

**В. Д. Бердонос**<sup>1</sup>, **В. А. Шамак**<sup>1</sup>, **И. О. Недиков**<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> *Комсомольский-на-Амуре государственный университет, г. Комсомольск-на-Амуре, Российская Федерация*

## **МЕТОДИКА РАСЧЁТА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА АККУМУЛЯТОРОВ В АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**Аннотация.** В данной статье представлена методика оптимизации необходимого количества оборудования, для снижения её стоимости. Методика включает в себя три этапа предварительные расчёты, оценка требуемого количества аккумуляторов, оптимизация количества аккумуляторов. Сначала определяется требуемое, в соответствие с потреблением, количество солнечных генераторов и/или ветрогенераторов и соответственно их суммарная стоимость, затем используя помесячный энергетический баланс, определяется необходимое количество аккумуляторов и их стоимость при раздельном или совместном использовании солнечных и ветрогенераторов. Минимизация общей стоимости оборудования производится путём вариации количества отдельных компонентов оборудования.

**Ключевые слова:** ветрогенераторы, солнечные генераторы, методика, аккумуляторы, оптимизация стоимости, накопители.

**V. D. Berdonosov**<sup>1</sup>, **V. A. Shamak**<sup>1</sup>, **I. O. Nedikov**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Komsomolsk-on-Amur State University, Komsomolsk-on-Amur, Russian Federation*

## **CALCULATION PROCEDURE FOR PERFORMANCE OPTIMIZATION OF THE NECESSARY NUMBER OF BATTERIES IN AN AUTONOMOUS HYBRID POWER SYSTEM**

**Abstract.** This article presents a technique for optimizing the required amount of equipment to reduce its cost. The technique includes three stages of preliminary calculations, assessment of the required number of batteries, and optimization of the number of batteries. First, the required number of solar generators and / or wind generators is determined in accordance with consumption and, accordingly, their total cost, then, using the monthly energy balance, the required number of batteries and their cost are determined when solar and wind generators are used separately or together. The total cost of equipment is minimized by varying the number of individual equipment components.

**Keywords:** wind generators, solar generators, technique, batteries, cost optimization, storage.

**Введение.** Коллектив авторов [1,2,3,4] рассматривают получение электроэнергии с помощью ветрогенераторов и солнечных панелей, в зависимости от погодных условий. Сами по себе обе системы ненадёжны без использования достаточного объёма устройств хранения, таких как аккумуляторы. Когда две системы используют устройства хранения, их надёжность возрастает, но даже в таком случае требуется достаточный объём аккумулятор для обеспечения электроэнергии в течении продолжительных облачных и/или не ветровых дней. Также авторы рассматривают физическое моделирование систем возобновляемой энергии, несколько методологий и критериев для оптимизации автономных гибридных энергетических систем.

Авторы [5] проводили исследования, с целью повышения эффективности гибридных систем, используя разнообразные методы оптимизации, которые помогают достичь минимальной ожидаемой общей стоимости, удовлетворяя спрос на электроэнергию и надёжность. В [6,7] рассматривают модели оптимальной конструкции для проектирование гибридных систем, включая батареи, для обеспечения оптимальной конфигурации системы. В [8] обсуждаются гибридные системы накопления энергии, а также химические свойства в различных средах, считая скорость линейного изменения одним из определяющих факторов, которые необходимо учитывать при расчете стоимости. Также, автор выдвигает основное правило для распределения буферизованной мощности, при этом минимальная энергоёмкость батареи и суперконденсатора одновременно определяется путем интеграции. Представлен веро-

ятностный метод для анализа того, как мощность и энергия компенсируются при определенном уровне достоверности, устанавливаются два определения коэффициентов, отдельно описывающих состояние накопления энергии и уровень ограничения.

В данных работах [9,10,11] предлагается оптимизированная гибридная система генерации энергии солнца-ветра с оптимизацией в направлении максимизации мощности, генерируемой системой с помощью нейронной архитектуры, алгоритма пчелиных семей и генетического алгоритма.

В работах [12,13,14] построена гибридная система выработки электроэнергии на основе солнце-ветер-батарея, которая была испытана при четырёх погодных условий. Результат показал, что три сценария: сильного ветра/сильного солнца, сильный ветер/слабое солнце и слабый ветер/сильное солнце могли бы удовлетворить требования нагрузки и иметь некоторую мощность, оставшуюся для зарядки батарей.

