

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт Энергетический
 Специальность Возобновляемые источники энергии
 Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Повышение энергоэффективности электроснабжения локальной сети

УДК: 621.31.031:621.311.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ5К	Кайдалов Сергей Дмитриевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тарасов Евгений Владимирович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Универсальные компетенции	
Р7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой ЭПП

_____ **Сурков М.А.**
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ5К	Кайдалов Сергей Дмитриевич

Тема работы:

Повышение энергоэффективности электроснабжения локальной сети	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.02.2017 г. № 719/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Оценить солнечный потенциал с точки зрения выработки электрической энергии. В качестве объекта исследования рассмотреть п. Батагай Верхоянского улуса РС(Я). Проанализировать существующую гибридную электростанцию в п. Батагай. Исследовать динамику выработки и потребления энергии, принять решение о выборе количества солнечных панелей и емкости накопителей энергии. Разработать схему и режимы работ гибридной электростанции. Выбрать материальную базу гибридной электростанции в соответствии с разработанной схемой. Оценить экономическую эффективность применения солнечной энергии для электроснабжения отдаленных поселков и определить срок окупаемости гибридной электростанции.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>	<ul style="list-style-type: none"> – Изучить типы и характеристики накопителей электрической энергии; – Изучить типы и характеристики солнечных модулей; – Провести аналитический обзор гибридных систем электроснабжения; – Исследовать метеоданные о солнечной активности в выбранном регионе. – Рассчитать выработку электрической энергии за счет преобразования энергии солнца; – Построить графики заряда-разряда накопителей электрической энергии; – Разработать схему гибридной электростанции; – Выбрать основное оборудование гибридной электростанции; – Разработать автоматизированную систему управления и синхронизации генерирующего оборудования. – Оценить экономическую эффективность проекта гибридной электростанции в сравнении с дизельной электростанцией; – Предусмотреть раздел социальной ответственности применительно к дизельной станции.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема гибридной электростанции, Динамика уровня остаточного заряда на накопителях, Баланс электроэнергии, Однолинейная схема гибридной электростанции.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент, к.э.н. Попова С.Н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Доцент, к.т.н. Амелькович Ю.А</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>1. Введение (язык написания – русский, английский)</p>	
<p>2. Оценка ресурсов солнечной энергии в РС(Я) (язык написания – русский)</p>	
<p>3. Структура существующей гибридной электростанции в п. Батагай (язык написания – русский)</p>	
<p>4. Электрические нагрузки объекта (язык написания – русский)</p>	
<p>5. Определение площади солнечных модулей (язык написания – русский)</p>	
<p>6. Расчет емкости накопителей и динамики заряда и разряда (язык написания – русский)</p>	
<p>7. Вариант гибридной электростанции с использованием солнечной энергии (язык написания – русский)</p>	
<p>8. Оценка экономии энергоресурсов (язык написания – русский)</p>	
<p>9. Оценка срока окупаемости гибридной электростанции (язык написания – русский)</p>	

10. Социальная ответственность (язык написания – русский)
11. Заключение (язык написания – русский, английский)
12. Аналитический обзор англоязычной литературы в области солнечно-дизельной малой энергетики (язык написания – английский)

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тарасов Евгений Владимирович	к.т.н., доцент.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Кайдалов Сергей Дмитриевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5K	Кайдалов Сергей Дмитриевич

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определить стоимость проекта гибридной электростанции, в частности затраты на создание материально-технической базы. Определить затраты на производство электроэнергии.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Определить нормы расходования топливно-энергетических ресурсов на производство электроэнергии.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Не рассчитывается для данного проекта</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Проект выполнен в рамках магистерской диссертации, устав не требуется.</i>
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определить стоимость основного оборудования, необходимого для реализации проекта.</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценить экономию топливно-энергетических ресурсов за счет использования энергии солнца для производства электроэнергии. Определить срок окупаемости проекта.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Оценка срока окупаемости проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Кайдалов Сергей Дмитриевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИИ)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования магистр

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

Период выполнения осенний 2015/2016/, весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

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)
05.03.17	Оценка ресурсов солнечной энергии в РС(Я).	10
18.03.17	Структура существующей гибридной электростанции в п. Батагай .	10
25.03.17	Электрические нагрузки объекта.	10
02.04.17	Определение площади солнечных модулей.	10
07.04.17	Расчет емкости накопителей и динамики заряда и разряда.	10
21.04.17	Вариант гибридной электростанции с использованием солнечной энергии.	20
25.04.17	Оценка экономии энергоресурсов.	10
05.05.17	Оценка срока окупаемости гибридной электростанции.	10
16.05.17	Социальная ответственность.	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тарасов Евгений Владимирович	к.т.н., доцент.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 126 стр., 27 рис., 38 табл., 30 источников, 2 прил.

