

Шайгадамов Руслан Робертович,
студент ГБПОУ ЯНАО
«Ноябрьский колледж профессиональных
и информационных технологий»,
г. Ноябрьск

Замотай Алена Васильевна,
преподаватель ГБПОУ ЯНАО
«Ноябрьский колледж профессиональных
и информационных технологий»,
г. Ноябрьск

АВТОНОМНОЕ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ДАЛЬНИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

УДК 620.92

В статье рассмотрены проблемы электроснабжения потребителей, удаленных от центров питания, и потребителей, проживающих в зонах с низкой плотностью населения. Проведен анализ возможных вариантов решения задачи обеспечения электроэнергией указанной категории потребителей. Рассмотрены варианты использования централизованной энергосистемы, получения энергии при помощи автономных источников питания, использующих различные виды топлива и возобновляемую энергию, их технический и экономический потенциал.

The article discusses the problems of power supply to consumers remote from power centers and consumers living in areas with low population density. An analysis of possible options for solving the problem of providing electricity to this category of consumers was carried out. Options for using a centralized energy system, obtaining energy using autonomous power sources using various types of fuel and renewable energy, their technical and economic potential are considered.

Ключевые слова: автономное электроснабжение дальних населенных пунктов в районах Крайнего Севера, внедрение цифровых технологий, интеллектуальные системы, интернет вещей, цифровые платформы.

Keywords: autonomous power supply to remote settlements in the Far North,

introduction of digital technologies, intelligent systems, Internet of things, digital platforms.

Россия – самая большая страна в мире, при этом, по данным совместного проекта ПостНауки и Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, было выяс-

нено, что 65% территории государства находится в зоне, не охваченной централизованным сетевым энергоснабжением. На этой территории проживают около 20 млн человек. Труднодоступность и удаленность многих поселков от централизованных электрических сетей делает экономически нецелесообразным строительство протяженных линий электропередачи в суровых климатических условиях, характеризующихся низкими температурами, сильными ветрами и продолжительными периодами темноты, создающими повышенные нагрузки на электрооборудование. При этом существует острая необходимость обеспечения надежного и бесперебойного энергоснабжения изолированных северных поселков, где электричество является жизненно важным ресурсом. Кроме того, растет потребность в автономных, возобновляемых источниках электроэнергии в условиях ограниченности традиционных топливных ресурсов, а также стремление снизить экологическую нагрузку в чувствительных северных экосистемах. Таким образом, разработка эффективных технических решений для автономного децентрализованного электроснабжения удаленных населенных пунктов Крайнего Севера является актуальной задачей, направленной на повышение качества жизни и экономического развития этих территорий.

Проблема исследования заключается в разработке наилучшего решения для автономного, децентрализованного электроснабжения дальних населенных пунктов в районах Крайнего Севера.

Цель исследования – поиск, разработка и внедрение нового технологического решения для обеспечения надежного и экономически эффективного автономного электроснабжения удаленных населенных пунктов в условиях Крайнего Севера с использованием возобновляемых источников энергии.

Объект исследования – удаленные или труднодоступные населенные пункты и объекты, расположенные в северных регионах Российской Федерации, где традиционные централизованные системы электроснабжения характеризуются низкой эффективностью и высокой затратностью.

Предмет исследования – технические, технологические, экономические и организационные аспекты разработки, внедрения и эксплуатации автономных систем электроснабжения, основанных на использовании возобновляемых источников энергии, для устойчивого энергообеспечения удаленных или труднодоступных населенных пунктов и объектов, расположенные в северных регионах.

Гипотеза исследования: применение нового разработанного решения автономных систем электроснабжения, базирующихся на использовании возобновляемых источников энергии, позволит обеспечить надежное, экономически эффективное и экологически безопасное электроснабжение изолированных северных поселений при учете специфических климатических и географических условий данных территорий.

