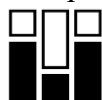


Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль: 12.06.01/ 05.11.13
Школа ИШФВП

Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы

Тема научного доклада
Системы мониторинга ветросолнечными электростанциями

УДК [621.311.245+621.311.243]-047.36:658.284:004.771

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A4-33	Динь Ван Тай		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юрченко А.В.	Д.Т.Н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юрченко А.В.	Д.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

Работа выполнена в **ИШФВП** федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ)

Научный руководитель:	доктор технических наук, профессор Юрченко Алексей Васильевич
Ведущая организация:	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Научный доклад разослан « » 2018 г.

Общая характеристика работы

Актуальность.

Актуальность представленной работы определена высокими темпами развития альтернативной энергетики, в том числе расширением использования ветросолнечных электростанций (ВСЭС) в удаленных регионах.

Проведенная работа позволит расширить возможность использования ветросолнечных энергетических установок в России на регионы, где в настоящее время альтернативная энергетика не широко использовалась.

В настоящее время, в регионах без стационарной сети электропитания все чаще применяют ветро-солнечные электростанций (ВСЭС) в место традиционных источников энергии. Это не только позволяет экономически выгодно, но и снизить экологическую нагрузку.

Известно, что работа ВСЭС зависит не только от самой установки, но и от климатических факторов, такие как радиации, температуры воздуха, влажности, скорости ветра.

Таким образом задачи создания системы мониторинга и проведения прогнозы вырабатываемой мощности работы ВСЭС являются актуальной научной задачей.

Объект исследования: ветросолнечные электростанции.

Предмет исследования: методы мониторинга ветросолнечные электростанции и алгоритмы прогнозирования вырабатываемой мощности ветросолнечных электростанций.

Цель:

Целью работы является создание системы мониторинга работы ВСЭС на основе микрокомпьютера BeagleBone Black, а также разработка методики прогнозирования вырабатываемой мощности ВСЭС на основе климатических данных, получаемых от метеостанции, такие как солнечная радиация, температура воздуха, влажность, скорость ветра.

Задачи:

1. Разработка модели ВСЭС в связи с влиянием климатических условиях;
2. Разработка программно-аппаратных средств мониторинга работы ВСЭС на основе микрокомпьютера BeagleBone Black;
3. Усовершенствование методики прогнозирования вырабатываемой электрической мощности ВСЭС.

Научная новизна:

1. Получена математическая модель, которая описывается зависимость вырабатываемой мощности ВСЭС от совокупности климатических факторов, на основании которой усовершенствован метод прогнозирования вырабатываемой мощности системы.
2. Разработана система мониторинга на основе микрокомпьютера BeagleBone Black, позволяющая одновременно измерять

метеорологические параметры атмосферы, температуру поверхности и вольтамперную характеристику.

Практическая значимость.

- разработана система мониторинга на основе микрокомпьютера BeagleBone Black;
- разработана и применена методика прогнозирования вырабатываемой мощности электростанций;

Положения, выносимые на защиту.

- математическая модель ВСЭС;
- система мониторинга на основе микрокомпьютера BeagleBone Black;
- метод прогнозирования вырабатываемой мощности ВСЭС.

Личный вклад автора заключается в самостоятельном изучении и разработке системы мониторинга ВСЭС на основе микрокомпьютера BeagleBone Black, связанных с разработкой методик, проведением испытаний и обработкой полученных данных. Усовершенствование методика прогнозирования вырабатываемой мощности ВСЭС.

Все разделы научно-квалификационной работы выполнены и разработаны автором. Проведена обработка результатов и оформление их в виде научных публикаций. Некоторые части в рамках научно-квалификационной работы выполнены в соавторстве, соавторы не возражают против использования соискателем результатов совместных работ.

Апробация работы. По итогам работы были представлены доклады на 8 Всероссийских и международных конференциях.

1. Динь В.Т. Моделирование и прогнозирование мощности солнечных модулей в среде MATLAB. Сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», 2015. стр. 412 – 415.

2. Dinh V.T. Modelling of electrical characteristics of a photovoltaic module Helios SFB-15-15 in MATLAB/Simulink. Материалы VI Научно-практической конференции с международным участием, 2015. стр. 28 – 33.

