

Научная статья / Research Article

УДК 620.91(571.51)

DOI: 10.36718/2500-1825-2024-2-29-40

Наталья Борисовна Михеева<sup>1✉</sup>, Андрей Владимирович Бастрон<sup>2</sup>,  
Иван Игоревич Засимов<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>1</sup> balabono8@mail.ru

<sup>2</sup> abastron@yandex.ru

<sup>3</sup> za.vano@mail.ru

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО СОЦИАЛЬНОГО ТАРИФА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Вопрос бесперебойного электроснабжения удаленных населенных пунктов актуален во многих странах мира, но особенно в России. Современные автономные гибридные энергоустановки (АГЭУ), а именно солнечные электростанции (СЭС), ветроэнергетические установки (ВЭУ) и другие энергоустановки, использующие возобновляемые источники энергии (ВИЭ), объединенные с дизельными электрическими станциями (ДЭС), обеспечивают не только увеличение количества вырабатываемой электроэнергии, но, что особенно важно, обеспечивают бесперебойное электроснабжение потребителей за счет комбинации ВИЭ и покрытия недостающей энергии ДЭС. В условиях северных районов Красноярского края это особенно актуально. АГЭУ позволяют снизить себестоимость электрической энергии за счет экономии потребляемого топлива и средств бюджетного субсидирования его поставки в отдаленные районы края. Целью исследования являлось обоснование областей применения автономных гибридных энергетических установок для районов Крайнего Севера с возможностью установления дифференцированного социального тарифа для бытовых потребителей. Для достижения цели были построены графики покрытия нагрузки с Ванавара; исследованы параметры АГЭУ для условий с Ванавара; проведено моделирование режимов работы АГЭУ; выполнен расчет основных технико-экономических показателей использования АГЭУ для электроснабжения с Ванавара; даны рекомендации об оптимальных областях применения АГЭУ с возможностью применения специальных тарифов на произведенную ими электроэнергию. Авторами статьи выполнена технико-экономическая оценка АГЭУ в с. Ванавара мощностью 10 МВт, включающей СЭС мощностью 2,5 МВт. Установлено, что себестоимость электрической энергии в первом варианте при электроснабжении от ДЭС составляет 36,75 руб/кВт·ч. Во втором варианте себестоимость зависит от времени года и составляет зимой 32,7 руб/кВт·ч, весной – 11,6, летом – 6,05, а осенью 12,2 руб/кВт·ч, что позволяет установить дифференциальный социальный тариф для бытовых потребителей на основе более низкой себестоимости в летнее время в размере 7–9 руб/кВт·ч.

**Ключевые слова:** график нагрузки, моделирование, солнечное излучение, система электроснабжения, солнечная электростанция, дизельная электростанция, автономная гибридная энергоустановка, себестоимость, энергетическая эффективность, экономическая эффективность

**Для цитирования:** Михеева Н.Б., Бастрон А.В., Засимов И.И. Обоснование применения дифференцированного социального тарифа на электрическую энергию при реализации проекта электроснабжения от автономной гибридной энергетической установки // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2024. № 2. С. 29–40. DOI: 10.36718/2500-1825-2024-2-29-40.

**Natalya Borisovna Mikheeva<sup>1✉</sup>, Andrey Vladimirovich Bastron<sup>2</sup>, Ivan Igo-revich Zasimov<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>1</sup> balabono8@mail.ru

<sup>2</sup> abastron@yandex.ru

<sup>3</sup> za.vano@mail.ru

### **SUBSTANTIATION OF ELECTRICITY DIFFERENTIATED SOCIAL TARIFF APPLICATION IN THE IMPLEMENTATION OF A POWER SUPPLY PROJECT FROM AN AUTONOMOUS HYBRID POWER PLANT**

