплоход "Смольный" дедвейтом 37 000 т (осадка 10,1 м), супертанкер "Кубань" дедвейтом 150 500 т (осадка 17 м), супертанкер "Яре Викинг" (Jahre Viking, Happy Giant, Knock Nevis, Mont, списан в 2010 г.) дедвейтом 565 000 т (осадка 24,6 м), супертанкер Ti Eufore дедвейтом 420 000 т (осадка 24,5 м) оборудованы танками для хранения и перевозки жидкостей. Конструкции указанных судов выполнены по схожим принципам (рис. 1).

Нефтяные танкеры, как правило, имеют от 8 до 12 танков, танки нумеруются, начиная с бака. Каждый резервуар разделен на два или три независимых отсека передней и кормовой переборкой.

Реконструкцию судна для построения наплавного блока несамостоятельного гидроэнергетического судна (НГЭС), работающего на приливной воде, рассмотрим на примере наливного судна – теплохода "Пабло Неруда", конструктивная схема которого изображена на рис. 1. Реконструированная схема наплавного блока НГЭС показана на рис. 2.

Машинное отделение судна освобождается от оборудования, и на свободных площадях устанавливается турбинный водовод, который оснащается двумя ортогональными турбинными агрегатами (1), работающими на общий генератор (8). На судне остаются только вспомогательные механизмы, обеспечивающие безопасность мореплавания при буксировке судна к месту использования.

В основе конструкции и принципа действия использован принцип сообщающихся сосудов. Тело танкера переоборудуется таким образом, чтобы создать внутри него водоток заборной приливной воды в танки, используемые в качестве бассейна. При достаточно высокой амплитуде прилива (более 4 м) можно создать напор воды, заполняющей танки, достаточный для вращения гидротурбины, которая размещается в теле танкера на пути водотока и соединяется с гидрогенератором.

Если все танки образуют один наполняемый водой бассейн, то при правильном полусуточном цикле приливов НГЭС может вырабатывать электроэнергию непрерывно в течение 4–5 час с перерывами соответственно в 2–1 час четыре раза в течение суток (это конструкция однобассейновой НГЭС двустороннего действия). Для устранения неравномерности выработки электроэнергии можно танки разделить на две группы, образовав двухбассейновую конструкцию, в которой в одном из бассейнов поддерживается уровень "малой" воды, а в другом – "полной".

В предлагаемом решении непрерывность действия обеспечивается двухбассейновой схемой исполнения. При этом нижний, горизонтальный, уровень составляет система водоводов (3, 4), с помощью которых внешняя приливно-водная вода распределяется между танками. Танки с помощью водоводов объединяются в две группы, образующие два вертикальных бассейна (танки 1 и 3, 2 и 4). Вертикальные бассейны наполняются приливной водой, причем в одном из бассейнов поддерживается уровень "малой" воды, а в другом – "полной". Бассейны сообщаются между собой по смонтированным трубам-водоводам. Конструкция приливной электростанции с использованием двух вертикальных бассейнов защищена патентом².

Внешняя приливно-водная вода поступает в горизонтальный уровень по турбинному водоводу с поворотными задвижками (2) с ручным управлением. Задвижки перекрывают входы в водовод и поддерживают постоянно разницу в уровнях воды в вертикальных бассейнах. Во входном (турбинном) водоводе установлены две ортогональные турбины (1), которые валами через дифференциалы соединены с общим генератором (8). Ортогональные турбины соединяются с генератором посредством редуктора-дифференциала. Генератор размещается в водонепроницаемом колодце.

При открытии задвижек турбинных водоводов приливно-водная вода заполняет пустые танки и вращает турбины и ротор генератора, который вырабатывает электрическую энергию. На концах вала генератора устанавливаются дифференциалы, автоматически подключающие турбины к генератору. В зависимости от направления движения воды подключается та или другая ортогональная турбина так, что направление вращения турбины происходит всегда в одну сторону, в эту же сторону вращается ротор генератора.

Для повышения КПД генератора используются ветромеханические насосные устройства, управляющие осевыми насосами, которые размещаются в специальных водоводах на верхней палубе судна. Осевые насосы обеспечивают максимальную разницу в уровнях воды в вертикальных бассейнах.

