

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Институт

Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Горопов

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2024г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Анализ альтернативных источников питания для электроснабжения удаленных
(изолированных) районов

тема

Руководитель

подпись, дата

доцент, к.э.н.

должность, ученая степень

Н. В. Дулесова

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

М. Е. Журавлев

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И. А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2024

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Институт

Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов _____

подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 2024г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в виде бакалаврской работы

Студенту Журавлеву Максиму Евгеньевичу
(фамилия, имя, отчество)

Группа ХЭН-10-01(10-1) Направление (специальность)
номер
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код, наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Анализ альтернативных источников питания для электроснабжения удаленных (изолированных) районов

Утверждена приказом по институту № 259 от 07.05.2024 г.

Руководитель ВКР Н. В. Дулесова, доцент кафедры «ЭМиАТ»

(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР: Статистические данные по ОЭС Сибири и РХ

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение

1 Электроснабжение удаленных и изолированных потребителей с использованием ВИЭ: проблемы, особенности, возможности.

1.1 Современное направление развития энергетической отрасли России

1.2 Электроснабжение удаленных регионов. Направления и проблемы

1.3 Используемые источники возобновляемой энергии в мире и России

1.4 Программы поддержки развития ВИЭ в России

2 Оценка эффективности. Методы, показатели, возможные границы применения возобновляемых источников энергии

2.1 Территории Российской Федерации и Республики Хакасия, потенциально располагающие для установки возобновляемых источников энергии

2.2 Критерии отбора, и методы оценки системы электроснабжения на базе ВИЭ

2.3 Оценка эффективности экономической составляющей, определение границ эффективности

3 Практическая часть

3.1 Оценка показателей ВИЭ, при которых их использование будет целесообразно

3.2 Экономический потенциал и анализ электропотребления удаленных населенных пунктов

3.3 Технико-экономическое сравнение систем питания от автономного источника на базе ВИЭ с ДЭС

Список использованных источников

Руководитель ВКР

подпись

Н. В. Дулесова
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

М. Е. Жкравлев
инициалы, фамилия

20 февраля 2024 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Анализ альтернативных источников питания для электроснабжения удаленных (изолированных) районов» содержит 54 страницы текстового документа, 28 использованных источников.

Объект исследования: альтернативные источники питания.

Предмет исследования: технико-экономические показатели при внедрении альтернативных источников.

Цель данной работы заключается в определении экономической целесообразности использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для электроснабжения удаленных источников.

Задачи работы:

1. Изучение особенностей электроснабжения удалённых регионов.
2. Определение методов и оценка эффективности использования ВИЭ.
3. Расчёт технико-экономических показателей ВИЭ при электроснабжении удалённых потребителей.
4. Сравнение ВИЭ с традиционными источниками электроснабжения удалённых электроприёмников.
5. Анализ экономического эффекта от внедрения альтернативных источников питания.

Научная новизна работы заключается в анализе экономического эффекта с учетом современных цен на альтернативные источники энергии и тенденций развития.

Практическая значимость исследований состоит в том, что полученные данные позволят проанализировать текущее состояние дел и выработать рекомендации по исправлению проблемных мест.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Analysis of alternative power sources for power supply to remote (isolated) consumers" contains 54 pages of a text document, 28 sources used.

The object of the study is alternative power sources.

Subject of the study: technical and economic indicators for the introduction of alternative sources.

The purpose of this work is to determine the economic feasibility of using renewable energy sources for power supply to remote sources.

The scientific novelty of the work lies in the analysis of the economic effect, considering modern prices for alternative energy sources and development trends.

The practical significance of the research lies in the fact that the data obtained will allow us to analyze the current situation and develop recommendations for correcting problem areas.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Электроснабжение удаленных и изолированных потребителей с использованием возобновляемых источников энергии: проблемы, особенности, возможности.....	9
1.1 Современное направление развития топливно-энергетической отрасли России.....	9
1.2 Электроснабжение удаленных регионов: Направление и проблемы	10
1.3 Используемые источники возобновляемой энергии в мире и России ..	12
1.4 Программы поддержки развития ВИЭ в России	16
2 Оценка эффективности. Методы, показатели, возможные границы применения возобновляемых источников энергии	19
2.1 Территории Российской Федерации и Республики Хакасия, потенциально располагающие для установки возобновляемых источников энергии	21
2.2 Критерии отбора, и методы оценки системы электроснабжения на базе ВИЭ.....	23
2.3 Оценка эффективности экономической составляющей, определение границ эффективности.....	24
3 Практическая часть	28
3.1 Оценка показателей ВИЭ, при которых их использование будет целесообразно	28
3.2 Экономический потенциал и анализ электропотребления удаленных населенных пунктов.....	37
3.3 Техничко-экономическое сравнение систем питания от автономного источника на базе ВИЭ с ДЭС	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

В современных реалиях, когда электропотребление возрастает и загрязнение окружающей среды растёт, альтернативные источники энергии становятся наиболее востребованными. Особенно актуальной является проблема обеспечения электроснабжения удалённых районов, для которых недоступны традиционные источники энергии, такие как уголь, нефть и природный газ, а используемые, например, дизельные электростанции являются экономически невыгодными.

В таких условиях альтернативные источники питания: солнечная энергия, ветряная энергия, геотермальная энергия и др., становятся выгодным и необходимым решением для обеспечения надёжного и экологически чистого электроснабжения населённых пунктов в отдалённых районах.

В данном исследовании будут рассмотрены различные аспекты использования альтернативных источников энергии для электроснабжения удалённых территорий и их сравнительный анализ с традиционными методами электроснабжения.

Актуальность исследования состоит в том, что на данный момент электроснабжение удалённых потребителей в большинстве случаев не выгодно экономически и сложно технически.

Объектом исследования являются источники альтернативной энергии.

Предметом исследования являются технико-экономические показатели результата внедрения альтернативных источников.

Цель заключается в определении экономической целесообразности использования ВИЭ для электроснабжения удалённых источников.

Задачи работы:

6. Изучение особенностей электроснабжения удалённых регионов.
7. Определение методов и оценка эффективности использования ВИЭ.
8. Расчёт технико-экономических показателей ВИЭ при электроснабжении удалённых потребителей.

9. Сравнение ВИЭ с традиционными источниками электроснабжения удалённых электроприёмников.

10. Анализ экономического эффекта от внедрения альтернативных источников питания.

Методы исследования – статистическая обработка данных и экономический анализ.

Научная новизна работы заключается в анализе экономического эффекта с учетом современных цен на альтернативные источники энергии и тенденций развития.

Практическая значимость работы – проведённый анализ позволит проанализировать текущее состояние дел и выработать рекомендации по наиболее выгодному электроснабжению удалённых источников.

Обоснованность и достоверность результатов – стоимость и паспортные данные различных источников питания были взяты с официальных каталогов действующих компаний, что исключает ошибки в технико-экономических расчётах.

Апробация работы

В мае 2024 года на XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны – 2024», были представлены основные результаты работы, докладчик был награжден **дипломом третьей степени**, а статья «Повышение надежности электрической сети Московской области при помощи распределенной генерации с возможностью резервирования электроэнергии», принята к публикации в электронный сборник научных трудов конференции.

1 Электроснабжение удаленных и изолированных потребителей с использованием возобновляемых источников энергии: проблемы, особенности, возможности

1.1 Современное направление развития топливно-энергетической отрасли России

Топливо-энергетический комплекс – это одна из важнейших отраслей экономики страны, так как функционирование других отраслей экономики становится практически невозможным без достаточного обеспечения топливно-энергетическими ресурсами.

Топливо-энергетический комплекс включает в себя следующие отрасли:

1. Топливная промышленность.
 - 1.1. Газовая промышленность.
 - 1.2. Нефтяная промышленность.
 - 1.3. Угольная промышленность.
 - 1.4. Торфяная промышленность.
 - 1.5. Сланцевая промышленность.
2. Электроэнергетика.
 - 2.1. ГЭС.
 - 2.2. АЭС.
 - 2.3. ТЭС.
 - 2.4. Альтернативные источники.

Максимально эффективное распоряжение имеющимися топливно-энергетическими ресурсами может обеспечить стабильное развитие промышленности, агрономического комплекса, а также повысить благосостояние население и укрепить экономику в целом. Развитие топливно-энергетического комплекса является основополагающим для технологического и социально-экономического роста.

Тенденции, характерные для развития энергетической отрасли России, разделяют на следующие направления:

1. Декарбонизация – увеличение объёмов производства электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии, использование чистой и безуглеродной технологии
2. Децентрализация – географическое распределение генерации на большое количество производителей, позволяющее снизить энергоёмкость и потери в линиях. Также появляется возможность установки возобновляемых источников энергии
3. Цифровизация – внедрение цифровых машин во все уровни энергосистемы: от производства до потребителя. Это позволит улучшить управление состоянием ЭЭС [1].

1.2 Электроснабжение удаленных регионов: Направление и проблемы

Вопрос качества и надёжности электроснабжения изолированных и удалённых потребителей до сих пор не решён в полной мере. Причиной можно назвать то, что названные потребители в регионах рассредоточены на большой территории, поэтому их обеспечение от централизованного электроснабжения почти невозможно технически и экономически не выгодно.

На данный момент самым распространённым методом электрообеспечения удалённых потребителей являются дизельные электростанции (ДЭС). В общей сложности их более 5 тыс. штук мощностью около 1,8 млрд кВт*ч/год [2].

При этом электроснабжение от ДЭС имеет ряд проблем, например:

1. Износ ДЭС. Многие станции превысили свой срок эксплуатации или не обслуживались в должной мере.
2. Зависимость от поставок топлива.
3. Сезонность поставок. В некоторые пункты можно завезти топливо только в определённые сезоны, а ожидание такой поставки может продлиться больше года.

4. Слаборазвитая транспортная инфраструктура. В некоторых случаях дорога может вообще отсутствовать.

5. Финансовая зависимость от государственных льгот. Сложность и дальность доставки топлива настолько повышает себестоимость 1кВт*ч. (в крайне удаленных местах себестоимость может повышаться на 70%–80%), что продажа электроэнергии происходит по цене ниже себестоимости [2].

Как правило, дизель-генераторы малой мощности, установленные на ДЭС, имеют небольшие технико-экономические показатели, а сильная неравномерность нагрузки и рост цен на транспортные расходы снижают КПД в несколько раз.

