

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

С.В. Черемных

Тверской государственной технической университет (г. Тверь)

© Черемных С.В., 2020

Аннотация. Целью исследования является обеспечение энергетической и, как следствие, экологической безопасности регионов с нетрадиционным энергоснабжением путем развития надежных и устойчивых конструкций с использованием возобновляемых источников энергии. Основными задачами исследования являются изучение опыта в области получения и использования ветровой и солнечной энергии, а также ее комбинирования; обоснование необходимости применения экологически безопасных способов получения электроэнергии; разработка типовой конструкции и системы управления на базе возобновляемых источников энергии; расчет электрических схем получения, хранения и транспортировки энергии от природных источников. Методы решения задач исследования – теоретический анализ, систематизация, сравнение и корректировка новых и полученных ранее данных о возможности применения существующей продукции; разработка модульной конструкции, учитывающей возможности реконфигурации компонентной базы; моделирование объекта посредством упрощенных моделей. Стоит отметить, что в условиях стремительного роста мирового потребления энергии прочная и надежная конструкция, состоящая из типовых элементов, позволяет компенсировать энергозатраты в различных отраслях производства малой мощности, а также генерировать и накапливать энергию в районах, где есть необходимость в ее получении.

Ключевые слова: стержневая система, металлические конструкции, ветроэнергетические установки, солнечные модули, аккумуляторы, энергетика, модульная конструкция.

DOI: 10.46573/2658-7459-2020-3-40-50

ВВЕДЕНИЕ

Возможность использования возобновляемых источников для выработки необходимой энергии стоит на первом месте в повестке дня во всем мире [1–3]. В последние десятилетия во многих странах действовали специальные государственные программы поддержки развития технологий создания и использования возобновляемых источников электроэнергии [4].

Применение альтернативных источников, несмотря на существенное преимущество традиционных источников питания по сравнению с возобновляемыми для энергообеспечения крупных потребителей, является наиболее рациональным и экономичным решением для объектов небольшой мощности (от 1 до 10 кВт), удаленных от основного источника питания на десятки и сотни километров. Один из таких вариантов автономного электроснабжения – установка солнечных модулей [5–12] и ветроэнергетических установок, которые не требуют возведения протяженных высоковольтных электрических сетей, так как конструкции с возобновляемыми источниками питания малой мощности размещаются в непосредственной близости от электроприемников на единой либо смежной площадке. Вырабатываемая таким способом электрическая энергия может использоваться напрямую различными нагрузками постоянного тока или накапливаться в аккумуляторных батареях для последующего применения. Солнечные модули способны

генерировать электричество в течение 20 и более лет, а эффективность работы солнечной батареи обуславливается потоком солнечного излучения.

Однако среди специалистов постоянно возникают споры об эффективности и целесообразности развития возобновляемых источников энергии. Причинами разногласий являются относительно невысокий уровень энерговыделения основных фондов (в среднем по году составляет около 15 % от суммарной производительности установленного оборудования) и высокая стоимость оборудования электростанций на базе возобновляемых источников [1, 2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существующие конструкции на объектах ПАО «Газпром» на базе солнечных модулей

Один из основных объектов инфраструктуры газодобывающих и газоснабжающих организаций – магистральные трубопроводы, в состав которых входят системы линейной телемеханики, требующие для своей работы электропитание. Традиционно электропитание линейных потребителей трубопроводов выполняется от вдольтрассовой высоковольтной линии 6 (10) кВ с установкой в районе расположения потребителей электроэнергии комплектных трансформаторных подстанций. Подключение объектов контрольных пунктов телемеханики (КП ТМ) к сетям центрального электроснабжения во многих случаях может оказаться невозможным из-за удаленности магистральных трубопроводов от сетей электроснабжения. Нередко для подключения объекта требуются установка дорогостоящих электрических подстанций и прокладка протяженных линий электропередач (ЛЭП). Протяженность высоковольтной линии в большинстве случаев равна протяженности трубопроводов и может составлять как десятки, так и сотни километров. Получение разрешения на подключение, удовлетворение технических условий и создание проекта электроснабжения требуют существенных временных и финансовых затрат.

Ощутимый потенциал экономии совокупных затрат на строительство системы электроснабжения линейных объектов при применении автономных источников питания на базе солнечных электростанций малой мощности по сравнению с использованием воздушных ЛЭП был выявлен по результатам технико-экономических расчетов в рамках концептуальных проектов обустройства газотранспортной сети.

