

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

Институт **Энергетический (ЭНИН)**

Направление подготовки **13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Кафедра **Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Оптимизация режимов работы фотоэлектрической станций в составе автономного комплекса электроснабжения	

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Самойлова Мария Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сурков Михаил Александрович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Завьялов В.М.	д.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

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

Институт **Энергетический (ЭНИН)**

Направление подготовки **13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Кафедра **Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)**

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭПП

Завьялов В.М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5K	Самойлова Мария Алексеевна

Тема работы:

Оптимизация режимов работы фотоэлектрической станций в составе автономного комплекса электроснабжения	
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.).	- Наименование объекта исследования; - Удаленное село Копыловка (Колпашевском районе Томской области)
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).	- Оценка потенциала СЭС, удаленного населенного пункта - Разработка системы электроснабжения на базе дизельной электростанции; - Разработка системы электроснабжения на базе дизельной электростанции с ограничениями по нагрузке; - Сравнительный анализ вариантов энергокомплексов - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна	
Социальная ответственность	Амелькович Юлия Александровна	
Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке	Костомаров Петр Иванович	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сурков Михаил Александрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Самойлова Мария Алексеевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5K	Самойлова Мария Алексеевна

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Расчет стоимостивариантов построения схем электроснабжения поселка</i>	<i>Расчет стоимости вариантов построения схем электроснабжения села Копыловка, Томской области, согласно принятой методике</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления в внебюджетные фонды – 27,1% от фонда оплата труда.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценка ресурсной и финансовый эффективности исследований.</i>
Перечень графического материала:	
1. <i>Смета расходов для варианта построения схемы электроснабжения села</i> 2. <i>Интегральный финансовый показатель</i> 3. <i>Сравнительная оценка характеристик вариантов построения схемы электроснабжения села</i> 4. <i>Интегральный показатель ресурсоэффективности</i> 5. <i>Сравнительная эффективность разработки</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Самойлова Мария Алексеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5K	Шишлянникова Светлана Анатольевна

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Электроэнергетическая установка на основе дизель-генераторов
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	- недостаточная освещенность рабочей зоны; - напряженность зрения; - шум и вибрации; - запыленность воздуха рабочей зоны; - отклонение параметров микроклимата от нормы. - движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования; - электрический ток. Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны	- влияние дизельного двигателя на окружающую среду;

– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	- разработка решений по обеспечению экологической безопасности.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар. - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- специальные правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия по улучшению условий труда.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.17 г.
--	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5K	Самойлова Мария Алексеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа страниц, 24 рисунка, 12 таблиц, 26 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: автономное электроснабжение, солнечно-дизельная электростанция, электростанция, солнечный модуль, солнечная радиация, накопитель электрической энергии.

Объектом исследования являются: село Копыловка, Колпашевского района Томской области, Россия

Цель работы: исследование оптимизации режимов работы фотоэлектрической станции в составе автономного комплекса электроснабжения.

В процессе исследования проводились: построение графика нагрузки автономного потребителя, оценка потенциала солнечной электростанции и расчет оптимального количества солнечных панелей, расчет характеристик накопителей, рассмотрен вариант энергетического комплекса с использованием солнечных панелей, накопителей электроэнергии и дизельной электрической установки, вариант энергетического комплекса с использованием солнечных панелей, накопителей электроэнергии и дизельной электрической установки с ограничениями на нагрузку, выбор оборудования, расчет выработки электрической энергии солнечными модулями, исследование режимов работы энергетических комплексов, разработка схемы солнечно-дизельной электростанции, расчет тарифа на электроэнергию для всех вариантов электроснабжения.

В результате исследования построены графики выработки и потребления электрической энергии, характеристики накопителей электрической энергии, выбраны тип и емкость аккумуляторных батарей, разработана схема солнечно-дизельной электростанции и выбрано основное оборудование в соответствии со схемой, произведено сравнение тарифов различных вариантов солнечно-дизельной электростанции.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: разработанная схема солнечно-дизельной электростанции способна обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителя.

Область применения: бесперебойное обеспечение децентрализованного потребителя электрической энергией.

Экономическая эффективность/значимость работы: замещение доли дизель-генераторов в выработке электрической энергии, обеспечение экологически чистой электроэнергии.

