

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 631.1

ОБ ОЦЕНКЕ ВАЛОВОГО ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Ю.В. Даус, канд. техн. наук,

И.В. Юдаев, д-р техн. наук

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Санкт-Петербург, Россия

Устойчивое развитие сельских территорий привело к острой необходимости поиска резервов энергоснабжения. Наиболее перспективными из них являются фотоэлектрические установки, которые очень просты в обслуживании, имеют длительный срок службы и огромный потенциал первичного источника энергии. Цель исследования – проанализировать значения суммарной солнечной радиации для территорий, не обеспеченных в полном объеме необходимыми для гелиотехнических расчетов актинометрическими данными. В качестве источника актинометрической информации на примере сельских территорий Ростовской области были использованы данные об интенсивности часовых сумм суммарной солнечной радиации из научно-прикладного справочника по климату СССР, полученные в процессе наблюдений в 1965–1980 гг., и данные спутниковых измерений NASA. Анализ показал, что величина солнечной радиации очень чувствительна к состоянию атмосферы, незначительное изменение которой приводит к скачкам параметров солнечного излучения на небольшом временном интервале. Наименьшие колебания значений суточных сумм средних за месяц наблюдаются с апреля по сентябрь, а наибольшие – в зимний период. Если сравнить данные, полученные на основе наземных и спутниковых измерений, то здесь уже отклонение существенное и достигает 30,4 % в летние месяцы и 80,5 % – в зимние месяцы. Это связано, прежде всего, с выбором места фиксации характеристик солнечного излучения: на земле – для метеорологических станций, а для спутниковых измерений – в заатмосферном слое. Валовый потенциал, зафиксированный наземной метеорологической станцией, меньше, чем аналогичное значение, полученное спутниковыми измерениями – на 41,9 % для г. Цимлянска и на 44,1 % – для п. Гигант, что также связано с существенным изменением приходящего потока солнечного излучения на приемную поверхность в связи с происходящими в атмосфере процессами.

Ключевые слова: сельские территории, солнечная энергия, валовый потенциал, метод оценки, параметры солнечного излучения.

Для цитирования: Даус Ю.В., Юдаев И.В. Об оценке валового потенциала солнечной энергии на сельских территориях // *АгроЭкоИнженерия*. 2021. № 2 (107). С.4-13

ON THE ASSESSMENT OF THE GROSS POTENTIAL OF SOLAR ENERGY IN RURAL AREAS

Yu.V. Daus, Cand. Sc. (Engineering),

I.V. Yudaev, DSc (Engineering)

Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

The sustainable development of rural areas has led to the urgent necessity to search for energy supply reserves. The most promising of them are photovoltaic installations, which are very easy to maintain, have a long service life and huge potential as a primary energy source. The purpose of the study was to analyze the values of total solar radiation for territories that are not fully provided with actinometrical data required for solar calculations. The data on the intensity of the hourly sums of total solar radiation from the Scientific and Applied Reference Book on the Climate of the USSR, obtained by observations in 1965-1980, and NASA satellite measurement data were used as a source of actinometrical information as exemplified by the rural areas in the Rostov Region. The analysis revealed that the value of solar radiation is very sensitive to the state of the atmosphere, a slight change in which leads to crucial changes in solar radiation parameters over a short time interval. The smallest fluctuations in the daily sums of the monthly averages were observed from April to September, and the largest ones were observed in winter. Comparing the data received from ground-based and satellite measurements demonstrated already significant deviation that reached 30.4% in the summer months and 80.5% in the winter months. It was primarily caused by the choice of the location for fixing the characteristics of solar radiation: on the ground – for metrological stations and satellite measurements – in the extra-atmospheric layer. The gross potential recorded by the ground metrological station was smaller than the analogous value obtained by satellite measurements – by 41.9% for the town of Tsimlyansk and by 44.1% for Gigant Settlement. This was also associated with the significant change in the incoming flow of solar radiation to the receiving surface due to the processes taking place in the atmosphere.

Keywords: rural areas, solar energy, gross potential, assessment method, solar radiation parameter.

