

УДК 53.06

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В КУЗБАССЕ

Бондаренко Д.А., Ваисов А.С. студенты гр. ТЭб-241, I курс

Научный руководитель: Малышин А.А., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово

Кузбасс, традиционно известный угледобычей, сегодня стремится диверсифицировать энергетический сектор, активно рассматривая использование солнечной энергии. Несмотря на мнение о низкой солнечной активности в регионе, современные технологии позволяют эффективно использовать солнечные батареи. Солнечная радиация в Кузбассе сопоставима с показателями ряда европейских стран, успешно применяющих солнечную энергетику [1]. В данной работе рассматриваются возможности и преимущества применения солнечных батарей в регионе, а также ключевые технические параметры и адаптация оборудования к климатическим условиям Кузбасса.

Среднее количество солнечной радиации, которое получает Кузбасс, составляет от 1200 до 1400 кВт·ч/м²/год на горизонтальную поверхность, хотя это ниже, чем в южных регионах России [2]. Для эффективного применения солнечных батарей в Кузбассе необходимо учитывать не только географические и климатические особенности, это включает в себя учёт снежных зим, когда на панели может скапливаться снег, а также периодов повышенной облачности, что снижает количество солнечной энергии. Правильный выбор солнечных панелей с высоким КПД, устойчивых к холодам и влиянию осадков, является решающим для эффективного использования солнечной энергии в таких условиях.

В Кузбассе, где солнечная активность ниже, чем в южных регионах, для оптимального функционирования рекомендуется использовать панели с коэффициентом полезного действия (КПД) не ниже 18%. Современные моно-кристаллические солнечные панели, как правило, достигают КПД в диапазоне от 20% до 22% [3]. Для Кузбасса также важным аспектом является способность панелей сохранять свою эффективность в условиях холодных зим и периодов облачности.

Мощность солнечных панелей колеблется в пределах от 300 Вт до 550 Вт в зависимости от типа и технологии панели. При выборе мощности для солнечной электростанции в Кузбассе необходимо учитывать не только предполагаемую общую мощность системы, но и доступное пространство для установки.

Площадь солнечных панелей имеет прямое влияние на общую площадь, необходимую для установки солнечной электростанции. Поскольку в Кузбас-

се количество солнечного света ниже, чем в южных районах, важно правильно рассчитать площадь установки для обеспечения достаточной выработки энергии. Типичная панель мощностью 400 Вт имеет площадь около 1,7 м², что позволяет точно планировать распределение панелей на крыше здания или на земельном участке.

Температурный коэффициент показывает, как температура влияет на снижение эффективности панели. Для Кузбасса, где температура может резко колебаться в зависимости от сезона, важно выбирать панели с умеренно низким температурным коэффициентом, чтобы минимизировать потери выработки в условиях, когда летом панели могут перегреваться, а зимой сталкиваются с экстремально низкими температурами.

Надежность и долговечность: долговечность солнечных панелей критически важна, особенно в условиях сурового климата Кузбасса. Высококачественные материалы и конструкции панелей обеспечивают срок службы до 25 лет и более, что делает их экономически целесообразным вложением. Солнечные батареи, устойчивые к сильным морозам, снегопадам и резким перепадам температур, обеспечат стабильную работу на протяжении долгого времени.

В Кузбассе, регионе с суровыми климатическими условиями и удалёнными поселениями, доступ к стабильному электроснабжению остаётся одной из ключевых проблем. В 2015 году в посёлке Эльбезе была запущена первая в регионе солнечная электростанция [1]. Этот проект позволил отказаться от дизель-генераторов, работавших всего по несколько часов в день, и обеспечить круглосуточное электроснабжение всех 18 дворов посёлка. На рисунке ниже представлено изображение солнечных батарей, установленных в посёлке Эльбезе, что наглядно демонстрирует масштаб и особенности данного проекта (рис. 1).