Ключевые слова: Децентрализованное электроснабжение, дизельная электростанция, гибридная электростанция, солнечный модуль, солнечная радиация, накопитель электрической энергии.

Объектом исследования является: Гибридная электростанция в п. Батагай Верхоянского улуса Республики Саха (Якутия).

Цель работы: Повышение эффективности существующей гибридной электростанции в п. Батагай Верхоянского улуса Республики Саха (Якутия).

В процессе исследования проводились: Оценка ресурсов солнечной энергии в РС(Я), анализ существующей гибридной электростанции в п. Батагай, анализ электрических нагрузок п. Батагай, определение площади солнечных модулей, расчет динамики выработки электроэнергии солнечными модулями, расчет емкости накопителей и динамики заряда и разряда, разработка схемы гибридной электростанции, разработка автоматизированной системы управления и синхронизации генерирующего оборудования, выбор оборудования гибридной электростанции, оценка экономии ресурсов, оценка срока окупаемости гибридной электростанции.

В результате исследования выбрано оборудование для гибридной электростанции, рассчитана динамика выработки электроэнергии солнечными модулями, построены графики заряда-разряда накопителей электрической энергии, разработана схема гибридной электростанции, разработана автоматизированная система управления и синхронизации генерирующего оборудования, выбрано оборудование в соответствии со схемой, оценена экономическая эффективность проекта гибридной электростанции и определен срок окупаемости.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Разработанная схема гибридной электростанции способна в период высокой солнечной активности обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителя без включения дизельных генераторов, за счет солнечной энергии.

Область применения: Бесперебойное обеспечение потребителя электрической энергией в зоне децентрализованного электроснабжения.

Экономическая эффективность/значимость работ: Сокращение доли дизельного топлива в выработке электрической энергии, снижение тарифа на электроэнергию.

В будущем планируется: Усовершенствование схем гибридных систем электроснабжения и развитие возобновляемой энергетики в регионе и в стране в целом.

Оглавление

Введение	12
1 Оценка ресурсов солнечной энергии в Республике Саха (Якутия).....	14
2 Структура существующей гибридной электростанции в п. Батагай.....	18
3 Электрические нагрузки объекта.....	22
4 Определение площади солнечных модулей	25
4.1 Расчет динамики выработки электроэнергии солнечными модулями	27
5 Расчет емкости накопителей и динамики заряда и разряда.....	32
6 Вариант гибридной электростанции с использованием солнечной энергии.	45
6.1 Выбор оборудования	47
6.1.1 Выбор дизельных генераторов.....	47
6.1.2 Выбор инвертора и схемы подключения	48
6.1.3 Выбор солнечных панелей и аккумуляторов и схемы их подключений	50
6.1.4 Выбор устройства синхронизации дизель-генераторов.....	51
6.1.5 Выбор коммутационных аппаратов и оборудования для КТП.....	53
6.1.6 Выбор токопроводов	58
6.2 Построение автоматизированной системы управления электроснабжением объекта... 61	
6.2.1 Режимы работ гибридной электростанции.....	62
7 Оценка экономии энергоресурсов	64
7.1 Вариант дизельной электростанции	64
7.1.1 Расчет расхода топлива дизельной электростанции в зимнее время года.....	65
7.1.2 Расчет расхода топлива дизельной электростанции в летнее время года	71
7.2 Вариант гибридной электростанции.....	77
8 Оценка срока окупаемости гибридной электростанции	79
9 Социальная ответственность	83
9.1 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности	84
9.2 Природоохранные требования	94
Заключение.....	99
Список литературы	100
Приложение А	102
Приложение Б (однолинейная схема гибридной электростанции)	126

Введение

На сегодняшний день 60% территории и 30% населения Республики Саха (Якутия) остаются вне зон централизованного электроснабжения. Наличие большого количества рассредоточенных потребителей, электроснабжение которых может осуществляться только от автономных энергоисточников, влечет за собой множество проблем.