For citation: Daus Yu.V., Yudaev I.V. On the assessment of the gross potential of solar energy in rural areas. *AgroEkoInzheneriya*. 2021. No. 2(107): 4-13 (In Russian)

Введение.

В условиях развития и модернизации социально-экономической системы страны одной из основных ключевых позиций становится устойчивое развитие сельских территорий, которое заключается прежде всего в экономически целесообразном, экологически чистом и социальноориентированном расширении производства сельскохозяйственной

продукции, а вследствие и улучшения качества жизни населения этих территорий [1]. Реализация государственной политики в сфере развития сельских территорий осуществляется согласно целевым программам, в рамках которых предусмотрены такие мероприятия, как улучшение жилищных условий граждан, проживающих на сельских территориях; инфраструктурное развитие территорий;

обеспечение сельскохозяйственных товаропроизводителей квалифицированными кадрами; развитие сети объектов здравоохранения на сельских территориях; развитие инженерной инфраструктуры на сельских территориях [2, 3].

Однако, всё это привело к острой необходимости поиска резервов энергоснабжения, так как старые инженерные системы не рассчитаны на возрастающую потребительскую мощность сельхозтоваропроизводителей, и характеризуются высоким уровнем износа и низкой надежностью [4]. Поэтому на сельских территориях особенно актуален поиск новых источников энергии, в качестве которых наиболее перспективными являются возобновляемые источники энергии, так как они повсеместно доступны и отличаются простым технологическим и экологически безопасным циклом работы. Маломощные точечные генерирующие установки можно как подключить к действующим сетям, так и создать на их основе системы распределённой генерации. Наиболее перспективными считаются в таком случае фотоэлектрические установки, которые очень просты в обслуживании, имеют длительный срок службы и огромный потенциал первичного источника энергии [5].

При проектировании систем, содержащих фотоэлектрические источники генерации электрической энергии, и определении их мощности, типа и компоновки существенное влияние на принятые решения имеют исходные данные о параметрах приходящего солнечного излучения в точке предполагаемого размещения фотоэлектрических установок. Информация об графике прихода и интенсивности солнечной радиации в рассматриваемой географической точке должна быть достаточной и актуальной [6].

Выбор источника актинометрической информации определяет в дальнейшем выбор метода расчета параметров фотоэлектрических установок, способ согласования режимов генерации, режим потребления электрической энергии и существенно влияет на экономическую целесообразность принятых решений. Однако, в условиях большого разнообразия источников актинометрической информации при проведении гелиотехнических расчетов возникают трудности, связанные с ограниченностью баз данных, или большой удаленностью от рассматриваемой географической точки или трудоемкостью проводимых изысканий.

Чаще всего в практике проектирования фотоэлектрических установок в качестве исходных данных используют данные о параметрах солнечного излучения, полученные косвенными методами [7]. Отличаются такие методы лишь базой актинометрических данных, положенных в их основу – это могут быть как результаты многолетних наземных, так и спутниковых измерений.

Организация фиксации и сбора данных на метрологических станциях чаще всего связано с высокой ценой оборудования, сложностью его обслуживания, большим объемом сохраняемых данных, в результате чего сети метрологических станций характеризуется низкой плотностью и разветвленностью. Такая неоднородность приводит к тому, что неохваченным остаются целые регионы, особенно территории с сложной топографией и удаленные территории сельскохозяйственного производства [8].

Данные же спутниковых измерений сейчас доступны во всей поверхности земного шара примерно с шагом $0,5^\circ$ широты на $0,5^\circ$ долготы. Однако, несмотря на широкий географический охват такой

способ менее точен, чем наземные измерения, так как исследование проводится в заатмосферной области и характеризуется более высокой систематической погрешностью [9].

Цель исследования – проанализировать значения суммарной солнечной радиации для территорий, не обеспеченных в полном объеме необходимыми для гелиотехнических расчетов актинометрическими данными.

