АВТОНОМНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Н.А. Павлов¹, Д.С. Рогачев¹, А.В. Синицкий¹, Е.В. Соломин²

¹Филиал ОАО «ОБЪЕДИНЕННАЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ КОРПОРАЦИЯ» –
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

РФ 111250, Москва, ул.Авиамоторная, 53

тел./факс: +74955179200; e-mail: oaoniikp@mail.ru

²Южно-Уральский государственный университет

РФ 454080, Челябинск, пр. Ленина 76

тел./факс: +79123171805; e-mail: nii-uralmet@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.007

Заключение совета рецензентов: 06.05.15 Заключение совета экспертов: 20.05.15 Принято к публикации: 03.06.15

В статье описывается автономное энергоснабжение морской локальной дифференциальной подсистемы (МЛДПС) глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS на основе ветроэнергетической установки (ВЭУ), оснащенной системой накопления электроэнергии. Приведены параметры МЛДПС и ВЭУ. Обоснована необходимость и целесообразность освоения северных регионов России с помощью создания локальных энергогенерирующих систем для электроснабжения местных распределенных потребителей. Проведены полевые испытания ветроэнергоустановок с вертикальной осью вращения в условиях Арктики.

Ключевые слова: морская локальная дифференциальная подсистема, ветроэнергетическая установка, Север, Арктика.

AUTONOMOUS POWER SUPPLY FOR EXTREME NORTH OBJECTS

N.A. Pavlov¹, D.S. Rogachev¹, A.V. Sinickiy¹, E.V. Solomin²

¹BRANCH OF JSC «UNITED ROCKET AND SPACE CORPORATION» –
«INSTITUTE OF SPACE DEVICE ENGINEERING»

53 Aviamotornaya Str., Moscow, 111250 Russian Federation

ph./fax: +79262831757; e-mail: oaoniikp@mail.ru

²South-Urals State University

76 Lenin Str., Chelyabinsk, 454080 Russian Federation

ph./fax: +74955179200; e-mail: nii-uralmet@mail.ru

Referred 6 May 2015 Received in revised form 20 May 2015 Accepted 3 June 2015

This paper describes the autonomous power supply of the Marine Local Differential Subsystem (LDSS) of global navigation satellite systems GLONASS and GPS on the base of wind turbine (WT), equipped with energy storage system. The paper shows the parameters of LDSS and WT and justifies the necessity and reasonability of reclamation of North Russian regions, building a local energy generating systems for electric supply for distributed consumers. Field testing of vertical axis wind turbines was made in Arctic conditions.

Keywords: marine local differential subsystem, wind turbine, the North, Arctic.

Павлов Николай Александрович
Nikolai A. Pavlov

Сведения об авторе: начальник отдела филиала ОАО «ОПК» – «НИИ КП».

Образование: Московский авиационный институт (технический университет), инженер радиоэлектронных систем ЛА.

Область научных интересов: дифференциальные подсистемы, возобновляемые источники энергии, автономные энергокомплексы.

Information about the author: BRANCH OF JSC «URSC» – «ISDE».

Education: Moscow Aviation Institute (National Research University); engineer of radio-electronic systems of aircraft.

Research area: differential subsystems, renewable energy sources, autonomous energy plants.

Рогачев Дмитрий Сергеевич
Dmitry S. Rogachev

Сведения об авторе: инженер-исследователь ОАО «ОРКК» – «НИИ КП».

Образование: Гуманитарно-социальный институт.

Область научных интересов: дифференциальные подсистемы, возобновляемые источники энергии, автономные энергокомплексы.

Information about the author: BRANCH OF JSC "URSC" – "ISDE".

Education: Social Humanitarian Institute.

Research area: differential subsystems, renewable energy sources, autonomous energy plants.

Синицкий Александр
Владимирович
Alexander V. Sinitskiy

Сведения об авторе: ведущий инженер группы контроля и управления РНС и СНС Архангельского района Гидрографической службы.

Образование: Архангельский государственный технический университет, специалист.

Область научных интересов: научная аналитическая работа в области альтернативной энергетики (теоретик).

Information about the author: lead engineer of a group of control and management of RNS and SNS Arkhangelsk region Hydrographic Service.