3. Dinh V.T. Modelling of PV – module based on data sheet parameters. Сборник материалов II Международной научной конференции "Иностранный язык в контексте проблем профессиональной коммуникации", 2015. стр. 34 – 37.

4. Динь В.Т. создание веб-сервера на основе BeagleBone Black. Материалы VI Научно-практической конференции «Информационно-измерительная техника и технологии» с международным участием, 2016.

стр. 42 – 46.

5. O V Aldoshina and Dinh Van Tai. Evaluation and prediction of solar radiation for energy management based on neural networks. Journal of Physics: Conference Series, Volume 881, conference 1. DOI: 10.1088/1742-6596/881/1/012036.

6. Dinh V.T. Short-term forecasting of electric energy generation for a photovoltaic system. Международная конференция по инновациям в неразрушающем контроле SibTest (2017)

7. V.T. Dinh and Yuhao Yan. Short-Term Forecasting of Electric Energy Generation for a Photovoltaic System. MATEC Web of Conferences 155, 01033 (2018). DOI: 10.1051/mateconf/201815501033.

8. Янь Юйхао, Динь Ван Тай. Принцип работы классического или современного глюкометра. VI Международная конференция школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсо-эффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее»

Публикации. По теме научно-квалификационной работы опубликованы: 1 статья в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в журналах, входящих в базы цитирования Scopus, 6 статьи в сборниках трудов конференций различного уровня.

Структура и объем научно-квалификационной работы. Научно-квалификационная работа состоит из введения, обзора литературы по тематике исследования, главы обсуждения методики, описания системы мониторинга, вывода и библиографического списка. Материалы научно-квалификационной работы изложены на 82 страницах, в ней содержатся 30 рисунков, 7 таблиц. Список литературы включает в себя 49 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе I рассмотрены литературные источники, содержащие описание электрофизических основ работы ВСЭС, основных методов прогнозирования и мониторинга, сформулированы цель и задачи исследования.

В главе II изучены физико-математические модели ВСЭС. Проведено объяснение созданной модели в среде Matlab Simulink.