В Хабаровском крае около 100 поселений, которые не подключены к сетевым источникам электрической энергии. В данные поселения поставляют необходимые энергоносители, но возникает проблема их доставки. Стоимость доставки зависит от плотности распределения посёлков и их удалённости от транспортной инфраструктуры [15]. Поэтому переход на возобновляемые источники энергии позволять снизить стоимость не только доставки энергоносителей, но и стоимости электроэнергии. Структура автономной гибридной энергетической системы (АГЭС) состоит из следующих элементов: ветрогенераторов, солнечных панелей и накопителей. При выполнении оптимизации стоимости необходимого оборудования для обеспечения поселений требуемым количеством электроэнергии, самым дорогим, по стоимости выходят накопители [16]. В качестве накопителя выступают аккумуляторы. В данной статье представлена методика расчёта оптимизации количества аккумуляторов.

**Методика расчёта.** Методика расчётов для выполнения оптимизации количества аккумуляторов состоит из трёх этапов.

Первый этап – предварительные расчёты. На данном этапе рассчитываются годовые и двухгодовые, годовые, помесечные, подневные и почасовые энергии на выходах солнечных генераторов и ветрогенераторов; а также годовые и двухгодовые, годовые, помесечные, подневные и почасовое потребление энергии. Данный этап включается в себя следующее:

Шаг 1.1 Рассчитать годовую, годовую помесечную, годовую подневную и годовую почасовую энергию на выходах  $N_{sun}$  солнечных генераторов; сформировать двухгодовые, подневные и почасовые энергии на выходах солнечных генераторов

Для расчёта годовой энергии на выходах солнечных генераторов используется следующая формула (1).

$$\begin{aligned} Sun\_Out_{Year}^{Year}(vill, N_{sun}, Mod_{sun}) = & Sun\_In^{day}(vill) \cdot N\_day^{Year} \cdot S(Mod_{sun}) \cdot \\ & Mod\_effect(Mod_{sun}) \cdot N(Mod_{sun}), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $Sun\_Out_{Year}^{Year}$  – годовая энергия на выходах солнечных генераторов, (кВт·ч);

$vill$  – наименование поселения;

$S(Mod_{sun})$  – суммарная площадь элементов модуля, ( $m^2$ );

$Sun\_In^{day}$  – общая усреднённая дневная удельная солнечная радиация, (кВт·ч/ $m^2$ ·день);

$N\_day^{Year}$  – число дней в году;

$Mod\_effect(Mod_{sun})$  – эффективность солнечного генератора (модуля), (%);

$N(Mod_{sun})$  – количество солнечных генераторов (модулей), (шт).

Затем рассчитать годовую помесечную энергию на выходах солнечных генераторов, для этого необходимо:

1) используя программу RETScreen Expert [17] получить солнечную энергию;

- 2) просуммировать для каждого месяца данные, относящиеся к плотности облачности из дневника погоды;
- 3) перемножить помесечно полученные данные;
- 4) домножить результат на произведение:
  - 4.1 количества солнечных генераторов (модулей);
  - 4.2 суммарной площади элементов модуля;
  - 4.3 эффективности солнечного генератора (модуля).
- 5) пронормировать результирующие данные к значению годовой энергии на выходе солнечных генераторов.

Шаг 1.2. Рассчитать годовую, годовую помесечную, годовую подневную и годовую почасовую энергию на выходах  $N_{wind}$  ветрогенераторов, формула (2).

$$Wind\_Out_{Year}^{Year}(vill, N_{wind}, Mod_{wind}) = Wind\_In(vill) \cdot N(Mod_{wind}) \cdot S(Mod_{wind});$$

$$Mod\_effect(Mod_{wind}) \cdot \frac{N\_hour^{Day} \cdot N\_day^{Year}}{1000}, \quad (2)$$

где  $Wind\_Out_{Year}^{Year}$  – годовая энергия на выходах солнечных генераторов, (кВт·ч);

$Wind\_In(vill)$  – среднегодовая плотность мощности ветрового потока на высоте 30 метров, (Вт/м<sup>2</sup>);

$vill$  – наименование поселения;

$S(Mod_{wind})$  – площадь охвата потока ветрогенератора, (м<sup>2</sup>);

$N\_day^{Year}$  – число дней в году;

$N\_hour^{Day}$  – число часов в день;

$Mod\_effect(Mod_{wind})$  – эффективность ветрогенератора, (%);

$N(Mod_{wind})$  – количество ветрогенераторов, (шт).