Education: Arkhangelsk State Technical University; specialist.

Research area: scientific analytical work in renewable energy sources (theorist).

Соломин Евгений
Викторович
Evgeny V. Solomin

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор Южно-Уральского гос. университета.

Образование: Будапештский технический университет (1990).

Область научных интересов: ветроэнергетика, солнечная энергетика, распределенная энергетика, возобновляемые источники энергии, гибридные энергокомплексы.

Публикаций: 124.

Information about the author: DSc (engineering), professor of South Ural State University.

Education: Budapest Technical University (1990).

Research area: wind power, solar power, distributed power, renewable energy, combine energy complexes.

Publications: 124.

Введение

Северные регионы, занимающие 65 % территории России, являются в основном малоосвоенными, несмотря на наличие колоссального количества природных ресурсов. По оценкам ООН стоимость запасов полезных ископаемых Российской Федерации составляет более 30 триллионов долларов, из которых не менее 70 % относится к Северу. Освоение этих территорий – одно из приоритетных направлений развития нашей страны, поскольку они играют большую роль в государственной экономике и экспорте природных ресурсов. При населении, составляющем 7,4 % от общей численности граждан РФ (в северных регионах постоянно проживает свыше 10 млн человек), Север производит более 25 % ВВП и обеспечивает 50–60 % валютных поступлений [1]. Более того, Северный морской путь является одной из эффективных транспортных магистралей, позволяющих значительно снизить расходы во все возрастающем товарообороте Европы и Азии. Однако ус-

ловия Севера накладывают ряд серьезных требований к навигации, наличию локальных технико-социальных систем с высокотехнологичным материальным обеспечением. Таким образом, освоение этих территорий требует развития не только промышленных отраслей, но и социальной инфраструктуры, притом что сегодня наблюдается отток населения из северных регионов, а следовательно, нехватка высококвалифицированной рабочей силы, сокращение отраслей и производств. Особенно остро эти проблемы стоят у коренных народов Севера в связи с низким уровнем медицинской помощи, закрытием образовательных учреждений и другими последствиями кризисных явлений.

Анализ развития социально-экономической инфраструктуры недвусмысленно свидетельствует о том, что для ее жизнеобеспечения требуются в первую очередь энергетические ресурсы. Очевидно, что без тепла, света и энергопитания технических средств прогресса в этой области быть не может, поэтому неизбежно возникает вопрос о развитии

энергетики на осваиваемых территориях. Простейшие экономические расчеты приводят к однозначным выводам о невозможности проведения линий электропередачи из центральных и даже прилежащих регионов в связи с их непомерно большой протяженностью. Строительство крупных электростанций также экономически неоправданно из-за удаленности развивающихся объектов друг от друга и эксплуатации оборудования в суровых, порой экстремальных условиях. Организация «Нефть России» предлагает решать проблему с помощью плавучих атомных теплоэлектростанций [2]. Однако такой подход означает глобальное наступление на северную экологию, внедрение в экосистемы, нарушение которых может привести к непредсказуемым изменениям планетарного масштаба.

Использование альтернативной энергетики на Севере для энергоснабжения автономных объектов

С учетом принимаемых сегодня в Российской Федерации мер по освоению Арктики [3,4] можно утверждать, что развитие энергетической инфраструктуры будет играть ключевую роль в достижении поставленных целей. Более того, в современных условиях при формировании инфраструктуры Крайнего Севера остро встает вопрос об обеспечении не только гражданских, но и военных объектов электроэнергией. С каждым годом в нашей стране появляется необходимость развёртывания систем прибрежного базирования, связанных с обороной страны, гидрометеорологическими мероприятиями, строительством маячных городков и многих других объектов, находящихся на большом удалении от населённых пунктов. Самым распространённым средством по обеспечению электроэнергией объектов северных регионов и Арктики являются дизельные электро-

станции, но и они не являются панацеей, поскольку дизель-генераторы чувствительны к низким температурам, имеют ограниченный моторесурс и нуждаются в регулярном техническом обслуживании, которое требует постоянного присутствия человека и своевременной доставки дизельного топлива в больших количествах. Кроме того, отказ дизель-генераторной станции фактически означает полную остановку работы систем потребителей электроэнергии, а возможно, и всей локальной инфраструктуры с порой непредсказуемыми последствиями для местного населения и эксплуатируемого оборудования.