Рис.1. Солнечная электростанция в Эльбезе

Расчёты показывают, что современные технологии позволяют успешно использовать солнечные панели даже в таких регионах, как Кузбасс. Рассмотрим основные параметры электростанции в Эльбезе, включая КПД батарей, запасённую энергию и экономическую эффективность проекта.

Общая мощность солнечной электростанции в Эльбезе составляет 21 кВт, а количество установленных солнечных панелей — 84 шт. Таким образом, средняя мощность одной панели:

$$P_{\text{панели}} = \frac{P_{\text{общая}}}{N} = \frac{21 \text{ кВт}}{84} = 0,25 \text{ кВт} = 250 \text{ Вт}$$

Для расчёта КПД солнечных панелей используем стандартное значение средней солнечной радиации для Кузбасса, которое составляет 1300 кВт·ч/м²/год.

Площадь одной панели в среднем составляет 1,7 м². Тогда суммарная площадь всех панелей:

$$S_{\text{общая}} = 84 \cdot 1,7 = 142,8 \text{ м}^2$$

Суммарное количество поступающей солнечной энергии за год:

$$E_{\text{солнечное}} = 1300 \cdot 142,8 = 185640 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Фактическая выработка электроэнергии электростанцией:

$$E_{\text{факт}} = 21 \cdot 24 \cdot 365 = 183960 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Тогда КПД солнечных батарей:

$$\eta = \frac{E_{\text{факт}}}{E_{\text{солнечное}}} \cdot 100\% = \frac{183960}{185640} \cdot 100 \approx 99\%$$

Это значение слишком завышено, так как фактическая выработка обычно ниже из-за погодных условий, запылённости и угла наклона панелей. Если учитывать средние потери (около 25–30%), реальный КПД панелей составляет 20–22%, что соответствует характеристикам современных монокристаллических панелей.

Аккумуляторные батареи в Эльбезе могут хранить 60 кВт·ч электроэнергии. Этого достаточно для покрытия потребностей жителей в ночное время и в периоды низкой солнечной активности. Если предположить, что каждая семья (18 дворов) потребляет в среднем 3–3,5 кВт·ч в сутки, то полного заряда аккумуляторов хватит на 1–2 дня автономной работы.

Общая стоимость электростанции – 4,32 млн. рублей, то есть стоимость 1 кВт установленной мощности:

$$C_{1\text{кВт}} = \frac{4320000}{21} \approx 206000 \text{ руб/кВт}$$

Если сравнить с прокладкой ЛЭП (600 млн рублей), то установка солнечных станций в удалённых населённых пунктах является значительно более экономически оправданной, солнечная электростанция в Эльбезе показывает высокую эффективность и может служить моделью для энергоснабжения других труднодоступных населённых пунктов.

Частные домохозяйства: в Кузбассе, где солнечная активность варьируется в зависимости от времени года, использование солнечных батарей в частных домах представляет собой выгодное и экологически чистое решение

для энергоснабжения. Основные потребности, такие как освещение, бытовая техника, отопление и горячее водоснабжение, могут быть обеспечены за счет солнечной энергии, что значительно снижает расходы на электричество.

Летом, когда количество солнечных дней максимальное, избыточная энергия может быть аккумулирована в аккумуляторах для использования в зимний период [2]. В зимний период, несмотря на снижение выработки солнечной энергии, система может продолжать функционировать, обеспечивая частичное покрытие потребностей. Примером таких решений могут служить системы на основе панелей Longi LR4-72HPN мощностью 450 Вт, инверторов SMA Sunny Boy и аккумуляторов BYD B-Box, которые являются оптимальными для частных домов в Кузбассе, обеспечивая как эффективность, так и долговечность работы в условиях местного климата.

Сельское хозяйство: в агропромышленном комплексе Кузбасса солнечные панели могут стать решением для энергоснабжения ферм и теплиц [5]. Они обеспечивают питание для насосов, систем полива, освещения и обогрева теплиц, использование солнечной энергии позволяет значительно снизить зависимость от традиционных источников энергии, таких как уголь или газ, а также сократить расходы на энергообеспечение.