*The issue of uninterrupted power supply to remote settlements is relevant in many countries of the world, but especially in Russia. Modern autonomous hybrid power plants (AHPP), namely solar power plants (SPP), wind power plants (WPP) and other power plants using renewable energy sources (RES), combined with diesel electric power plants (DES), provide not only an increase in the amount of electricity generated, but, most importantly, they ensure uninterrupted power supply to consumers through a combination of renewable energy sources and covering the missing energy from diesel power plants. In the conditions of the northern areas of the Krasnoyarsk Region, this is especially important. ASPPs make it possible to reduce the cost of electrical energy by saving fuel consumption and budgetary subsidies for its supply to remote areas of the region. The purpose of the study was to substantiate the areas of application of autonomous hybrid power plants for the regions of the Far North with the possibility of establishing a differentiated social tariff for household consumers. To achieve the goal, load coverage graphs were constructed for Vanavara settlement; the parameters of the ASPP were studied for the conditions of Vanavara settlement; simulation of the operating modes of the ASPP was carried out; calculation of the main technical and economic indicators of the use of ASPP for power supply to Vanavara settlement was carried out; recommendations were given on rational areas of application of ASPPs with the possibility of applying special tariffs for the electricity they produce. The authors of the paper carried out a technical and economic assessment of ASUE in the Vanavara settlement with a capacity of 10 MW, including a solar power plant with a capacity of 2,5 MW. It was established that the cost of electrical energy in the first option when powered by diesel power plants is 36,75 rubles/kW·h. In the second option, the cost depends on the time of year and is 32,7 rubles/kW·h in winter, 11.6 in spring, 6.05 in summer, and 12,2 rubles/kW·h in autumn, which makes it possible to establish a differential social tariff for household consumers based on a lower cost in the summer in the amount of 7–9 rubles/kW·h.*

**Keywords:** load graph, modeling, solar radiation, power supply system, solar power plant, diesel power plant, autonomous hybrid power plant, cost, energy efficiency, economic efficiency

**For citation:** Mikheeva N.B., Bastron A.V., Zasimov I.I. Substantiation of electricity differentiated social tariff application in the implementation of a power supply project from an autonomous hybrid power plant // Socio-economic and humanitarian journal. 2024. № 2. S. 29–40. DOI: 10.36718/2500-1825-2024-2-29-40.



**Введение.** Экономические проблемы в мире и проблемы экологии, а также требования четвертого энергетического перехода, вызывают рост новой энергетики, основанной на широкомасштабном использовании возобновляемых энергоресурсов планеты: солнечного излучения, ветра, потоков воды, геотермальной энергии и энергии биомассы [1–8]. Эти тенденции отражены в «Энергетической стратегии России на период до 2035 года» [9]. В качестве стратегических целей использования ВИЭ и местных видов топлива в этом документе определены:

- модернизация и развитие энергетики (комплексная модернизация нефтепереработки, единой энергетической системы, развитие «умных сетей», децентрализованной генерации, комплексная модернизация теплоснабжения и др.);

- повышение энергетической эффективности экономики страны;

- развитие внутренней энергетической инфраструктуры;

- повышение доступности (по цене, наличию и надежности) и качества энергетических товаров и услуг (за счет внедрения технологических стандартов, снижения издержек компаний энергетического сектора, эффективного госрегулирования, модернизации инфраструктуры).

По существующим оценкам, технический ресурс ВИЭ (преобладающую долю в котором имеет потенциал использования энергии солнца и энергии ветра) составляет не менее 4,5 млрд т у.т. в год, что более чем в четыре раза превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов России [2, 3]. Экономический потенциал ВИЭ зависит от существующих экономических условий; стоимости, наличия и качества запасов ископаемых топливно-энергетических ресурсов; региональных особенностей и т.д. Указанный потенциал меняется во времени и должен специально оцениваться в ходе подготовки и реализации конкретных программ и проектов по развитию ВИЭ (с учетом комплексной оценки их конкретного вклада в достижение указанных стратегических целей).

Вопрос бесперебойного электроснабжения удаленных населенных пунктов актуален во многих странах мира, но особенно в России [7, 9]. Современные автономные гибридные энергоустановки (АГЭУ), а именно объединение солнечных электростанций (СЭС) с ветроэнергетическими установками (ВЭУ), в сочетании с дизельными электрическими станциями (ДЭС) обеспечивают не только увеличение количества вырабатываемой электроэнергии, но, что особенно важно, обеспечивают бесперебойное электроснабжение потребителей за счет комбинации ВИЭ и покрытия недостающей энергии ДЭС. В условиях севера России, в том числе северных районов Красноярского края, при отсутствии достаточного солнечного излучения, то есть полярной ночи, это особенно актуально. АГЭУ начинают успешно применяться в качестве автономных источников электроэнергии, позволяя снизить ее себестоимость за счет экономии потребляемого топлива и средств бюджетного субсидирования его поставки в отдаленные уголки России [6, 7]. Используя традиционный способ генерации, в сочетании с ВИЭ АГЭУ положительно влияет на экологию, снижая выбросы в атмосферу продуктов сгорания нефтепродуктов. Гибридная энергетическая система является отличным решением для электрификации отдаленных сельских районов, где расширение энергосистемы, как правило, является технически нереализуемым и неэкономичным.