Основными проблемами энергоснабжения децентрализованных потребителей являются:

1. Транспортировка топлива, с учетом ограниченности сроков сезонного завоза в труднодоступные районы.

2. Низкий уровень развития транспортной инфраструктуры, многозвенность процесса завоза топлива приводят к высоким затратам и многократному его удорожанию.

3. Эксплуатация большей частью устаревших и физически изношенных автономных энергоисточников, определяет их неудовлетворительное техническое состояние, низкую экономичность (удельный расход топлива на производство на дизельных электростанциях в отдельных пунктах достигает 500-600 г у.т./кВт-ч при КПД 20-25 %), что приводит к недостаточной надежности энергоснабжения и неоправданно высоким финансовым затратам.

Выход из положения может обеспечить применение местных возобновляемых энергоресурсов.

Использование альтернативных источников энергии для генерации электрической энергии в децентрализованных системах электроснабжения является перспективной отраслью энергетики и послужит повышению технико-экономических характеристик децентрализованных систем электроснабжения и обеспечит надежное электроснабжение потребителей.

С этой целью в 2015 году в п. Батагай Верхоянского улуса Республики Саха (Якутия) была введена в эксплуатацию экспериментальная солнечно-дизельная гибридная электростанция. Установленная мощность солнечных

панелей составляет 1МВт. В качестве гарантированного источника электроэнергии выступает дизельная электростанция общей мощностью 12МВт.

На данный момент, мощность солнечных модулей не способна полностью покрыть электрические нагрузки объекта за счет энергии солнца даже в наиболее солнечный летний месяц. В связи с этим, дизель-генераторы, которые работают в составе существующей гибридной электростанции, вырабатывают электроэнергию весь год, из-за чего экономия топлива сводится к нулю. Очевидно, что установленная мощность солнечной электростанции в 1 МВт в п. Батагай не обеспечивает высокой экономической эффективности.

В связи вышесказанным, в данной работе была поставлена цель - повышение уровня эффективности существующей гибридной электростанции.

1 Оценка ресурсов солнечной энергии в Республике Саха (Якутия)

Отделом энергетики ИФТПС ЯНЦ СО РАН по территории Якутии выделены четыре района, характеризующих возможности использования солнечной энергии (рис.1.1.). Большая часть территории Якутии (Центральные и Южные районы) имеет благоприятные условия внедрения систем солнечного теплоснабжения [9].

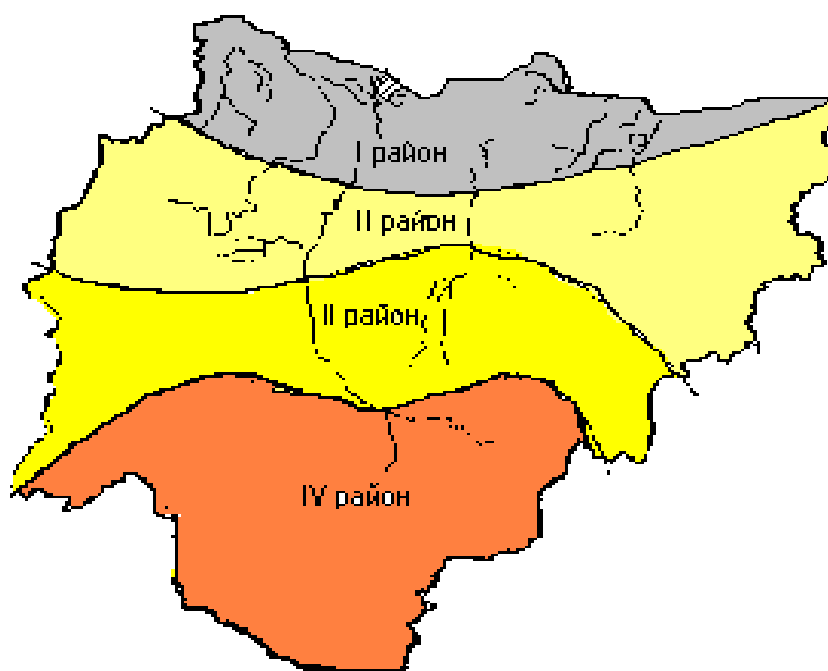


Рисунок 1.1 - Сводная карта радиационно-климатического районирования территории Республики Саха (Якутия).

