

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетика и электротехника

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Ветро-солнечная система электроснабжения посёлка</b>

УДК 621.311.24:631.371

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Наливайко Виктор Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Б.В.	д.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Черемискина Мария Сергеевна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сайгаш А.С.	к.т.н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Сайгаш А.С.  
 (Подпись)     (Дата)     (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<b>Магистерской диссертации</b> (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
---

Студенту:

Группа	ФИО
5AM03	Наливайко Виктору Владимировичу

Тема работы:

Ветро-солнечная система электроснабжения посёлка	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	26.01.2022 Приказ № 26-60/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является система электроснабжения села Вертикос. Исходными данными являются месячные данные по потреблению электрической энергии, статистические метеорологические и географические данные села</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Постановка задачи, литературный обзор, оценка потенциала доступных источников энергии, расчет количества необходимого оборудования, оптимизация гибридной системы электроснабжения.</p>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Графики, блок-схемы, диаграммы, карты, Демонстрационный вариант (презентация в MS Power Point)
---	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке	Демидова Ольга Михайловна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Исследование энергетического потенциала объекта

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Б.В.	Д.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Наливайко Виктор Владимирович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5AM03	Наливайко Виктору Владимировичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа энергетики	<b>Отделение</b>	Электроэнергетики и электротехники
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>Ветро-солнечная система электроснабжения поселка</i>	<i>Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах</i>
---	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета разработки</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования</i>
<i>3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения</i>

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. График проведения и бюджет проекта</li> <li>4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки</li> </ol>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5AM03	Наливайко Виктор Владимирович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
5AM03		Наливайко Виктор Владимирович	
<b>Школа</b>	Инженерная школа энергетики	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Электроэнергетики и электротехники
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

### Ветро-солнечная система электроснабжения посёлка

#### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

##### Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации

*Объект исследования:* Гибридная система электроснабжения сельского поселения

*Область применения:* Электроснабжение удаленных и сельских потребителей, децентрализованные системы эл.снабжения

*Рабочая зона:* Производственное помещение

*Размеры помещения:* 2(9х3х3)

*Количество и наименование оборудования рабочей зоны:* Дизельный двигатель, электрический генератор переменного тока, устройства автоматики

*Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:*

Проведение обслуживания и диагностики электростанции

#### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

##### **1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации):**

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 22.11.2021).

2. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

3. ГОСТ 21753-76. Система «человек-машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования.

4. ГОСТ 22613-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели поворотные. Общие эргономические требования.

5. ГОСТ 22614-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования.

6. ГОСТ 22615-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели типа «Тумблер». Общие эргономические требования.

7. ГОСТ 22902-78. Система «человек-машина». Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования.

<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> <li>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;</li> <li>– наличие электромагнитных полей промышленных частот;</li> <li>– риск поражения электрическим током;</li> <li>– механические травмы.</li> </ul> <p>Расчет будет производиться отклонения показателей микроклимата</p> <p>Средства защиты: устройства вентиляции и очистки воздуха; устройства кондиционирования и дезодорации воздуха;</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону: <u>Наличие шума, вибрации, электромагнитных полей</u></i></p> <p><i>Воздействие на атмосферу: <u>Выброс дымовых газов</u></i></p> <p><i>Воздействие на литосферу: <u>Изменение ландшафта вследствие добычи топлива и захоронения масс шлаков</u></i></p> <p><i>Воздействие на гидросферу: <u>При наличии маслonaполненного оборудования возможна утечка масла в водоемы.</u></i></p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><i>Возможные ЧС: <u>ЧС техногенного характера (пожары, взрывы, угрозы взрывов на технологическом оборудовании; внезапное разрушение зданий и сооружений)</u></i></p> <p><i>Наиболее типичная ЧС: <u>Пожар</u></i></p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Наливайко Виктор Владимирович		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
УК(У)-2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
УК(У)-3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
УК(У)-4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
ПК(У)-2	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
ПК(У)-3	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
ПК(У)-4	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.

ПК(У)-5	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
ПК(У)-6	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
ПК(У)-7	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
ПК(У)-8	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетика и электротехника  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020/2022 учебного года) \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.11.2020	<i>Обзор литературы</i>	15
30.12.2020	<i>Методика проведения исследования</i>	20
15.11.2021	<i>Результаты исследования, расчеты</i>	35
28.03.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29.04.2022	<i>Социальная ответственность</i>	10
23.05.2022	<i>Обязательное приложение на иностранном языке</i>	10
		100

**СОСТАВИЛ:**  
**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Б.В.	Д.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сайгаш А.С.	К.Т.Н.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 127 с., 26 рис., 51 табл., 34 источника, 3 прил.

Ключевые слова: Децентрализованное электроснабжение фотоэлектрические панели, ветрогенераторные установки, дизельные электростанции, гибридные инверторы, производство электроэнергии, возобновляемый источник энергии

Объектом исследования является система электроснабжения сельского поселения в Каргасокском районе Томской области.

Цель работы – оценка эффективности использования возобновляемых источников энергии для потребителей сельского поселения.

В процессе исследования проводились сбор и анализ данных по электропотреблению, метеорологических, географических данных исследуемого региона, сведений о рассматриваемых технологиях, стоимостных данных оборудования; оценка потенциалов доступных ВИЭ; расчет и выбор необходимого оборудования для местной генерации СЭС

В результате исследования проведены оптимизация состава оборудования гибридной электростанции, технико-экономическая оценка результатов интеграции возобновляемых источников энергии.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: в данной работе проанализированы возможные варианты состава гибридной электростанции для децентрализованного электроснабжения поселка. Рассматриваемый объект находится в Каргасокском районе Томской области, имеет потенциал использования источников возобновляемой электроэнергии. Таким образом, интеграция возобновляемых источников энергии в комбинации с дизельной энергосистемой может снизить стоимость электроэнергии. Результаты полученные в работе, могут быть использованы при разработке проектов по возобновляемой энергетике в данном районе. Полученные сведения по энергетическим характеристикам возобновляемых источников могут быть включены в систему автоматизированного проектирования.

Степень внедрения: практическое внедрение работы для исследуемого объекта не рассматривалось

Область применения: электроснабжение удаленных и сельских потребителей, децентрализованные системы электроснабжения

Экономическая эффективность/значимость работы результаты исследования могут быть использованы для снижения стоимости затрат на дизельное топливо и стоимость получаемой электрической энергии в поселке Вертикос, Томской области.

В будущем планируется применение использованного в работе комплекса методов для разработки схожих схем электроснабжения удаленных и сельских потребителей

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

АБ - аккумуляторные батареи;

АВР – автомат автоматического включения резерва;

АКБ – аккумуляторная батарея;

ВИЭ – возобновляемый источник энергии;

ДЭС - дизельная электростанция;

ДГ - дизельный генератор;

ДГУ – дизель-генераторная установка;

И – инвертор;

ИБП – источник бесперебойного питания

К – контроллер;

КПД - коэффициент полезного действия;

Н – нагрузка;

ПС – подстанция;

СЭС - солнечная электростанция;

СИ – сетевой инвертор;

ФЭУ – фотоэлектрическая установка;

ФЭМ – фотоэлектрический модуль.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>14</b>
<b>1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ .....</b>	<b>16</b>
1.1. Проблемы потребителей без центрального энергоснабжения .....	16
1.2. Состояние использования ВИЭ в сельских поселениях России .....	17
1.3 Ресурсы и стоимость. Базовый вариант систем .....	19
1.4 Оценка потенциала возобновляемой энергетики .....	20
<b>2. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	<b>23</b>
2.1 Жилой сектор .....	23
2.2 Личные приусадебные хозяйства .....	24
2.3 Предприятия и учреждения сферы культурно-бытового обслуживания .....	26
2.4 Расчет суммарного электропотребления поселка .....	28
<b>3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОБЪЕКТА.....</b>	<b>32</b>
3.1 Общие сведения об электрифицируемом объекте .....	33
3.2 Энергетический потенциал инсоляции .....	34
3.3 Энергетический потенциал ветра .....	37
3.4 Исследование климатических характеристик района .....	40
<b>4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГИБРИДНОЙ СЭС .....</b>	<b>43</b>
4.1. Принцип работы СЭС .....	43
4.2 Ветроэнергетическая установка .....	45
4.3 Фотоэлектрический модуль .....	50
4.4 Инвертор .....	50
4.5 Выбор дизельной электростанции .....	51
4.6. Выбор аккумуляторных батарей.....	55
<b>5. ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.....</b>	<b>57</b>
5.1 Расчет энергетического баланса .....	57
5.2 Расчет себестоимости электроэнергии .....	59

<b>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....</b>	<b>65</b>
6.1 Предпроектный анализ.....	66
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	66
6.1.3 SWOT-анализ .....	68
6.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	70
6.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	72
6.2 Инициация проекта .....	72
6.4.1 Организационная структура проекта.....	83
6.4.2 План управления коммуникациями проекта .....	83
6.4.3 Реестр рисков проекта .....	83
6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	84
6.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования .....	84
6.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	90
<b>7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>93</b>
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	94
7.2 Производственная безопасность.....	95
7.3 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ...	102
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	103
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А.....</b>	<b>112</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....</b>	<b>124</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В.....</b>	<b>127</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Энергосистема Томской области состоит из южного и северного энергетических районов. В южном энергетическом районе расположена основная генерация и сконцентрирована большая часть нагрузки Томской энергосистемы. Северный же энергетический район испытывает дефицит генерирующих мощностей в силу природных особенностей, большой заболоченности и удаленности потребителей друг от друга. Осуществление питания от централизованных источников не представляется возможным, поэтому северная часть ЭЭС Томской области представлена отдельными энергоостровами и объектами малой генерации – Газотурбинные электростанции (ГТЭС), дизельные электростанции (ДЭС).

Децентрализованная зона электроснабжения расположена преимущественно на северо-востоке области на правом берегу реки Оби (Каргасокский, Александровский, Парабельский, Верхнекетский, Колпашевский районы). Электроснабжение в этой зоне осуществляется от дизельных электростанций, снабжающих электроэнергией 41 населенный пункт в 8 районах. Всего услугами децентрализованного электроснабжения пользуются более 24 тысяч человек [1].

Если стоимость электроэнергии для населения России в среднем стоит 3 руб. за кВт/ч, то себестоимость электричества, вырабатываемого ДЭС – находится в ценовом диапазоне от 20 руб. за кВт/ч [2].

С целью снижения нагрузки на бюджет Томской области предлагается перейти к альтернативным, нетрадиционным способам получения электроэнергии в отдаленных районах Томской области, путем использования возобновляемой энергии ветра и солнца.

Энергетический потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Каргасокском районе Томской области позволяет сделать выводы относительно эффективности использования энергии ветра и солнца. Среднегодовая скорость ветра в исследуемом районе равна 3,8 м/с, что согласно большинству распространенным рекомендациям и руководствам

является допустимым значением для строительства малых ВЭУ. Также потенциал солнечного излучения в исследуемом районе равен 1000 – 1100 кВт·ч/м<sup>2</sup> год, что говорит о целесообразности фотоэлектрического преобразования в данном районе.

Учитывая энергетические характеристики ВИЭ в данном районе, предлагается спроектировать ветро-солнечную электростанцию, для повышения надежности работы которой необходима установка ДЭС, которая будет резервировать ветроэнергетическую установку (ВЭУ) и солнечную электростанцию (СЭС) в периоды отсутствия солнечного излучения и ветра.

Объектом исследования в работе является система электроснабжения, основанная на базе солнечной и ветровой генерации.

Предмет исследования – технико-экономические показатели разных вариантов схем электроснабжения. Одним из главных показателей является стоимость 1 кВт установленной мощности.

При исследовании была проанализирована соответствующая современная литература, изучены и обобщены сведения о подобных системах в мировой практике, произведено технико-экономическое сравнение систем, проектируемых в работе.

# **1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

## **1.1. Проблемы потребителей без центрального энергоснабжения**

Единая энергетическая система России (ЕЭС России) состоит из 71 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада.

Большая часть сельских населенных пунктов в нашей стране расположена в малонаселенных и отдаленных районах, и проблема их низкого уровня энергообеспеченности является жизненно важной. Эта проблема существенно влияет на условия жизни сельского населения, демографическую ситуацию, а также на ведение и развитие сельскохозяйственного производства на этих территориях.

В России имеется большое количество автономных энергосистем, расположенных в северных и северо-восточных регионах, в основном сосредоточенных в Сибири и на Дальнем Востоке. Важно отметить, что большинство этих систем имеют электрическую нагрузку до 200 кВт, а максимальная нагрузка некоторых крупных автономных энергосистем может достигать 4 МВт.

В таких системах электроэнергия традиционно обеспечивалась дизельными электростанциями, что обусловлено рядом факторов, таких как удаленность от централизованных энергосистем, малая электрическая нагрузка и малочисленность населения [3].

Ежегодно от 6 до 8 млн т. горюче-смазочных материалов (дизельное топливо, бензин, мазут, смазочные масла) и от 25 до 30 млн т. угля завозится в районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири, где имеются автономные системы электроснабжения. Из-за удорожания транспортных расходов цена топлива в указанных выше регионах в два, а то и в три раза выше, чем средняя стоимость электроэнергии в стране. Более половины бюджетов территорий приходится тратить на топливо и его транспортировку.



В ряде случаев нехватка топлива угрожает жизни людей, и государственные органы вынуждены решать эту проблему.

По данным сельскохозяйственной переписи менее 35% крупных и средних сельскохозяйственных предприятий имеют доступ к централизованной системе газоснабжения и только 20% из них подключены к централизованным системам теплоснабжения. Если даже программа газификации будет реализована полностью, прежний показатель вырастет не более чем на 10%. Ускорение тарифов на электроэнергию, изнашивание линий электропередач и высокие цены на подключение мощности делают проблему электроснабжения актуальной и для сельских населенных пунктов, расположенных в густонаселенных районах с централизованным электроснабжением

В последнее время в автономных энергосистемах активно используются возобновляемые источники энергии и аккумуляторные батареи. В крупных автономных энергосистемах мощностью более 1 МВт возобновляемые источники энергии используются параллельно с дизельными станциями, а аккумуляторные батареи используются в более мелких автономных энергосистемах [4]. Эти меры, направленные на интеграцию возобновляемых источников энергии, значительно снижают как потребление дизельного топлива, так и зависимость от ежегодного Северного Завоза [5]. «Северный завоз» — ежегодный план общественных действий, направленный на обеспечение севера Сибири, Дальнего Востока и европейской части России товарами первой необходимости — особенно продовольствие и нефтепродукты — перед зимним сезоном. Кроме того, себестоимость произведенного кВт·ч снижается, а круглосуточное электроснабжение улучшает качество жизни местного населения.

## **1.2. Состояние использования ВИЭ в сельских поселениях России**

Сельские населенные пункты представляют собой наилучшую стартовую площадку для запуска масштабного внедрения ВИЭ в России и могут стать тем движущим элементом, который выведет эту отрасль

электроэнергетики на уровень стран ЕС и США. Сельская местность обеспечивает максимально возможное разнообразие местных условий и максимально возможную эффективность использования солнечной энергии и других ВИЭ для практического применения. Основные проблемы сельских территорий с точки зрения развития крупных электрических сетей перерастают в преимущества при внедрении интегрированных энергосистем на основе ВИЭ. Низкая удельная мощность энергоустановок и их разбросанность на больших удаленных территориях обеспечивают максимальную эффективность внедрения этих систем, сокращая сроки окупаемости и доказывая целесообразность их использования. Более того, эти системы дают возможность поддерживать современный уровень электроснабжения сельских населенных пунктов, и их внедрение в большинстве случаев является единственным вариантом достижения этой цели. В то же время именно сельские территории являются наиболее чувствительными с точки зрения экологических требований, которые необходимо соблюдать при внедрении энергетического оборудования.

Для сельских населенных пунктов, зданий и территорий экологически выделенных сел, где природно-климатические условия стабильны и находятся на удовлетворительном уровне, четко просматривается тенденция существенного увеличения выработки электроэнергии от систем на основе ВИЭ.

Для большинства регионов России наиболее целесообразно внедрение автономных и комплексных систем энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии. Как правило, интегрированные системы, основанные на различных видах ВИЭ, должны быть способны использовать весь эффективный период их эксплуатации. Такие системы должны быть спроектированы таким образом, чтобы возобновляемая энергетическая часть системы выполняла функцию основного источника энергии, а другие источники энергии брали на себя нагрузку только в случае выхода из строя основного источника (или при недостатке его мощности).

По сравнению с традиционными способами энергоснабжения при использовании ВИЭ мы исключаем следующее:

- сбои в энергоснабжении, низкое качество энергоснабжения, приводящие к убыткам и невозможному ущербу;
- расходы на доставку горюче-смазочных материалов (ГСМ); трудности (или невозможность) прокладки сетей и доставки ГСМ; расходы на доставку ГСМ; расходы на доставку ГСМ.
- рост стоимости энергоснабжения из-за традиционных ресурсов (в среднем 15% в год) и их исчерпаемости;
- экологические проблемы: загрязнение окружающей среды, выбросы CO<sub>2</sub> и т.д. и, следовательно, ухудшение условий жизни сельского населения, снижение производительности и качества сельскохозяйственной продукции, рост заболеваемости и т.д.

### 1.3 Ресурсы и стоимость. Базовый вариант систем

В таблице 1 представлена общая оценка отрасли солнечной энергетики в России и других ВИЭ [6].

Таблица 1 - Общая оценка отрасли ВИЭ в России

Ресурсы	Совокупный потенциал, млн. т у.т./год*	Технический потенциал, млн. т. у.т./год		Экономический потенциал, млн. т. у.т./год	
		2010	2020	2010	2020
Солнечная энергия	2205400	9695	29900	62,5	180
Энергия ветра	44326	2216	3324	11	18
Малая гидроэнергетика	402	126	160	70	91
Биомасса	467	129	170	69	88
Геотермальная энергия	29200	11869	1300	114	125

\* Тонна условного топлива

Среди всех видов ВИЭ наиболее интенсивный рост наблюдается у фотоэлектронеригетики, несмотря на то, что стоимость солнечных фотоэлектрических систем достаточно высока Основным преимуществом солнечной энергетики является то, что солнечная энергия доступна по всему миру. Солнечные батареи обладают наибольшим потенциалом улучшения их

экономических и технических показателей и интенсивного роста производительности. Их установленная мощность колеблется в особо широких пределах и представляет собой наиболее оптимальный вариант с точки зрения инвестиций при оценке показателей внедрения ВИЭ. Поэтому в общих расчетах в качестве базового варианта систем целесообразно рассматривать системы с солнечным питанием.

#### **1.4 Оценка потенциала возобновляемой энергетики**

Россия не собирается отставать от мира в сфере внедрения ВИЭ. Это отражено в положениях Энергетической стратегии России до 2030 года, согласно которым стратегическими целями в области использования ВИЭ и местных видов топлива являются:

- снижение уровня антропогенного влияния на окружающую среду и противодействие климатическим изменениям при удовлетворении растущего энергопотребления;
- снижение текущих темпов расхода имеющихся ископаемых источников энергии и рациональное его использование;
- замедление темпов загрязнения окружающей среды при использовании ископаемых ресурсов с целью сохранения здоровья и качества жизни населения России, а также общее снижение государственных расходов на здравоохранение;
- снижение затрат на транспортировку и распределение электроэнергии и топлива, а также возникающих сопутствующих потерь;
- привлечение новых объемов топливно-энергетических ресурсов в топливноэнергетический баланс;
- повышение энергетической безопасности и надежности электроснабжения путем увеличения децентрализованных районов.

Согласно текущим оценкам, технический потенциал возобновляемой энергетики в России составляет не менее 4,5 млрд. тонн угольного эквивалента в год. Он включает в себя в основном потенциал солнечной и

ветровой энергии и превышает текущее энергопотребление в стране более чем в 4 раза. Экономический потенциал возобновляемой энергетики зависит от существующих экономических условий, стоимости, наличия и качества запасов ископаемого топлива, а также от региональных особенностей. Он меняется с течением времени и должен специально оцениваться в процессе подготовки и реализации конкретных программ и проектов по развитию возобновляемой энергетики (с учетом комплексной оценки их конкретного вклада в достижение заявленных стратегических целей) [7].

Далее в ходе выполнения, первым шагом будет произведен расчет энергопотребления поселка, затем дана оценка возобновляемого потенциала региона.

Вертикос — село в Каргасокском районе Томской области России. Административный центр и единственный населённый пункт Вертикосского сельского поселения. В селе есть общеобразовательная школа с мастерской, детские ясли-сад, административное здание, досуговый центр, сельская поликлиника и магазины, а население составляет 528 человек.

Данный регион имеет как ветровой, так и солнечный потенциалы. В следующей секции приведена оценка доступных ВИЭ.

Ниже приводится краткое описание основных задач, которые необходимо решить при реализации проектов по возобновляемым источникам энергии.

- *Анализ потенциала возобновляемых источников энергии.* Одной из первостепенных задач является выявление потенциала возобновляемых источников энергии в конкретном месте. В лучшем случае необходимую информацию предоставит ближайшая метеостанция, справочники и другие источники. Многие компании используют открытые базы данных, такие как NASA SSE или NREL-SWERA.

- *Моделирование режимов работы энергетических систем.* Любое предлагаемое техническое решение должно удовлетворять требованиям

эксплуатационной безопасности и устойчивости. Только математическое моделирование рассматриваемой энергосистемы может дать необходимую информацию.

- *Поиск решения проблемы оптимизации установленной мощности.* Нахождение решения задачи конфигурации оборудования является одной из ключевых оптимизационных задач, так как позволит выбрать конфигурацию оборудования, при которой могут быть достигнуты заявленные цели. Решения должны основываться на точных исходных климатических данных и подробном математическом представлении автономной энергосистемы. Эти решающие факторы являются залогом правильного технического выбора на основе правильно заданных сценариев развития автономных энергосистем.

## **2. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ОБЪЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Объекты децентрализованного электроснабжения различаются большим разнообразием по установленной мощности, режимам энергопотребления, требованиям к качеству электроэнергии и т.п., в связи с чем, их достаточно сложно классифицировать. Наибольшее распространение децентрализованные системы электроснабжения получили для обеспечения электрической энергией следующих групп потребителей:

- индивидуальные потребители небольшой мощности от единиц до десятков кВт – коттеджи и загородные дома, метеостанции, вышки сотовой связи, полевые объекты и экспедиции, фермерские хозяйства, пограничные, радарные и навигационные посты и т. д.;

- групповые непромышленные потребители установленной мощностью от десятков до сотен кВт – отдельные крупные жилые здания и микрорайоны, различные объекты социальной сферы, торговые предприятия и учреждения здравоохранения, деревни, сёла, посёлки малоэтажной застройки и т. д.;

- промышленные предприятия с мощностью до тысяч кВт [8].

В качестве объекта проектирования было выбрано село Вертикос, расположенное в северо-восточной части Каргасокского района.

Среднее потребление электроэнергии в с. Вертикос определим при помощи методики определения потребности в средствах электроснабжения для социального развития села [9].

### **2.1 Жилой сектор**

1-я модель предполагает наиболее низкий уровень электрификации быта сельского населения (наличие 4 - 6 электробытовых приборов). Как правило, это постройки старого типа с количеством проживающих в них сельских жителей 1 - 3 человека.

2-я модель предполагает уровень электрификации, предусматривающий традиционный сельский дом, оснащенный основными электробытовыми машинами и приборами.

3-я модель включает уровень электрификации жилого сектора, предполагающий оснащение современными бытовыми машинами и приборами (стиральная машина с подогревом, моющий пылесос и др. приборы и машины с дополнительными операциями), а также наличие нескольких одноименных приборов (телевизоры, приемники и пр.).

4-я модель предполагает уровень электрификации жилого сектора, включающий наряду с современными машинами и приборами напольную электроплиту.

В таблице 2 представлена сводная ведомость характеристик всех уровней электрификации потребителей.

Таблица 2 – Характеристики уровней электрификации потребителей

Уровни электрофикации	$P_{уст}$ , кВт	$P_{max}$ , кВт	$W_{год}$ , кВт · ч
1 уровень	3,0	1,2	468
2 уровень	6,08	2,8	2506
3 уровень	9,94	5,5	3465
4 уровень	12,95	8,0	4335

Наибольшая установленная мощность электрооборудования в 3 и 4 моделях (соответственно 9,94 и 12,95 кВт) образуется за счет освещения, пылесоса, стиральной машины, электроплитки и электроплиты.

## 2.2 Личные приусадебные хозяйства

Личные приусадебные хозяйства (ЛПХ) различается объемами производства, количеством и видами домашних животных и птицы, объемами используемой земли, наличием теплиц, количеством и мощностью используемого оборудования.

В животноводстве ЛПХ широко используются инкубаторы, облучатели, брудеры, различные типы электрокорнеплодорезок, косилки и



другое электрооборудование. В растениеводстве электроэнергия расходуется на облучение рассады, обогрев парников, теплиц, полив огорода.

По энергонасыщенности (обеспечению электрооборудованием) можно выделить три типа (группы) ЛПХ:

*1-й тип* - с минимальным количеством машин и приборов - подворье. В ЛПХ содержится в среднем: 1 корова, 2 свиньи, 5 кур. Суммарная мощность  $P_{уст}$ , меньше 0,8 кВт, с годовым потреблением электроэнергии  $W_{год}$  менее 100 кВт · ч.

*2-ой тип* (наиболее распространенный) - в ЛПХ содержится: 2 коровы, 1 теленок на откорме, 2 - 3 поросенка на откорме, 4 - 5 овец, 12 - 15 кур. В целом  $P_{уст}$  для ЛПХ 2-ого типа - 3,3 кВт и  $W_{год}$  - 1023 кВт · ч.

*3-ий тип* развитого ЛПХ, который включает 3 - 5 коров, 3 - 5 телят, 8 - 10 свиней, до 30 - 50 голов птиц. В целом для ЛПХ 3-его типа составляет: суммарная мощность -  $P_{уст}$  - 7,74 кВт; годовое потребление электроэнергии -  $W_{год}$  -  $\approx$  2500 - 2800 кВт · ч. Как правило, это большая семья, где получил распространение «семейный подряд» и имеется большое поголовье животных и птицы. Эти хозяйства производят продукцию в объемах для личного потребления 2 - 3-х родственных семей и являются промежуточным этапом от ЛПХ к фермерам, которые производят товарную продукцию.