Повышение тарифов на топливные ресурсы и транспортные расходы, а также неэффективность и сложность обслуживания ДЭС вынуждают пересмотреть политику энергоснабжения.

В России решением этого вопроса занимаются уже длительное время. Одной из первых программ, призванных решить проблемы электроснабжения, стала программа «Топливо и энергия» 1993г., благодаря которой Россия начала реализовываться в следующих направлениях:

1. Повышение технической оснащенности объектов:

1.1. Импортозамещение – производство высокотехнологичного современного оборудования на предприятиях, принадлежащих Российской Федерации.

1.2. Нарращивание объёмов производства ВИЭ – запуск в серийное производство технологий на базе ВИЭ для понижения цен на такие энергоустановки.

2. Поддержка на уровне законодательства:

2.1. Разработка и установка законов и правовых форм для поддержания энергетики на основе ВИЭ.

2.2. Использование региональных программ, устанавливающих нормы обеспечения топливом для удаленных территорий, а также контроль за исполнением этих норм.

2.3. Использование органов регионального управления для пропаганды и поддержки использования энергоустановок на ВИЭ потребителями и поставщиками электроэнергии.

3. Финансовая поддержка:

3.1. Поддержка предприятий и частных лиц, инвестирующих в размещение малых электроустановок вблизи изолированных потребителей.

3.2. Выдача субсидий и дотаций на установку станций на базе ВИЭ.

3.3. Выдача льготных кредитов на возведение ВИЭ [3].

1.3 Используемые источники возобновляемой энергии в мире и России

Таблица 1 – Мощность ВИЭ в мире (за 2020 г.) [4]

Вид	Мощность, ГВт	% от всех ВИЭ
Гидроэнергетика	1309	49
Ветровая	623	23
Солнечная	587	22
Биоэнергетика	124	4,7
Геотермальная	14	0,5
Приливная	0,5	0,02

Таблица 2 – Доля ВИЭ в электроэнергетике разных стран, % [4]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Мир	19,7	19,9	20,2	21,2	21,9	22,6	23,1	24,1	24,8	25,6
Россия	17,8	16,3	15,9	15,7	17,3	16,7	16	17,2	17	17,2
ЕС	19,5	21,1	21,4	24,2	27,2	29,2	29,9	30,1	30,4	32,7
СНГ	17,3	16,5	16	15,6	17	16,3	15,8	17	17,1	18
США	10,8	10,6	12,7	12,4	13	13,4	13,6	15,3	17,4	17,5
Европа	23,6	25,2	25,2	28,4	30,9	32,3	33,6	34	33,8	36,4
Китай	17,9	18,8	17	20,1	20,5	22,8	24,1	25,3	25,7	26,3

Таблица 3 – Введенная в эксплуатацию мощность ВИЭ в России [4]

Источники альтернативной энергии	Установленная мощность, МВт
Солнечная энергия	146,3
Геотермальная энергия	77,6
Энергия ветра	18,1

Продолжение таблицы 3

Источники альтернативной энергии	Установленная мощность, МВт
Энергия потоков воды (сточных вод в т. ч.	8,3
Биомассы	6,0
Биогазы	3,6
Газы, выделяемые отходами производства и потребления	2,4
Энергия приливов	1,7

Солнечная энергия. На территории России отмечается значительная популярность использования солнечной энергии. При помощи карты инсоляции (рис.1) выявлены регионы с высоким потенциалом для установки солнечных электростанций (СЭС). В первую очередь это почти все южные регионы России, юго-западные, а также часть западных регионов, включающая Магаданскую область, Хабаровский край и Якутию.



Рисунок 1 – Карта инсоляции Российской Федерации [5]

Ветряная энергетика. Ветровой потенциал распределён по территории России неравномерно. Карта ветровых ресурсов, изображенная на рисунке 2, демонстрирует географическое распространение ветровых потоков, подходящих для использования в энергетике на высоте 50 метров над уровнем суши.

Согласно карте, наивысшие значения средней скорости ветра, благоприятные для установки ветряных электростанций (ВЭС), наблюдаются вдоль берегов Берингова, Карского, Баренцева и Охотского морей, а также на юге страны у Черного и Каспийского морей. Районы с довольно высокой скоростью ветра (5–6 м/с) включают побережья Чукотского, Восточно-Сибирского и Японского морей на востоке, а также море Лаптевых на севере. Значительные ветроэнергетические ресурсы также присутствуют в Нижнем и Среднем Поволжье, степных районах Западной Сибири, на Урале и у Байкала.



Рисунок 2 – Карта ветрового потенциала Российской Федерации

Энергия Биомассы. В России ежегодно образуется около 300 миллионов тонн отходов в различных секторах народного хозяйства. На данный момент существующий потенциал переработки этих отходов недостаточно задействован: имеются лишь одиночные пилотные установки, не обладающие достаточными эксплуатационными характеристиками для широкого промышленного применения.

Почти единственным критерием в процессе производства энергии из биомассы является близость места производства энергии к источнику сырья, что позволяет получать значительный объем относительно недорогой энергии.

Наиболее перспективные регионы для извлечения энергии из биомассы в России включают Краснодарский край, Черноземье, южную Сибирь и центральные области страны.

Геотермальная энергия. Геотермальная энергия в России обладает наибольшим экономическим потенциалом, оцениваемым в 115 миллионов тонн условного топлива (т.у.т.) в год, однако только 5% всех геотермальных вод используются. На карте геотермальных ресурсов России, представленной на рисунке 3, видны регионы с наибольшим потенциалом для развития геотермальной энергетики: Курильские острова, полуостров Сахалин, Камчатка, Ставропольский и Краснодарский край, Республики Ингушетия и Дагестан, а также Тюменская, Томская, Омская и Новосибирская

Следует отметить, что большая часть геотермальные источники в России находятся в экономически неудобных районах, таких как Курильские острова, Камчатка и Сахалин, имеющие большую сейсмичностью, невысокую плотностью населения и малоразвитую инфраструктуру, что делает развитие геотермальной энергетики в таких регионах экономически невыгодным.



Рисунок 3 – Карта геотермальных ресурсов Российской Федерации

Приливная энергетика. Единственными перспективными регионами являются Охотское и Белое моря, их приливы достаточно большие для использования в выработке электроэнергии. В остальных же регионах с водными ресурсами приливы поднимаются только на сантиметры, чего недостаточно.

Малая гидроэнергетика. Малая гидроэнергетика регионов оценивается по наличию значительных перепадов рельефа и количеству рек. Наиболее перспективными с точки зрения гидроэнергетического потенциала являются восточная и средняя Сибирь, где присутствуют горные рельефы и много средних и малых рек. Горные республики Северного Кавказа и Кольский полуостров также имеют высокий потенциал. Европейская часть России способна генерировать достаточно электроэнергии для районов, ориентированных на сельское хозяйство, основываясь на её природных условиях. Меньший потенциал у засушливых районов Западной Сибири и юга России [5].

1.4 Программы поддержки развития ВИЭ в России

Программы поддержки развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России направлены на стимулирование использования экологически чистой энергии и снижение зависимости от ископаемого топлива.

В настоящее время в России действуют несколько программ поддержки развития ВИЭ. К ним относятся:

1. Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности», которая включает в себя меры по развитию ВИЭ, в том числе солнечной и ветряной энергетики.
2. Зеленые сертификаты – это система, позволяющая получить подтверждение того, что потребитель ЭЭ нивелирует углеродный след, и имеет право официально заявлять об этом в отчетах, рекламе и т. д.
3. Инвестиционные налоговые кредиты – предоставление налоговых льгот для компаний, инвестирующих в проекты ВИЭ.

4. Программы региональной поддержки – у регионов России могут быть свои программы поддержки ВИЭ, включая субсидии и налоговые льготы для местных проектов.

5. Федеральные и региональные гранты – предоставление финансирования для исследований и разработок в области ВИЭ.

6. Соглашения о разделе продукции (СРП) – контракты, которые позволяют инвесторам разрабатывать проекты ВИЭ на условиях раздела продукции с государством.

Но последние несколько лет основным источником развития ВИЭ был договор на предоставление мощности ВИЭ (ДПМ ВИЭ). Он представляет собой контракт на поставку мощностей между производителями электроэнергии, использующими альтернативные источники. В рамках этой программы государство выкупает кВт*ч. по повышенному тарифу для уменьшения срока окупаемости и повышения доходности.

ДПМ ВИЭ входил в Постановление Правительства РФ от 29 августа 2020 г. N 1298 «О вопросах стимулирования использования возобновляемых источников энергии, внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации» [6].

У программы есть 2 этапа:

1. ДПМ ВИЭ 1.0, который был завершён в 2020г.
2. ДПМ ВИЭ 2.0 (второй этап поддержки ВИЭ). Основными целями реализации программы ДПМ ВИЭ 2.0 являются повышение конкурентоспособности российского промышленного объединения на внутреннем и внешнем рынках, дальнейшее развитие индустриальных компетенций, увеличение объемов экспорта высокотехнологичного оборудования на базе ВИЭ.

Общий объем поддержки по программе ДПМ ВИЭ 2.0 составит 360 млрд рублей (в ценах 2021 года) до 2035 года.

Главные отличия ДПМ ВИЭ 2.0 от ДПМ ВИЭ 1.0 заключаются в следующем:

1. Конкурсный отбор инвестиционных проектов ВИЭ будет осуществляться на основе заявленного инвесторами показателя эффективности генерирующего объекта, а не по величине капитальных затрат на реализацию таких проектов.

2. Вместо ограничений по годовым объемам ввода мощностей планируемых проектов установлены ежегодные объемы поддержки в рублях.

3. Переход на базисную методику и новые целевые показатели локализации основного и (или) вспомогательного оборудования генерирующего объекта ВИЭ и ужесточение штрафных коэффициентов за несоблюдение целевых показателей.

4. Введение требований по экспорту, определяемых как отношение объемов экспортной выручки к производству плановой годовой выработки электрической энергии и показателя эффективности.

5. Мощность проекта МГЭС, заявленного на конкурсный отбор, не должна превышать 50 мвт (вместо 25 мвт).

