

УДК 620.91

UDC 631.234

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ УСТАНОВОК, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЕЕ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ Г. ВОЛЖСКОГО**SOLAR ENERGY RESOURCE POTENTIAL FOR INSTALLATIONS USING IT IN THE ENERGY SUPPLY SYSTEM OF CONSUMERS OF VOLZHISKY**

Даус Юлия Владимировна

zirochka2505@gmail.com*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрной университет», г. Зерноград, Россия*

Daus Yulia Vladimirovna

zirochka2505@gmail.com*Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University», Zernograd, Russia*

Веселова Наталья Михайловна

кандидат технических наук

РИНЦ SPIN-код: 4305-0133

essxitoe-volgau@yandex.ru*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия*

Veselova Natalia Mikhailovna

Cand. Sci. Tech.

RSCI SPIN-code: 4305-0133

essxitoe-volgau@yandex.ru*FSBEI HE «Volgograd State Agrarian University», Volgograd, Russia*

Юдаев Игорь Викторович

доктор технических наук

РИНЦ SPIN-код: 6836-5529

etsh1965@mail.ru*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрной университет», г. Зерноград, Россия*

Yudaev Igor Viktorovich

Dr. Sci. Tech.

RSCI SPIN-code: 6836-5529

etsh1965@mail.ru*Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University», Zernograd, Russia*

Ракитов Сергей Александрович

t.rakitova@mail.ru*Пригородные межрайонные электрические сети ПАО «Волгоградоблэлектро», г. Волгоград, Россия*

Rakitov Sergey Alexandrovich

t.rakitova@mail.ru*Suburban Interdistrict Electric Networks**PJSC "Volgogradoblektro", Volgograd, Russia*

В условиях реализации Программ сокращения бюджетных расходов на коммунальные нужды социальной сферы актуальным является внедрение в практику их энергоснабжения возобновляемых источников энергии. Однако, при всем их многообразии, не все конструкции на основе возобновляемых источников энергии могут быть использованы в условиях городской застройки. Кроме того, изменчивый характер прихода солнечного излучения на поверхность Земли требует конкретных прогнозов и расчетов его интенсивности. Точная оценка солнечного потенциала района предполагаемого размещения генерирующей установки позволяет не только на стадии проектирования обосновать её параметры, но и спрогнозировать ее режим работы и оценить её технико-экономическую эффективность. Цель статьи – оценить уровень солнечного излучения для города Волжский Волгоградской области на начальном этапе проектирования и обоснования внедрения на городской территории энергоустановок, преобразующих возобновляемую солнечную энергию. В статье предлагается использовать метод оценки потенциала солнечной энергии в конкретной географической точке, основанной на комбинации расчетного метода определения

In the context of implementing programs on reducing budget expenditures for the social sphere utilities, it is urgent to intrude renewable energy sources into the practice of their energy supply. However, despite all their diversity, not all constructions based on renewable energy sources can be used under conditions of urban development. Besides, the mutable nature of the solar radiation coming on the Earth's surface requires specific forecasts and calculations of its intensity. Accurate estimation of the area solar energy potential of the generating plant proposed location allows not only to justify its parameters at the design stage, but also to predict its operating mode and to evaluate its technical and economic efficiency. The purpose of the article is to estimate the level of solar radiation for Volzhsky, Volgograd Region, at the initial stage of designing and justifying the implementation of power plants transforming renewable solar energy in urban areas. In the article, it is proposed to apply method for estimating the solar energy potential of at a specific geographic point, based on a combination of the calculation method for determining the solar radiation characteristics and actinometric measurements. Volzhsky of the Volgograd Region, like most settlements in the Lower Volga region, has a high solar energy potential: 1228.8