В связи с вышеприведенными доводами и для того, чтобы изучить возможности использования альтернативной энергетики в условиях Арктики ученые Научно-исследовательского института космического приборостроения и Южно-Уральского государственного университета объединили усилия по созданию пилотного проекта полностью автономной энергетической инфраструктуры на основе возобновляемых источников энергии для обеспечения электроснабжения телекоммуникационного оборудования.

Цель проводимых работ – решение проблемы нехватки электроэнергии на одном из объектов Гидрографической службы Северного флота, который находится на Крайнем Севере. На данном объекте установлено оборудование морской локальной дифференциальной подсистемы ГНСС ГЛОНАСС/GPS (МЛДПС), входящей в состав морской дифференциальной подсистемы глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS Военно-морского флота МО РФ (МДПС). Местоположение объекта – мыс Канин Нос, омываемый с юго-запада Белым морем, с северо-востока Баренцевым морем и находящийся на северо-западной оконечности полуострова Канин в Ненецком автономном округе Архангельской области (рис. 1).

Рис. 1. Объект электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии
Fig. 1. Facility with electric supply based on the renewable energy sources

С 2009 года на мысе Канин Нос силами ОАО «Научно-исследовательский институт космического приборостроения» была развёрнута МЛДПС Горла

Белого моря на территории маячного городка (маяк Канинский). Данная подсистема входит в состав МДПС, является средством функционального до-

полнения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS и предназначена для обеспечения в пределах объявленной рабочей зоны:

– безопасности плавания кораблей и судов Военно-морского флота (ВМФ), Департамента морского транспорта (ДМТ) и зарубежных стран в установленных прибрежных зонах, а также при подходах и маневрах в акватории порта (гавани);

– повышения точности и надежности координатно-временного обеспечения военных и гражданских

морских потребителей в пределах объявленной рабочей зоны;

– мониторинга и контроля целостности навигационных полей ГНСС ГЛОНАСС/GPS;

– мониторинга параметров ионосферы по результатам двухчастотных измерений по ГНСС ГЛОНАСС.

В состав МЛДПС входят удаленная контрольно-управляющая станция, дифференциальная станция (ДС), пункт контроля и другое оборудование (табл. 1 и рис. 2).

Таблица 1

Состав морской локальной дифференциальной подсистемы

Table 1

Equipment of offshore local differential subsystem

№	Наименование	Кол-во
1	Удаленная контрольно-управляющая станция в составе:	1 к-т.;
	- автоматизированное рабочее место оператора УКУС;	1 к-т.;
	- аппаратура земной станции спутниковой связи;	1 шт.;
	- резервный источник электропитания 220 В 50 Гц (дизель-генератор);	1 шт.;
	- комплект эксплуатационной документации УКУС.	1 к-т.;
2	Дифференциальная станция в составе:	1 к-т.;
	- Основная базовая контрольно-корректирующая станция (БККС);	1 шт.;
	- Резервная базовая контрольно-корректирующая станция (БККС);	1 шт.;
	- радиомаяк "Янтарь-1000";	1 шт.;
	- аппаратура земной станции спутниковой связи;	- 1 шт.;
	- резервный источник электропитания 220 В, 50 Гц (дизель-генератор);	1 шт.;
	- комплект эксплуатационной документации ДС.	2 шт.;
3	Пункт контроля в составе:	1 к-т.;
	- автоматизированное рабочее место оператора ПК;	1 к-т.;
	- навигационная аппаратура потребителя (НАП) ГНСС ГЛОНАСС/GPS "Бриз-КМК";	1 шт.;
	- комплект эксплуатационной документации ПК;	1 к-т.;
	- аппаратура земной станции спутниковой связи.	1 шт.;

Рис. 2. Аппаратура дифференциальной станции морской локальной дифференциальной подсистемы

Fig. 2. Equipment of differential station of offshore local differential subsystem

Удаленная контрольно-управляющая станция и пункт контроля находятся в городе Архангельске на территории района Гидрографической службы Северного флота, а дифференциальная станция расположена непосредственно на мысе Канин Нос. Общее потребление электропитания дифференциальной станцией составляет 3 кВт. Электроснабжение осуществляется за счёт дизельного электрогенератора, обеспечивающего электропитанием маячный городок, а в качестве резервного источника электропитания в состав ДС входит дизельная электростанция, мощность которой составляет 10 кВт.