Установленная мощность ЛПХ, их годовое электропотребление приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики типов ЛПХ

Уровни электрофикации	$P_{уст}$ , кВт	$W_{год}$ , кВт · ч
1 тип	0,77	70
2 тип	3,29	1023,2
3 тип	7,74	2584

Почасовые нагрузки для рассмотренных типов ЛПХ приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Потребляемая мощность для зимнего периода нагрузок 1-ого, 2-ого, 3-его типа ЛПХ кВт/ч

Часы суток	Типы ЛПХ		
	1-ый	2-ой	3-ий
0 - 1	0	0,10	1,64
1 - 2	0	0,44	1,64
2 - 3	0	0,44	1,64
3 - 4	0	0,44	1,64
4 - 5	0	0,44	1,64
5 - 6	0	0,44	1,64
6 - 7	0,04	1,54	1,84
7 - 8	0,64	0,44	2,24
8 - 9	0,13	0,44	1,64
9 - 10	0	0,44	1,64
10 - 11	0	0,44	2,84
11 - 12	0	0,44	1,84
12 - 13	0	0,44	1,74
13 - 14	0	0,44	1,70
14 - 15	0	0,44	1,64
15 - 16	0	0,44	1,64
16 - 17	0	0,44	1,64
17 - 18	0,6	0,82	2,12
18 - 19	0,4	0,54	2,44
19 - 20	0,13	1,94	2,34
20 - 21	0	0,44	1,64
21 - 22	0	0,44	1,64
22 - 23	0	0,44	1,64
23 - 24	0	0,44	1,64

### **2.3 Предприятия и учреждения сферы культурно-бытового обслуживания**

В сельской местности действует множество различных предприятий и учреждений сферы обслуживания, учебных заведений, торговых, медицинских учреждений, предприятий бытового обслуживания, которые оснащены разнообразным электрифицированным оборудованием.

Наряду с освещением повсеместно используются электродвигатели для привода насосов, вентиляторов, различных рабочих машин.

В столовых, комбинатах питания школ, детских садов, лечебных учреждений используется следующее электросиловое оборудование:

мясорубки, картофелечистки, овощерезки, хлеборезки с установленной мощностью оборудования от 0,2 - 0,3 до 2,0 - 2,5 кВт.

На этих предприятиях используется также электротепловое оборудование:

- разнообразные электрические плиты мощностью от 4 до 25 кВт;
- электрические котлы - от 6 до 30 кВт;
- электросковороды, жарочные шкафы - от 6 до 12 кВт;
- разнообразное кухонное оборудование - фритюрницы, кипятильники, мармиты и др. мощностью от 3 до 15 - 18 кВт.

Во многих предприятиях установлены холодильники от обычных небольшой мощности 150 - 220 Вт, до мощных холодильных шкафов, камер, прилавков мощностью от 0,55 до 2 кВт.

В школах, кроме электрифицированного оборудования пищеблоков, могут иметься компьютерные классы, классы, оборудованные установками для трудового воспитания - токарными, фрезерными, деревообрабатывающими станками, швейными машинами и пр. Мощность этого оборудования колеблется от 0,5 до 1 кВт.

В комбинатах бытового обслуживания могут быть установлены электрифицированные машины для пошива обуви, одежды.

В сельских поликлиниках и амбулаториях могут быть установлены электростерилизаторы, рентгеновские аппараты.

В домах культуры и клубах значительной мощности могут достигать осветительные установки.

Установленная мощность электрифицированного оборудования, расчетная мощность, число часов использования максимальной нагрузки для предприятий и учреждений сферы культурно-бытового обслуживания в сельской местности приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Установленная мощность электрифицированного оборудования в предприятиях и учреждениях коммунально-бытового обслуживания

Наименование предприятий и учреждений	$P_y$ , кВт	$P_m$ , кВт	$Ч_{исп.}$ , ч	$W_{год}$ , кВт · ч
1. Общеобразовательная школа с мастерской на: - на 80 учащихся	80	48	2000	96000
2. Детские ясли-сад: - на 35 мест	7	4,2	900	3780
3. Административное здание	25	15	1200	18000
4 Досуговый центр: - на 560 пользователей	15	9	900	8100
5. Сельская поликлиника на 50 посещений в смену	100	50	2000	100000
6. Магазин:	5	3	900	2700
Итого	232	129,2		2228580

## 2.4 Расчет суммарного электропотребления поселка

Село насчитывает 528 потребителей электроэнергии, среди которых: 187 – жилой сектор, 22 - ЛПХ, 6 - предприятия и учреждения сферы культурно-бытового обслуживания [10]. В таблицах 6 и 7 представлена информация о поселении.

Таблица 6 - Население Вертикосского сельского поселения по состоянию на 01.01.2019

Наименование населенного пункта	Численность населения, чел.	В том числе:						
		Дети до 17 лет	Пенсионеры	Инвалиды	Трудоспособное население			
					Всего	В том числе:		
						Занятое в экономике	Незанятое население	
Всего, чел.	% от трудоспособного населения							
С. Вертикос	528	115	111	15	287	227	60	21

Таблица 7 - поголовье скота в личных подсобных хозяйствах по состоянию на 01.01.2019

Наименование населенного пункта	Количество дворов, шт.		Коровы, гол.	Свиньи, гол.	Овцы и козы, гол.	Лошади, гол.
	всего	в т.ч содержащих скот				
с. Вертикос	187	64	36	80	95	11

В таблицах 8, 9 представлено количество домов, личных подсобных хозяйств, учреждений и потребление электроэнергии по улицам

Таблица 8 – Количество домов, личных подсобных хозяйств, учреждений

Наименование улицы	Дома					Личное подсобное хозяйство				Учреждения	
	Всего	1 тип	2 тип	3тип	4 тип	Всего	1 тип	2 тип	3тип	Наим.	Кол-во
	штук					штук				-	штук
Береговая	58	12	23	17	6	20	14	4	1	ДС	1
Лесная	41	8	17	12	4	14	11	3	0		
Молодежная	10	2	4	3	1	3	2	1	0	ПК	1
Центральная	25	5	10	8	2	9	7	2	0	МГ	1
Ленина	21	4	8	6	2	7	6	1	1	ДЦ	1
Мира	14	3	6	4	1	5	4	1	0	АЗ	1
Таежная	13	3	5	4	1	4	3	1	0		
Школьная	5	1	2	2	1	2	2	0	0	ШК	1
<b>Итого</b>	<b>187</b>					<b>64</b>					<b>6</b>

Примечание: ДС - Детские сад, ШК – Общеобразовательная школа, ПК - Сельская поликлиника, МГ – магазин, ДЦ – Досуговый центр, АЗ - Административное здание,

Таблица 9 - Потребление электроэнергии по улицам в период с 1.09.2019 по 01.09.2020

Наименование улицы	Дома				Личное подсобное хозяйство			Учреждения	Итого
	1 тип	2 тип	3тип	4 тип	1 тип	2 тип	3тип	-	-
	$W_{год}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$				$W_{год}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$			$W_{год}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$	$W_{год}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$
Береговая	5616	57638	58905	26010	980	4093	2854	3780	159876
Лесная	3744	42602	41580	17340	770	3070	-	-	109106
Молодежная	936	10024	10395	4335	140	1023	-	100000	126853
Центральная	2340	25060	27720	8670	490	2046	-	2700	69026
Ленина	1872	20048	20790	8670	420	1023	2584	8100	63507
Мира	1404	15036	13860	4335	280	1023	-	18000	53938
Таежная	1404	12530	13860	4335	210	1023	-	-	33362
Школьная	468	5012	6930	4335	140	-	-	101400	118285
<b>Итого</b>									<b>733954</b>

Характерные суточные графики нагрузки активной мощности, выраженной в кВт, для летнего и зимнего периода представлены на рисунках 1-3.

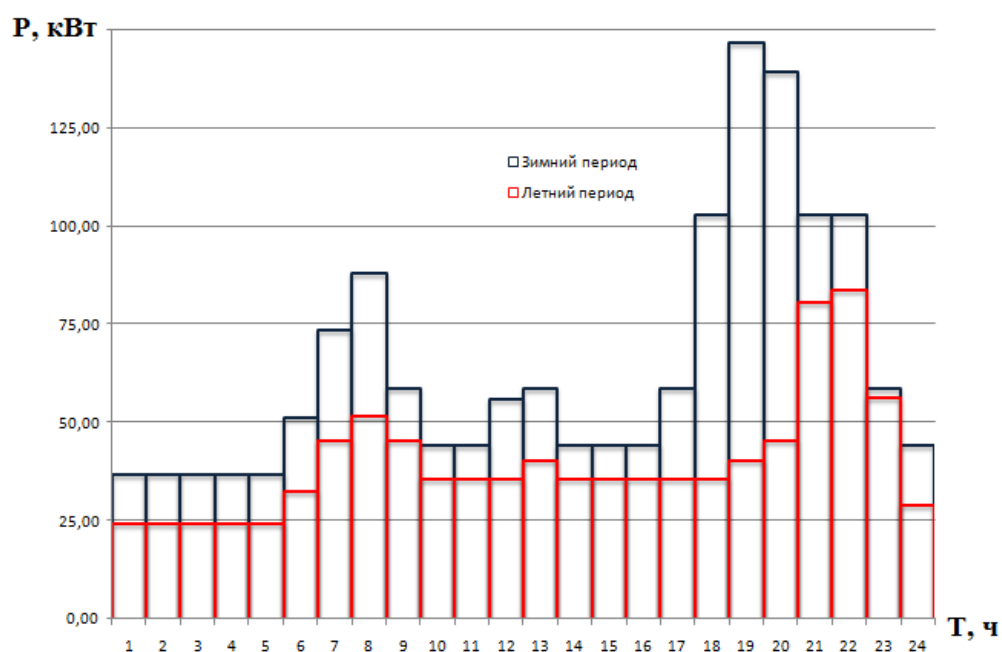


Рисунок 1 – Характерный суточный график нагрузки активной мощности для домов

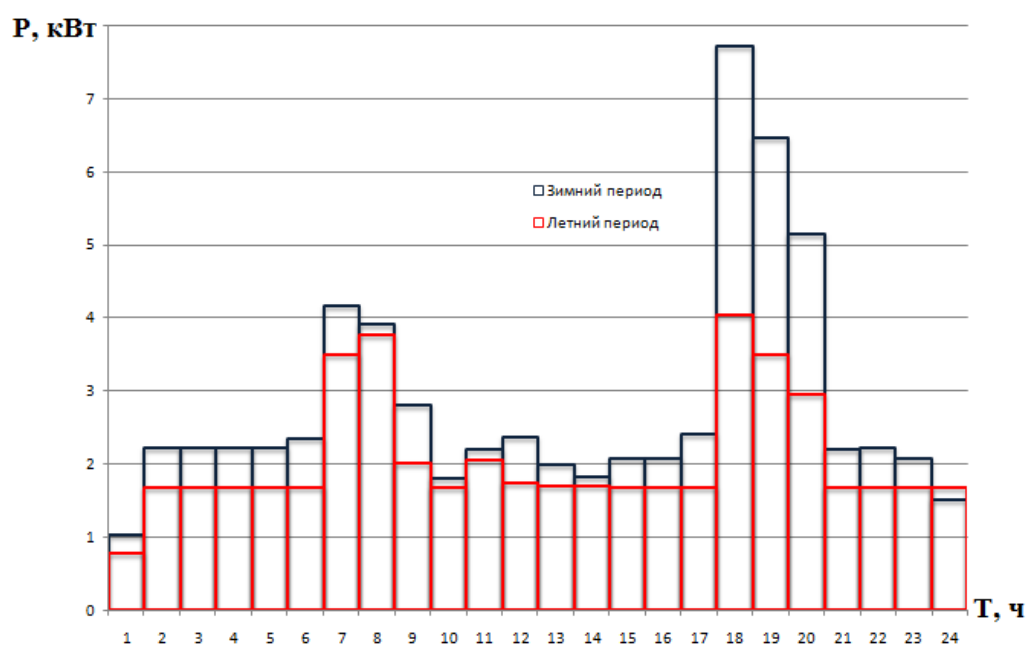


Рисунок 2 – Характерный суточный график нагрузки активной мощности для ЛПХ

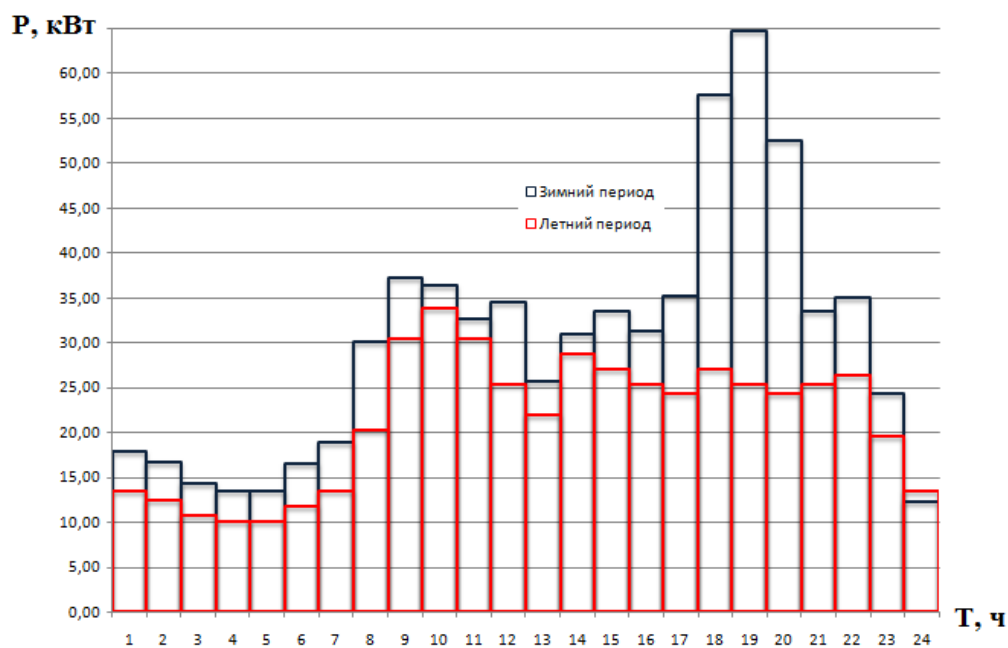


Рисунок 3 – Характерный суточный график нагрузки активной мощности для учреждений

Для дальнейшего анализа выделены два периода электропотребления – зимний (октябрь – март) и летний (апрель – сентябрь). Среднемесячное потребление в течение января составляет около 72310,74 кВт.ч/мес, причем дневное потребление превышает ночное в среднем на 45%. Это объясняется расходами на обогрев жилья. В летний период электропотребление составляет в среднем 47001,98 кВт.ч/мес. Данные по периодам электропотребления представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Расчетные данные

Наименование потребителей	$W_{мес}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$			
	Летомес	Зимамес	Летодень	Зимадень
Дома	29625,86	47959,34	955,67	1547,08
ЛПХ	1531,85	2082,16	49,41	67,17
Учреждения и предприятия	15844,27	22269,24	511,11	718,36
Итого	47001,98	72310,74	1516,19	2332,60

### 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОБЪЕКТА

Оценка потенциала возобновляемых источников энергии в заданном координатами месте необходима для проектирования системы электроснабжения и выбора электрооборудования.



Так как данный поселок удален от населенных пунктов, будем рассматривать возобновляемые источники энергии, чтобы электроснабжение носило автономный характер. Таким образом, в качестве источников энергии будут рассматриваться ветер и энергия солнечного света.

### 3.1 Общие сведения об электрифицируемом объекте

Исследуемый объект с. Вертикос, координаты расположения:  $59^{\circ}23'$  с. ш. и  $79^{\circ}40'$  в. д.. Расположение данного посёлка представлено на рисунке 4.

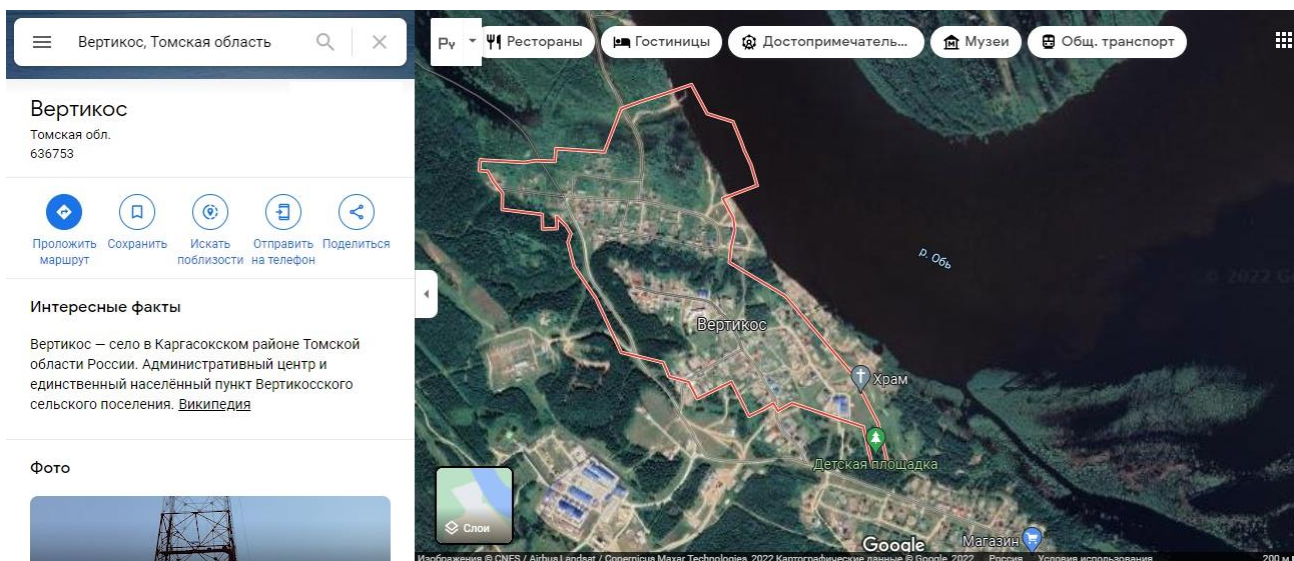


Рисунок 4 – Расположение заданного объекта

Вертикос — село в Кargasокском районе Томской области России. Административный центр и единственный населённый пункт Вертикосского сельского поселения.

Село находится в зоне континентально-циклонического (переходного от европейского умеренно континентального к сибирскому резко континентальному) климата с относительно теплым, но коротким летом и продолжительной, но умеренно холодной зимой.

Погода зимой умеренно холодная, средняя температура января  $-17^{\circ}\text{C}$ . Иногда бывают сильные морозы до  $-45^{\circ}\text{C}$ , но случаются и оттепели. Снежный покров устанавливается во второй половине ноября и сохраняется около 4,5 месяцев.

Весна характеризуется относительно сухой погодой. В первой половине апреля сходит снег. Количество осадков постепенно увеличивается к маю.

Лето в с.Вертикос умеренно теплое и влажное, на июль приходится наибольшая месячная сумма осадков – около 75 мм. Средняя температура июля +18 градусов, но в отдельные дни может достигать +35°C.

Осень характеризуется пасмурной и влажной погодой. Средняя температура октября +2°C. Осенью часто идут обложные дожди и возникают туманы. Среднегодовое количество осадков около 570 мм, минимум приходится на февраль-март, а максимум – на июнь-август.

Средняя скорость ветра 1,6 м/с, но в начале весны часто дуют сильные ветры с порывами до 30 м/с, причиной чему вызывается частая смена циклонов и антициклонов, сопровождающаяся перепадами атмосферного давления.

### 3.2 Энергетический потенциал инсоляции

Используя программное обеспечение NASA POWER Data Access Viewer определим солнечную инсоляцию на горизонтальной поверхности в заданном участке за период 2019-2020 гг. [11]. Окно программы представлено на рисунке 5. Полученные результаты представлены на рисунке 6.

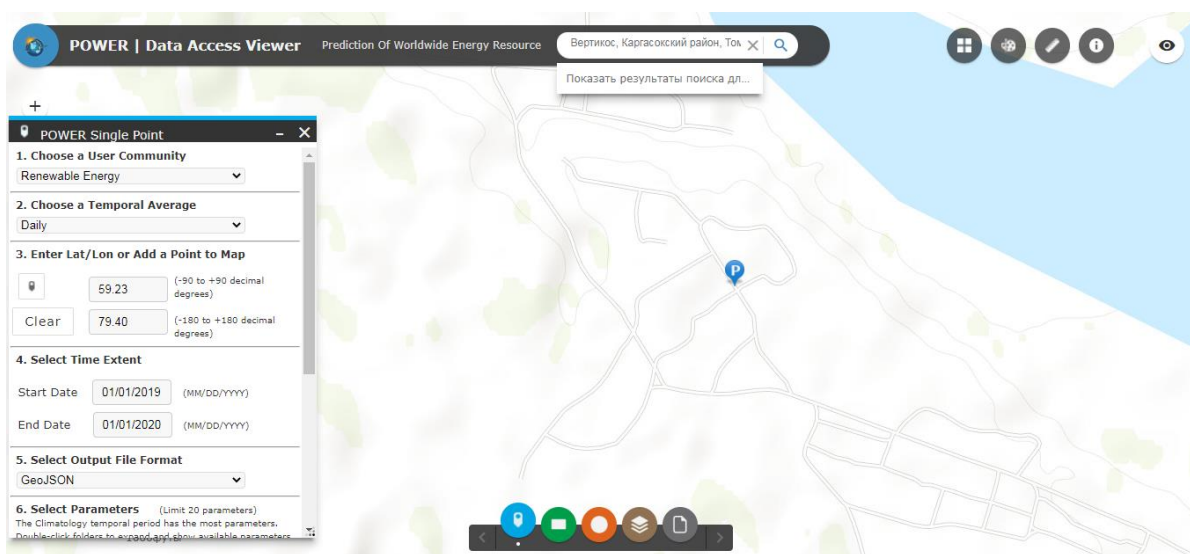


Рисунок 5 - Программное обеспечение NASA POWER Data Access Viewer

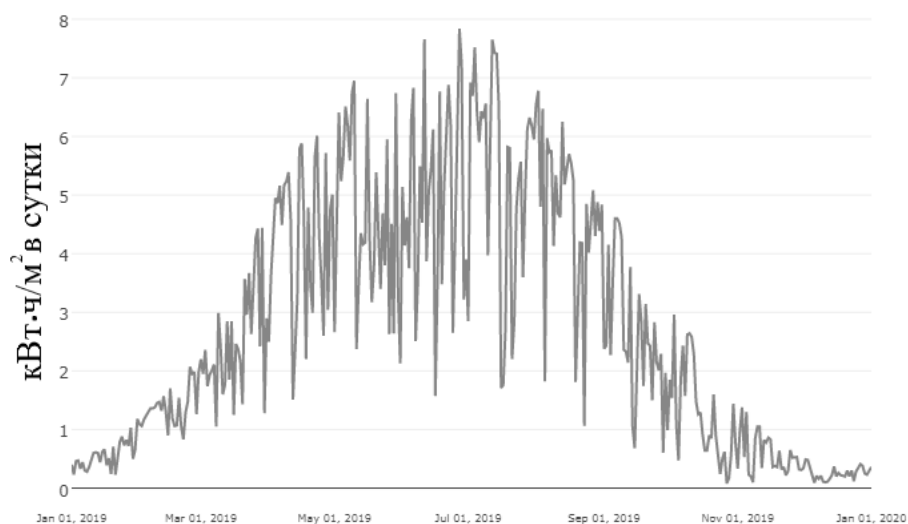


Рисунок 6 – Инсоляция на горизонтальной поверхности

Анализируя полученный график, можно сделать вывод, что наибольшие значения инсоляции наблюдаются с середины мая до середины августа, а наименьшие – с ноября по февраль.

Также, при помощи программного обеспечения NASA POWER Data Access Viewer была получена столбчатая диаграмма распределения инсоляции по числу дней за 2019-2020 гг. Диаграмма представлена на рисунке 8.

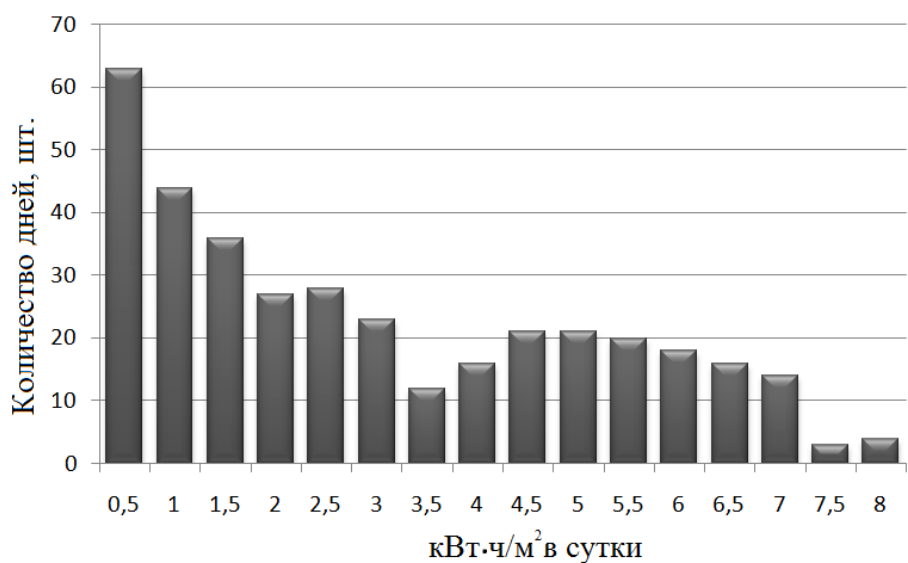


Рисунок 8 - Распределение инсоляции по числу дней за 2019-2020 гг.

На основании данных, представленных в Приложении Б - Таблица Б1, построен график помесячного распределения годового прихода суммарной солнечной радиации на горизонтальную площадку (суммарная солнечная радиация за 1 месяц) в течении 8 лет (с 2012 по 2020) в районе расположения объекта (Рисунок 9).