Потом рассчитать годовую помесечную энергию на выходах ветрогенераторов, беря во внимание, что динамика мощности ветрового потока совпадает с динамикой скорости ветра:

- 1) просуммировать для каждого месяца данные, относящиеся к скорости ветра, из дневника погоды;
- 2) домножить результат на произведение:
  - 2.1 количества ветрогенераторов;
  - 2.2 площади охвата потока ветрогенератором;
  - 2.3 эффективности ветрогенераторов;
- 3) пронормировать результирующие данные к значению годовой энергии на выходах ветрогенераторов.

Шаг 1.3. Рассчитать годовое, годовое помесечное, годовое подневное и годовое почасовое потребление энергии пользователями; сформировать двухгодовые, подневное и почасовое потребление энергии пользователями.

Годовое потребление энергии пользователями берётся из соответствующей таблицы по посёлкам базы данных, а годовое помесечное потребление берётся из соответствующего файла, прикрепленного к базе данных по посёлкам.

Шаг 1.4. На основе энергетического баланса рассчитать необходимое количество ветрогенераторов и/или солнечных генераторов, дополнив расчёты суммарной стоимостью оборудования.

Варьируя количество солнечных генераторов  $N(Mod_{sun})$  и ветрогенераторов  $N(Mod_{wind})$  добиться их количества, при котором суммарная энергия на их выходе больше годовой величины энергии, необходимой потребителям. Для каждой пары  $N(Mod_{sun})$ ,  $N(Mod_{wind})$  рассчитать суммарную стоимость генераторов.

Второй этап – оценка требуемого количества аккумуляторов. На этом этапе на основе данных предварительных расчётов, оценивается необходимое количество аккумуляторов для обеспечения бесперебойной подачи требуемого количества энергии на основе двухгодичных помесечных, подневных и почасовых балансов энергии на выходах солнечных генераторов, ветрогенераторов и аккумуляторов и соответствующих потреблений энергии пользователями. При вариации соотношения количества солнечных и ветро-генераторов; вариации избыточного количества солнечных и ветро-генераторов для сокращения количества аккумуляторов. Данный этап разбит на четыре шага.

Шаг 2.1. Рассчитать, на основе зарядно-разрядного баланса, необходимое количество аккумуляторов при использовании помесечных данных, при вариации:

1. соотношения количества солнечных и ветрогенераторов;
2. избыточного количества солнечных и ветрогенераторов для сокращения количества аккумуляторов.

Шаг 2.2. Рассчитать, на основе зарядно-разрядного баланса, необходимое количество аккумуляторов при использовании подневных данных, при вариации:

1. соотношения количества солнечных и ветрогенераторов;
2. избыточного количества солнечных и ветрогенераторов для сокращения количества аккумуляторов.

Шаг 2.3. Рассчитать, на основе зарядно-разрядного баланса, необходимое количество аккумуляторов при использовании почасовых данных, при вариации:

1. соотношения количества солнечных и ветрогенераторов;
2. избыточного количества солнечных и ветрогенераторов для сокращения количества аккумуляторов.

Шаг 2.4. Провести сравнительный анализ данных, полученных на шагах 2.1, 2.2, 2.3, с целью выявления количества солнечных и ветрогенераторов, при котором количество аккумуляторов минимально.

Третий этап – оптимизация количества аккумуляторов.

На этом этапе, на основе данных предыдущих расчётов, реализуется алгоритм оптимизации по критерию минимума стоимости необходимого количества аккумуляторов, солнечных и ветрогенераторов при бесперебойной подачи необходимой энергии потребителям.

**Результаты.** Рассмотрим применение методике на примере п. Верхнетамбовское, в качестве солнечных генераторов используется SilaSolar SIM30-12 (5BB), в качестве ветрогенераторов АЛЬЭН-10 кВт, в качестве аккумуляторов SunStone Power MLG 200Ah 12V. Стоимость солнечных генераторов составляет 2.115 тыс.руб. за одну штуку. Ветрогенераторо стоит 665 тыс.рублей. Стоимость накопителей составляет 28.600 тыс.руб.