Район 1 – крайне ограниченного использования солнечной энергии;

Район 2 – возможного использования солнечной энергии;

Район 3 – умеренного использования солнечной энергии;

Район 4 – благоприятного использования солнечной энергии.

Сводная карта-схема радиационно-климатического районирования является ориентиром для размещения гелиотехнических систем по районам республики и оценки возможного объема энергосбережения.

В 3-м районе продолжительность солнечного сияния в году колеблется в пределах 1600-2000 ч. наиболее благоприятные условия для использования солнечной энергии в тепловых целях имеются в 4-м районе, где интенсивность радиации составляет свыше 4200 МДж/м², продолжительность солнечного сияния – 2300 ч., количество пасмурных дней самое минимальное [9].

Из нескольких основных способов преобразования солнечной энергии в электрическую в данном регионе наиболее подходящим является применение фотоэлементов.

Использование солнечной энергетики в балансе северных децентрализованных зон сезонно, так как ограничивается продолжительностью дня (полярная ночь, порядка 9 месяцев года зимнего сезона) и низким энергетическим потенциалом (I, II район – рис.1.1).

Наиболее благоприятны для использования потенциала солнечной энергии районы централизованной зоны республики (III, IV район – рис.1.1).

Оценивая возможность использования солнечных электростанций и солнечного потенциала республики Саха (Якутия) определяем расположения региона в широтах 55°СШ – 73° СШ (рис. 1.2). Для северных широт (выше 50° – 60° СШ) круглогодичная эксплуатация солнечных фотоэлектрических станций малоэффективна. Поселок Батагай, который мы будем далее рассматривать, находится по координатам 67° СШ 134° ВД и входит во второй район возможного использования солнечной энергии (рис.1.1) [9]. В таких районах возможно применение солнечных электростанций только для сезонного электроснабжения, или комбинируя с другими источниками энергии.



Рисунок 1.2 - Карта республики Саха (Якутия).

По метеорологическим данным произведем оценку дневной суммы солнечной радиации для территории республики Саха (Якутия), используя метеорологические данные из базы данных погодных условий НАСА.

Данные сведены в таблицу 1.1. Серым цветом выделены месяцы, для которых выполняются минимальные технически допустимый уровень освещенности [11].

По данным явно видно, что возможно применение солнечных электростанций только для сезонного электроснабжения.

Таблица 1.1. Солнечный потенциал Республики Саха (Якутия), кВтч/м²/месяц. (Дневная сумма).

