

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

Институт ЭНИН
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроснабжения промышленных предприятий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Оценка эффективности использования солнечных панелей в условиях Сибири	
УДК 621.472 001.5	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Ч	Булгаков Александр Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сумарокова Людмила Петровна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2016г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа—133с., 32 рис., 19 табл., 40 источников, 1 прил.

Ключевые слова: Фотоэлектрические панели, децентрализованное электроснабжение, производство электроэнергии, текущая стоимость.

Объектом исследования является существующая система электроснабжения поселка Степановка в Верхнекетском районе Томской области.

Данная работа посвящена исследованиям в области оптимального проектирования системы солнечной энергии. Целью работы является оценка эффективности использования солнечных панелей для коммунально-бытовых потребителей.

В данной работе представлена модель для экономической оценки производства электрической энергии от фотоэлектрических систем. Модель экономической оценки учитывает все эксплуатационные доходы, а также все расходы по реализации, эксплуатации и техническому обслуживанию фотоэлектрических систем. Модель использует финансовые критерии и применяется для экономической оценки фотоэлектрических станций, расположенных в децентрализованной зоне поселка Степановка.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью программ MS Excel, MS Visio, в текстовом редакторе MS Word.

Содержание

Введение.....	6
1 Обзор рынка солнечной энергетики в России	8
1.1 Техническая информация о солнечных панелях.....	8
1.2 Текущее состояние солнечных систем в России:.....	10
1.3 Перспективы и проблемы развития системы солнечной энергии.....	12
1.4 Проблемы потребителей без центрального энергоснабжения.....	16
1.5 Государственная или региональная поддержка.....	19
2 Техничко-экономическая оценка метода	23
2.1 Основная информация.....	23
2.2 Описание метода.....	25
3 Осуществление предлагаемой методологии для данного места.....	31
3.1 Объект исследования	32
3.2 Основные компоненты системы энергоснабжения.....	36
3.2.1 Дизель генератор	38
3.2.2 Солнечные панели	44
3.2.3 Построение однолинейной схемы электроснабжения выбор защитной аппаратуры и сечения проводников.....	48
4 Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
4.1 Инвестиционные затраты.....	52
4.2 Расходы на эксплуатационное и техническое обслуживание.....	53
4.3 Субсидии.....	55
4.4 Темпы роста.....	56
4.5 Инвестиционные критерии	60
4.5.1 Доходы	60
4.5.2 ЧДД	60
4.5.3 Минимальная цена электроэнергии.....	61
5 Анализ сценариев.....	63

5.1 Первый сценарий	63
5.2 Второй сценарий	64
5.3 Третий сценарий.....	66
5.4 Четвертый сценарий	68
6 Анализ чувствительности	70
6.1 Зависимость ЧДД от ставки дисконтирования	70
6.2 Зависимость ЧДД от цен на электроэнергию	71
6.3 Зависимость ЧДД от цен на топливо	72
6.4 Зависимость средневзвешенной стоимости капитала от учетной ставки дисконтирования и процента собственных денег.....	73
Заключение	75
Список литературы	77
Приложение А	82
Приложение Б.....	102

Аббревиатуры

КПД – Коэффициент полезного действия

ЧДД – Чистый дисконтированный доход

ГЭС – Гидроэлектростанция

АЭС – Атомная электростанция

СФЭУ – солнечные фотоэлектрические установки

ВИЭ – Возобновляемые источники энергии

ЛЭП – Линия электропередачи

АКБ – Аккумуляторные батареи

ФМ – Фотомодули

Введение

Солнечная энергия широко доступна и экологически чистых. Сегодня солнечные технологии используют для получения тепла, электричества, света и т. д. для коммунально-бытовых потребителей и предприятий. Будущее, таких ресурсов как: природного газа, угля и нефти (истощаются), и в сочетании с вредностью использования этих источников энергии по отношению к окружающей среде, стало необходимостью инвестировать в возобновляемые источники энергии, которые в будущем приведут к получению энергии без деградации окружающей среды. Энергетический потенциал солнца огромен, но получение солнечной энергии в настоящее время является проблемой из-за ограниченной эффективности солнечных панелей. Эффективность большинства солнечных панелей составляет около 10-15%. На данный момент лучший-достигнутый коэффициент преобразования солнечного света составляет около 21,5 % [1] и что есть еще огромный потенциал для совершенствования.

Кроме того, системы солнечной энергии играют решающую роль в регионах, где отсутствует центральное энергоснабжение (Децентрализованного энергоснабжения). Децентрализованное энергоснабжение является одной из наиболее важных проблем современной энергетики. Более 65% [2] на территории России относятся к категории децентрализованного энергоснабжения – это поставка потребителю электрической энергии от источника неподключенный к системе питания. Электрификация таких регионов помогло бы по крайней мере двумя способами: формирование качества жизни населения, а также создание приемлемых условий для бизнеса, так как вопрос обеспечения доступности и качества очень важно. Одним из решений этой проблемы является предложение системы солнечной энергии. [2]

Данная работа посвящена исследованиям в области оптимального проектирования системы солнечной энергии. Целью работы является оценка эффективности использования солнечных панелей для коммунально-бытовых потребителей.

Для достижения этой цели требовалось решить следующие задачи:

- Проблема децентрализованных источников электроэнергии и возможные пути ее решения;
- Государственной или региональной поддержки сектора возобновляемой энергетики;
- Разработать методы оценки эффективности использования солнечных панелей и выбор оборудования для системы солнечной энергии;
- Внедрение предложено метода для выбранного местоположения.

1 Обзор рынка солнечной энергетики в России

1.1 Техническая информация о солнечных панелях

Фотоэлектрическая система состоит из одного или нескольких фотоэлектрических модулей. Один солнечный-модуль состоит из около 36-72 фотоэлектрических солнечных батарей.

Фотоэлемент представляет собой полупроводниковый электрический прибор (р-N-перехода), которая преобразует энергию света непосредственно в электричество постоянного тока (DC), используя фотоэлектрический эффект. Процесс преобразования требует в первую очередь материал, который поглощает солнечной энергии (Фотон), а потом поднимает электрона в более высокое энергетическое состояние, а затем поток высокоэнергичных электронов на внешнем контуре. [1]

P-N переход: образован путем присоединения электронов р-типа (высокая концентрация отверстий или недостаток электронов) и N-типа (высокая концентрация электронов) полупроводникового материала. Из-за этого присоединения, избыточные электроны от n-типа пытаются диффузировать с отверстиями р-типа, тогда как избыточное отверстие от р-типа пытается диффузировать с электронами n-типа. Движение электронов в р сторону выставляет положительный ион ядер в N, а движение дырок в N сторону выставляет отрицательный ион ядер в р стороне, в результате чего в поле электронов на стыке образуя область обеднения. [3]

Существуют три основных типа конструкции солнечных панелей:

Солнечные панели на основе монокристаллического кремния:

Они сделаны с использованием ячеек, нарезанных из одного цилиндрического кристалла кремния. Это наиболее эффективная фотоэлектрическая технология, как правило, преобразования около 15% солнечной энергии в электричество. Производственный процесс, требуемый

произвести монокристаллический кремний, является сложным, приводя к немного более высоким стоимостям, чем другие технологии. [3]

Солнечные панели на основе поликристаллического кремния:

Поликристаллические кремниевые элементы изготавливаются из клетки вырезанных из слитка, расплавленного и рекристаллизованного кремния. Слитки затем нарезают на очень тонкие пластины и собирают в целые клетки. Они как правило дешевле в производстве, чем монокристаллические ячейки, из за более простого производственного процесса, но они немного менее эффективным, со средним КПД около 12%. [3]

Солнечные панели на основе аморфного кремния:

Аморфные кремниевые элементы изготавливаются путем осаждения кремния в тонкий однородный слой на подложку, чтобы создать жесткую кристаллическую структуру. Поскольку аморфный кремний поглощает свет более эффективно, чем кристаллический кремний, клетки могут быть тоньше - отсюда и его альтернативное название 'тонкая пленка'. Аморфный кремний может наноситься на широкий спектр материалов, жестких и гибких, что делает его идеально подходит для изогнутых поверхностей. Эта технология, однако, менее эффективны, чем из кристаллического кремния с КПД около 6%, но они как правило легче и дешевле в производстве. [3]

Другие тонкопленочные солнечные панели:

Ряд других материалов, таких как теллурид кадмия (cdte) и диселенид меди Индия сейчас используется для фотоэлектрических модулей. Привлекательность этих технологий заключается в том, что они могут быть изготовлены сравнительно недорого, конечно, в сравнении с солнечными панелями на основе кристаллического кремния, но они, как правило, предлагают более высокий КПД модуля, чем аморфный кремний.

Большинство из них предлагают чуть меньшую эффективность: диселенид меди Индия обычно 10-13% эффективнее и CdTe около 8 или 9%. Недостатком является использование высокотоксичных металлов, таких как кадмий и необходимо тщательно контролируемое производство и конечная утилизация. [3]

1.2 Текущее состояние солнечных систем в России:

Основным источником энергии в России-это ТЭЦ, которые производят 68% от общей установленной электроэнергии в общем энергобалансе, где газ используется примерно на две трети, а остальное-на уголь, ГЭС производят 21% и АЭС производят 11% энергии. Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная или ветряная менее 1% от общего объема производства электроэнергии. Диаграмма представлена на рисунке 1.1

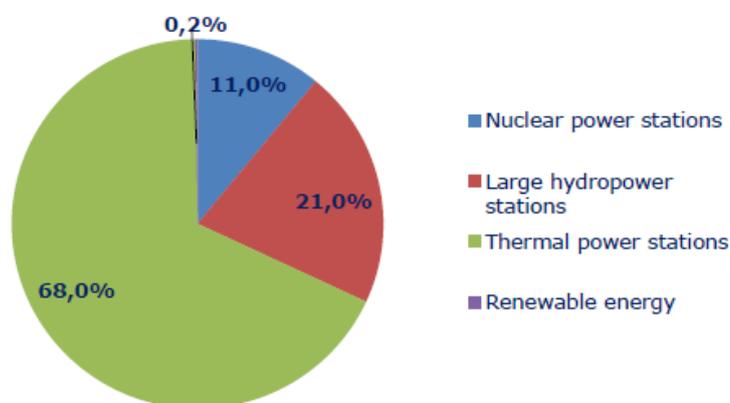


Рисунок 1.1 – Структура установленной генерирующей мощности. [4]

Эта структура различна для России зон, таких как Дальний Восток, Сибирь и европейская часть. В каждой из этих областей используются различные энергетические ресурсы. Как показано на рисунке 1.2, в Европейской части России преобладает газ, а в остальной России уголь является основным топливом для производства электроэнергии.

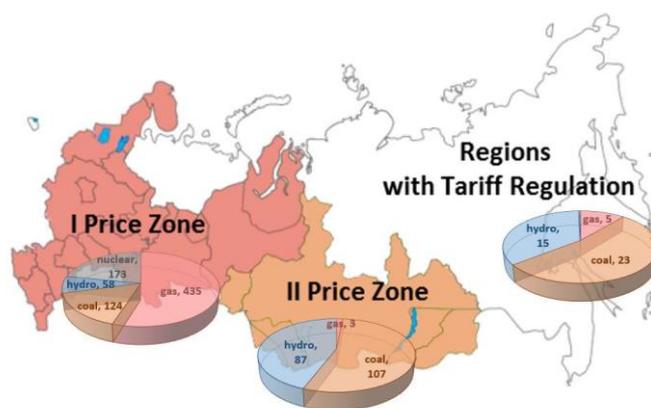


Рисунок 1.2 –Выработка электроэнергии в России по зонам [4]

В результате, территория России разделена на две ценовые зоны. В первой зоне, цена на электроэнергию зависит от изменения цен на газ, а во второй зоне, стоимость угля определяет цены на электроэнергию. Равновесие реализуется на рынке электроэнергии в пределах этих двух зон. В остальной России тарифы на электроэнергию регулируются.

Весь рынок электроэнергии состоит из мощности на оптовом рынке (95% производства электроэнергии в стране) и розничных рынках. Участие в оптовом рынке является обязательным для электростанций с установленной мощностью более 25 МВт. Электростанции мощностью от 5 до 25 МВт могут участвовать в оптовом или розничном рынке. Промышленные потребители электричества и сервисные поставщики являются другими участниками внутреннего рынка. Розничные рынки необходимы, чтобы доставить электричество, проданное внутренним рынком конечным пользователям. Участники розничных рынков являются потребители, поставщики коммунальных услуг, поставщиками электроэнергии, маленькие генерирующие компании и дистрибьюторские компании. [4]

На территории России в ряде географических зон и климатических регионах, предлагает большое количество возобновляемых источников энергии. Солнечная энергетика в России не особо востребован, несмотря на его огромный потенциал. В настоящее время доля солнечной энергетика в общей энергосистеме России составляет всего 0,001%. [5] Министерство

энергетики России договорились к 2020 году довести его до 0,9%. По предварительным прогнозам основные регионы, которые будут принимать альтернативные источники энергии должны быть южные регионы России, а также в населённые пункты не подключены к централизованной электросети. В таблице 1.1 приводится перечень проектируемых к ежегодной установке, возобновляемые источники энергии.

Таблица – 1.1 Ежегодные цели установки возобновляемых источников электроэнергии.

Тип объекта	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всего
Ветряные , МВт	200	600	700	1000	1500	2000	6150
Солнечные, МВт	170	220	250	290	460	510	2000
Биомасса, МВт	50	50	80	100	120	160	580
Биогаз, МВт	15	25	40	60	80	100	330
Всего, МВт	675	1178	1333	1744	2558	3198	11031

1.3 Перспективы и проблемы развития системы солнечной энергии

Солнечная энергия является одним из перспективных направлений возобновляемой энергетики. Чтобы преобразовать энергию солнца в полезную энергию топливо является бесплатным и никогда не будет зависеть от взлетов и падений энергетических рынков. Существует три основных направления использования солнечной энергии: прямое преобразование солнечной энергии в электроэнергию преобразование солнечной энергии в тепло и его преобразование солнечной энергии в электрическую по термодинамическому циклу (солнечные термодинамические станции). [6]

Солнечная энергетика будет развиваться, как во всем мире, так и в России, в основном из-за следующих качеств:

- Солнечная энергия является чистым источником энергии.

- Сырьевая база солнечной энергетики (кремний) практически неисчерпаемы, содержание кремния в земной коре превышает запасы урана в 100 тысяч раз.
- Фотоэлементы имеют особенно высокие эксплуатационные качества: долговечность (20-30 лет)
- Солнечная энергетика не зависит от постоянного роста цен на электроэнергию.

В России есть огромное количество территорий, пригодных для солнечных электростанций, в основном расположенных на юге и юго-востоке страны. Перспективные направления использования потенциала солнечной и других возобновляемых источников энергии показана на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – потенциал возобновляемых источников энергии в России. [7]

Солнечные панели могут быть использованы в следующих областях:

- в промышленности (авиастроение, автомобилестроение и т. д.),
- в сельском хозяйстве,
- в семьях,
- в солнечных электростанциях,
- в автономных системах освещения,
- в космической отрасли.