Выполнив этапы расчётов методике, получили динамику энергетического баланса при использовании только солнечных генераторов (рис. 1) и динамику энергетического баланса при использовании только ветрогенераторов (рис. 2).

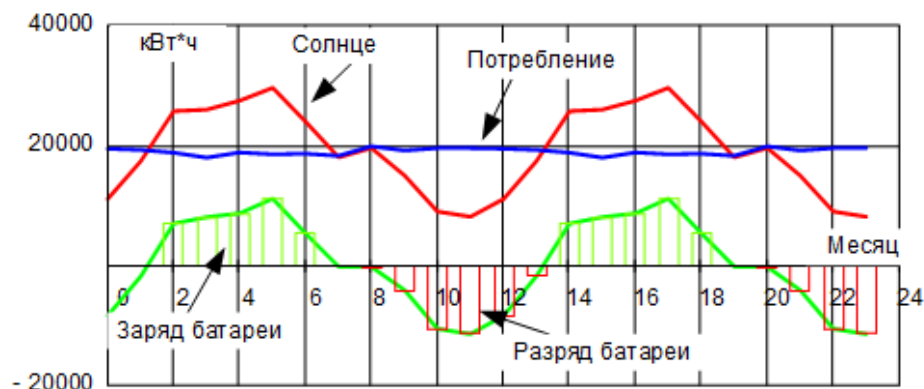


Рис. 1. Динамика двухгодичного помесечного энергетического баланса при использовании солнечных генераторов

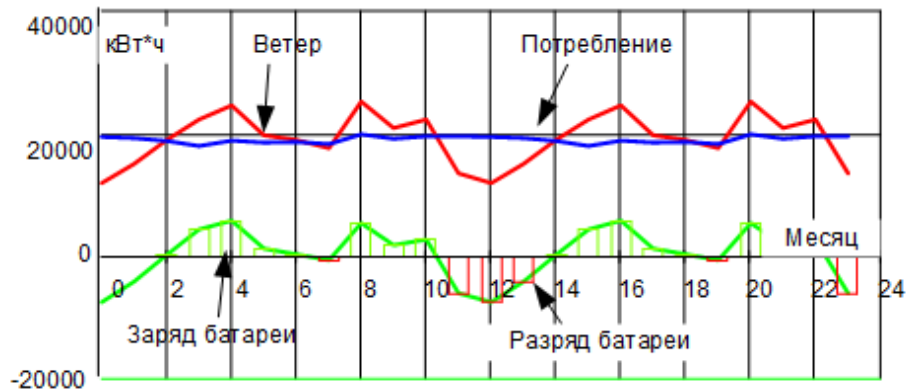


Рис. 2. Динамика двухгодичного помесячного энергетического баланса при использовании ветрогенераторов

Динамики энергетических балансов позволяют выявить динамику состояния аккумуляторов, а по максимуму заряда, их необходимое количество.

Для обеспечения необходимой энергии потребителями требуется солнечных генераторов в количестве 920 шт., а ветрогенераторов в количестве 80 шт.

На рис. 3 показана динамика заряда аккумулятора при использовании солнечных генераторов, а на рис. 4 динамика заряда аккумулятора при использовании ветрогенераторов.



Рис. 3. Динамика помесячного заряда аккумуляторов при использовании солнечных генераторов

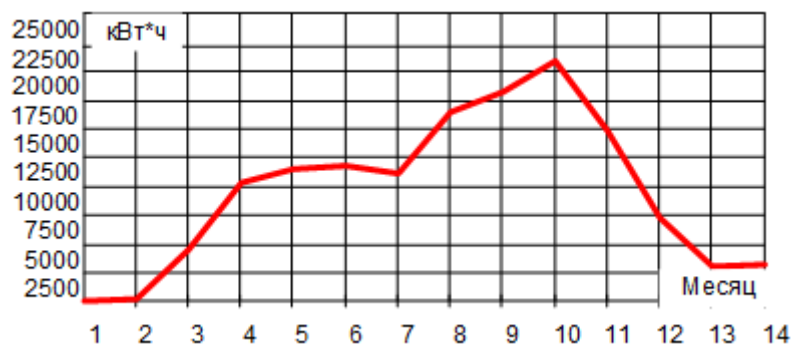


Рис. 4. Динамика помесячного заряда аккумуляторов при использовании ветрогенераторов

При использовании солнечных генераторов требуется 17 тыс. аккумуляторов, общей стоимостью 477 тыс.руб. При использовании ветрогенераторов требуется 9 тыс. аккумуляторов, общей стоимостью 249 тыс.руб.