Поскольку система должна работать непрерывно, необходимо обеспечить её бесперебойным электропитанием. Для этого в электрическую систему была введена аккумуляторная группа, позволяющая снабжать питанием оборудование во время технического обслуживания электрогенератора.

Рассмотрев варианты улучшения снабжения электропитанием МЛДПС Горла Белого моря (маяк Канинский) и оценив суровые климатические условия полуострова Канин, специалисты филиала ОАО «Объединенная ракетно-космическая корпорация» – «НИИ космического приборостроения» (ОАО «ОРКК» – «НИИ КП») совместно с инженерами района Гидрографической службы Северного флота (РГС СФ) и специалистами Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) пришли к выводу, что наиболее эффективной заменой дизельных электростанций на мысе могут стать ветроэнергетические установки (ВЭУ) отечественной разработки.

Для обеспечения электропитанием МЛДПС Горла Белого моря (маяк Канинский) была выбрана вертикально-осевая ветроэнергетическая установка мощностью 3 кВт. Ветроэнергостановки, разработанные в ЮУрГУ, являются ортогональными конструкциями с ротором Н-Дарье и имеют ряд бесспорных преимуществ по сравнению с горизонтально-осевыми аналогами: независимость работы от направления ветра, малая парусность, высокий коэффициент использования энергии ветра, устойчивость к сильным ветрам при наличии аэродинамического регулирования и т.д. [5].

Характеристики ветроэнергостановки ВЭУ-3

Таблица 2

Table 2

Parameters of WT-3 Wind Turbine

Мощность генератора номинальная	3 кВт
Скорость ветра номинальная	11 м/с
Коэффициент использования энергии ветра КИЭВ	до 0,43%
Выходное напряжение регулятора ВЭУ	220 В пост.тока
Стартовая скорость ветра	2 м/сек
Диапазон рабочих скоростей ветра	3...45 м/сек
Диапазон рабочих частот вращения	40...200 об/мин
Номинальная частота вращения	180 об/мин
Количество лопастей	6
Профиль лопасти	Симметричный ГРЦВ-2035
Хорда лопасти	400...460 мм
Диаметр ротора	3,4 м
Высота ротора	4,1 м
Высота мачты	12+ м
Вибрация (амплитуда виброускорения, м/с^2), среднеквадр. Шум, дБА (макс. уровень звука на макс. скорости) Инfrasound, дБ (уровень звукового давления в октавных полосах) Ультразвук, дБ Электромагнитное излучение: - магнитная индукция 50Гц, мкТл - электрическое поле, кВ/м	0,000043 м/с^2 41 дБА) не зафиксирован не зафиксирован не измерялось не измерялось
Диапазон рабочих температур воздуха	-60. . . +60 °C
Срок эксплуатации ВЭУ	> 20 лет
Период между тех.обслуживанием	> 5 лет
Масса ВЭУ, в том числе: 1. Ротор, в том числе: 1.1. Лопасти 1.2. Ступица 1.3. Генератор 1.4. Аэродинамический тормоз 1.5. Механический тормоз 1.6. Стойки, крепеж 2. Мачта	596 кг 396 кг 72 кг 103 кг 65 кг 52 кг 9 кг 95 кг 200 кг

Выработка энергии без учета электрических потерь на преобразование приведена в таблице 3. Скорость ветра выше 12 м/с не принимается во внимание в соответствии с данными таблицы 2 и наличием аэродинамического регулирования, позволяющего

стабилизировать частоту вращения на уровне 180–200 об/мин при скорости ветра 11 м/с и выше (до 45 м/с) [6]. Предельная расчетная буревая скорость ветра составляет 60 м/с.