Метеостанция	Дневная сумма солнечной радиации, кВтч/м ² /день												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Нерюнгри	0,81	1,82	3,32	4,59	5,11	5,52	5,07	4,31	2,77	1,84	1,01	0,53	3,06
Алдан	0,6	1,61	3,13	4,55	5,14	5,73	5,39	4,35	2,62	1,62	0,8	0,37	3,00
Чагда	0,59	1,59	3,05	4,45	5,05	5,89	5,43	4,34	2,68	1,62	0,79	0,39	3,00
Томмот	0,60	1,59	3,06	4,41	4,89	5,68	5,30	4,30	2,57	1,59	0,80	0,38	2,94
Амга	0,43	1,43	3,11	4,75	5,34	6,11	5,64	4,53	2,69	1,49	0,61	0,24	3,04
Усть-Мая	0,42	1,40	3,10	4,76	5,55	6,26	5,69	4,52	2,75	1,51	0,60	0,23	3,07
Олекминск	0,42	1,35	2,92	4,63	5,29	6,00	5,67	4,44	2,65	1,46	0,60	0,24	2,98
Ленск	0,43	1,33	2,88	4,51	5,30	5,88	5,66	4,31	2,63	1,37	0,60	0,23	2,94
Покровск	0,35	1,26	2,88	4,61	5,34	6,13	5,84	4,56	2,66	1,42	0,52	0,17	2,99
Якутск	0,26	0,81	2,78	4,47	5,27	5,86	5,37	4,26	2,41	1,22	0,42	0,14	2,78
Хандыга	0,27	1,14	2,83	4,6	5,52	6,23	5,75	4,48	2,56	1,35	0,44	0,13	2,95
Мирный	0,27	1,07	2,55	4,27	5,36	5,93	5,85	4,27	2,54	1,22	0,43	0,11	2,83
Чернышевский	0,2	0,95	2,43	4,24	5,3	5,82	5,76	4,22	2,44	1,15	0,35	0,07	2,75
Нюрба	0,21	1,00	2,61	4,45	5,43	6,07	5,94	4,30	2,56	1,21	0,36	0,07	2,86
Сангар	0,22	1,02	2,59	4,35	5,49	6,20	6,03	4,46	2,55	1,27	0,37	0,08	2,90
Вилуйск	0,22	1,00	2,62	4,44	5,43	6,10	5,94	4,30	2,55	1,23	0,36	0,08	2,87
Оймякон	0,22	0,81	2,92	4,64	5,77	5,34	5,23	4,69	2,34	1,30	0,38	0,10	2,82
Усть-Нера	0,15	0,81	2,43	4,38	5,37	6,04	5,72	4,35	2,62	1,24	0,32	0,04	2,80
Удачный	0,07	0,67	2,15	4,11	5,25	5,54	5,43	3,80	2,11	0,94	0,18	0,00	2,53
Жиганск	0,07	0,64	2,08	3,91	5,33	6,07	5,86	4,04	2,32	0,99	0,18	0,00	2,64
Верхоянск	0,03	0,23	2,02	4,08	5,27	5,58	5,12	3,71	1,81	0,94	0,10	0,00	2,42
Зырянка	0,10	0,72	2,18	4,09	5,55	6,15	5,57	3,99	2,42	1,10	0,24	0,02	2,69
Батагай	0,04	0,55	2,09	4,18	5,44	5,99	5,59	4,03	2,3	0,95	0,14	0,00	2,62
Оленек	0,00	0,36	1,91	3,87	5,41	5,62	5,91	3,31	1,47	0,72	0,10	0,00	2,40
Депутатский	0,01	0,38	1,6	3,77	5,06	5,63	5,2	3,59	1,91	0,71	0,06	0,00	2,34
Белая Гора	0,02	0,46	1,96	4,17	5,69	6,1	5,53	3,76	2,12	0,86	0,09	0,00	2,57
Среднеколымск	0,04	0,56	2,02	4,08	5,65	6,11	5,59	3,87	2,24	0,93	0,13	0,00	2,61
Усть-Куйга	0,00	0,30	1,41	3,30	4,42	5,44	5,17	3,49	1,84	0,61	0,04	0,00	2,18
Тикси	0,00	0,26	1,34	3,26	4,69	5,63	5,05	3,26	1,64	0,48	0,02	0,00	2,15
Нижнеянский	0,00	0,23	1,35	3,43	4,91	5,67	5,11	3,44	1,80	0,54	0,02	0,00	2,22
Черский	0,02	0,45	1,69	3,69	5,3	6,23	5,53	3,73	2,15	0,82	0,09	0,00	2,49
Чокурдах	0,00	0,32	1,54	3,62	5,26	5,71	5,29	3,52	1,83	0,66	0,03	0,00	2,33

8 Оценка срока окупаемости гибридной электростанции

Для оценки стоимости всего проекта гибридной электростанции, составим таблицу основного оборудования и его стоимости.

Таблица 8.1. Основные затраты на проект.

Наименование	Количество, шт	Цена за шт., тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
Дизельные генераторы АД640-Т400	6	5099,5	30597
Дизельные генераторы АД150-Т400	2	741,5	1483
Солнечные панели Suntech Ve 300 Watt	24000	17	408000
Инверторы Zigor Solar HIT3C-150	48	4955	237840
FIAMM 28 OPzS 3500	5376	128	688128
Затраты на геологические работы			100,00
Затраты на подготовку площадок			150,00
Затраты на возведение ограждений			50,00
Расходы на доставку			500,00
Непредвиденные расходы (10% от всего)			136684,8
Суммарные затраты на все установки			1503532,8

Нужно учесть, помимо известных цен на оборудование, стоимость проектных работ, строительных работ, эксплуатационные расходы, ремонтные расходы.