Анализ показывает, что современное развитие конструкций АГЭУ имеет следующие тенденции [10]:

- повышается надежность электроснабжения за счет установки интеллектуальной системы управления генерацией и потребления электрической энергии, а также производства энергии от разных ВИЭ;

- уменьшается расход дизельного топлива;

- повышаются удельные показатели выходной мощности солнечных модулей (СМ) не только в дневное, но в ночное время, за счет поиска сочетаний новых материалов для их производства, что приводит в конечном счете к увеличению

КПД СМ и снижению удельных массогабаритных показателей (кг/Вт; кг/кВт·ч), кроме того, использование новых материалов увеличивает срок службы СМ;

– увеличивается выработка электрической энергии СЭС за счет совершенствования устройств ориентирования СМ в пространстве, а также за счет использования устройств концентрации солнечной радиации;

– повышается мощность и выработка электрической энергии СЭС путем управления режимами работы оборудования СЭС, например, при учете метеобстановки.

В статье [5] рассмотрен технико-экономический аспект целесообразности использования АГЭУ мощностью 30 кВт в системах электроснабжения сельскохозяйственного производства и быта в условиях Сибири, показывающий, что

себестоимость электроэнергии, произведенной СЭС, в 3,5 раза ниже себестоимости электроэнергии, производимой ДЭС, что позволяет снизить себестоимость электроэнергии, производимой АГЭУ в целом. При этом срок окупаемости СЭС при замене существующей ДЭС на АГЭУ составляет 10–15 лет при общем сроке службы СЭС 25 лет.

В настоящее время в Сибири, в том числе и в Красноярском крае, ведется массовое строительство и внедрение СЭС и АГЭУ мегаваттного класса [5, 6]. В подтверждение вышесказанного можно привести АГЭУ, построенную в Красноярском крае в п. Тура Эвенкийского муниципального района (рис. 1–2) суммарной мощностью 14,1 МВт (мощность СЭС составляет 2,5 МВт; СЭС включает в себя 6 тыс. СМ) [6].



*Рис. 1. АГЭУ в п. Тура [6]*



*Рис. 2. Поселок Тура [6]*

Экономия дизельного топлива на АГЭУ п. Тура за счет использования СЭС составляет до 12 % [6], следовательно, и срок службы дизельных генераторов (ДГ) ДЭС будет продлен на указанные проценты. На основании вышеизложенного целесообразным становится рассмотрение вопроса применения дифференцированного социального тарифа на электрическую энергию при реализации проекта электроснабжения от АГЭУ мегаваттного класса северных населенных пунктов Красноярского края.

**Цель исследования.** Обоснование областей применения автономных гибридных энергетических установок для районов Крайнего Севера с возможностью установления дифференцированного социального тарифа для бытовых потребителей.

**Материалы и методы исследования.** В основе исследования лежит процесс моделирования технико-экономических показателей СЭС и АГЭУ и обоснование применения дифференцированного социального тарифа на электрическую энергию при учете их режимов работы в условиях северных районов Красноярского края.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Село Ванавара – сельское поселение в составе Эвенкийского муниципального района Красноярского

края [11]. Ванавара расположена на берегу реки Подкаменная Тунгуска в устье реки Ванаварка. Расстояние до краевого центра города Красноярска составляет 685 км, до районного центра Тура – 485 км. Площадь 727,6 га. Население 2890 человек (эвенки, русские, другие национальности). В настоящее время электроснабжение потребителей с. Ванавара осуществляется от ДЭС.

Объединение ДЭС с СЭС для формирования автономной гибридной системы электроснабжения с. Ванавара может обеспечить более экономичные, экологически чистые и надежные поставки электроэнергии при любых условиях спроса по сравнению с отдельным использованием таких систем. Одним из наиболее важных вопросов в этом типе гибридной системы электроснабжения являются рациональные параметры АГЭУ для удовлетворения всех потребностей с. Ванавара в электроэнергии с возможными минимальными инвестиционными и эксплуатационными затратами.

Для обоснования параметров АГЭУ произведен анализ потребителей, составлены графики нагрузки для четырех сезонов (зима, весна, лето, осень) [12]. В графиках нагрузки (рис. 3) преобладают бытовые потребители, то есть жилой сектор и социально значимые объекты.



Рис. 3. График нагрузки с. Ванавара [12]

Для определения параметров СЭС в составе АГЭУ с. Ванавары в соответствии с математической моделью прихода солнечного излучения на произвольно-ориентированную поверхность для любого региона России, предложенной томскими учеными [13], получены значения суммарного солнечного излучения, поступающего на СМ СЭС, наклоненные под углом 56 град. с ориентацией на юг по месяцам года в разрезе суток (табл. 1). На основе полученного среднесуточного

суммарного солнечного излучения и смоделированного графика нагрузки по методике, изложенной в [3], произведен расчет и выбор оборудования СЭС и ДЭС. Области применения АГЭУ в значительной степени будут определяться себестоимостью электрической энергии, произведенной АГЭУ. Альтернативным вариантом автономной системы энергоснабжения с. Ванавара рассматривался вариант, в котором используется только ДЭС.