Минэнерго России ожидает, что в результате программы ДПМ ВИЭ 2.0 в России будет введено более 6 ГВт новых мощностей ВИЭ. При этом, общая установленная мощность электростанций ВИЭ, построенных в рамках ДПМ ВИЭ 1.0 и ДПМ ВИЭ 2.0, к 2035 году составит более 12 ГВт [7].

2 Оценка эффективности. Методы, показатели, возможные границы применения возобновляемых источников энергии

Методы оценки эффективности использования возобновляемых источников энергии включают в себя такие подходы, как экономический анализ, экологический анализ и социальные исследования:

1. Экономический анализ позволяет оценить себестоимость производства энергии из возобновляемых источников и сравнить её с другими источниками энергии.

2. Экологический анализ учитывает влияние использования возобновляемых источников на окружающую среду, таких как выбросы парниковых газов и загрязнение воды.

3. Социальные исследования позволяют выявить последствия введения в работу новых станций с использованием возобновляемых источников энергии, таких как создание рабочих мест или улучшение качества жизни сельских жителей.

Показатели эффективности использования возобновляемых источников энергии включают в себя следующие параметры:

1. Коэффициент использования установленной мощности, который показывает, какая часть производимой энергии используется.

2. Коэффициент надежности, который позволяет оценить стабильность и надежность энергосистемы на основе обеспечения энергией из возобновляемых источников.

3. Удельные затраты на производство энергии из возобновляемых источников.

4. Уровень выбросов парниковых газов.

Возможные границы применения возобновляемых источников энергии, а также то, какие именно альтернативные источники будут использоваться в каждом конкретном кейсе, зависит от множества взаимосвязанных факторов:

1. Экономический фактор. Одним из основополагающих факторов влияющих на распространение станций на базе ВИЭ является стоимость

оборудования, цена на устанавливаемое оборудование напрямую влияют на итоговую себестоимость 1 кВт*ч. Наличие Государственных льгот и субсидий может существенно снизить этот показатель

2. Географический фактор. Важным фактором является и географическое расположение потребителя, наличие гор, рек, количество солнечных дней в году, скорость ветра и климат т. д. От того какие природные условия преобладают в регионе, зависит какие ВИЭ будет целесообразно использовать, и будет ли вообще целесообразно. Важно учитывать и расстояние до централизованного источника питания. При выборе автономной электроустановки на базе ВИЭ стоит сравнивать технико-экономические показатели с таковыми при питании от централизованной сети (если такое подключение вообще возможно).

3. Технологический фактор. Повышение эффективности современного оборудования и расширение масштабов производства позволяют снизить цены на оборудование, чтобы сделать ВИЭ более доступными для массового потребителя.

4. Инфраструктурный фактор. Уровень и скорость развития энергетической и транспортной инфраструктуры региона также влияет на целесообразность установки альтернативных источников питания. При определённых условиях, к моменту реализации автономного питания, развитие инфраструктуры может исключить потребителя из ряда изолированных потребителей.

5. Политический и законодательный фактор. Развитие любой отрасли, в том числе и источников питания на ВИЭ, по большей части зависит от государственного финансирования. При большом количестве законодательных актов и программ поддержки, стимулирующих и финансирующих обустройство станция на альтернативных источниках питания, время разработки и установки новых источников питания значительно сокращается.

6. Социальный и экологические факторы. Лояльность общественности также способствует значительному развитию отрасли. Кроме того, снижение

экологического влияния, способствует распространению и увеличению объёмов финансирования со стороны населения и инвесторов [8].

2.1 Территории Российской Федерации и Республики Хакасия, потенциально располагающие для установки возобновляемых источников энергии

Российская Федерация, обладая огромными территориями и разнообразными климатическими условиями, представляет значительный потенциал для развития возобновляемых источников энергии. Рассмотрим ВИЭ, которые могут быть наиболее подходящими для установки, учитывая природные и климатические особенности регионов России:

1. Солнечная энергия. Благодаря высокому уровню солнечной инсоляции, южные регионы России, такие как Краснодарский край, Республика Калмыкия и Астраханская область являются идеальными для развития солнечной энергетики. Степные и полупустынные зоны предоставляют обширные площади для установки солнечных панелей без значительного вмешательства в экосистемы.

2. Ветряная энергия. Высоким ветровым потенциалом обладают побережье Баренцева и Черного морей, а также открытые равнины Сибири и Дальнего Востока. Регионы, такие как Мурманская область и Камчатский край, могут стать центрами ветроэнергетики благодаря стабильным и сильным ветрам.

3. Гидроэнергия. Сибирь и Дальний Восток России богаты речными системами, которые могут быть использованы для гидроэнергетических проектов. Реки, такие как Енисей, Лена и Амур, имеют огромный потенциал для строительства малых и средних ГЭС, что может обеспечить энергией отдаленные и труднодоступные территории.

4. Биоэнергия. Аграрные регионы, такие как Белгородская и Воронежская области, могут использовать отходы сельского хозяйства для производства биоэнергии. Дополнительным источником энергии для местных сообществ может стать использование биомассы и биогаза.

5. Геотермальная энергия. Благодаря вулканической активности Камчатка и Курильские острова обладают значительным геотермальным потенциалом. Эти удаленные регионы может обеспечить энергией развитие геотермальных станций [9].

Республика Хакасия, расположенная в центральной части России, обладает уникальными природными условиями, которые делают её одной из перспективных территорий для развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Богатство природных ресурсов, таких как водные, солнечные и ветровые, предоставляет Хакасии возможность для создания экологически чистой и устойчивой энергетической системы:

1. Солнечная энергия. Хакасия характеризуется высоким уровнем солнечной активности, особенно в южных районах. Это делает регион идеальным для установки фотовольтаических станций. Просторные и малонаселенные территории могут быть использованы для масштабных солнечных парков, которые могут снабжать энергией не только местное население, но и соседние регионы.

2. Ветряная энергия. Ветровой потенциал Хакасии также заслуживает внимания, особенно в горных и степных зонах, где преобладают устойчивые ветра. Развитие ветроэнергетических установок может стать важным шагом на пути к диверсификации энергетического баланса республики.

3. Гидроэнергия. Реки Хакасии, включая мощный Енисей, представляют собой ценный ресурс для гидроэнергетики. Малые гидроэлектростанции могут быть построены на множестве речных притоков, обеспечивая энергией отдаленные сельские районы.

4. Биоэнергия. Сельскохозяйственная деятельность в Хакасии производит значительное количество органических отходов, которые могут быть переработаны в биогаз. Это не только снизит зависимость от традиционных источников энергии, но и поможет решить проблему утилизации отходов.

5. Геотермальная энергия. Хотя Хакасия не известна своей вулканической активностью, исследования геотермального потенциала могут

выявить новые возможности для использования тепла земли, особенно в районах с горячими источниками [10].

Республика Хакасия имеет все шансы стать одним из лидеров в области ВИЭ в России. Однако для реализации этого потенциала необходимо совместное усилие правительства, бизнеса и научного сообщества. Инвестиции в исследования, разработка инфраструктуры и подготовка кадров могут способствовать устойчивому развитию в Хакасии экологически чистой энергетики.

2.2 Критерии отбора, и методы оценки системы электроснабжения на базе ВИЭ

Анализ критериев отбора и методов оценки систем электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является одной из ключевых задач при разработке и внедрении энергетических проектов. При выборе оптимальной системы электроснабжения необходимо учитывать ряд факторов, включая экономическую эффективность, техническую надежность, экологическую безопасность и социальную значимость.

Критерии отбора системы электроснабжения на базе ВИЭ:

1. Техническая жизнеспособность. Оценка потенциала альтернативных источников в конкретной локации, включая солнечную инсоляцию, скорость ветра, гидрологические данные и другие факторы.
2. Экономическая эффективность включает в себя анализ стоимости установки, эксплуатации и обслуживания системы, а также расчет окупаемости инвестиций.
3. Надежность и стабильность. Способность системы обеспечивать бесперебойное и качественное электроснабжение.
4. Экологическая устойчивость. Уменьшение воздействия на окружающую среду и вклад в снижение выбросов парниковых газов.
5. Социальная приемлемость. Исследование влияния на местное население и его отношение к проекту.

Методы оценки системы электроснабжения на базе ВИЭ:

1. Моделирование и симуляция. Использование программного обеспечения для моделирования работы системы в различных условиях и оценки её производительности.
2. Анализ рисков. Оценка вероятности возникновения непредвиденных событий и их влияния на работу системы.
3. Комбинированный анализ. Сопоставление различных критериев отбора и оценки для определения оптимального варианта.
4. Социально-экономический анализ. Оценка воздействия проекта на экономику региона и благосостояние населения.

Выбор и оценка системы электроснабжения на базе ВИЭ требуют комплексного подхода, учитывающего множество факторов. Техническая жизнеспособность, экономическая эффективность, надежность, экологическая и социальная устойчивость являются ключевыми критериями отбора. Методы оценки, такие как моделирование, анализ рисков, комбинированный и социально-экономический анализы, позволяют всесторонне оценить потенциал и эффективность системы электроснабжения на базе ВИЭ. Такой подход способствует обоснованному выбору и успешной реализации проектов, направленных на устойчивое энергоснабжение и снижение воздействия на окружающую среду [11].

2.3 Оценка эффективности экономической составляющей, определение границ эффективности

Эффективность экономической составляющей определяет, насколько рационально используются ресурсы и как скоро окупятся инвестиционные вложения.

Экономическая эффективность проекта – это мера его способности приносить доход, иначе говоря, сокращать затраты по сравнению с вложенными ресурсами. Оценка экономической эффективности важна для определения

целесообразности инвестиций и для понимания того, как проект может повлиять на экономику в целом.

Критерии оценки экономической эффективности:

1. Чистый дисконтированный доход (Net Present Value, NPV) – это стоимость всех будущих доходов и расходов проекта, учитывающая временную стоимость денег на сегодняшний момент.
2. Внутренняя норма доходности (Internal Rate of Return, IRR) – это ставка дисконтирования, при которой NPV проекта равна нулю.
3. Индекс рентабельности инвестиций (Profitability Index, PI) – это соотношение между приведенной стоимостью будущих денежных потоков и первоначальными инвестициями.
4. Срок окупаемости – время, необходимое для возврата инвестиций.
5. Уровень безубыточности – объем доходов, необходимый для покрытия постоянных и переменных затрат.