характеристик солнечного излучения и актинометрических измерений. Город Волжский Волгоградской области, как и большинство населенных пунктов Нижнего Поволжья, обладает высоким потенциалом солнечной энергии: 1228,8 кВт·ч/м² для горизонтальной поверхности южной ориентации приемной поверхности энергоустановок, который может быть увеличен на 16,2% при ее оптимальной ориентации относительно горизонта и сторон света. Однако, расширение использования потенциала солнечной энергии района может быть ограничено расположением уже существующих конструкций зданий и сооружений, на которых в условиях городской застройки могут располагаться энергоустановки

kWh / m² for the horizontal surface of the southern orientation of the receiving surface of power plants, which can be increased by 16.2% at its optimal orientation relative to the horizon and the sides of the world. However, the expansion of the utilization of the solar energy potential of the district may be limited to the location of the existing buildings and structures at which power plants may be located in urban development conditions

Ключевые слова: СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРИЕНТАЦИЯ, ПРИЕМНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ

Keywords: SOLAR ENERGY, SPATIAL ORIENTATION, RECEIVING SURFACE

Doi: 10.21515/1990-4665-129-025

Введение. Системы энергоснабжения российских городов и поселений характеризуются высоким уровнем их централизации. Эти системы должны обеспечивать высокую надежность и эффективность, что определяется необходимостью бесперебойной подачи энергии городским потребителям, с конкретно задаваемым и поддерживаемым качеством предоставляемых услуг [1]. Основными потребителями энергии являются крупные производственные структуры, размещенные на городских территориях, а также учреждения социальной направленности и жилищно-коммунальный сектор. Организация нормального, безаварийного функционирования производственных технологических процессов обеспечивается равномерным, непрерывным и с заранее определенным качеством поставляемых на промышленные объекты энергоносителей. При этом непрерывность протекающих процессов обеспечивается организацией снабжения электрической энергией от нескольких подстанций, с нескольких вводов, а тепловой энергии – от нескольких котельных. Такая структура не всегда используется для энергоснабжения социальных учреждений и в коммунальном секторе. Поэтому при организации обеспечения их бесперебойного энергоснабжения, особенно при авариях или профилактических работах

на элементах энергетических структур, следует предусматривать дополнительную, независимую от перечисленных условий подачу энергии [2].

В условиях реализации Программ сокращения бюджетных расходов [3] на коммунальные нужды социальной сферы актуальным является внедрение в практику их энергоснабжения возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Однако, при всем их многообразии не все конструкции ВИЭ могут быть использованы в условиях городской застройки [4]. Эффективным в этих случаях, на наш взгляд, следует считать универсальный источник, который мог бы, используя первичную возобновляемую энергию, преобразовывать ее как в электрическую, так и в тепловую энергию, а его энергооборудование могло бы быть расположено и смонтировано на уже существующих строительных конструкциях. Обозначенным требованиям наиболее всего удовлетворяют имеющиеся генерирующие установки, работающие на энергии солнца.

Нижнее Поволжье является одним из наиболее привлекательных регионов для использования оборудования возобновляемой энергетики, в том числе и использующие потенциал солнечной энергии [5]. Но, изменчивый характер прихода солнечного излучения на поверхность Земли требует конкретных прогнозов и расчетов его интенсивности. Точная оценка солнечного потенциала района предполагаемого размещения ВИЭ позволяет не только на стадии проектирования обосновать параметры генерирующей установки, но и спрогнозировать ее режим работы и оценить её технико-экономическую эффективность.

Цель работы. Оценка уровня солнечного излучения для города Волжский Волгоградской области используемого при проектировании и обосновании внедрения на городской территории энергоустановок, преобразующих возобновляемую солнечную энергию.

Метод исследования. Для точной оценки потенциала солнечной энергии в конкретном пункте на конкретной территории необходимо знать

почасовые значения всех составляющих солнечного излучения достигающих земной поверхности. Достоверную для инженерных расчетов оценку необходимых значений солнечной инсоляции можно сделать, используя разработанную методику, подробно описанную в [6-7]. Основными исходными данными для расчета являются географические координаты изучаемого региона или конкретного места, как например города Волжского Волгоградской области: $48,78^\circ$ северной широты, $44,77^\circ$ восточной долготы.

Результаты и их обсуждение. Чаще всего солнечные энергоустановки подключают к уже имеющимся внутренним сетям и коммуникациям на модернизируемом или проектируемом объекте, размещая их на крышах, форма и конструкция которых может варьироваться от плоских до скатных с различными углами наклона [8].