Материалы и методы исследования. В качестве источника актинометрической информации на примере сельских территорий Ростовской области используем данные об интенсивности часовых сумм суммарной солнечной радиации из Научно-прикладного

справочника по климату СССР, полученные наблюдениями с 1965–1980 г.г. [10] и данные спутниковых измерений NASA [11]. Данные в первом источнике представлены только для двух населенных пунктов региона – для г. Цимлянск и п. Гигант Ростовской области, для второго источника в качестве исходных данных используем географические координаты этих же поселений.

Результаты и обсуждение.

На рисунке 1–2 представлены суточные суммы солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность, полученные косвенным методом на основе спутниковых измерений [11] для г. Цимлянска и п. Гигант соответственно.

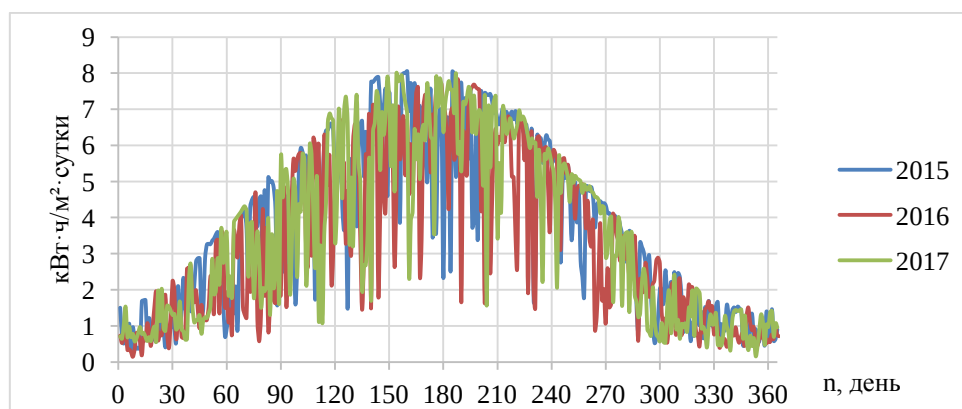


Рис. 1. Суточные суммы суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность, за 2015–2017 г.г. [11] для г. Цимлянск

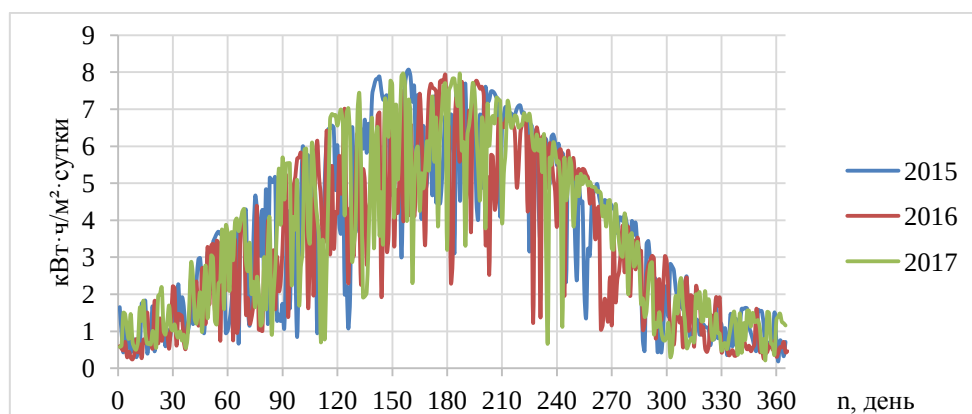


Рис. 2. Суточные суммы суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность за 2015–2017 г.г. [11] для п. Гигант

Как видно из рисунков 1 и 2 величина солнечной радиации очень чувствительна к состоянию атмосферы. И даже незначительные изменения в атмосферных условиях приводят к скачкам параметров солнечного излучения на небольшом временном интервале. И даже одна и та же величина по годам может отличаться в несколько раз.

На рисунке 3–4 представлены средние для месяца суточные суммы солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность, полученные косвенным методом на основе спутниковых измерений [11] (для 2015–2017 гг.) и наземных метеорологических измерений [10] (справочник) для г. Цимлянск и п. Гигант соответственно.