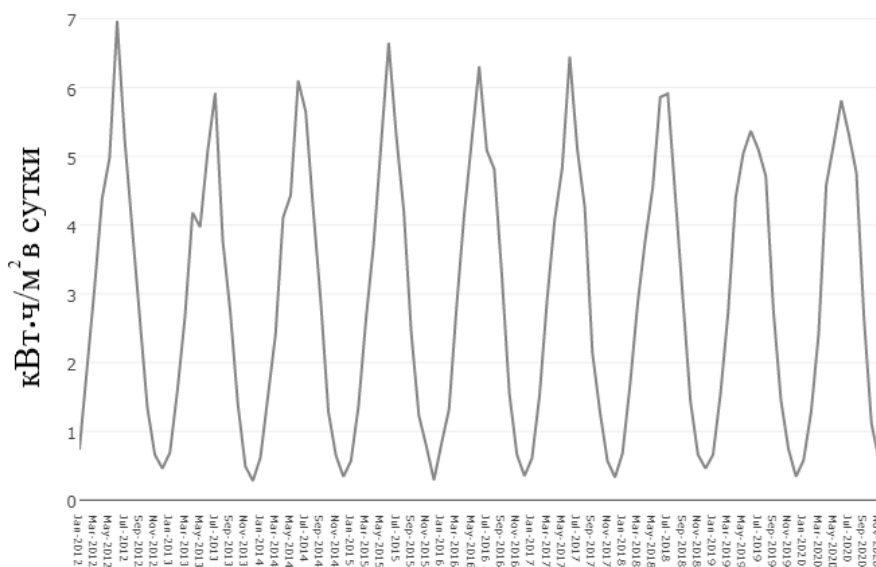


Рисунок 9 - Помесячное распределение суммарной солнечной радиации в период с 2010 по 2018 гг.

Согласно рисунку 9, можно сделать вывод, что наибольшая солнечная активность в течение 8 лет приходится на летние периоды, а максимумы наблюдаются в июле.

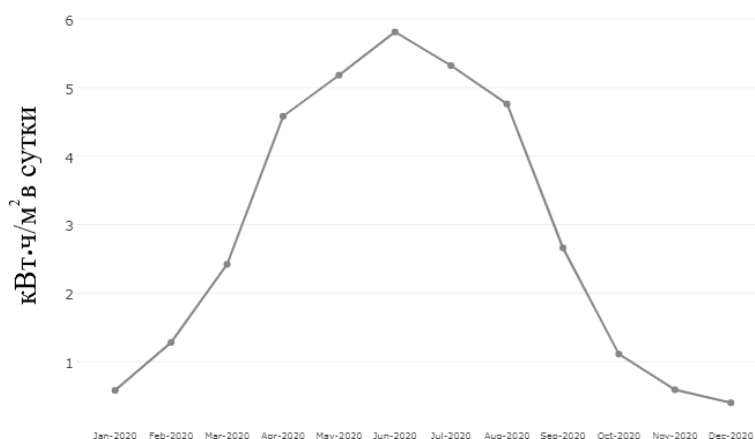


Рисунок 10 - Помесячное распределение суммарной солнечной радиации за 2020 год.

Для наглядности построен график помесячного распределения в течение 2020 года. (Рисунок 10). Солнечная электроустановка будет эффективна, если суммарный годовой приход солнечной радиации на квадратный метр будет больше, чем 1000 кВт·ч.

Суммарные годовые значения прихода солнечной радиации на горизонтальную поверхность с 2012-2020 гг. представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Суммарные годовые значения прихода солнечной радиации на горизонтальную поверхность с 2012-2020

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сумма, кВт·ч/м <sup>2</sup>	1106,3	999,21	1044	1047,17	1110	1039	1075	1062,7	1059,19

В результате, рассчитаны суммарные значение прихода солнечной радиации за каждый год и среднее за 8 лет. Среднее значение прихода солнечной радиации за 8 лет составляет 1060,21 кВт·ч/м<sup>2</sup>, что является целесообразным показателем для использования солнечной энергии. Однако наблюдается существенная неравномерность прихода солнечной энергии в течение года (Рисунок 9,10).

Таким образом, в данных условиях использование солнечной энергии целесообразно.

### **3.3 Энергетический потенциал ветра**

Используя программное обеспечение NASA POWER Data Access Viewer определим энергетический потенциал ветра за 2012 - 2020 года. На рисунке 11 представлен график изменения средней скорости ветра, измеренного на высоте 10 м.

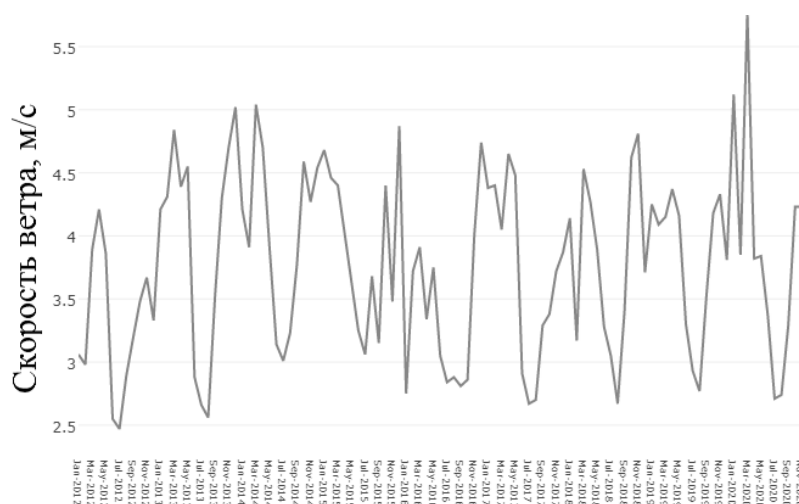


Рисунок 11 – Скорость ветра на высоте 10 метров

Из этих данных следует, что основная ветровая активность наблюдается в зимний и весенний периоды. Максимальные значения ветров за 8 лет наблюдается именно в этом периоде. А минимальные значения скоростей ветра наблюдаются каждый год в летнем периоде. Для более полного понимания необходимо оценить динамику изменения среднесуточных скоростей ветра. Так как динамика по годам особо не меняется, достаточно будет данных за 2020 год. Для этого были также проанализированы данные среднесуточных скоростей ветра за месяцы январь, апрель, июль и октябрь 2020 года в приложении Б. На основе этих данных построены графики изменения среднесуточных скоростей в течение рассматриваемых месяцев (Рисунок 12).

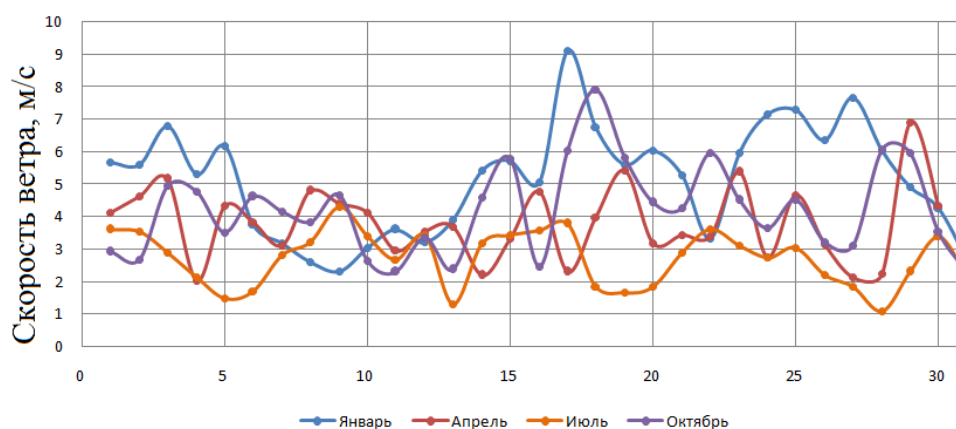


Рисунок 12 – Динамика изменения среднесуточной скорости ветра за месяцы 2020 года

Из рисунка 12 видно, что минимальные значения среднесуточных скоростей наблюдаются в июле – 1 м/с, а максимальные в январе - 9,1 м/с.

Распределение скорости ветра по дням представлено в диаграмме на рисунке 13.

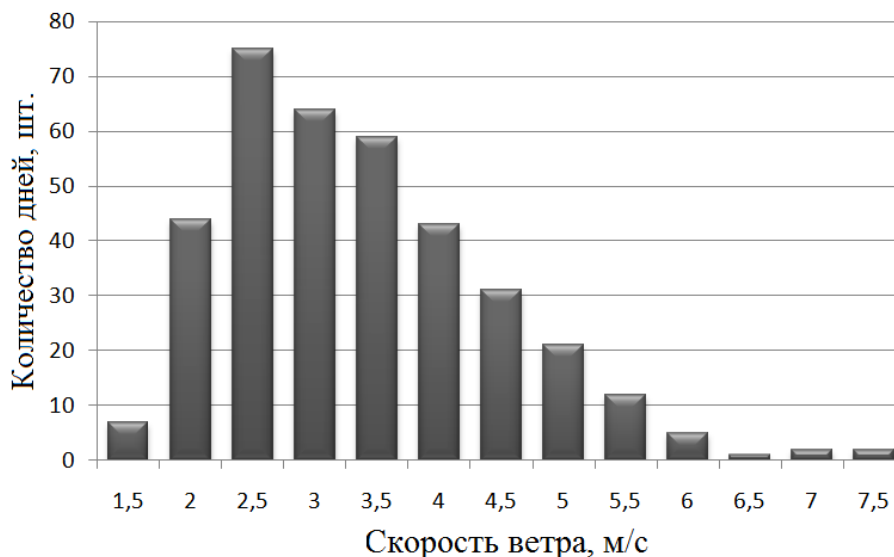


Рисунок 13 – Диаграмма распределения скорости ветра по дням за 2020 год

Проанализировав диаграмму можно сказать, что чаще всего ветер обладает скоростью 2-4,5 м/с, о чём говорит наибольшее количество дней, соответствующих данному значению. При анализе данных об энергетическом потенциале ветра было выявлено, что потенциал ветра намного лучше, чем солнечной энергии. Таким образом, открываются хорошие перспективы для ветровой энергетики в данной местности.

Результат оценки ветрового потенциала: В целом после анализа полученных данных можно сделать вывод, что район обладает средним ветровым потенциалом. Среднее значение среднегодовых скоростей за 8 лет равно 3,76 м/с. Это может привести к нецелесообразности использования ветрогенераторов в составе энергокомплекса, так как данное значение скорости ветра для большинства ветрогенераторов близко, равно или ниже минимальной рабочей скорости ветра, при которой ветрогенераторы начинают вырабатывать электроэнергию. Но существуют ветрогенераторы, которые специально спроектированы для работы в условиях низких

скоростей ветра. Это могут быть как горизонтально-осевые, так и ортогональные ветрогенераторы. Обычно, минимальная рабочая скорость ветра у них около 2 м/с. Здесь как раз можно обратить внимание на то, что 248 дней в 2020 году наблюдалась среднесуточная скорость более 2 м/с. Эти данные наблюдения на высоте флюгера 10 м. Если высота мачты ВЭУ выше, то значение скорости может быть больше. Поэтому ветрогенераторы не исключаются из рассмотрения как потенциально возможный источник энергии в составе гибридной электростанции.

### 3.4 Исследование климатических характеристик района

Исследование климатических характеристик очень важно при проектировании системы электроснабжения. Так как электрифицируемый объект обладает суровыми погодными условиями, необходимо учесть все особенности климата для предотвращения возможных поломок и отказов системы.

Исследование климатических характеристик поселка Вертикос будет производиться аналогичным образом, при помощи программного обеспечения NASA POWER Data Access Viewer [11].

График изменения температуры воздуха за 2020 год представлен на рисунке 14.

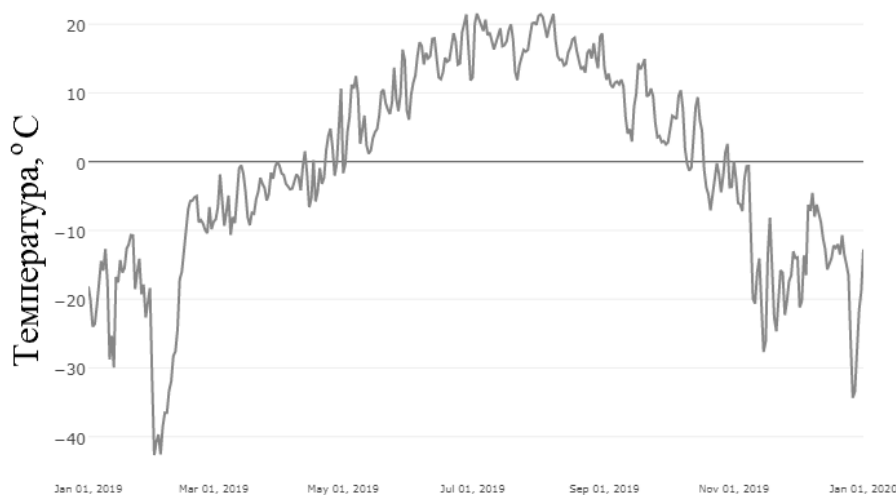


Рисунок 14 – Температура воздуха на высоте 2 метра



При анализе полученного графика видно, что большую часть времени в поселке Вертикос температура воздуха отрицательная. Для более наглядного представления построим диаграмму распределения температуры воздуха по дням за 2020 год. Диаграмма представлена на рисунке 15.

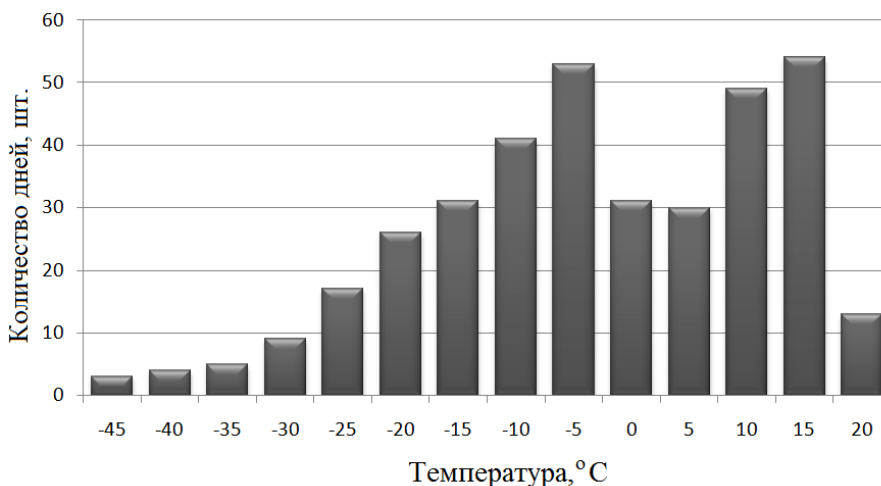


Рисунок 15 – Распределение температуры воздуха по дням за 2020 год

Как видно из рисунка 15, больше всего дней в году температура воздуха соответствует  $-5^{\circ}\text{C}$  и  $15^{\circ}\text{C}$ . Наиболее распространенный интервал температуры от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Для оценки количества осадков, выпавших в поселке за 2020 год, построим график изменения количества осадков. График представлен на рисунке 16.

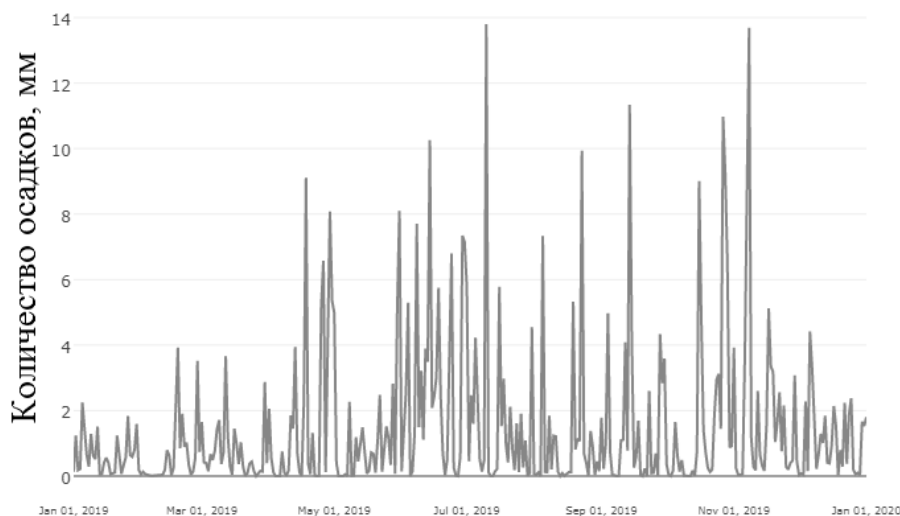


Рисунок 16 – Изменение количества осадков, выпавших за 2020 год

Для более наглядного представления построим диаграмму распределения осадков по дням. Полученная диаграмма представлена на рисунке 17.

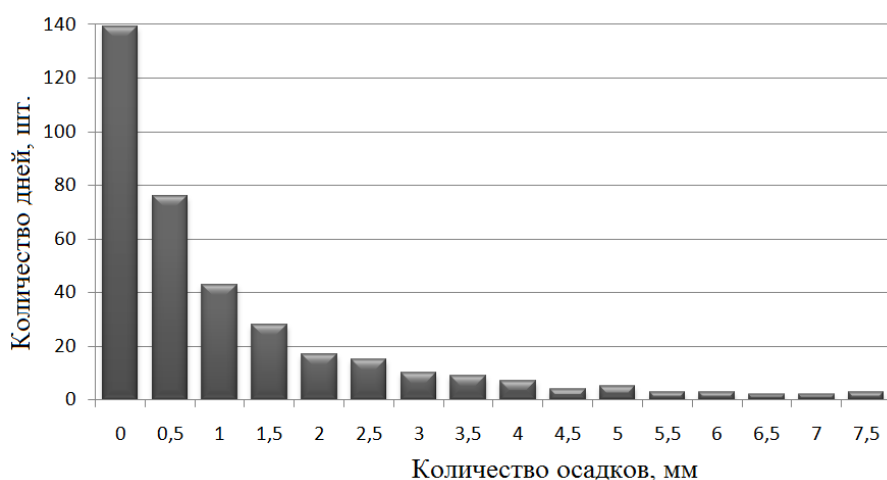


Рисунок 17 – Распределение количества осадков за 2020 год по дням

Как видно из диаграммы (рисунок 17), наибольшему количеству дней в году соответствует интервал от 0 до 2 мм. Таким образом, можно сказать, что поселок обладает небольшим количеством осадков.

Проанализировав всю представленную выше информацию, можно сказать, что климат электрифицируемого объекта в меру суров, характеризуется умеренными ветрами, чаще всего отрицательной температурой воздуха. Количество осадков чаще всего незначительное, что благоприятно будет влиять на ВЭУ и солнечные панели. Осадки чаще всего представляют снег. Возможны такие явления, как снегопады, метели, изморозь, дожди. С ноября по май температура отрицательная, от 0°C до -30°C, с мая по ноябрь температура положительная, варьируется в пределах от 0°C до +25°C. Самый жаркий период наблюдается летом, с июня по август.

На работу установки могут оказать значительную опасность такие явления, как изморозь и обледенение. Из-за образовавшейся наледи может нарушиться баланс лопастей, также из-за попадания влаги вероятны короткие замыкания в оборудовании. Таким образом, на работу ВЭУ влияет огромное количество факторов, которые нужно учитывать не по отдельности, а вместе, чтобы избежать всевозможных рисков. На основе данных

умозаключений, следует выбирать оборудование из материалов и комплектующих, которые будут препятствовать возникновению аварийных ситуаций. Это может быть хладостойкая сталь или наличие подогрева, возможно использование специальных низкотемпературных смазок, сохраняющих свои свойства и при отрицательных температурах.

## 4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГИБРИДНОЙ СЭС

### 4.1. Принцип работы СЭС

Принцип построения солнечной электростанции, заключается в возможности автономного электроснабжения поселка круглый год. Фотоэлектрические модули и ветрогенераторы каждый месяц покрывают разную часть нагрузки, но они не покрывают ее полностью поэтому в энергетический баланс системы электроснабжения включаются дизель-генераторы, которые являются основным источником питания, компенсирующие нехватку фото- и ветроэлектричества. Для этого дизель-генераторы должны иметь систему автоматического запуска, реагирующие на величину изменения электроэнергии в сети. Конфигурация электростанции представлена на рисунке 18 .

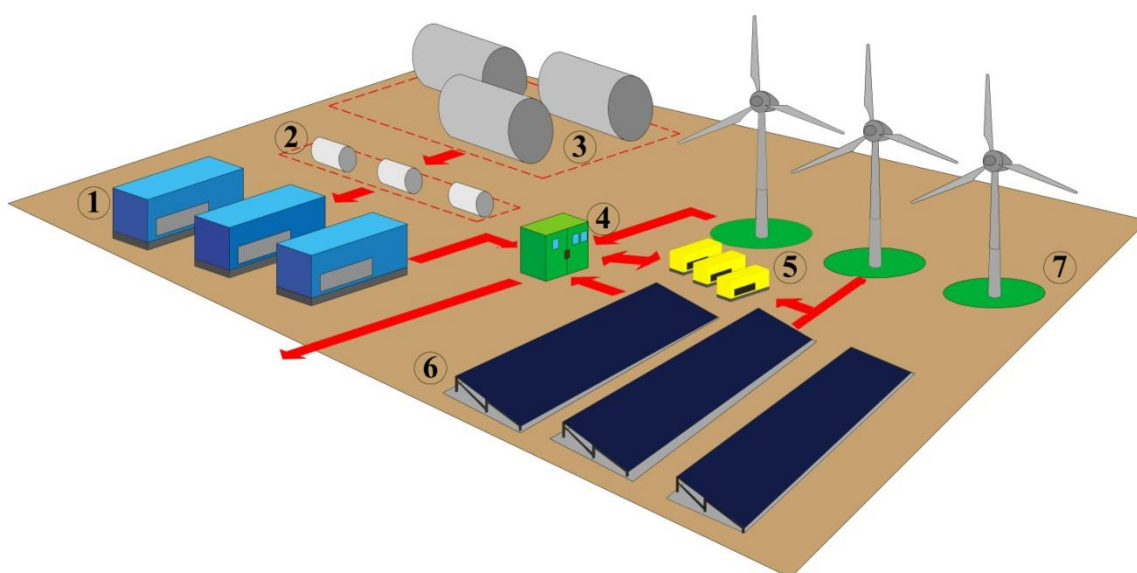


Рисунок 18 - Солнечно-ветро-дизельная электростанция

где 1 – ДГУ; 2 – Топливные насосы; 3 – Топливные баки; 4 – Инвертор; 5 – АКБ;

6 – Солнечные панели; 7 – Ветрогенераторы

Структура такого энергетического комплекса представлена на рисунке

19.

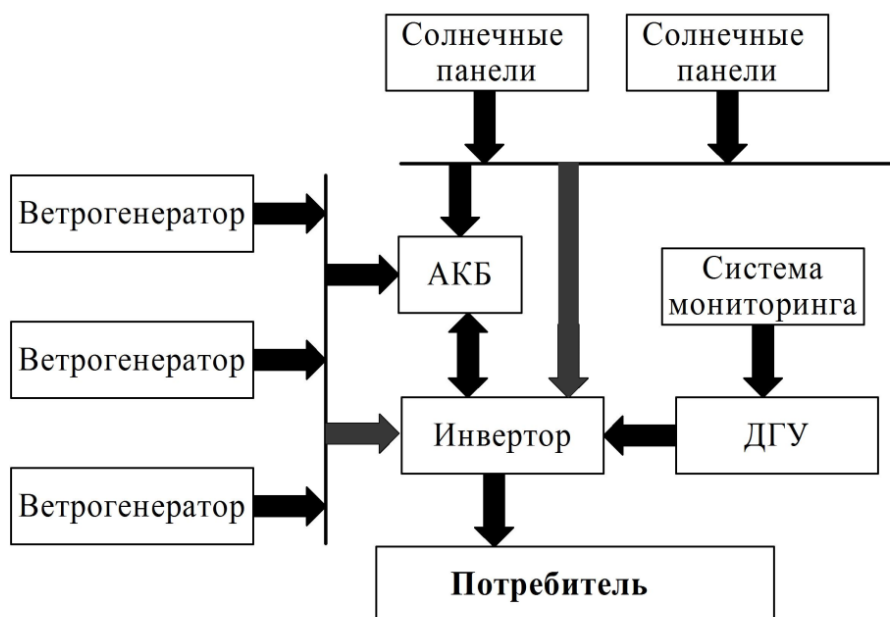


Рисунок 19 – Функциональная схема электростанции.

Необходимо выделить, что использование энергокомплексов, содержащих в своем составе энергоустановки на базе возобновляемых источников энергии, традиционных энергоносителей, а также аккумуляторных батарей, дает возможность повысить и, если необходимо, обеспечить уровень надежности и соответствие показателей качества электроэнергии предъявляемым требованиям, что очень важно для изолированных от централизованного электроснабжения потребителей.

Раздельная работа ФЭС и ДЭС обеспечивает максимальную экономию дизельного топлива, а также продлевает срок службы дизельных агрегатов, за счет компенсации пиков нагрузки энергией запасённой в накопителях. Установленная мощность ФЭС должна обеспечивать электроэнергией потребителей в светлое время суток, а также запасать ее избыток в накопитель, ДЭС в свою очередь должна обеспечивать потребителей в темное время суток, и параллельно заряжать аккумуляторные батареи при недостатке энергии для ее заряда от ФЭС [12].

Универсальным критерием энергоэффективности автономной системы электроснабжения, объединяющим энергоисточники различной физической природы, является полный КПД системы. КПД гибридного энергокомплекса определяется коэффициентами полезного действия элементов каждого канала генерирования и преобразования электроэнергии, которые, в свою очередь, определяются многими режимными и конструктивными факторами

От правильного выбора оборудования напрямую зависит эффективность проектируемого объекта. Специфика расположения объекта, предъявляет дополнительные требования для работы оборудования. Суровые климатические условия, существенный перепад температур делают использование обычного оборудования крайне неэффективным.

#### **4.2 Ветроэнергетическая установка**

Ветроэлектрические установки (ВЭУ) используют для преобразования энергии ветра в электрическую энергию через механическое вращение ротора.