➤ **Проектные работы:**

$$K_{\text{пр}} = 50 \cdot \text{МРОТ} = 50 \cdot 7\,800 = 390 \text{ тыс. руб.},$$

где МРОТ – это минимальный размер оплаты труда.

➤ **Строительные работы:**

$$K_{\text{стр}} = k_p \cdot K_{\text{уст}} = 0,04 \cdot 1366048 = 54641,92 \text{ тыс. руб.},$$

где k_p – коэффициент затрат на установку станции, принимают равным 0,04;

$K_{уст}$ – стоимость всех установок станции;

➤ **Эксплуатационные расходы (затраты на обслуживание):**

$$C_{экс} = 36 \cdot \text{МРОТ} = 36 \cdot 7\,800 = 280,8 \text{ тыс. руб.}$$

➤ **Ремонтные расходы:**

$$C_{рем} = k_{рем} \cdot p_n (K_{уст} + K_{стр}) = 0,2 \cdot 1/25 \cdot (1366048 + 280,8) = 10930,6 \text{ тыс.руб.}$$

где $k_{рем}$ – это коэффициент затрат на ремонт, принимают равным 0,2;

p_n – это нормативный коэффициент рентабельности, $p_n = 1/T$, где T – это экономический срок службы оборудования, который равен 25 лет.

Таблица 8.2. Дополнительные затраты на проект.

Наименование	Общая стоимость, тыс. руб.
Проектные работы	390
Строительные работы	54641,92
Затраты на обслуживание	280,8
Ремонтные расходы	10930,6
Итого	66243,32

Таблица 8.3. Годовая сводная таблица гибридной электростанции.

Месяц	$W_{потр},$ кВт*ч	$W_{СП},$ кВт*ч	$W_{ДГ},$ кВт*ч	$G_{мес},$ кг	Затраты, руб.
Январь	1523635,74	5976,18	1517660	300786,6	17 295 230
Февраль	1376187,12	74220,3	1301967	258038,2	14 837 195
Март	894951,09	312255,405	582696	117772,9	6 771 940
Апрель	866081,7	604365,3	261716	52897,3	3 041 594
Май	894951,09	812760,48	82190,6	16612,13	955 197
Июнь	866081,7	866082	0	0	753083
Июль	894951,09	835171,155	59779,9	12082,55	694 746
Август	894951,09	602100,135	292851	59190,22	3 403 437
Сентябрь	1474486,2	332545,5	1141941	226322,5	13 013 542
Октябрь	1523635,74	141934,275	1381701	273840,8	15 745 843
Ноябрь	1474486,2	20241,9	1454244	288218,1	16 572 542
Декабрь	1523635,74	0	1523636	301971	17 363 332
За год	14 208 012	4 607 653	10 410 776	2 082 781	119 654 081

Расход топлива без солнечных панелей: 152712,487 тыс. руб./год

Расход топлива с применением солнечных панелей: 119654,081 тыс. руб./год

Экономия на топливе: 33058,406 тыс. руб./год

Затраты на топливо и его доставку:

$$C_{\text{топ}} + C_{\text{д.топ}} = 119654,081 + 150 = 119804,081 \text{ тыс. руб.}$$

где $C_{\text{топ}}$ – стоимость дизельного топлива, тыс. руб.;

$C_{\text{д.топ}}$ – стоимость доставки, тыс. руб.

Приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности:

$$Z = \frac{P_n K + C}{P} = \frac{\frac{1}{25} \cdot 1569776,12 + 130867,481}{11340} = 17,077 \text{ тыс. руб./кВт}$$

Себестоимость производимой электроэнергии:

$$C_{\text{эл}} = \frac{P_n K + C}{W} = \frac{\frac{1}{25} \cdot 1569776,12 + 130867,481}{15018429} = 12,89 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч}$$

где K – полные капвложения, тыс. руб.;

p_n – нормативный коэффициент рентабельности, который равен 1/25;

C – общие годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб.;

W – общее количество электроэнергии, вырабатываемое электростанцией, кВт·ч.