В будущем планируется: усовершенствование прогнозирования запуска дизельного генератора и развитие возобновляемой энергетики в регионе и в стране в целом.

Сокращения

АБ - аккумуляторные батареи;

ДЭС- дизельная электростанция;

ДГ- дизельный генератор;

СЭС- солнечная электростанция;

СДЭС- солнце-дизельная электростанция;

СИ – сетевой инвертор;

Н – нагрузка;

СП – солнечные панели;

К – контроллер;

АКБ – аккумуляторные батареи;

И – инвертор;

LiFePO₄- Литий-железо-фосфатный аккумулятор;

BMS- Система управления батареями;

MPPT- Maximum Power Point Tracking — отслеживание точки максимальной мощности;

ДТ- датчиков тока;

КПД- коэффициент полезного действия.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1. ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ОБЪЕКТА	14
1.1. Объект исследования	14
1.2. Оценка потенциала солнечной энергии	16
1.3. Выбор угла наклона фото панелей.....	17
2. ВЫБОР ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	19
3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ.....	20
3.1. Солнечные панели.....	20
3.2. Аккумуляторные батареи.....	22
3.3. Выбор контроллера.....	28
3.4. Выбор инвертора.....	31
3.5. Выбор дизельного генератора	33
4. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ	35
5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ С НАКОПИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ДИЗЕЛЬНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПО НАГРУЗКЕ.....	37
6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ С НАКОПИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ДИЗЕЛЬНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ.....	45
8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	79
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	82
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	84

ПРИЛОЖЕНИЕ 3	86
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	88
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	90
ПРИЛОЖЕНИЕ 6	92

ВВЕДЕНИЕ

Производство энергии, являющееся необходимым средством для существования и развития человечества, оказывает воздействие на природу и окружающую человека среду. С одной стороны, в быт и производственную деятельность человека настолько твердо вошла тепло- и электроэнергия, что человек даже и не мыслит своего существования без нее и потребляет само собой разумеющиеся исчерпаемые ресурсы. С другой стороны, человек все больше и больше свое внимание заостряет на экономическом аспекте энергетики и требует экологически чистых энергетических производств. Это говорит о необходимости решения комплекса вопросов, среди которых перераспределение средств на покрытие нужд человечества, практическое использование в народном хозяйстве достижений, поиск и разработка новых альтернативных технологий для выработки электроэнергии и т.д.

В начале XXI века, начинается новый значительный этап развития энергетики. Приближающаяся угроза топливного «голода», а также загрязнение окружающей среды и тот факт, что прирост потребности в энергии значительно опережает прирост ее производства, вынуждает многие страны с новых позиций обратить внимание на альтернативные (нетрадиционные и возобновляемые) источники энергии.

По прогнозам специалистов глобальная смена энергетического курса возможна за период около 50 лет. Кроме того, предельные затраты для общества будут снижены, и могут стать даже отрицательными в том случае, если реформы будут тщательно спланированы и станут неотъемлемой частью модернизации производства. Все это потребует значительных начальных инвестиций и разработки долгосрочных стратегий.

В данной работе мы обратили внимание на солнечную энергию. В настоящее время данная отрасль динамично развивается с технологических и экономических позиций и внедряется по всему миру. Достоинства такого вида энергии очевидны: солнечный свет как энергоноситель - доступен в любой точке земного шара, технологии его преобразования в электрическую энергию

были изучены еще в конце прошлого века и все время модернизируются и удешевляются, а также срок службы и простота эксплуатации позволяют использовать солнечные установки даже в локальных масштабах. О

развитии технологий применения и повсеместным распространением данной отрасли свидетельствуют ниже приведенные данные.

Себестоимость солнечной энергии в США за последние пять лет сократились на 60%, а через три года сравняется с затратами на производство энергии из традиционных источников. По подсчетам Администрации энергетической информации США, себестоимость 1 кВт×ч на солнечной станции — около 21 цента, а на новых газовых электростанциях комбинированного цикла — около 6 центов. [5]

Крупнейший мировой производитель солнечной электроэнергии FirstSolar сообщила, что к 2014 г. может довести цену поставки 1 кВт ч до 10-12 центов, что сравнимо с ценой на газовых станциях. Для этого необходимо сократить расходы на покупку солнечных модулей.