Из-за недостаточно высокой скорости ветра, на местности 3,8 м/с оптимальным решением будет являться использование ветрогенераторных станций «Condor Air Max» мощностью 30 кВт. Низкая стартовая скорость ветра 2,5 м/с и низкая номинальная скорость ветра 8 м/с, наиболее полно соответствует ветропотенциалу в рассматриваемом регионе. График зависимости мощности ветрогенератора от скорости ветра представлен на рисунке 20. Технические характеристики ветрогенератора представлены в таблице 11.

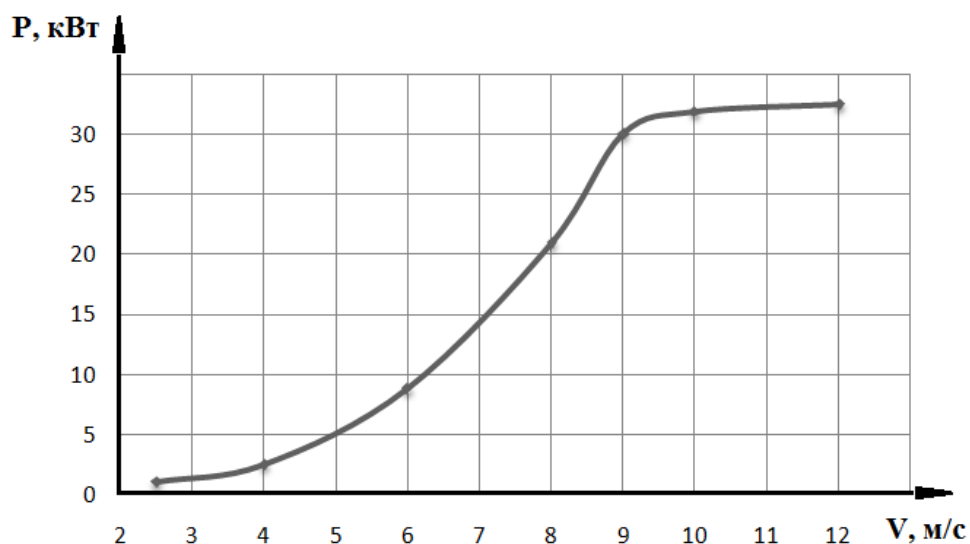


Рисунок 20 – График зависимости мощности от скорости ветра

Таблица 11 – Технические характеристики ветрогенератора Condor Air

Мах 30 кВт [13]

<b>Общая информация</b>	
Номинальная мощность	30 кВт
Расположение вала ротора	Горизонтальное
Ограничение работы	Остановка
Рабочий режим	Соединённая энергосистема
Высота мачты	18 м
Расчётный срок службы	20 – 25 лет
<b>Данные о мощности</b>	
Скорость ветра для запуска	2,3 м/с
Номинальная скорость ветра	9 м/с
Максимальная скорость ветра	30 м/с
Максимальная мощность	+10% от номинала
<b>Ротор</b>	
Диаметр	13 м
Количество лопастей	3
Размещение ротора	Против ветра
Скорость ротора	30 – 40 об/мин
<b>Лопастя</b>	
Материал	Стекловолокно
Высота лопасти	6 м
<b>Генератор</b>	
Тип	Асинхронный трёхфазный
Напряжение	380 В ± 10%
Частота	50 Гц ± 5%

<b>Мачта</b>	
Вид, материал/длина	Решётка, труба/сталь
Высота	18 м
Безопасная лестница, площадки	Да
<b>Тормоза</b>	
Привод	Электромеханический
Защита от бури	Автоматическая
Механические тормоза	Нет
Стоимость, руб.	1 500 000

В цену ветряка входит контроллер заряда и мачта.

По мере приближения к подстилающей поверхности скорость ветра уменьшается, и ветровой поток становится менее устойчивым и наоборот. Поэтому скорость ветра определяется в как можно более высокой точке

Приблизенно скорость ветра на высоте  $h$  может быть оценена по формуле:

$$V_h = V_\phi \left( \frac{h}{h_\phi} \right)^\alpha$$

где,  $V_h$  - скорость ветра на высоте  $h$ ;

$V_\phi$  – скорость ветра на высоте флюгера, м/с,

$h_\phi$  – высота флюгера, м;

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от средней скорости ветра на высоте флюгера [10], таблица 12.

Таблица 12 – Зависимость  $\alpha$  от скорости ветра  $V_\phi$

$V_\phi$ , м/с	0...3	3,5...4	4,5...5	5,5	6...11,5	12...12,5	13...14
$\alpha$	0,2	0,18	0,16	0,15	0,14	0,35	0,13

Пример расчета для месяца январь:

Среднегодовая скорость ветра определяется как среднеарифметическое значение, полученное в результате измерений

скорости через равные промежутки времени в течение заданного периода (сутки, месяц, год, несколько лет) [10]:

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i = \frac{2,75 + 4,38 + 4,14 + 4,25 + 5,12}{5} = 4,13 \text{ м/с}$$

Тогда скорость ветра на высоте 20м:

$$V_{20} = 4,13 \left( \frac{20}{10} \right)^{0,18} = 4,68 \text{ м/с}$$

Таблица 13 - Средние значения скорости ветра в период с 2016 по 2020 год

Месяц	V <sub>cp</sub> , м/с						Высота 20 м
	2016	2017	2018	2019	2020	2016- 2020	
Январь	2,75	4,38	4,14	4,25	5,12	4,13	4,68
Февраль	3,72	4,4	3,17	4,09	3,85	3,85	4,30
Март	3,91	4,05	4,53	4,15	5,77	4,48	5,08
Апрель	3,34	4,65	4,27	4,37	3,82	4,09	4,63
Май	3,8	4,5	3,9	4,2	3,8	4,04	4,64
Июнь	3,05	2,91	3,28	3,3	3,37	3,18	3,66
Июль	2,84	2,67	3,05	2,93	2,71	2,84	3,26
Август	2,88	2,7	2,67	2,77	2,74	2,75	3,16
Сентябрь	2,81	3,29	3,4	3,52	3,29	3,26	3,70
Октябрь	2,86	3,38	4,62	4,18	4,23	3,85	4,37
Ноябрь	4,01	3,72	4,81	4,33	4,23	4,22	4,78
Декабрь	4,74	3,87	3,71	3,81	3,8	3,99	3,99

Опираясь на график зависимости мощности от скорости ветра, рассчитаем количество вырабатываемой энергии одним ветрогенератором в течение года по отдельным месяцам, таблица 14, по полученной таблице построим график вырабатываемой мощности, рисунок 21.



Таблица 14 – Количество вырабатываемой мощности одного ветрогенератора Condor Air Max

Месяц	$V_{ср}$	$P_{вг}$	$W_{1вг}$ , кВтч
Январь	4,68	4,20	3124,8
Февраль	4,3	3,86	2593,2
Март	5,08	4,56	3391,9
Апрель	4,63	4,16	2991,7
Май	4,64	4,16	3098,1
Июнь	3,66	3,28	2364,9
Июль	3,26	2,93	2176,7
Август	3,16	2,84	2109,9
Сентябрь	3,7	3,32	2390,8
Октябрь	4,37	3,92	2917,8
Ноябрь	4,78	4,29	3088,6
Декабрь	3,99	3,58	2664,1
<b>Итого</b>	-	-	32912,49

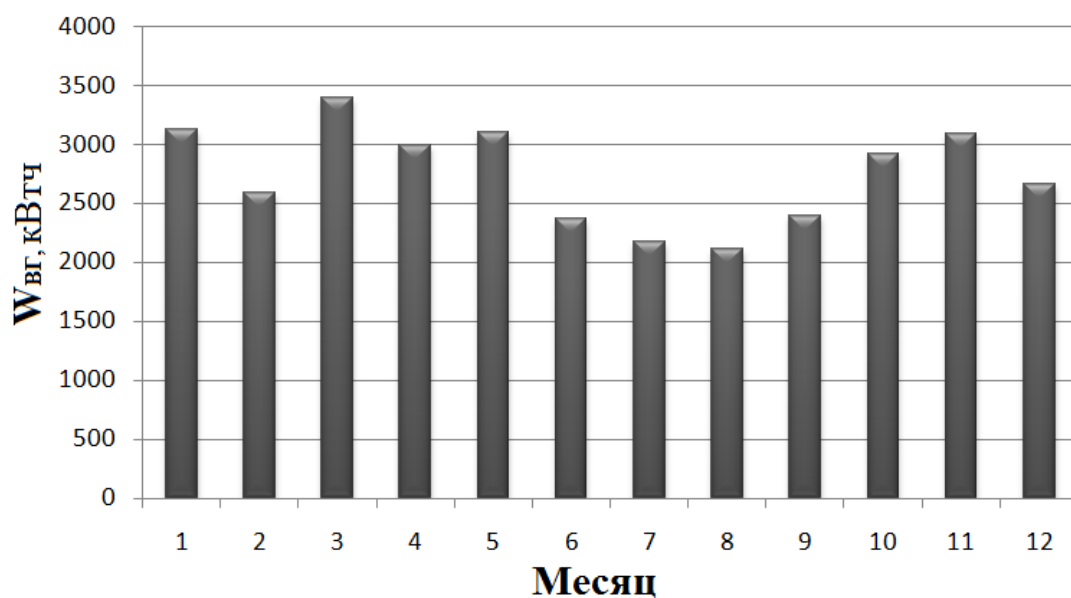


Рисунок 21 – График вырабатываемой мощности одного ветрогенератора Condor Air Max

### 4.3 Фотоэлектрический модуль

Из главы 3.2 был проанализирован потенциал солнечной энергии на проектируемой территории. Было установлено, что среднее значение прихода солнечной радиации в течение 8 лет составляет 1060,21 кВт·ч/м<sup>2</sup>, что является целесообразным показателем для использования солнечной энергии.

Для выработки солнечной электроэнергии выбираем монокристаллическую солнечную батарею NH-MONO-200W, которая отличается от своих аналогов наивысшей эффективностью преобразования энергии солнца в электричество за счёт монокристаллических кремниевых ячеек, из которых она произведена. Техничко-экономические параметры выбранного фотоэлектрического модуля приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Техничко-экономические параметры NH-MONO-200W [14]

<b>Электрические характеристики</b>	
Максимальная мощность, Вт	200
Оптимальное рабочее напряжение, В	36,7
Оптимальный рабочий ток, А	5,45
Напряжение холостого хода, В	44,8
<b>Механические характеристики</b>	
Размер монокристаллических ячеек, мм	125x125 ± 0,5
Степень защиты корпуса	IP 65
Габаритные размеры, мм	1580x808x40
Общая площадь, м <sup>2</sup>	1,28
Вес, кг	15,5
<b>Температурные характеристики</b>	
Температура хранения, °С	от -40 до +85
Температура эксплуатации, °С	от -40 до +85
<b>Прочие характеристики</b>	
Срок службы, лет	25
Стоимость, рублей	8960

### 4.4 Инвертор

В качестве инвертора выбираем SANDI SDP-250KW компании SANDI.

Инвертор SANDI SDP-250KW используется в средних и крупных фотоэлектрических установках и преобразует постоянный ток

фотоэлектрических генераторов в переменный ток. Затем этот переменный ток подается в подключенную электросеть. Конструкция инвертора оптимизирована для минимально возможных потерь и, следовательно, для максимальной эффективности.

Система снабжена стандартизированными интерфейсами, поэтому ее можно интегрировать в систему управления.

Технико-экономические параметры выбранного инвертора приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Технико-экономические параметры SANDI SDP-250KW [15]

<b>Электрические характеристики</b>	
Мощность, кВт	250
КПД, %	93
Входное напряжение, В	380-650
Выходное напряжение, В	230/380
Частота, Гц	50
Максимальная мощность, кВт	250
Номинальная мощность, кВт	250
<b>Механические характеристики</b>	
Влажность	От 0 до 98% без конденсации
Габаритные размеры, мм	1350 x 2100 x 2700
Вес, кг	2085
<b>Температурные характеристики</b>	
Температура эксплуатации, °С	от -25 до +50
<b>Контроль и защита</b>	
Защита от перегрузки	Да
Встроенный байпас	Да
Защита	Перегрузки, короткого замыкания, полного разряда или перезаряда АКБ
<b>Прочие характеристики</b>	
Срок службы, лет	Не менее 10
Стоимость, рублей	4 550 000

#### **4.5 Выбор дизельной электростанции**

Установленную мощность дизельной электростанции по условиям надёжности и возможности широкого варьирования установленной

мощностью ФЭС следует выбирать по максимуму зимнего суточного графика нагрузки. Суммарный график нагрузки (для домов, ЛПХ, учреждений и предприятий) представлен на рис. 22.

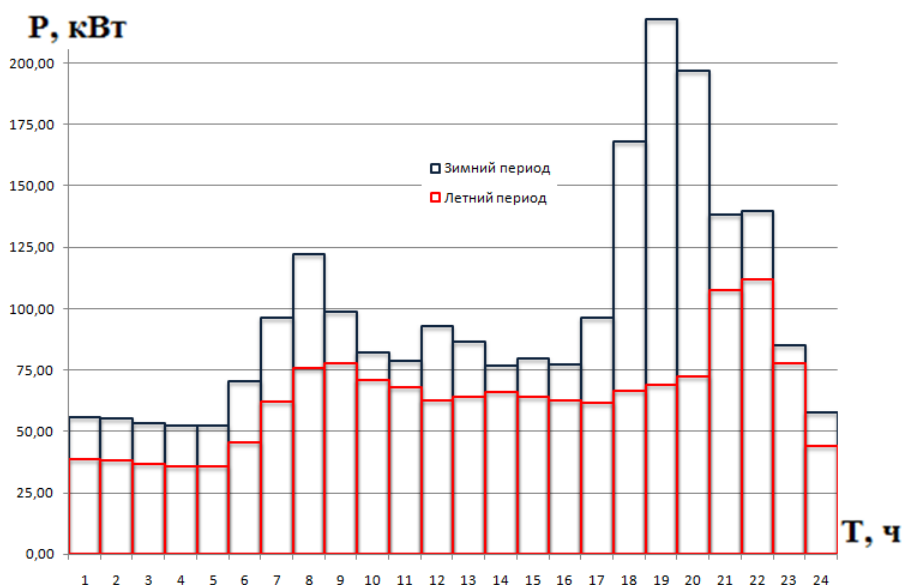


Рисунок 22 – Суммарный суточный график нагрузки активной мощности

Как видно из графика, суточный максимум активной мощности зимнего периода приходится на 19 часов и составляет 218,05 кВт, а летнего – на 22 часа и составляет 111,94 кВт.

Однако, если выбрать ДЭС по максимуму зимнего суточного графика нагрузки, то в таком случае летом, в рассматриваемом режиме работы, она будет загружена только на 15-40%, тогда как энергоэффективной нагрузкой является 70-80% относительно номинальной. Добиться приемлемых уровней загрузки дизель-генераторов ДЭС возможно используя несколько агрегатов в составе ДЭС.

Следовательно, в составе ДЭС для летней эксплуатации целесообразно иметь дизель-генератор установленной мощности 100 кВт. Тогда для работы в зимнее время необходимо иметь в составе ДЭС 3 дизельных генератора указанной мощности. Выбор однотипных генераторов удобен с эксплуатационной точки зрения и позволяет вводить их в работу по мере необходимости в соответствии с сезонами года. Также стоит отметить,

что суммарная мощность агрегатов должна быть на 25 % больше суточного максимума нагрузки

Выбираем дизельный электрогенератор ТСС АД-100С-Т400-2РМ2– с АВР, мощностью 100 кВт и стоимостью 1 214 000 рублей [16].

Основные технические характеристики дизельгенератора представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Характеристики дизельгенератора

<b>Технические характеристики</b>	
Производитель	ТСС (Россия)
Модель	ТСС АД-100С-Т400-2РМ2
Вид топлива	дизель
Тип запуска	электрозапуск, автозапуск (авр)
Количество фаз	3
Мощность номинальная	100 кВт
Резервная мощность	138 кВА / 110 кВт
Бак	200 л
Коэффициент мощности	0,8
Напряжение	400 В
Частота	50 Гц
Автономная работа на 75 % нагрузки	24,1 л/ч
Расход топлива	30,8 л/ч
<b>Габаритные размеры и вес</b>	
Вес с АВР	2050 кг
Габаритные размеры (ДхШхВ)	2670x1200x1650 мм
Цена	3 x 1 214 000 руб.

Оборудование топливного хозяйства электростанции должно обеспечивать приемку, слив, хранение, подготовку и бесперебойную подачу топлива к дизельным агрегатам.

Дизельное топливо поставляется на подстанцию с ближайшего населенного пункта с которого можно поставлять топливо, топливо на подстанцию осуществляется на подстанцию с помощью бензовозов, взятых в аренду с максимальным объемом перевозимого топлива 35 000 литров. На рисунке 23 представлен примерный маршрут и дистанция до подстанции.

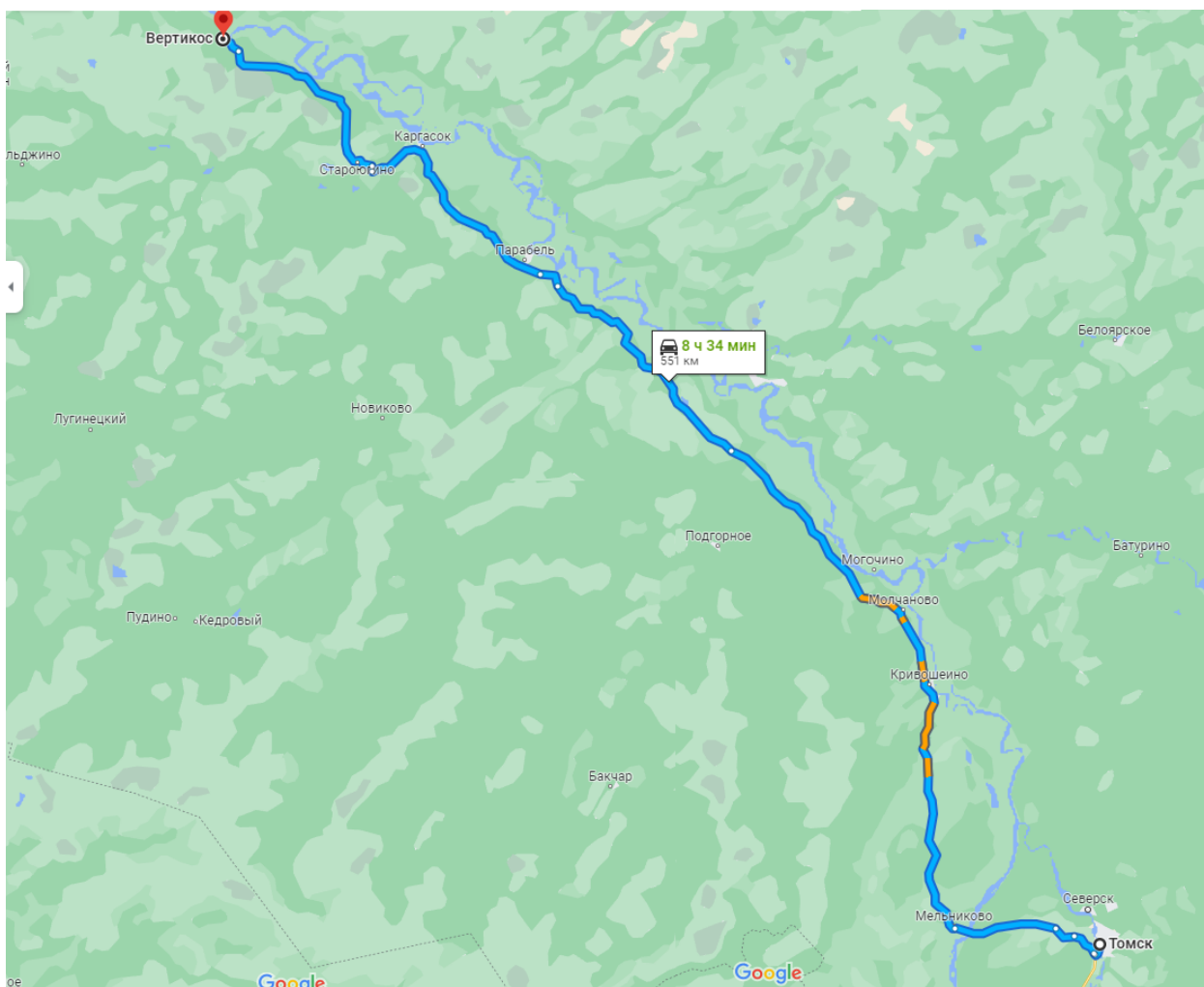


Рисунок 23 – Маршрут доставки топлива.

### *Топливные резервуары*

Для хранения топлива электростанции должны иметь топливные склады (топливохранилища). На топливных складах применяются стальные цилиндрические резервуары. По способу размещения резервуары могут быть подземными (заглубленными или полугаглубленными) и наземными, а по своей конструкции - вертикальными или горизонтальными.

Для хранения топлива будут использоваться 3 топливных резервуара с вместимостью по 15 000 литров каждый. Выбираем бак на 15 000 литров компании Сталепласт, стоимостью 300 000 рублей [17].

### *Топливные насосы*

Насос выполняет функцию подачи топлива из бака в двигатель. Он компенсирует перепады высоты между баком и устройством потребления.

Топливные насосы устанавливаются как в самом агрегате, так и в резервных емкостях для своевременной подачи горячей жидкости.

Наличие топливного насоса обеспечивает бесперебойную и равномерную подачу топлива. При его поломке, нормально работать двигатель дизельного генератора не сможет. Это приведет либо к нарушению подачи топлива, либо к существенной поломке мотора и его запчастей.

Выбираем топливный насос высокого давления (ТНВД) Perkins 2643B315 стоимостью 90 000 рублей [18].

#### 4.6. Выбор аккумуляторных батарей

Генерируемая солнечной электростанцией (СЭС) и потребляемая нагрузкой энергии могут сильно различаться. Для сохранения электроснабжения в периоды недостаточной генерации (например, ночью) и избыточной в периоды пиковой генерации СЭС должна быть оборудована банком накопителей.

Принимаем к установке глубокоразрядные аккумуляторные батареи LM OPzS 3500 компании FIAMM с номинальной ёмкостью 3500 Ач и номинальным напряжением аккумуляторной ячейки 2 В. Технико-экономические параметры выбранного аккумулятора приведены в таблице 18:

Таблица 18 – Технико-экономические характеристики LM OPzS 3500 [19]

Электрические характеристики	
Номинальное напряжение, В	24
Емкость, А·ч	350
Механические характеристики	
Класс защиты	IP44
Габаритные размеры, мм	212×576×837
Вес, кг	245
Прочие характеристики	
Стоимость, рублей	144 000

В целях снижения зарядных токов следует собрать из выбранных ячеек батареи аккумуляторов на напряжение 480 В (цепь из 20 последовательно включенных ячеек). Параметры одной батареи аккумуляторов:  $E_B = 350$  Ач;  $U_B = 480$  В. Глубина разряда, с целью продления срока службы аккумуляторов, принята равной 70%. Тогда требуемая емкость накопителей:

$$E_C = \frac{W_D}{U_B \cdot K_D} = \frac{2332,6}{480 \cdot 0,70} = 6,942 \text{ кА} \cdot \text{ч};$$

где  $W_D$  – средняя суточная потребность в электроэнергии за месяц январь, кВтч;

$K_D$  – коэффициент использования емкости (учитывает, какую часть энергии всех аккумуляторов используют реально).

Зная требуемую емкость ( $E_C$ ) и емкость одной батареи аккумуляторов ( $E_B$ ) можно найти необходимое количество батарей аккумуляторов ( $N_B$ ):

$$N_B = \frac{E_C}{E_B} = \frac{6,942 \cdot 10^3}{350} \approx 19,83 = 20 \text{ шт.}$$

Таким образом, суммарная емкость банка батарей составит:

$$E_O = E_B \cdot N_B = 20 \cdot 350 = 7000 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Перемножение полученной емкости с напряжением банка батарей (480 В) позволяет получить суммарную емкость в кВтч (3360 кВтч).

Таким образом, число аккумуляторных ячеек составит:

$$N_{яч} = N_B \cdot N_C = 20 \cdot 20 = 400 \text{ шт.}$$

Так как каждая батарея FIAMM LM OPzS 3500 состоит из четырех аккумуляторных ячеек, необходимое число батарей составляет 100 шт., общей суммарной стоимостью 17 280 000 руб.



## 5. ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

### 5.1 Расчет энергетического баланса

Проведем исследование влияния доступных параметров для развития энергетической системы, управляя возможными конфигурациями и разрабатывая экономические модели для них. Для достижения цели может быть сформирован ряд альтернативных конфигураций с различными характеристиками и показателями. Все конфигурации базируются на использовании дизель-генераторов, солнечных панелей и ветрогенераторов.

Принимаем для сравнения варианты конфигурации, такие как: 300 ФЭМ и 10 ВГ, 700 ФЭМ и 10 ВГ, 450 ФЭМ и 11 ВГ, 600 ФЭМ и 12 ВГ

#### *Конфигурация 300 ФЭМ и 10 ВГ*

Графики среднесуточной месячной потенциальной выработки электроэнергии 400 фотоэлектрическими модулями типа HH-MONO-200W, 10 ветрогенераторами Condor Air 30 и среднесуточного электропотребления посёлка приведены на рисунке 24. На этом же рисунке графически показано летнее электропотребление.