На рис. 1 представлена конструкция стойки с солнечными модулями, которая выполнена в виде одиноко стоящих, но соединенных между собой стоек из гнутого профиля. Эти стойки опираются на винтовые сваи. К стойкам-опорам крепятся солнечные модули. Через эти опоры осуществляется подвод кабелей от датчиков и исполнительных механизмов [1].

Виды металлических конструкций под солнечные модули довольно разнообразны и их выбор зависит от необходимого объема вырабатываемой энергии, а также задач, поставленных перед объектами строительства.



Рис. 1. Конструкция для установки КП ТМ с солнечными модулями (Брянская область)

На рис. 2 представлена конструкция стойки. Она выполнена в виде пыле-влагозащищенного шкафа, установленного на опорах. Через эти опоры осуществляется подвод кабелей от датчиков и исполнительных механизмов. Для обеспечения электропитания в условиях Северного Урала была применена система солнечных модулей общей мощностью 1 кВт. Чтобы понять, в чем преимущество применения описанного нетрадиционного источника энергии, представьте, что вместо этой конструкции для обеспечения для обеспечения электропитания КП ТМ для кранового узла потребовалось бы построить линию электропередач, пересекающую одну реку и две железные дороги.



Рис. 2. Конструкция для установки КП ТМ с солнечными модулями (Пермский край)

Если используется солнечная панель, то следует учитывать один очень важный фактор – непостоянство солнечного света. Поэтому размещать солнечные модули необходимо строго в определенном направлении (на юг). Нужно также обращать внимание на высоту их расположения и угол наклона к горизонту.

Сама система должна отвечать ряду требований (в случае их несоблюдения строиться она не будет): она должна иметь минимальное собственное энергопотребление и

функционировать без внешнего обогрева или охлаждения; обладать широкими опциями и возможностями по комплектации для снижения собственного энергопотребления; программное обеспечение должно быть способным управлять источниками и потребителями энергии и обеспечивать этим их оптимальную работу; конструкции под солнечные модули должны характеризоваться минимализмом и простотой возведения.

Изменяя количество солнечных модулей в зависимости от географического расположения объекта, можно контролировать выработку электрической энергии и достичь максимального коэффициента полезного действия для достижения поставленных задач.

Однако применение альтернативной энергии и конструкций, вырабатывающих ее, несмотря на экономическую привлекательность, ограничено. В качестве серьезного фактора, препятствующего распространению и развитию альтернативной энергетики, выступают природно-климатические условия района строительства объектов. Например, в регионах, в которых распространены многолетнемерзлые грунты, прокладка трубопроводов предусматривается, как правило, в надземном исполнении с системой электрообогрева, мощность которой может достигать нескольких мегаватт. Для подключения системы электрообогрева в данном случае наиболее целесообразно использование централизованного электроснабжения с передачей электроэнергии по вдольтрассовой высоковольтной линии, к которой также могут быть подключены и линейные потребители. Стоимость строительства возобновляемых источников энергии на базе солнечных электростанций генерируемой мощностью не менее 1 МВт в настоящее время существенно выше, чем стоимость строительства традиционной системы электроснабжения.

Таким образом, одним из наиболее вероятных направлений применения конструкций солнечных электростанций малой мощности является вспомогательная инфраструктура трубопроводов внешнего транспорта.

Оптимальным вариантом использования солнечных конструкций на объектах магистрального газового транспорта является их монтаж на удаленных линейных объектах небольшой мощности (электрифицированных узлов запорной арматуры подземных трубопроводов внешнего транспорта, станции электрохимической защиты, станции линейной телемеханики и связи и др.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальная энергосберегающая конструкция на базе солнечных модулей и ветроэнергетических установок

Если солнечной энергии недостаточно, то для обеспечения требуемого уровня надежности электроснабжения должны применяться взаимозаменяемые источники питания, обеспечивающие круглосуточное покрытие нагрузки в любое время года, а также стабильную подачу электроэнергии при кратковременных увеличениях нагрузки в связи с пуском дополнительных электродвигателей. Таким образом, для увеличения объемов получения экологически чистой электроэнергии можно использовать комбинированный способ выработки электроэнергии, например солнечные модули в сочетании с ветроэлектрическими установками [13–15]. Пример одной из таких установок представлен на рис. 3 [3].

Сооружение представляет собой комплекс, который состоит из башенной конструкции для крепления энергоуловителей и крановой установки, используемой для обслуживания аккумуляторов.