Таким образом, по прогнозам специалистов, солнечные электростанции Америки уже через три года смогут наравне конкурировать с газогенераторными. Причем главными помощниками в выходе экологически чистой энергии на общий рынок станут не государственные субсидии, а значительное снижение стоимости производства.

Калифорния, показывающая самый высокий уровень роста производства энергии с помощью солнечных батарей, уже к 2020 году намерена покрыть треть своего рынка возобновляемыми источниками. На данный момент мощности штата оцениваются в 300 МВт, а запланированный объем производства солнечной энергии составляет 16,5 тыс. МВт×ч. [2]

В Германии совокупная мощность всех солнечных электростанций, по данным Европейской ассоциации солнечной энергетики, составила 18 000 МВт, что говорит о её мировом лидерстве в данной сфере. Себестоимость солнечной и традиционной энергии сравнивается в течение двух лет. В Германии действует одна из наиболее успешных схем поддержки ВИЭ - это так называемый feed-

intariff, фиксированный тариф на электроэнергию от генераторов на основе ВИЭ. Он позволил солнечной энергетике развиваться колоссальными темпами, - только в 2011 году было введено более 8 ГВт мощностей солнечных фотоэлектрических установок. В 2010 году в Европе по объему вводов новой мощности первое место заняли газовые станции, а второе с небольшим отрывом - солнечные, только потом все остальные. Все это - результат успешных мер государственной поддержки.

Что касается нагрузки для потребителей, сейчас в Германии действует более 60 ГВт ветровых и более 18 ГВт солнечных мощностей. Счета за электроэнергию увеличились в среднем на 1,5 евро в месяц, в пересчете на рубли - 60 рублей на каждого потребителя. [2]

В настоящее время Россия обладает передовыми технологиями по преобразованию солнечной энергии в электрическую. Есть ряд предприятий и организаций, которые разработали и совершенствуют технологии фотоэлектрических преобразователей: как на кремниевых, так и на многопереходных структурах. Есть ряд разработок использования концентрирующих систем для солнечных электростанций.

По разным оценкам, на данный момент в России суммарный объем введенных мощностей солнечной генерации составляет не более 5 МВт, большая часть из которых приходится на домохозяйства. Самым крупным промышленным объектом в российской солнечной энергетике является введенная в 2010 году солнечная электростанция в Белгородской области мощностью 100 кВт (для сравнения, самая крупнейшая солнечная электростанция в мире располагается в Канаде мощностью 80000 кВт).

Ключевым фактором в нашей работе является проблема автономного электроснабжения села Копыловка Томской области.

1. ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ОБЪЕКТА

1.1. Объект исследования

Объектом исследования выбрано село Копыловка в Колпашевском районе Томской области. Административный центр Копыловского сельского поселения.

Копыловка возникла как таёжный посёлок; её история связано с семьёй Копыловых, которые поселились в этих местах в 1902 году. Село находится в северной части Колпашевского района, на берегу реки Кеть. В нескольких километрах юго-западнее протекает Обь. [2]

Село возникло в самом начале XX века. В 1912 г. здесь началась промышленная рубка леса. В 1926 году была создана пилорама, 5 лет спустя переведённая в Тогур, где на её основе создали Кетский лесозавод. В начале 1933 году открыты шпалозавод, медпункт, школа, колхоз «Вторая пятилетка». В 1939 г. открылся сельский клуб. Во время Великой Отечественной войны на фронт ушли 77 местных жителей — в 1968 году был открыт памятник местным ветеранам. [2]

В посёлке работают общеобразовательная школа, фельдшерско-акушерский пункт, культурно-досуговый центр[7] и библиотека[8].

Основу местной экономической жизни составляют сельское и лесное хозяйство и розничная торговля.

[2]

Суточный график нагрузки представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Суточный график нагрузки

Потребление электрической энергии для определённого сезона приведено на рисунке 2.