Наиболее простыми для проектирования являются плоские крыши так как их форма повторяет поверхность горизонтально располагаемых геополей и по отношению к которым в настоящее время достаточно обширно разработаны проектные требования [9, 10]. Поэтому рассмотрим конфигурацию крыш, имеющих скатные конструктивные решения.

Расчет интенсивности солнечной радиации проводим для приемной поверхности, планируемой к размещению под оптимальным углом наклона двускатной крыши [11] $20-50^\circ$ с ориентацией на восток, юго-восток, юг, юго-запад и запад, по заданным географическим координатам города Волжского. В качестве расчетного угла наклона скатной крыши примем значение 30° .

Результаты расчетов годовых значений суммарной инсоляции на различно ориентированные площадки (скаты крыш) как относительно горизонта, так и сторон света представлены на рисунке 1.

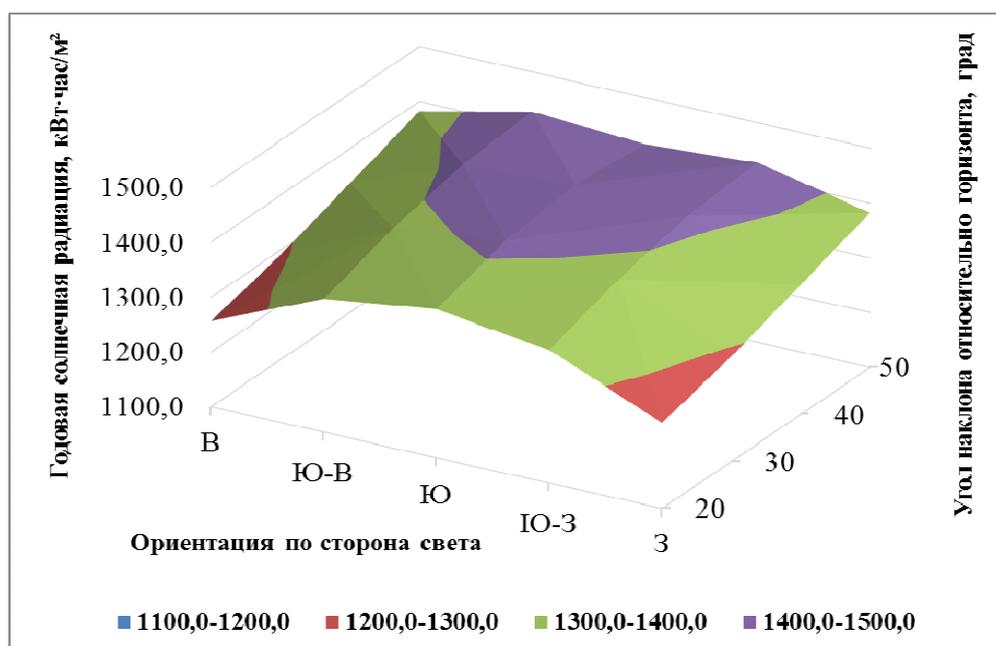


Рисунок 1 - Годовые значения солнечного излучения на разноориентированные поверхности

В климатических условиях города Волжского на горизонтальную поверхность за год приходится 1231,98 кВт ч/м² солнечного излучения. Из рисунка 1 видно, что потенциал используемой солнечной энергии можно повысить путем различной ориентации фотоэлектрических панелей в пространстве. Так энергетический поток достигает максимального значения при юго-восточной или юго-западной ориентации при угле наклона относительно горизонта равном 50°. При значении последнего ниже 50° наиболее выгодным является расположение, направленное на юг. Однако, при монтаже солнечной электростанции на крыше здания, ориентация по сторонам света соответствует ориентации ската крыши. Анализ значений углов наклона относительно горизонта при таком конструкционном ограничении показывает, что при ориентации на восток или запад, а также юго-восток или юго-запад целесообразно выбирать большие значения углов наклона относительно горизонта, так как такое пространственное положение нацелено на утилизацию солнечного излучения в рассветное и закатное время, когда Солнце находится низко над горизонтом.