Результаты позволяют определиться со стратегией понижения общей стоимости оборудования: снижение необходимого количества аккумуляторов увеличением солнечных и ветро-генераторов, с оптимальным процентным их соотношением.

**Заключение.** Методика позволяет снизить количество аккумуляторов, а, следовательно, стоимость на их приобретение.

При одинаковой выходной энергии стоимость солнечных генераторов примерно в два раза меньше, чем стоимость ветрогенераторов.

Определяющим направлением снижения стоимости оборудования является повышение выходной энергии ветрогенераторов и/или солнечных генераторов, которая необходима потребителям для сокращения ёмкости аккумуляторов и снижение их количества.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Binayak Bhandari, Kyung-Tae Lee, Gil-Yong Lee, Young-Man Cho, Sung-Hoon Ahn. Optimization of hybrid renewable energy power systems: A review // *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*. 2014. – Vol. 2, No. 1. – Pp. 99-112.
2. Bao Chau Phan, Ying-Chih Lai. Control Strategy of a Hybrid Renewable Energy System Based on Reinforcement Learning Approach for an Isolated Microgrid // *Journal Applied Sciences*. 2019. – Vol. 9. – Pp. 1-24.
3. Ali Saleh Aziz, Mohammad Faridun Naim Tajuddin, Mohd Rafi Adzman, Makbul A. M. Ramli, Saad Mekhilef. Energy Management and Optimization of a PV/Diesel/Battery Hybrid Energy System Using a Combined Dispatch Strategy // *Journal Sustainability*. 2019. – Vol. 11(3). – Pp. 1-26.
4. Sasan Moghaddam, Mehdi Bigdeli, Majid Moradlou, Pierluigi Siano. Designing of stand-alone hybrid PV/wind/battery system using improved crow search algorithm considering reliability index // *International Journal of Energy and Environmental Engineering*. 2019. – Vol. 10. – Pp. 429-449.
5. Maurizio Faccio, Mauro Gamberi, Marco Bortolini, Mojtaba Nedaei. State-of-art review of the optimization methods to design the configuration of hybrid renewable energy systems (HRESs) // *Journal Frontiers in Energy*. 2018. – Vol. 12. – Pp. 1-32.
6. Yu Fu, Jianhua Yang, Tingting Zuo. Optimal Sizing Design for Hybrid Renewable Energy Systems in Rural Areas // in Book *Computer and Computing Technologies in Agriculture, 4th IFIP TC 12 Conference*. – Nanchang, China, 2010. – Part II. – Pp. 131-138.
7. Lucero Gaslac, Sebastian Willis, Grimaldo Quispe, Carlos Raymundo. A hybrid energy system based on renewable energy for the electrification of low-income rural communities // in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018 the 4th International Conference on Renewable Energy Technologies (ICRET 2018)*. – Kuala Lumpur, Malaysia, 2018. – Pp.1-13.
8. Lin Feng, Jingning Zhang, Guojie Li, Bangling Zhang. Cost reduction of a hybrid energy storage system considering correlation between wind and PV power // *Journal Protection and Control of Modern Power Systems*. 2016. – Vol. 1. – Pp. 1-9.
9. R. Muthukumar, P. Balamurugan. A novel power optimized hybrid renewable energy system using neural computing and bee algorithm // *Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communications*. 2019. – Vol. 60. – Pp. 332-339.
10. Omar Hazem Mohammed, Yassine Amira, Mohamed Benbouzid. Economical Evaluation and Optimal Energy Management of a Stand-Alone Hybrid Energy System Handling in Genetic Algorithm Strategies // *Journal Electronics*. 2018. – Vol. 7. – Pp.1-15.
11. Olubayo M. Babatunde, Josiah L. Munda, Yskandar Hamam. Selection of a Hybrid Renewable Energy Systems for a Low-Income Household // *Journal Sustainability*. 2019. – Vol. 11(16). – Pp. 1-24.
12. Debao Zhang, Junwei Liu, Shifei Jiao, Hao Tian, Chengzhi Lou, Zhihua Zhou, Ji Zhang, Chendong Wang, Jian Zuo. Research on the configuration and operation effect of the hybrid solar-wind-battery power generation system based on NSGA-II // *Journal Energy*. 2019. – Vol. 189. – Pp. 116-121.