Таблица 1

Суммарное солнечное излучение в с. Ванавара, Вт/м<sup>2</sup>

М \ Ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	40	35	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	20	160	150	22	0	0	0	0
5	0	0	0	30	140	260	256	123	16	0	0	0
6	0	0	47	120	340	367	356	245	103	0	0	0
7	0	0	160	250	450	458	438	356	258	15	0	0
8	0	33	280	335	540	587	547	458	356	102	21	0
9	26	150	456	458	585	623	605	578	448	188	98	23
10	100	220	540	568	616	647	646	605	578	268	198	168
11	236	345	595	617	655	675	665	626	598	405	378	286
12	415	468	646	668	695	685	672	645	624	554	475	395
13	240	343	599	625	656	675	668	629	589	487	378	204
14	111	216	446	575	615	647	644	568	458	287	198	54
15	20	143	349	443	575	623	599	448	366	104	98	0
16	0	29	160	325	535	587	537	346	268	14	15	0
17	0	0	50	240	446	458	428	235	123	0	0	0
18	0	0	0	118	336	367	346	123	15	0	0	0
19	0	0	0	20	136	260	246	20	0	0	0	0
20	0	0	0	0	18	160	120	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	40	25	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В качестве сравниваемых вариантов приняты следующие комплекты оборудования:

• ДЭС:

- дизель-генератор (ДГ) АД-500С-Т400-1РМ15С Cummins (Китай) мощностью 500 кВт в количестве 5 единиц (сто-

имость 1 ед. 6 983,300 тыс. руб.) (один ДГ находится в резерве) [14];

- ДГ АД-2000С-Т400-1РМ15 Cummins (Китай) мощностью 2000 кВт в количестве 4 единиц (стоимость 1 ед. 39 703 тыс. руб.) [15];

- номинальная мощность установки 10 МВт;

- АГЭУ:
  - ДГ АД-500С-Т400-1РМ15С Cummins (Китай) мощностью 500 кВт в количестве 5 единиц;
  - ДГ АД-2000С-Т400-1РМ15 Cummins (Китай) мощностью 2000 кВт в количестве 2 единиц;
  - солнечный модуль SilaSolar 360 Вт в количестве 10032 шт. [16];
  - занимаемая площадь СМ (ориент.) 8 258 м<sup>2</sup>;
  - сетевой инвертор SOFAR 225KTL-NV 3-фазы в количестве 16 шт. [17].

Покрытие графика нагрузки потребителей АГЭУ осуществляется от ДЭС в комбинации с использованием СЭС (без использования аккумуляторных батарей большой емкости для аккумуляции электрической энергии). Расчет выработки электрической энергии, произведенной СЭС, производился по методике, изложенной в [18], а от ДЭС по методике, представленной в [19].

На основе потребности в электрической энергии потребителей с. Ванавара

по месяцам определяется объем производства электрической энергии от ДЭС. Соотношение графиков нагрузки с. Ванавара и генерации электрической энергии СЭС представлено на рисунке 4. Данный анализ генерации и потребления является основой расчета себестоимости электроэнергии от ДЭС и СЭС. Как показывают графики, объем выработки электрической энергии ДЭС может быть определен как разность между потребностью электрической энергии и генерацией СЭС по месяцам.

Предлагается использовать соотношение выработки электрической энергии комбинированной генерации, представленной на рисунке 4, для расчета дифференцированного тарифа для потребителей по месяцам года. Очевидно, что в летнее время тариф на электрическую энергию можно снизить, что обеспечит социальный эффект. Расчет предлагаемой величины тарифа осуществляется на основе расчета себестоимости электрической энергии.