Металлическая четырехгранная конструкция (башня) высотой 24 м спроектирована в виде стержневой системы из полых прокатных труб прямоугольного сечения.



Рис. 3. Конструкция на базе возобновляемых источников энергии

Комбинировать автономные источники альтернативной энергии выгодно, так как совмещается, например, мощность, получаемая от ветра, и мощность, даваемая солнцем.

Энергия ветра. С целью наилучшего взаимодействия с воздушными массами на вершине конструкции устанавливается вертикально-осевой ветрогенератор 5 кВт SokolAirVertical. Он монтируется на опорной трубе в центре сечения металлической башни. Винтовая лестница из просечно-вытяжных листов крепится внутри конструкции к каждой грани башни с внутренней стороны и имеет три площадки отдыха. Верхняя площадка устроена на уровне конструкции ветрогенератора для обеспечения доступа к данному агрегату.

Энергия солнца. В проекте в качестве второго «энергоуловителя» используются солнечные панели ФСМ-200М, закрепленные на южной грани башни. Их количество может варьироваться в зависимости от нужд потребителей и в общем случае составляет 54 шт. Они устанавливаются под углом 90° к горизонту по всей высоте конструкции.

Башню устанавливают таким образом, чтобы солнечные модули смотрели строго на юг. Это обуславливается максимальным потоком солнечной энергии, проходящей через панели. Обслуживание панелей обеспечивается устройством винтовой лестницы, которая одновременно служит для вертикального перемещения рабочего персонала по башне.

Транспортировка получаемой энергии от солнечных панелей осуществляется электропроводным видом транспорта к телу ветряного генератора, в который встроен контроллер заряда, позволяющий комбинировать энергию от ветра и солнца и получать выходное напряжение 220 В. Аккумулятор обеспечивает хранение электроэнергии. Для питания разнообразных источников промышленного и бытового назначения предусмотрен инвертор (от него электроэнергия поступает к потребителю).

Как показано на рис. 4, в комплекс сооружения входит, кроме башни, крановая установка, управляемая оператором посредством ручного привода.

Она состоит из восьми колонн с лежащими на них подкрановыми балками, по которым перемещается небольшой мостовой кран. Эта установка предназначена для беспрепятственного обслуживания аккумуляторов, находящихся ниже нулевой отметки в

пределах доступности кранового механизма. Проектом также предусмотрен подогрев механизма греющим кабелем, который дает возможность в любой момент времени переместить кран и исключить обледенение рабочих поверхностей.

Подземная часть комплекса представляет собой совокупность утепленных ячеек, выполненных в виде упорядоченных углублений, в которых расположены модули аккумуляторов для накопления и хранения на них электрической энергии. В целях предотвращения воздействия факторов окружающей среды верхняя часть ячейки загерметизирована.



Рис. 4. Крановая установка, используемая для обслуживания емкостей энергонакопителей

Объект строительства можно использовать не только для нужд нефтегазовой отрасли, но и в регионах с недостаточным энергоснабжением для обеспечения электроэнергией вахтовых поселков, поселений коренных малочисленных народов и вдоль крупных транспортных магистралей для дозаправки электромобилей.

На рис. 5 показан график суммарной среднедневной вырабатываемой электроэнергии на примере территорий Западно-Сибирской равнины.