Методы оценки экономической эффективности

1. Дисконтирование денежных потоков. Приведение будущих денежных потоков к текущей стоимости с использованием выбранной ставки дисконтирования.
2. Сценарный анализ. Оценка проекта при различных предположениях о будущем развитии событий.
3. Анализ чувствительности. Исследование влияния изменения ключевых параметров на экономическую эффективность.
4. Мультикритериальный анализ. Сравнение проектов по нескольким критериям одновременно.

Границы эффективности – это условия, при которых проект остается экономически выгодным. Они включают в себя анализ точки безубыточности, уровня риска и возможности адаптации к изменяющимся условиям.

Оценка экономической эффективности и определение её границ имеют решающее значение для принятия обоснованных инвестиционных решений. Использование комплексного подхода, включающего различные методы и

критерии, позволяет всесторонне оценить проект и определить его жизнеспособность в долгосрочной перспективе. Это особенно важно для проектов в области ВИЭ, где экономическая составляющая тесно связана с технологическими инновациями, экологическими факторами и социальным воздействием.

Автономное энергоснабжение с использованием возобновляемых источников энергии представляет собой комплексную систему, которая должна быть не только экологически устойчивой, но и экономически выгодной. Она должна обеспечивать надежное и бесперебойное снабжение энергией в соответствии с потребностями пользователей.

Основные принципы:

1. Внедрение различных источников ВИЭ. Солнечная, ветряная, гидроэнергия и другие источники должны быть интегрированы для обеспечения стабильности энергоснабжения.

2. Масштабируемость. Система должна быть гибкой, чтобы можно было легко увеличивать или уменьшать мощность в зависимости от изменения потребностей.

3. Энергоэффективность. Минимизация потерь энергии на всех этапах от генерации до потребления.

4. Устойчивость к изменениям климата. Способность системы противостоять экстремальным погодным условиям.

Методика составления структуры энергоснабжения:

1. Анализ потребностей. Оценка текущих и будущих энергетических потребностей потребителей.

2. Оценка ресурсов ВИЭ. Исследование доступности и потенциала различных источников ВИЭ в данной местности.

3. Технико-экономический анализ. Сравнение стоимости различных вариантов и выбор наиболее эффективного сочетания источников и технологий.

4. Моделирование системы. Использование компьютерного моделирования для оптимизации работы системы и минимизации рисков.

5. Разработка инфраструктуры. Планирование и создание необходимой инфраструктуры для сбора, хранения и распределения энергии.

6. Управление и мониторинг. Внедрение систем управления и мониторинга для контроля и оптимизации работы системы [12].

Разработка оптимальной структуры автономного энергоснабжения с использованием ВИЭ требует комплексного подхода, учитывающего множество факторов: от местных климатических условий до экономических и технологических аспектов. Такая система должна быть гибкой, масштабируемой и устойчивой, чтобы обеспечить долгосрочную энергетическую безопасность и стабильность. Внедрение таких систем способствует не только экологической устойчивости, но и экономическому развитию регионов, благодаря повышению их энергетической независимости и снижению зависимости от традиционных источников энергии.

3 Практическая часть

3.1 Оценка показателей ВИЭ, при которых их использование будет целесообразно

Чтобы использование ВИЭ было целесообразно, станции должны соответствовать следующим условиям:

1. Операционные (эксплуатационные) затраты должны быть не больше, чем у ДЭС (с учетом транспортных расходов).

2. Максимальная автономность станции, необходима для компенсации транспортных расходов.

3. Соответствие природным параметрам. Эффективность станций ВИЭ напрямую зависит от природных условий региона, в котором они расположены.

В операционные затраты входят:

1. Постоянные затраты – необходимые расходы, которые не зависят от объёма производства: зарплата штатным рабочим, амортизационные отчисления, обслуживание оборудования, а также охрана и гарантия безопасности труда.

2. Переменные затраты – расходы, зависящие от объёмов производства, которые возрастают при увеличении объёмов и убывают при снижении: сырьё и комплектующие, затраченные на производство.

Сравнение затрат различных источников питания нельзя производить в отрыве от коэффициента использования установленной мощности, так как для выработки одинакового количества электроэнергии разными источниками требуются разные номинальные мощности. Следовательно, и инвестиционные затраты также будут отличаться.

Также при расчете затрат делаем допущение что на каждой станции есть работники, которые ее обслуживают

Данные для экономического сравнения операционных затрат берём из каталогов таких компаний как «Азимут», «YASHEL», «Технолайн», «ХЕВЕЛ» [13,14,15,16].

Таблица 4 – Экономическое сравнение операционных затрат различных источников питания

	ДЭС	СЭС	ВЭС
КИУМ %	87	20	35
Ном. мощность, кВт	840	3 650	2 100
Выработка ЭЭ в год, кВт*ч	6 400 000	6 400 000	6 400 000
Инвестиционные затраты, руб/ кВт	26 000	56 000	140 000
Инвестиционные затраты руб. всего	21 840 000	204 400 000	294 000 000
Постоянные затраты, руб/ кВт	1 500	2 500	4 000
Постоянные затраты, руб. всего	1 300 000	9 125 000	8 400 000
Переменные затраты, руб/кВт*ч	15,74	0	0
Переменные затраты, руб. всего	147 200 000	0	0
Операционные затраты руб. всего	100 736 000	9 125 000	8 400 000
Превышение инвест. затрат относительно ДЭС	-	182 560 000	268 160 000
Экономия на опер. тратах относительно ДЭС, (руб.)/год	-	91 611 000	92 336 000
Простой срок окупаемости, лет	-	2	2,9

В результате сравнения видим, что даже при значительно больших инвестиционных затратах, установка альтернативных источников питания именно для удалённых потребителей позволяет значительно снизить операционные расходы и окупиться всего за несколько лет. Но такой вывод верен только при условии, что погодные условия того места, где установлена станция, идеально подходят для выработки электроэнергии, что бывает очень редко. При учёте погодных условий фактический срок окупаемости может увеличиться в несколько раз.

Автономность станции – это параметр, обозначающий количество времени, которое электростанция может работать, выдерживая всю нагрузку, без вмешательства человека или помощи другой станции.

Автономность электростанции зависит от:

1. Объёма топлива, которое может быть запасено в хранилище генератора – чем больше топлива может запастись генератор, тем дольше он будет работать без дозаправки, то есть без участия человеческого вмешательства.

2. Расхода топлива – чем быстрее станция израсходует свой запас, тем чаще ее придется дозаправлять, что означает большее вмешательство человека в процесс работы станции.

3. Ограничения по времени работы – цикл работы, при котором генератор либо перестает вырабатывать электричество (в первую очередь актуально для ВИЭ), либо требуется остановка для обслуживания.

Для удалённых источников один из главных критериев автономности – это возможность работать без человеческого вмешательства, так как оперативный персонал не всегда имеет возможность прибыть на станцию.

Таблица 5 – Сравнение уровня автономности источников питания

	ДЭС	СЭС	ВЭС	МГЭС	Гибрид ДЭС и СЭС
Возможное время работы в сутках (летом), часов	24	16	0-24	24	24
Возможное время работы в сутках (зимой), часов	24	8	0-24	24	24
Время работы без дозаправки(летом), часов	8-12	Не требуется	Не требуется	Не требуется	24-28
Время работы без дозаправки(зимой), часов	5-8	Не требуется	Не требуется	Не требуется	13-16
Количество дней в месяце, когда требуется обслуживание (дозаправка, чистка и т. д.)	30-31	4-5	4-5	1-2	15-16
Время простоя из-за техобслуживания за месяц, часов	6	1	1	4	0

Продолжение таблицы 5

	ДЭС	СЭС	ВЭС	МГЭС	Гибрид ДЭС и СЭС
Среднее количество часов работы за месяц (лето), часов	714-738	419-435	Требуются замеры	716-740	720-744
Среднее количество часов работы за месяц (зима), часов	714-738	239-247	Требуются замеры	716-740	720-744
Среднее количество часов работы за год	8568-8688	2868–2964	Требуются замеры	8592-8712	8640
Количество дней в году, когда требуется обслуживание человеком (дозаправка, чистка, плановый техосмотр и т.д.)	365	50-55	50-55	12-24	180-185

По критерию «человеческого вмешательства» максимальную автономность имеют СЭС, ВЭС и МГЭС, но СЭС и ВЭС имеют значительный недостаток – они не могут обеспечивать электроэнергией постоянно, а использование большого количества АКБ экономически невыгодно. Поэтому в качестве альтернативы был рассмотрен гибридный вариант ДЭС и СЭС, где ДЭС резервирует СЭС. В таком случае, по сравнению с традиционной ДЭС, количество человеко-часов в работе станции удалось уменьшить вдвое, что значительно повышает как автономность станции, так и её надежность за счёт резервирования.

Все виды ВИЭ очень зависят от погодных условий, в которых они находятся. И методики расчета их эффективности тоже отличаются.

Для СЭС методика следующая: [17]

В первую очередь стоит оценить суммы прямой и рассеянной радиации, падающей на плоский фотоэлемент. Предварительно находим объём солнечной радиации:

$$I_{\Pi} = I_0 * e^{-\delta_R T_L m} \quad (3.1.1)$$

I_0 – солнечная радиация у верхней границы земной атмосферы, Вт/м²;

δ_R – оптическая толщина атмосферы;

T_L – фактор мутности Линке;

m – число оптических масс атмосферы.

$$I_0 = I_{sc} \left(1 + 0,033 \cos \left(\frac{360}{365} d \right) \right) \quad (3.1.2)$$

I_{sc} – солнечная постоянная = 1367 Вт/м²

d – день года по порядку, начиная с 1 января

$$\delta_R = \frac{1}{6,6296 + 1,7513m - 0,1202m^2 + 0,0065m^3 - 0,00013m^4} \quad (3.1.3)$$

Коэффициент мутности Линке по месяцам, можно определить из табличных данных [18].

Таблица 6 – Оценка фактора мутности Линке для Республики Хакасия (51°15'-55°23' с.ш. и 87°50'-91°57' в.д.)