Таблица 3

Выработка электроэнергии ветроэнергостановкой ВЭУ-3

Table 3

Energy output of WT-3 Wind Turbine

Скорость ветра, м/сек	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Скорость вращения ротора, об/мин	46	61	76	91	106	121	137	152	176	191
Мгновенная мощность, кВт	0,06	0,2	0,4	0,7	1,1	1,7	2,5	2,9	4,4	5,7
Суточная энергия, кВт-час	1,4	4,8	9,6	16,8	26,4	40,8	60,0	69,6	105,6	136,8
Месячная энергия, кВт-час	43	144	288	504	792	1 224	1 800	2 088	3 168	4 104
Годовая энергия, кВт-час	518	1 728	3 456	6 048	9 504	14 688	21 600	25 056	38 016	49 248

Ветроэнергетика может использоваться не только для энергоснабжения электрооборудования, но и теплоснабжения жилых помещений, что позволяет прогнозировать развитие локальной социальной инфраструктуры в условиях Севера и Арктики. Эксплуатация ВЭУ в качестве источника электричества для энергоэффективных инфракрасных лучистых теплогенераторов дает серьезный экономический эффект за счет создания системы обогрева помещений со средним энергопотреблением 15–20 Вт/м² [7] и систем энергосберегающего освещения с низким потреблением электроэнергии [9].

Указанный уровень мощности является показателем для Севера и Арктики, поскольку отражает среднее энергопотребление небольшой семьи, состоящей из 3–4 человек. Более того, в связи с наличием вариантов компоновки систем энергоснабжения несколькими ветромодулями номинальную мощность можно довести до уровня 10–100 кВт, что с избытком покрывает потребности малых предприятий, ферм, цехов, оборудования нефтегазодобычи, социальных объектов. При дальнейшем росте потребляемой мощности будет рассматриваться либо помодульное увеличение номинальной мощности ветропарков, либо увеличение единичной мощности ветроэнергостановки. Такой подход в части масштабирования может стать основой энергетической стратегии в освоении Севера. Возможность размещения на зданиях и сооружениях является отличительной чертой отечественных ветроустановок [10], что открывает дополнительные перспективы внедрения таких источников энергоснабжения за счет низкой стоимости монтажа, обслуживания и ремонта. Учитывая отсутствие вредных излучений, надежность конструкции и высокую эффективность, заявляемые установки могут размещаться на ответственных инженерных объектах: жилых, офисных и производственных зданиях, сооружениях, нефтяных вышках, мачтах сотовых операторов, мостовых конструкциях и т.д.

Экспедиция по изучению использования ветроэнергетики в условиях Севера

В сентябре 2014 года филиал ОАО «ОРКК» – «НИИ КП» при участии специалистов РГС СФ и ЮУрГУ организовал экспедицию на мыс Канин Нос. Цель данной экспедиции состояла в плановом обслуживании МЛДПС Горла Белого моря (маяк Канинский), установке и испытаниях ВЭУ-3 мощностью 3 кВт для обеспечения дополнительного резервирования системы электропитания. Данная ветроэнергетическая установка позволяет вырабатывать 3 кВт мощности электроэнергии при скорости ветра 11 м/с. Средняя скорость ветра на полуострове Канин составляет 7–8 м/с, что позволяет ВЭУ практически постоянно развивать до 1,5 кВт мощности.

Суровые погодные условия Белого и Баренцева морей накладывают жесткие ограничения как на проведение монтажных работ, так и на эксплуатацию оборудования. В связи с этим любая экспедиция в Арктику должна учитывать непредсказуемые колебания осадков и ветра, используя порой редчайшие проявления относительного затишья океанской стихии. Успех данной экспедиции оказался под угрозой из-за сильнейшего шторма, который гидрографическое судно, транспортирующее из Архангельска необходимое оборудование и специалистов на мыс Канин Нос, было вынуждено переждать, скрываясь за островом Моржовец более семи дней при сильной волновой качке. Тем не менее, несмотря на экстремальные условия высадки на мыс, низкую температуру, влажность до 100 % и сильный ветер с порывами до 18 м/с, члены экспедиции в четырехдневный срок провели запланированные работы по обслуживанию МЛДПС и монтажу экспериментального образца ВЭУ-3 с новой разработанной силами РГС СФ центробежной системой аэродинамической стабилизации частоты вращения (рис. 4).