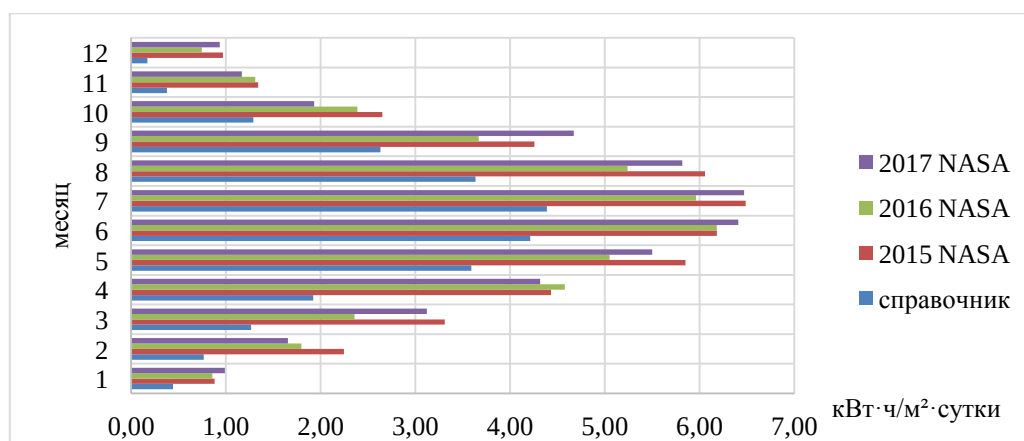


Рис. 3. Средние для месяца суточные суммы суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность для г. Цимлянск

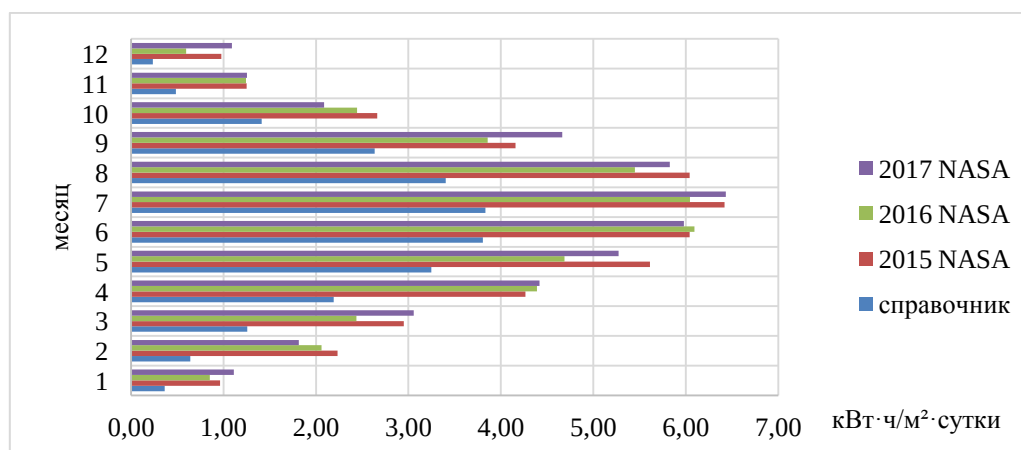


Рис. 4. Средние для месяца суточные суммы суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность для п. Гигант

Наименьшие колебания значений суточных сумм средних за месяц для одного источника актинометрической информации наблюдаются с апреля по сентябрь, а наибольшие – в зимний период. Если сравнить данные, полученные на основе наземных и спутниковых измерений, то здесь уже отклонение существенное и достигает 30,4 % в летние месяцы и 80,5 % – в зимние месяцы. Это связано прежде всего с выбором места фиксации характеристик

солнечного излучения: на земле – для метеорологических станций и в заатмосферном слое – для спутниковых измерений. Процессы, имеющие место в атмосферном слое, оказывают наибольшее влияние на величину потока солнечного излучения, приходящегося на приемную поверхность. Кроме того, данные Справочника по климату [11] сформированы на основе наблюдений 1965–1980 г.г., а данные NASA [10] – в период с 1985 по 2000 г.г.