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. [6]

Развитие солнечной энергетики в России связано с несколькими факторами:

1) Климатические условия: данный фактор влияет не только на год достижения сетевого паритета, но и на выбор той технологии солнечной установки, которая наилучшим образом подходит для конкретного региона; [8]

2) Государственная поддержка: наличие законодательно установленных экономических стимулов солнечной энергетики оказывает решающее значение на ее развитие. Среди видов государственной поддержки, успешно применяющихся в ряде стран Европы и США, можно выделить: льготный тариф для солнечных электростанций, субсидии на строительство солнечных электростанций, различные варианты налоговых льгот, компенсация части расходов по обслуживанию кредитов на приобретение солнечных установок. [8]

3) Стоимость СФЭУ (солнечные фотоэлектрические установки): сегодня солнечные электростанции являются одной из наиболее дорогих используемых технологий производства электроэнергии. Однако по мере снижения стоимости 1 кВт*ч выработанной электроэнергии солнечная энергетика становится конкурентоспособной. От снижения стоимости 1Вт установленной мощности СФЭУ (~3000\$ в 2010 году) зависит спрос на СФЭУ. Снижение стоимости достигается за счет повышения КПД, снижения технологических затрат и снижения рентабельности производства (влияние

конкуренции). Потенциал снижения стоимости 1 кВт мощности зависит от технологии и лежит в диапазоне от 5% до 15% в год. [8]

4) Экологические нормы: на рынок солнечной энергетики положительно может повлиять ужесточение экологических норм (ограничений и штрафов) вследствие возможного пересмотра Киотского протокола. Совершенствование механизмов продажи квот на выбросы может дать новый экономический стимул для рынка СФЭУ. [8]

5) Баланс спроса и предложения электроэнергии: реализация существующих амбициозных планов по строительству и реконструкции генерирующих и электросетевых мощностей компаний, выделившихся из РАО «ЕЭС России» в ходе реформы отрасли, существенно увеличит предложение электроэнергии и может усилить давление на цену на оптовом рынке. Однако выбытие старых мощностей и одновременное повышение спроса повлечет за собой увеличение цены. [8]

6) Наличие проблем с технологическим присоединением: задержки с выполнением заявок на технологическое присоединение к централизованной системе электроснабжения являются стимулом к переходу к альтернативным источникам энергии, в том числе к СФЭУ. Такие задержки определяются как объективной нехваткой мощностей, так и неэффективностью организации технологического присоединения сетевыми компаниями или недостатком финансирования технологического присоединения из тарифа. [8]

7) Инициативы местных властей: региональные и муниципальные органы управления могут реализовывать собственные программы по развитию солнечной энергетики или, более широко, возобновляемых/нетрадиционных источников энергии. Сегодня такие программы уже реализуются в Красноярском и Краснодарском краях, Республике Бурятия и др. [8]

8) Развитие собственного производства: российское производство СФЭУ может оказать положительное влияние на развитие российского потребления солнечной энергетики. Во-первых, благодаря собственному производству усиливается общая осведомленность населения о наличии солнечных технологий и их популярность. Во-вторых, снижается стоимость СФЭУ для конечных потребителей за счет снижения промежуточных звеньев дистрибьюторской цепи и за счет снижения транспортной составляющей. [8]

1.4 Проблемы потребителей без центрального энергоснабжения

Из-за постоянного роста населения планеты, проблема электрификации всегда будет существовать. Сегодня более 1,6 миллиарда людей не имеют доступа к электричеству и больше, чем 2 миллиарда человек используют дрова в качестве топлива. Доступ к электроэнергии является основой для минимального 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. Отсутствие экономических возможностей приводит к масштабной миграции. [9]

В зоне децентрализованного энергоснабжения России в настоящее время проживает около 10 миллионов человек. Децентрализованные районы находятся на Дальнем Востоке, Сибири, Алтая, Поволжья и других регионов России. В этих районах электроэнергию, используют в ЖКХ, на животноводческих фермах, в домах. Большая часть потребляемой энергии для бытовых нужд населения, для производства тепла. [2]

Более 50% территории Томской области с населением 30 млн. человек не охвачены централизованным электроснабжением. На территории Томской области таких населенных пунктов насчитывается около 80, они

характеризуются низкой плотностью населения и слабой промышленной эффективностью этих территорий.

Поставки электроэнергии в децентрализованной зоне осуществляется от локальных дизельных электростанций, общая численность которых составляет 123 единицы, а общая установленная мощность 35-45 МВт. [2]

Низкие технико-экономические показатели большинства дизельных электростанций, получаются в результате высоких цен на дизельное топливо и высокие транспортные тарифы при высокой стоимости производства электроэнергии на дизельных электростанциях. Топливная составляющая в тарифе на электроэнергию от дизельных электростанций более чем в 7 раз выше стоимости 1 кВт * ч электроэнергии от электростанции.

Высокая стоимость электроэнергии от дизельных электростанций влечет за собой снижения удельного расхода энергии в децентрализованной зоне. Если в районах подключенных к центральной электросети 4400 кВтч на одного человека в год в децентрализованных районах 1900 кВтч. [11]

Старение оборудования дизельных электростанций и рост цен на топливо усугубляют ситуацию, которая может привести к дальнейшему спаду производства и снижению качества электроснабжения потребителей. Массовые неплатежи из-за плохого качества электроэнергии и увеличение субсидий из областного бюджета Томской области на компенсацию расходов по организации электроснабжения от дизельной электростанции.

Все это определяет необходимость поиска путей снижения стоимости электрической энергии в отдаленных населенных пунктах Томской области, с одновременной модернизацией оборудования энергетических источников. [11]

Объекты децентрализованного энергоснабжения имеют большое разнообразие с точки зрения установленной мощности, режимов питания,

требования к качеству электроэнергии и т.д., поэтому их довольно трудно классифицировать. Наиболее распространенная децентрализованная энергосистема, необходима для обеспечения электрической энергией следующие группы потребителей: [10]

- Индивидуальные потребители небольшой мощности от одного до нескольких десятков кВт, таких как: коттедж, метеостанции, вышки сотовой связи, фермы и т. д.
- Групповые непромышленные потребители с установленной мощностью от десяти до сотен кВт, таких как: большие жилые здания и прилегающей территории, в различных областях социальной сферы, села, поселения и т. д.
- Промышленные предприятия с установленной мощностью от сотен до тысяч кВт, в основном предприятия нефтяной и газовой промышленности.

Характерной особенностью децентрализованных потребителей является резко переменная крива электрической нагрузки в течение суток и года. В качестве примера, рисунок 1.4 показывает суточный график нагрузки потребления небольших автономных расположение, на рисунке 1.5 показан годовой график нагрузки. [10]

Для обеспечения надежного энергоснабжения в таких условиях необходим простой, надежный, экономичный источник питания, который может применяться для широкого диапазона установленной мощности.

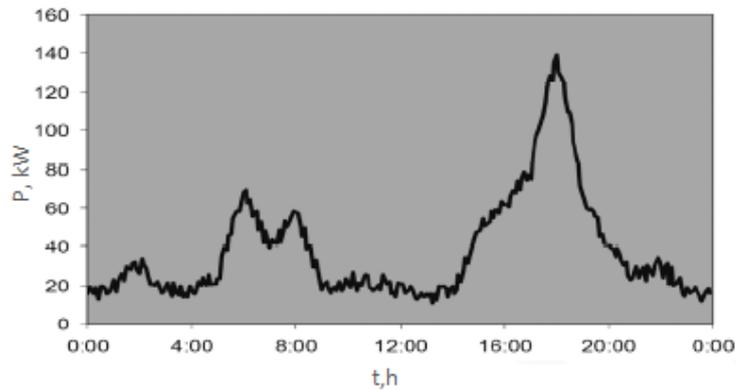


Рисунок 1.4 – суточный график нагрузки. [10]

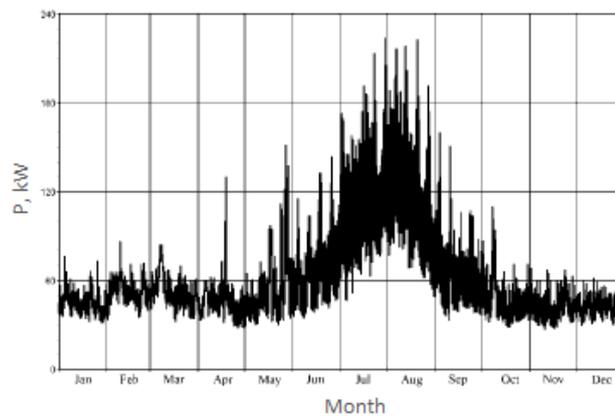


Рисунок 1.5 - годовой график нагрузки. [10]

1.5 Государственная или региональная поддержка

Энергетический сектор является одним из основных элементов российской экономики. Во все времена развития энергетики было уделено первостепенное значение. Такой подход позволил отрасли действовать с минимальными финансовыми потерями. Следует отметить, что любая экономическая отрасль не может просто стоять на месте, чтобы улучшить результаты и дальнейшая работа требует постоянного притока капитала. Поэтому инвестиции в энергетический сектор России сегодня необходимость. [12]

Так же, как и в других отраслях экономики, сектор возобновляемых источников энергии сталкивается с серьезными препятствиями на пути инвестиций, в том числе отсутствие прозрачности; конкуренция со стороны

субсидируемых традиционных источников энергии; и слабый финансовый сектор. Отсутствие конкретной национальной стратегии, адекватного законодательства и нормативно-правовой базы в дальнейшем сдерживает развитие рынков возобновляемых источников энергии. Улучшение общего инвестиционного климата, продолжая экономические, финансовые, правовые, нормативные и фискальные реформы, имеет жизненно важное значение. Важно также, чтобы сохранить и расширить реформы в энергетическом секторе и ликвидировать субсидии для традиционных источников энергии. [13]

Помимо больших экономических реформ, российские политики могли бы также принять конкретные меры по активизации развития возобновляемых источников энергии. Это не обязательно потребует существенной финансовой поддержки, потому что есть практическая низкая стоимость и часто конкурентные меры, которые стимулировали бы инвестиции в технологии использования возобновляемых источников энергии может привести к значительным экономическим возвратам. В краткосрочной перспективе, российские политики могли бы сосредоточить внимание на мерах, которые будут способствовать более широкому использованию систем ВЭ, которые уже имеют конкурентные преимущества в конкретных приложениях. Поскольку российские предприятия становятся опытными с установкой и обслуживанием в больших масштабах, новые рынки для этих технологий откроются, создавая еще более конкурентные возможности. [13]

Каждая из этих технологий использования возобновляемых источников энергии потребует конкретных мер для облегчения ее развертывания на рынке, но ряд общих действий, предлагается здесь, которые могли бы способствовать развитию рынка для ВИЭ технологий.

Типичный образец, за которым страны следовали, чтобы развивать рынок возобновляемой энергии, должен осуществить стратегию в трех главных шагах: принять стратегию использования возобновляемых

источников энергии (определить цели); принять соответствующие законы (создать структуру рынка); и определить механизмы реализации (установить рыночные правила). [13]

Россия сделала первые важные шаги в направлении признания важности возобновляемых источников энергии. Федеральная целевая программа «Энергоэффективная экономика в 2002-2005 годах и до 2020 года», принятой в ноябре 2001 года содержит раздел «Эффективное энергообеспечение регионов, в том числе северных территорий на основе нетрадиционных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива». Национальная энергетическая стратегия, которая была принята российским правительством в мае 2003 года, говорится стратегические цели развития возобновляемых источников энергии и местных видов топлива (древесины и торфа) заключаются в следующем: [13]

- уменьшить использование невозобновляемых источников энергии
- снижение негативного воздействия на окружающую среду энергетического сектора
- стабилизировать энергоснабжение в децентрализованных и изолированных регионах
- уменьшить расходы транспортировки топлива на большие расстояния

Национальные цели могут быть выражены количественно в виде возобновляемой энергии, которые устанавливают минимальный процент энергии или электроснабжения в данной стране (или регионе) от возобновляемых источников энергии. К примеру, Европейского союза по возобновляемым источникам энергии Directive 16 устанавливает цель достичь 22,1% электроэнергии, производимой из возобновляемых источников энергии и 12% возобновляемых источников энергии в валового национального потребления энергии к 2017 году. Россия не озвучивала официальные цели в области развития возобновляемых источников энергии,

но говорится, что можно ввести в эксплуатацию 1000 МВт генерирующих мощностей и 1200 МВт тепловой мощности на базе возобновляемых источников энергии к 2017 году, если будет обеспечиваться необходимая государственная поддержка. Это не является точным, однако, о том, как правительство будет поддерживать возобновляемые источники энергии, опираясь на опыт других стран, Россия могла бы также установить национальные целевые показатели использования возобновляемых источников энергии и наметить стратегию (или план действий) для достижения этих целей. С другой стороны, Россия могла бы отказаться от национальной цели и сосредоточиться на установлении реальных цен на энергоносители, а затем установить ряд стимулов и других рыночных механизмов, чтобы поощрить вклад возобновляемых источников энергии в цели. [13]

Новая стратегия энергетики России подчеркивает необходимость принятия федерального закона о возобновляемых источниках энергии. На самом деле, национальный закон возобновляемых источников энергии будет переводить национальную стратегию в структуру ролей и полномочий. Следующим шагом в реализации стратегии будет приносить в жизнь национальную стратегию на территориальном, региональном и местном уровнях. Это потребует адекватных нормативных и институциональных правил, утвержденных в соответствии с национальной политикой использования возобновляемых источников энергии. Правила и положения могут либо применять механизмы, изложенные в национальном законодательстве, или ввести конкретные региональные / местные инициативы в соответствии с национальной стратегией. [13]

Национальная политика, а также нормативные акты могут иметь различный характер в зависимости от их назначения: для создания правовой и институциональной основы для реализации энергетических проектов возобновляемых источников, чтобы помочь ВИЭ промышленности, или стимулировать или помочь потребителям систем ВИЭ. Некоторые

региональные и местные мероприятия могут быть направлены на прямую поддержку конкретных проектов использования возобновляемых источников энергии. [13]

2 Технико-экономическая оценка метода

2.1 Основная информация

Разработана технико-экономическая модель. Модель состоит из двух основных компонентов, один с технической информацией и данными энергетического баланса и с информацией относительно экономических параметров. В данной работе предлагается модель для оценки прибыльности инвестиций в фотоэлектрические станции. Методика дает возможность оценки всех типов фотоэлектрических станций, более аналитически, эта методология охватывает три основных типа фотоэлектрических систем:

- Фотоэлектрических системы, не соединённые с сетью;
- Фотоэлектрических системы, соединённые с сетью;
- Концентрированные фотоэлектрические системы.

В этом разделе представлена основная информация для каждого типа фотоэлектрической системы. Также, предложен метод для экономической оценки фотоэлектрических систем.

Существует два основных способа использования солнечной энергии для создания электричества; концентрированной солнечной энергии и фотоэлектрических панелей с подключением к электросети и без подключения. Концентрирующие солнечные энергосистемы (рисунок 2.1) используют зеркала и линзы, чтобы отразить солнечный свет на небольшой площади, где он преобразуется в тепло, которое питает паровую турбину. Этот тип солнечных электростанции приобретает все большую популярность, из-за сниженных затрат, а также данные системы очень практичны для развивающихся стран. Другой более популярный тип системы

солнечной энергии являются фотоэлектрические панели (рисунок 2.2), который был использован для крупных электростанций. Энергия, создаваемая фотоэлектрическими системами выросла в десять раз за последние десять лет, и фотоэлектрические панели теперь законный вариант для возобновляемой энергетики. Резкий рост популярности происходит из-за увеличения эффективности фотоэлектрических ячеек и снижения стоимости системы. Фотоэлектрические панели могут использоваться для создания небольшого количества энергии, для жилых домов и малых коммерческих зданий, или они могут быть большими, которые могут обеспечить питание для всего города. Фотоэлементы кристаллический кремний используют для преобразования солнечного света в постоянный ток, который преобразовывается в переменный ток питания с инвертором. Главная переменная, управляющая суммой электроэнергии, которую может выработать система солнечной энергии, является суммой солнечного света, который достигает его. Это зависит от сезона, географического местоположения и погоды. Климаты ближе к экватору и с более солнечными днями произведут больше энергии и будут более прибыльными. [19]

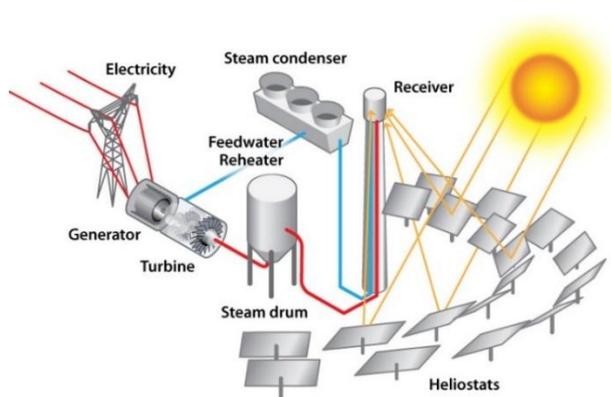


Рисунок 2.1 – Концентрированные системы солнечной энергии. [19]

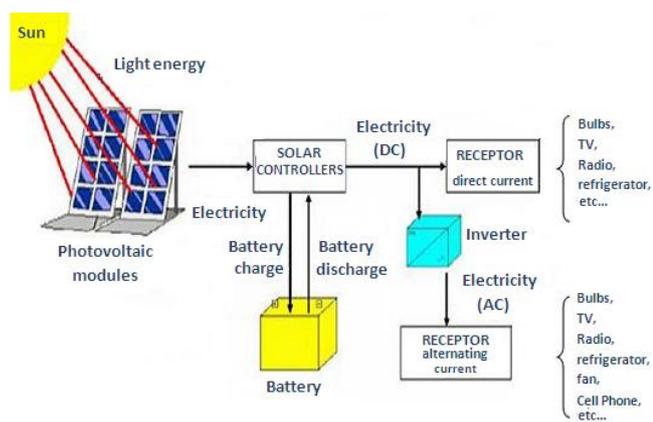


Рисунок 2.2 – Фотоэлектрические панели. [19]

2.2 Описание метода

Этот метод позволяет определить эффективность солнечных батарей. В результате моей работы, была предложена следующая схема оценки эффективности солнечных электростанций. Основные факторы оценки эффективности энергетических систем могут быть объединены в четыре основных этапа, как наиболее влиятельных в производстве этих видов систем:



Рисунок 2.3 – Метод для оценки эффективности энергетической системы.