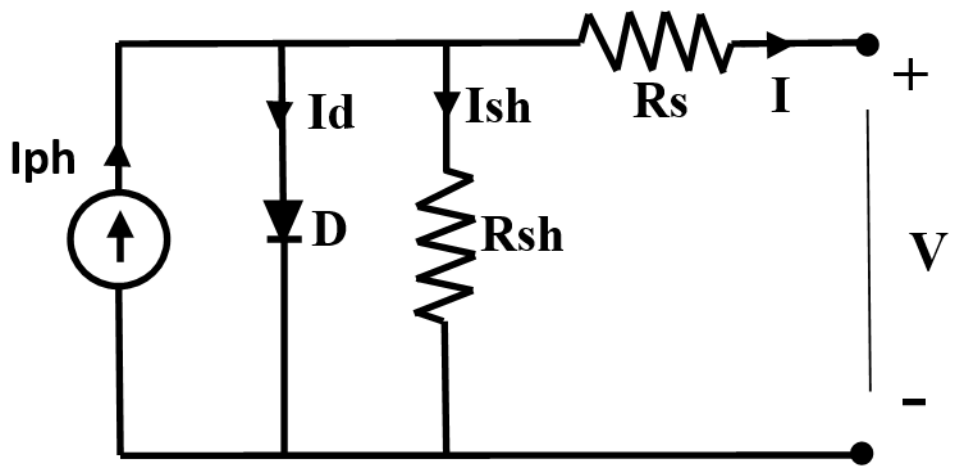


Рис. 1. Схема обобщенной модели

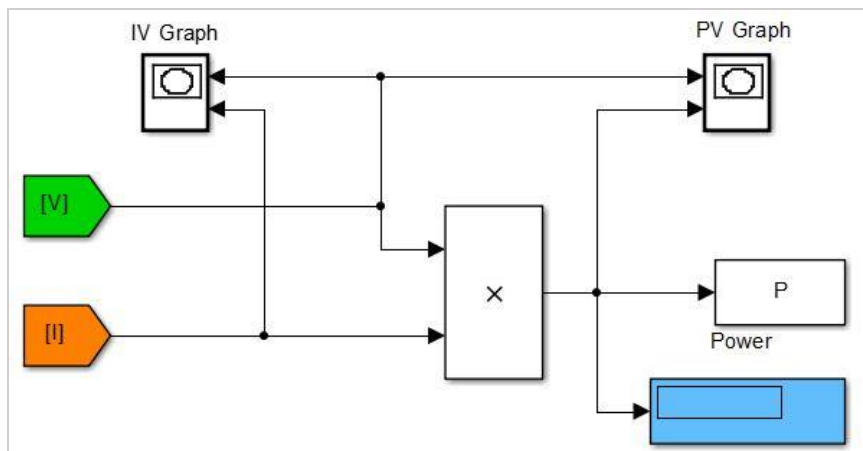


Рис. 2. Общая схема для моделирования обобщенной модели в Matlab Simulink

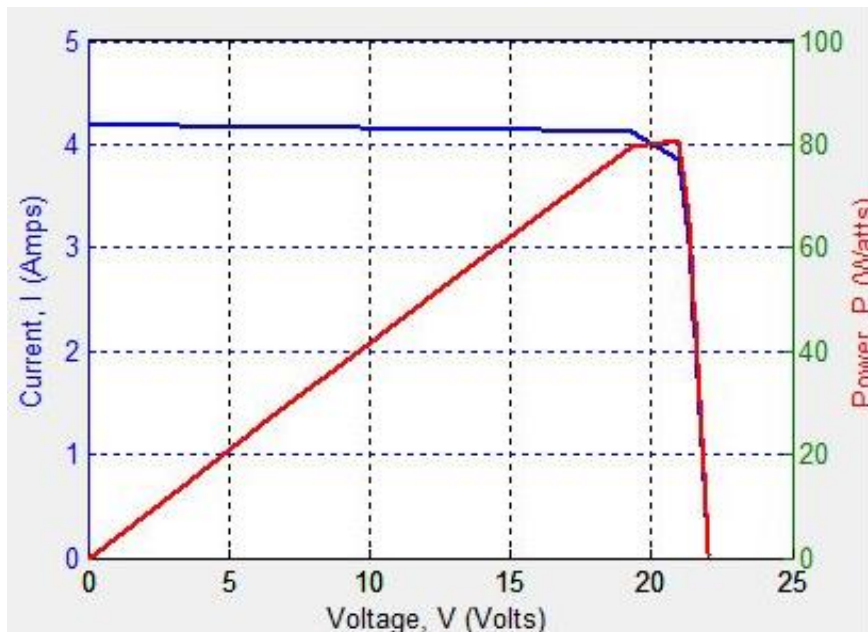


Рис. 3. Пример результата моделирования

В главе III рассмотрены алгоритм получения нужных данных от метеостанции Davis Vantage Pro 2 в микрокомпьютер BeagleBone Black. Так же описывается процесс передачи данных на веб-сервер.