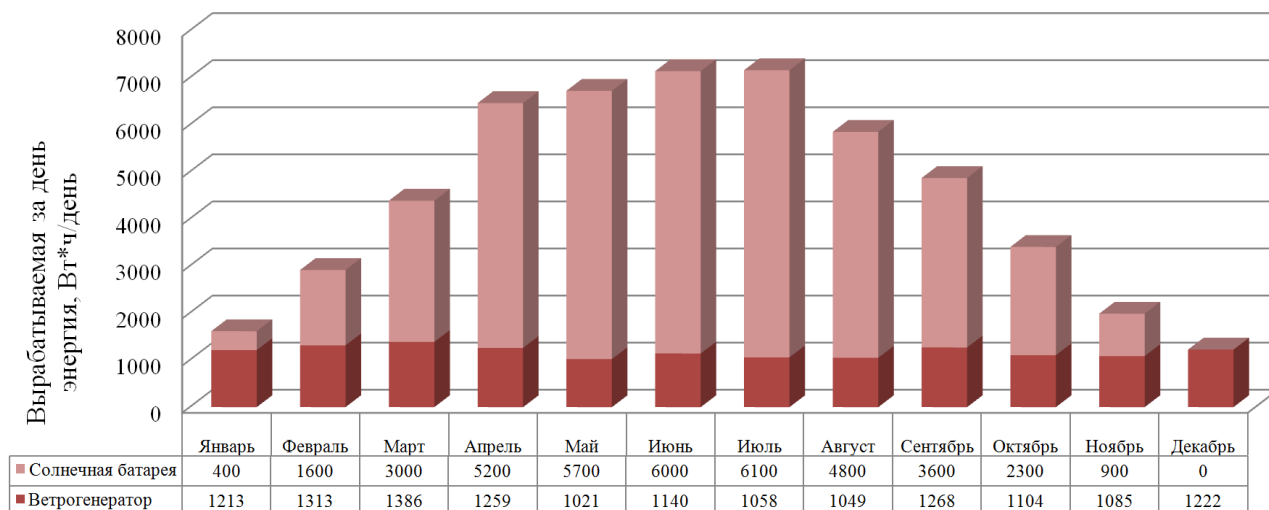


Рис. 5. График суммарной среднедневной вырабатываемой электроэнергии территорий Западно-Сибирской равнины

Комбинированный способ получения электроэнергии позволяет использовать установку в различных местностях. В зимний период преобладающим энергонакопителем можно считать ветроэнергетическую установку, поскольку один из альтернативных источников энергии (солнце) практически не участвует из-за климатических особенностей региона. В летний период, наоборот, основное количество энергии солнечными модулями. При принятии решения об установке исследуемой конструкции учитывается зависимость между приоритетными нагрузками для возобновляемых источников энергии в зависимости от мест исследования (прибрежная полоса – преимущественное использование ветрогенератора, места с солнечной активностью – преимущественное использование солнечных модулей) [16, 17].

Выработанную энергию можно как накапливать, так и использовать в процессе накопления, что обеспечит значительную экономию средств на затраты энергообеспечения проживания людей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Строительство крупных сооружений, таких как атомные и гидравлические электростанции (ГЭС), для традиционного энергоснабжения потребителей нерентабельно в районах с низкой плотностью населения. Кроме того, ГЭС на равнинных реках – крайне нецелесообразное решение из-за недостаточного напора воды, а при затоплении прибрежных территорий в процессе строительства и эксплуатации плотин неизбежно страдает окружающая природа. Огромный вред также наносится лесному фонду при устройстве воздушных ЛЭП. С целью предотвращения аварийной и пожарной ситуации вдоль трасс делают вырубку в виде просек. Ширина просеки обычно равна средней высоте существующих насаждений основного лесного массива. Прокладывается просека с каждой стороны от крайнего провода воздушной ЛЭП, а это в среднем порядка 10 м в обе стороны.

В условиях стремительного роста мирового потребления энергии прочная и надежная энергосберегающая конструкция на базе солнечных модулей и ветроэнергетических установок, состоящая из типовых элементов, позволяет компенсировать энергозатраты в различных отраслях производства малой мощности, без постройки дорогостоящих энергетических сооружений традиционного типа (ГЭС, ЛЭП и т. д.)

При подсчете окупаемости было выявлено, что сметная стоимость строительства экспериментальной конструкции составляет 13 млн руб., а срок возможной окупаемости при использовании в различных отраслях – от 5 до 10 лет. Это делает ее экономически эффективной и целесообразной (по сравнению с устройством и проектированием других сооружений по добыче электрической энергии на основе традиционных источников) и дает возможность рекомендовать данный проект в качестве типового проектного решения в различных природно-климатических условиях [1, 3, 18].