Месяц	Коэф. мутности Линке
Январь	2,11
Февраль	2,32
Март	2,36
Апрель	2,49
Май	2,55
Июнь	2,62
Июль	2,77
Август	2,65
Сентябрь	2,18
Октябрь	2,03
Ноябрь	1,80
Декабрь	1,78

Число оптических масс m :

$$m = \frac{1}{\sin(a) + 0,50572 * (6,07995 + a)^{-1,6364}} \quad (3.1.4)$$

a – высота солнца, рад.

$$\sin a = \sin\phi * \sin\delta + \cos\phi * \cos\delta * \cos\omega \quad (3.1.5)$$

ϕ – широта, на которой производится расчет, рад

δ – угол склонения солнца, рад

ω – угол солнца по часам, рад

Прямая солнечная радиация, поступающая на поверхность панели, находится по формуле:

$$I_{\text{пр}} = I_{\text{п}} * \sin a \quad (3.1.6)$$

А рассеянная радиация определяется:

$$I_{\text{рас}} = \frac{1}{3} * (I_0 - I_{\text{п}}) * \sin a \quad (3.1.7)$$

Суммарная солнечная радиация:

$$I_{\text{сум}} = I_{\text{пр}} + I_{\text{кос}} \quad (3.1.8)$$

Таким образом находим $I_{\text{сум}}$ для каждого месяца и вносим в таблицу:

Таблица 7 – Среднесолнечная радиация, поступающая на панели, в РХ

Месяц	Коэфф. мутности Линке	Ипр, кВт*ч/м ²	Икос, кВт*ч/м ²	Исум, кВт*ч/м ²
Январь	2,11	37,3	12,8	50
Февраль	2,32	57,5	17,1	74,6
Март	2,36	112,4	26,1	138,5
Апрель	2,49	161,3	33,1	194,4
Май	2,55	209,9	40,1	250
Июнь	2,62	219,6	42,3	261,8
Июль	2,77	211,6	44	255,7
Август	2,65	178,3	37,8	216,1
Сентябрь	2,18	132,9	25,8	158,6
Октябрь	2,03	83,9	19	102,9
Ноябрь	1,80	46,5	12	58,4
Декабрь	1,78	32,9	10	43
ГОД	-	1484,1	320,1	1804,2

После нахождения солнечной радиации можно определить вырабатываемую мощность фотоэлектрических панелей по формуле:

$$W = I_{\text{сум}} * k_p * \eta * F * (1 - k_t(t_i - 25)), \quad (3.1.9)$$

k_p – Коэфф. Потерь мощности в инверторах, обычно принимается 0,07

η – КПД солнечных модулей

F – площадь поверхности

k_t – коэффициент изменения КПД в зависимости от температуры принимаем 0,003. (Обычно написан в паспортных данных.)

t_i – температура воздуха, град.

Таблица 8 – Прогнозируемая выработка электроэнергии СЭС,
установленной в РХ

Месяц	$I_{\text{сум}}$, кВт*ч/м ²	k_p , о.е.	η , %	F, м ²	k_t , %/1С ^о	t_i , С ^о	W, кВт*ч
Январь	50	0,07	22,84	1	0,3	-20	11,59
Февраль	74,6	0,07	22,84	1	0,3	-16	15,86
Март	138,5	0,07	22,84	1	0,3	-4	21,48
Апрель	194,4	0,07	22,84	1	0,3	6	20,82
Май	250	0,07	22,84	1	0,3	15	15,99
Июнь	261,8	0,07	22,84	1	0,3	21	9,21
Июль	255,7	0,07	22,84	1	0,3	22	7,77
Август	216,1	0,07	22,84	1	0,3	19	9,67
Сентябрь	158,6	0,07	22,84	1	0,3	12	12,42
Октябрь	102,9	0,07	22,84	1	0,3	3	12,50
Ноябрь	58,4	0,07	22,84	1	0,3	-6	9,62
Декабрь	43	0,07	22,84	1	0,3	-18	9,56
ГОД							156,50

Исходя из данных таблицы видим, что с 1 кв. метра за год можем получить лишь 150–160 кВт*ч, при среднем ежемесячном потреблении частного дома в 250-300 кВт*ч. И для питания всего одного такого дома потребуется от 10 до 40 кв. метров площади. Но при условии, что панели можно устанавливать и на занятой территории, располагая их на крышах зданиях, то фактическое место, которое займут панели, может быть значительно уменьшено.

Усреднённой методики расчёта мощности для ВЭС нет, так как многое зависит от конструкции лопастей, ротора, вышки и т. д. Но обычно это не проблема, так как почти все производители приводят графики фактических мощностей в зависимости от скорости ветра, из которых можно рассчитать выработку установки.

Для примера возьмем Ветрогенератор 100 кВт YASHEL LT100KW: [14]

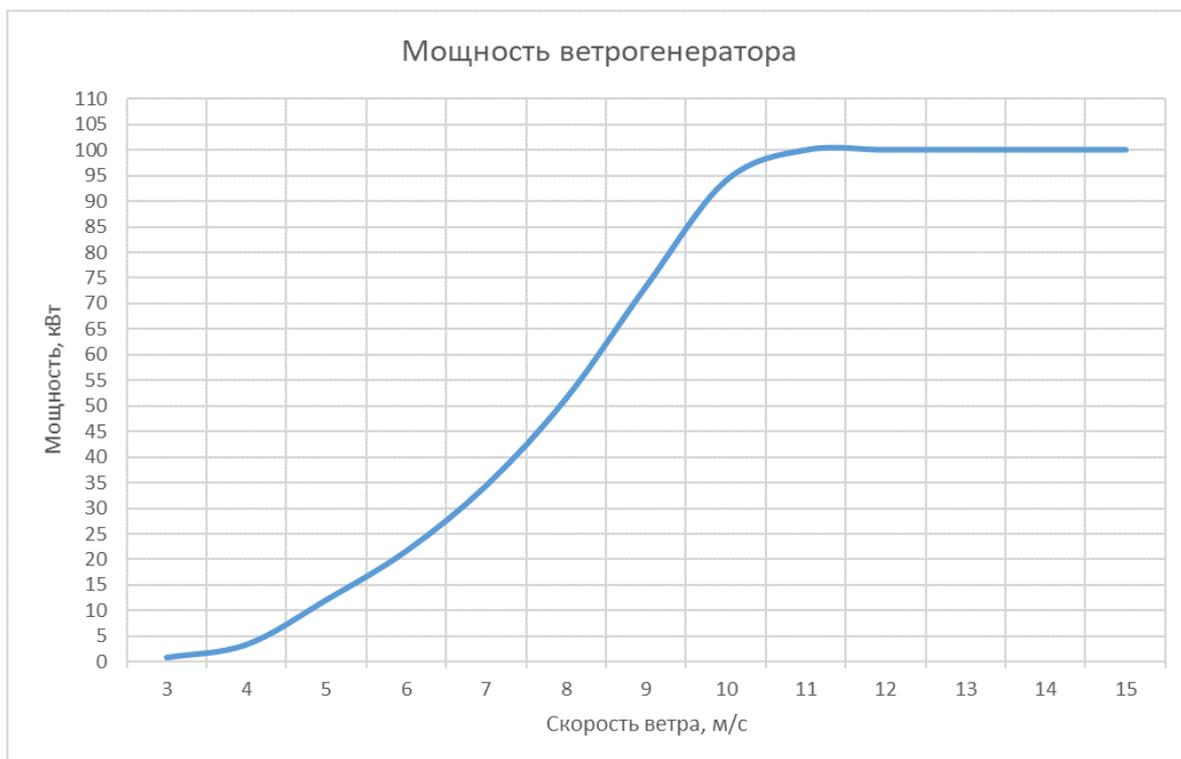


Рисунок 4 – График мощности ВЭУ

При расчёте выработки электроэнергии стоит учитывать среднюю скорость и время, когда ветер превышал пороговое значение ветряка. Для этого мы воспользуемся метеорологическими данными за последние 30 лет: [19, 20]

Таблица 9 – Прогнозируемая выработка электроэнергии ветряным генератором по месяцам

Месяц	Средняя скорость ветра, м/с	Количество дней, когда дул ветер	Часы работы генератора	Мощность ВЭУ, кВт	ЭЭ за месяц, кВт*ч
Январь	8,7	19	456	~ 55	8778
Февраль	8,84	18,3	439,2	~ 55	8454,6
Март	8,94	22,1	530,4	~ 55	10210,2
Апрель	8,36	27,5	660	~ 50	11550
Май	6,52	26,3	631,2	~ 25	5523
Июнь	4,8	20,3	487,2	~ 15	2557,8
Июль	4,16	15	360	~ 6	756
Август	4,41	17,4	417,6	~ 10	1461,6

Продолжение таблицы 9

Месяц	Средняя скорость верта, м/с	Количество дней, когда дул ветер	Часы работы генератора	Мощность ВЭУ, кВт	ЭЭ за месяц, кВт*ч
Сентябрь	5,67	21,3	511,2	~ 20	3578,4
Октябрь	8,02	24	576	~ 45	9072
Ноябрь	9,7	22,9	549,6	~ 95	18274,2
Декабрь	9,88	21,2	508,8	~ 95	16917,6
ГОД			6127,2		97133,4

3.2 Экономический потенциал и анализ электропотребления удаленных населенных пунктов

При эксплуатации ДЭС должен вестись перечень технологических параметров станции: суточные нагрузки, полезный отпуск энергии, годовой график нагрузки, график температуры и т. д., следовательно, при прогнозе электропотребления в качестве исходных данных более целесообразно использовать фактические данные установленных ДГУ, полученные за время эксплуатации. Таким образом можно сократить время на анализ в несколько раз. Но чаще встречается такое, что журнал либо не ведётся, либо был утерян, из-за чего исходных данных нет. В таком случае можно произвести расчет нагрузок.

Для расчета усреднённых годовых нагрузок можно воспользоваться формулой: [21]

$$W = 595 * N, \text{ кВт} * \text{ч} \quad (3.2.1)$$

W - Годовое потребление населенного пункта, кВт * ч

N – Количество жителей

Также стоит учитывать, что формула выведена из статистических данных, то есть без учёта недоотпуска и мощности, вырабатываемой личными генераторами. Период, когда электричество просто отсутствует, может достигать нескольких месяцев, а размер мощности самообеспечения граждан в среднем

составляет около 40%, поэтому к итоговому значению нагрузок можно прибавить 70%. Это и будет являться фактической (требуемой) усреднённой годовой нагрузкой: [22]

$$W_{\phi} = 595 * N * 1,7, \text{ кВт} * \text{ч} \quad (3.2.2)$$

W_{ϕ} – Фактическое потребление населенного пункта в год

Используя графики суточных нагрузок [23], можем проанализировать распределение нагрузки в течение дня.