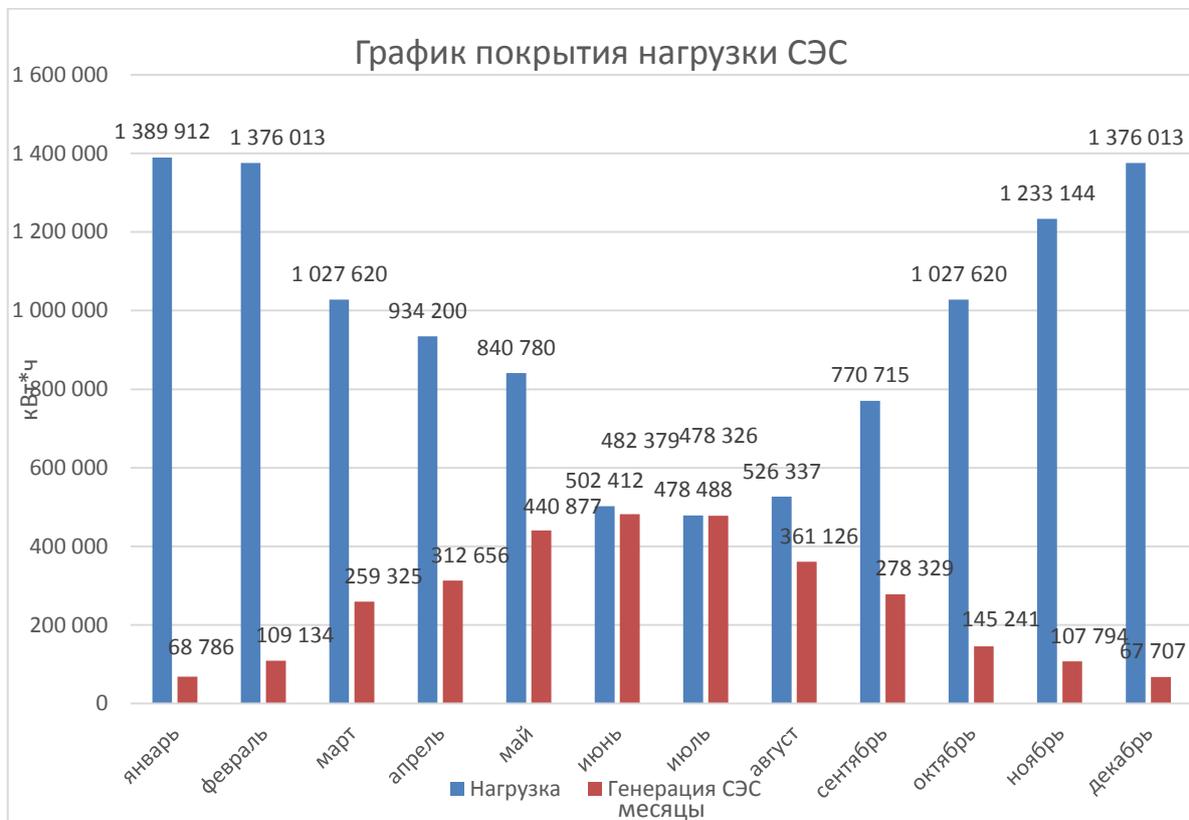


Рис. 4. График покрытия нагрузки с. Ванавара с помощью СЭС

Сравнение себестоимости электроэнергии, произведенной СЭС и ДЭС. Расчет себестоимости электрической энергии, произведенной СЭС и ДЭС в со-

ставе АГЭУ, проводился в электронных таблицах EXCEL по методике, изложенной в статье [5]. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Основные технико-экономические характеристики ДЭС**

Показатель	Величина
Установленная мощность, кВт	10 000
Выработка электроэнергии, кВт·ч	11 483 251
Капиталовложения, тыс. руб.	273 157 185
Годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб. (в т.ч. амортизация, техническое обслуживание, ГСМ, ремонт и пр.)	422 066 735
Себестоимость ДЭС, руб/кВт·ч (при стоимости дизельного топлива в с. Ванавара 72 руб/л)	36,75

Себестоимость производства электрической энергии от ДЭС определяется затратами на приобретение и доставку дизельного топлива. Это обстоятельство наиболее актуально для условий северных районов Красноярского края (учи-

тывая высокие затраты на доставку и хранение в этом регионе).

Выведем среднюю комбинированную себестоимость по временам года в соответствии с энергопотреблением и солнечным излучением:

$$C_{\text{сред}}^{\text{комб}} = \frac{I_{\Sigma}^{\text{ДЭС}} + I_{\Sigma}^{\text{СЭС}}}{W_{\text{ДЭС}} + W_{\text{СЭС}}},$$

где  $I_{\Sigma}^{\text{ДЭС}}$  – суммарные издержки на ДЭС, руб.;

$I_{\Sigma}^{\text{СЭС}}$  – суммарные издержки на СЭС, руб.;

$W_{\text{ДЭС}}, W_{\text{СЭС}}$  – выработка энергии ДЭС и СЭС, кВт·ч.

кущий ремонт, затраты на обслуживание ДЭС и прочие затраты на эксплуатацию являются постоянными, в том числе все издержки СЭС. Но затраты на ГСМ будут меняться в зависимости от солнечного излучения. Техничко-экономические показатели системы электроснабжения с. Ванавары от АГЭУ представлены в таблице 3.