Данные о местоположении.

Солнечная инсоляция-это мера энергии солнечного излучения, поступившей на данную площадь в единицу времени. Обычно выражается

как средняя облученность в ваттах на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$) или киловатт-часов на квадратный метр в сутки ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{сут})$) (или часов в день).

Солнечные энергосистемы зависят от солнечных лучей, поэтому солнечные батареи будут вырабатывать меньше энергии в пасмурную и дождливую погоду, и, конечно, солнечные панели не производят энергию в ночное время.

В регионах, где зимой световой день значительно уменьшается и увеличивается облачность, производительность солнечных панелей будет низкой, характеризуется низким уровнем выходной мощности солнечных панелей. Например, в Северо-Западном регионе, в период с октября до конца января среднесуточная выработка электроэнергии солнечных панелей будет пять-семь раз ниже, чем в летние месяцы (рисунок 2.4). И в этом случае низкая стоимость солнечной электростанции, которая успешно справляется с задачей энергоснабжения дома летом, зимой может быть почти бесполезной. [23]

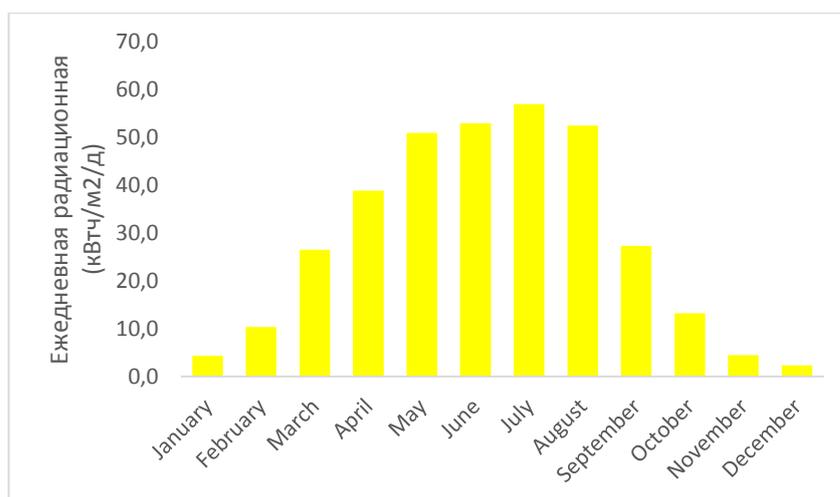


Рисунок 2.4 – Летняя и зимняя солнечная радиация. [18]

Дизайн и конфигурация.

Следует учитывать ряд факторов при выборе площадки и проектирование солнечной электростанции. Качество ресурсов-это очевидно

первоочередное внимание, однако существует ряд других важных вопросов, которые следует учитывать при выборе местоположения станции:

- Районах, подверженных наводнениям – строительство солнечных электростанций в районах, подверженных наводнениям, может привести к повреждению панелей и сопутствующей инфраструктуры. В общем, следует избегать строительства в районах, подверженных наводнениям. [20]
- Экстремальные погодные условия – снег негативно влияет на способность к сбору солнечной энергии. В большинстве мест, где солнечных батарей была установлена по всему миру, угол наклона солнечных панелей была достаточной, чтобы снег соскальзывал и не накапливался на поверхности. Тем не менее, в ряде регионов выпадает большое количество снега, до двух метров и более означает, что в некоторых местах панели, возможно, потребуется поместить на высокую подставку, чтобы функционировать во время обычной снежных сезонов. [20]
- С положительной стороны, исследования показывают, что солнечные батареи более эффективны в холодную погоду и, следовательно, вполне возможно, что солнечных систем, установленных в холодных регионах, могут на самом деле произвести больше электроэнергии, чем аналогичные проекты в более умеренных зонах. [20]
- Загрязнение атмосферного воздуха - загрязнение атмосферного воздуха-это общая проблема, в крупных городах и промышленных районах. Высокая концентрация взвешенной пыли может не только уменьшить объем солнечной инсоляции и накапливать пыль на панели, что требует более частой очистки, чтобы избежать потери эффективности. Это может быть важным фактором для регионов с высоким загрязнением воздуха. [20]

- Сейсмичность, сели, оползни - строительство солнечных электростанций в районах с высокой сейсмичностью или в районах, подверженных воздействию селей и оползней может привести к повреждению солнечных панелей и сопутствующей инфраструктуры. В общем, следует избегать работ в зонах высокого риска этих опасностей. [20]
- Близость к передающей сети и нагрузки – в общем, объекты должны быть расположены вблизи существующих подстанций передающей сети. Солнечные установки становятся все менее экономичными по мере увеличения расстояния от подстанции из-за расходов, связанных с увеличением распределения или ЛЭП для солнечной электростанции. [20]

Расчетные данные.

Под технической оценки понимается все, что касается производительности системы, все технические показатели, эффективности и риски, связанные с работой системы.

Под экономической оценкой системы понимают эффективное соотношение экономического эффекта (результата) и затрат под влиянием этого результата. Чем меньше затраты и чем выше значение результатов производства, тем выше экономическая эффективность.

В этой категории входные параметры, касающиеся экономических данных для оценки солнечной электростанции. Данные о стоимости оборудования (например, стоимость фотоэлектрических модулей, стоимость инвертора(ов), электрооборудование и т. д.) определены в этом классе. Расходы на транспортировку и монтаж фотоэлектрической станции определяются также в этой категории.

Финансовые показатели также включают ставку дисконтирования (при которой солнечная электростанция будет рассчитываться), коэффициент

задолженности, уровень налогообложения и государственных или иных субсидий. Кроме того, цена, что произведенная энергия будет продаваться, темп роста энергетики, национальной инфляции и ожидаемого срока эксплуатации фотоэлектрической установки (в течение которых рассчитывается объем годовых денежных потоков).

Существует много факторов, которые могут рассматриваться как показатели экономической эффективности. Порой минимальные вложения и затраты на производство имеет самое большое значение для строительства электростанции, а с другой стороны - максимум доходов, полученных от продажи электроэнергии, малым сроком окупаемости и высокой рентабельностью и так далее.

Тем не менее, наиболее часто используемые экономические показатели для оценки проекта это средняя цена энергии или цен на электроэнергию.

Сравнение с другими вариантами электроснабжения.

Сравнив все параметры: возобновляемые источники энергии к традиционным источникам энергии имеет решающее значение для лиц, принимающих решения, экспертов в области политики, инвесторы, и регуляторы, чтобы определить наиболее эффективный и экономически эффективный способ электроснабжения.

Проблема заключается в том, что сравнение этих затрат "яблоки с яблоками" может быть трудным и запутанным. Это означает, что предприятия, политики и другие группы могут выбирать вариант электроэнергии на основе неточной или неполной информации. [21]

Процесс принятия решений.

Принятие решения - ежедневная деятельность для любого человека. Нет никакого вопроса об этом. Когда дело доходит до деловых организаций принятие решения - привычка и также процесс.

Эффективные и успешные решения дают прибыль, а неудачные делают потери. Поэтому процесс принятия решений является наиболее важным.

В процессе принятия решений, мы выбираем один вариант из нескольких возможных альтернатив. В процессе принятия решений, мы можем использовать множество инструментов, методов и представлений.

Кроме того, мы можем принять наши собственные частные решения или можем предпочесть коллективное решение.

Принятие решений является мыслительным процессом выбора, логический выбор из имеющихся вариантов. Когда необходимо принять правильное решение, то должны быть взвешены все плюсы и минусы каждого варианта, и рассмотреть все альтернативы. Для эффективного принятия решений, мы должны уметь предсказывать исход каждого варианта, и на основе всех этих элементов, определите, какой вариант является лучшим для конкретной ситуации. Хотя решения могут быть сделаны с использованием либо интуиция или рассуждения, часто используется сочетание обоих подходов. Какой бы подход не используется, как правило, полезно для структурирования процесса принятия решений в целях сокращения более сложных решений, вплоть до простых шагов, чтобы увидеть, все решения, которые приняты в процессе принятия и план решений.

3 Осуществление предлагаемой методологии для данного места

Томская область-субъект Российской Федерации. Он расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины, на юго-западе Сибирского федерального округа (рисунок 3.1). Административный центр-город Томск. Население: 1 047 453 (в 2015 году). [14]



Рисунок 3.1 – Томская область. [16]

Томская область богата природными ресурсами, такими как: в частности, нефть, природного газа, черных и цветных металлов, торфа и подземных вод. Леса также являются одними из наиболее значимых активов области: около 20% из Западно-Сибирских лесных ресурсов расположенных в Томской области. Промышленность составляет около половины валового регионального продукта, в то время как сельское хозяйство составляет 19% и строительство-13%. Химическая и нефтяная промышленности наиболее развиты в регионе, а также в строительстве машин. В Томской области основные товары экспорта: нефть (62.1%), метанол (30.2%), и машины (4.8%). [15] Карта природных ресурсов и компаний, занимающихся их производством представлены на рисунке 3.2

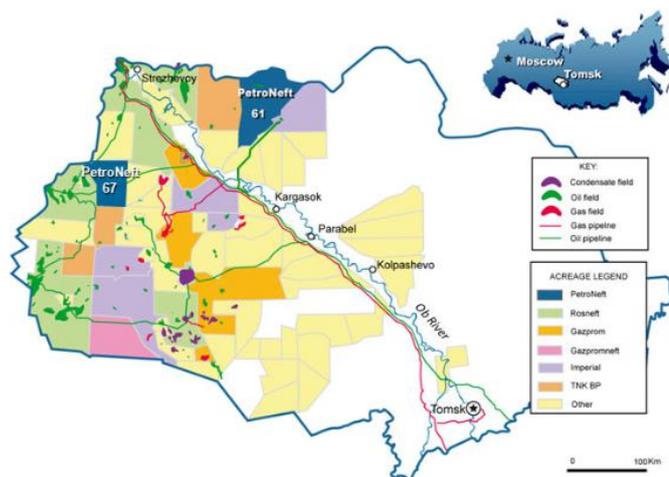


Рисунок 3.2 – Карта природных ресурсов. [17]

Томская область разделена на 16 муниципальных округов рисунок 3.3. Большинство населенных пунктов, расположены в труднодоступных районах, где отсутствует центральное энергоснабжение. В качестве объекта исследования был выбран поселок Степановка, Номер 4 на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Томская область. [15]

3.1 Объект исследования

На 2015 год население Степановки составляло 2163 человек. [14] Типичный годовой и суточный графики нагрузки поселка Степановка показана на рисунке 3.4 и рисунке 3.5. Из графиков видно колебания утром и вечером. Это значит, что нам нужен надежный и передвижной источник

энергии, который может покрывать пиковые нагрузки и обеспечить разумную стоимость электроэнергии для базовой нагрузки. Источник энергии должен быть технически и экономически эффективным, а также надёжным.

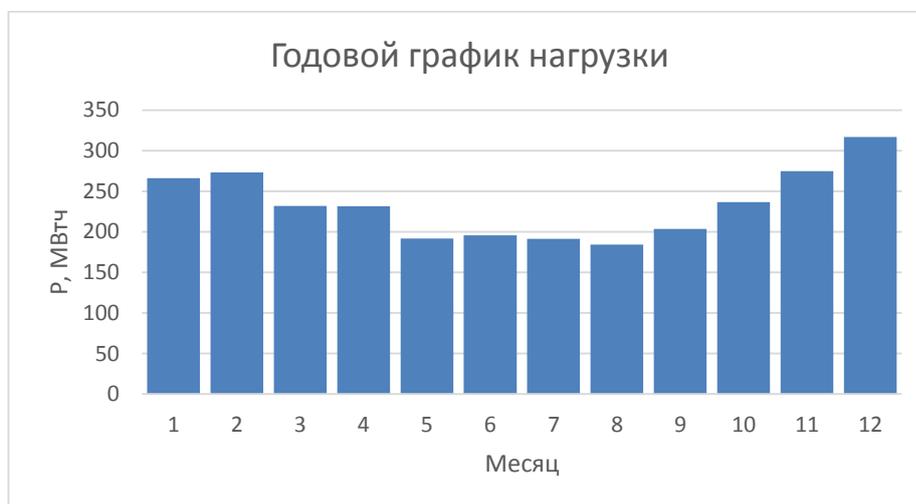


Рисунок 3.4 – Годовой график нагрузки [15]



Рисунок 3.5 – Дневной график нагрузки [15]

Для получения наиболее точных сведений о потенциальных ресурсах солнечной энергии в поселке Степановка будет использоваться программное обеспечение «Homer» Solar Resource. Эта функция использует интернет-данных NASA и отображения комплексную информацию о солнечной радиации для данной широты и долготы. (Приложение 1)

Координаты поселка Степановка, Томской области – широта 58°38',
долгота 86°45'

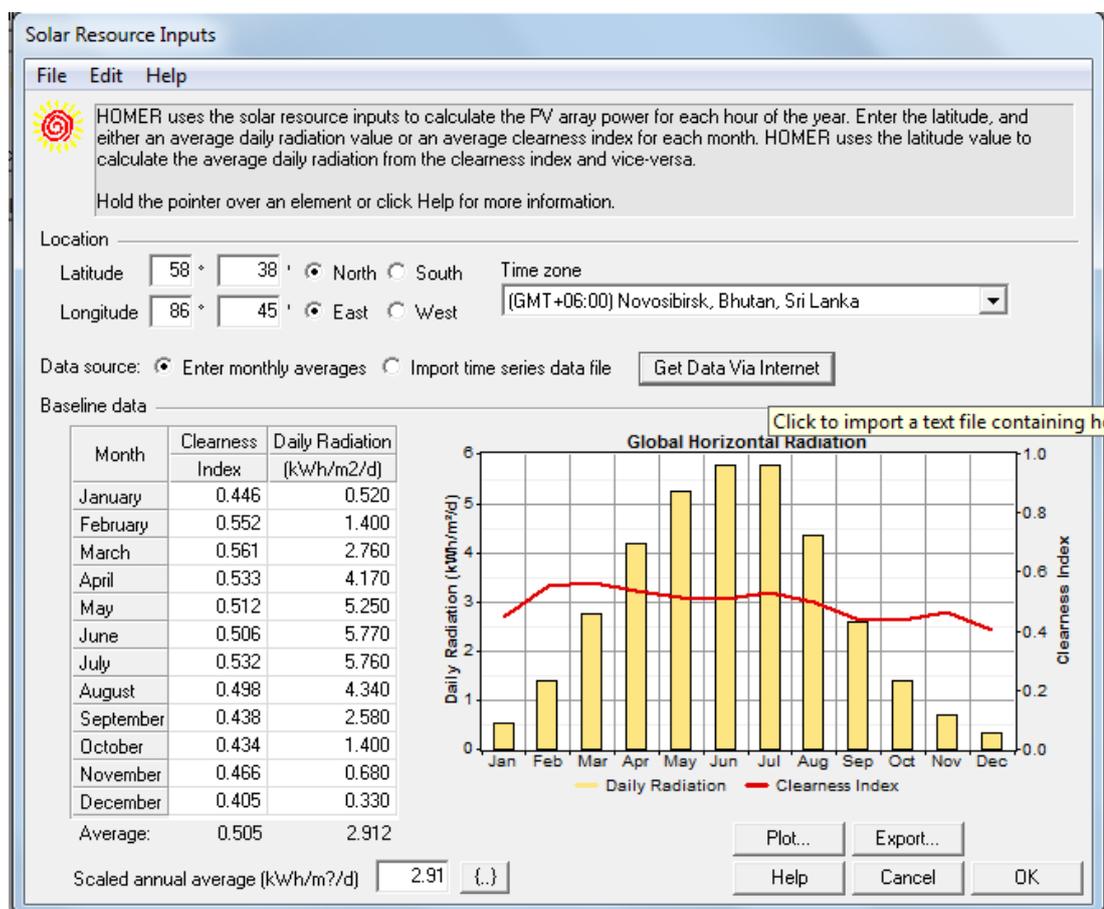


Рисунок 3.6 – Функции интерфейса Solar Resource программа Номег

В таблице слева на рисунке 3.6 представлены данные о среднесуточной солнечной радиации на горизонтальную поверхность площадью 1 м² и средняя облачность за каждый месяц и их среднее значение. Для наглядности данные представлены на диаграмме справа.