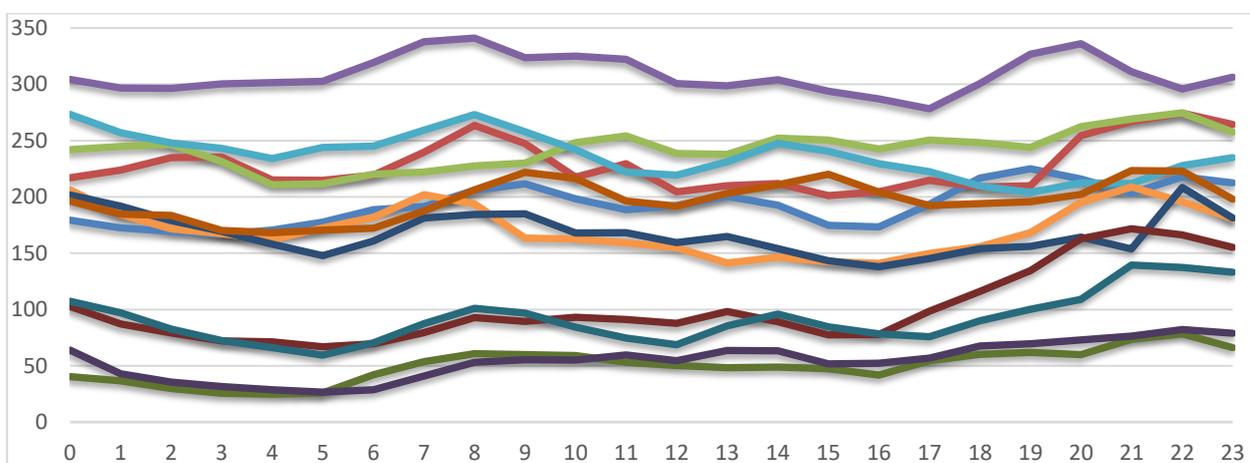


Рисунок 5 – Суточный график нагрузок первого дня каждого месяца, для небольшого населенного пункта

Анализируя график распределения нагрузки, можно сказать, что использование только ВИЭ будет малоэффективно, требуются комбинированные системы, где используются ВИЭ и ДЭС.

По данным Росстата, количество децентрализованных систем энергоснабжения с затратами на производство, большими, чем доход с продажи электроэнергии, составляет несколько тысяч, и они обслуживают более 11 млн человек. Из них в ОЭС Сибири проживают около 3,2 млн человек, из которых 1,5–2% (48–64 тыс. человек) либо вовсе не имеют электричества, либо пользуются личными генераторными станциями [24].

В Хакасии же таких потребителей около 64 тыс. человек, и примерно 1,5 тыс. человек не имеют постоянного доступа к электричеству. Для питания такого населения в более 90% случаях используются ДЭС и чаще всего с сезонным завозом топлива. При себестоимости, доходящей в отдельных поселках до 23 руб. за 1 кВт/ч, и среднем тарифе электроэнергии для населения в 3,01 руб. за кВт/ч обслуживание таких поселков обходится в миллиарды рублей.

Таблица 10 – Средняя цена за электроэнергию для сельского населения по ОЭС Сибири за 2024 [25]

Регион	Средняя цена для населения (первое полугодие), руб. за 1 кВт/ч	Средняя цена для населения (второе полугодие), руб. за 1 кВт/ч
Республика Алтай	4,65	5,07
Республика Бурятия	3,464	3,772
Республика Тыва	2,93	3,19
Республика Хакасия	1,83	2,03
Алтайский край	3,98	4,34
Забайкальский край	2,66	2,89
Красноярский край	2,88	2,47
Иркутская область	0,994	1,106
Кемеровская область	3,02	3,29
Новосибирская область	2,68	2,93
Омская область	3,6	3,9
Томская область	3,16	3,44
ОЭС Сибири	2,99	3,2

Динамика изменения цен на электроэнергию, составила 6% от года к году с 2016 по 2020 года, опираясь на данный процент можем составить прогноз стоимости кВт*ч для следующих пяти лет [26]:

Таблица 11 – Прогноз цен на электроэнергию до 2029г, по полугодиям

Регион	2025		2026		2027		2028		2029	
	Руб. за кВт*ч									
Республика Алтай	4,93	5,37	5,22	5,70	5,54	6,04	5,87	6,40	6,22	6,78
Республика Бурятия	3,67	4,00	3,89	4,24	4,13	4,49	4,37	4,76	4,64	5,05
Республика Тыва	3,11	3,38	3,29	3,58	3,49	3,80	3,70	4,03	3,92	4,27
Республика Хакасия	1,94	2,15	2,06	2,28	2,18	2,42	2,31	2,56	2,45	2,72
Алтайский край	4,22	4,60	4,47	4,88	4,74	5,17	5,02	5,48	5,33	5,81
Забайкальский край	2,82	3,06	2,99	3,25	3,17	3,44	3,36	3,65	3,56	3,87
Красноярский край	3,05	2,62	3,24	2,78	3,43	2,94	3,64	3,12	3,85	3,31
Иркутская область	1,05	1,17	1,12	1,24	1,18	1,32	1,25	1,40	1,33	1,48
Кемеровская область	3,20	3,49	3,39	3,70	3,60	3,92	3,81	4,15	4,04	4,40
Новосибирская область	2,84	3,11	3,01	3,29	3,19	3,49	3,38	3,70	3,59	3,92
Омская область	3,82	4,13	4,04	4,38	4,29	4,64	4,54	4,92	4,82	5,22
Томская область	3,35	3,65	3,55	3,87	3,76	4,10	3,99	4,34	4,23	4,60

Для сравнения сделаем прогноз цен на дизельное топливо, опираясь динамику роста цен (в среднем 9,9% год к году) [27]:

Таблица 12 – Прогноз цен на дизельное топливо до 2029г, по полугодиям

Год	Цена на дизельное топливо (Первое полугодие), руб. за литр
2024	68,70
2025	75,50
2026	82,98
2027	91,19
2028	100,22
2029	110,14

При сравнении прогнозов видно, что цена на дизельное топливо возрастает быстрее чем тарифы на электроэнергию, что приводит к тому, что с каждым годом электроснабжение удаленных потребителей становится всё более убыточным и требуются новые способы электропитания потребителей такого рода.

При расчете электропотребления следует учитывать и то, что в первое полугодие как правило электропотребление и напрямую зависит температуры, которая преобладала:

Таблица 13 – Среднесуточные температуры по месяцам (климатические данные за последние 30 лет)

	месяц	Среднесуточная температура, С°
Первое полугодие	Январь	-14
	Февраль	-12,5
	Март	-7,5
	Апрель	0,5
	Май	8
	Июнь	13,5
Второе полугодие	Июль	15,5
	Август	13,5
	Сентябрь	7
	Октябрь	1
	Ноябрь	-7,5
	Декабрь	-13

Из показателей среднесуточной температуры видно, что в первое полугодие температура воздуха ниже, чем во второе, из-за чего

электропотребление в первом полугодии будет больше. Принимаем что за первое полугодие электропотребление составляет 60% от годового

3.3 Технико-экономическое сравнение систем питания от автономного источника на базе ВИЭ с ДЭС

Ключевым условием для получения объективной оценки экономической или финансово-хозяйственной эффективности инвестиционных проектов является системный анализ. Экономическая эффективность проекта определяется на основе характеристик генерируемых им денежных потоков, то есть интенсивности и особенностей изменений с течением времени в годы расчётного периода, а также соотношения между фактической и текущей стоимостью компонентов доходов и расходов.

Объектом, относительно которого будет производиться сравнение, является поселок Кубайка. По данным Филиала ПАО Россети «Хакасэнерго» в поселке проживает в среднем 16 человек, данных по электроснабжению нет, поэтому рассчитываем по формуле (3.2.2), 52 зарегистрированных домовладения. Расчет номинальной мощности станции для 52 домовладений произведем с учетом коэффициента одновременности равным 0,27 [28] и получим что станция должна быть мощностью 220 кВт а электропотребление будет равно 16 184 кВт*ч за год.

В качестве объектов анализа возьмём 4 различных станций:

1. Солнечную.
2. Ветряную.
3. Гибрид СЭС и ДЭС (Гибрид С).
4. Гибридная ВЭС и ДЭС (Гибрид В).

И сравним их с традиционным методом питания удаленных потребителей – ДЭС. При расчете дизельной электростанции используем укомплектованную дизель-генераторную установку (ДГУ) АД-220С-Т400-2РКМ16 ценой в 2 127 800 рублей [13]. Воспользовавшись калькулятором расхода топлива дизельного генератора, принимаем расход топлива 6,23 литров в час [29]. Обычно для

экономии топлива генератор работает только 14 часов в сутки, соответственно при таком режиме работы расход топлива в сутки составляет 87,22 литра. При цене за дизельное топливо в 68,7 рублей за литр, в год затраты на топливо составят 2 187 085 рублей.

Для солнечной электростанции были выбраны солнечные модули HVL-570/HJT [16] площадью 2 м². Исходя из расчета выработки ЭЭ солнечной электростанций (таблица 8) нам потребуется 52 солнечных модуля. Но так как мощность поселка составляет 220 кВт нам потребуется 386 солнечных модулей, и суммарная стоимость солнечной станции составит 8 796 940 рублей. Обслуживание (мытьё) панелей производится ежеквартально, воспользовавшись каталогом клининговой компании [30] примем цену в 90 руб/м², таким образом годовое обслуживание панелей обойдется в 277 920р.

Для ветряной станции был выбрано два ветрогенератора YASHEL LT100KW и один DMWT-20KW общей мощностью 220 кВт и стоимостью в 32 067 383 рубля [14].

В гибридной станции С установлены солнечные модули HVL-570/HJT [16], а также дизельный генератор АД-220С-Т400-1РМ16 [13]. Так как дизельный генератор резервирует СЭС и в пиковые часы может компенсировать всю нагрузку, установим только 52 солнечных модуля для покрытия потребностей. Общая стоимость станции составит 3 001 080 рублей. Стоимость обслуживания солнечных панелей равна 37 440 рублей.