По факту издержки ДЭС на амортизационные отчисления, затраты на те-

Таблица 3

**Основные технико-экономические характеристики АГЭУ**

Показатель	Величина
1	2
Установленная мощность, кВт	10 000
В т.ч.: ДЭС	6 500
СЭС	3 500
Годовая выработка электрической энергии, кВт·ч	11 483 251
В т.ч.: ДЭС	8 371 570

Окончание табл. 3

1	2
СЭС	3 111 681
Капиталовложения, руб.	797 073 874
В т.ч.: ДЭС	137 372 380
СЭС	659 701 494
Годовые эксплуатационные расходы, руб/год	330 570 097
В т.ч.: ДЭС	298 590 495
СЭС	31 979 602
Себестоимость электрической энергии, руб/кВт·ч	28,8
В зависимости от времени года:	
зимой	32,7
весной	11,5
летом	6,05
осенью	12,2

Капитальные вложения в АГЭУ выше, чем в автономную систему электропитания на основе ДЭС, при этом обеспечивается снижение годовых эксплуатационных расходов и в конечном счете снижение себестоимости электроэнергии. Величина себестоимости электроэнергии, рассчитанная по периодам года, доказывает возможность применения дифференцированного социального тарифа на электрическую энергию. Размер тарифа на электроэнергию формируется на основании величины себестоимости производства электроэнергии и планируемой нормы прибыли. На основании рассчитанных значений себестоимости предлагается для бытовых потребителей установить льготный социальный тариф в летние месяцы, который будет покрывать величину издержек, на его величину предлагается установить ниже среднего значения тарифы на уровне 7–9 руб/кВт·ч, что позволит снизить величину бюджетных дотаций.

**Заключение.** На основании анализа потребителей с. Ванавары составлены графики нагрузки для четырех сезонов (зима, весна, лето, осень), которые послужили обоснованием параметров ДЭС установленной мощностью 10 МВт, состоящей из четырех ДГ мощностью 500 кВт, четырех ДГ мощностью 2000 кВт и АГЭУ, включающей СЭС, состоящей из СМ мощностью 360 Вт в количестве

10032 шт. установленной мощностью 2,5 МВт и сетевых инверторов в количестве 16 шт. Проведенный анализ графиков покрытия нагрузки двух исследуемых вариантов автономного электропитания с. Ванавара от ДЭС и АГЭУ показал, что максимальное энергопотребление бытовыми потребителями составляет 1 389 912 кВт·ч в январе, а минимальное 478 488 кВт·ч – в июле.

В соответствии с режимами работы оборудования ДЭС и АГЭУ определена выработка электрической энергии от ДЭС и СЭС. Среднегодовая выработка электрической энергии в первом варианте составляет 11 483 251 кВт·ч. Во втором варианте выработка электроэнергии от ДЭС равна 8 371 570 кВт·ч, а от СЭС – 3 111 681 кВт·ч, что составляет 27 %. Себестоимость электрической энергии в первом варианте при электроснабжении от ДЭС составляет 36,75 руб/кВт·ч. Во втором варианте себестоимость зависит от времени года и составляет зимой 32,7 руб/кВт·ч, весной – 11,6, летом – 6,05, осенью – 12,2 руб/кВт·ч. На основе расчета себестоимости производства электроэнергии оценена возможность применения дифференцированных социальных тарифов для бытовых потребителей при применении автономных гибридных энергетических установок для районов Крайнего Севера, что позволит снизить величину бюджетных дотаций.