Значение почасовой и месячной солнечной радиации были получены на основе широты и на основе среднемесячные и годовые значения солнечной радиации. Для получения этих данных было использовано программное обеспечение Номег. Этот алгоритм основан на реалистичной часовых и дневных данных. Например, если один час облачно, существует относительно высокая вероятность того, что следующий час будет облачным.

Так же, в один пасмурный день, скорее всего, последует еще один пасмурный день.

Почасовой график солнечной радиации и суточные значения солнечной радиации в течение двух дней в году в разные сезоны (декабрь и июль) поселка Степановка представлены на (рисунках 3.7-3.10). Для получения информации о потенциальных ресурсах солнечной энергии мы будем использовать функциональное моделирование программы «Homer» Solar Resource.



Рисунок 3.7 – Почасовое солнечное излучение за июль. [18]



Рисунок 3.8 – Почасовое солнечное излучение за декабрь. [18]

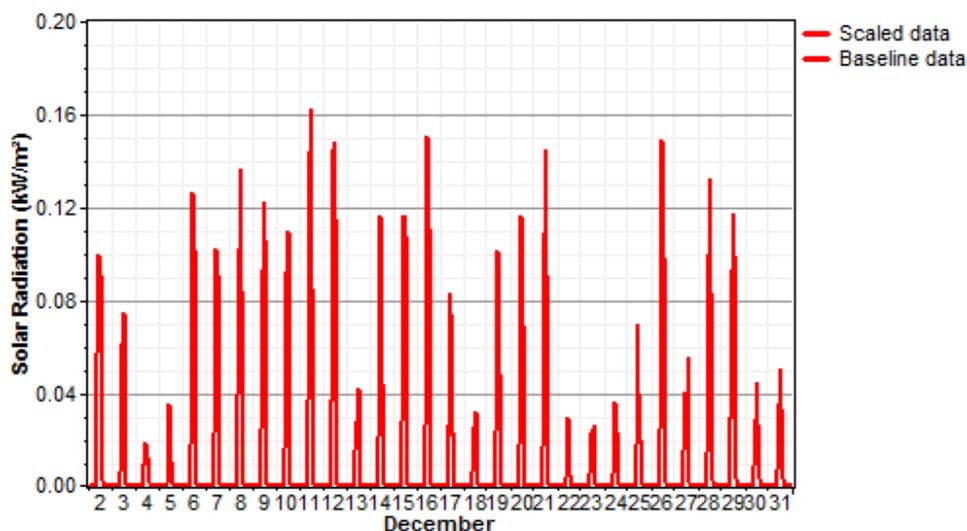


Рисунок 3.9 – Ежедневное солнечное излучение за декабрь. [18]

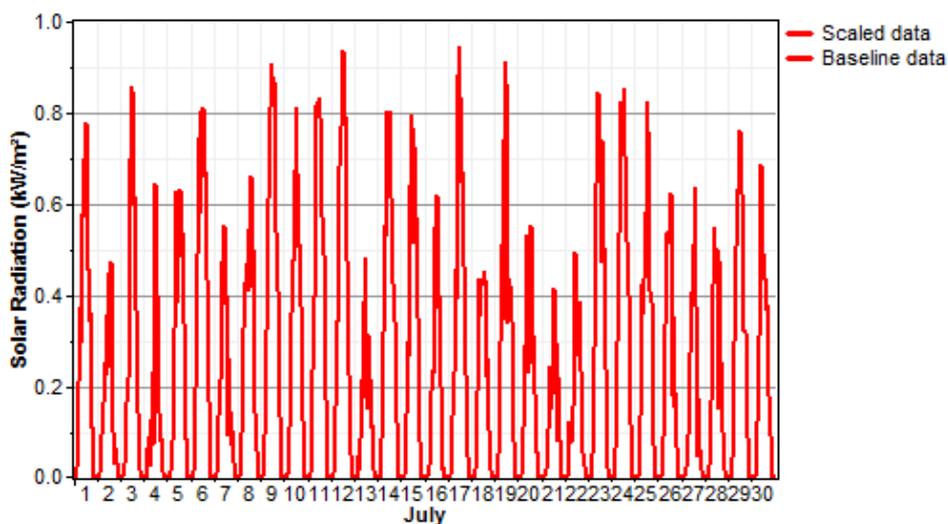


Рисунок 3.10 – Ежедневное солнечное излучение за июль. [18]

3.2 Основные компоненты системы энергоснабжения

Во многих регионах мира, электроэнергии либо недостаточно, либо отсутствует. В результате промышленные потребители часто обеспечивают их питание за счет дизельных электростанций. Пятьсот гигаватт электроэнергии от дизельных электростанций обеспечивают потребителей электроэнергией во всем мире. Однако, расходы на топливо для электростанций продолжают расти.

Кроме того, если топливо будет транспортироваться в отдаленные регионы, затраты увеличиваются еще из-за расходов на транспортировку и

хранения. В то же время, затраты на солнечные системы снизились более чем на 50 процентов в течение последних трех лет; таким образом, солнечная энергия является наиболее экономичным альтернативным источником энергии для отдаленных регионов. Это позволяет объединить фотоэлектрические и дизельные системы – которые в данный момент являются более доступными и бесплатными – может с выгодой использоваться в качестве источника энергии в промышленных применениях и для коммунально бытовых потребителей.



Рисунок 3.11 – Солнечно-дизельная электростанция при смешанном включении солнечной энергоустановки и дизельного генератора

Принцип построения солнечной электростанции, заключается в возможности автономного электроснабжения поселка круглый год. Солнечные панели 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 фотоэлектричества. Для этого дизель-генераторы должны иметь систему автоматического запуска, реагирующие на величину изменения электроэнергии в сети. Структура такого энергетического комплекса представлена на рисунке 3.12.



Рисунок 3.12 – функциональная схема фотоэлектростанции.

3.2.1 Дизель генератор

Как уже упоминалось, дизельные генераторы являются очень популярным источником электроэнергии не только для не электрифицированных потребителей, а также для широкого спектра других сфер применения: аварийный резерв, снабжение дачных домиков, частью гибридных систем и т. д. Дизельные генераторы выпускаются в открытом или закрытом исполнении и могут быть установлен в разных районах. В технической части мы выбрали для снабжения населенного пункта 3 единицы дизель-генераторов 1000 кВт два по 800 кВт и резервный 224 кВт соответственно способные покрыть нагрузку. Незначительные колебания возможны, но общая установленная мощность должна оставаться той же. В Таблице 3.1 приведены различные варианты, производителей дизель-генераторов.

Таблица 3.1 - Примеры дизель-генераторов на рынке в России: [39]

Производитель	Модель	Мощность (кВт)	Потребление топлива (л/ч)	Цена
ТСС (Россия)	АД-1000С-Т400-1РМ15	1000	198	33 600 000
	АД-800С-Т400-1РМ8	800	156	19 110 000
	АД-240С-Т400-1РМ18	240	46	5 880 000
MingPowers (Китай)	М-С1375	1000	201	27 018 493
	М-С1100	800	156	21 535 275
	М-С275	240	40	5 106 650
Cummins (Англия)	С1400D5	1000	190	38 465 570
	С1100D5	800	141	26 507 714
	С330D5	240	44	4 903 552

Как мы видим, производитель “ООО «Группа компаний ТСС»” предлагает самые доступные варианты с разумным потреблением дизельного топлива. Компания также предлагает гарантию. Данная компания находится в России, который является хорошим вариантом в плане затраты на транспортировку и дальнейшее обслуживание.

Таблица 3.2 – Дизельные генераторы [15]

Населенный пункт	Модель дизель-генератора	Мощность (кВ)	Фактическая загрузка (МВтч)	Фактическая загрузка (час)	Выработка (МВтч)
Степановка	АД-1000С-Т400-1РМ15	1000	905	2899	2616
	АД-800С-Т400-1РМ8	800	1126	3596	
	АД-800С-Т400-1РМ8	800	738	2265	
	АД-240С-Т400-1РМ18 (резерв)	224			

Расход топлива этих генераторов для рекомендуемого диапазона нагрузки можно вычислить с помощью следующих соответствий (“ ~ ” означает здесь “соответствует”)

$$P(\text{кВт}) \sim c \left(\frac{\text{л}}{\text{ч}} \right),$$

$$P(\text{кВт}) \sim c \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right) \cdot \rho \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right),$$

$$1 (\text{кВт} \cdot \text{ч}) \sim m(\text{г}),$$

где P – установленная мощность генератора (кВт),

c – потребление топлива генератора $\left(\frac{\text{л}}{\text{ч}} \right)$ или $\left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right)$,

ρ – плотность топлива $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$,

m – масса топлива, необходимого для выработки 1 кВт ч,

Принимаем что средняя плотность топлива составляет $860 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$

$$1000 (\text{кВт}) \sim 0,198 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right) \cdot 860 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) \cdot 1000,$$

$$800 (\text{кВт}) \sim 0,156 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right) \cdot 860 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) \cdot 1000,$$

$$240 (\text{кВт}) \sim 0,046 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right) \cdot 860 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) \cdot 1000,$$

1 кВт ч (для генератора с $P=1000$ кВт) $\sim 170,28$ г;

1 кВт ч (для генератора с $P=800$ кВт) $\sim 167,7$ г;

1 кВт ч (для генератора с $P=240$ кВт) $\sim 164,83$ г.

Мы будем использовать эти значения для расчета удельного расхода топлива на генерирование 1 кВт ч электроэнергии.

Для анализа технико-экономических показателей дизель генератора необходимо оценить зависимость расхода топлива дизель-генератора от степени его загрузки.

На основе линеаризации расходных характеристик дизельного двигателя можно использовать приближенную формулу для определения удельного расхода топлива на генерирование 1 кВтч электроэнергии:

$$G_1 = K_{XX} \cdot G_H + (1 - K_{XX}) \cdot G_H \cdot \frac{P_1}{P_H},$$

где G_1, G_H – фактический и номинальный расход топлива для дизельного генератора (для двигателей, установленных в данном проекте $G_H^{1000} = 170,28$ г/кВтч, $G_H^{800} = 167,7$ г/кВтч, $G_H^{240} = 164,83$ г/кВтч,);

P_1, P_H – фактическая и номинальная мощность ВЭС;
 K_{XX} – коэффициент, характеризующий топливопотребление топлива на холостом ходу ($K_{XX} \approx 0,3$)

Зная удельное потребление топлива для соответствующего режима нагрузки и объем произведенной электроэнергии можно определить количество израсходованного топлива за рассматриваемый период времени:

$$Q_T = G_1 \cdot W$$

где W – энергия, произведенная за день, месяц, год.

Результаты расчетов расхода дизельного топлива будут использоваться в дальнейшей для оценки экономической эффективности проекта. Результаты представлены в Таблице 3.3

Таблица 3.3 – Фактическое потребление дизельного топлива [15]

Населенный пункт	На 2015 год		
	Количество тонн в год	Цена (Руб/тонна)	Сумма затрат, (Руб)
Степановка	472	39 650	18 709 142

Мы также должны рассмотреть годовую стоимости топлива для дизельного генератора. Затраты на топливо рассчитываются с использованием значения среднего расхода топлива, текущая цена дизельного топлива в регионе и с учетом обусловленного роста цен на

топливо. Годовой расход топлива составляет 472 тонн в год. Цена на дизельное топливо составляет 39 650 рублей за тонну [22]. Ежегодный расход дизельного масла для двигателя составляет 20 тонн в год. Цена на масло составляет 520 рублей за литр [22].

Таблица 3.4 – Расход топлива дизель-генератора

Месяц	Дизельное топливо (Тонн)	Масло (Тонн)
Январь	45,3	1,9
Февраль	46,6	1,9
Март	39,5	1,7
Апрель	39,4	1,7
Май	32,2	1,4
Июнь	32,8	1,4
Июль	32,1	1,4
Август	30,9	1,2
Сентябрь	34,2	1,4
Октябрь	39,7	1,6
Ноябрь	46,1	1,9
Декабрь	53,1	1,9

Таблица 3.5 – Стоимость топлива дизель-генератора

Месяц	Общая стоимость дизельного топлива (Руб)	Общая стоимость масла (Руб)
Январь	1 796 264	1 235 996
Февраль	1 845 888	1 270 142
Март	1 566 777	1 078 088
Апрель	1 562 118	1 074 882
Май	1 274 871	890 725
Июнь	1 301 934	909 633
Июль	1 273 076	889 471
Август	1 226 065	856 626
Сентябрь	1 354 463	946 335
Октябрь	1 574 023	1 099 737
Ноябрь	1 826 631	1 276 228
Декабрь	2 107 032	1 472 138

Транспортировка и хранение дизельного топлива

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 3.13 представлен примерный маршрут и дистанция до подстанции.

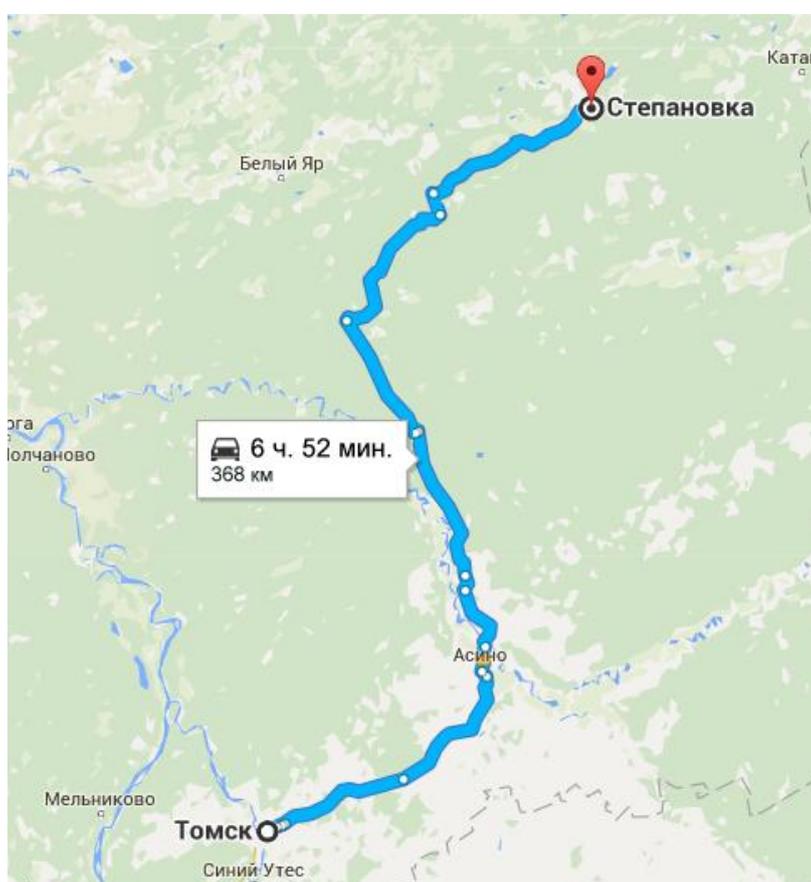


Рисунок 3.13 – Маршрут доставки топлива.

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 полузаглубленными) и наземными, а по своей конструкции - вертикальными или горизонтальными.

Для хранения топлива будет использоваться топливный резервуар с вместимостью 40 000 литров.

Расходы, связанные с транспортировкой дизельного топлива составляют каждый год 870 000 рублей, из-за большой удаленности между поставщиком и заказчиком

3.2.2 Солнечные панели

Расчёт количества электроэнергии, получаемой от фотоэлектрических панелей за каждый день использования из программного обеспечения «Номер». Формула, используемая для расчета выходной мощности получаемой от солнечных панелей:

$$P_{REAL PV} = P_{PV} \cdot f_{PV} \frac{G_T}{G_{TSTC}}, kW$$

где P_{PV}, kW – сумма номинального значения мощности установленных фотоэлектрических панелей;

$f_{PV}, \%$ – это фактор снижения номинальных значений солнечных панелей, мы взяли ее равной 80%;

$G_T, kW/m^2$ – это солнечное излучение, падающее на солнечные панели в текущий момент времени;

$G_{TSTC}, kW/m^2$ – это мощность инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре. (равно $1 kW/m^2$)

Фотоэлектрические солнечные панели преобразуют электроэнергию непосредственно из солнечного света через электронный процесс, который происходит естественно в определенных типах материалов, называемых полупроводниками. Солнечные панели можно использовать для питания любой электроники, таких как калькуляторы и дорожных знаков до дома и деревни.