Практическая значимость работы: в данный момент, помимо единой энергетической системы, в России эксплуатируются объекты электроэнергетики на изолированных и труднодоступных территориях, где электро-

энергия вырабатывается в основном дизельными электростанциями (далее – ДЭС). Фактическая стоимость производства 1 кВт·ч электроэнергии в таких изолированных энергосистемах зависит от сложности доставки туда дизельного топлива и достигает уровня от 100 до 450 руб. за кВт·ч. При этом электроснабжение через линию электропередачи (далее – ЛЭП) будет стоить еще дороже. Такая высокая стоимость энергии покрывается субсидиями со стороны государства. Но если разработать систему электроснабжения, позволяющую в разы снизить стоимость энергии, а также иметь другие преимущества в виде высокой надёжности, эффективности, автономности, экологичности и возможности дальнейшего роста, то все это сделает данный проект значимым для повышения качества жизни и экономического развития территорий нашей страны.

ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Возобновляемые источники энергии (далее – ВИЭ) – это природные ресурсы, которые могут быть использованы для производства энергии. ВИЭ являются экологически чистыми и неисчерпаемыми, так как они постоянно возобновляются. Использование ВИЭ позволяет снизить выбросы углекислого газа и других вредных веществ в атмосферу, а также уменьшить зависимость от ископаемых видов топлива. В настоящее время ВИЭ составляют небольшую долю в мировом энергетическом балансе, но их использование постоянно растет. В *таблице 1* рассмотрены основные виды возобновляемых источников и их особенности в северных условиях.

Все представленные виды ВИЭ могут применяться в энергетических системах в зависимости от местности эксплуатации. Но солнечные и ветряные являются более простыми и универсальными.

КОНЦЕПЦИЯ АВТОНОМНОГО ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В данный момент в мире существует множество систем электроснабжения, построенных на ВИЭ. Они отличаются принципом работы, значением и экономическими расходами. В *таблице 2* представлены наиболее распространенные системы.

По всем параметрам для районов Крайнего Севера лучше всего подходят гибридные энергетические системы, так как они наиболее надежные и эффективные.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ

После выбора наиболее эффективной системы электроснабжения можно перейти к разработке своего решения концепции и физической модели энергоячейки. Она состоит из основных элементов: солнечных панелей, накопителя, инвертора, контроллеров, ветрогенератора, силовой системы управления, системы защиты, контрольных датчиков и других элементов.

Таблица 1. Преимущества и недостатки систем электроснабжения на ВИЭ

Система	Преимущества и недостатки
Ветровая энергия	<ul style="list-style-type: none"> – высокий ветровой потенциал в большинстве северных регионов России; – устойчивые и сильные ветровые потоки, особенно в прибрежных и островных территориях; – необходимость использования специальных ветрогенераторов, выдерживающих низкие температуры и высокие ветровые нагрузки
Солнечная энергия	<ul style="list-style-type: none"> – достаточный уровень солнечной радиации в летний период, несмотря на высокие широты; – необходимость применения накопителей энергии для обеспечения электроснабжения в зимний период с длительными периодами темноты; – использование фотоэлектрических преобразователей, способных эффективно работать при низких температурах; – возможность интеграции солнечных электростанций с другими возобновляемыми источниками
Геотермальная энергия	<ul style="list-style-type: none"> – наличие геотермальных ресурсов в вулканических и сейсмически активных районах Крайнего Севера; – возможность использования геотермальных теплонасосных установок для комбинированного производства тепла и электроэнергии
Биоэнергетика	<ul style="list-style-type: none"> – использование биомассы, получаемой из отходов сельского, лесного и рыбного хозяйств; – производство биогаза из органических отходов, навоза, торфа для выработки электроэнергии и тепла; – перспективность развития небольших биоэнергетических установок для автономного энергоснабжения

Концепция представляет собой систему домов, связанных энергетическими линиями, по которым осуществ-

Таблица 2. Преимущества и недостатки систем электроснабжения на ВИЭ

Система	Преимущества и недостатки
Гибридные энергетические системы	<ul style="list-style-type: none"> – сочетание двух и более возобновляемых источников энергии (ветровая, солнечная, геотермальная); – использование дизель-генераторов или других резервных источников для повышения надежности; – интегрированные системы управления, аккумулирования и распределения энергии
Ветроэнергетические комплексы	<ul style="list-style-type: none"> – создание ветровых электростанций или ветропарков для центрального энергоснабжения; – установка автономных ветрогенераторов малой и средней мощности для распределенной генерации; – применение специальных конструкций, адаптированных к суровым климатическим условиям
Солнечно-дизельные гибридные системы	<ul style="list-style-type: none"> – сочетание фотоэлектрических станций с дизель-генераторами; – использование аккумуляторных батарей для накопления солнечной энергии; – минимизация потребления дизельного топлива за счет преимущественной выработки на солнечной энергии
Геотермальные когенерационные установки	<ul style="list-style-type: none"> – технология комбинированной выработки тепла и электроэнергии на базе геотермальной энергии; – применение геотермальных теплонасосов для повышения энергетической эффективности; – строительство небольших геотермальных электростанций вблизи источников тепла
Биоэнергетические модули	<ul style="list-style-type: none"> – производство биогаза из органических отходов и его использование для генерации электроэнергии; – создание мини-ТЭЦ на биомассе для локального энергоснабжения; – интеграция биоэнергетических решений с другими возобновляемыми источниками