В гибридной станции В установлен ветрогенератора DMWT-20KW [14] и дизельный генератор АД-220С-Т400-1РМ16 [13]. Так же, как и в гибридной станции С, дизель-генератор в этом случае будет резервировать ветрогенератор поэтому, воспользовавшись расчетами таблицы 9, было выявлено что для покрытия потребности Кубайки достаточно ветрогенератора DMWT-20KW [14]. Общая стоимость станции составила 5 975 274.

Таблица 14 – Технико-экономической расчет для контрольной станции (ДЭС)

Показатели	Обозначения	Годы расчетного периода					
		2024	2025	2026	2027	2028	2029
Исходные данные							
Установленная мощность станции	P, кВт	220	220	220	220	220	220
Выработка ЭЭ	W, кВт*ч/год	6473	16184	16184	16184	16184	16184
Инвестиции	K_t , тыс. рублей	2127,8	0	0	0	0	0
Затраты на сырье	I_{ct} , тыс. рублей	1 094	2 404	2 642	2 903	3 190	3 506
Прочие затраты	$I_{проч t}$, тыс. рублей	102	102	102	102	102	102
Тариф ЭЭ	T, руб. за кВт*ч	2,03	1,94/ 2,15	2,06/ 2,28	2,18/ 2,42	2,31/ 2,56	2,45/ 2,72
Выручка от реализации продукции	BP_t , тыс. рублей	13,14	32,76	34,76	36,83	39,00	41,40
Расчет ЧДД							
Коэффициент дисконтирования ($r_1 = 0,16$)	$(1 + r_1)^{-t} = (1 + 0,16)^{-t}$, тыс. рублей	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Дисконтированные притоки	P_t , тыс. рублей	13	28	26	24	22	20
Накопленные притоки	ΣP_t , тыс. рублей	132					
Дисконтированные оттоки	O_t , тыс. рублей	1 196	2 160	2 039	1 925	1 818	1 718
Накопленные оттоки	ΣO_t , тыс. рублей	10 857					
Дисконтированное сальдо денежного потока	$P_t - O_t$, тыс. рублей	-1 183	-2 132	-2 013	-1 902	-1 797	-1 698
Сальдо накопленного денежного потока	$ЧДД = \Sigma (P_t - O_t)$, тыс. рублей	-10 724,71					

Таблица 15 – Техничко-экономический расчет Солнечной станции

Показатели	Обозначения	Годы расчетного периода					
		2024	2025	2026	2027	2028	2029
Исходные данные							
Установленная мощность станции	P, кВт	220	220	220	220	220	220
Выработка ЭЭ	W, кВт*ч/год	6473	16184	16184	16184	16184	16184
Инвестиции	K_t , тыс. рублей	8797,9	0	0	0	0	0
Затраты на сырье	I_{ct} , тыс. рублей	0	0	0	0	0	0
Прочие затраты	$I_{проч t}$, тыс. рублей	278	278	278	278	278	278
Тариф ЭЭ	T, руб. за кВт*ч	2,03	1,94/ 2,15	2,06/ 2,28	2,18/ 2,42	2,31/ 2,56	2,45/ 2,72
Выручка от реализации продукции	BP_t , тыс. рублей	13,14	32,76	34,76	36,83	39,00	41,40
Расчет ЧДД							
Коэффициент дисконтирования ($r_1 = 0,16$)	$(1 + r_1)^{-t} = (1 + 0,16)^{-t}$, тыс. рублей	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Дисконтированные притоки	P_t , тыс. рублей	13	28	26	24	22	20
Накопленные притоки	ΣP_t , тыс. рублей	132					
Дисконтированные оттоки	O_t , тыс. рублей	278	240	207	178	154	132
Накопленные оттоки	ΣO_t , тыс. рублей	1 188					
Дисконтированное сальдо денежного потока	$P_t - O_t$, тыс. рублей	-265	-211	-181	-155	-132	-113
Сальдо накопленного денежного потока	$ЧДД = \Sigma (P_t - O_t)$, тыс. рублей	-1 056,19					

Таблица 16 – Техничко-экономическое сравнение ДЭС и СЭС

Показатель	ДЭС	СЭС
Инвестиции, тыс. рублей	2 127 800	8 796 940
ЧДД, тыс. рублей	-10 724,71	- 1 056,19

В сравнении с ДЭС, инвестиционные затраты солнечной станции больше на 6 669 140 рублей, затраты за 5 лет сократились на 9 669 520 рублей, тем самым срок окупаемости составляет менее 5 лет.

Таблица 17 – Техничко-экономический расчет ветряной станции

Показатели	Обозначения	Годы расчетного периода					
		2024	2025	2026	2027	2028	2029
Исходные данные							
Установленная мощность станции	P, кВт	220	220	220	220	220	220
Выработка ЭЭ	W, кВт*ч/год	6473	16184	16184	16184	16184	16184
Инвестиции	K_t , тыс. рублей	32067	0	0	0	0	0
Затраты на сырье	I_{ct} , тыс. рублей	0	0	0	0	0	0
Прочие затраты	$I_{проч t}$, тыс. рублей	102	102	102	102	102	102
Тариф ЭЭ	T, руб. за кВт*ч	2,03	1,94/ 2,15	2,06/ 2,28	2,18/ 2,42	2,31/ 2,56	2,45/ 2,72
Выручка от реализации продукции	BP_t , тыс. рублей	13,14	32,76	34,76	36,83	39,00	41,40
Расчет ЧДД							
Коэффициент дисконтирования ($r = 0,16$)	$(1 + r_1)^{-t} = (1 + 0,16)^{-t}$, тыс. рублей	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Дисконтированные притоки	P_t , тыс. рублей	13	28	26	24	22	20
Накопленные притоки	ΣP_t , тыс. рублей	132					
Дисконтированные оттоки	O_t , тыс. рублей	102	88	76	65	56	49
Накопленные оттоки	ΣO_t , тыс. рублей	437					
Дисконтированное сальдо денежного потока	$P_t - O_t$, тыс. рублей	-89	-60	-50	-42	-35	-29
Сальдо накопленного денежного потока	$ЧДД = \Sigma (P_t - O_t)$, тыс. рублей	-304,77					

Таблица 18 – Техничко-экономическое сравнение ДЭС и ВЭС

Показатель	ДЭС	ВЭС
Инвестиции, тыс. рублей	2 127 800	32 067 383
ЧДД, тыс. рублей	-10 724,71	-304,77

В сравнении с ДЭС, инвестиционные затраты ветряной станции больше на 29 939 583 рубля, затраты за 5 лет сократились на 10 419 990 рублей, тем самым срок окупаемости составляет более 15 лет, что не является ликвидным.

Таблица 19 – Техничко-экономический расчет гибридной станции С

Показатели	Обозначения	Годы расчетного периода					
		2024	2025	2026	2027	2028	2029
Исходные данные							
Установленная мощность станции	P, кВт	220	220	220	220	220	220
Выработка ЭЭ	W, кВт*ч/год	6473	16184	16184	16184	16184	16184
Инвестиции	K_t , тыс. рублей	3001	0	0	0	0	0
Затраты на сырье	I_{ct} , тыс. рублей	547	1 202	1 321	1 452	1 595	1 753
Прочие затраты	$I_{проч t}$, тыс. рублей	139	139	139	139	139	139
Тариф ЭЭ	T, руб. за кВт*ч	2,03	1,94/ 2,15	2,06/ 2,28	2,18/ 2,42	2,31/ 2,56	2,45/ 2,72
Выручка от реализации продукции	BP_t , тыс. рублей	13,14	32,76	34,76	36,83	39,00	41,40
Расчет ЧДД							
Коэффициент дисконтирования ($r_1 = 0,16$)	$(1 + r_1)^{-t} = (1 + 0,16)^{-t}$, тыс. рублей	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Дисконтированные притоки	P_t , тыс. рублей	13,14	32,76	34,76	36,83	39,00	41,40
Накопленные притоки	ΣP_t , тыс. рублей	132,06					
Дисконтированные оттоки	O_t , тыс. рублей	686	1 156	1 085	1 019	958	901
Накопленные оттоки	ΣO_t , тыс. рублей	5 805,95					
Дисконтированное сальдо денежного потока	$P_t - O_t$, тыс. рублей	-673	-1 128	-1 059	-996	-936	-881
Сальдо накопленного денежного потока	$ЧДД = \Sigma (P_t - O_t)$, тыс. рублей	-5 672,89					

Таблица 20 – Техничко-экономическое сравнение ДЭС и станции гибрида С

Показатель	ДЭС	Гибрид С
Инвестиции, тыс. рублей	2 127 800	3 001 080
ЧДД, тыс. рублей	-10 724,71	-5 672,89

В сравнении с ДЭС, инвестиционные затраты ветряной станции больше на 873 280 рублей, затраты за 5 лет сократились на 5 051 820 рублей, тем самым срок окупаемости составляет менее 1 года. При расчетах инвестиционных затрат Гибридной станции учитывалась и постройка ДГУ, что в большинстве случаев не требуется так как вблизи потребителя уже установлена ДЭС, в таком случае инвестиционные затраты будут составлять 873 280 рублей.