В этом проекте используются солнечные фотоэлектрические системы, не подключенные к сети

С точки зрения производительности, безаккумуляторная система производит больше электроэнергии, чем аккумуляторная. Во-первых, часть энергии будет теряться на заряд-разряд аккумулятора (до 20%), часть энергии теряется в менее эффективных батарейных инверторах и контроллерах заряда.

По сравнению с батарейными соединенными с сетью системами, безаккумуляторная система может быть дешевле на 20-40% за счет отсутствия аккумуляторов и связанных с ними частей системы. Кроме существенных капитальных вложений при установке батарейной системы, нужно менять аккумуляторы каждые 7-8 лет. Это еще более снижает привлекательность соединенных с сетью батарейных систем. Более того, очень трудно предсказать стоимость АКБ через 7-8 лет, т.к. стоимость свинца за последние несколько лет возросла в 3 раз. [24]

Для солнечных электростанций, также важно, чтобы было гарантированное техническое обслуживание и полный пакет сопутствующего оборудования вместе с блоком питания, так как солнечные панели еще не широко распространены и их содержание может быть проблематичным. Конечно, цена по-прежнему это один из самых важных вопросов. Компания "Солнечный дом" [25] предоставляет полную информацию о комплекс оборудования, пуско-наладочные работы и расходы на техническое обслуживание. Предлагаемые панели "Chinaland" являются одним из лучших и наименее дорогой на российском рынке а так же с наиболее большим сроком гарантии на панели. В таблице 3.6 представлены солнечные панели и необходимое электронное оборудование.

Таблица 3.6 – Комплектующие солнечной станции [25]

№	Номенклатура товара	Цена, Руб
1	Солнечные панели CHN 300-72P” 300 Вт	23 040
2	Инвертор SolarLake 30000-TL-PM	464 240
3	Комплект для монтажа модулей НОР-GM1	64 295
4	Система мониторинга STUDER RCC-03	25 360
6	Система автоматического пожаротушения	25 000

Солнечный модуль изготовлен из высокоэффективных поликристаллических солнечных элементов размером 156x156 мм. В конструкции модуля используется высококачественный анодированный алюминиевый профиль с дренажными отверстиями и жесткой конструкцией, которая предотвращает деформацию модуля в экстремальных погодных условиях. Использование качественной контактной коробки с тремя диодами минимизирует потери мощности при затемнении, обеспечивает стабильную работу и длительный срок эксплуатации. Гарантия производителя: 10 лет на механические повреждения, 12 лет на выработку 90% номинальной мощности, 25 лет на выработку 80% номинальной мощности.

Инверторы Solar Lake предназначены для работы в солнечных фотоэлектрических системах, работающих параллельно с сетью. Данные инверторы преобразуют полученный от солнечных модулей постоянный ток в переменный и передают его потребителю, подключенному к сети. Инвертор имеет два входа для солнечных модулей, каждый из которых включает устройство слежения за точкой максимальной мощности и может быть объединен с другим параллельно. Преимущество данных систем состоит в уменьшении токов в проводах от солнечных батарей, уменьшением влияния частичного затенения модулей в различных цепочках солнечных панелей, функциональные неисправности или выход из строя одной цепи. Применение нескольких децентрализованных комбинаций удешевляет преобразование постоянного тока и минимизирует потери

Система НОР GM-1 является наиболее современной инновационной конструкцией для надежного монтажа солнечных модулей на земле или плоской крыше. Она характеризуется усиленными элементами конструкциями, простотой установки, длительным сроком службы, прочной основой, позволяющей устанавливать фотоэлектрические модули на земле или плоской крыше для питания потребителей в жилых, офисных и промышленных зданиях. Опорная система подходит для установки 10 каркасных солнечных модулей 170-300Вт. Данная система представлена на рисунке 3.14.

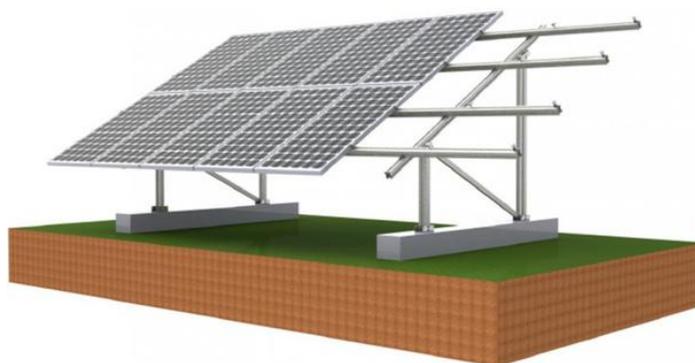


Рисунок 3.14 – комплект для монтажа модулей [25]

Дистанционная панель управления Xtender RCC осуществляет контроль и программирование системы электроснабжения. Выносной блок управления оборудован считывающим устройством для карты памяти типа SD (smart data). Эта карта (поставляется с оборудованием) запись статистических данных, обновлений, резервных копий или восстановление конфигураций или настроек.

Особенности системной панели Xtender RCC:

- Дистанционный мониторинг и контроль за состоянием системы,
- Регистрация событий и информирование о возможных ошибках,
- Передача информации и обновление программного обеспечения через карту SD, которая запоминает все параметры по передаче данных и обновлениям.

3.2.3 Построение однолинейной схемы электроснабжения выбор защитной аппаратуры и сечения проводников.

Однолинейная схема электроснабжения – это графическое изображение трех фаз питающей сети и соединяющих различные электрические элементы в виде одной линии. Это введение условного обозначения значительно упрощают и делают не громоздкими схемы электроснабжения. По определению электрическая схема является документом, содержащим в виде обозначений и изображений составные элементы изделий, принцип действия которых основан на использовании электрической энергии и их связи между собой.

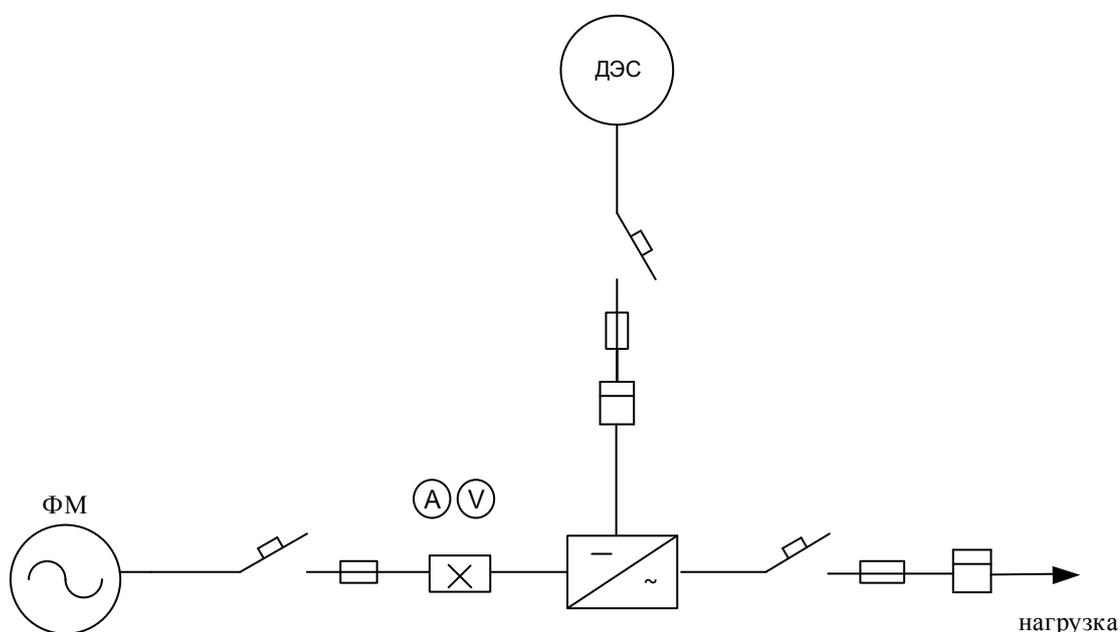


Рисунок 3.15 – Однолинейная схема электроснабжения.

Выбор марки и сечение кабеля

В качестве примера произведем выбор марки с сечения кабеля от дизель генератора до инвертера.

Подключение должно производиться гибкими кабелями и генератор переменного тока или клеммы силового выключателя не должны повредиться от вибраций генераторной установки. Кабели должны

прокладываться в трубах или каналах и не должны крепиться на генераторной установке. Если необходим изгиб провода, учитывайте минимальный диаметр изгиба.

Силовые кабели должны соответствовать выходному напряжению и току генератора. Необходимо принимать во внимание температуру в помещении, метод установки и проходящие рядом провода. Если провод состоит из одной медной жилы, то герметичная оболочка должна быть из немагнитного металла, такого как алюминий или медь или неметаллического материала. Если оболочка выполнена из магнитных материалов, то простым решением будут разрезы в оболочке для сокращения противотоков.

Определяем токовую нагрузку для каждого из генераторов (значения токов рассчитаны для каждой фазы):

$$I_P^{1000} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{333}{0,38 \cdot 0,8} = 1095 \text{ A},$$

$$I_P^{800} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{266}{0,38 \cdot 0,8} = 875 \text{ A},$$

$$I_P^{240} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{80}{0,38 \cdot 0,8} = 263 \text{ A},$$

где I – расчетный ток;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности;

U – фактическое напряжение в сети, В.

Коэффициент мощности $\cos\varphi$ активной нагрузки, используемый для расчета составляет 0,8.

Выбор сечения проводника по условию допустимого нагрева при длительном протекании расчетного тока нагрузки I_p определяется из условия:

$$I_{дон} \geq \frac{I_p}{k_1 \cdot k_2}.$$

Кроме того, сечение проводника должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию:

$$I_{доп} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_1 \cdot k_2},$$

где k_1 и k_2 - поправочные коэффициенты на условия прокладки проводов и кабелей;

k_3 - коэффициент защиты или кратность защиты, $k_3 = 1,25$;

I_3 - номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата, А.

Проверка выбранного сечения проводника по допустимой потере напряжения выполняется из условия:

$$\Delta U_i = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U^2}, \% \leq \Delta U_{доп\%} = 5\%,$$

где R , X – активное и индуктивное сопротивления соответствующих участков сети;

l – соответствующие длины участков сети;

P , Q – активная и реактивная мощность на соответствующих участках;

$\Delta U_{доп\%} = 5\%$ - допустимая потеря напряжения.

$$R_{кл} = r_0 \cdot l_{кл}, \text{ Ом.}$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l_{кл}, \text{ Ом.}$$

Результаты сведены в таблицу 3.7

Таблица 3.7 – Результаты проверки проводов по потере напряжения

[40]

Генератор	Марка, сечение и изоляция провода	r_0	x_0	l , км	I_p	$I_{доп}$	ΔU
1000	КГ (4x300)	0,1	0,06	0,1	1095	1160	3,44
800	КГ (4x240)	0,12	0,06	0,1	875	910	3,13
240	КГ (4x95)	0,19	0,06	0,1	263	300	1,34

Выбор защитной аппаратуры

В качестве аппаратов защиты электрических сетей применяются автоматические выключатели. Причем автоматы необходимо поставить на каждую фазу.

Выбор автоматических выключателей производим по следующим условиям:

По номинальному току автоматического выключателя $I_{н.ав}$

$$I_{н.ав} \geq I_p,$$

Выбираем номинальный ток теплового расцепителя $I_{н.тепл\ расц}$

$$I_{н.тепл\ расц} \geq I_p,$$

Согласно условиям выбираем автоматические выключатели, результаты выбора сводим в таблицу 3.8

Таблица 3.8 – Выбор автоматических выключателей [40]

Генератор	I_p , А	Аппарат защиты	$I_{н.авт}$, А	$I_{т.р.авт}$, А
1000	1095	ВА 74- 43	1250	2500
800	875	ВА 55- 43	1000	2000
240	263	ВА 85-41	400	800

4 Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Для обработки реалистичной оценки инвестиций, нам необходимо создать экономическую модель. Для экономической оценки проекта, мы будем использовать чистую приведенную стоимость (ЧПС). Для сравнения проектов, мы будем использовать значения минимальных цен на электроэнергию, произведенную с помощью различных технологий. Эта методика хороша тем, что мы можем сравнить цены на электроэнергию с существующими в регионе. Расчеты для модели будут реализованы в Excel, так как она является надежным и широко используемым инструментом для такого рода задач. Созданная модель представлена в Приложении 6

Основные компоненты экономической модели проекта описаны ниже.

4.1 Инвестиционные затраты

Целью данной дипломной работы является оценка различных вариантов для генерации электроэнергии с помощью солнечных батарей и дизельных генераторов, это может занять довольно много времени чтобы выбрать оборудование. Именно поэтому было принято решение, для расчета первоначальные затрат, использовать конкретные цены оборудования. Инвестиции определяются как все экономические необходимые компоненты, для проведения строительства электростанции. Цель первоначальных инвестиций, дать старт деятельности. Необходимые первоначальные затраты приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Первоначальные затраты проекта: [25]

Элемент	Число	Суммарная цена (Руб)
Дизельный генератор	4	77 700 000
Солнечные модули	1600	36 864 000
Инвертер	16	7 427 840
Установка и транспортировка		12 199 184
Бак для хранения топлива	1	420 000

Прочие затраты		10 287 200
Суммарная цена:		144 898 224

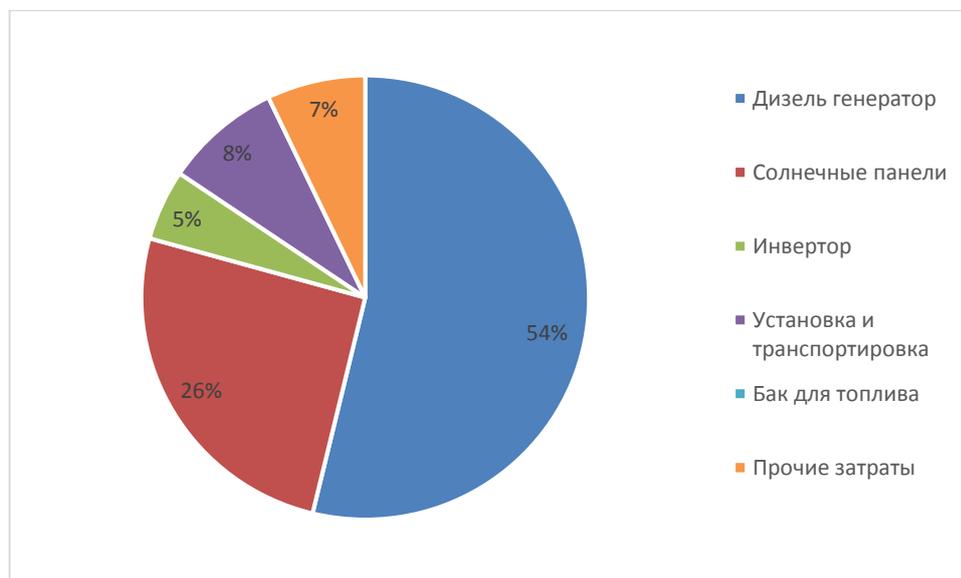


Рисунок 4.1 – Первоначальные затраты.

Как мы видим, основная часть инвестиций идет на покупку и установку солнечных батарей и дизельных генераторов. Кроме того, мы должны учитывать, что дизельный генератор имеет высокие эксплуатационные расходы из-за расхода топлива.

4.2 Расходы на эксплуатационное и техническое обслуживание

Солнечные батареи не требуют постоянного обслуживания, но время от времени, они требуют внимания на протяжении всего срока службы примерно 25 лет. В зависимости от расположения солнечных панелей могут накапливаться листья с деревьев или грязь, тогда необходимо время от времени очищать их от листьев деревьев и грязи. Ежегодное техническое обслуживание солнечных панелей, в том числе профилактические и аварийно-эксплуатационные работы будет стоить 80 000 рублей в год.

Техническое обслуживание дизельного генератора-это вопрос к которому нужно подходить серьезно: своевременное и профессиональное

техническое обслуживание позволяет увеличить срок службы и снизить эксплуатационные расходы (за счет снижения количества аварийных ситуаций). Для дизель-генератора, ежегодное техническое обслуживание оценивается в 176 000 рублей в год [26]. Мы также должны рассматривать годовую стоимость топлива для дизельного генератора.