Рис. 4. Подключение метеостанций к микрокомпьютеру BeagleBone Black

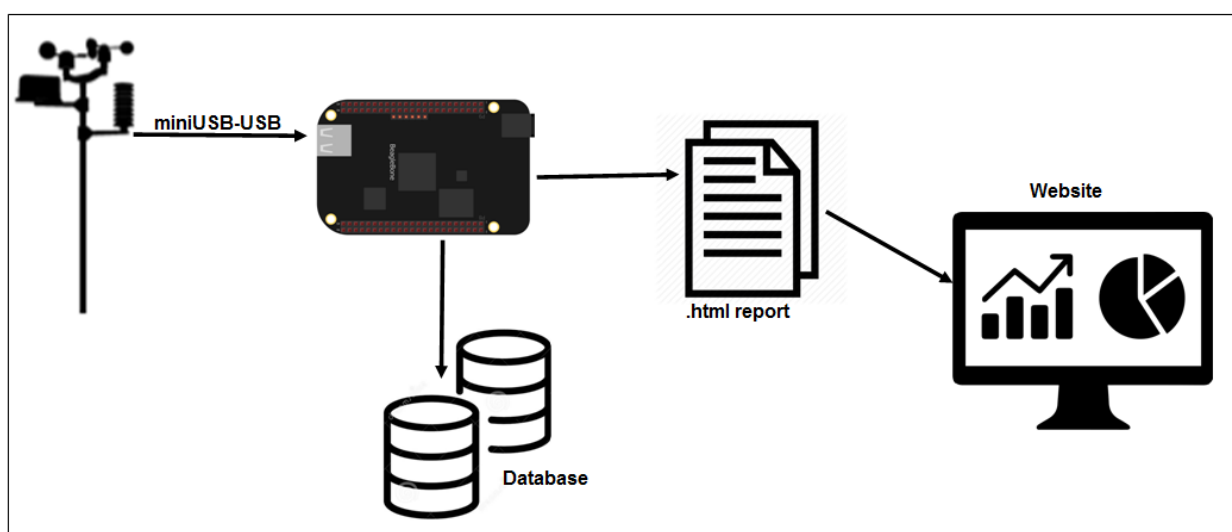


Рис. 5. Структура веб-сервера на основе микрокомпьютеры BeagleBone Black

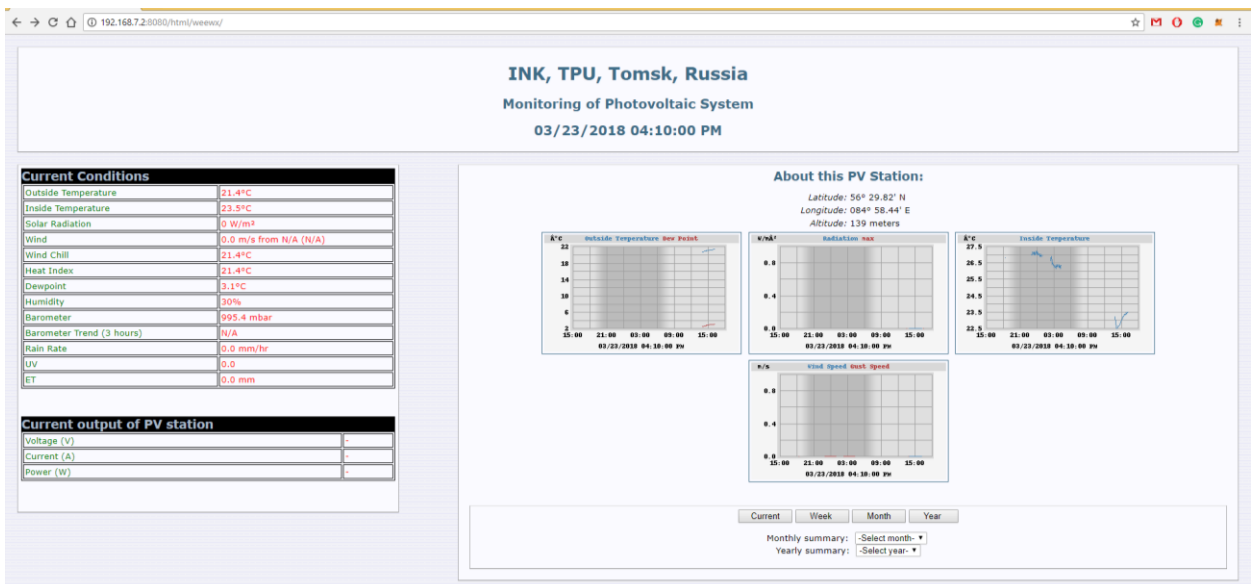


Рис. 6. Пример скриншота вебсайта

В главе IV описан способ выбора методики для прогноза вырабатываемой электрической мощности системы.

В главе V приведены полученные результаты и осуждены выводы.