Промышленные предприятия: применение солнечных панелей на крышах промышленных предприятий в Кузбассе позволяет значительно снизить энергозатраты и улучшить устойчивость предприятий к изменениям цен на традиционные виды энергии. Солнечные панели могут частично покрывать собственные потребности предприятия в электричестве, что снижает нагрузку на внешние сети и повышает энергетическую независимость. Важно учитывать, что солнечные установки могут работать в связке с другими источниками энергии, такими как угольные котельные [6].

Социальная инфраструктура: в Кузбассе, где некоторые населенные пункты могут быть удалены от централизованных источников энергии, использование автономных солнечных систем может существенно улучшить качество жизни населения. Автономное электроснабжение на базе солнечных батарей идеально подходит для таких объектов, как школы, больницы, фельдшерско-акушерские пункты (ФАПы) и другие социальные учреждения, расположенные в отдаленных районах [7]. Эти системы позволяют обеспечить надежное и бесперебойное электроснабжение, минимизируя зависимость от внешних источников энергии, которые могут быть нестабильными или дорогими.

Важным аспектом является эффективное накопление энергии для использования в периоды низкой солнечной активности, особенно в зимние месяцы. Автономные энергокомплексы, комбинированные с дизель-генераторами и солнечными батареями, становятся популярными в таких удаленных районах, обеспечивая надежность работы социальных объектов. Примером таких решений являются автономные комплексы, разработанные для сельских районов, где солнечные панели дополняются источниками ре-

зервного питания для обеспечения стабильной работы в условиях сурового климата.

Рассмотрим особенности эксплуатации солнечных батарей в разные времена года:

а) Летний период в Кузбассе характеризуется максимальной солнечной активностью, что обеспечивает высокую выработку энергии солнечными панелями. Это оптимальное время для эксплуатации солнечных установок, так как продолжительность солнечных дней достигает своего пика. Для повышения эффективности рекомендуется использовать системы с пассивным или активным охлаждением, которые помогают поддерживать стабильную рабочую температуру панелей. Переизбыточная солнечная энергия может быть накапливаемой в аккумуляторах, что позволит использовать ее в периоды меньшей активности солнца (например, зимой или в облачные дни). Важно учитывать, что летом, кроме солнечной радиации, на выработку энергии могут влиять и высокие температуры воздуха, которые могут снижать КПД панелей, особенно в отсутствие системы охлаждения;

б) В весенний и осенний периоды выработка энергии снижается по сравнению с летом, но по-прежнему остается достаточной для большинства бытовых и хозяйственных нужд. В это время года дни становятся короче, а угол падения солнечных лучей меняется, что также снижает интенсивность солнечного света, доступного для панелей. Однако, несмотря на это, солнечные установки в Кузбассе все равно обеспечивают приемлемую производительность. Важно регулярно очищать панели от пыли, грязи и осадков, так как их присутствие на поверхности может значительно снизить эффективность работы системы. Это особенно актуально для сельских районов и промышленных объектов, где избыточное загрязнение может снижать выработку энергии;

в) Зимой солнечные панели в Кузбассе сталкиваются с наименьшей выработкой энергии, что связано с короткими днями, низким углом солнечных лучей и возможными облачными условиями. Наибольшие проблемы зимой могут возникать из-за накопления снега и льда на поверхности панелей, что существенно уменьшает их эффективность. Для обеспечения максимальной выработки необходимо регулярно очищать панели от снега и льда, особенно в регионах с интенсивными снегопадами. В системах автономного электроснабжения рекомендуется использовать аккумуляторы достаточной емкости, которые смогут компенсировать нехватку энергии в зимний период. Также важно комбинировать солнечные панели с другими источниками энергии, такими как дизель-генераторы или системы на базе других возобновляемых источников, чтобы обеспечить стабильное энергоснабжение в периоды низкой солнечной активности и экстремальных температур.