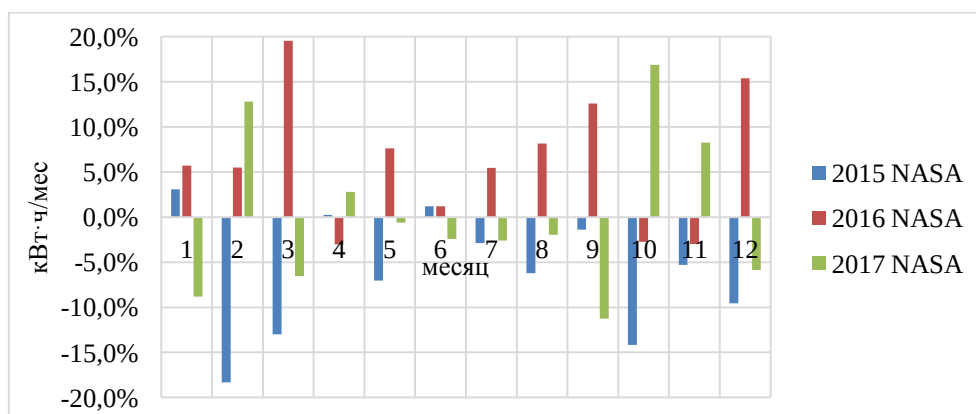


Рис. 5. Месячные суммы суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность для п. Гигант

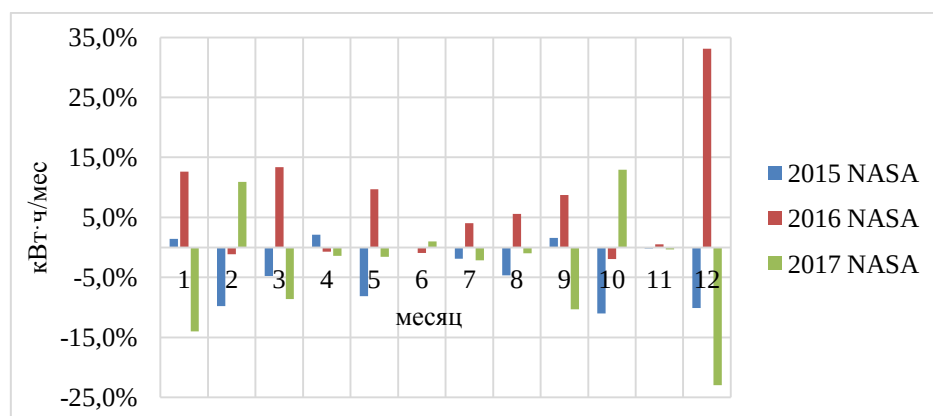


Рис. 6. Месячные суммы суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность для г. Цимлянск

Из рисунков 5– 6 видно, что наименьшее отклонение по годам данных об интенсивности солнечного излучения для г. Цимлянска наблюдается в период с апреля по сентябрь – от 0,6 % до 8,6 %. В остальное время года отклонение возрастает до 16,9 %–18,3 %. Для географической точки с координатами п. Гигант в весенне–летний период отклонение от средних значений не превышает 9,6 %, а в осенне-зимний – 33,1 %.

Валовый потенциал, зафиксированный наземной метеорологической станцией меньше, чем аналогичное значение, полученное спутниковыми измерениями – на 41,9 % для г. Цимлянска и на 44,1 % – для п. Гигант, что связано с существенным изменением приходящего потока солнечного излучения на приемную поверхность в связи с происходящими в атмосфере процессами.

Выводы.

Острая необходимость в резервах энергоснабжения в виду высокого уровня износа и низкой надежностью действующих инженерных систем, размещенных на сельских территориях, привела к необходимости поиска новых повсеместно доступных источников

энергии, отличающихся простым технологическим и экологически безопасным циклом работы, в качестве которых наиболее перспективными фотоэлектрические установки, которые очень просты в обслуживании, имеют длительный срок службы и огромный потенциал первичного источника энергии. При проектировании систем, содержащих фотоэлектрические источники генерации электрической энергии, и определении их мощности, типа и компоновки существенное влияние на принятые решения имеют исходные данные об параметрах приходящего солнечного излучения в точке предполагаемого размещения фотоэлектрических установок.