Список используемых источников

1. Н.Н. Баранов. Прямое преобразование энергии для автономной энергетики. // Энергия: экономика, техника, экология. -2000.-№8.-с.23-34
2. M. Hamakawa. Solar photovoltaics - recent progress and its new role.//Optoelectronics-Dev.and.Tech.-1990.- v.5.- № 2.- pp.113-125.
3. Бариков М.Я. Фотоэлектрические и радиационные характеристики кремниевых солнечных элементов при повышенных освещенностях и температурах. Физика и техника полупроводников. 1997. т. 31 №5 С. 520 - 522.
4. В.И.Гаман. Физика полупроводниковых приборов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989.-с.336.
5. В.С. Вавилов. Действие излучений на полупроводники. М.:Гос.изд. физ.-мат.литературы, 1963 г.-С.9 - 54.
6. С.Зи. Физика полупроводниковых приборов. М.:Мир, 1984.-т.2.- С. 399 -405.
7. В. Lukutin O. Surzhikova E. Shandarova. Renewable energy in a decentralized supply: monograph. - Moscow: Energoatomizdat 2008. – p 231.
8. A. V. Yurchenko. A.V.Kozloff. The long-term prediction of silicon solar batteries functioning for any geographical conditions// Proceedings of 22 European PV Solar Energy Conference and Exhibition Dresden 3-7 September 2007 pp.3019-3022
9. Охорзина А.В., Саврасов Ф.В., Юрченко А.В. Анализ эффективности кругового фотоэлектрического устройства в натуральных условиях. Ползуновский вестник. 2012. С. 130 - 133.
10. N. Kannan, D. Vakeesan, Solar energy for future world: – a review, Renew. Sustain. Energy Rev. 62 (2016) 1092–1105, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.022>.

11. V.V. Tyagi, N.A.A. Rahim, N.A. Rahim, J.A.L. Selvaraj, Progress in solar PV technology: research and achievement, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 20 (2013) 443–461, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.028>.
12. G. Blaesser, PV system measurements and monitoring the European experience, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 47 (1997) 167–176, [http://dx.doi.org/10.1016/S0927-0248\(97\)80008-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0927-0248(97)80008-6).
13. M. Richter, K. De Brabandere, J. Kalisch, T. Schmidt, E. Lorenz, *Best Practice Guide on Uncertainty in PV Modelling*, 2015.
14. S. Ferdoush, X. Li, Wireless sensor network system design using Raspberry Pi and Arduino for environmental monitoring applications, *Procedia Comput. Sci.* 34 (2014) 103–110, <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2014.07.059>.
15. Siva Ramakrishna Madeti n, S.N. Singh. Monitoring system for photovoltaic plants: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67 (2017) 1180–1207.
16. Canale M, Fagiano I, Milanese M. KiteGen. A revolution in wind energy generation. *Energy* 2009;34:355–61.
17. Moghe R, YangY, LambertF, DivanD. Design of a low cost self-powered “Stick-on” current and temperature wireless sensor for utility assets. In: 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition; pp. 4453–60; 2010.
18. Alonso Garcia MC, Balenzategui JL. Estimation of photovoltaic module yearly temperature and performance based on nominal operation cell temperature calculations. *Renew Energy* 2004;29(12):1997–2010.
19. Wijeweera G, Shafai C, Rajapakse A. Measuring power system voltage remotely using micromachined electric field sensor. In *Proc: IEEE Microsystems and Nanoelectronics Research Conference, MNRC, 2008*; 209-12.

20. Rosiek S, Batlles FJ. A microcontroller-based data-acquisition system for meteorological station monitoring. *Energy Convers Manag* 2008;49 (12):3746–54.
21. Ayompe LM, et al. Measured performance of a 1.72 kW rooftop grid connected photovoltaic system in Ireland. *Energy Convers Manag* 2011;52 (2):816–25.
22. Tejwani R, Kumar G, Solanki C. Remote monitoring for solar photovoltaic systems in rural application using GSM voice channel. *Energy Proc* 2014;57:1526–35.
23. Han J, Lee I, Kim SH. User-friendly monitoring system for residential PV system based on low-cost power line communication. *IEEE Trans Consum Electron* 2015;61(2):175–80.
24. Madeti SR, Singh SN. Monitoring system for photovoltaic plants: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2017;67:1180–207.
25. Gerald Coley. *BeagleBone Black System Reference Manual*. 2014
26. Donald Norris. *The Internet of Things: Do-It-Yourself at Home Projects for Arduino*,
27. *Raspberry Pi and BeagleBone Black*. ISBN-13: 9780071835206. 2015
28. He, Nannan; Huang, Han-Way; and Woltman, Brian David, "The Use of BeagleBone Black Board in Engineering Design and Development" (2014). 2014 ASEE North Midwest Section Conference. 4. DOI: 10.17077/aseenmw2014.1007
29. S. Cleva A. I. Bogani L. Pivetta "A low-cost high-performance embedded platform for accelerator controls" *proc. PCaPAC2012*.
30. M. Richardson "Getting Started with BeagleBone: Linux-powered Electronic Projects with Python and JavaScript" *Maker Media Inc*.
31. H. Yau "Learning BeagleBone" in *Packt Publishing Ltd*.
32. P. S. Shenil, R. Arjun, Bobby George, "Feasibility study of a non-contact AC voltage measurement system", *Instrumentation and Measurement*