13. Roshani Kaluthanthrige, Athula D. Rajapakse, Craig Lamothe, Farid Mosallat. Optimal Sizing and Performance Evaluation of a Hybrid Renewable Energy System for an Off-Grid Power System in Northern Canada // *Journal Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*. 2019. – Vol. 4. – Pp. 1-16.
14. Muhammad Shahzad Javed, Tao Ma. Techno-economic assessment of a hybrid solar-wind-battery system with genetic algorithm // *Journal Energy Procedia*. 2019. – Vol. 158. – Pp. 6384-6392.
15. Анализ нынешнего положения изолированных систем энергоснабжения с высокими затратами на энергию [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.cenef.ru/file/Discussion\\_paper1.pdf](http://www.cenef.ru/file/Discussion_paper1.pdf), свободный (дата обращения: 18/05/2020).
16. Berdonosov V.D., Shamak V.A., Zivotova A.A., Zheltov M.V. Hybrid Power Systems Optimization for Regions of the Far North // in 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – Vladivostok, Russia, 2019. – Pp.1-6.
17. ВикиПрограммы // RETScreen [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://wikiprograms.org/retscreen/>, свободный (дата обращения 10.10.2020).

### REFERENCES

1. Binayak Bhandari, Kyung-Tae Lee, Gil-Yong Lee, Young-Man Cho, Sung-Hoon Ahn. Optimization of hybrid renewable energy power systems: A review // *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*. 2014. – Vol. 2, No. 1. – Pp. 99-112.
2. Bao Chau Phan, Ying-Chih Lai. Control Strategy of a Hybrid Renewable Energy System Based on Reinforcement Learning Approach for an Isolated Microgrid // *Journal Applied Sciences*. 2019. – Vol. 9. – Pp. 1-24.
3. Ali Saleh Aziz, Mohammad Faridun Naim Tajuddin, Mohd Rafi Adzman, Makbul A. M. Ramli, Saad Mekhilef. Energy Management and Optimization of a PV/Diesel/Battery Hybrid Energy System Using a Combined Dispatch Strategy // *Journal Sustainability*. 2019. – Vol. 11(3). – Pp. 1-26.
4. Sasan Moghaddam, Mehdi Bigdeli, Majid Moradlou, Pierluigi Siano. Designing of stand-alone hybrid PV/wind/battery system using improved crow search algorithm considering reliability index // *International Journal of Energy and Environmental Engineering*. 2019. – Vol. 10. – Pp. 429-449.
5. Maurizio Faccio, Mauro Gamberi, Marco Bortolini, Mojtaba Nedaei. State-of-art review of the optimization methods to design the configuration of hybrid renewable energy systems (HRESs) // *Journal Frontiers in Energy*. 2018. – Vol. 12. – Pp. 1-32.
6. Yu Fu, Jianhua Yang, Tingting Zuo. Optimal Sizing Design for Hybrid Renewable Energy Systems in Rural Areas // in Book *Computer and Computing Technologies in Agriculture*, 4th IFIP TC 12 Conference. – Nanchang, China, 2010. – Part II. – Pp. 131-138.
7. Lucero Gaslac, Sebastian Willis, Grimaldo Quispe, Carlos Raymundo. A hybrid energy system based on renewable energy for the electrification of low-income rural communities // in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018 the 4th International Conference on Renewable Energy Technologies (ICRET 2018). – Kuala Lumpur, Malaysia, 2018. – Pp.1-13.
8. Lin Feng, Jingning Zhang, Guojie Li, Bangling Zhang. Cost reduction of a hybrid energy storage system considering correlation between wind and PV power // *Journal Protection and Control of Modern Power Systems*. 2016. – Vol. 1. – Pp. 1-9.
9. R. Muthukumar, P. Balamurugan. A novel power optimized hybrid renewable energy system using neural computing and bee algorithm // *Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communications*. 2019. – Vol. 60. – Pp. 332-339.
10. Omar Hazem Mohammed, Yassine Amira, Mohamed Benbouzid. Economical Evaluation and Optimal Energy Management of a Stand-Alone Hybrid Energy System Handling in Genetic Algorithm Strategies // *Journal Electronics*. 2018. – Vol. 7. – Pp.1-15.
11. Olubayo M. Babatunde, Josiah L. Munda, Yskandar Hamam. Selection of a Hybrid Renewable Energy Systems for a Low-Income Household // *Journal Sustainability*. 2019. – Vol. 11(16). – Pp. 1-24.