В качестве источника актинометрической информации на примере сельских территорий Ростовской области были использованы данные об интенсивности часовых сумм суммарной солнечной радиации из Научно-прикладного справочника по климату СССР, полученные наблюдениями с 1965–1980 г.г. и данные спутниковых измерений NASA, полученных наблюдениями спутниковыми средствами. Были определены для двух населенных пунктов региона – для г. Цимлянск и п. Гигант Ростовской области– суточные суммы за 2015–2017 г.г., средние для месяца

суточные суммы, месячные и годовые солнечной радиации, приходящей на горизонтальную приемную поверхность.

Анализ показал, что величина солнечной радиации очень чувствительна к состоянию атмосферы. И даже незначительные изменения в атмосферных условиях приводят к скачкам параметров солнечного излучения на небольшом временном интервале. Наименьшие колебания значений суточных сумм средних за месяц для одного источника актинометрической информации наблюдаются с апреля по сентябрь, а наибольшие – в зимний период. Если сравнить данные, полученные на основе наземных и спутниковых измерений, то здесь уже отклонение существенное и

достигает 30,4 % в летние месяцы и 80,5 % – в зимние месяцы. Это связано прежде всего с выбором места фиксации характеристик солнечного излучения: на земле – для метеорологических станций и в заатмосферном слое – для спутниковых измерений. Валовый потенциал, зафиксированный наземной метеорологической станцией меньше, чем аналогичное значение, полученное спутниковыми измерениями – на 41,9 % для г. Цимлянска и на 44,1 % – для п. Гигант, что связано с существенным изменением приходящего потока солнечного излучения на приемную поверхность в связи с происходящими в атмосфере процессами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меренкова И.Н. Устойчивое развитие сельских территорий: теоретико-методологические аспекты оценки // *Региональная экономика: теория и практика*. 2010. №25 (160). С. 55-61.
2. Yudaev I.V. Analysis of Variation in Circuit Parameters for Substitution of Weed Plant Tissue under Electric Impulse Action // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2019. No. 55(2). pp. 219-224.
3. Yudaev I.V., Rud E.V., Yundin M.A., Ponomarenko T.Z., Isupova A.M. The harmonic composition of current in zero-working wire with non-linear load // *IIUM Engineering Journal*. 2021. No. 22(1). pp. 191-200.
4. Daus J., Desyatnichenko D., Stepanchuk G. Analysis of approaches to determining solar radiation intensity at preset geographical point // *Proceedings of 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM 2020)*. 2020. Paper ID 9111932.
5. Yudaev I.V., Daus Y.V., Zharkov A.V., Zharkov V.Y. Private solar power plants of Ukraine of small capacity: features of exploitation and operating experience // *Applied Solar Energy*. 2020. No. 56(1). pp. 54-62
6. Lee K., Yoo H., Levermore G. J. Quality control and estimation hourly solar irradiation on inclined surfaces in South Korea // *Renewable Energy*. 2013. vol. 57. pp. 190-199.

7. Angstrom A. Solar and terrestrial radiation. Report to the International Commission for Solar Research on Actinometric Investigations of Solar and Atmospheric Radiation // Meteorological Society. 1924. vol. 50. pp. 12-125.
8. Angelis-Dimakis A., Biberacher M., Dominguez J., Fiorese G., Gadocha S., Gnansounou E., Guariso G., Kartalidis A., Panichelli L., Pinedo I., Robba M. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011. vol. 15. pp. 1182–1200.
9. Tourasse G., Dumortier D. Development of a system measuring the solar radiation spectrum in 5 planes for daylight and PV applications // *Energy Procedia*. 2014. vol. 57. pp. 1110-1119.
10. Гришко В.И., Мисюра Л.И. (ред.) Справочник по климату СССР. Вып.10: Украинская ССР. Часть 1: Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние, Л.: Гидрометеиздат. 1966. 126 с.
11. NASA Prediction of Worldwide Energy Resources: Surface Meteorology and Solar Energy. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://power.larc.nasa.gov/>. (Дата обращения 05.04. 2021).