² Приливно-водная электростанция : пат. 125586 Рос. Федерация. № 2012143912/13 ; заявл. 15.10.12 ; опубл. 10.03.13, Бюл. № 7. 5 с.; Российский Морской Регистр Судоходства (PMPC) [Электронный ресурс]. URL: <http://izobata.ru/2013/06/rossijskij-morskoy-registr-sudoxodstva-rmrs/>.

Повысить эффективность НГЭС можно, установив дополнительно ортогональную пневмотурбину с генератором (6). Верхние части танков при этом соединяются между собой воздуховодами, на конце которых устанавливается ортогональная пневмотурбина с генератором. При наполнении танков приливной водой через воздуховоды (5), соединяющие все танки, сжатый воздух поступает в пневмотурбину с генератором. При отливе воды воздух засасывается обратно в танки. Входящий и выходящий в танки воздух вырабатывает дополнительную электроэнергию.

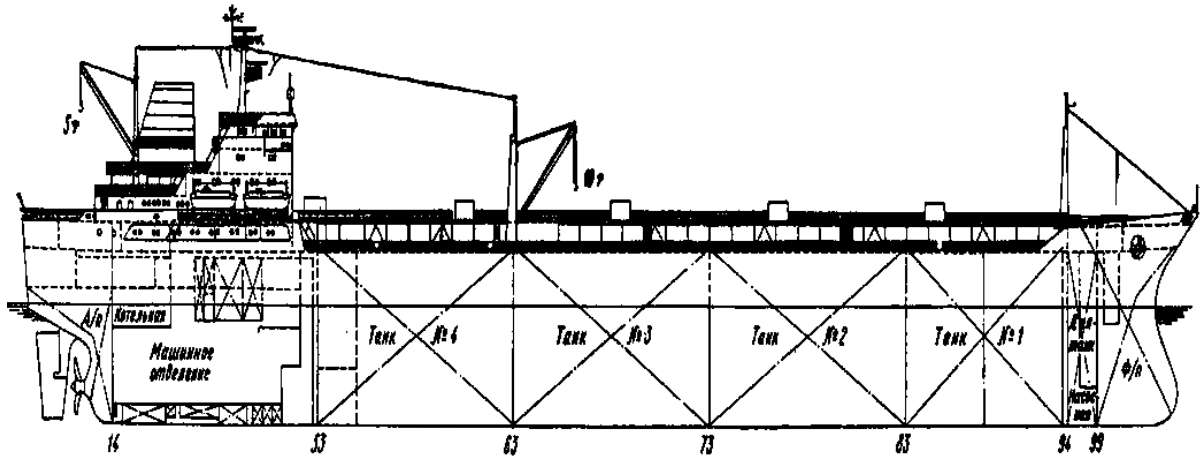


Рис. 1. Конструктивная схема устройства теплохода "Пабло Неруда"