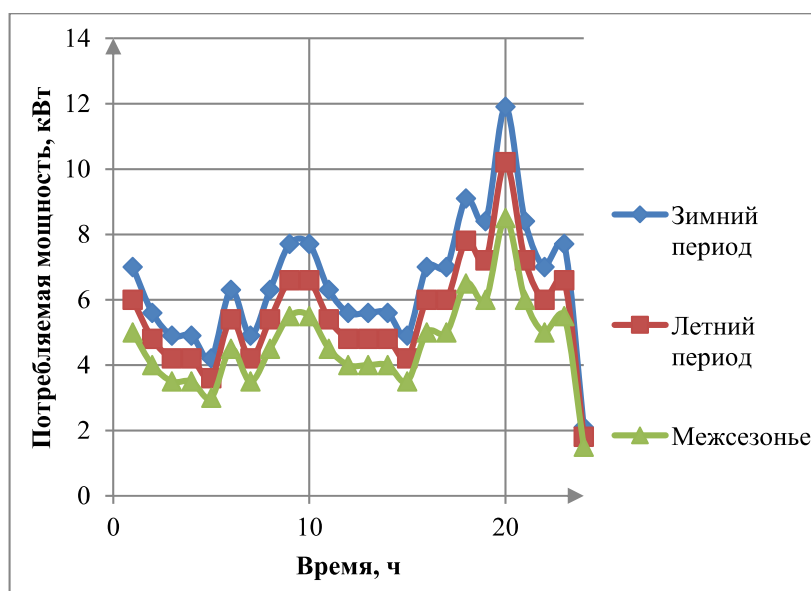


Рисунок 2 – Суточные графики нагрузки для определенного сезона

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цели и задачи ВИЭ: Развитие альтернативной, экологичной энергии и создания конкуренции энергоснабжения в обществе. Основной задачей является использование возобновляемых энергоресурсов, которое сохраняют экологичность, возобновимость ресурсов, в перспективе снижение стоимости относительно традиционных методов получения электроэнергии.

Базовые критерии для поставленной задачи являются:

- Ресурсная значимость (технический потенциал ВИЭ в регионе)
- Экономическая значимость (средняя цена производства электроэнергии)
- Социальная значимость (содействие развития местной промышленности)
- Экологическая значимость (снижение выбросов вредных веществ в атмосферу)
- Энергетическая значимость (снижение дефицита электроэнергии)

Ресурсная значимость.

При создании ВИЭ производится дополнительная электрическая энергия на основе использования энергии окружающих природных процессов. Поэтому необходимо учитывать значимость использования возобновляемого ресурса для региона. На основе анализа ресурсов в регионе можно сделать прогноз массовости использования альтернативных источников энергии в данном регионе.

Экономическая значимость.

Объекты ВИЭ могут иметь различные экономические характеристики, которые и будут определять значимость данной установки. Критерием экономической эффективности служит величина отношения суммарного дисконтированного дохода за расчетный период к суммарному дисконтированному расходу за тот же период времени. Если доходы за данный период будут превышать расходы, то объект возобновляемых источников энергетики будет считаться предпочтительным, чем альтернативный.

$$\bar{I}_t = I_t - I_{ам-t}$$

I_t – текущие издержки в год;

$I_{ам-t}$ – текущие издержки без амортизации в год.

$$B_t = \frac{1}{(1+r)} \quad \text{– коэффициент разновременности затрат;}$$

$$r = \frac{n_r - b}{1+b} \quad \text{– норма дисконтирования;}$$

n_r – годовая процентная ставка по депозитам;

b – ставка дисконтирования.

Основные критерии экономической эффективности:

1. По затратам на создание ВИЭ и их функционирование – сумма полных затрат в оборудование ВИЭ (с учетом инфляции, дисконтирования). За расчетный период:

$$З = \sum_{t=1}^{T_c} (K_t + \bar{I}_t) \cdot B_t$$

K_t – капитальные вложения за год.

2. По усредненным удельным полным дисконтированным затратам в развитие ВИЭ, которое обеспечит выдачу полезной энергии в течении расчетного периода (руб./кВт·ч):

$$з = \frac{З}{Э}$$

$Э$ – произведенная энергия за расчетный период.

3. По суммарному чистому дисконтированному доходу (ЧДД) от развития ресурса ВИЭ за расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T_c} (P_t - K_t - \bar{I}_t) \cdot B_t$$

P_t – приток наличности

Если ЧДД > 0, то развитие ресурсов ВИЭ в данном объеме экономически целесообразно.