Так как профилактические ремонты коммунальных структур и энергопередающих систем имеют сезонный характер, то при проектировании энергоустановок, преобразующих энергию солнца, и выборе угла наклона их принимающей поверхности для получения максимальной выработки от интенсивности приходящей солнечной радиации следует проанализировать данные полученные на основе расчета сумм интенсивности суммарной солнечной радиации в зависимости от времени года. На рисунке 2 приведены полученные расчетным путем сезонные суммы суммарной солнечной радиации, падающей на различно ориентированные по сторонам света приемные поверхности с углом наклона 30° .

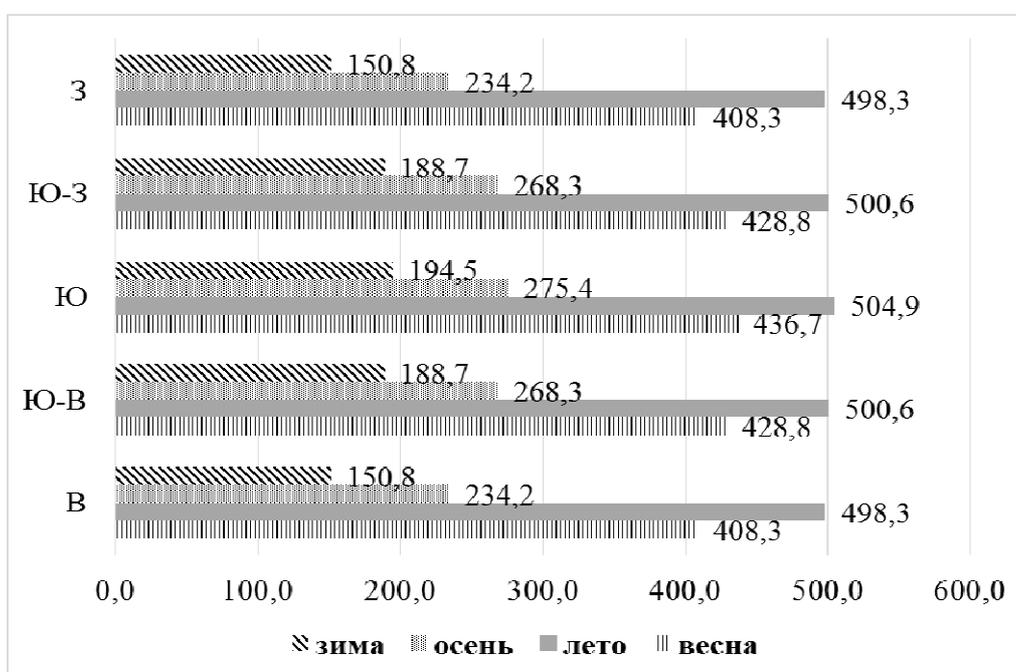


Рисунок 2 – Значения суммарной инсоляции по сезонам для приемной поверхности, находящейся по углом 30° к горизонту с различной ориентацией по сторонам света

Анализ представленных на рисунке 2 результатов показывает, что оптимальным следует считать ориентацию на юг при одном и том же угле наклона поверхности крыши относительно горизонта. Однако, при использовании крыш зданий для размещения на них солнечных энергоустановок это не всегда возможно. Результаты расчета также показывают, что откло-

нение расположения от юга к юго-востоку или юго-западу характеризуется незначительным снижением солнечной инсоляции. А вот ориентация на запад или восток по сравнению с южным направлением приводит к уменьшению количества приходящего солнечного излучения соответственно от 7% весной до 22% в зимний период.

При выборе и комплектовании системы преобразования солнечной энергии необходимо знать долю поступающей прямой, рассеянной и отраженной радиации. Такое соотношение составляющих солнечного излучения, которое достигает поверхности приемной площадки с углом наклона 30° относительно горизонта и ориентацией на юго-восток (юго-запад) с учетом конкретного сезона для г. Волжского приведено на рис. 3.