Затраты на топливо рассчитываются с использованием значения среднего расхода топлива, текущая цена дизельного топлива в регионе и с учетом обусловленного роста цен на топливо в номинальные значения. Годовой расход дизельного топлива составляет 472 тонн в год. Цена на дизельное топливо составляет 39 650 рублей за тонну [22]. Ежегодный дизельного двигателя расход масла составляет 20 тонн в год. Цена на масло составляет 520 рублей за литр [22].

Заработная плата рассчитывается с использованием среднего значения заработной платы для данной отрасли и с учетом изменения заработной платы по региону. Зарплата для отрасли и персонала из 2 человек 798 240 рублей ежегодно [27].

Затраты на эксплуатационное и техническое обслуживание в первый год приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Затраты на эксплуатационное и техническое обслуживание

Эксплуатационные расходы	Стоимость (Руб)
Техническое обслуживание солнечных панелей	80 000
Техническое обслуживание дизельного генератора	176 000
Транспортировка дизельного топлива	870 000
Зарплата	798 240
Топливо для дизель генератора	27 091 839
Суммарная цена:	29 016 079

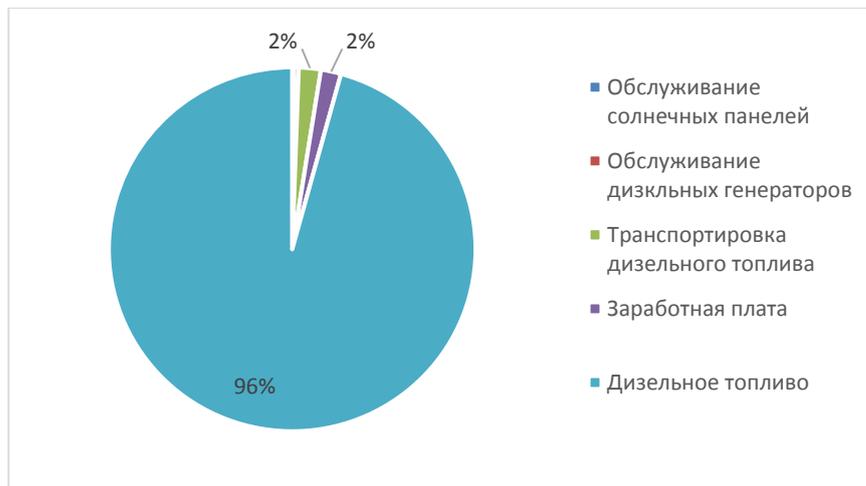


Рисунок 4.2 – Круговая диаграмма на эксплуатационное и техническое обслуживание

Как мы видим на рисунке 4.2 доля солнечных батарей очень мала, и останется небольшой на протяжении всего срока службы оборудования. Основная часть это расходы на топливо для дизельного генератора.

4.3 Субсидии

Деньги, которые выплачиваются, как правило, со стороны правительства, чтобы сохранить цену продукта или услуги или помочь бизнесу или организации продолжать функционировать.

Субсидии на дизельное топливо:

В соответствии с законом Томской области предусмотрено предоставление субсидий местным бюджетам на компенсацию расходов по электроснабжению от дизельных станций. [35]

Субсидии на солнечные панели:

Министерство энергетики Российской Федерации окончательно утвердило правила предоставления из федерального бюджета субсидий в порядке компенсации стоимости технологического присоединения генерирующих объектов с установленной генерирующей мощностью не более 25 МВт.

Субсидия предоставляется владельцу генерирующего объекта в размере, не превышающем 50% от стоимости технологического присоединения генерирующего объекта, но не более 30 млн. рублей на один генерирующий объект (предельный размер Гранта). [36]

4.4 Темпы роста

Уровень инфляции — это процент, при котором происходит ежегодное изменение уровня цен на товары и услуги или, как ожидается, произойдет. Для дальнейшего расчета нам необходимо определить показатели, которые подвержены инфляции каждый год. На рисунке 4.3 представлены темпы инфляции в России по годам за последние десять лет. Текущая ставка составляет 1,6%. Центральный банк Российской Федерации определил целевой показатель инфляции, равный 8,1%. [28]

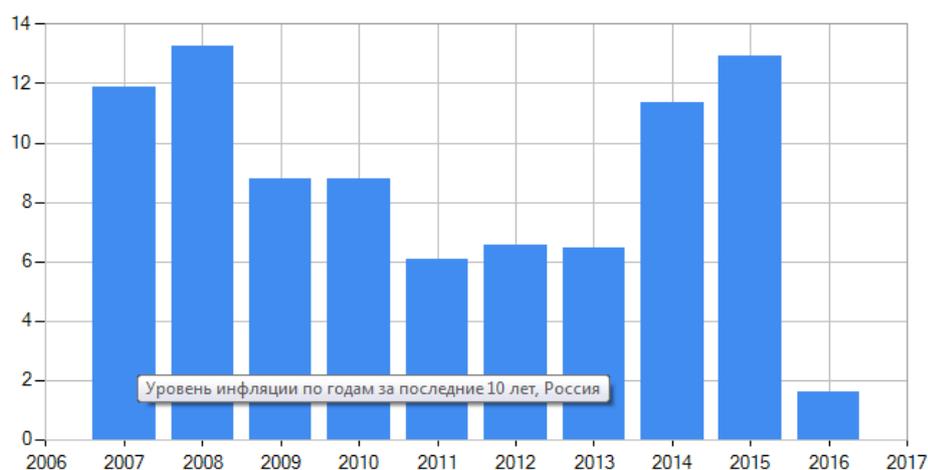


Рисунок 4.3 – Годовой уровень инфляции в России [28]

Темпы роста заработной платы, как правило, немного быстрее, чем уровень инфляции, после анализа темпа инфляции, мы устанавливаем его 8,5%.

Цена топлива является трудно предсказуемым параметром. Темпы роста дизельного топлива зависят от многих факторов, таких как: текущая цена нефти, транспортировку до региона и т. д. Из-за сложной

экономической ситуации в мире и падения цен на нефть. Анализируя данные цены на дизельное топливо [29], мы ставим темп роста для топлива 3%.

Налог на прибыль для организаций в России составляет 20% в соответствии с налоговым кодексом РФ [30].

Тип инвестиций в проект может осуществляться за счет собственных фондов или за счет банковского кредита. Наиболее влияющим фактором в выборе типа инвестиций является величина ставки дисконта.

Ставка дисконтирования относится к инвестиционной ставке, используемая для определения текущей стоимости будущих денежных потоков. Она учитывает временную стоимость денег и риск или неопределенность будущих денежных потоков.

Для оценки ожидаемой ставки дисконтирования для наших инвестиций была выбрана модель оценки финансовых активов CAPM (Capital Asset Pricing Mode). Мы будем использовать следующие исходные данные для расчета: доходность по безрисковому активу, среднерыночная доходность и коэффициент бета.

Ставка дисконтирования рассчитывается по следующей формуле:

$$r_{CAPM} = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f) = 9,21 + 0,67 * (10,16) = 16,03\%$$

где r_f – это безрисковая ставка, которая определяется из доходности российских государственных облигаций, которая в настоящее время равна 9,21% для России-2018 облигаций. [31]

r_m – ожидаемая доходность рынка – это возращения которые инвестор ожидает получить от показателей фондового рынка. Рыночная премия за риск для России составляет около 10,16%. [32]

β – Коэффициент бета используется для математического описания взаимосвязи между движениями отдельных акций против всего рынка.

Инвесторы могут использовать бета коэффициент, чтобы измерить риск безопасности. Коэффициент бета для энергетических компаний составляет 0,5. [33]

Коэффициент бета рассчитываем по следующей формуле :

$$\beta_L = \beta_U * \left(1 + \frac{D}{E} * (1 - t) \right) = 0,5 * \left(1 + \frac{30\%}{70\%} * (1 - 0,2) \right) = 0,67$$

С учетом всех приведенных данных, мы создаем экономическую модель проекта в редакторе Excel, которую мы будем использовать для расчета эффективности инвестиций.

Для расчета влияния финансирования мы используем средневзвешенную стоимость капитала WACC (Weighted average cost of capital).

Средневзвешенная стоимость капитала используется для расчета стоимости конкретного капитала компании, сочетание стоимости собственного капитала и стоимости долга. Активы компании финансируются за счет долга или собственного капитала, и WACC является средним из стоимости этих источников финансирования, каждый из которых взвешивается посредством соответствующего использования в данной ситуации. Приняв взвешенное решение, мы можем увидеть, сколько компания должна заплатить за каждый евро, которые она финансирует. [34]

Чтобы рассчитать WACC, необходимо умножить стоимость каждого компонента капитала на его пропорциональный вес и суммировать результаты. Метод для расчета WACC может быть выражена в следующей формуле:

$$WACC = r_{equity} \cdot \frac{E}{E + D} + r_{debt} \cdot \frac{D}{E + D} \cdot (1 - t)$$

где r_{equity} – норма доходности CAPM;

r_{debt} – стоимость долга;

D – рыночная стоимость долга;

E – рыночная стоимость собственного капитала;

t – налоговая ставка.

Этот проект выгоден не только для бизнес инвестора, но и для муниципалитета, поэтому администрация области может помочь в получении менее дорогостоящего кредита. Мы предполагаем, что доля собственного капитала в структуре капитала составляет 70%, а минимальная банковская процентная ставка составляет 11% [28]. Рассчитаем WACC с различными долями активов и банковскими процентными ставками. Анализ представлен в таблице – 4.3

Таблица 4.3 – WACC с разными банковскими процентными ставками и долями собственного капитала

	Доля собственного капитала						
		95%	90%	85%	80%	75%	70%
Процентная ставка банка	11%	15,67%	15,31%	14,95%	14,59%	14,22%	13,86%
	11,2%	15,68%	15,32%	14,97%	14,62%	14,26%	13,91%
	11,4%	15,69%	15,34%	14,99%	14,65%	14,30%	13,96%
	11,6%	15,69%	15,36%	15,02%	14,68%	14,34%	14,01%
	11,8%	15,70%	15,37%	15,04%	14,71%	14,38%	14,05%
	12%	15,71%	15,39%	15,07%	14,75%	14,42%	14,10%

Самый низкий уровень доходности, мы можем получить, когда доля собственных средств составляет 70%, а банковская процентная ставка составляет 11%. Для дальнейших расчетов мы будем использовать WACC равный 13,86%.

4.5 Инвестиционные критерии

4.5.1 Доходы

Проект делается, как для бизнес инвесторов, так и для муниципальных инвесторов. Расчет дохода показывает потенциальную цену продажи электроэнергии или цену на сэкономленной электроэнергии, которую можно сравнить с существующей текущей ценой. Доходы рассчитываются по минимальной цене проектов и прогнозируемого роста.

Доход рассчитывается по следующей формуле:

$$Revenues \text{ (Доход)} = C_{\text{мин}} \cdot W \cdot \sum_{n=1}^T (1 + r_i)^n, \text{ Руб}$$

где $C_{\text{мин}}$ – минимальная цена электроэнергии;

W , кВтч – выработанная электроэнергия;

r_i , % – ставка роста.

4.5.2 ЧДД

ЧДД означает чистый дисконтированный доход денежных потоков, генерируемых проектом. Он был использован для анализа рентабельности инвестиций. Для расчета чистой приведенной стоимости чистых денежных потоков и дисконтирования потоков денежных средств, генерируемых в ходе реализации проекта с продолжительностью жизни 20 лет. [38] Время жизни проектов принимается равным 20 лет, поскольку это средний срок службы основного оборудования в системе (солнечные панели, инвертор и дизель-генератор). ЧДД проекта устанавливается равным нулю.

NPV (ЧДД) рассчитывается по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{n=1}^T \frac{CF}{(1 + r)^t} - C_0$$

где C_0 – Общие начальные инвестиционные затраты.

Cash flow (денежный поток) это количественное выражение денег, имеющих в распоряжении организации, для руководителей и собственников компании это план будущего движения денежных фондов предприятия во времени либо сводку данных об их движении в предшествующих периодах, а для инвестора cash flow – ожидаемый в будущем доход от инвестиций (с учетом дисконта).

CF (cash flow) рассчитывается по следующей формуле:

$$CF = EAT - Depr - Inv$$

Discounted cash flow или метод ДДП (метод дисконтированных денежных потоков)

$$DCF = \frac{CF_t}{(1 + r)^t}$$

Tax (Налог) рассчитывается по следующей формуле:

$$Tax = t \cdot EBT$$

EBT (Earnings Before Tax) (прибыль до налогообложения) рассчитывается по следующей формуле:

$$EBT = Revenues - Total costs$$

EAT (Earnings after Taxes) (прибыль после налогообложения) Рассчитывается по следующей формуле

$$EAT = EBT - Taxes$$

4.5.3 Минимальная цена электроэнергии

Минимальная цена проданной электроэнергии была рассчитана с использованием функции “поиск решения” в модели Excel, при условии, что ЧДД равен нулю. Минимальная цена проекта составляет 10,5 руб./кВтч. Эта

цена выше, чем цена для клиентов, подключенных к сети. Тем не менее, эта цена немного ниже, чем цена от дизельного генератора 16,6 руб./кВтч. Это позволяет сохранить деньги от субсидий со стороны администрации области, которая оплачивает разницу между официальным тарифом на электроэнергию и тарифом, который идет от эксплуатации комплекса. А также снизить расходы на топливо и транспортные расходы.

Мы будем использовать ту же самую экономическую модель для расчета каждого сценария, меняются лишь входные данные капитальных вложений этих расчетов.

5 Анализ сценариев

Цель этой работы - исследование влияния доступных параметров для развития энергетической системы, управляя возможными сценариями, мерами достижения согласованных целей и разрабатывая экономической модели для каждого сценария. Для достижения настоящей цели может быть сформирован ряд альтернативных сценариев с различными характеристиками и показателями. Этот проект несколько сценариев для оценки влияния солнечных панелей. Все сценарии базируются на использовании дизель-генераторов и солнечных панелей.

5.1 Первый сценарий

Электроснабжения с помощью дизельных генераторов. В данном сценарии было решено установить один дизель-генератора с номинальной мощностью 1000 кВт и два типа дизель генератора с номинальной мощностью 800 кВт. Суммарная номинальная мощность дизель-генераторов составляет 2600 кВт. В этом сценарии рассматривается замена ныне существующих (старых) дизельных генераторов новыми с меньшим расходом дизельного топлива, а также с учетом населения в поселке на сегодняшний день. С момента постройки дизельной станции в поселке Степановка суммарная убыль населения составила 8%. Установка солнечных панелей в данном сценарии не предусмотрено.

Самым большим преимуществом этой системы является большая Выходная мощность и надежность. На основе текущих затрат, максимальный размер система имеет срок службы 20 лет. Самым большим недостатком этой системы является стоимость реализации и большие ежегодные затраты на дизельное топливо и его транспортировку. Построение системы такого

размера требует больших первоначальных (85 890 000 рублей) капитальные вложения, эксплуатационные затраты (33 553 382 рублей) за каждый год. Инвестиционные затраты включают в себя покупку 4 дизельных генераторов суммарной стоимостью 77 700 000 рублей) и затраты на установку и транспортировку (7 770 000 рублей). Также установлен резервуар для хранения топлива объемом 40 000 литров (420 000 рублей) также принимаем во внимание. Оперативные и эксплуатационные расходы включают в себя техническое обслуживание дизель-генератора (176 000 рублей). Ежегодное техническое обслуживание дизельных генераторов включает в себя профилактические и аварийные осмотры. Топливо для дизель-генератора (31 709 142 рублей) и транспортировки дизельного топлива (870 000 рублей) на аренду грузовика также включена в эту стоимость. Заработная плата по этой отрасли для персонала из 2 человек (798 240 рублей), также включены.

Этот сценарий имеет высокое значение эффективности и довольно низкую стоимость минимальной цены на электроэнергию из-за установки более новых дизельных генераторов с меньшим расходом дизельного топлива.

В результате расчета минимальной цены на электроэнергию цена за 1 кВт ч составляет 13,75 рублей.

5.2 Второй сценарий

В данном сценарии электроснабжение осуществляется с помощью комбинации солнечных панелей и дизельных генераторов было решено установить 1600 солнечных панелей с номинальной мощностью 0,3 кВт каждая, и с общей номинальной мощностью 480 кВт, а также три дизель-генератора с номинальной мощностью 1000 кВт и два типа дизель генератора с номинальной мощностью 800 кВт. Суммарная номинальная мощность дизель-генераторов составляет 2600 кВт.

В данном сценарии устанавливается максимальное количество солнечных панелей, которые могут быть установлены, а общая энергия, вырабатываемая солнечными панелями не превышает суточной нагрузки в сезон, когда солнечные панели производят максимальное количество энергии (Приложение 2).