Для использования в Кузбассе наиболее перспективные марки солнечных батарей [8] и их характеристики представлены в таблице

Таблица
Характеристики солнечных батарей

Фирма	Страна	КПД, %	Срок службы, лет	Средняя мощность, Вт	Стоимость, тыс руб.
Longi	Россия	21	25	465	12
JA Solar	Китай	20	25	435	10
Trina Solar	Китай	20	25	435	10
Canadian Solar	Канада	19	25	440	10,5
Хевел	Россия	19	25	400	8,5
Солар Системс	Россия	20	25	400	20

Можно отметить, что Longi активно развивает технологии перовскитных панелей, что позволяет в будущем ожидать улучшения их характеристик. JA Solar производит панели, которые подходят для установки в различных климатических зонах, включая регионы с умеренно холодными зимами, как Кузбасс, благодаря хорошей адаптации к внешним условиям и долговечности. Trina Solar активно разрабатывает инновации, такие как панели с улучшенной теплопроводностью и устойчивостью к экстремальным погодным условиям, что делает их подходящими для использования в Кузбассе. Canadian Solar — канадская компания, специализирующаяся на производстве солнечных панелей с учетом различных климатических условий. Панели «Хевел» имеют хорошее соотношение цены и качества, что делает их привлекательными для частных домохозяйств и небольших промышленных объектов в Кузбассе. Компания также предоставляет решения для интеграции в автономные системы и масштабные солнечные электростанции. «Солар Системс» — российская компания, специализирующаяся на проектировании и строительстве солнечных электростанций для промышленного использования, это делает компанию хорошим выбором для крупных предприятий в Кузбассе, заинтересованных в снижении энергозатрат и увеличении энергетической автономности.

Введение в эксплуатацию первой солнечной электростанции в Кузбассе продемонстрировало, что возобновляемые источники энергии могут успешно использоваться даже в регионах с ограниченной солнечной активностью. Проект в посёлке Эльбезе позволил полностью обеспечить электроэнергией 18 дворов, установив 84 солнечные панели общей мощностью 21 кВт.

Расчёты показывают, что при средней солнечной радиации для Кузбасса в 1200–1400 кВт·ч/м²/год каждая панель мощностью 250 Вт может генерировать около 300 кВт·ч в год. Суммарная годовая выработка станции составляет порядка 25 000–30 000 кВт·ч, что соответствует среднему годовому потреблению небольшого поселения. Запасённой энергии в аккумуляторах (60 кВт·ч) достаточно для покрытия ночного потребления.

Список литературы

1. В Кузбассе запущена первая солнечная электростанция // vse42 [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://news.vse42.ru/feed/show/id/11944423>.
2. Солнечная энергетика: Учебное пособие / Под ред. В.В. Лукутина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. – 328 с.
3. Возобновляемая энергетика: Учебное пособие / Под ред. Д.Ю. Хохлова. – М.: Техносфера, 2017. – 416 с.
4. Попов, И.П. Солнечные электрические станции / И.П. Попов. - Москва: Изд-во МЭИ, 2017. - 248 с.
5. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2016 году (рус.). АО «СО ЕЭС». [электронный ресурс] – Режим доступа: http://ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2017/ups_rep2016.pdf.
6. Перспективы развития малой энергетики – топливо, технологии, техника // Портал по энергосбережению Энергосвет [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.energosovet.ru/stat64p1.html>.
7. Ветрогенератор для частного дома // Центр экологической политики России [электронный // ресурс] – Режим доступа: http://www.ecopolicy.ru/main.php?id=11&type_id=137&cnt=236.
8. Интернет-ресурсы: Официальные сайты производителей солнечных батарей: Longi, JA Solar, Trina Solar, Canadian Solar, Хевел, Солар Системс.