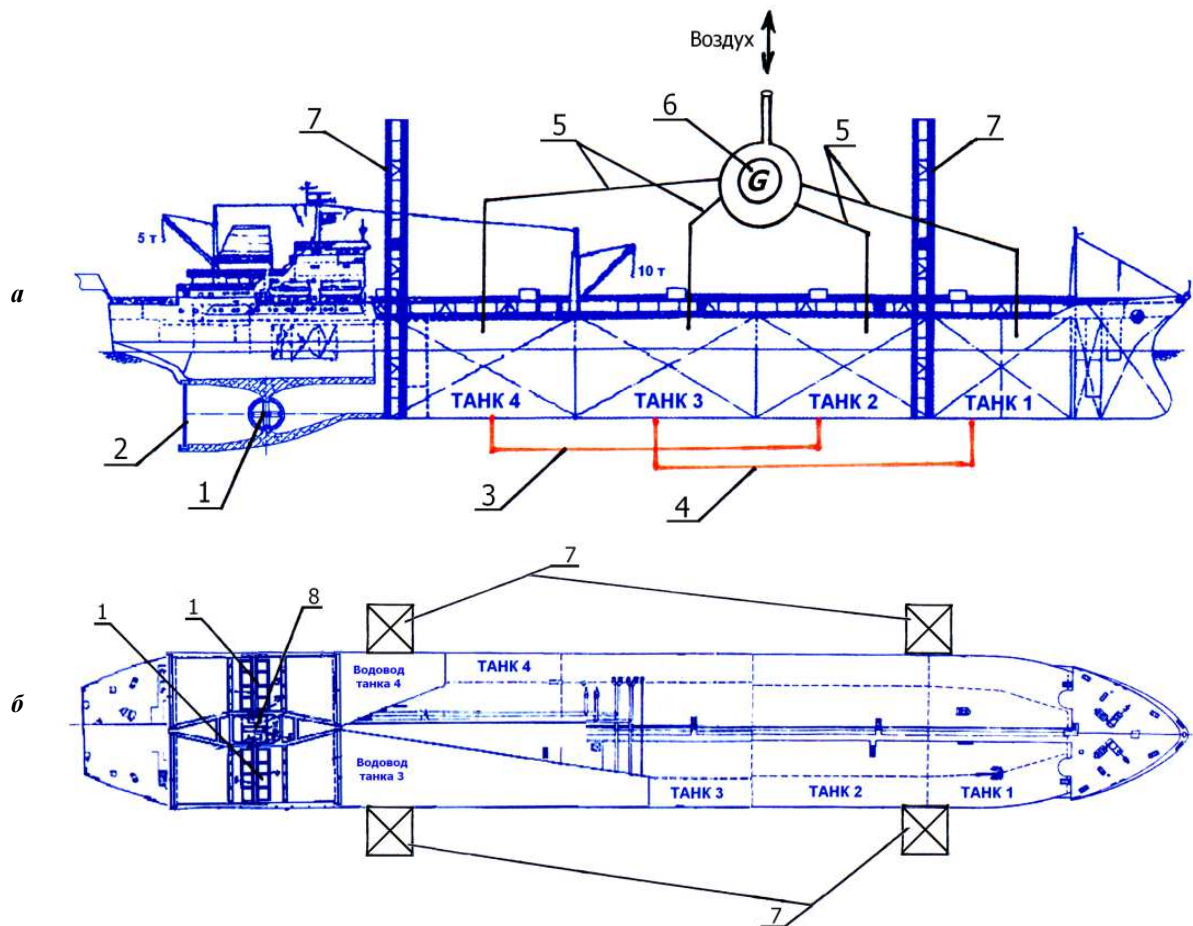


Рис. 2. Реконструированная схема наплавного блока НГЭС (а – вид сбоку, б – вид сверху): 1 – ортогональная турбина, соединенная через дифференциалы с генератором; 2 – задвижки, перекрывающие входы в водоводы; 3 – водоводы, соединяющие танки 2 и 4; 4 – водоводы, соединяющие танки 1 и 3; 5 – воздуховоды, объединяющие все танки и предназначенные для сбора сжатого воздуха и направления его в пневмотурбину; 6 – пневмотурбина с генератором; 7 – подвижные выдвигные стойки, для установки наплавного блока на грунт; 8 – генератор, соединенный с ортогональными турбинами через дифференциалы

Избыток выработанной энергии может быть использован для производства кислорода и водорода, которые в свою очередь можно использовать как топливо для двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Это целесообразно, когда пиковая выработка электроэнергии попадает в нерабочее время суток.

Подвижные выдвигные стойки (7) предназначены для установки наплавного судна на грунт у береговой линии. Несамостоятельное судно с помощью выдвигных стоек устанавливается и выравнивается у берега с учетом рельефа дна и высоты прилива. Наплавное судно должно быть установлено таким образом, чтобы на самой малой воде турбина была погружена. Это позволит заполнять танки максимальным количеством приливной воды. В рассматриваемой конструкции осадка судна позволяет устанавливать наплавные блоки НГЭС при величине прилива от 5 до 15 м.

Выдвигные опоры позволяют зафиксировать установленный наплавной блок НГЭС на грунте у необорудованного берега, обеспечивают экологичность НГЭС и предотвращают заиливание. Применение выдвигных стоек позволит решить проблему засыпки днища судна грунтом (погружения) при длительной стоянке.

Защита корпуса (морозостойчивая, антикоррозийная и пр.) может быть выполнена с использованием мероприятий, разработанных при реконструкции Кислогубской ПЭС и показавших хорошее качество при опытной эксплуатации [1].

Доставка НГЭС к месту установки может осуществляться методом буксировки посредством буксирной линии (троса) буксирующим судном или методом толкания барже-буксирным составом.

Реализация НГЭС на базе одноконтурных наливных судов

Разливы нефти, как известно, исключительно опасны для окружающей среды. Одним из источников разливов нефти являются нефтяные танкеры. На танкеры приходится менее пяти процентов от общего числа разливов с судов, но более 60 % от общего объема³. Учитывая, какие объемы нефти перевозят современные танкеры, их рассматривают как угрозу для окружающей среды.