Самым большим преимуществом этой системы является большая Выходная мощность. Система 480 кВт способна производить более одной четвертой электроэнергии населенного пункта, а в другое время, почти треть общего объема потребления электроэнергии (Приложение 3). На основе текущих затрат, максимальный размер система также имеет срок службы 20 лет. Самым большим недостатком этой системы является стоимость реализации. Построение системы такого размера требует больших первоначальных (144 898 224 рублей) капитальные вложения, эксплуатационные затраты (29 016 079 рублей) за каждый год. Инвестиционный капитал состоит из 1600 (HSE300-72M с Helios SolarWorks, 24V) солнечные панели (36 864 000 рублей), шестнадцать (SolarLake 30000-TL-ПМ) инверторы (7 427 840 рублей) и затраты на установку. Чтобы установить 1600 панелей, необходимо доставить солнечные панели в поселок. Цена монтажа и транспортировки принимается равными суммами (12 199 184 рубля), что составляет 10% от общей стоимости всего оборудования. Также установлен резервуар для хранения топлива объемом 40 000 литров (420 000 рублей) также принимаем во внимание. Оперативные и эксплуатационные расходы включают в себя техническое обслуживание фотоэлектрических панелей (80 000 рублей) и техническое обслуживание дизель-генератора (176 000 рублей). Ежегодное техническое обслуживание солнечных панелей и дизельных генераторов включает в себя профилактические и аварийные осмотры. Топливо для дизель-генератора (27 091 839 рублей) и транспортировки дизельного топлива (870 000 рублей) на аренду грузовика также включена в эту стоимость. Заработная плата по этой

отрасли для персонала из 2 человек (798 240 рублей), также включены. Эта система используется без аккумуляторов.

Общий энергетический баланс системы для этого сценария представлен в Приложении 2

Этот сценарий имеет высокое значение эффективности и довольно низкую стоимость минимальной цены на электроэнергию из-за существенной экономии топлива за счет фотоэлектрических панелей.

Результаты минимальной цены на электроэнергию представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Минимальная цена электроэнергии для второго сценария

	Без субсидий	Субсидии на топливо	Субсидии на солнечные панели	На топливо + солнечные панели
Бизнес	13,15р.	13,11р.	11,83р.	11,79р.
+ НДС	15,52р.	15,47р.	13,96р.	13,92р.
	С налогами	Без налогов	Налог + Субсидии	Без налога + Субсидии
Муниципалитет	12,05р.	11,34р.	10,90р.	10,35р.
+ НДС	14,22р.	13,39р.	12,86р.	12,21р.
Текущая цена	16,6р.			

5.3 Третий сценарий

Данный сценарий похож на предыдущий. Для электроснабжения с помощью комбинации солнечных панелей и дизельных генераторов, в данном сценарии было решено установить 3000 солнечных панелей с номинальной мощностью 0,3 кВт каждая, и общей номинальной мощностью 900 кВт, а также три типа дизельных генераторов с номинальной мощностью 1000 кВт и два дизель-генератор с номинальной мощностью 800 кВт. Общая номинальная мощность дизельных генераторов 2600 кВт.

В этом сценарии количество солнечных панелей было выбрано так, что общий объем выработки электроэнергии от солнечных панелей была выше, чем ежедневная нагрузка в сезон, когда солнечные батареи производят максимальное количество энергии. (Приложение 4).

Самым большим преимуществом этой системы является большая выходная мощность. Система 900 кВт способен производить более одной трети энергии населенного пункта, и, в разное время, почти половину суммарной мощности потребления (Приложение 5). На основе текущих затрат, максимальный срок службы также имеет 20 лет. Самым большим недостатком этой системы является стоимость реализации. Построение системы такого размера требует больших первоначальных (196 530 420 рублей) капитальных вложений, операционных и эксплуатационных расходов (24 975 938 рублей) за каждый год. Капиталовложение состоит из 3000 (HSE300-72M с Helios SolarWorks, 24В) солнечных панелей (69 120 000 рублей), тридцати (SolarLake 30000-ТЛ-ПМ) инверторов (13 927 840 рублей) и затраты на установку. Чтобы установить 3000 панелей, необходимо доставить солнечные панели в поселок. Цена монтажа и транспортировки составляет (16 074 720 рублей), что составляет 10% от общей стоимости всего оборудования. Также установка резервуар для хранения топлива объемом 40 000 литров (420 000 рублей). Оперативные и эксплуатационные расходы включают в себя техническое обслуживание фотоэлектрических панелей (80 000 рублей) и техническое обслуживание дизель-генератора (176 000 рублей). Ежегодное техническое обслуживание солнечных панелей и дизельных генераторов включает в себя профилактические и аварийные осмотры. Цена топливо для дизель-генератора составляет (23 051 698 рублей) и транспортировка дизельного топлива (870 000 рублей), на аренду грузовика. Заработная плата по этой отрасли для персонала из 2 человек (798 240 рублей), также включены. Эта система используется без аккумуляторов.

Общий энергетический баланс системы для этого сценария представлен в приложении 4

Этот сценарий также имеет высокое значение эффективности и довольно низкую стоимости минимальной цены на электроэнергию. Но цена на электроэнергию не значительно отличается от цены в первом сценарии и как следствие с увеличением числа солнечных панелей цена будет изменяться не значительно. Этот сценарий будет выгодно, если мы подключить дополнительную нагрузку в период, когда у нас есть избыток энергии.

Результаты минимальной цены на электроэнергию представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Минимальная цена электроэнергии для третьего сценария

	Без субсидий	Субсидии на топливо	Субсидии на солнечные панели	На топливо + солнечные панели
Бизнес	14,25р.	14,21р.	11,78р.	11,74р.
+ НДС	16,82р.	16,77р.	13,90р.	13,85р.
	С налогами	Без налогов	Налог + Субсидии	Без налога + Субсидии
Муниципалитет	12,85р.	11,89р.	10,72р.	10,05р.
+ НДС	15,17р.	14,03р.	12,65р.	11,86р.
Текущая цена	16,6р.			

5.4 Четвертый сценарий

В данном сценарии электроснабжение осуществляется с помощью комбинации солнечных панелей и дизельных генераторов было решено установить 1600 солнечных панелей с номинальной мощностью 0,3 кВт каждая, и с общей номинальной мощностью 480 кВт, дизель-генераторные установки оставляем те, которые установлены в данный момент (без замены дизельных генераторов).

В данном сценарии устанавливается максимальное количество солнечных панелей, которые могут быть установлены, а общая энергия, вырабатываемая солнечными панелями не превышает суточной нагрузки в сезон, когда солнечные панели производят максимальное количество энергии.

Этот сценарий имеет не высокое значение эффективности и довольно высокую стоимость минимальной цены на электроэнергию по сравнению с другими сценариями из-за того, что потребление дизельного топлива старых дизельных генераторов значительно больше потребления новых дизельных генераторов.

Результаты минимальной цены на электроэнергию представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Минимальная цена электроэнергии для второго сценария

	Без субсидий	Субсидии на топливо	Субсидии на солнечные панели	На топливо + солнечные панели
Бизнес	13,17р.	13,13р.	12,26р.	12,22р.
+ НДС	15,54р.	15,49р.	14,47р.	14,43р.
	С налогами	Без налогов	Налог + Субсидии	Без налога + Субсидии
Муниципалитет	12,57р.	12,33р.	11,77р.	11,64р.
+ НДС	14,84р.	14,55р.	13,89р.	13,73р.
Текущая цена	16,6р.			

6 Анализ чувствительности

Анализ чувствительности - это метод, используемый, чтобы определить, как различные значения независимой переменной повлияет на определённую зависимую переменную при заданном наборе допущений. Этот метод используется в определенных границах, которые зависят от одного или нескольких входных переменных. Анализ чувствительности - это способ прогнозировать результат решения, если ситуация оказывается иной по сравнению с ключевой. [37]

Анализ чувствительности особенно важно для планирования проекта с долгим сроком службы. Некоторые параметры могут существенно меняться в течение срока реализации проекта, и мы должны быть в состоянии оценить эти изменения и оценить, как важны они будут для рентабельности проекта. Наиболее важные параметры, которые вносят наиболее существенные изменения это:

6.1 Зависимость ЧДД от ставки дисконтирования

Ставка дисконтирования является одним из наиболее важных факторов. Если проект будет рассматриваться как обеспечить минимально возможную цену на электроэнергию, ставка дисконтирования это единственный способ удовлетворения потребностей инвестора. Зависимость ЧДД от ставки дисконтирования представлена на рисунке 6.1

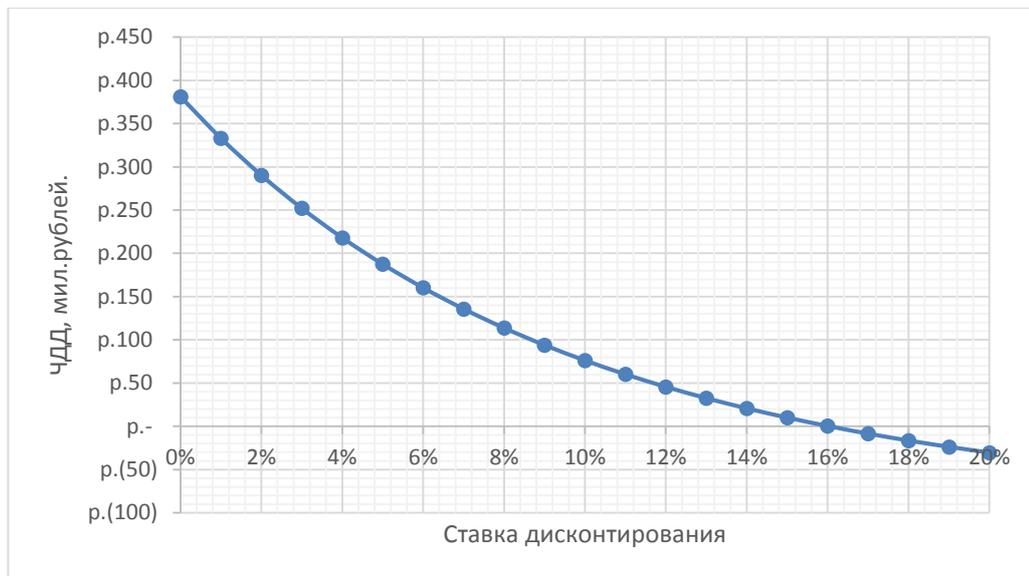


Рисунок 6.1 – Зависимость ЧДД от ставки дисконтирования

Этот график показывает нам сильную зависимость ЧДД от ставки дисконтирования, которую можно объяснить длительным сроком службы проекта, а минимальная цена на электроэнергию зависит от ЧДД. Пока ставка дисконтирования увеличивается ЧДД уменьшается значение. В точке графика, где ЧДД равен нулю, найдено значение внутренней нормы доходности. Ставка дисконтирования проекта составляет 16,03%. Если ЧДД проекта увеличивается то минимальная цена на электроэнергию будет уменьшаться, а если ЧДД уменьшается, то цена на электроэнергию будет расти.

6.2 Зависимость ЧДД от цен на электроэнергию

Цена на электроэнергию является наиболее важным параметром для рентабельности проекта, потому что в основном, цена на электроэнергию делает наш проект прибыльным или нет и это только один параметр, который приносит положительные денежные потоки. Цена на электроэнергию в регионе не является предметом конкуренции, так как там нет конкурентов для автономных систем, а предметом дотаций от администрации края, потому что этот населенный пункт находится в децентрализованной зоне и основным источником энергии является дизель-электростанции. Областной

бюджет оплачивает разницу между официальным тарифом на электроэнергию и тарифом, который устанавливается от эксплуатации комплекса.

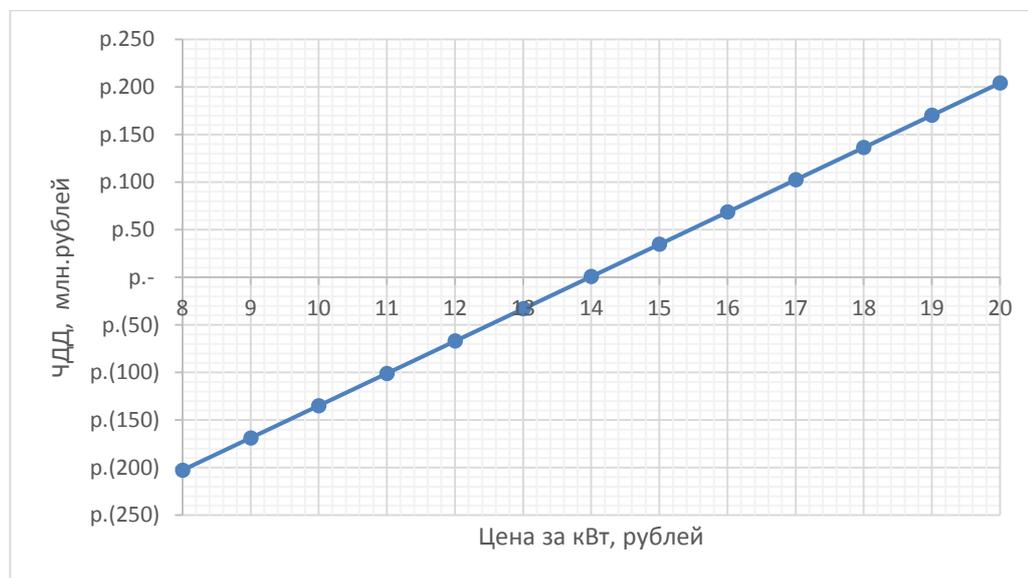


Рисунок 6.2 – Зависимость ЧДД от цены на электричество

Как видно на рисунке 6.2, ЧДД сильно зависит от цен на электричество. Этот график показывает, что точка безубыточности, в которой рентабельность проекта будет нулевой, будет только обеспечить покрытие всех операционных расходов и капитальных затрат. На пересечении линии с горизонтальной осью стоимость цена на электроэнергию составляет 13,98 руб./кВтч.

6.3 Зависимость ЧДД от цен на топливо

В настоящее время цена на электроэнергию в поселке очень высока, потому что дизельный генератор обеспечивает энергоснабжение в поселке Степановка. Одна из причин, почему так дорого-это высокая стоимость топлива и высокие расходы на транспортировку топлива.

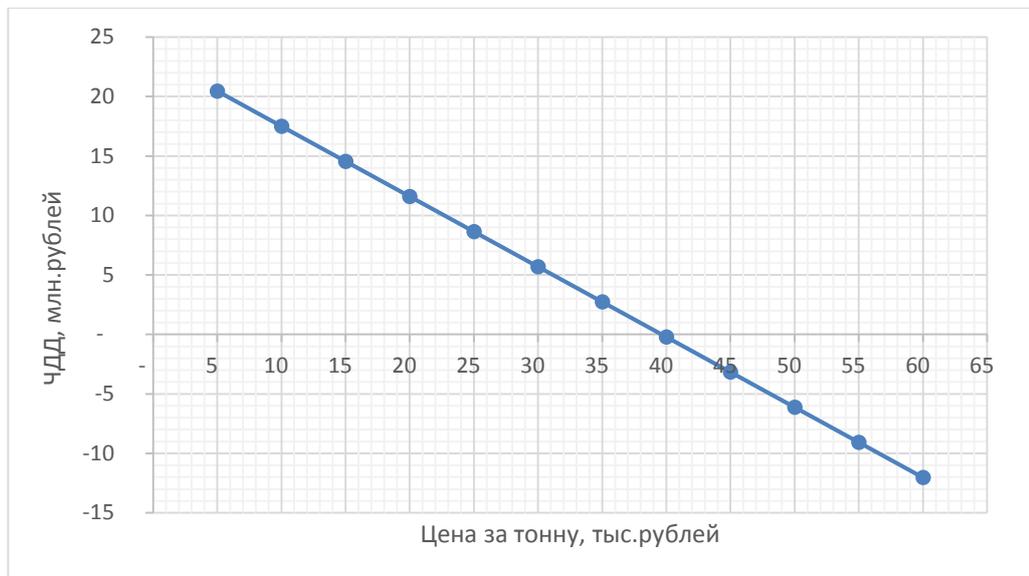


Рисунок 6.3 – Зависимость ЧДД от цены на топливо

Как мы видим, есть определенное влияние цены топлива на ЧДД проекта. Стоимость дизельного топлива-это один из самых важных параметров в эксплуатационных расходах. На этой диаграмме мы видим, что значительный рост цен на дизельное топливо отразится на операционной прибыли и денежном потоке, и, соответственно, проект не будет прибыльным. Это означает, что инвестору придется увеличить цену за 1 кВтч энергии. Однако, набор генерирующего оборудования (солнечные панели) призван снизить зависимость от топлива.