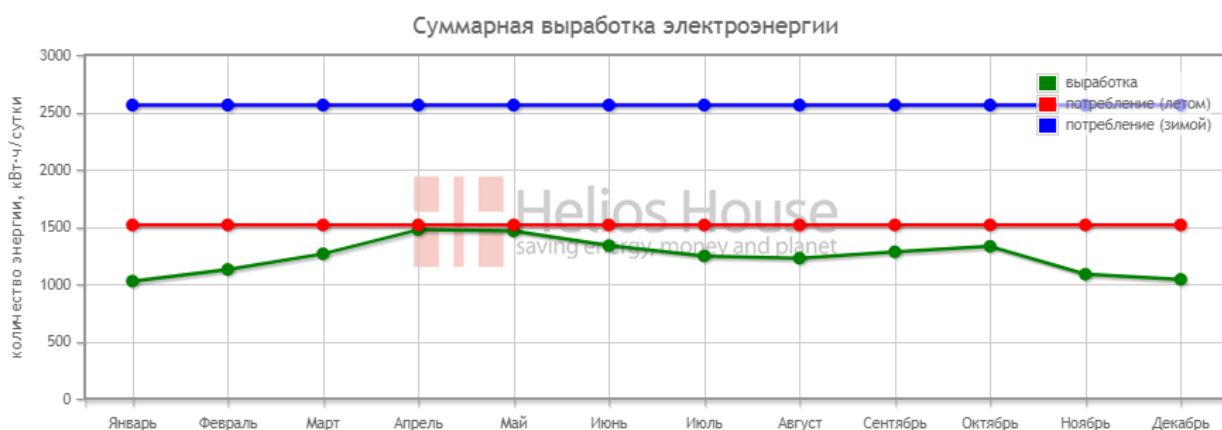


Рисунок 24 - Графические зависимости среднесуточной месячной выработки ВИЭ и зимнего и летнего среднесуточного электропотребления.

Численные значения среднесуточной выработки фотоэлектростанции по месяцам приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Среднесуточная выработка фотоэлектростанции по месяцам

Янв.	Фев.	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сент.	Окт.	Ноя.	Дек.
1025,4	1127,4	1264,0	1474,2	1463,2	1335,5	1244,9	1225,7	1281,4	1329,2	1085,7	1040,9
Среднегодовая выработка электроэнергии: <b>1241.45</b> кВт·ч/сутки. Суммарная выработка электроэнергии за год: <b>453127.61</b> кВт·ч.											

По графическим зависимостям видна возможность электроснабжения. Данные таблицы 19 свидетельствуют о нехватке электроэнергии, которая будет компенсироваться в летнее время включением аккумуляторных батарей на время необходимое для компенсации энергетического баланса, в зимнее – включением ДЭС.

Суточный дефицит электроэнергии за июль составляет:

$$\Delta_{\text{д}} = W_{\text{ПОТР}} - W_{\text{ВИЭ}} = 1516,2 - 1244,9 = 271,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Месячный дефицит электроэнергии за июль составляет:

$$\Delta_{\text{м}} = \Delta_{\text{д}} \cdot n = 271,3 \cdot 31 = 8411,32 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

При допустимой глубине разряда 30%, аккумуляторные батареи могут отдать:

$$W_{\text{АКБ}} = 3360 \cdot 0,7 = 2352 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

При достижении глубины разряда 30 % аккумуляторами, в работу будет подключаться ДЭС, покрывая дефицит электроэнергии и заряжая АКБ. Для простоты расчета примем, что дефицит электроэнергии за месяц наполовину покрывается АКБ, а наполовину ДЭС.

Таким образом, мощность, вырабатываемая ДГУ составит:

$$W_{\text{ДГУ}} = \Delta_{\text{м}} - W_{\text{АКБ}} = 4205,66 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Данный дефицит может быть скомпенсирован включением 3 имеющихся ДГУ суммарной мощностью 300 кВт при 75 % нагрузке на 18,7 часов в месяц.

Количество потребляемого топлива за рассматриваемый промежуток составит:

$$G_{ДГУ} = n \cdot W_{ДГУ} \cdot g = 3 \cdot 18,7 \cdot 24,1 = 1351,4 \text{ л}$$

где  $g$  – расход топлива ДГУ

Установленную мощность оборудования ФЭС будем менять с учётом его дискретности и критерия минимизации себестоимости электроэнергии гибридной электростанции.

Энергетический баланс остальных вариантов гибридной электростанции представлен в таблице 21.

## 5.2 Расчет себестоимости электроэнергии

К основному критерию экономической эффективности гибридных электростанций можно стоимость 1 кВтч электроэнергии, который определяется из выражения

$$C_{\text{эл}} = \frac{k_p (3 \cdot C_{\text{ДГУ}} + C_{\text{обор}} + C_{\text{мон}} + C_9)}{W_{\text{год}}}$$

где  $W_{\text{год}}$  – общее количество электрической энергии, вырабатываемое электростанцией в течение года;  $C_{\text{ДГУ}}$  - Общие капиталовложения для дизель-генераторов;  $C_{\text{обор}}$  - Стоимость комплектного оборудования;  $C_{\text{мон}}$  - Годовые затраты на топливо и его доставку;  $C_9$  - Общие годовые эксплуатационные расходы;  $k_p = \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{1}{20}$  - нормативный коэффициент рентабельности

Экономический анализ автономного электроснабжения, при существующих в России экономических условиях в этой области, может быть направлен в большинстве случаев на сокращение бюджетных дотаций. Соответственно, говорить о прибыльности производства электроэнергии в изолированных системах электроснабжения чаще всего не приходится. Нормативный коэффициент рентабельности в таких ситуациях целесообразно выбирать исходя из срока службы основного энергетического оборудования [20].

### *Общие капиталовложения для дизель-генераторов*

Прямое применение выражения для расчета себестоимости генерируемой электроэнергии заключается в том, что в составе ДЭС используется различное энергетическое оборудование не только с разным экономическим сроком службы, но и разными принципами его определения.

Для устранения данного противоречия срок службы каждого компонента проектируемой энергетической системы нужно привести к одной размерности, для чего используются масштабирующие коэффициенты.

Для большинства компонентов ДЭС: распределительные щиты, контрольно-измерительные приборы, коммутационная аппаратура и т.п. срок службы устанавливается предприятиями-изготовителями и в явном виде указывается в их технической спецификации. Как правило, для данного вида оборудования гарантированный срок службы  $T_{сл}$  составляет 20-25 лет.

Срок службы дизель-генераторных установок зависит от интенсивности их эксплуатации, или числа рабочих моточасов, а также от типоразмера и изготовителя. В технической спецификации на ДГУ предприятие-изготовитель определяет число моточасов до капитального ремонта  $T_{кап.р.}$ . За время срока службы ДГУ  $T_{слДГУ}$ , как правило, производится 3-4 капитальных ремонта, после которых требуется полная замена установки [21].

Соответственно, при выполнении технико-экономических расчетов для определения срока службы ДГУ необходимо использовать следующее выражение:

$$T_{сл.ДГУ} = \frac{4 \cdot T_{кап.р}}{T_{раб.ДГУ}}$$

где  $T_{раб.ДГУ}$  – расчетное число рабочих моточасов ДГУ в год, которое определяется по результатам планирования и анализа режимов ДЭС по суточным графикам нагрузок.

С учетом обозначенных выше положений общие капиталовложения для ДГУ определяются по выражению:

$$C_{ДГУ} = C_{ДГУ} \cdot m_{ДГУ} + C_{доп}$$

Общие капитальные вложения на создание гибридной электростанции приведены в таблице 20.

Таблица 20 - Общие капитальные вложения

№	Номенклатура позиции	Кол-во, шт	Цена за шт., руб	Сумма, руб.
1	Ветрогенератор Condor Air 30 кВт	10	1 500 000	15 000 000
2	ФЭМ НН-MONO-200W	300	8960	2 688 000
3	Инвертор SANDI SDP-250KW	1	4 550 000	4 550 000
4	АКБ LM OPzS 3500	120	144 000	17 280 000
5	Дизельный генератор 2 степени автоматизации ТСС АД-100С-Т400-2PM2	3	1 214 000	1 214 000
6	Топливные резервуары	3	300 000	900 000
7	Топливный насос Perkins 2643B315	3	90 000	270 000
<b>Итого:</b>				<b>41 902 000</b>

*Конфигурация 300 ФЭМ и 10 ВГ*

Себестоимость 1 кВт·ч генерируемой электроэнергии:

$$C_{эл} = \frac{k_p(3 \cdot C_{ДГУ} + C_{обор} + C_{мон} + C_9)}{W_{год}} =$$

$$= \frac{3 \cdot 1\,796\,720 + 48\,825\,600 + 3\,004\,732 \cdot 20 + 1\,204\,678 \cdot 20}{20 \cdot 733954} =$$

$$= 9,43 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч.}$$

где  $W_{год}$  – общее количество электрической энергии, вырабатываемое электростанцией в течение года, кВт·ч;  $k_p = \frac{1}{T_{сл}} = \frac{1}{20}$  – нормативный

коэффициент рентабельности (Выбирается в зависимости от срок службы основного оборудования станции  $T = 20$  лет)

*Общие капиталовложения для дизель-генераторов*

$$C_{дгУ1} = C_{дгУ2} = C_{дгУ3} = C_{дгУ1} \cdot m_{дгУ1} + C_{доп} = \\ = 1214000 \cdot 1,28 + 242\ 800 = 1\ 796\ 720 \text{ руб.},$$

где  $K_{усті}$  – стоимость ДГУ, принимаемая по таблице 17. Для ДЭС с  $P_{ном} = 100$  кВт,  $C_{уст} = 1\ 214\ 000$  руб.  $C_{допі}$  принимаются равными  $C_{допі} = 0,2 \cdot C_{усті}$ .

Масштабирующий коэффициент выравнивания срока службы ДГУ:

$$m_{дгУ1} = m_{дгУ2} = m_{дгУ3} = \frac{T_{сл}}{T_{сл,дгУ1}} = \frac{25}{19,55} = 1,28,$$

где  $T_{сл}$  – срок службы оборудования, принимаемый 25 лет.

Экономический срок службы ДГУ:

$$T_{сл,дгУ1} = T_{сл,дгУ2} = T_{сл,дгУ3} = \frac{4 \cdot T_{кап.р}}{T_{раб,дгУ1}} = \frac{25\ 000}{1279} = 19,55 \text{ лет.},$$

где число моточасов до капитального ремонта принимается равным  $T_{кап.р} = 25\ 000$  ч.

*Стоимость комплектного оборудования*

$$C_{обор} = (n_{АКБ} \cdot C_{АКБ} + n_{г} \cdot C_{г} + n_{фЭМ} \cdot C_{фЭМ} + C_{ИНВ} + n_{Н} \cdot C_{Н} + n_{Р} \cdot C_{Р}) k_{монт} = \\ = (120 \cdot 144\ 000 + 10 \cdot 1\ 500\ 000 + 300 \cdot 8960 + 4\ 350\ 000) \cdot 1,2 = 48\ 825\ 600 \text{ руб.}$$

где  $n_{АКБ}, n_{г}, n_{фЭМ}, n_{Н}, n_{Р}$  - количество АКБ, ветрогенераторов, фотоэлектрических модулей, топливных насосов и резервуаров соответственно;  $C_{АКБ}, C_{г}, C_{фЭМ}, C_{ИНВ}, C_{Н}, C_{Р}$  - стоимость АКБ, ветрогенераторов, фотоэлектрических модулей, инвертора, топливных насосов и резервуаров соответственно;  $k_{монт} = 20\%$  от стоимости оборудования - коэффициент, учитывающий строительно-монтажные работы.

*Годовые затраты на топливо и его доставку:*

$$C_{топ} = n \cdot G_{год} \cdot g \cdot C_{1л} = 3 \cdot 639,38 \cdot 24,1 \cdot 65 = 3\ 004\ 732 \text{ руб.}$$

где  $n = 3$  - количество однотипных ДГУ;  $G_{\text{год}}$  – количество моточасов;  
 $g$  – расход топлива ДГУ;  $C_{\text{л}} = 65$  руб – цена за 1 литр топлива с учетом его доставки [14].

*Общие годовые эксплуатационные расходы:*

$$\begin{aligned} C_{\text{э}} &= C_{\text{обсл1}} + C_{\text{обсл2}} + C_{\text{обсл3}} + C_{\text{ЗП}} = \\ &= 3 \cdot 41\,560 + 1\,080\,000 = 1\,204\,678 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты на обслуживание и плановый ремонт:

$$C_{\text{обсл1}} = C_{\text{обсл2}} = C_{\text{обсл3}} = T_{\text{раб,ДГУ1}} \cdot Z_{\text{час1}} = 639,38 \cdot 65 = 41\,560 \text{ руб,}$$

где  $Z_{\text{час1}}$  – стоимость обслуживания одного часа, принимаемая 65 руб/час для ДГУ с  $P_{\text{ном}} = 100$  кВт.

Для эксплуатации станции необходимо два специалиста со средней заработной платой 45 000 рублей в месяц, что составит 1 080 000 рублей в год.

Таким образом, в результате оптимизации количества агрегатов ветро-солнечной СЭС было установлено, что наиболее оптимальным является конфигурация из 600 фотоэлектрических модулей HH-MONO-200W и 12 ветрогенераторов Condor Air Max 30 кВт. Стоимость электроэнергии при таком количестве главных агрегатов составляет 7,95 рублей/кВт·ч.

Таблица 21 - Энергетический баланс разных вариантов гибридной электростанции

Месяц	Конфиг	300 ФЭМ + 10 ВЭУ			700 ФЭМ + 10 ВЭУ			450 ФЭМ + 11 ВЭУ			600 ФЭМ + 12 ВЭУ		
	W <sub>потр</sub> кВт·ч	W <sub>ВИЭ</sub> кВт·ч	W <sub>ДГУ+АКБ</sub> кВт·ч	G <sub>ДГУ</sub> , литров	W <sub>ВИЭ</sub> кВт·ч	W <sub>ДГУ+АКБ</sub> кВт·ч	G <sub>ДГУ</sub> , литров	W <sub>ВИЭ</sub> кВт·ч	W <sub>ДГУ+АКБ</sub> кВт·ч	G <sub>ДГУ</sub> , литров	W <sub>ВИЭ</sub> кВт·ч	W <sub>ДГУ+АКБ</sub> кВт·ч	G <sub>ДГУ</sub> , литров
Январь	2332,6	1025,4	1307,2	6511	1120,2	1212,4	6039	1156,4	1176,3	5859	1287,3	1045,3	5206
Февраль	2582,5	1127,4	1455,1	7248	1321,2	1261,4	6282	1298,3	1284,3	6397	1469,1	1113,4	5546
Март	1982,7	1264,0	718,7	3580	1570,6	412,1	2053	1482,4	500,4	2492	1700,7	282,0	1404
Апрель	1928,3	1474,2	454,1	2262	1857,4	70,9	353	1736,6	191,7	955	1998,9	0,0	0
Май	1749,5	1463,2	286,3	1426	1851,9	0,0	0	1726,1	23,4	116	1989,0	0,0	0
Июнь	1687,3	1335,5	351,8	1752	1737,4	0,0	0	1589,6	97,7	486	1843,7	0,0	0
Июль	1516,2	1244,9	271,3	1351	1650,7	0,0	0	1491,1	25,1	125	1737,3	0,0	0
Август	1749,5	1225,7	523,7	2608	1569,2	180,2	898	1451,4	298,1	1485	1677,0	72,5	361
Сент.	1928,3	1281,4	646,9	3222	1533,9	394,4	1964	1485,3	443,0	2206	1689,2	239,1	1191
Октябрь	2099,3	1329,2	770,2	3836	1505,5	593,9	2958	1515,0	584,3	2910	1700,8	398,5	1985
Ноябрь	2289,8	1085,7	1204,2	5998	1198,8	1091,0	5434	1228,2	1061,7	5288	1370,7	919,1	4578
Декабрь	2332,6	1040,9	1291,7	6433	1100,6	1232,0	6136	1162,9	1169,7	5826	1284,9	1047,7	5218

Таблица 22 - Энергетический баланс разных вариантов гибридной электростанции

№	Конфигурация		C <sub>ДГУ</sub>	C <sub>АКБ</sub>	C <sub>ФЭМ</sub>	C <sub>ВГ</sub>	C <sub>инв</sub>	C <sub>н</sub>	C <sub>р</sub>	C <sub>топ</sub>	C <sub>э</sub>	C <sub>эл</sub>
	ФЭМ	ВГ	руб.	руб.	руб.	руб.	руб.	руб.	руб.	руб.	руб.	руб/кВт·ч
1	300	10	1796720	17280000	2688000	15000000	4550000	270000	900000	3004732	1204678	9,43
2	700	10	1796720	17280000	6272000	15000000	4550000	270000	900000	2087591	1166622	8,42
3	450	11	1796720	17280000	4032000	16500000	4550000	270000	900000	2219411	1172092	8,55
<b>4</b>	<b>600</b>	<b>12</b>	<b>1796720</b>	<b>17280000</b>	<b>5376000</b>	<b>18000000</b>	<b>4550000</b>	<b>270000</b>	<b>900000</b>	<b>1633906</b>	<b>1147797</b>	<b>7,95</b>



## **6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Главной задачей является показать, что возобновляемые энергоресурсы могут быть конкурентоспособными, могут сохранять экологичность, и при этом уменьшать себестоимость электроэнергии. Предполагаемое место установки децентрализованной системы электроснабжения с возобновляемыми источниками электроэнергии является село Вертикос в Томской области.

## **6.1 Предпроектный анализ**

### **6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Энергоснабжающие организации
- Отраслевые компании;
- Научно-исследовательские организации, университеты.
- Граждане.

### **6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируется оценка различных вариантов электроснабжения для генерации электроэнергии с помощью солнечных батарей, ветрогенераторных установок и дизельных генераторов:

1. Количество энергии, получаемой от солнечных батарей, хватает на покрытие летнего графика нагрузки.
2. Количество энергии, получаемой от солнечных батарей, хватает на покрытие весеннего и осеннего графиков нагрузки.
3. Энергия, которую получает потребитель, вырабатывается только дизель-генераторами.

В таблице 1 приведена оценка конкурентов, где  $\Phi$  – разрабатываемый проект,  $K_i$  – исследование  $i$ -го сценария, проведенное инженером в научно-исследовательском институте

Таблица 23 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в эксплуатации	0,14	3	3	4	0,42	0,42	0,56
2. Экологичность	0,20	4	3	2	0,8	0,60	0,40
3. Простота эксплуатации	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
4. Надежность	0,15	4	4	4	0,60	0,60	0,60
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	4	4	0,60	0,48	0,48
2. Цена	0,14	4	3	2	0,56	0,42	0,28
3. Потребление топлива	0,10	3	2	5	0,30	0,20	0,50
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>4,03</b>	<b>3,32</b>	<b>3,27</b>

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать что 1 сценарий превосходит конкурентные исследования, что связано в первую очередь с экологичностью, простотой эксплуатации. Кроме того, конкурентное преимущество разработки заключается в том, что

используемый ресурс является возобновляемым. Его применение не оказывает негативного влияния на окружающую среду.

### 6.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 24). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

*Первый этап* заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 24 – Матрица SWOT-анализа

<p><b>Сильные стороны</b>  С1. Низкая цена проекта  С2. Отсутствие подобного исследования на территории области  С3. Экологичность проведенных исследований  С4. Высокая эффективность</p>	<p><b>Слабые стороны</b>  Сл1. Удаленность территории объекта исследования  Сл2. Погрешность методов анализа  Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации</p>
<p><b>Возможности</b>  В1. Повышение требований к синхронной работе электрооборудования.  В2. Появление дополнительного спроса на исследования  В3. Совершенствование технологических схем.</p>	<p><b>Угрозы</b>  У1. Незаинтересованность в разработке у крупных российских отраслевых компаний, отсутствие инвестиций.  У2. Высокие требования к технике безопасности и квалификации специалистов.</p>

*Второй этап* состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 25 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта				
		С1.	С2.	С3.	С4.
Возможности проекта	В1.	+	+	+	+
	В2.	+	+	+	0
	В3.	+	+	+	+

		Слабые стороны проекта		
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
Возможности проекта	В1.	-	-	+
	В2.	0	-	+
	В3.	-	0	-

		Сильные стороны проекта			
		С1.	С2.	С3.	С4.
Угрозы	У1.	+	+	+	-
	У2.	-	-	-	-

		Слабые стороны проекта		
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
Угрозы	У1.	-	-	-
	У2.	+	0	+

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 26).

Таблица 26 –SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны</b></p> <p>С1. Низкая стоимость обслуживания Ветрогенераторов и солнечных панелей</p> <p>С2. Три независимых источника питания</p> <p>С3. Износ ДГУ значительно уменьшается за счет снижения рабочих моточасов.</p> <p>С4. Снижение вредных выбросов</p>	<p><b>Слабые стороны</b></p> <p>Сл1. Зависимость от активности ветра на местности</p> <p>Сл2. Зависимость от активности солнца на местности</p> <p>Сл3. Большие затраты на аккумуляторные батареи</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Децентрализованное электроснабжение без затрат на топливо</p> <p>В2. Повышение надежности электроснабжения</p> <p>В3. Совершенствование технологических схем.</p>	<p>Использование технологии для диагностики нового или производимого оборудования для улучшения качества выпускаемой продукции. Высокая эффективность электроснабжения при меньших операционных затратах, позволяет сократить ежегодные издержки на топливо и обслуживание.</p>	<p>Развитие технологии обеспечит более точную и легкую настройку режимов работы гибридной электростанции. Разработка новых технологических схем позволит уменьшить затраты на аккумуляторные батареи, за счет уменьшения их количества.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии у производства.</p> <p>У2. Высокие требования к технике безопасности в отрасли.</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования.</p>	<p>Электроснабжение от ВИЭ потребует больше элементов автоматизации и более сложных интегрированных систем</p>	<p>Необходимо заинтересовать компании проработанной методикой электроснабжения. Использовать маркетинговые приемы для повышения лояльности иностранных компаний.</p>

### 6.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 27).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 27 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	2
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	3

8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	51	45

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где:  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика на среднем уровне.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки и проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

## **6.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Для коммерциализации результатов проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика. Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

## **6.2 Инициация проекта**

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 28).

Таблица 28 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Энергоснабжающие организации, граждане	Получение исследования и расчета перспективной системы электроснабжения поселка

В таблице 7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.



Таблица 29 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Спроектировать гибридную систему электроснабжения с возобновляемыми источниками электроэнергии (ВИЭ)
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Действенное использование метода электроснабжения от ВИЭ
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Бесперебойное снабжение потребителя и соблюдения норм категории электроснабжения
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Определить характеристики исследуемого объекта (электрические нагрузки, потенциал ВИЭ)
	Провести обработку полученных данных;
	Определить, рассчитать оптимальную структуру электростанции

В таблице 30 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 30 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Лукутин Б.В., НИ ТПУ, профессор 1 ставка	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Наливайко В.В., магистрант ИШЭ	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, написание работы	1600
<b>ИТОГО:</b>				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованными в рамках данного проекта (таблица 31).

Таблица 31 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	1409283,7
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2020-31.05.2022
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

### 6.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

#### 6.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 25).

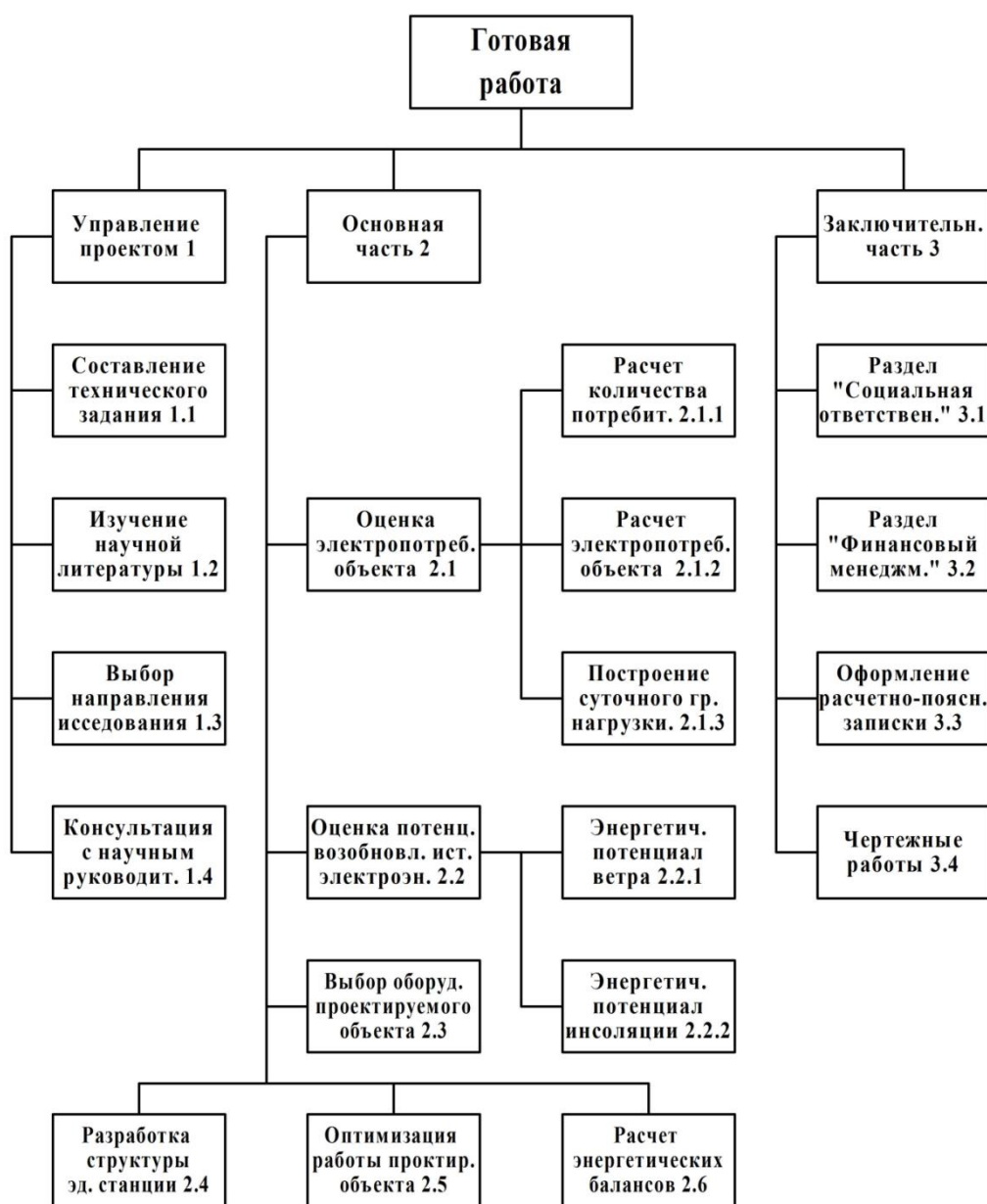


Рисунок 25 – Иерархическая структура работ

### 6.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 32, 33).

Таблица 32 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительн, дни	Дата начала работ	Дата оконч. работ	Участие
1.1	Составление технического задания	30	1.09.20	30.09.20	Инж., рук
1.2	Изучение научной литературы	60	1.10.20	30.11.20	Инж.
1.3	Выбор направления исследования	30	1.12.20	30.12.20	Инж.
1.4	Консультация с научным руководителем	15	15.01.21	30.01.21	Инж., рук
2.1.1	Оценка объекта электроснабжения	30	1.02.21	28.02.21	Инж.
2.1.2	Расчет электропотребл. поселка	60	1.03.21	30.04.21	Инж.
2.1.3	Построение суточных графиков нагрузок	30	1.05.21	30.05.21	Инж.
2.2.1	Оценка энергетического потенциала ветра	30	1.06.21	30.06.21	Инж.
2.2.2	Оценка энергетического потенциала инсоляции	30	1.07.21	30.07.21	Инж.
2.3	Выбор оборудования проектируемой электростанции	30	1.08.21	30.08.21	Инж.
2.4	Выбор структурны энергетического комплекса	30	1.09.21	30.09.21	Инж.
2.5	Оптимизация работы электростанции	30	1.10.21	30.10.21	Инж.
2.6	Расчет энергетических балансов	30	1.11.21	30.11.21	Инж., рук
3.1	Раздел "Социальная ответственность"	30	1.12.21	30.12.21	Инж.
3.2	Раздел "Финансовый менеджмент"	30	15.01.22	30.01.22	Инж.
3.3	Составление расчетно-пояснительной записки	90	1.02.22	30.04.22	Инж.
3.4	Чертежные работы	30	1.05.30	31.05.22	Инж., рук

Продолжительность выполнения проекта составит 615 дней, в ходе которой 615 дней – продолжительность выполнения работ инженером, а 105 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

Таблица 33 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ для руководителя	Сент.		Окт.		Нояб.		Дек.		Янв.		Февр.		Март		Апр.		Май.		Июнь		Июль		Авг.		Сент.		Окт.		Нояб.		Дек.		Янв.		Февр.		Март		Апр.		Май.							
		1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30			
		1	Составление технического задания	■	■	■																																											
2	Консультация с исполнителем проекта																																																
3	Проверка основной части																																																
4	Проверка расчетно-пояснительной записки																																																
5	Проверка чертежных работ																																																

№	Вид работ для инженера	Сент.		Окт.		Нояб.		Дек.		Янв.		Февр.		Март		Апр.		Май.		Июнь		Июль		Авг.		Сент.		Окт.		Нояб.		Дек.		Янв.		Февр.		Март		Апр.		Май.							
		1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30	1	15	30			
		1	Составление технического задания	■	■	■																																											
2	Изучение научной литературы				■	■	■	■	■	■																																							
3	Выбор направления исследования							■	■	■																																							
4	Консультация с научным руководителем										■	■	■																																				
5	Оценка объекта электроснабжения													■	■	■																																	
6	Расчет электропотребления поселка													■	■	■	■	■	■																														
7	Построение суточных графиков нагрузок																■	■	■	■	■	■																											
8	ветра																			■	■	■	■	■	■																								
9	Оценка энергетического потенциала инсоляции																						■	■	■																								
10	Выбор оборудования проектируемой электростанции																									■	■	■																					
11	Выбор структуры энергетического комплекса																												■	■	■																		
12	Оптимизация работы электростанции																																																
13	Расчет энергетических балансов																																																
14	Раздел "Социальная ответственность"																																																
15	Раздел "Финансовый менеджмент"																																																
16	Составление расчетно-пояснительной записки																																																
17	Чертежные работы																																																

## 6.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

*Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).* В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 34).