Исторически сложилось так, что нефтяные танкеры строились с одной оболочкой, однокорпусными. У однокорпусных танкеров забортная вода и нефть разделены одной стальной пластиной. При столкновении, навалении или посадке на мель такая оболочка получит гарантированно пробоину, в результате чего происходит разлив.

Характерным примером является авария танкера "Надежда"⁴ с 786 т топлива (426 т дизельного топлива и 360 т мазута) на борту, севшего на мель у берегов Сахалина 28 ноября 2015 г. Инцидент произошел во время сильного шторма. Судно пережидало непогоду в районе порта Невельск в 150 м от берега. Под воздействием ветра якорь при выемке ударил о корму, вследствие чего танкер получил трещину в машинном отделении. Никто из членов экипажа не пострадал. При осмотре танкера выявлено затопление машинного отделения и повреждение второго танка с мазутом. Произошел разлив топлива в море и загрязнение берегового грунта нефтепродуктами на территории около 3,5 км.

Танкер с двойным корпусом имеет две стальных пластины, разделенные между собой пространством. При этом второй корпус обеспечивает буферную зону между забортной водой и грузом нефти. Вероятность загрязнений с двухкорпусных судов значительно меньше, чем с однокорпусных, особенно если столкновение происходит на малых скоростях или при посадках на мель.

В 1983 г. в рамках международной конвенции МАРПОЛ 73/78 было принято Приложение I, регулирующее предотвращение загрязнений нефтью с морских судов. После ряда крупных столкновений морских судов и происшествий, которые привели к существенному загрязнению окружающей среды, в 1992 г. к Приложению были приняты поправки в Резолюции 52 (32). Поправка 13F содержит требование наличия двойного корпуса у всех танкеров, построенных после 06.06.1996 г. Дополнительные требования были приняты для танкеров грузоподъемностью 5000 т и более, согласно которым все пространство грузовых танков судна должно быть окружено балластными танками или иным пространством, которое не является грузовым или топливным⁵. Даже при успешно пройденной проверке системы оценки состояния эксплуатации однокорпусных танков запрещается после 2015 г. или по достижению судном возраста 25 лет после даты его поставки, если этот срок истечет раньше окончания 2015 г.

В настоящее время МАРПОЛ ратифицировали более чем 150 стран, что составляет более 99 % тоннажа мировых торговых перевозок. В России с 2012 г. действует Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта. Статья 108в Технического регламента предусматривает наличие

³ Нефтеналивные суда. Загрязнения нефтепродуктами с судов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.seagulf.ru/tanker.php>.

⁴ Танкер "Надежда" построен на верфи Banguhjin Shipbuilding & Engineering (г. Ульсан, Южная Корея) 1 октября 1986 г. как однокорпусное судно.

⁵ IMO Documentation/ Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as amended (MARPOL PROT 1978) [Electronic resource]. URL: <https://imo.amsa.gov.au/public/parties/marpol78.html>.

на нефтеналивных судах (кроме стоечных) двойного дна и двойных бортов по всей длине и высоте грузовых танков или требует, чтобы грузовые танки были вкладными. Нефтеналивные суда, которые не удовлетворяют этим требованиям, эксплуатироваться после 31 декабря 2014 г. не могут.

Расходы на переоборудование судна являются в большинстве случаев дорогостоящими и превышают выгоду от последующего использования судна, в том числе по причине уменьшения полезной грузоподъемности судна после установки второго корпуса.

Запрет на эксплуатацию однокорпусных судов для танкерного флота России оказался достаточно ощутимым, так как под запрет попало около 90 % бункерного флота, примерно 700 самоходных судов и 900 несамоходных барж⁶.

В настоящее время в России все еще имеются предложения о продаже относительно новых однокорпусных танкеров по низкой стоимости⁷. Такие предложения привлекательны для приобретения однокорпусных судов, например с целью реконструкции по специальным проектам, обеспечивающим повышенную безопасность от загрязнения окружающей среды. В этом случае судно должно пройти ряд согласовательных процедур с комиссией ИМО и портовыми властями для получения разрешения на эксплуатацию. Администрация, как известно, может поручить проверки и освидетельствования признанным ею организациям, к числу которых относится Российский Морской Регистр Судоходства (РМРС). Регистр имеет право устанавливать виды, объемы и периодичность освидетельствований объектов надзора, может присваивать судам класс Регистра согласно своим надзорным функциям. Регистр является членом Международной Ассоциации Классификационных Обществ (МАКО, IACS – International Association Classification Societies) и имеет систему качества, которая соответствует требованиям МАКО и международного стандарта ИСО 9001. Правила Регистра являются обязательными для исполнения всеми судовладельцами, организациями, предприятиями и лицами, которые осуществляют проектирование, постройку, эксплуатацию, ремонт или переоборудование судов, а также изготовление материалов и изделий.