Рис. 4. Монтаж ветроэнергетической установки на мысе Канин нос
Fig. 4. Assembling of wind turbine at Kanin Nos cape

После окончания монтажных работ и подключения ВЭУ в схему питания МЛДПС ветроустановка была благополучно запущена в эксплуатацию. К этому времени на мысе Канин Нос наступили благоприятные метеоусловия, что позволило провести испытания ВЭУ. На протяжении нескольких дней скорость ветра не падала ниже отметки 8 м/с, наблюдались порывы до 15 м/с. ВЭУ продемонстрировала штатную выработку электроэнергии, что подтвердило теоретические предположения о возможности использования возобновляемых источников энергии в условиях Крайнего Севера и Арктики. Характеристика мощности ветроэнергостанции приведена на рис. 5.

Рис. 5. График зависимости выходной мощности ВЭУ-3 от скорости ветра
Fig. 5. Power versus wind speed curve for WT-3 Wind Turbine

Проведенные мероприятия позволили частично разгрузить дизель-генератор и подать вырабатываемую мощность на заряд аккумуляторной группы, обеспечивающей бесперебойную работу МЛДПС. Фактически энергоснабжение от двух малых ветроэнергостанций в перспективе позволит практически полностью исключить энергопотребление от дизель-генератора.

Практика показала, что малые ветроэнергостанции в условиях Севера имеют большое преимущество в сравнении с крупными за счет меньшей парусности, дублирования энергоснабжения в плане бесперебойной работы ветропарка в случае единичных отказов ВЭУ, удобства монтажа, обслуживания и ремонта в местных условиях [8]. Кроме того, вертикально-осевые конструкции имеют меньшее лобовое сопротивление по сравнению с традиционными горизонтально-осевыми «пропеллерами», их работа не зависит от направления ветра, а выработка энергии с помощью роторов «Н-Дарье» не ниже, а в большинстве случаев выше, чем у горизонтально-осевых.

Закключение

Миссия по оснащению высокотехнологичного навигационного объекта альтернативным источником энергии была выполнена успешно, что открыло новые возможности освоения Крайнего Севера и арктического пространства в части развития энерге-

тической и социальной инфраструктуры. Полученный опыт может быть использован для дальнейшего оснащения удаленных объектов автономными энергокомплексами и совершенствования конструкций ветроэнергоустановок с привязкой к суровым условиям Арктики с внедрением современных средств ге-

нерации электроэнергии на основе возобновляемых источников (рис. 6). Дальнейшее развитие данного направления представляется актуальным, стратегически верным, экономически оправданным и, основываясь на проведенных испытаниях, успешным.

Рис. 6. Ветроэнергоустановка ВЭУ-3 на мысе Канин нос
Fig. 6. WT-3 wind turbine at Kanin Nos cape

Список литературы

1. Скуфьина Т.П. Перспективы развития севера России / Т.П. Скуфьина / Сценарии социально-экономического развития регионов Севера РФ. Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина Кольского НЦ РАН. М.: 2010. С. 12–30.
2. Малая энергетика решит проблемы энерго-снабжения районов Крайнего Севера. «Нефть России», 23.03.10; Москва. РИА Новости [Электронный ресурс] <http://rad-stop.ru/malaya-energetika-reshit-problemyi-energосnabzheniya-rayonov-kraynego-severa/#.VR1iyU0cTVg>
3. Освоение Арктики как стратегический приоритет столицы Поморья

- [Электронный ресурс] News29.ru /http://www.news29.ru/novosti/interview/Kursom_Putina_Osvoenie_Arktiki_kak_strategicheskij_prioritet_stolicey_Pomorja/19641.
4. Путин В.В. Совещание по вопросу эффективного и безопасного освоения Арктики [Электронный ресурс] <http://www.putin-today.ru/archives/3876>.
5. Соломин Е.В. Вертикально-осевые ветроэнергетические установки: «Сделано в России» / Е.В. Соломин // Материалы Межрегионального совета по науке и технологиям. «Механика и процессы управления» и «Проблемы машиностроения». Екатеринбург–Миасс: УрО РАН, 2008. С.17–19.
6. Соломин Е.В. Вертикальноосевые установки российской ветроэнергетики / Соломин Е.В. // Материалы Регионального научно-практического семина-

ра «Современное состояние, проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии» 8–9 октября 2009 г. Элиста: Изд-во КГУ, 2009. С. 71–75.