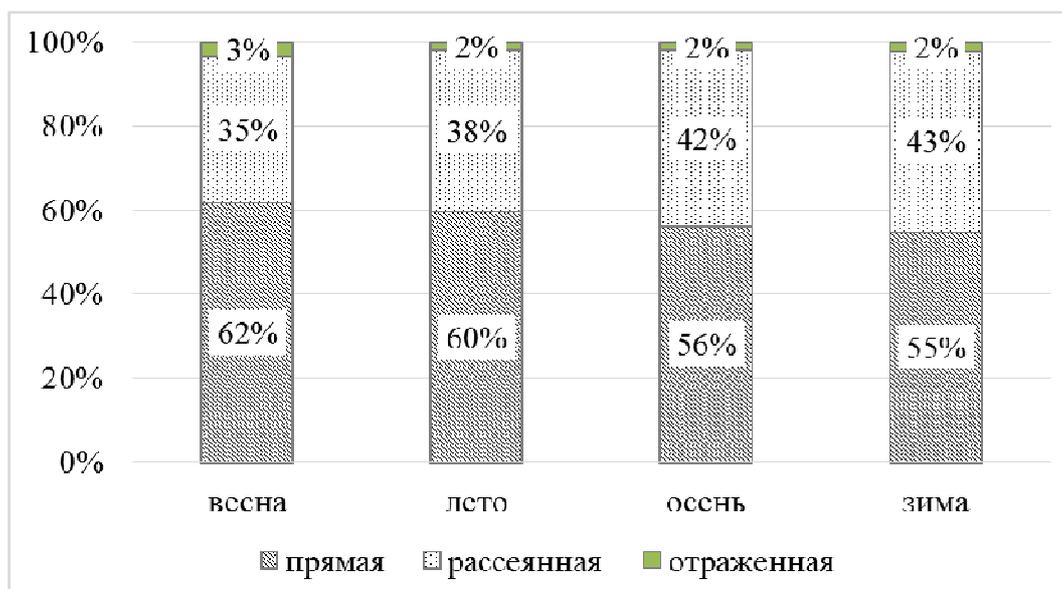


Рисунок 3 - Составляющие суммарной солнечной радиации, падающей на наклонные поверхности

Как видно из рисунка 3 рассеянная составляющая составляет от 35% до 43% в различные сезоны года, поэтому пренебрегать ею нельзя. Согласно расчетным формулам [5, 6] её значение зависит от угла наклона приемной поверхности относительно горизонта, что накладывает дополнительные ограничения на выбор угла наклона ската крыши, если солнечное энергоснабжение предусматривается еще на этапе проектирования зданий

или при конструировании солнечных электроустановок, расположенных, на горизонтальных конструкциях.

На рисунке 4 представлены данные о годовой интенсивности солнечного излучения на различно ориентированные поверхности для летнего периода на территории г. Волжского.