Список источников

1. Хе Х., Тягунов М.Г., Ту Р.М. Состояние и перспективы развития электроэнергетики Китая в контексте углеродной нейтральности промышленности // Вестник Московского энергетического института. 2022. № 3. С. 82–92.
2. Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития. URL: [https://www.bigpowernews.ru/photos/o/o\\_QpMU3sFiiWS8DWQGAjebKaVDm6WVTGiO.pdf](https://www.bigpowernews.ru/photos/o/o_QpMU3sFiiWS8DWQGAjebKaVDm6WVTGiO.pdf) (дата обращения: 19.02.2024).
3. Бобров А.В., Кривенко Т.В., Шишмарев П.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2021. 232 с.
4. Бастрон А.В., Ермакова И.Н., Михеева Н.Б. Солнечная энергетика как ресурс развития сельских поселений Красноярского края // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2018. № 3. С. 33–47.
5. Техничко-экономический аспект использования солнечных электростанций в системах электроснабжения сельскохозяйственного производства и быта в условиях Сибири / А.В. Бастрон, Т.Н. Бастрон, И.В. Наумов [и др.] // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 3. С. 101–116.
6. В Красноярском крае заработала крупнейшая в России солнечная электростанция. URL: <https://dela.ru/news/278897/> (дата обращения: 28.02.2024).
7. Внедрение энергоэффективных солнечных решений для надежного и круглосуточного энергоснабжения потребителей в удаленных и изолированных территориях / Группа компаний ХЕВЕЛ. URL: <https://www.hevelsolar.com/b2g/> (дата обращения: 02.03.2024).
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р «Об Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г.». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/> (дата обращения: 29.02.2024).
9. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2019 г. № 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации». URL: <https://base.garant.ru/72240884/> (дата обращения: 20.01.2024).
10. Засимов И.И. Исследования конструкций гибридных электростанций // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России: мат-лы III Междунар. науч. конф. Красноярск, 2022. С. 334–338.
11. Красноярский край, Эвенкийский район, сельское поселение село Ванавара. URL: <https://vanavara-ro4.gosweb.gosuslugi.ru/> (дата обращения: 25.01.2024).
12. Засимов И.И. Моделирование графика нагрузки для гибридной электростанции в селе Ванавара // Студенческая наука – взгляд в будущее: мат-лы XVIII Всерос. студ. науч. конф. Красноярск, 2023. С. 76–80.
13. Обухов С.Г., Плотников И.А. Математическая модель прихода солнечной радиации на произвольно-ориентированную поверхность для любого региона России // Альтернативная энергетика и экология. 2017. № 16–18. С. 43–56.
14. Дизель-генератор АД-500С-Т400-1РМ15С Cummins (Китай) мощностью 500 кВт ПК «Азимут». URL: <https://www.gc-azimut.ru/dizel-generatory/500-kvt/cummins/ad-500s-t400-1rm15c/> (дата обращения: 14.02.2024).
15. Дизель-генератор 2000 кВт (2 МВт) CUMMINS АД-2000С-Т400-1РМ15. URL: <https://www.gc-azimut.ru/dizel-generatory/2000-kvt/cummins/ad-2000s-t400-1rm15/> (дата обращения: 14.02.2024).
16. Солнечная батарея SilaSolar 360 Вт PERC TP. URL: <https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/mono-panel/solnechnaya-batareya-silasolar-360vt-tp/> (дата обращения: 12.02.2024).

17. Сетевой инвертор SOFAR 225KTL-HV 3-фазы. URL: <https://econrj.ru/invertori/setevoj-invertor-sofar-225ktl-lv.html> (дата обращения: 25.01.2024).
18. *Бастрон А.В., Шеръязов С.К.* Энергообеспечение потребителей с использованием возобновляемых источников энергии: учеб. пособие. Красноярск, 2019. 118 с.
19. Практикум по применению гидроветроэнергетических установок: учеб. пособие / *А.В. Бастрон, Н.В. Коровайкин, Л.П. Костюченко* [и др.]. Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2014. 208 с.