Таблица 21 – Техничко-экономический расчет гибридной станции В

Показатели	Обозначения	Годы расчетного периода					
		2024	2025	2026	2027	2028	2029
Исходные данные							
Установленная мощность станции	P, кВт	220	220	220	220	220	220
Выработка ЭЭ	W, кВт*ч/год	6473	16184	16184	16184	16184	16184
Инвестиции	K_t , тыс. рублей	5975	0	0	0	0	0
Затраты на сырье	I_{ct} , тыс. рублей	365	801	881	968	1 063	1 169
Прочие затраты	$I_{проч t}$, тыс. рублей	153	153	153	153	153	153
Тариф ЭЭ	T, руб. за кВт*ч	2,03	1,94/ 2,15	2,06/ 2,28	2,18/ 2,42	2,31/ 2,56	2,45/ 2,72
Выручка от реализации продукции	VP_t , тыс. рублей	13,14	32,76	34,76	36,83	39,00	41,40
Расчет ЧДД							
Коэффициент дисконтирования ($r_1 = 0,16$)	$(1 + r_1)^{-t} = (1 + 0,16)^{-t}$, тыс. рублей	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
Дисконтированные притоки	P_t , тыс. рублей	13,14	32,76	34,76	36,83	39,00	41,40
Накопленные притоки	ΣP_t , тыс. рублей	132,06					
Дисконтированные оттоки	O_t , тыс. рублей	518	823	768	718	672	629
Накопленные оттоки	ΣO_t , тыс. рублей	4 129					
Дисконтированное сальдо денежного потока	$P_t - O_t$, тыс. рублей	-505	-795	-742	-695	-650	-610
Сальдо накопленного денежного потока	$ЧДД = \Sigma (P_t - O_t)$, тыс. рублей	-3 996,5					

Таблица 22 – Техничко-экономическое сравнение ДЭС и станции гибрида В

Показатель	ДЭС	Гибрид В
Инвестиции, тыс. рублей	2 127 800	5 975 274
ЧДД, тыс. рублей	-10 724,71	6 728 210

В сравнении с ДЭС, инвестиционные затраты ветряной станции больше на 3 847 474 рубля, затраты за 5 лет сократились на 6 728 210 рублей, тем самым срок окупаемости составляет 2–3 года. При расчетах инвестиционных затрат Гибридной станции учитывалась и постройка ДГУ, что в большинстве случаев не требуется так как вблизи потребителя уже установлена ДЭС, в таком случае инвестиционные затраты будут составлять 3 847 474 рублей.

При сравнении технико-экономических показателей, стало очевидно, что используемый на данный момент способ питания от дизель-генераторных станций значительно дороже чем питание от СЭС, ВЭВ, станций гибрид С и гибрид В. Необходимо подчеркнуть, что электроснабжение от возобновляемых источников энергии по-прежнему будет убыточным, но позволит значительно сократить затраты по сравнению с традиционными методами, что дает возможность окупиться за 5–6 лет.

Электропитание от СЭС и ВЭС позволяет сократить расходы на 90,15% и 97,16% соответственно, но использование только солнечных или ветряных станций не представляется возможным из-за непостоянного режимам работы. Этого недостатка лишены Гибридные станции. Они позволяют не только снизить расходы на 47,1% и 62,74% для гибридной солнечной и гибридной ветряной станций соответственно, но и производить электроснабжение круглосуточно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ альтернативных источников питания позволяет объективно оценить эффективность использования ВИЭ, и выяснить как преимущества таких источников, так и недостатки

В первую очередь для удаленных районов важна возможность автономной работы и распределение множества небольших источников питания на большой площади, с этими проблемами чем альтернативные источники прекрасно справляются, в то же время требовательность к погодным условиям могут ограничивать их работу

В ходе анализа альтернативных источников для электроснабжения удаленных районов было выявлено, что ВИЭ источники имеют значительный потенциал. Учитывая особенности удаленных потребителей, возможность альтернативных источников питания работать без поставок топлива значительно сокращает финансовые убытки и повышает стабильность регионов. На данный момент специфика удаленных потребителей такова что даже при значительных снижениях эксплуатационных расходов, возможности получения прибыли не представляется возможным, но учитывая тенденцию снижения цен на ВИЭ, рентабельность и актуальность возобновляемых источников будет расти.

Следовательно, в настоящее время ВИЭ не подходят как средство получения прибыли от удаленных потребителей, однако значительно сокращают расходы и повышают надежность электроснабжения, тем самым создавая возможности для развития региона и увеличивая привлекательность для рядового потребителя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скворцова, С. П. Современные тренды развития топливно-энергетического комплекса в России и мире. Проблема миграции рабочей силы и информационные технологии в производстве высокотехнологичных товаров топливно-энергетического комплекса [Текст] / С. П. Скворцова, М. К. Трут, А. А. Шабалина // Молодой ученый, 2023. – № 48 (495). – С. 111–114.
2. Низкоуглеродные решения для изолированных регионов России с высокими затратами на энергию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cenef.ru/file/Low-Carbon_rus.pdf (дата обращения: 27.02.2024).
3. Постановление Совета Министров – Правительства РФ от 06.12.1993 №1265 «О Федеральной целевой программе «Топливо и энергия» // Собрание законодательства РФ. – 13.12.1993. – №50. – Ст. 4889.
4. Велькин, В. И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах [Текст]: монография / В. И. Велькин // Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 226 с.
5. Использование нетрадиционных (возобновляемых) источников энергии в России и в мире: ключевые тенденции и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-netraditsionnyh-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii-v-rossii-i-v-mire-klyuchevye-tendentsii-i-perspektivy/viewer> (дата обращения: 02.03.2024).
6. Постановление Правительства РФ от 29.08.2020 №1298 «О вопросах стимулирования использования возобновляемых источников энергии, внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 07.09.2020. – №36. – Ст. 5617.
7. Возобновляемая энергетика в России и мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosenergo.gov.ru/upload/iblock/e04/3x7m87iv99x76b23c6wjul3as5pzz8zj.pdf> (дата обращения: 07.03.2024).

8. Симанков, В.С. Системный анализ при решении структурных задач альтернативной энергетики [Текст]: монография / В.С. Симанков, Т.Т. Зангиев // Краснодар: Институт современных технологий и экономики, 2001. – 151 с.
9. Приказ Министерства энергетики РФ от 30.11.2023 №1095 «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетических систем России на 2024–2029 годы» // Системный оператор единой энергетической системы.
10. Схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2023–2028 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.sops.ru/fileadmin/files/company/future_plan/public_discussion/2023/final/57_Respública_KHakasija_fin.pdf (дата обращения: 20.03.2024).
11. Велькин, В. И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах [Текст]: монография / В. И. Велькин // Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 226 с.
12. Баранчикова, С. Г. Экономическая эффективность технических решений [Текст]: учебное пособие / С. Г. Баранчикова, Т. Е. Дашкова, И. В. Ершова, Н. Е. Калинина, А. В. Ключев, О. С. Норкина, Л. М. Типнер, Е. В. Черепанова, В. А. Шабалина; под общ. ред. проф. И. В. Ершовой // Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2016. – 140 с.
13. Каталог цен компании «Азимут» на дизельные генераторы 5кВт-2000кВт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gc-azimut.ru/dizel-generatory/> (дата обращения: 20.03.2024).
14. Каталог цен компании «YASHEL» на промышленные ветрогенераторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yashel.shop/collection/promyshlennye-vetrogeneratory> (дата обращения: 20.03.2024).
15. Каталог цен компании «Технолайн» на солнечные электростанции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e-solarpower.ru/solar/solnechnye-elektrostancii-dlya-predpriyatiy/?features_hash=17-9286 (дата обращения: 20.03.2024).

16. Каталог цен компании «ХЕВЕЛ» на солнечные электростанции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hevelsolar.com> (дата обращения: 20.03.2024).

17. Коновалов, Ю. В. Расчет инсоляции солнечной фотоэлектрической электростанции с учетом геолокационных и погодных параметров [Текст] / Коновалов, Ю. В., Хазиев А. Н // iPolytech Journal, Т. 26 № 3, 2022. – С. 439–450.

18. Beiträge zur Physik der Atmosphäre. [Zeitschrift für die erforschung der höheren luftschichten] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://archive.org/details/bub_gb_PLTVAAAAMAAJ/page/n33/mode/2up (дата обращения: 03.04.2024).

19. Значение направления и скорости ветра в г. Абакан (Республика Хакасия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.betaenergy.ru/windspeed/abakan/> (дата обращения: 06.04.2024).

20. Моделирование исторических данные о климате и погоде для Хакасии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.meteoblue.com/ru/погода/historyclimate/climatemodelled/Хакасия_Россия_1503834 (дата обращения: 15.04.2024).

21. Обухов, С.Г. Прогнозирование режимов потребления электрической энергии автономными энергетическими системами [Текст] / Обухов, С. Г., Хошнау З. П. // Электрические станции, 2012. – № 11. – С. 43–47.

22. Годовой отчет ПАО «Россети Сибирь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rosseti-sib.ru/about/dokumenty-about/godovye-otchety/> (дата обращения: 30.04.2024).

23. Черкасова, Н. И. Исследование и моделирование режимов электропотребления в быту сельского населения [Текст] / Черкасова Н. И. // Ползуновский вестник, 2011. – №2\2. – С. 21–27.

24. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 30.04.2024).

25. Тарифы на электроэнергию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energoseti.ru/rates> (дата обращения: 30.04.2024).

26. Анализ динамики цен на электроэнергию в Российской Федерации в зависимости от её экономического развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-dinamiki-tsen-na-elektroenergiyu-v-rossiysskoy-federatsii-v-zavisimosti-ot-ee-ekonomicheskogo-razvitiya/viewer> (дата обращения: 02.05.2024).

27. О динамике цен на бензин автомобильный в декабре 2023 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/11_31-01-2024.html (дата обращения: 08.05.2024).

28. Электроснабжение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/sprav1-3.htm> (дата обращения: 14.05.2024).

29. Калькулятор расхода топлива дизельного генератора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pes-generator.ru/kalkuljator-rashoda-topliva-dizelnogo-generatora> (дата обращения: 18.05.2024).

30. Клининговая компания Чистый дом. Цены и условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clean-houses.ru/ceny-i-usloviya/> (дата обращения: 23.05.2024).

31. Норматив численности рабочих, занятых техническим обслуживанием дизельных электростанций и аварийных систем электроснабжения с использованием дизель-генераторных установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sudact.ru/law/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-27112021-n-2072/pravila-rascheta-razmera-biudzhethnykh-assigovanii/prilozhenie-n-8/tablitza-6_2/ (дата обращения: 30.05.2024).

32. Правила устройства электроустановок [Текст]. – 7-е изд., переработанное и дополненное, с изм. – Екатеринбург: Модуль, 2013. – 672 с.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Институт

Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А. С. Торопов
подпись инициалы, фамилия

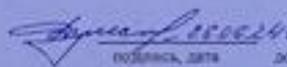
« 12 » 17 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

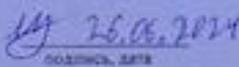
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Анализ альтернативных источников питания для электроснабжения удаленных
(изолированных) районов

тема

Руководитель  доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Н. В. Дулесона
инициалы, фамилия

Выпускник  26.06.2024
подпись, дата

М. Е. Журавлев
инициалы, фамилия

Нормоконтролер  27.06.2024
подпись, дата

И. А. Кычикова
инициалы, фамилия

Абакан 2024