12. Debao Zhang, Junwei Liu, Shifei Jiao, Hao Tian, Chengzhi Lou, Zhihua Zhou, Ji Zhang, Chendong Wang, Jian Zuo. Research on the configuration and operation effect of the hybrid solar-wind-battery power generation system based on NSGA-II // *Journal Energy*. 2019. – Vol. 189. – Pp. 116-121.

13. Roshani Kaluthanthrige, Athula D. Rajapakse, Craig Lamothe, Farid Mosallat. Optimal Sizing and Performance Evaluation of a Hybrid Renewable Energy System for an Off-Grid Power System in Northern Canada // *Journal Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*. 2019. – Vol. 4. – Pp. 1-16.

14. Muhammad Shahzad Javed, Tao Ma. Techno-economic assessment of a hybrid solar-wind-battery system with genetic algorithm // *Journal Energy Procedia*. 2019. – Vol. 158. – Pp. 6384-6392.

15. *Analiz nyneshnego polozheniya sistem energosnabzheniya s vysokimi zatratami na energiyu* [Analysis of the current state of isolated power supply systems with high energy costs]. [Electronic resource] – Available at: [http://www.cenef.ru/file/Discussion\\_paper1.pdf](http://www.cenef.ru/file/Discussion_paper1.pdf), free access (Access date: May 18, 2020) (In Russ.).

16. Berdonosov V.D., Shamak V.A., Zivotova A.A., Zheltov M.V. Hybrid Power Systems Optimization for Regions of the Far North // in 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – Vladivostok, Russia, 2019. – Pp.1-6.

17. WikiPrograms // RETScreen. [Electronic resource] – Available at: <https://wikiprograms.org/retscreen/>, free access (Access date: October 10, 2020) (in Russ.).

#### Информация об авторах

*Виктор Дмитриевич Бердонос* – к. т. н., доцент, доцент кафедры «Прикладная математика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет, г. Комсомольск-на-Амуре, e-mail: [berd46@mail.ru](mailto:berd46@mail.ru).

*Виктория Александровна Шамак* – аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет, г. Комсомольск-на-Амуре, e-mail: [shamak.va@mail.ru](mailto:shamak.va@mail.ru).

*Илья Олегович Недиков* – студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет, г. Комсомольск-на-Амуре, e-mail: [ilyandkv@gmail.com](mailto:ilyandkv@gmail.com).

#### Authors

*Viktor Dmitrievich Berdonosov* – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Subdepartment of Applied Mathematics, Komsomolsk-on-Amur State University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: [berd46@mail.ru](mailto:berd46@mail.ru).

*Victoria Alexandrovna Shamak* – postgraduate student, Komsomolsk-on-Amur State University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: [shamak.va@mail.ru](mailto:shamak.va@mail.ru).

*Ilya Olegovich Nedikov* – student, Komsomolsk-on-Amur State University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: [ilyandkv@gmail.com](mailto:ilyandkv@gmail.com).

#### Для цитирования

Бердонос В.Д., Шамак В.А., Недиков И.О. Методика расчёта для выполнения оптимизации необходимого количества аккумуляторов в автономной гибридной энергетической системы // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами: электрон. науч. журн. – 2020. – №3(8). – С. 80-88 – DOI: 10.26731/2658-3704.2020.3(8).80-88 – Режим доступа: <http://ismm-irgups.ru/toma/38-2020>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 01.11.2020).

#### For citations

Berdonosov V.D., Shamak V.A., Nedikov I.O. Calculation procedure for performance optimization of the necessary number of batteries in an autonomous hybrid power system // *Informacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Information technology and mathematical modeling in the management