В рамках экологического мониторинга можно сделать вывод, что для поддержания стабильной экологической ситуации в мире человечеству необходимо использовать возобновляемые потоки и источники энергии (особенно поступающие на поверхность Земли потоки энергии, приносимые солнечным излучением и создаваемые ветровым давлением). Требуется постоянный контроль за развитием и совершенствованием альтернативных систем получения энергии и ежегодная актуализация оценки применимости описанных и подобных им установок, так как технические характеристики генерирующих установок, возводимых на базе возобновляемых источников энергии, непрерывно улучшаются [19].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черемных С.В., Скудалов П.О., Бровкин А.В. Экономический эффект от применения экспериментальных металлических конструкций для размещения возобновляемых источников энергии в газотранспортной отрасли // *Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений*. Курск: КГУ, 2018. С. 237–242.
2. Голубев С.В. Возобновляемые источники энергии в энергетике газовой отрасли. Перспективы и аспекты применения ВИЭ на объектах ПАО «Газпром» // *Газовая промышленность*. 2016. № 12/746. С. 72–76.
3. Лебедев Д.С., Панов В.К., Венчакова В.В., Матвейчук В.В., Черемных С.В. Возобновляемые источники энергии на базе солнце- и ветроэнергетических систем типа «Лидия» // *Возобновляемые источники энергии: материалы всероссийской научной конференции с международным участием и XI Научной молодежной школы, 3–6 декабря 2018 года, Москва*. М.: МАКС Пресс, 2018.
4. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. закон [принят Гос. Думой 11.11.2009] // *Собрание законодательства РФ*. 2009. № 3. Ст. 14.
5. Акимова В.В., Тихоцкая И.С. Новое японское «чудо»... Солнечное! // *Азия и Африка сегодня*. 2014. № 9. С. 18–25.
6. Акимова В.В. Институциональный фактор развития возобновляемой энергетики: опыт Белгородской области // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2017. № 6. С. 18–24.
7. Акимова В.В. Типология стран по уровню развития солнечной энергетики // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2015. № 4. С. 89–95.
8. Jäger-Waldau A. PV status report 2016: Research, Solar Cell Production and Market Implementations of Photovoltaics // *European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport*. Italy. 2016. 90 p. DOI: 10.2790/682995
9. Renewables 2016 Global status report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf (дата обращения: 05.03.2020).
10. Snapshot of global PV markets, 1996–2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/technical/PVPS_report_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2014.pdf (дата обращения: 05.04.2020).
11. Елистратов Е.Е., Аронова Е.С. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. 2012. 164 с.
12. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика / под ред. В.И. Виссарионова. М.: МЭИ. 2008. 276 с.
13. Bussar C., Moos M., Alvarez R., Wolf P. [et al.]. Optimal allocation and capacity of energy storage systems in a future European power system with 100 % renewable energy generation // *Energy Procedia*. 2014. No 46, pp. 40–47.
14. Bryce S. Richards, Gavin L. Park, Thomas Pietzsch, Andrea I. Schafer. Renewable energy powered membrane technology: Brackish water desalination system operated using real wind fluctuations and energy buffering // *Journal of Membrane Science*. 2014. No 468, pp. 224–232.
15. Бурмистров А.А., Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В. [и др.]. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии / под ред. В.И. Виссарионова. М.: МЭИ, 2009. 144 с.
16. Cedrick B.Z.E., Long P.W. Investment Motivation in Renewable Energy: a PPP Approach. *Energy Procedia*. 2017. No 155, pp. 229–238.
17. Renewables 2018 Global Status Report // *REN21 Secretariat*. 2018, pp. 252.
18. Седаш Т.Н. Возобновляемые источники энергии: стимулирование инвестиций в России и за рубежом // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2016. Т. 4. С. 94–97.
19. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf> (дата обращения: 12.03.2020).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ЧЕРЕМНЫХ Степан Валерьевич – старший преподаватель кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: cheremnykh_s.v@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Черемных С.В. Универсальная энергосберегающая конструкция на базе возобновляемых источников энергии // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2020. № 3 (7). С. 40–50.

UNIVERSAL ENERGY-SAVING DESIGN BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

S.V. Cheremnykh

Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The aim of the research is to ensure energy and, as a result, environmental safety of regions with non-traditional energy supply by developing reliable and sustainable structures using renewable energy sources. The main objectives of the research are: to study the experience in the field of obtaining and using wind and solar energy, as well as its combination; to justify the need to use environmentally friendly methods of generating electricity; to develop a standard design and management system based on renewable energy sources; calculation of electrical circuits for obtaining, storing and transporting energy from natural sources. The method of solving the research tasks is: theoretical analysis, systematization, comparison and correction of new and previously obtained data on the possibility of using existing products; development of a modular design that takes into account the possibility of reconfiguration of the component base; object modeling using simplified models. It is worth noting that in the conditions of rapid growth in global energy consumption, a strong and reliable design consisting of standard elements allows you to compensate for energy consumption in various industries of low power production, as well as generate and store energy in areas where there is a need for it.

Keywords: rod system, metal structures, wind power plants, solar modules, batteries, power engineering, modular construction.