Таблица 34 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	2	40,0	80,0
Ручка шариковая	3	31,0	93,0
Ластик	2	20	40,0
Печать	150	2	300,0
Набор отверток КВТ	1	600	600,0
Указатель напряжения	1	50	50,0
Кусачки КВТ	1	350	350,0
Набор гаечных ключей	1	700	700,0
Всего за материалы	2213,0		
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			110,65
<b>Итого по статье</b>			<b>2323,65</b>

*Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.*

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 35).

Таблица 35 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер (ASUS)	2	45000,0	90000,0
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	2	6000,0	12000,0
3	MATLAB & Simulink	2	4000,0	8000,0
<b>Итого, руб.:</b>				<b>110000,0</b>

*Расчет основной заработной платы.*

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где:  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 36.

Таблица 36 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	637	637
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	194	194
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	36	36
- невыходы по болезни	20	20
Действительный годовой фонд рабочего времени	373	373

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b \cdot K_p, \text{ где}$$

$Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$K_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад профессора в 2020 году без учета РК составил 43664 руб., поскольку руководитель работает на 0,5 ставки, то оклад равен 21832. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 37.

Таблица 37 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	21832	1	0,02	1,3	28819	1309	373	488257
Магистрант	2500	-	-	1,3	3250	148	373	55204

*Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.* В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп},$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

В таблице 38 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.



Таблица 38 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	488257	55204
Дополнительная зарплата	48826	5520
Итого по статье С <sub>зп</sub>	<b>537083</b>	<b>60724</b>

*Отчисления на социальные нужды.* Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2020 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2020 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (488257 + 48826) = 161126 \text{ рублей}$$

*Научные и производственные командировки.* В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 59781 руб.

*Накладные расходы.* Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (537083 + 60724) = 478246$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 1409283,7, которые приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям								
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Спец. оборудование для научных работ (экспер.)	Основн. заработн плата	Доп-ая заработн плата	Отчислен. на соц. нужды	Научные и производственные командировки	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	2323,65	110000	543461	54346	161126	59781	-	478246	1409283,7
Аналог	1000	50000	843500	84350	253050	92785	-	742280	2066965,0

### 6.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 26.



Рисунок 26 – Проектная структура проекта

### 6.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 40).

Таблица 40 – План управления коммуникациями

/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

### 6.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 41.

Таблица 41 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

## 6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

### 6.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

*Чистая текущая стоимость (NPV)* – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опт}}{(1+i)^t} - I_0$$

где:  $ЧДП_{ont}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t= 0, 1, 2 \dots n$ )

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 42. При расчете рентабельность проекта составляла 20-25 %, норма амортизации - 10 %.  $Аг = C_{перв} \cdot Н_a / 100$ , себестоимость = 1409283,65р., Выручка = себестоимость  $\cdot 1,25 = 1761604,6$

Таблица 42 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

Наименование показателей	Шаг расчета				
	0	1	2	3	4
Выручка от реализации, руб.	0	<b>1761604,6</b>	<b>1761604,6</b>	<b>1761604,6</b>	<b>1761604,6</b>
Итого приток. руб.	0	1761604,6	1761604,6	1761604,6	1761604,6
Инвестиционные издержки, руб.	<b>-1409283,7</b>	0	0	0	0
Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	493249,3	493249,3	493249,3	493249,3
Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	1268355,3	1268355,3	1268355,3	1268355,3
Налоги 20 %, руб	0	253671,1	253671,1	253671,1	253671,1
Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	1014684,2	1014684,2	1014684,2	1014684,2
Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-1409283,7	1155612,6	1155612,6	1155612,6	1155612,6
Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	-1409283,7	962625,3	801995,1	667944,1	557005,3
$\Sigma$ ЧД		<b>2989569,8 руб.</b>			
Итого NPV, руб.		<b>1580286,1 руб.</b>			

$$NPV = 2989569,8 \text{ руб.} - 1409283,7 = 1580286,1 \text{ руб.} > 0$$

*Коэффициент дисконтирования* рассчитан по формуле:

$$KD = \frac{1}{(1+i)^t}$$

где:  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %; (10%)

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 736216 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

**Индекс доходности (PI)** – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$P_I = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$P_I = \frac{2989569,8}{1409283,7} = 2,12$$

Так как  $PI > 1$ , то проект является эффективным.

**Внутренняя ставка доходности (IRR).** Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования  $i$  можно судить о запасе экономической прочности

инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования  $i$ , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 43 и на рисунке 27.

Таблица 43 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-1409283,7	1155612,6	1155612,6	1155612,6	1155612,6	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	<b>0,909</b>	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-1409283,7	<b>508916.5</b>	464273.9	433934.3	407359.7	2252852,6
	0,2	-1409283,7	468039.0	393276.2	340884.2	299249.4	1580286,1
	0,3	-1409283,7	428615.8	333414.2	269727.2	198251.7	1093773,2
	0,4	-1409283,7	384033.4	279309.6	205781.7	149844.1	726288,4
	0,5	-1409283,7	358753.9	238810.7	158669.3	106496.7	444318,9
	0,6	-1409283,7	336163.7	209766.1	131238.3	82292.9	222441,3
	0,7	-1409283,7	316262.8	180183.7	109186.0	60240.5	21364,7
	0,8	-1409283,7	299051.2	166199.3	91974.4	51096.9	-102285,8
	0,9	-1409283,7	282915.4	148987.7	78527.8	41415.4	-223625,2
	1,0	-1409283,7	268931.0	134465.5	67232.7	33347.4	-326474,7

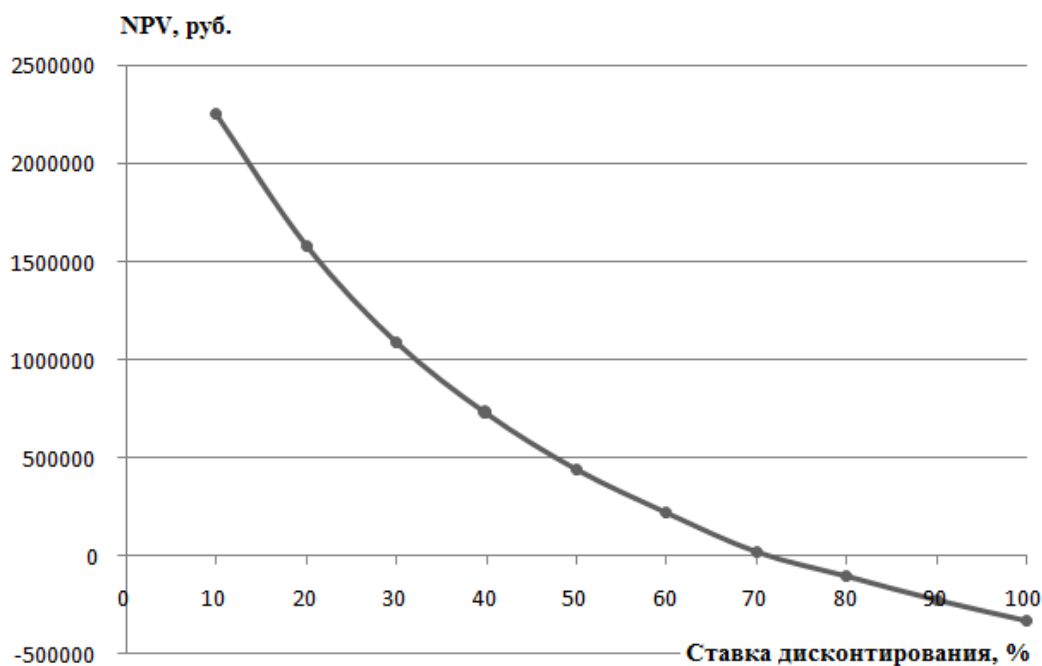


Рисунок 27 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,72.

$IRR > i$ , проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта:  $72\% - 20\% = 52\%$

*Дисконтированный срок окупаемости.*

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 44).



Таблица 44 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,20$ ), руб.	- 1409283,7	962625,3	801995,1	667944,1	557005,3
2	То же нарастающим итогом, руб.	- 1409283,7	- 446658,4	361336,7	1029280,8	1586286,1
3	Дисконтированный срок окупаемости	<b><math>DP_{дск} = 1 + (446658,4/801995,1) = 1,56</math></b> года				

**Социальная эффективность научного проекта** учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 24).

**Социальная эффективность научного проекта** учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 45).

Таблица 45 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Выброс газов и загрязнение почвы, в результате эксплуатации дизельных электростанций.	Энергия солнца замещает энергию, вырабатываемую дизельными электростанциями, тем самым уменьшая выбросы в атмосферу, и устраняя загрязнение почвы.
Затрудненность доставки дизельного топлива в удаленные места привычными способами.	Энергия солнца востребована в удаленных местностях. И не требует транспортировки
Перебои в подаче электроэнергии.	Бесперебойная работа.

### 6.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 46).

Таблица 46 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта	0,20	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	4	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	5	5
Итого	1	28	24	26

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,1$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,2$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{финр}^p$  и аналога  $I_{финр}^a$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где:  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 47.

Таблица 47 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,170	0,150	0,155
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,1	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	27,64	27,33	27,09
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	1,0

Вывод: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 1580286,1 руб.; индекс доходности  $PI = 2,12$ , внутренняя ставка доходности  $IRR = 72\%$ , срок окупаемости  $PP_{\text{дс}} \text{ тк} = 1,56$  года.

Таким образом, мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и достаточно коротким сроком окупаемости.

## 7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объектом исследования является система электроснабжения поселка Вертикос в Каргасокском районе Томской области. Сущность работы заключается в оценке эффективности использования возобновляемых источников электроэнергии в децентрализованном электроснабжении, а также оптимизации работы проектируемой электростанции.

Доступ к электроэнергии является основой для комфортного уровня жизни. Это имеет фундаментальное значение для социально-экономического развития и повышения качества жизни. Из-за удаленности большинства деревень, большинство населенных пунктов не подключены к центральной электросети. Более 50% территории Томской области не охвачены централизованным электроснабжением, а старение оборудования существующих электростанций и рост цен на топливо усугубляют ситуацию, которая может привести к дальнейшему спаду производства и снижению качества электроснабжения потребителей. Для обеспечения надежного энергоснабжения в таких условиях необходим надежный, экономичный источник питания, который может применяться для широкого диапазона установленной мощности.

В данном разделе будет рассматриваться работа обслуживающего персонала дизельной электростанции (ДЭС).

Дизельная электростанция представляет собой генерирующее электроэнергию устройство, состоящее из дизельного двигателя и генератора переменного тока, связанных между собой, и установленных на прочную металлическую раму. Электростанция обеспечивается локальной системой контроля и управления – панелью управления и топливными баками.

Работа на станции включает в себя технический осмотр электростанции (удаление пыли, подтеков топлива и охлаждающей жидкости; проверка надежности контактных соединений; замена фильтров очистки масла).

## **7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В трудовом кодексе РФ содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и так далее.

Работа обслуживающего персонала относится ко второй категории тяжести труда – работы выполняются в условиях, не превышающих предельно допустимых значений производственных факторов, установленных действующими санитарными правилами, нормами и эргономическими рекомендациями. У практически здоровых людей, не имеющих медицинских противопоказаний к таким работам, к концу смены не возникает значительного утомления. В основном это работа, связанная с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и умеренным физическим напряжением.

Согласно ГОСТ 12.2.033-78 “Рабочее место при выполнении работ стоя” организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего, а также рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

Средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от нормальной линии взгляда и горизонтальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от сагиттальной плоскости.

Согласно ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) каждый работник имеет право на [23]:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

Рабочая зона должна быть обязательно огорожена специальными барьерами с закрепленными на них предупреждающими плакатами «Стоять! Напряжение», «Не влезай, убьет» или «Испытание, опасно для жизни» [24]. Также рядом с установкой не должно быть посторонних предметов, которые могут осложнить доступ к рабочему месту.

## 7.2 Производственная безопасность

При выполнении работ обслуживающим персоналом в ДЭС согласно «ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» могут иметь место следующие факторы, представленные в таблице 48 [25]:

Таблица 48 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [25].
2. Повышенный уровень шума на рабочем месте;	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [26]. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация [27].
3. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [28].

4. Наличие электромагнитных полей промышленных частот	ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [29].
5. Риск поражения электрическим током;	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [30]. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [31].
6. Механические травмы	ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности [32].

#### *Отклонение показателей микроклимата*

На состояние здоровья и работоспособность человека могут отрицательно действовать различные вредные производственные факторы. В связи с этим необходимо предусматривать санитарно-технические мероприятия по предотвращению их воздействия на обслуживающий персонал. Мероприятия по созданию микроклимата в производственных помещениях способствуют созданию необходимых условий труда.

Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

К показателям, характеризующим микроклимат производственных помещений, относятся: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Категория работ рассматриваемого помещения – Пб. К данной категории работы относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и умеренным физическим напряжением с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/час (233 - 290 Вт).



В таблице 49 приведены показатели микроклимата рассматриваемого помещения.

Таблица 49 - Показатели микроклимата помещения

Период года	Категория работ	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с		
		Оптимальная	Допустимая		Оптимальная	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	Оптимальная, не более	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более		
			верхняя граница	нижняя граница						
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных							
Холодный	Средней тяжести - Пб	17-29	21	23	15	13	40-60	75	0,2	<0,4
Теплый	Средней тяжести - Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

Далее представлен расчет воздухообмена в проектируемом помещении. Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой концентрации её.

Количество углекислоты в зависимости от возраста человека и выполняемой работы, а также допустимые концентрации углекислоты для различных помещений приведены в табл. 50 и 51.

Таблица 50 - Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO <sub>2</sub>	
	в л/ч	в г/ч
Взрослые:		
при физической работе	45	68
при легкой работе (в учреждениях)	23	35
в состоянии покоя	23	35

Таблица 51 - Предельно-допустимые концентрации углекислоты

Наименование помещений	Количество	CO <sub>2</sub>
	в л/ч	в г/кг
Для постоянного пребывания людей (жилые ком.)	1	1,5
Для учреждений	1,25	1,75

Содержание углекислоты в атмосферном воздухе можно определить по химическому составу воздуха. Однако, учитывая повышенное содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов, следует принимать при расчете содержания CO<sub>2</sub> следующие значения: для сельских населенных пунктов – 0,33 л/м<sup>3</sup>, для малых городов (до 300 тыс. жителей) – 0,4 л/м<sup>3</sup>, для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – 0,5 л/м<sup>3</sup>.

**Принимаем содержание CO<sub>2</sub> = 0,5 л/м<sup>3</sup>**

Определим потребную кратность воздухообмена в проектируемом помещении, где работают 3 человека:

По таблице 3 определяем количество CO<sub>2</sub>, выделяемой одним человеком  $g = 23$  л/ч. По табл. 4 определяем допустимую концентрацию CO<sub>2</sub>. Тогда  $x_b = 1$  л/м<sup>3</sup> и содержание CO<sub>2</sub> в наружном воздухе для больших городов  $x_n = 0,5$  л/м<sup>3</sup>. Определяем потребный воздухообмен по формуле

$$L = \frac{G \times 1000}{x_n - x_b} = \frac{1000 \cdot 23 \cdot 3}{1 - 0,5} = 138 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Тогда кратность воздухообмена составит:

$$n = \frac{L}{V_n} = \frac{138}{81} = 1,70 \text{ ч}^{-1}$$

где  $V_n = D \times Ш \times В = 9 \cdot 3 \cdot 3 = 81$  м<sup>3</sup> – внутренний объем помещения, м<sup>3</sup>.

Согласно СП 2.2.3670-20, кратность воздухообмена  $n > 10$  недопустима. Следовательно, расчет проведен корректно.

### *Повышенный уровень шума на рабочем месте*

Шум вредно действует на организм и снижает производительность труда. Уровень звукового давления по отношению к порогу слышимости  $L = 120-130$  дБ соответствует порогу болевого ощущения. Звуки, превышающие по своему уровню этот порог, могут вызывать боли и повреждения в слуховом аппарате. Шум создает значительные нагрузки на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходит изменение объема внутренних органов. Эти вредные последствия шума тем больше, чем сильнее шум и продолжительнее его действие. Таким образом, шум на рабочем месте не должен превышать допустимых уровней.

Основным источником шума при работе дизель-генератора считается двигатель внутреннего сгорания. Практика показала, что если уровень шума дизельного генератора превышает 96 дБ, то уже через 20 лет более 34% обслуживающего персонала, работающего в непосредственной близости от установки, страдают заболеваниями, связанными с потерей слуха.

Согласно санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562-96 на рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов, уровень шума не должен превышать 75 дБ [26].

К снижению уровня шума в помещении можно отнести такие мероприятия как:

1. Установка дизель-генераторов на амортизационные устройства, позволяющие снизить вибрационную составляющую шума.
2. Глушители, монтируемые на систему выпуска выхлопных газов, которая считается одним из основных источников звука.
3. Вентиляционные решетки, обеспечивающие снижение скорости воздуха и рассеивающие энергию звуков, создаваемых воздушными массами.

### *Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения*

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда.

Недостаточное освещение ослабляет внимание, а также способствует быстрой утомляемости. Чрезмерно яркое освещение приводит к ослеплению, раздраженности и рези в глазах. Все эти причины могут привести к ухудшению зрения.

Роль источников света при искусственном освещении выполняют люминесцентные лампы. Они обладают высокой световой отдачей и имеют более продолжительный срок службы в отличие от обычных ламп накаливания. Согласно действующим ГОСТ Р 50948, ГОСТ Р 50949, СП 2.4.3648-20, СП 52.13330.2016 (актуализированная редакция СНиП 23-05-95) для искусственного освещения регламентировано наименьшая допустимая освещенность рабочего места – 300 лк для IV разряда, подразряда работ «а».

### *Наличие электромагнитных полей промышленных частот*

Воздействие электромагнитных излучений на организм человека приводит к нарушению нервной и сердечно-сосудистой систем, к изменениям в составе крови.

В соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» [29] предельно допустимый уровень напряженности электро-статического поля на рабочих местах обслуживающего персонала при воздействии 1 ч за смену устанавливается равным 60 кВ/м. При воздействии свыше одного часа величина определяется расчетным методом.

Для защиты людей от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты предусматриваются санитарно-защитные зоны. В качестве средств защиты от электромагнитных полей промышленной

частоты служат индивидуальные экранирующие комплекты, а также различные заземленные металлические конструкции – щитки, козырьки, навесы сплошные или сетчатые

#### *Риск поражения электрическим током*

В деятельности организации широко используется электричество для питания компьютерной техники, которая может являться источником опасности. Несоблюдение правил ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» может привести к опасным последствиям. Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на которых остался заряд или появилось напряжение.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие. Действие электрического тока на человека приводит к травмам или гибели людей. Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА.

Мерами защиты от воздействия электрического тока являются оградительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления, устройства автоматического отключения, предохранительные устройства.

#### *Механические травмы*

При проведении различных технологических процессов при обслуживании ДЭС возникают опасные зоны, в которых на работающих воздействуют опасные и (или) вредные производственные факторы. Под воздействием опасных производственных факторов возникают механические травмы, которые повлечь временную или постоянную потерю трудоспособности.

К мерам по предотвращению механических травм можно отнести адаптацию среды к возможностям человека, адаптацию человека к окружающей среде и повышение его защищенности.

К средствам защиты относятся изолирующие костюмы, специальная защитная одежда, средства защиты ног, рук, головы, органов слуха и другие предохранительные средства.

### 7.3 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

*Селитебная зона.* Дизельная электростанция размещается рядом с потребителями, поэтому при проектировании должны быть учтены воздействия от работы данной электростанции на окружающую среду.

От негативного воздействия ДЭС страдают люди, животные и в целом окружающая среда, находящаяся вблизи от места расположения электроустановки. Негативными воздействиями являются шум, низкочастотные вибрации. Наиболее негативное влияние оказывает шум.

При эксплуатации ДЭС уровень шума не должен быть больше допустимых значений. При увеличении шума необходимо увеличить санитарно – защитную зону.

*Атмосфера.* При работе двигателя ДГУ в атмосферу выбрасываются химические вещества: оксид азота, сажа, углеводороды, диоксид серы, оксид углерода и формальдегид. Влияние вредных веществ производится по приведенной массе выброса за год [12]. На рис. 28 приведены результаты для 5 видов дизельных генераторов мощностью от 10 до 80 кВт.

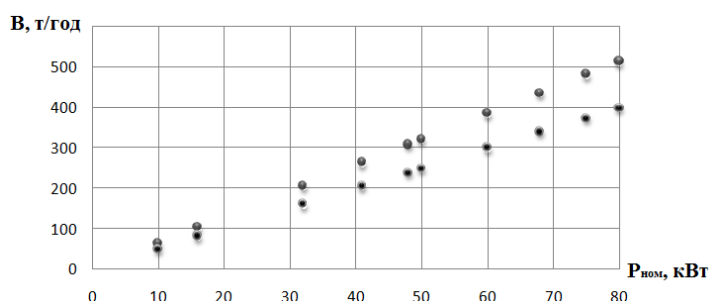


Рисунок 28 - Зависимость номинальной мощности ДЭС  $P_{\text{ном}}$  (кВт) от приведенной массы годового выброса загрязняющих веществ в атмосферу  $B$  (т/год)

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны атмосферного воздуха.

На дизельной электростанции разрабатываются и выполняются мероприятия:

- комплексное тестирование двигателя электростанции на предмет нарушений в его работе

- проведение экспертной оценки правильности проектирования и монтажа системы отвода выхлопных газов

- замена фильтров выхлопных газов

- использование качественных горюче-смазочных материалов

*Литосфера.* Основное воздействие работы ДЭС на литосферу происходит от захоронения отработавшего топлива. При этом должны соблюдаться требования нормативных правовых актов, регулирующих отношения в области охраны земельных ресурсов и недр в соответствии с законами.

При эксплуатации ДЭС должна вестись работа по охране земель от загрязнения, а также обеспечиваться рекультивация деградированных и загрязненных земель. Для территорий промплощадок организован контроль режима температуры и химического загрязнения близлежащих к поверхности горизонтов грунтовых вод.

*Гидросфера.* Диоксид серы и оксиды азота— газы, способные образовывать кислотные осадки. Выпадение кислотных осадков является причиной широкого спектра негативных последствий: вред, наносимый озерам и экосистемам, а также вырождение популяций рыб

#### **7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия (ГОСТ Р 22.0.01-2016) [34].

На объекте возможно возникновение следующих видов ЧС: пожар; взрыв. К основным причинам возникновения ЧС можно отнести: стихийные бедствия; воздействие внешних природных факторов на конструкции и

сооружения; дефекты, которые были допущены при проектировании и строительстве сооружений; воздействие технологических процессов производства на материалы сооружений; нарушение правил техники безопасности при ведении работ и технологических процессов.