### References

1. *Khe KH., Tyagunov M.G., Tu R.M.* Sostoyanie i perspektivy razvitiya ehlektroehnergetiki Kitaya v kontekste uglerodnoi neutral'nosti promyshlennosti // Vestnik Moskovskogo ehnergeticheskogo instituta. 2022. № 3. S. 82–92.
2. Rynok vozobnovlyaemoi ehnergetiki Rossii: tekushchii status i perspektivy razvitiya. URL: [https://www.bigpowernews.ru/photos/o/o\\_QpMU3sFiiWS8DWQGAjebKaVDm6WVTGiO.pdf](https://www.bigpowernews.ru/photos/o/o_QpMU3sFiiWS8DWQGAjebKaVDm6WVTGiO.pdf) (data obrashcheniya: 19.02.2024).
3. *Bobrov A.V., Krivenko T.V., Shishmarev P.V.* Netraditsionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii: ucheb. posobie. Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2021. 232 s.
4. *Bastron A.V., Ermakova I.N., Mikheeva N.B.* Solnechnaya ehnergetika kak resurs razvitiya sel'skikh poselenii Krasnoyarskogo kraya // Sotsial'no-ehkonomicheskii i gumanitarnyi zhurnal. 2018. № 3. S. 33–47.
5. Tekhniko-ehkonomicheskii aspekt ispol'zovaniya solnechnykh ehlektro-stantsii v sistemakh ehlektrosnabzheniya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva i byta v usloviyakh Sibiri / *A.V. Bastron, T.N. Bastron, I.V. Naumov* [i dr.] // Sotsial'no-ehkonomicheskii i gumanitarnyi zhurnal. 2023. № 3. S. 101–116.
6. V Krasnoyarskom krae zarabotala krupneishaya v Rossii solnechnaya ehlektrostantsiya. URL: <https://dela.ru/news/278897/> (data obrashcheniya: 28.02.2024).
7. Vnedrenie ehnergoehffektivnykh solnechnykh reshenii dlya nadezhnogo i kruglosutochnogo ehnergosnabzheniya potrebitelei v udalennykh i izolirovannykh territoriyakh / Gruppy kompanii KHEVEL. URL: <https://www.hevelsolar.com/b2g/> (data obrashcheniya: 02.03.2024).
8. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 9 iyunya 2020 g. № 1523-r «Ob Ehnergeticheskoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2035 g.». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/> (data obrashcheniya: 29.02.2024).
9. Ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 13.05.2019 g. № 216 «Ob utverzhdenii Doktriny ehnergeticheskoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii». URL: <https://base.garant.ru/72240884/> (data obrashcheniya: 20.01.2024).
10. *Zasimov I.I.* Issledovaniya konstruksii gibridnykh ehlektrostantsii // Resursosberegayushchie tekhnologii v agropromyshlennom komplekse Rossii: mat-ly III Mezhdunar. nauch. konf. Krasnoyarsk, 2022. S. 334–338.
11. Krasnoyarskii krai, Ehvenkiiskii raion, sel'skoe poselenie selo Va-navara. URL: <https://vanavara-ro4.gosweb.gosuslugi.ru/> (data obrashcheniya: 25.01.2024).
12. *Zasimov I.I.* Modelirovanie grafika nagruzki dlya gibridnoi ehlektrostantsii v sele Vanavara // Studencheskaya nauka – vzglyad v budushchee: mat-ly KHVIII Vseros. stud. nauch. konf. Krasnoyarsk, 2023. S. 76–80.
13. *Obukhov S.G., Plotnikov I.A.* Matematicheskaya model' prikhoda sol-nechnoi radiatsii na proizvod'no-orientirovannuyu poverkhnost' dlya lyubogo regiona Rossii // Al'ternativnaya ehnergetika i ehkologiya. 2017. № 16–18. S. 43–56.

14. Dizel'-generator AD-500S-T400-1RM15C Cummins (Kitai) moshchno-st'yu 500 KVt PK «Azimut». URL: <https://www.gc-azimut.ru/dizel-generatory/500-kvt/cummins/ad-500s-t400-1rm15c/> (data obrashcheniya: 14.02.2024).
15. Dizel'-generator 2000 KVt (2 MVt) CUMMINS AD-2000S-T400-1RM15. URL: <https://www.gc-azimut.ru/dizel-generatory/2000-kvt/cummins/ad-2000s-t400-1rm15/> (data obrashcheniya: 14.02.2024).
16. Colnechnaya batareya SilaSolar 360 Vt PERC TP. URL: <https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/mono-panel/solnechnaya-batareya-silasolar-360vt-tp/> (data obrashcheniya: 12.02.2024).
17. Setevoi invertor SOFAR 225KTL-HV 3-fazy. URL: <https://econrj.ru/invertori/setevoj-invertor-sofar-225ktl-lv.html> (data obrashcheniya: 25.01.2024).
18. *Bastron A.V., Sher'yazov S.K.* Ehnergoobespechenie potrebiteli s is-pol'zovaniem vozobnovlyaemykh istochnikov ehnergii: ucheb. posobie. Krasno-yarsk, 2019. 118 s.
19. Praktikum po primeneniyu gidrovetroehnergeticheskikh ustanovok: ucheb. posobie / *A.V. Bastron, N.V. Korovaikin, L.P. Kostyuchenko* [i dr.]. Krasnoyarsk: Izd-vo KraSGAU, 2014. 208 s.

Статья принята к публикации 2.04.2024/  
The article has been accepted for publication 2.04.2024.

Информация об авторах:

**Наталья Борисовна Михеева**, доцент кафедры организации и экономики сельскохозяйственного производства

**Андрей Владимирович Бастрон**, заведующий кафедрой электроснабжения сельского хозяйства, кандидат технических наук, доцент

**Иван Игоревич Засимов**, магистр второго курса

Information about the authors:

**Natalya Borisovna Mikheeva**, Associate Professor at the Department of Organization and Economics of Agricultural Production

**Andrey Vladimirovich Bastron**, Head of the Department of Electricity Supply of Agriculture, Candidate of Technical Sciences, Docent

**Ivan Igorevich Zasimov**, second-year Master's student