- Technology Conference (I2MTC) 2015 IEEE International, pp. 399-404, 2015.
33. R. Tonkoski, D. Turcotte, and T. H. M. El-Fouly, "Impact of high pv penetration on voltage profiles in residential neighborhoods," *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 3, no. 3, pp. 518-527, Jul. 2012.
 34. M. E. Baran and A. W. Kelley, "State estimation for real-time monitoring of distribution systems," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 9, no. 3, pp. 1601-1609, Aug. 1994.
 35. Mohsen Ferdowsi, Andrea Benigni, Artur Löwen, Behzad Zargar, Antonello Monti, Ferdinanda Ponci, "A Scalable Data-Driven Monitoring Approach for Distribution Systems", *Instrumentation and Measurement IEEE Transactions on*, vol. 64, no. 5, pp. 1292-1305, 2015.
 36. M. Ferdowsi, A. Lowen, P. McKeever, A. Monti, F. Ponci, and A. Benigni, "New monitoring approach for distribution systems," in *Proc. IEEE I2 MTC*, Montevideo, May 12-15, 2014, pp. 1506-1511.
 37. A. Cataliotti, P. Russotto, D. Di Cara, E. Telaretti, and G. Tine, "New measurement procedure for load flow evaluation in medium voltage smart grids," in *Proc. IEEE I2 MTC*, Minneapolis, May 6-9, 2013, pp. 517-522.
 38. Юрченко А.В., Козлов А.В., Охорзина А.В., Китаева М.В., Пургин А.П. Система контроля работы фотоэлектрического модуля. *Ползуновский вестник*. 2014. С. 79 - 83.
 39. Yurchenko A., Ohorzina A., Savrasov V., Yurchenko V. The cost of consumer's alternative energy: siberian regional aspects. *Proceedings - 2012 7th international forum on strategic technology, IFOST 2012*
 40. A.V. Yurchenko F.V. Savrasov V.I. Yurchenko. The real cost of energy - from resources to consumers. // *Izvestiya of Tomsk Polytechnical University* 2009. - Vol. 314 No 3. - p. 43-46
 41. N.I. Stepanenko V.E. Gubin The prospects of alternative and renewable energy sources application in regions of Siberia. *Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference of Students and Young*

- Scientists «Modern Technique and Technology" Tomsk 7-11 April 2003
Vol.1 p.47-48.
42. V.F. Savrasov A.V. Yurchenko V.I. Yurchenko. Information and analytical aspects of solar energy application. Materials of the First Scientific Conference «Information and measuring equipment and technology» - Tomsk February 25-26 2010 - P.63-69.
 43. Scientific Reference book of Climate in USSR. Part 3. Issue 13. Part 1. Solar radiation and solar radiance L.: Gidroitnoizdat 1990
 44. A.V. Yurchenko. The results of long-term environmental tests of silicon PV modules in Siberia. The 21st European Conference on Solar Energy Dresden 2006 Program. p. 93
 45. A.Yurchenko, A. Kozlov , A. Volgin, M. Kitaeva. The Analysis of Solar Power Complexes Functioning in Siberia and Far East //25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition: Proceedings - Spain, Valencia, 6-10 September 2010. - Spain, Valencia, 2010. - с. 4622-4624 (27401528).
 46. Лукутин Б.В., Сурков М.А. Нетрадиционные способы производства электроэнергии. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 193с.
 47. Лукутин Б.В., Сурков М.А. Нетрадиционные способы производства электроэнергии. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 193с.
 48. Лукутин Б.В. и др. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. Монография. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.
 49. Rehman S, El-Amin I. Study of a solar pv/wind/diesel hybrid power system for a remotely located population near Arar, Saudi Arabia. Energy Explor Exploit 2015;33.