7. Кирпичникова И.М., Соломин Е.В., Панасюк И.Н., Пронин Н.В. Использование ветроэнергетических установок для обеспечения энергосберегающей системы отопления жилых помещений // Материалы научно-практического семинара 14–16 апреля 2010 г. Астрахань. Астрахань: Издат. Дом «Астраханский университет», 2010. С. 65–68.

8. Холстед Р.Л., Соломин Е.В. Технические особенности и преимущества ветроэнергетических установок // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2010. № 1. С. 36–41.

9. Мартянов А.С., Соломин Е.В. Система освещения, основанная на ветроэнергетической установке // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2010. № 1. С. 101–105.

10. Соломин Е.В. О размещении ветроэнергетических установок на зданиях и сооружениях // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2014. № 09 (149). С. 42–45.

References

1. Skufina T.P. Perspektivy razvitiâ severa Rossii / T.P. Skufina / Scenarii social'no-èkonomičeskogo razvitiâ regionov Severa RF. Institut èkonomičeskikh problem imeni G. P. Luzina Kol'skogo NC RAN. Moscow, 2010, pp.12–30 (in Russ.).

2. Malaâ ènergetika rešit problemy ènergosnabženiâ rajonov Krajnego Severa. «Neft' Rossii», 23.03.10, Moscow. RIA Novosti. Available at: <http://rad-stop.ru/malaya-energetika-reshit-problemyi-energосnabzheniya-rayonov-kraynego-severa/#.VR1iyU0cTVg> (in Russ.).

3. Osvoenie Arktiki kak strategičeskij prioritet stolicy Pomor'â. Available at: http://www.news29.ru/novosti/interview/Kursom_Putin_a_Osvoenie_Arktiki_kak_strategičeskij_prioritet_stolicy_Pomorja/19641 (in Russ.).

4. Putin V.V. Sovešanie po voprosu èffektivnogo i bezopasnogo osvoeniâ Arktiki. Available at: <http://www.putin-today.ru/archives/3876> (in Russ.).

5. Solomin E.V. Vertikal'no-osevye vetroènergetičeskie ustanovki: «Sdelano v Rossii». Materialy Mežregional'nogo soveta po nauke i tehnologiâ. «Mehanika i processyupravleniâ» i «Problemy mašinostroeniâ», Yekaterinburg–Miass: UrO RAN, 2008, pp. 17–19 (in Russ.).

6. Solomin E.V. Vertikal'no-osevye ustanovki rossijskoj vetroènergetiki. Materialy Regional'nogo naučno-praktičeskogo seminarâ «Sovremennoe sostoânie, problemy i perspektivy ispol'zovaniâ obnovlâemyh istočnikov ènergii» 8–9 October 2009. Èlista: Izd-vo KGU Publ., 2009, pp. 71–75 (in Russ.).

7. Kirpichnikova I.M., Solomin E.V., Panasyuk I.N., Pronin N.V. Ispol'zovanie vetroènergetičeskikh ustanovok dlâ obespečeniâ ènergosberegaušej sistemy otopleniâ žilyh pomešenij. Materialy naučno-praktičeskogo seminarâ 14–16 April 2010. Astrakhan. Astrakhan: Izdat. Dom «Astrahanskij universitet» Publ., 2010, pp. 65–68 (in Russ.).

8. Holsted R.L., Solomin E.V. Tehničeskie osobennosti i preimušestva vetroènergetičeskikh ustanovok. International Scientific Journal “Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ” (ISJAE), 2010, no. 1, pp. 36–41.

9. Martyanov A.S., Solomin E.V. Sistema osvešeniâ, osnovannaâ na vetroènergetičeskoj ustanovke. International Scientific Journal “Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ” (ISJAE), 2010, no. 1, pp. 101–105 (in Russ.).

10. Solomin E.V. O razmešenii vetroènergetičeskikh ustanovok na zdaniâh i sooruženiâh. International Scientific Journal “Al'ternativnaâ ènergetika i èkologiâ” (ISJAE), 2014, no. 09 (149), pp. 42–45 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995