Регистр осуществляет технический надзор за следующими типами судов: пассажирскими и наливными судами, судами для перевозки опасных грузов, буксирами (независимо от мощности ГД и валовой вместимости), самоходными судами с мощностью ГД 55 кВт и более, валовой вместимостью 80 регистровых тонн и более, либо с суммарной мощностью первичных двигателей 100 кВт и более, а также за судовыми грузоподъемными устройствами грузоподъемностью 1 т и более.

НГЭС в силу своей специфики не представляет никакой угрозы окружающей среде, не перевозит грузов или пассажиров, поэтому не попадает в сферу надзора РМРС и может использовать выведенные из эксплуатации однокорпусные танки, получившие после переоборудования разрешение портовых властей на эксплуатацию, в течение длительного времени (вплоть до прихода в негодность от времени при постоянном базировании). Этот вариант можно рассматривать как неплохую и экономичную альтернативу утилизации однокорпусных судов, способную продлить жизненный цикл судна и получить коммерческую выгоду.

Заключение

Предложенная конструкция несамоходного гидроэнергетического судна является экономичным и удобным в использовании вариантом обеспечения электрической энергией труднодоступных морских районов, к числу которых относятся районы Арктики и Дальнего Востока. Использование НГЭС способно обеспечить быстрое и надежное решение народно-хозяйственной задачи электроснабжения районов, не имеющих собственных мощностей, а также районов, в которые подвод электрической энергии традиционными способами затруднен или невозможен по разным причинам.

НГЭС нетребовательны и нетрудоёмки в техническом обслуживании при эксплуатации, они могут работать достаточно продолжительный (межрейсовый) период в режиме генерации при минимальной численности обслуживающего персонала.

Дополнительный эффект состоит в том, что НГЭС можно оборудовать на базе выведенных из эксплуатации однокорпусных танков, продлив их жизненный цикл.

Подобная технология энергообеспечения с помощью мобильных НГЭС может быть особенно привлекательна для стран, имеющих протяженную береговую линию.

Библиографический список

1. Шилин М. Б. Кислогубская приливная электростанция: возвращаясь снова и снова [Электронный ресурс] // Ученые записки Рос. гос. гидрометеорол. ун-та. 2009. № 11. С. 101–112. URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/11-10.pdf.

⁶ Егоров Г. Анализ рынка танкеров смешанного типа река – море и речного плавания от Геннадия Егорова // В океане-море. Информационно-аналитическое агентство [Электронный ресурс]. URL: <http://www.publicsea.ru/news/>.

⁷ Маслов К. Двойная защита. О полном запрете однокорпусных танкеров с 2015 года [Электронный ресурс] // Адвокатское Бюро Санкт-Петербурга "ИНМАРИН". URL: <http://inmarin.ru/press-centr?id=202000&print>.

References

1. Shilin M. B. Kislogubskaya prilivnaya elektrostantsiya: vozvraschayas snova i snova [Kislogubskaya tidal power station: Coming back again and again] [Elektronnyi resurs] // Uchenye zapiski Ros. gos. gidrometeorol. un-ta. 2009. N 11. P. 101–112. URL: http://elibr.rshu.ru/files_books/pdf/11-10.pdf.

Сведения об авторах

Борисова Людмила Федоровна – ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", Морской институт, кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем, канд. техн. наук, доцент; e-mail: lfborisova@mail.ru

Borisova L. F. – FSEI HPE "Murmansk State Technical University", Marine Institute, Radio Engineering and Radio Telecommunication Systems Department, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: lfborisova@mail.ru

Коробко Александр Николаевич – малое инновационное предприятие "ИНТЭЖ" при ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", директор; e-mail: korobko_1950@mail.ru

Korobko A. N. – Director of the Small Innovative Enterprise "INTEZH", FSEI HPE "Murmansk State Technical University"; e-mail: korobko_1950@mail.ru