REFERENCES

1. Cheremnykh S.V., Skudalov P.O., Brovkin A.V. Economic effect of using experimental metal structures to accommodate renewable energy sources in the gas transportation industry. *Safety of the construction fund of Russia. Problems and solutions: materials of international academic readings*. Kursk: KGU, 2018, pp. 237–242. (In Russian).
2. Golubev S.V. Renewable energy sources in energetics of gas industry. Prospects and aspects of the use of RES at Gazprom PJSC facilities. *Gazovaya promyshlennost'*. 2016. No. 12/746, pp. 72–76. (In Russian).
3. Lebedev D.S., Panov V.K., Ventakov V.V., Matveychuk V.V., Cheremnykh S.V. Renewable energy sources on the basis of solar and wind power systems of Lydia type. *Renewable energy sources: Materials of the All-Russian Scientific Conference with International Participation and XI Scientific Youth School*. M.: Lomonosov MSU. December 3–6, 2018. (In Russian).
4. On Energy Saving and on Improving Energy Efficiency and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation: feder. law of 23.11.2009 No. 261-FL: Adopted by the State Duma on 11 November 2009: approved by the Federation Council on 18 November 2009. *Assembly of Legislation of the Russian Federation*. 2009. No. 3. Article. 14. (In Russian).
5. Akimova V.V., Tikhotskaya I.S. New Japanese «miracle»... Solar! *Aziya i Afrika segodnya*. 2014. No. 9, pp. 18–25. (In Russian).
6. Akimova V.V. Institutional factor of renewable energy development: experience of the Belgorod region. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2017. No. 6, pp. 18–24. (In Russian).
7. Akimova V.V. Typology of countries by level of solar energy development. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2015. No. 4, pp. 89–95. (In Russian).
8. Jäger-Waldau A. PV status report 2016: Research, Solar Cell Production and Market Implementations of Photovoltaics. *European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport*. Italy. 2016. 90 p. DOI: 10.2790/682995.
9. Renewables 2016 Global status report [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf (date of access: 05.03.2020).

10. Snapshot of global PV markets, 1996–2015 [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/technical/PVPS_report_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2014.pdf (date of access: 05.04.2020).
11. Elistratov E.E., Aronova E.S. Solnechnye ehnergoustanovki. Otsenka postupleniya solnechnogo izlucheniya. [Photovoltaics. Assessment of solar radiation]. St. Petersburg: Publishing House of Polytechnical University. 2012. 164 p.
12. Vissarionov V.I., Deryugina G.V., Kuznetsov V.A., Malinin N.K. Solnechnaya ehnergetika [Solar Energy] / ed. V.I. Vissarionov. Moscow: MEI, 2008. 276 p.
13. Bussar C., Moos M., Alvarez R., Wolf P. et al. Optimal allocation and capacity of energy storage systems in a future European power system with 100 % renewable energy generation. *Energy Procedia*. 2014. No. 46, pp. 40–47.
14. Bryce S. Richards, Gavin L. Park, Thomas Pietzsch, Andrea I. Schafer. Renewable energy powered membrane technology: Brackish water desalination system operated using real wind fluctuations and energy buffering. *Journal of Membrane Science*. 2014. No. 468, pp. 224–232.
15. Burmistrov A.A., Vissarionov V.I., Deryugina G.V. [et al.]. Metody rascheta resursov vozobnovlyaemykh istochnikov ehnergii [Methods for calculating renewable energy resources]. ed. V.I. Vissarionov. Moscow: MEI. 2009. 144 p.
16. Cedrick B.Z.E., Long P.W. Investment Motivation in Renewable Energy: a PPP Approach. *Energy Procedia*. 2017. No. 155, pp. 229–238.
17. Renewables 2018 Global Status Report. *REN21 Secretariat*, Paris, France. 2018, pp. 252.
18. Sedash T.N. Renewable energy: stimulating investment in Russia and abroad. *Rossiiskii vneshneehkonomicheskii vestnik*. 2016. Vol. 4, pp. 94–97. (In Russian).
19. Forecast of development of energy of the world and Russia until 2040 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf> (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

CHEREMNYKH Stepan Valerievich – Senior Lecturer of the Department of Structures and Facilities, Tver State Technical University, 22, embankment Af. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: stepan_1986@bk.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Cheremnykh S.V. Universal energy-saving design based on renewable energy sources // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2020. No 3 (7), pp. 40–50.