REFERENCES

1. Merenkova I.N. Ustoichivoe razvitie sel'skikh territorii: teoretiko-metodologicheskie aspekty otsenki [Sustainable development of rural areas: theoretical and methodological aspects of assessment]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*. 2010. No. 25 (160): 55-61(In Russian)
2. Yudaev I.V. Analysis of Variation in Circuit Parameters for Substitution of Weed Plant Tissue under Electric Impulse Action. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2019. No. 55(2): 219-224. (In English)
3. Yudaev I.V., Rud E.V., Yundin M.A., Ponomarenko T.Z., Isupova A.M. The harmonic composition of current in zero-working wire with non-linear load. *IJUM Engineering Journal*. 2021. No. 22(1): 191-200. (In English)
4. Daus J., Desyatnichenko D., Stepanchuk G. Analysis of approaches to determining solar radiation intensity at preset geographical point. *Proceedings of 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM 2020)*. 2020. Paper ID 9111932. (In English)
5. Yudaev I.V., Daus Y.V., Zharkov A.V., Zharkov V.Y. Private solar power plants of Ukraine of small capacity: features of exploitation and operating experience. *Applied Solar Energy*. 2020. No. 56(1): 54-62(In English)
6. Lee K., Yoo H., Levermore G. J. Quality control and estimation hourly solar irradiation on inclined surfaces in South Korea. *Renewable Energy*. 2013. vol. 57: 190-199.

7. Angstrom A. Solar and terrestrial radiation. Report to the International Commission for Solar Research on Actinometric Investigations of Solar and Atmospheric Radiation. *Meteorological Society*. 1924. vol. 50: 12-125. (In English)
8. Angelis-Dimakis A., Biberacher M., Dominguez J., Fiorese G., Gadocha S., Gnansounou E., Guariso G., Kartalidis A., Panichelli L., Pinedo I., Robba M. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011. vol. 15: 1182–1200.
9. Tourasse G., Dumortier D. Development of a system measuring the solar radiation spectrum in 5 planes for daylight and PV applications. *Energy Procedia*. 2014. vol. 57: 1110-1119.
10. Grishko V.I., Misyura L.I. (eds.) *Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp.10: Ukrainskaya SSR. Chast' 1: Solnechnaya radiatsiya, radiatsionnyi balans i solnechnoe siyanie*, [Reference book on the climate of the USSR. Issue 10: Ukrainian SSR. Part 1: Solar radiation, radiation balance and sunshine]. Leningrad. Gidrometeoizdat. 1966. 126 p. (In Russian)
11. NASA Prediction of Worldwide Energy Resources: Surface Meteorology and Solar Energy. Available at: <https://power.larc.nasa.gov/>. (accessed 05.04. 2021).

УДК 631.117

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛУЧЕННОСТИ ОТ ИСТОЧНИКА ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ ДО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ.

И.Н. Шаблыкин,

Э.А. Папушин, канд.техн.наук

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

В лаборатории технологий и технических средств производства кормов из трав проводятся исследования по использованию инфракрасного излучения для сушки травы. Целью исследований является определение распределения облученности инфракрасного излучения на поверхности в зависимости от расстояния до горизонтальной плоскости. Для этого рассчитывалась освещенность от зеркальной ИК-лампы, приходящая на поверхность в зависимости от высоты ее расположения. На основании полученных результатов сделан вывод, что для ИК-лампы мощностью 250 Вт наибольшая эффективность инфракрасного излучения наблюдается на расстоянии менее 200 мм до излучателя. При высоте подвеса лампы 100 мм 90% облученности приходится на участок радиусом от 0 до 85 мм. При высоте подвеса 200 мм 90% облученности приходится на участок радиусом 0-170 мм. При высоте подвески 300 и 400 мм интенсивность облучения значительно снижается, границы 90% облученности составляют 200 и 250 мм от центра.