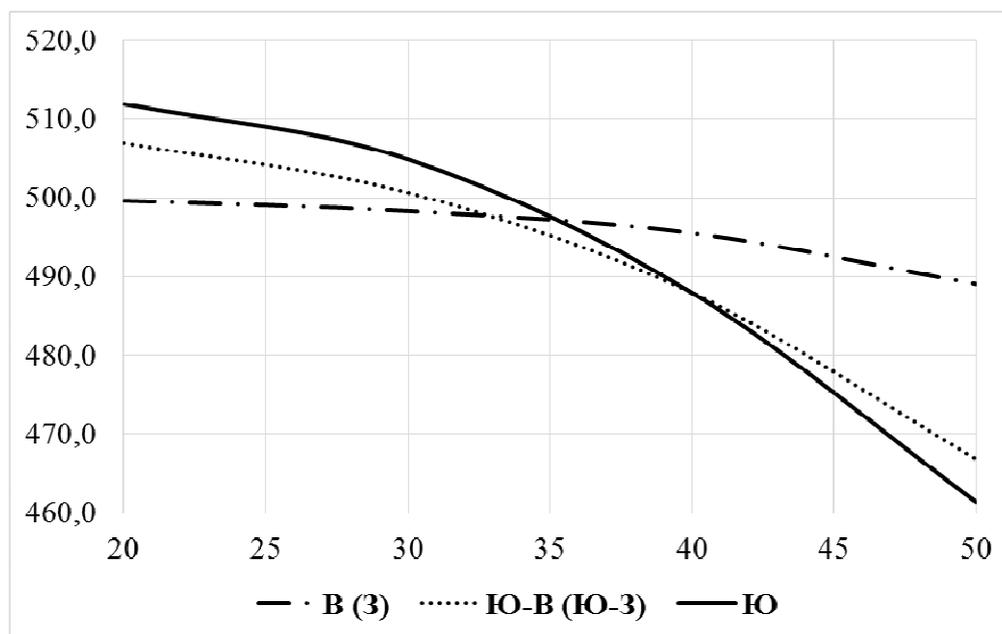


Рисунок 4 – Зависимость годовой суммы солнечного излучения от угла наклона приёмной поверхности и её ориентации по сторонам света для летнего периода

При этом можно заметить, что максимальное и минимальное значение суммарной радиации выявлено для южной ориентации соответственно при 20° и 50° наклона относительно горизонта. радиации не гарантирует максимум суммарной инсоляции. Так при восточной ориентации интенсивность излучения снижается при увеличении угла наклона приемной площадки от 499,6 кВт ч/м² до 489,1 кВт ч/м².

Так же из рисунка 4 можно сделать вывод, что при заданной ориентации по сторонам света предпочтительно выбирать меньший угол наклона ската крыши. Так, например, при расположении в направлении юга желательно использовать углы наклона поверхности до 41°, а вот для восточ-

ного (западного) ориентирования выбор угла относительно горизонта не влияет существенно на количество получаемой солнечной энергии.

Кроме того, при угле наклона принимающей поверхности от 20° до 35° можно рекомендовать южное направление, а при значениях угла выше 35° лучшей ориентацией следует считать восточную (западную). Если невозможно обеспечить такое решение конструктивно, то при угле наклона относительно горизонта выше 41° рационально планировать и располагать приемные поверхности энергоустановок, ориентированные на юго-восток (юго-запад).

Выводы. Город Волжский Волгоградской области, как и большинство населенных пунктов Нижнего Поволжья, обладает высоким потенциалом солнечной энергии: $1228,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ для горизонтальной поверхности южной ориентации приемной поверхности энергоустановок, который может быть увеличен на 16,2% при ее оптимальной ориентации относительно горизонта и сторон света. Однако, расширение использования потенциала солнечной энергии района может быть ограничено расположением уже существующих конструкций зданий и сооружений, на которых в условиях городской застройки могут располагаться энергоустановки.

Список литературы

1. Современные способы модернизации существующих систем теплоснабжения / А.Г. Батухтин [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – №7 (14). – Часть 2. – С.40-45.
2. Tripathy M. A critical review on building integrated photovoltaic products and their applications / M. Tripathy, P.K. Sadhu, S.K. Panda // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 61. – pp. 451-465.
3. "Комплексная программа модернизации и реформирования жилищно-коммунального хозяйства на 2010 - 2020 годы" Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2010 г. № 102-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97439/ (Дата доступа 28.06.2016).
4. Аронова Е.С. Оценка целесообразности использования технологий солнечной энергетики в исторической застройке Санкт-Петербурга и климатических условиях Северо-Запада / Е.С. Аронова, В.А. Мургул // Архитектура и современные информационные технологии. – 2013. – № 2(23). – С. 1-20.