С учетом годовой инфляции (коэффициент $k = 1,1$), проведем оценку срока окупаемости проекта. Для определения срока окупаемости, вычислим годовую экономию денежных средств за каждый год с учетом годовой инфляции.

Итак, эксплуатация гибридной электростанции, по сравнению с эксплуатацией дизельной электростанции, позволит экономить дизельного топлива 754033 кг ежегодно, что составляет 26,58% от массы топлива, потребляемого при эксплуатации дизельной электростанции.

За счет солнечных панелей гибридной электростанции потребитель будет получать 4 607 653 кВт*ч электрической энергии – именно на такую величину снизится ежегодная выработка энергии дизельными генераторами. Экономия на использовании дизельного топлива составит 33 058 406 руб. ежегодно.

Затраты на проект составляют $Z=1367663000$ рублей. Экономия за первый год составляет $\mathcal{E}=33058406$ рублей и $\mathcal{E}=\mathcal{E}*k$ за каждый последующий. Окупаемость проекта представим как $\mathcal{E}-Z$ и проследим, в какой год эксплуатации эта разность станет положительной, то есть проект начнет приносить прибыль. Результаты вычислений сведем в таблицу 8.4.

Таблица 8.4. – Оценка окупаемости проекта.

Год	\mathcal{E} , руб.	$\mathcal{E}-Z$, руб.
1	33068406	-1334594594
2	36160633	-1298433961
3	39542013	-1258891948
4	43239587	-1215652361
5	47282921	-1168369440
6	51704347	-1116665093
7	56539220	-1060125873
8	61826203	-998299670,2
9	67607571	-930692099,2
10	73929555	-856762544,3
11	80842708	-775919836,7
12	88402309	-687517527,5
13	96668809	-590848718,4
14	105708309	-485140408,9
15	115593093	-369547315,4
16	126402204	-243145111,7
17	138222074	-104923038
18	151147220	46224181,87

Для большей наглядности данных представим рассчитанный срок окупаемости в графическом виде.

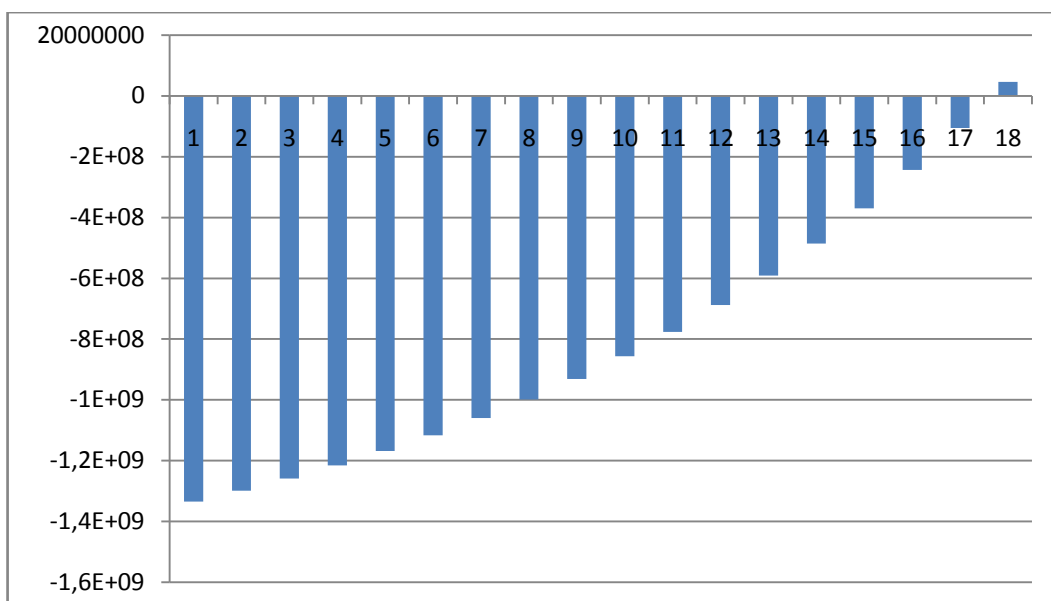


Рисунок 8.1 – Графическое отображение срока окупаемости проекта.

Как видно из расчета, проект окупится и начнет приносить прибыль на 18-м году эксплуатации.