4. По индексу доходности (ИД):

$$\text{ИД} = \frac{\text{ЧДД}}{K_{\Sigma}}$$

K_{Σ} – суммарные инвестиции в объект.

5. По сроку окупаемости T_o , определяемому с учетом дисконтирования из уравнения:

$$\sum_{t=1}^{T_o} (P_t - K_t - \bar{Y}_t) \cdot B_t = 0$$

6. По внутренней норме доходности (ВНД), определяемой из выражения:

$$\sum_{t=1}^{T_o} (P_t - K_t - \bar{Y}_t) \cdot \frac{1}{(1 + \text{ВНД})^t} = 0$$

Данные шесть показателей могут дать полное представление о экономической значимости объектов ВИЭ. Определяющим критерием является стоимость 1кВт·ч производимой электроэнергии.

Социальная значимость

В возобновляемой энергетике, связаны разные социальные эффекты:

- Вовлечение трудовых ресурсов
- Надежность энергоснабжения потребителя
- Степень живучести потребителя

Экологическая значимость

Объекты возобновляемых энергетике оказывают разное воздействие на окружающую среду. Разная экологичность объекта определяется тем ущербом, который наносится созданием и эксплуатации объекта. Возможны 2 случая его учета.

- Экономическое определение самого ущерба и включение его в затраты, связанные с функционированием. Таким образом можно сопоставить объект и его влияние на окружающую среду.
- Определение затрат, которые требуются для поддержания окружающей среды в приемлемом состоянии (не превышая допустимых пределов вредности).

Оценка экологического ущерба

Поскольку ВИЭ автономной системы нуждаются в использовании топливной технологии (диз. топливо) имеет место отрицательного экологического ущерба, обусловленным сжиганием топлива для производства

дополнительно электроэнергии и дополнительно происходит выброс окиси серы азота и углекислого газа в атмосферу.

Расчет объемов выброса в атмосферу производится по удельным показателям выбросов:

$$Q_{ij} = q_{ij} \cdot W^j$$

i – вид выбросов;
 j – вид топлива;
 W^j – объем сжигаемого топлива вида j

Годовые издержки охраны окружающей среды можно высчитать по следующей формуле:

$$I_i^{\text{ЭК}} = P_i \cdot Q_i, \quad I^{\text{ЭК}} = \sum_{i=1}^3 I_i^{\text{ЭК}},$$

P_i – плата за выбросы

Энергетическая значимость

Существенными энергетическим эффектом является-снижение дефицита электроэнергии.

Анализ конкурентных технических решений

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты которая приведена для данного случая в таблице.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot F_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); F_i – балл i -го показателя.

Таблица - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда пользователя	0,05	2	1	1	0,1	0,05	0,05
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Надежность	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Безопасность	0,1	4	2	2	0,4	0,2	0,2
Простота эксплуатации	0,1	4	1	1	0,1	0,1	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	1	1	0,5	0,1	0,1
Уровень проникновения на рынок	0,2	5	2	2	1	0,4	0,4
Финансирование научной разработки	0,1	4	1	1	0,4	0,1	0,1
Наличие сертификации разработки	0,2	5	1	1	1	0,2	0,2
Итого	1	37	16	16	4,1	1,7	1,7

Итог данного анализа:

Уязвимость позиции конкурентов обусловлена тем, что ВИЭ не везде востребованы, т.к. не везде они целесообразны в использовании.

Конкурентное преимущество разработки обусловлено тем, что разработка является ресурсовозобновляемой и никак не влияет на окружающую среду. На данный момент происходит совершенствование этой разработки, а именно повышение КПД.

Исходя из сказанного выше данная разработка, действительно, способна заинтересовать партнеров и инвесторов. Данная разработка является высоко конкурентной.