5. Юдаев И.В. Опыт использования ВИЭ на сельских территориях и в рекреационных зонах в регионах ЮФО / И.В. Юдаев // Вестник аграрной науки Дона. – 2015. – № 1 (29). – С. 82-92.
6. Даус Ю.В. Оценка потенциала солнечной энергии Южного федерального округа / Ю.В. Даус // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – №4 (14). – С. 190-195.
7. Свидетельство № 2016612047 Российская Федерация. Оценка потенциала солнечной энергии в заданной точке Южного федерального округа: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Ю.В. Даус, В.В. Харченко, И.В. Юдаев; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Донской ГАУ». № 2015662511; заявл. 18.12.2015; зарегистр. 18.02.2016. 1 с.
8. Bidur Raj Gautam Assessment of urban roof top solar photovoltaic potential to solve power shortage problem in Nepal / Bidur Raj Gautam, Fengting Li, Guo Ru // Energy and Buildings. – 2015. – Vol. 86. – Pp. 735-744.
9. Ísis Portolan dos Santos Limitations in solar module azimuth and tilt angles in building integrated photovoltaics at low latitude tropical sites in Brazil / Ísis Portolan dos Santos, Ricardo Rüther // Renewable Energy. – 2014. – Vol. 63. – Pp. 116-124.
10. Integrated Sustainable Roof Design / Lee Xia Sheng [et al.] // Procedia Engineering. – 2011. – Vol. 21. – Pp. 846-852.
11. Угол наклона крыши и его расчет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novakrovlya.ru/raschety/ugol-naklona-kryshi-i-ego-raschet.html>. (Дата доступа 28.05.2016).

References

1. Sovremennye sposoby modernizacii sushhestvujushhih sistem teplosnabzhenija / A.G. Batuhtin [i dr.] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2013. – №7 (14). – Chast' 2. – S.40-45.
2. Tripathy M. A critical review on building integrated photovoltaic products and their applications / M. Tripathy, P.K. Sadhu, S.K. Panda // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 61. – pp. 451-465.
3. "Kompleksnaja programma modernizacii i reformirovanija zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva na 2010 - 2020 gody" Utverzhdena rasporyzheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 2 fevralja 2010 g. № 102-r [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97439/ (Data dostupa 28.06.2016).
4. Aronova E.S. Ocenka celesoobraznosti ispol'zovanija tehnologij solnečnoj jenergetiki v istoricheskoj zastrojke Sankt-Peterburga i klimaticheskikh uslovijah Severo-Zapada / E.S. Aronova, V.A. Murgul // Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii. – 2013. – № 2(23). – S. 1-20.
5. Judaev I.V. Opyt ispol'zovanija VIJe na sel'skih territorijah i v rekreacionnyh zonah v regionah JuFO / I.V. Judaev // Vestnik agrarnoj nauki Dona. – 2015. – № 1 (29). – S. 82-92.
6. Daus Ju.V. Ocenka potenciala solnečnoj jenerгии Juzhnogo federal'nogo okruga / Ju.V. Daus // Innovacii v sel'skom hozjajstve. – 2015. – №4 (14). – S. 190-195.
7. Svidetel'stvo № 2016612047 Rossijskaja Federacija. Ocenka potenciala solnečnoj jenerгии v zadannoj tochke Juzhnogo federal'nogo okruga: svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlja JeVM / Ju.V. Daus, V.V. Harchenko, I.V. Judaev; zajavitel' i pravoobladatel' FGBOU VO «Donskoj GAU». № 2015662511; zajavl. 18.12.2015; zaregistr. 18.02.2016. 1 s.
8. Bidur Raj Gautam Assessment of urban roof top solar photovoltaic potential to solve power shortage problem in Nepal / Bidur Raj Gautam, Fengting Li, Guo Ru // Energy and Buildings. – 2015. – Vol. 86. – Pr. 735-744.

9. Ísis Portolan dos Santos Limitations in solar module azimuth and tilt angles in building integrated photovoltaics at low latitude tropical sites in Brazil / Ísis Portolan dos Santos, Ricardo Rüther // Renewable Energy. – 2014. – Vol. 63. – Pr. 116-124.

10. Integrated Sustainable Roof Design / Lee Xia Sheng [et al.] // Procedia Engineering. – 2011. – Vol. 21. – Pr. 846-852.

11. Ugol naklona kryshi i ego raschet [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://novakrovlya.ru/raschety/ugol-naklona-kryshi-i-ego-raschet.html>. (Data dostupa 28.05.2016).