Важным условием быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на территории установки должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике.

*Рассмотрим наиболее вероятный вид ЧС – пожар.*

Возможные причины пожара: электрический характер (КЗ, нагрев проводки неисправность технологического оборудования); открытый огонь (курение, искры); удар молнии.

*Мероприятия противопожарной профилактики:*

- на каждой двери помещения следует разместить таблички, оповещающие об уровне пожароопасности;
- все противопожарные системы и установки с автоматическим управлением (противопожарные сигнализации, механические двери, системы подачи воды и т.д.) необходимо содержать в исправности, регулярно проводить проверки, ремонт и замену по необходимости;
- в помещении должны на видных местах располагаться информационные таблички с указанным на них номером службы спасения;
- после каждой рабочей смены помещения и оборудование необходимо осматривать, проверять, убирать и чистить.
- размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, проходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Их следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,5 м



## **Вывод по разделу**

Рассматриваемое помещение относится к помещению с повышенной опасностью поражения электрическим током, так как обладает высокой температурой воздуха, длительно превышающей 35 °С, вследствие работы мощного дизельного двигателя.

Фактическое значение показателей микроклимата превышает нормативное значение в холодное время года на 6 °С, в жаркое на 13 °С. Значения приводятся в норму за счет дополнительного воздухообмена для отвода тепла. Остальные фактические значения выявленных факторов соответствуют нормативным значениям - уровень шума дизель-генераторного устройства с учетом установки его на амортизационные устройства составляет 70-75 дБ при нормативных 75 дБ.

К работам по обслуживанию дизель-генераторов, термоэлектроагрегатов и турбогенераторов допускаются работники, имеющие группу по электробезопасности не ниже III в соответствии с требованиями Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Категория работ рассматриваемого помещения – Пб. К данной категории работы относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и умеренным физическим напряжением с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/час (233 - 290 Вт).

Помещение дизельной электростанции с баком для топлива и наличием аварийной вентиляции относится к категории В1 (пожароопасное)

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года N 2398 "Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий", проектируемую электростанцию установленной мощностью 800 кВт можно отнести к объекту II категории – объекту, оказывающему умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной магистерской диссертации предлагается решение проблемы электроснабжения села Вертикос Каргасокского района, Томской области. В результате разработан проект гибридной ветро-солнечной системы электроснабжения, исследован технико-экономический эффект от замены существующей системы электроснабжения гибридной. Разработаны практические рекомендации по выбору основного оборудования таких энергетических комплексов.

В первой главе приведен литературный обзор и анализ современного состояния электроэнергетики. В ходе анализа становится ясно, что применение ВИЭ в составе автономных гибридных энергетических комплексов позволяет снизить топливную составляющую в себестоимости генерируемой электроэнергии, что значительно повышает их техникоэкономическую эффективность.

Во второй главе был разработан график нагрузки сельского поселения. Среднее потребление электроэнергии в с. Вертикос определялось при помощи методики определения потребности в средствах электроснабжения для социального развития села. В результате построены суточные графики нагрузки для таких объектов как: жилой сектор, личные приусадебные хозяйства, предприятия и учреждения сферы культурно-бытового обслуживания. Далее была проведена оценка потенциала возобновляемых источников энергии. При помощи программного обеспечения NASA POWER Data Access Viewer были определены данные по солнечной инсоляции, скорости ветра, количеству осадков и атмосферному давлению за 2012-2020 гг.

Третья глава посвящена разработке и оптимизации ветро-солнечной электростанции. Была описана структурная схема и алгоритм её функционирования. Затем, при помощи программного комплекса HeliosHouse была смоделирована предварительная конфигурация ветро-солнечной электростанции, отвечающая требованиям потребления

электроэнергии. Далее проведен выбор оборудования для гибридной электростанции и расчет себестоимости электроэнергии с учетом затрат на оборудование.

В целях снижения критерия себестоимости электроэнергии была произведена оптимизация конфигурации оборудования, в ходе которой стоимость вырабатываемой электроэнергии была сведена до возможного минимума, составляющего 7,95 руб./кВт·час (с учётом капиталовложений на основные агрегаты – ветрогенераторы, фотоэлектрические модули, аккумуляторные батареи и инвертор).

Таким образом, была спроектирована ветро-солнечная система электроснабжения, состоящая из 600 фотоэлектрических модулей типа HH-MONO-200W, 12 ветрогенераторов Condor Air Max 30, инвертора SANDI SDP-250KW, 120 аккумуляторных батарей FIAMM LM OPzS 3500 и трех ДГУ ТСС АД-100С-Т400-2PM2.

Полученная конфигурация ветро-солнечной электростанции обладает высокой надежностью работы, и обеспечивает покрытие требуемого годового потребления энергии.

В четвертом разделе произведено технико-экономическое сравнение вариантов системы электроснабжения, выбран наиболее оптимальный вариант.

Пятый раздел содержит факторы, влияющие на персонал при обслуживании ДГУ. Определены чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при работе дизельного двигателя, и рассмотрены меры для предотвращения таких ситуаций.

## Список использованных источников

1. Администрация Томской области [Электронный ресурс] / URL: [http://storage.esp.tomsk.gov.ru/files/57715/utv\\_gp\\_povish\\_energoeffekt\\_TO.pdf](http://storage.esp.tomsk.gov.ru/files/57715/utv_gp_povish_energoeffekt_TO.pdf), свободный. – Яз. рус. Дата обращения 12.08.2021
2. Список стран Европы по стоимости электроэнергии [Эл. рес]/ URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_стран\\_Европы\\_по\\_стоимости\\_электроэнергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_Европы_по_стоимости_электроэнергии), свободный. – Яз. рус. Дата обращения 12.08.2021
3. Иванова И., Пасечников Т. Опыт внедрения солнечно-дизельной электростанции в поселке Нерха Иркутской области. [Электронный ресурс] / URL: [https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/03/e3sconf\\_repar18\\_04004.pdf](https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/03/e3sconf_repar18_04004.pdf), свободный. – Яз. рус. Дата обращения 12.08.2021
4. Карамов Д.Н. Интеграция процесса категоризации аккумуляторных батарей в задачу оптимизации оборудования автономных энергосистем с возобновляемыми источниками энергии. [Электронный ресурс] / URL: <http://izvestiya.tpu.ru/archive/article/view/262/182>. pdf, свободный. – Яз. рус. Дата обращения 12.08.2021
5. Захаров В. Особенности транспортной системы Республики Саха (Якутия) и обоснование необходимости поиска путей повышения надежности поставок угля. [Электронный ресурс] / URL: [https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/03/e3sconf\\_repar18\\_04001.pdf](https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/03/e3sconf_repar18_04001.pdf), свободный. – Яз. рус. Дата обращения 12.08.2021
6. О.В. Шеповалова. Использование возобновляемых источников энергии в комплексных системах энергообеспечения сельских зданий. [Электронный ресурс] / URL: [http://elib.altstu.ru/journals/Files/pv2011\\_02\\_2/pdf/175shepvalova.pdf](http://elib.altstu.ru/journals/Files/pv2011_02_2/pdf/175shepvalova.pdf), свободный. – Яз. рус. Дата обращения 12.08.2021
7. Energy Strategy of Russia for the period up to 2030 // App. to the public and business magazine “Energy Policy”. М.: Institute of Energy Strategy, 2010. – 172 p.

8. Лукутин, Б. В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. Монография / Б. В. Лукутин [и др.] – Москва : Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.

9. Методика определения потребности в средствах электроснабжения для социального развития села [Электронный ресурс]: URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293845/4293845657.htm#i2435356>

10. Администрация Вертикосского сельского поселения, Паспорт поселения [Электронный ресурс]: URL: <https://vertikos.ru/category/docs/>

11. NASA POWER Data Access Viewer. Prediction Of Worldwide Energy Resources [Электронный ресурс]: URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

12. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Децентрализованные системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие/ Б.В.Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 100 с.

13. Ветрогенератор Condor Air 30 кВт [Электронный ресурс]: URL:<https://greentec-group.ru/catalog/vetrogeneratory/vetrogenerator-condor-air/vetrogenerator-30-kvt/>

14. Солнечная батарея HH-MONO200W [Электронный ресурс]: URL: <https://helios-house.ru/monokristallicheskie-solnechnye-batarei/416-solnechnaya-batareya-hh-mono200w/view-details.html> Дата обращения: 01.08.2021 г.

15. Инвертор SANDI SDP-250KW [Электронный ресурс]: URL: <https://energetechsolar.com/250kw-sdp-off-grid-inverter> Дата обращения: 01.08.2021 г.

16. Дизельный генератор ТСС АД-100С-Т400-2РМ2 [Электронный ресурс]: URL: <https://generator-tss.com/dizelnyj-generator-tss-ad-100s-t400-2rm2-stamford/>) Дата обращения: 10.06.2021 г.

17. Топливный резервуар Сталепласт [Электронный ресурс]: URL: <https://staleplast.ru/collection/15-000-litrov/product/podzemnaya-emkost-na-15-000-litrov-15m3>

18. Топливный насос ТНВД Perkins 2643B315 [Электронный ресурс]: URL: <https://dgumaster.ru/parts-perkins/tnvd/toplivnyy-nasos-vysokogo-davleniya-tnvd-perkins-2644h032/>

19. Аккумулятор LM OPzS 3500 [Электронный ресурс]: URL: <https://www.ups-online.ru/akkumulyatory/akkumulyatornaya-batareya-2v-3500-ach-fiamm-lm-opzs/> Дата обращения: 01.05.2021 г.

20. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие/ Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. –128 с.

21. С.Г. Обухов. Автономные системы электроснабжения. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов направления 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника», магистерской образовательной программы «Электроснабжение и альтернативная энергетика», специализация «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения» ; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 54 с.

22. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.

23. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).

24. Правила устройства электроустановок. Издание 7 . СПб.: УВСИЗ, 2011. 692 с.

25. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

26. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

27. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
28. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
29. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
30. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
31. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
32. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
33. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. НИИ Атмосфера, ООО "Фирма "Интеграл", СПб университет МВД России. Утв. Министерством природных ресурсов РФ от 14 февраля 2001 г. Фирма "Интеграл", 2001.
34. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.

**Приложение А**  
(справочное)

**Study of the energy potential of insolation and wind in the area of the electrified object**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Наливайко В.В.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лукутин Б.В.	Д.Т.Н.		

Консультант–лингвист кафедры иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Демидова О.М.			



### 3. Study of the energy potential of insolation and wind in the area of the electrified object

An assessment of the renewable energy potential at a given location is necessary for the design of the electricity system and the selection of electrical equipment.

As this village is remote from populated areas, we will consider renewable energy sources so that the electricity supply will be autonomous. Thus, wind and sunlight energy will be considered as energy sources.

#### 3.1 General information on the site to be electrified

The object under study is the village of Vertikos, coordinates of the location: 59°23' N and 79°40' E. The location of this village is shown in Figure 5.

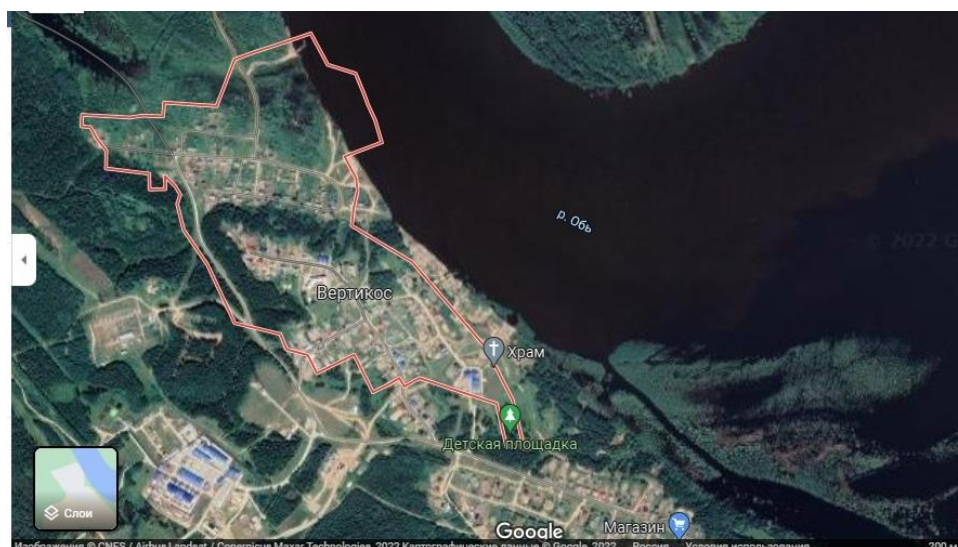


Figure 5. Location of the object under study

Vertikos is a village in Kargasok District, Tomsk Region, Russia. It is the administrative centre and the only settlement of Vertikos Rural Settlement.

The village lies in a continental-cyclonic climate zone (transitional from European moderately continental to Siberian sharply continental) with relatively warm but short summers and long but moderately cold winters.

The winter weather is moderately cold, with an average temperature of -17°C in January. Sometimes there are severe frosts as low as -45°C, but there are also occasional thaws. Snow starts in the second half of November and lasts for about 4.5 months.

Spring is characterized by relatively dry weather. Snow falls in the first half of April. Rainfall gradually increases towards May.

Summers in Vertikos are moderately warm and humid, with the highest monthly precipitation of about 75 mm in July. The average temperature in July is +18°C, but on some days it can reach +35°C.

Autumn is characterized by overcast and wet weather. The average temperature in October is +2°C. In the autumn, it often rains heavily and fogs occur. The average annual rainfall is around 570 mm, with a minimum in February-March and a maximum in June-August.

The average wind speed is 1.6 m/s, but in early spring strong winds often blow with gusts up to 30 m/s, caused by frequent changes in cyclones and anticyclones accompanied by atmospheric pressure variations [6].

### 3.2 Energy potential of insolation

Using the NASA POWER Data Access Viewer software, we determine the solar insolation on the horizontal surface at a given site for the period 2019-2020. [6]. The program window is shown in Figure 6. The obtained results are presented in Figure 7.

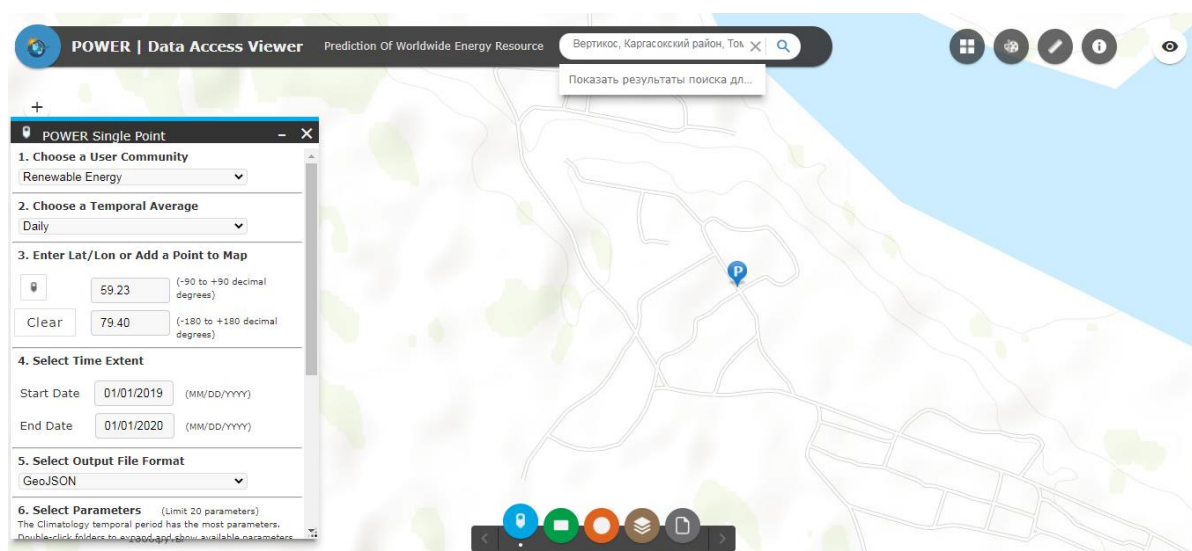


Figure 6. NASA POWER Data Access Viewer software

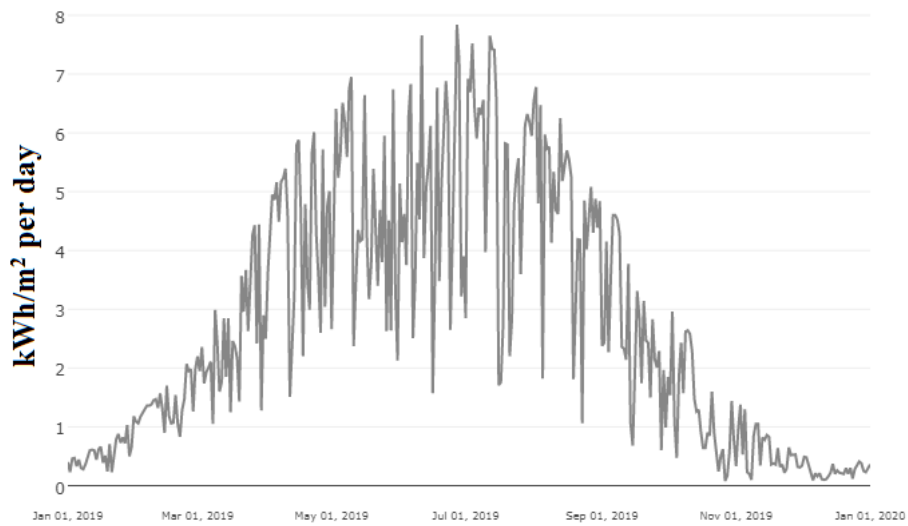


Figure 7. Insolation on a horizontal surface

Analysing the resulting graph, we can conclude that the highest insolation values are observed from mid-May to mid-August, and the lowest from November to February.

In addition, using the NASA POWER Data Access Viewer software, a bar graph of the distribution of insolation by number of days for 2019-2020 was obtained. The diagram is shown in Figure 8.

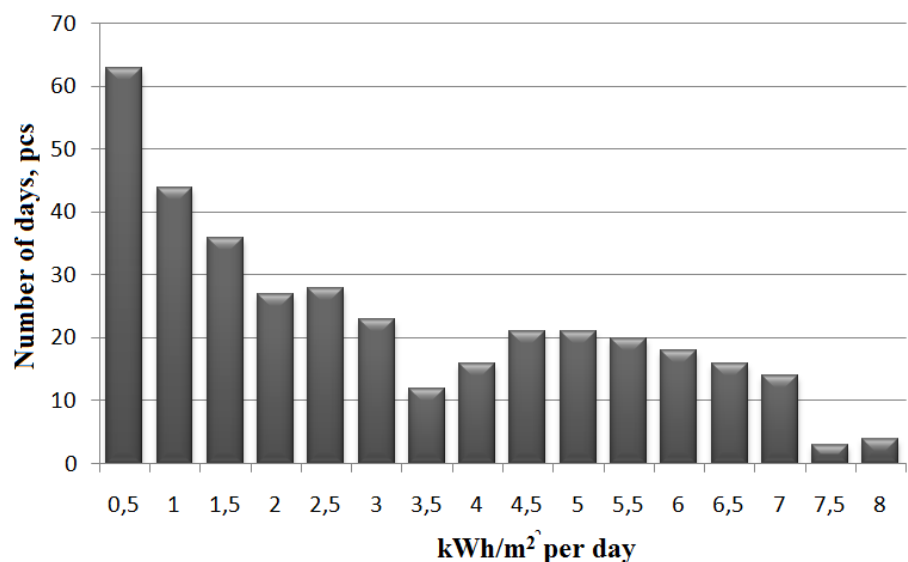


Figure 8. Distribution of insolation by number of days for 2019-2020

A graph of the monthly distribution of the annual arrival of total solar radiation on a horizontal site (total solar radiation for 1 month) was built for 8 years (from 2012 to 2020) in the area of the facility location (Figure 9).

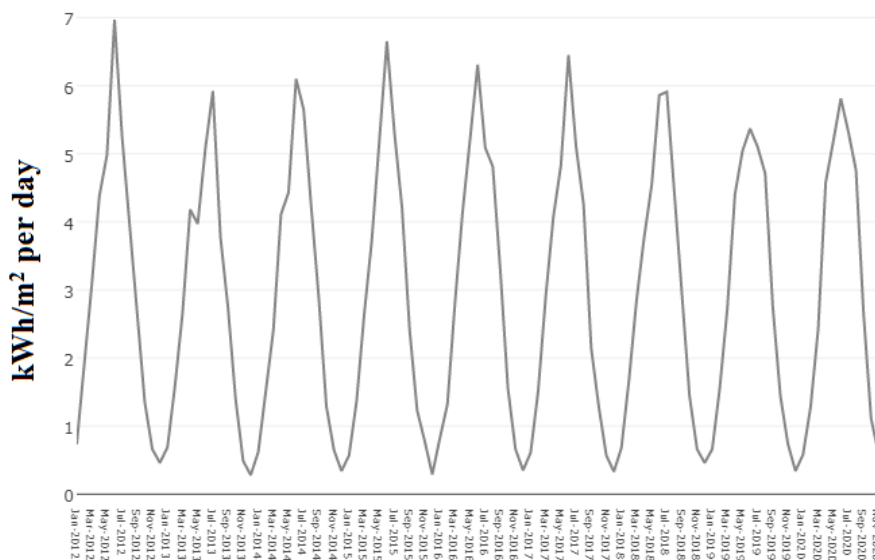


Figure 9. Monthly distribution of total solar radiation from 2010 to 2018

According to Figure 9, the greatest solar activity during the 8 years occurs during the summer periods, with maximums observed in July.

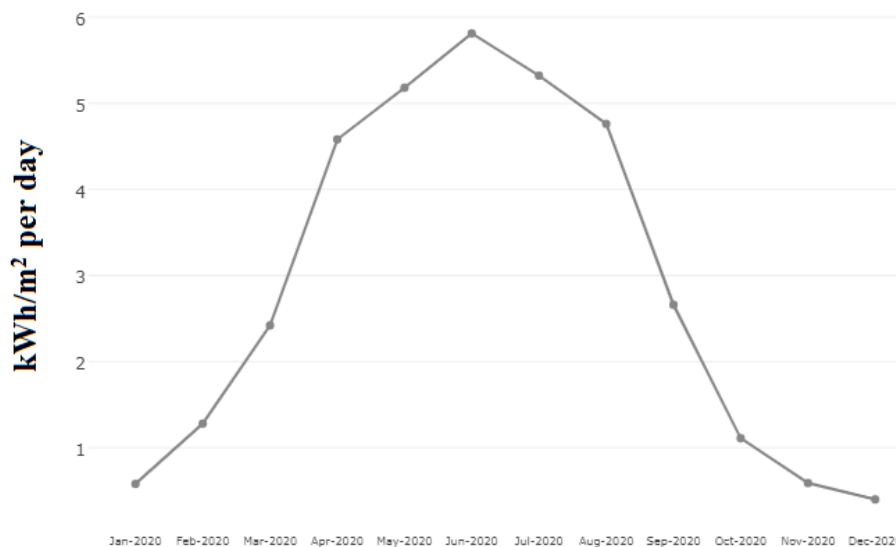


Figure 10. Monthly distribution of total solar radiation for 2020.

A graph of the monthly distribution during 2020 is plotted for illustrative purposes. (Figure 10). A solar electric installation will be efficient if the total annual solar radiation input per square meter is greater than 1000 kWh [10].

The total annual values of solar radiation influx to the horizontal surface from 2012-2020 are presented in Table 10.

Table 10 - Total annual solar radiation arrival on the horizontal surface from 2012-2020

Year	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total, kWh/m <sup>2</sup>	1106.3	999.21	1044	1047.17	1110	1039	1075	1062.7	1059.19

As a result, the total value of solar radiation for each year and the average for 8 years is calculated. The average value of solar radiation influx for 8 years is 1060.21 kWh/m<sup>2</sup>, which is an appropriate indicator for solar energy use. However, there is a significant irregularity in solar energy inflow during the year (Figure 9, 10). Thus, the use of solar energy is feasible under these conditions.

### 3.3 Wind energy potential

Using the NASA POWER Data Access Viewer software, let us determine the wind energy potential for the years 2012 - 2020. Figure 11 shows a graph of the change in average wind speed measured at an altitude of 10 m.

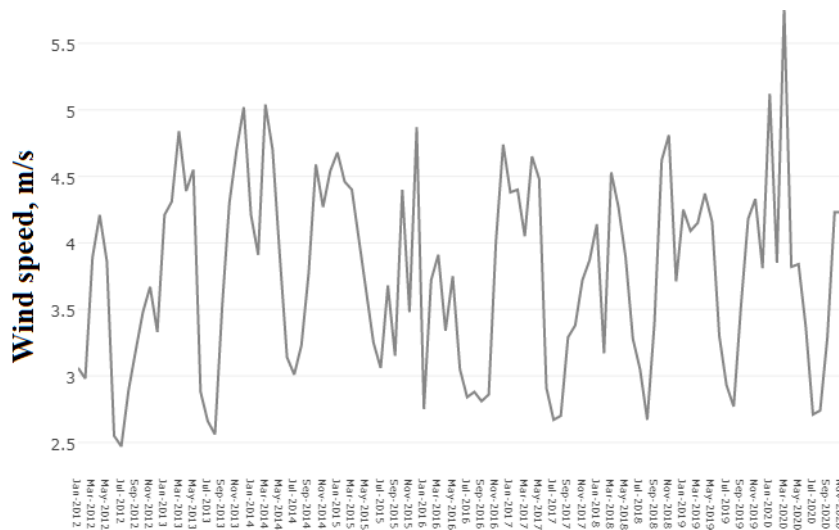


Figure 11 - Wind speed at 10 metres

From these data, it follows that the main wind activity is observed during the winter and spring periods. The maximum values of wind speeds in 8 years are observed in this period. In addition, the minimum values of wind speeds are observed every year during the summer period. For better understanding it is necessary to estimate the dynamics of average daily wind speeds. Since the

dynamics do not vary much from year to year, data for the year 2020 will suffice. Based on this data, plots of the change in mean daily wind speeds during the months in question have been plotted (Figure 12).