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расхи}},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расхи}}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

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

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 как:

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

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{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 разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчёт интегрального финансового показателя приведен в таблиц

Таблица ...- Интегральный финансовый показатель

	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнение 1	0,49
Исполнение 2	1
Исполнение 3	0,26

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

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

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.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице

Таблица - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Повышение производительности труда пользователя	0,05	3	3	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	5
Надежность	0,05	4	5	5
Безопасность	0,1	3	3	5
Простота эксплуатации	0,1	5	3	5
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5
Уровень проникновения на рынок	0,2	5	3	4
Финансирование научной разработки	0,1	5	4	3

Наличие сертификации разработки	0,2	5	3	5
ИТОГО	1			

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы

	I_{pi}
Исполнение 1	4,55
Исполнение 2	3,5
Исполнение 3	4,6

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}}, \quad I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}^{исп.3}}$$

(7.3)

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.(2,3)}}; \mathcal{E}_{cp2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.(1,3)}}; \mathcal{E}_{cp3} = \frac{I_{исп.3}}{I_{исп.(1,2)}}$$

В таблице приведена сравнительная эффективность разработки

Таблица - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,49	1	0,26
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	3,5	4,6
3	Интегральный	9,28	3,5	17,7

	показатель эффективности						
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	По отношению к исп.2	По отношению к исп.3	По отношению к исп.1	По отношению к исп.3	По отношению к исп.1	По отношению к исп.2
		2,65	0,52	0,37	0,19	1,95	5,05

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Технико-экономическое обоснование целесообразности построения солнце-дизельной электростанции

Все затраты, необходимые для реализации данного проекта, приведены в таблице.

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

- Проектные работы:

$$K_{np} = 50 \cdot \text{МРОТ} = 50 \cdot 9,7 = 485 \text{ тыс. руб.},$$

где МРОТ – это минимальный размер оплаты труда, в Томске с 01.01.2017г.
МРОТ = 9700 руб.

- Строительные работы:

$$K_{стр} = k_p \cdot K_{уст} = 0,04 \cdot 73060,8 = 2922,4 \text{ тыс. руб.},$$

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

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

- Эксплуатационные расходы (затраты на обслуживание):

$$C_{экс} = 36 \cdot \text{МРОТ} = 36 \cdot 9,7 = 349,2 \text{ тыс. руб.}$$

- Ремонтные расходы:

$$C_{рем} = k_{рем} \cdot p_n (K_{уст} + K_{стр}) = 0,2 \cdot 1/25 \cdot (73060,8 + 2922,4) = 607,9 \text{ тыс.руб.}$$

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.

Необходимо еще учесть расход на топливо $C_{\text{топ}}$ и на доставку этого топлива $C_{\text{д.топ}}$.

Стоимость ДТ в Томской области с доставкой в районы в среднем составляет $C=32$ тыс руб/т.

- Затраты на топливо и его доставку:

$$\mathcal{E} = L * C = 1475,3 \cdot 31 \approx 45734,3 \text{ руб.}$$

К основным критериям экономической эффективности гибридных электростанций можно отнести приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности электростанции и стоимость 1 Квтч электроэнергии.

Таблица – Смета расходов

Наименование	Количество, шт	Цена за шт., тыс.руб.	Общая стоимость, тыс.руб.
Солнечная батарея Percium JAM6(L)60- 280/PR JASolar 280 Вт / 24В	3055,349706	13,908	42493,80371
Контроллер КЭС DOMINATOR MPPT 200/100	76	40,9	3108,4
Инвертор MAP DOMINATOR 48В	8	222,7	1781,6
Аккумулятор LT-LYP770	462,9317737	53,9	24952,0226
ДЭУ АД-120 (ЯМЗ)	1	725	725
Затраты на геологические работы			100
Затраты на подготовку площадок для ВЭУ			500
Затраты на возведение ограждений ВЭУ			100

Расходы на доставку	600
Непредвиденные расходы (10% от всего)	7306
Суммарные затраты на все установки	81666,83
Проектные работы	485
Строительные работы	2922,4
Затраты на обслуживание	349,2
Ремонтные расходы	607,9
Затраты на покупку и транспортировку топлива	45734,3
Итого, тыс. руб	131765,63

Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии:

$$C_{эл} = \frac{P_n \cdot K + C}{W} = \frac{\frac{1}{25} \cdot 131765630 + 349200}{389746} = 14,4 \text{ руб/кВт*ч}$$

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 (ВДЭС), кВт·ч.