ляется обмен энергии на определенных условиях. Один дом будет являться энергетической ячейкой.



Рис. 1. Упрощенная схема энергодячейки

В нормальном режиме ячейка питается от аккумулятора, который заряжается от солнечных панелей, но если потребление превышает установленную мощность инвертора, что отслеживается датчиками тока, то в работу подключается бгу. Но если клиенту не хватает собственных средств генерации либо у него избыток энергии, есть возможность подключения к общей сети энергодячеек



Рис. 2. Схема общение между ячейками peer-to-operator

РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА

По результатам поиска информации было выяснено, что энергосистемы, внедренные на данный момент в отдаленных населенных пунктах, являются невыгодными. К примеру, на изолированных и труднодоступных территориях, где электроэнергия вырабатывается в основном дизельными электростанциями.

Фактическая стоимость производства 1 кВт·ч электроэнергии зависит от сложности доставки туда дизельного топлива и достигает уровня от 100 до 450 руб. за кВт*ч.

Энергодячейки же будут в разы выгоднее.

Таблица 3. Тарифы использования ячейки

Тариф «Базовый» 2300 рублей в месяц	Тариф «Плюс» 2590 рублей в месяц
Аренда оборудования	Аренда оборудования
Пиковая нагрузка 15 кВт	Пиковая нагрузка 15 кВт
Гарантированное обеспечение электроэнергией на 8-9 кВт	Гарантированное обеспечение электроэнергией на 8-9 кВт

При потреблении больше 15 кВт пользователь не получает энергоснабжение	Пользователь может участвовать в энергетическом обмене
Пользователь не имеет возможности продавать и покупать энергию у других пользователей	Пользователь имеет право продавать энергию, если в накопителе имеется минимум 8-9 кВт

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Реализация проекта будет осуществляться поэтапно:

1. Поэтапное внедрение: подготовительный этап, пилотный проект, масштабирование.
2. Государственная поддержка: субсидирование, благоприятные нормативно-правовые условия, финансирование НИОКР.
3. Партнерство и кооперация: консорциумы, привлечение местных организаций, подготовка кадров.
4. Внедрение цифровых технологий: интеллектуальные системы, «Интернет вещей», цифровые платформы.

В работе была отражена актуальность выбранной темы и ее значение для энергетики нашей страны. В общей части были решены задачи проекта, рассмотрен потенциал возобновляемых источников энергии, выбрана концепция автономного децентрализованного электрообеспечения, выполнено проектирование интегрированной системы энергетической ячейки, разработан и собран рабочий макет, произведен расчет технико-экономического обоснования, даны рекомендации по реализации проекта.

Из вышеизложенного следует, что в общем случае решение задачи обеспечения электроэнергией конкретного удаленного потребителя определяется набором значительного объема исходной информации и не является однозначным. Инвариантность обусловлена еще и тем, что в настоящее время различными отечественными и зарубежными производителями выпускается большое количество электрооборудования с разными техническими характеристиками и широкой ценовой линейкой, что делает решение рассматриваемой задачи неоднозначным. В связи с этим целесообразна разработка рекомендаций и методических материалов, систематизирующих существующую современную информацию об электрооборудовании и электроустановках, предназначенных для электрообеспечения удаленных и малонаселенных территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 27.12.2019 № 471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике в части развития микрогенерации».
2. Федеральный закон от 23 ноября 2010 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.10.2009 № 823 «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики».
4. Группа «Россети» <https://www.rosseti.ru>.
5. Электротехинфо https://eti.su/articles/over/over_115.html (дата обращения 22.02.2024).