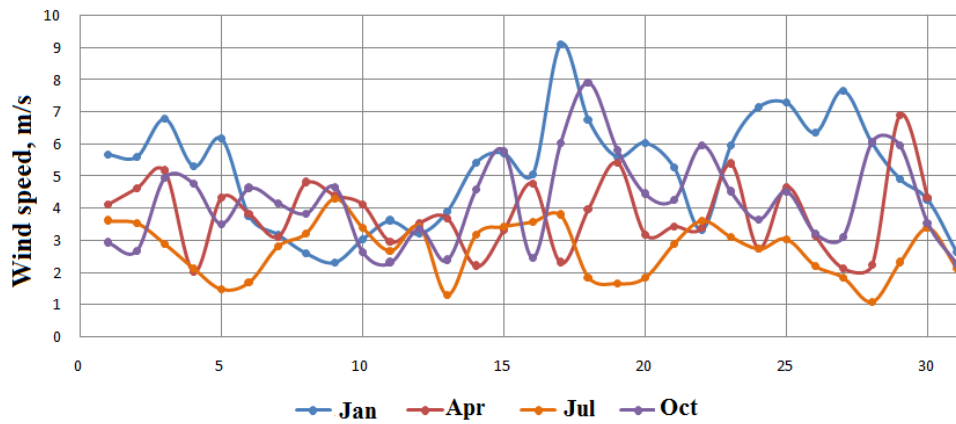


Figure 12. Evolution of average daily wind speed for the months of 2020

Figure 12 shows that the lowest average daily velocities are observed in July - 1 m/s, and the highest in January - 9.1 m/s. The distribution of wind speed by day is shown in the chart in figure 13.

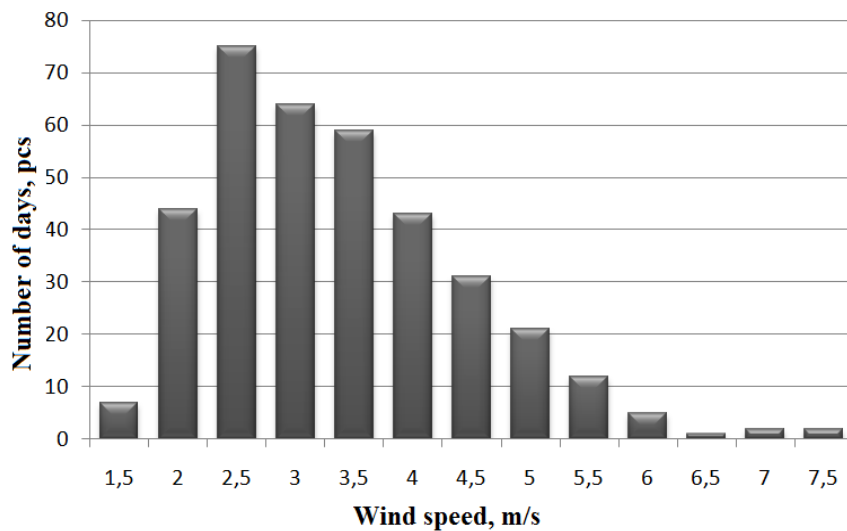


Figure 13. Diagram of wind speed distribution by day for 2020

Having analysed the chart, it can be said that wind most often has a speed of 2-4.5 m/s, as indicated by the highest number of days corresponding to this value. When analysing data on wind energy potential, it was found that wind energy potential is much better than solar energy. Thus, there are good prospects for wind energy in the area.

Result of wind potential assessment: in general, after analysis of the data obtained, it can be concluded that the area has an average wind potential. The 8-year average annual velocity is 3.76 m/s. This may lead to inexpediency of use of wind turbines in the energy complex, as this value of wind speed for most wind turbines is close to, equal to or below the minimum operating wind speed, at which wind turbines start generating electricity. However, there are some wind turbines that are specifically designed for low wind speeds. These can be either horizontal-axis or orthogonal wind turbines. Typically, they have a minimum operating wind speed of around 2 m/s. There were 248 days in 2020 when average daily speeds of more than 2 m/s were observed. This observation data is at a wind vane height of 10m. If the mast height of the wind turbine is higher, the speed value may be higher. Therefore, wind turbines are not excluded from consideration as a potential energy source as part of a hybrid power plant.

### 3.4 Study of the climatic characteristics of the area

A study of climatic characteristics is very important when designing an electrical system. Since the site to be electrified has harsh weather conditions, it is necessary to take all climate features into account to prevent possible system failures and malfunctions.

A graph of air temperature changes for 2020 is shown in Figure 14.

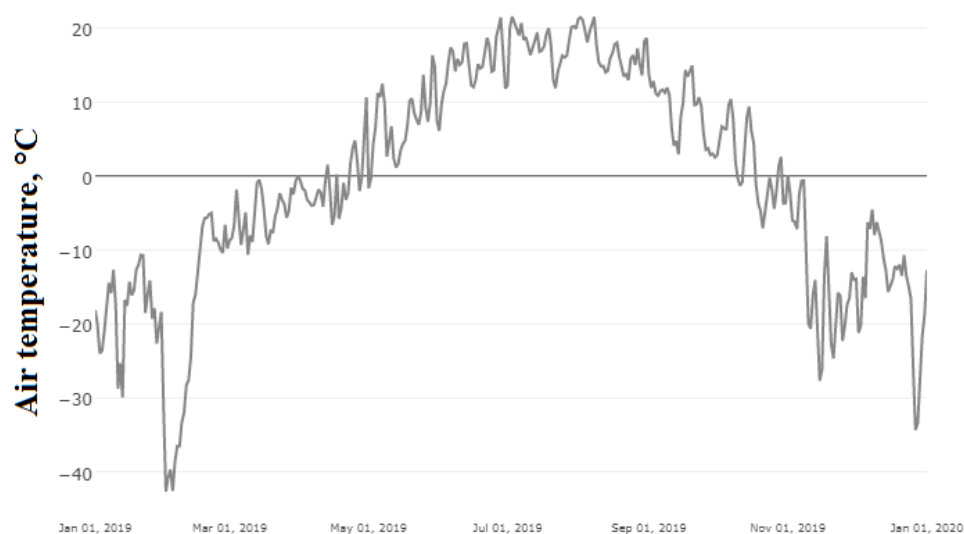


Figure 14. Air temperature at 2 metres

The analysis of the resulting graph shows that most of the time the air temperature is negative in Vertikos village. For a clearer picture, let us make a diagram of air temperature distribution by days for 2020. The diagram is presented in Figure 15.

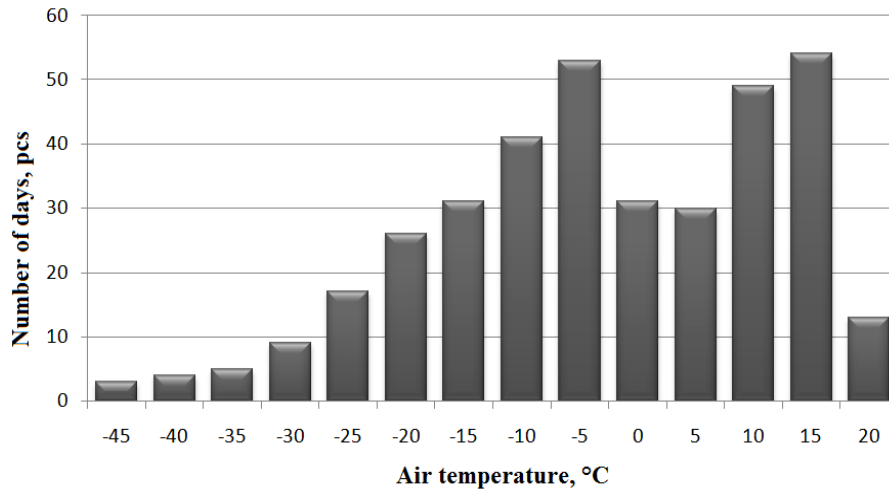


Figure 15. Distribution of air temperature by day for 2020

As can be seen in Figure 12, the most common days of the year correspond to  $-5^{\circ}\text{C}$  and  $15^{\circ}\text{C}$ . The most common temperature interval is between  $-5^{\circ}\text{C}$  and  $+15^{\circ}\text{C}$ .

To estimate the amount of precipitation that fell in the village in 2020, we plot the change in precipitation. The graph is shown in Figure 16.

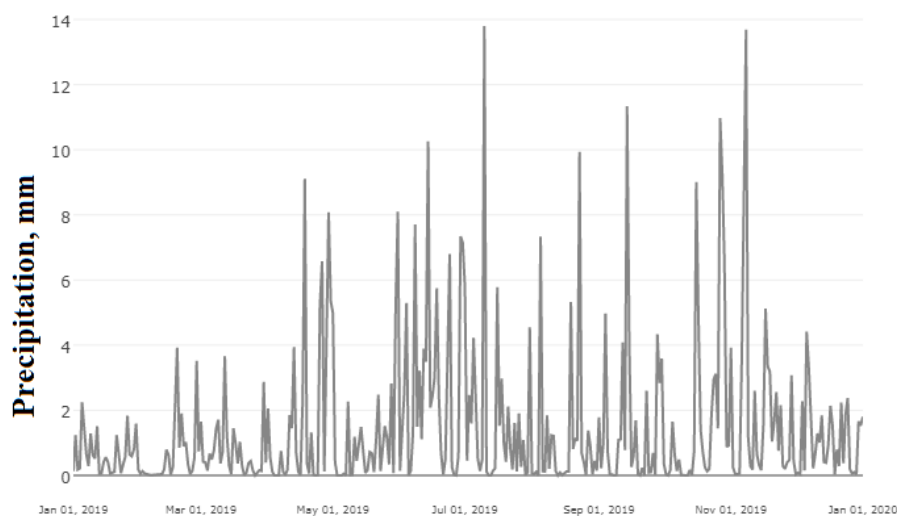


Figure 16. Change in rainfall for 2020



For a clearer picture, let us make a diagram of the distribution of precipitation by day. The resulting diagram is shown in figure 17.

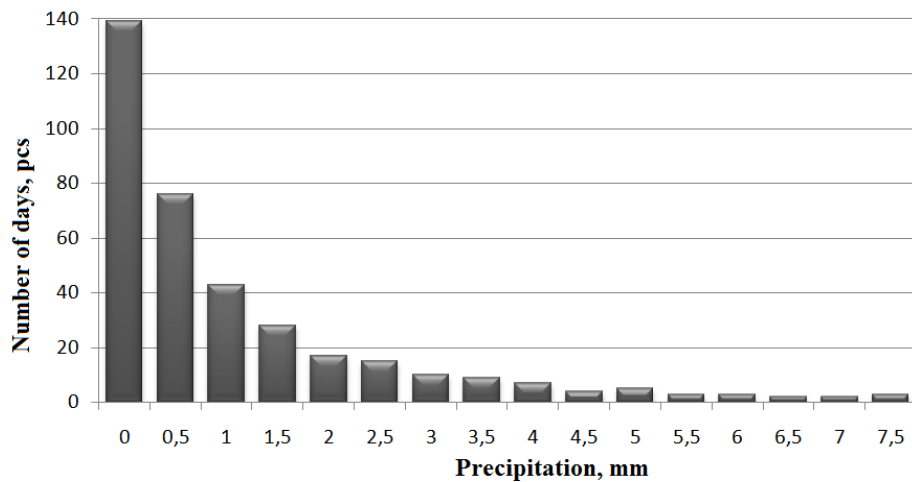


Figure 17. Distribution of 2020 precipitation by day

As can be seen from the diagram (Figure 17), the highest number of days per year corresponds to an interval between 0 and 2 mm. Thus, it can be said that the village has a low rainfall.

Having analyzed all of the above information, the climate of the electrified site is moderately harsh, characterized by moderate winds and most often negative air temperatures. The amount of precipitation is often low, which will be favorable for wind turbines and solar panels. Precipitation is most often snow. Possible phenomena include snowfalls, blizzards, frost and rain. November to May temperatures are negative, ranging from 0°C to -30°C, while May to November temperatures are positive, ranging from 0°C to +25°C. The hottest period is in summer, from June to August.

Frost and icing can pose a considerable risk to the operation of the unit. Frost can cause the blades to become unbalanced and moisture can also cause short circuits in the equipment. Thus, a large number of factors affect the operation of the wind turbine, which must be considered together, and not separately, in order to avoid all kinds of risks. Based on these considerations, equipment should be selected with materials and components which will prevent accidents from occurring. This may include cold-resistant steel or heating, or the use of special

low-temperature lubricants which retain their properties even at sub-zero temperatures.

#### 4. SELECTION OF EQUIPMENT FOR HYBRID POWER SUPPLY SYSTEM

##### 4.1. Principle of hybrid power supply system operation

The principle behind building a solar power plant is to provide the village with autonomous power all year round. Photovoltaic modules and wind generators cover a different part of the load each month, but they do not cover it completely, so the energy balance of the power supply system includes diesel generators, which are the main source of power to compensate for the lack of photovoltaic and wind power [7]. For this purpose, diesel generators must have an automatic start system, which reacts to the amount of electricity in the grid. The configuration of the power plant is shown in Figure 18.

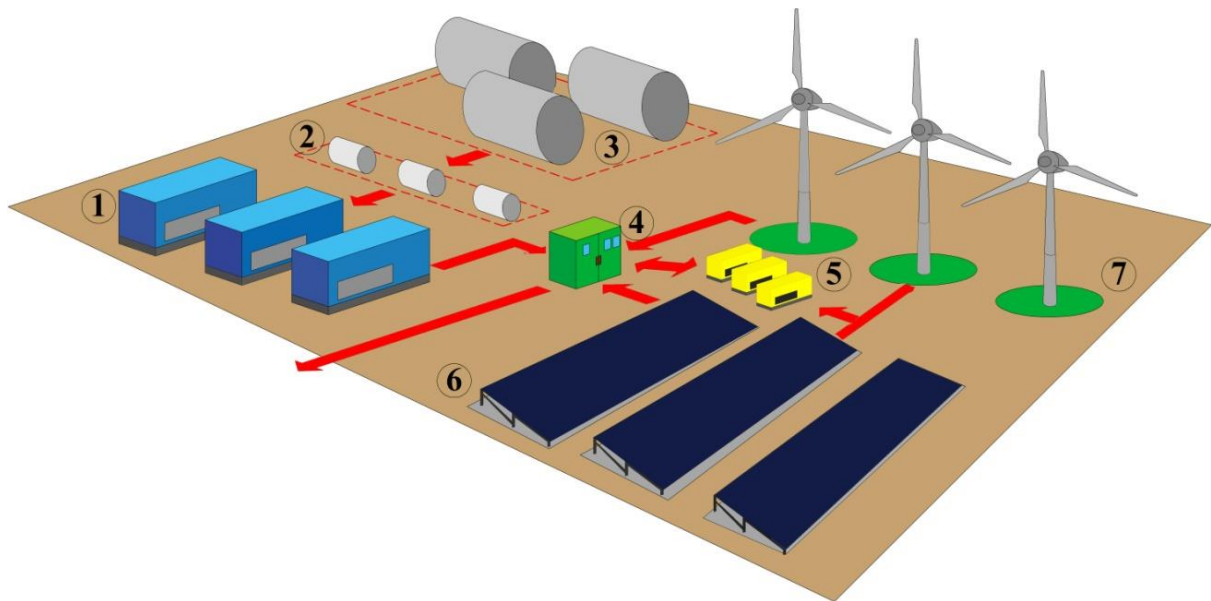


Figure 18. Solar-wind-diesel power plant

where 1 - Diesel generator set; 2 - Fuel pumps; 3 - Fuel tanks; 4 - Inverter; 5 - Battery;  
6 - Solar panels; 7 - Wind turbines

The structure of such an energy complex is shown in Figure 19.

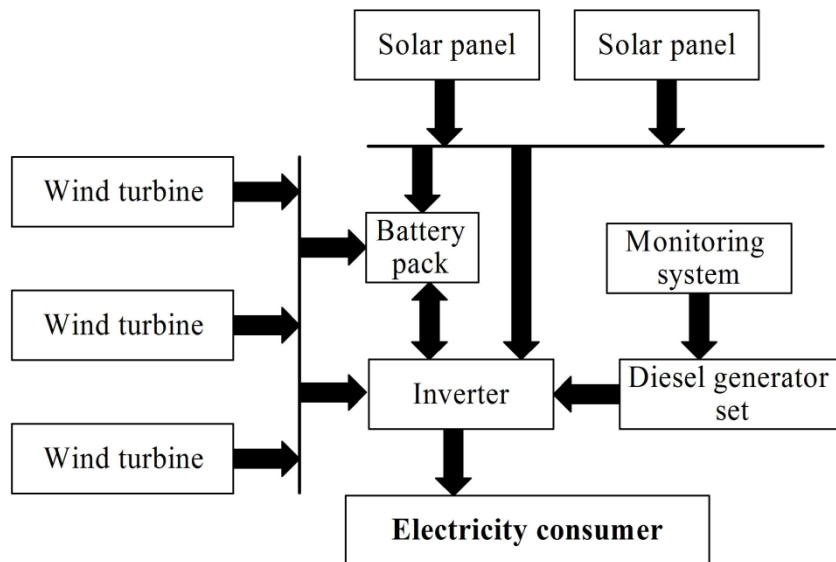


Figure 19. Functional diagram of the power plant.

It should be emphasized that the use of power complexes comprising renewable energy, traditional energy sources and batteries provides an opportunity to improve and, if necessary, ensure reliability and compliance of power quality indicators, which is very important for consumers isolated from the centralized power supply.

Separate operation of solar-wind power plant and diesel power station ensures maximum saving of diesel fuel, and also extends the service life of diesel units by compensating load peaks with energy stored in the storage units. Installed capacity of solar-wind power plant should provide electricity to consumers during daylight hours, as well as store its surplus in the batteries, diesel power station, in turn, should provide consumers in the dark hours, and in parallel charge storage batteries at a lack of energy for its charging from solar-wind power plant.

The efficiency of the project depends directly on the correct choice of equipment. The specific location of the facility places additional demands on the performance of the equipment. The harsh climatic conditions and significant temperature differences make the use of conventional equipment highly inefficient.

## Приложение Б

### Статистические данные скоростей ветра и прихода солнечной радиации

Таблица Б1 - Данные суммарных месячных значений прихода солнечной радиации с 2012 по 2020,

Год	Значения прихода солнечной радиации, кВт·ч/м <sup>2</sup>											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
2012	0,73	1,87	3,08	4,38	4,98	6,97	5,25	3,95	2,6	1,35	0,66	0,46
2013	0,69	1,6	2,67	4,18	3,97	5,07	5,92	3,78	2,74	1,4	0,49	0,28
2014	0,62	1,57	2,41	4,11	4,43	6,1	5,65	4,22	2,88	1,29	0,65	0,34
2015	0,57	1,37	2,64	3,72	5,16	6,65	5,31	4,21	2,42	1,23	0,78	0,29
2016	0,82	1,32	2,81	4,14	5,22	6,31	5,09	4,81	3,27	1,55	0,66	0,35
2017	0,61	1,52	2,91	4,07	4,83	6,45	5,11	4,25	2,15	1,29	0,57	0,33
2018	0,68	1,68	2,85	3,77	4,54	5,86	5,91	4,48	2,92	1,44	0,66	0,46
2019	0,66	1,56	2,73	4,4	5,04	5,37	5,1	4,71	2,76	1,45	0,74	0,34
2020	0,58	1,28	2,42	4,58	5,18	5,81	5,32	4,76	2,66	1,11	0,59	0,4

Таблица Б2 - Данные скоростей ветра за 2012 - 2020 г.

Год	Скорость ветра, м/с											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
2012	3,06	2,98	3,89	4,21	3,9	2,55	2,47	2,89	3,19	3,48	3,67	3,33
2013	4,21	4,31	4,84	4,39	4,6	2,88	2,66	2,56	3,52	4,3	4,7	5,02
2014	4,21	3,91	5,04	4,7	3,9	3,14	3,01	3,23	3,77	4,59	4,27	4,54
2015	4,68	4,46	4,4	4,02	3,6	3,25	3,06	3,68	3,15	4,4	3,48	4,87
2016	2,75	3,72	3,91	3,34	3,8	3,05	2,84	2,88	2,81	2,86	4,01	4,74
2017	4,38	4,4	4,05	4,65	4,5	2,91	2,67	2,7	3,29	3,38	3,72	3,87
2018	4,14	3,17	4,53	4,27	3,9	3,28	3,05	2,67	3,4	4,62	4,81	3,71
2019	4,25	4,09	4,15	4,37	4,2	3,3	2,93	2,77	3,52	4,18	4,33	3,81
2020	5,12	3,85	5,77	3,82	3,8	3,37	2,71	2,74	3,29	4,23	4,23	3,8

Таблица Б3 - Данные среднесуточных скоростей ветра за месяцы: апрель, январь, июль, октябрь

Месяц	Скорость ветра, м/с														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Январь	5,68	5,6	6,78	5,3	6,17	3,74	3,18	2,59	2,3	3,02	3,59	3,2	3,9	5,4	5,7
Апрель	4,1	4,61	5,14	2,02	4,32	3,82	3,11	4,78	4,4	4,12	2,95	3,54	3,69	2,18	3,33
Июль	3,59	3,52	2,88	2,12	1,47	1,69	2,8	3,21	4,3	3,38	2,66	3,43	1,3	3,18	3,42
Октябрь	2,9	2,67	4,93	4,75	3,51	4,6	4,16	3,82	4,66	2,63	2,29	3,35	2,36	4,58	5,79

Продолжение таблицы Б3

Месяц	Скорость ветра, м/с															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Январь	5,06	9,11	6,74	5,6	6,03	5,26	3,33	5,94	7,14	7,28	6,34	7,66	6,02	4,91	4,27	2,63
Апрель	4,75	2,29	3,98	5,41	3,18	3,42	3,38	5,36	2,73	4,66	3,12	2,12	2,23	6,89	4,34	-
Июль	3,56	3,77	1,85	1,66	1,84	2,89	3,6	3,11	2,73	3,03	2,2	1,84	1,09	2,29	3,38	2,14
Октябрь	2,45	6,04	7,9	5,82	4,42	4,25	5,96	4,49	3,64	4,51	3,21	3,1	6,06	5,94	3,53	2,27

## Приложение В

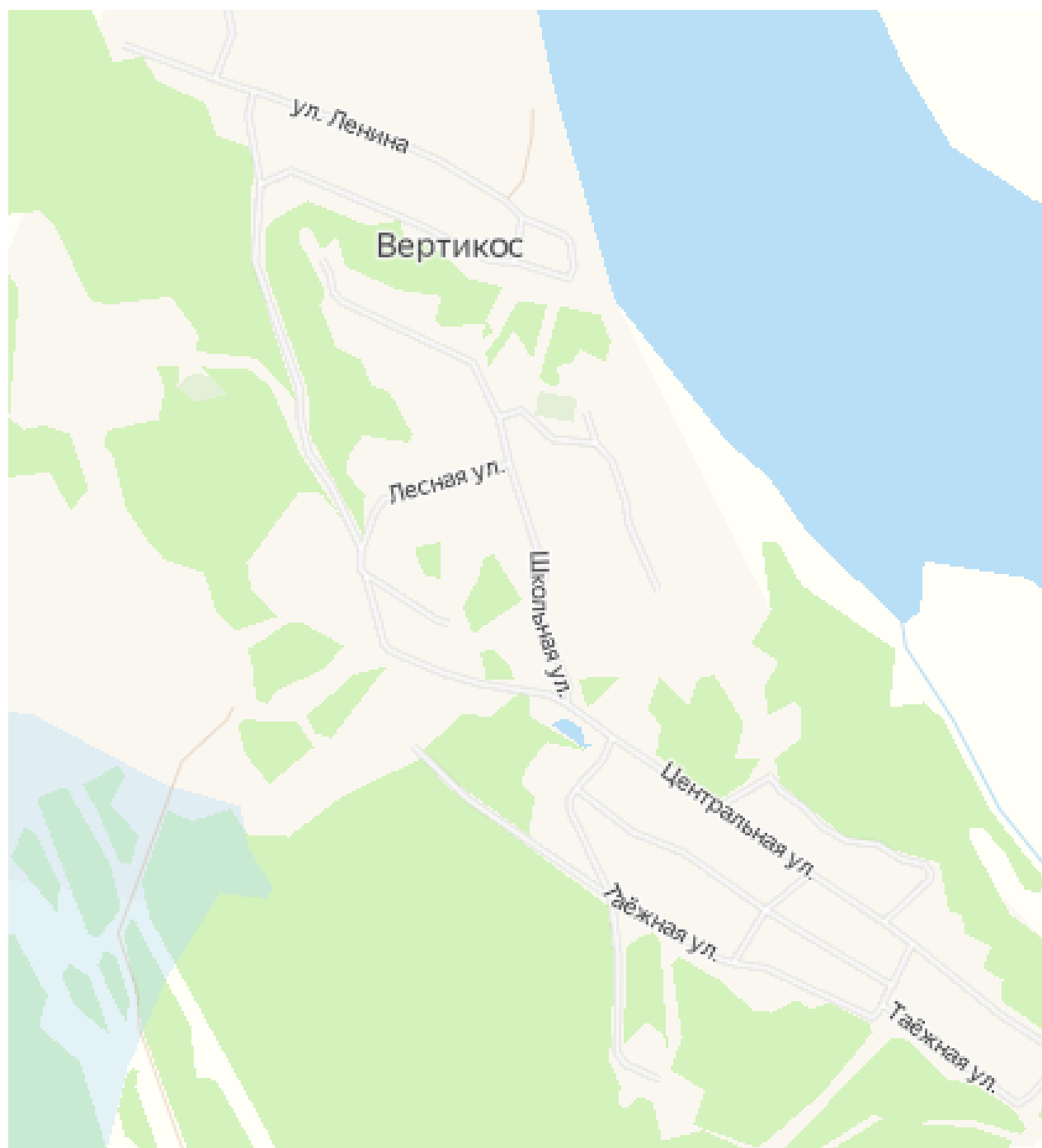


Рисунок В.1 – Карта местности исследуемого объекта