6.4 Зависимость средневзвешенной стоимости капитала от учетной ставки дисконтирования и процента собственных денег

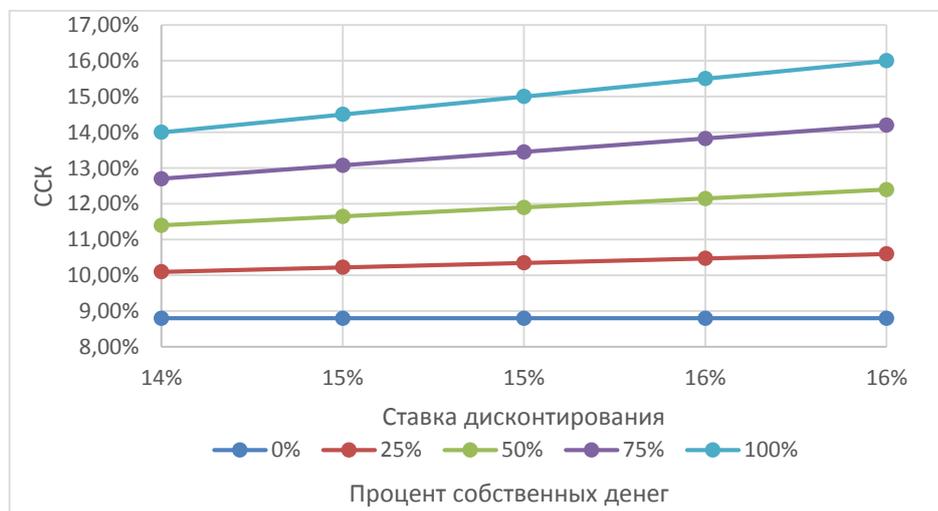


Рисунок 6.4 – Зависимость WACC от ставки дисконтирования и процента собственных денег

Как мы видим на рисунке 6.4, WACC зависит от учетной ставки, процента собственных денег и банковской процентной ставки. WACC, высоко зависит от процента собственных денег. Это видно из Таблицы 10. В этой таблице, мы видим, что увеличение доли собственного капитала позволит увеличить WACC.

Заключение

Технология фотоэлектрических систем является одной из форм производства возобновляемой энергии, которая стремительно развивается во всем мире. Источником для производства энергии является солнечная энергия, поэтому воздействие на окружающую среду значительно мало. Страны во всем мире принимают фотоэлектрические системы как надежную альтернативную форму производства энергии.

В наши дни, покупка и установка солнечных панелей по-прежнему весьма затратно. Приобретение соответствующего оборудования, особенно фотоэлектрических модулей, может достигать до 50% от всех первоначальных затрат системы солнечной энергии. Данный факт может быть уравновешен относительно высокими государственными субсидиями для таких проектов, которые могли бы покрыть до 50% стоимости от общего объема первоначальных затрат проекта.

В данной работе представлен метод экономической оценки гибридных систем энергоснабжения основанный на использовании солнечных панелей и дизельных электростанций. Этот метод учитывает все этапы по установке каждого типа солнечных панелей. Экономическая оценка основана на индивидуальных технических параметрах для каждой фотоэлектрической системы. В процессе оценки, первоначальные затраты на фотоэлектрические системы и ежегодные денежные потоки в результате работы солнечных электростанций, играют существенную роль. Экономическая оценка осуществляется с использованием различных финансовых критериев.

Предлагаемый метод применяется для экономической оценки фотоэлектрических станций, расположенных в децентрализованной зоне населенного пункта Степановка в России и основные выводы из этого следующие:

- Результаты оценки инвестиций доказывают общую рентабельность проекта с заданными параметрами. Проект может быть выгодным для бизнеса инвестором, но не сильно. Проект может быть еще более выгодным для муниципальных инвесторов, если возможно найти, хорошую возможность взять кредит под низкий процент. Это возможный сценарий, так как проект интересен не только для бизнес инвесторов, но и для муниципалитета. Проект имеет также не денежные ценности, так как он создает 2 новых рабочих мест.
- Проект позволяет сократить правительственные субсидии: на 18% в год. Это доказывает, что проект будет особенно интересен для правительства, которые могут поддержать разными способами: более дешевые кредиты, налоговые льготы и другие.
- Фотоэлектрические системы могут помочь уменьшить использование дизельных генераторов, что приводит к меньшему обслуживанию и снижению выбросов и шума дизель-генераторов, и как следствие может помочь сохранить природу и повысить качество жизни в районе.

Список литературы

- [1] Ferry R., E. Monoian. A field guide to renewable energy technologies. Detroit publishing company collection, 2013 [2] Лукутин. Б, О Суржикова. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. Тиаография Энергоатомиздат, 2008
- [3] Jager Klaus, Isabella Olindo. Solar Energy. Fundamentals, technology and systems. Delft University of Technology, 2014
- [4] Козлова М. Анализ последствия новой политики использования возобновляемых источников энергии в России на инвестициях в ветряную, солнечную энергию и малых ГЭС. Дипломная работа. Технологический университет г. Лаппеенранта, 2015
- [5] GWS энергия. Развитие солнечной энергетики России. Доступно на: <http://gws-energy.ru/blog/11-osnovnye-prichiny-prepyatstvuyushchie-razvitiyu-solnechnoj-energetiki-v-rossii> [по состоянию на 17.02.2016].
- [6] Возобновляемые источники энергии Солнечная энергия в России. Потенциал и проблемы развития. Доступно на : <http://russiagogreen.ru/>
- [7] Karev O., B. Weinstein. The development of electricity services in Russia. Fellowship program in economics. Moskva, 2015, 16 p.
- [8] Солнечной энергии в России. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в России. Доступно на: <http://gisee.ru/articles/solar-energy/24510/> [по состоянию на 17.02.2016].
- [9] Бремен ассоциации зарубежных исследований в области развития, децентрализованного энергоснабжения. Доступно на: <http://www.bordanet.org/basic-needs-services/decentralized-energy-supply.html> [по состоянию на 17.02.2016].

- [10] Лукутин. Б, И. Муравлев, И. Плотников. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями. Томский политехнический университет, 2015
- [11] Администрации Верхнекетского района. Доступно на: http://www.vkt.tomsk.ru/startsection/territory/index.php?sphrase_id=1866 [по состоянию на 17.02.2016].
- [12] Boute Anatole, Alexey Zhikharev, Patrick Willems. Russia's new capacity-based renewable energy support scheme. International Finance Corporation, March 2013
- [13] Claude Mandil. Renewables in Russia from opportunity to reality. International Energy Agency 2003
- [14] Страны и города. Доступно на: http://www.statdata.ru/nasel_regions [по состоянию на 17.02.2016].
- [15] Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области. Доступно на: <http://green.tsu.ru/tomres/?p=131> [по состоянию на 17.02.2016].
- [16] Американо – Российский деловой Совет. Российские регионы. Доступно на: https://www.usrbc.org/russianregions/russian_regions_list/72 [по состоянию на 17.02.2016].
- [17] Энерго – педия, новости. Петронафть ресурсы. Доступно на: <http://www.energy-pedia.com/news/russia/petroneft-awarded-tomsk-region-ledovy-licence-no-67> [по состоянию на 17.02.2016].
- [18] GAISMA. Оценка потенциала солнечной энергии. Доступно на: <http://www.gaisma.com/en/location/tomsk.html> [по состоянию на 17.02.2016].

- [19] Молави. Д, Д. Барелл. Экономическая оценка возобновляемых источников энергии. Международный журнал инновационные исследования: наука, техника и техноло, 2015
- [20] Проект по возобновляемым источникам. Доступно на: http://www.kazreff-ser.com/Reviewdocument_Russian.html [по состоянию на 14.03.2016].
- [21] Институт мировых ресурсов. Доступно на: <http://www.wri.org/our-work/topics/economics> [по состоянию на 14.03.2016].
- [22] Законодательная Дума Томской области. Доступно на: <http://eng.duma.tomsk.ru/> [по состоянию на 14.03.2016].
- [23] Солнечная энергия. Доступно на: <http://solarelectro.ru/articles> [по состоянию на 14.03.2016].
- [24] Солнечный дом. Доступно на: <http://www.solarhome.ru/rezerve/batteryless.htm> [по состоянию на 11.04.2016].
- [25] Магазин "солнечный дом". Доступно на: <http://shop.solarhome.ru/katalog/> [по состоянию на 11.04.2016].
- [26] RBTech. Электрооборудование. Доступно на: <http://www.technar.ru/information/help/37874/> [по состоянию на 11.04.2016].
- [27] Аудит. Средняя заработная плата по Томской области. Доступно на: http://www.audit-it.ru/inform/zarplata/index.php?id_region=177 [по состоянию на 11.04.2016].
- [28] Центральный банк Российской Федерации. Доступно на: <http://www.cbr.ru/> [по состоянию на 11.04.2016].

- [29] Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. Доступно на: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/en/main/ [по состоянию на 11.04.2016].
- [30] Федеральная налоговая служба России. Доступно на: <https://www.nalog.ru/rn77/> [по состоянию на 11.04.2016].
- [31] Российские облигации. Доступно на: <http://www.rusbonds.ru/cmngos.asp> [по состоянию на 26.03.2016].
- [32] Страна по умолчанию распространяется и премии за риск. Доступно на: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html [по состоянию на 26.03.2016].
- [33] Дамодаран онлайн. Стерн школа бизнеса. Доступно на: http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/totalbeta.html [по состоянию на 26.03.2016].
- [34] Мой курс бухгалтерского учета. Доступно на: <http://www.myaccountingcourse.com/financial-ratios/wacc> [по состоянию на 11.04.2016].
- [35] Администрация Томской области. Доступно на: http://old.duma.tomsk.ru/files2/28275_Budget2015_2017_3.pdf [по состоянию на 1.05.2016].
- [36] Министерство энергетики Российской Федерации. Доступно на: <http://minenergo.gov.ru/en> [по состоянию на 1.05.2016].
- [37] Инвестиции. Доступно на: <http://www.investopedia.com/terms/s/sensitivityanalysis.asp> [по состоянию на 1.05.2016].

[38] Brealey R., S. Myers, F. Allen. Principles of corporate finance. McGraw-Hill/Irwin, 2011

[39] ООО "ЭнергоРегионСнаб" Доступно на: <http://www.ers-energo.ru/> [по состоянию на 1.05.2016]

[40] Сумарокова Л.П. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие/ Томский политехнический университет.-Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012.-288с.

Приложение А

Раздел 1

Assessment of effectiveness the use of solar panels

Студент:

Группа	ФИО
5АМ4С	Булгаков Александр Юрьевич

Консультант кафедры: ЭПП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сумарокова Людмила Петровна	к.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры: ИЯЭИ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тарасова Екатерина Сергеевна	к.п.н.		

Introduction

Solar energy is abundantly available and environmentally clean. Today the solar technologies use the sun to provide heat, electricity, light, etc. for domestic household consumers and manufacturers. Future resources such as natural gas, coal and petroleum are being depleted, and combined with the environmental harmful process of using these energy sources, it has become a necessity to invest in renewable energy resources which in the future would lead to obtaining energy without degrading the environment. The energy potential of the sun is huge, but receiving solar energy is a problem now because of the limited efficiency of the array cells. Most solar panels are around 10-15% efficient. Currently the best-achieved sunlight conversion rate is around 21.5 % [1] and it shows that there is still enormous room for improvement.

In addition, solar power system play a crucial role in regions without central power supply (Decentralized energy supply). Decentralized energy supply is one of the most important problems of modern power engineering. More than 65% [2] of the territory of Russia fall into the category of decentralized energy supply – that is a consumer supply of electricity from a source unconnected to a power system. Power supplementation of such regions would help in at least two ways: formation of quality of life of the population and also creation of suitable conditions for business, as the question of ensuring access and quality is very important. One of the solutions to this problem is the supply by a solar power system. [2]

This work is devoted to research in the area of optimal design of a solar power system. The goal of the thesis is the assessment of efficiency of the use of solar panels by domestic household consumer.

For achieving this goal it was required to solve the following problems:

- The problem of decentralized electricity supplies and possible ways to solve it;
- Governmental or regional support for renewable sector of energy;

- To develop methods for assessment of effectiveness of the use of solar panels and choosing equipment for solar power systems;
- Implementation of proposed methods for given location.

4. Inputs for economic model of system

To process a realistic evaluation of investment, we need to create an economic model. For the economic evaluation of the project, we will use the net present value (NPV). For the comparison of projects, we will use values of minimum prices on electricity produced by different technology. This methodic is good because we can compare the prices on electricity with the existing in the region. The calculations for the model will be implemented in Excel, as it is a robust and widely used tool for such kind of tasks. The created model can be observed in Appendix 6

The main components of economic model of the project are described below.

4.1 Investment cost

The aim of this thesis is to evaluate different options for power generation with using the solar panels and diesel generators, it could be quite time-consuming to select equipment. That is why it was decided to calculate investment costs by using specific prices of equipment. Investment is defined as all economic items needed to carry out the accomplishment of the plant. The aim of the initial investment is to give a start to the activity. The necessary investment cost are shown in table 8.

Table 8 – Investment costs for the project: [25]

Item	Units	Total price (RUB)
Diesel generator	4	77 770 000
PV module	1600	36 864 000
Inverter	16	7 427 840
Installation and transportation		12 199 184
Diesel tank	1	420 000
Total price:		134 611 024

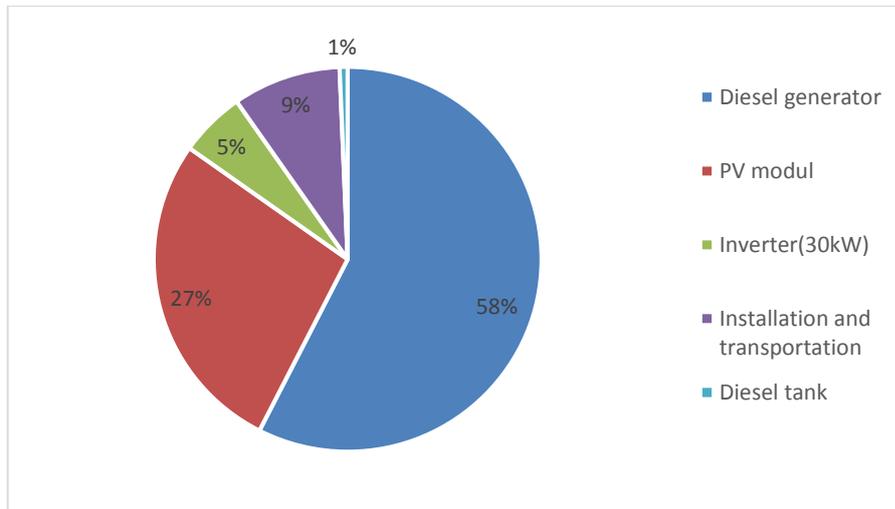


Figure 21 – Investment cost for the project.

As we can see, the main part of investment goes to buying and installation of solar panels and diesel generators. Moreover, we should consider, that diesel generator have high operational cost due to the fuel consumptions.

4.2 Operation and maintenance costs

Solar panels do not require constant maintenance, but from time to time, they require attention throughout the service life of approximately 25 years. Depending on the location of the solar panels can accumulate tree leaf or mud, then you will need from time to time clear them of trees leaf and mud. A yearly maintenance the solar panels, including the prophylactic and emergency examinations will cost 80 000 rubles a year [25].

Maintenance of diesel generator is an issue that needs to be approached seriously: on time and professional maintenance increases the lifetime and reduce maintenance costs (by reducing the number of emergency situation). For the diesel generator, the yearly maintenance is estimated to the 176 000 rubles a year [26]. We should also consider the yearly price of fuel for the diesel generator.

Fuel costs are calculated by using the value of average fuel consumption, current diesel price in the region and taking into account predicated fuel price growth in nominal values. The annual diesel fuel consumption is 775 ton per year.

The price for the diesel fuel is estimated to 39 650 rubles per ton [22]. The annual diesel engine oil consumption is 30 ton per year. The price for the oil is estimated to 520 rubles per liter [22].

Wages are calculated by using average value of wages for given industry and taking into account the change of wage according to the region. The wages for the branch of industry for the personnel of 2 people 798 240 rubles yearly [27].

The operation and maintenance cost in the first year are shown in table 9.

Table 9 – Operational and maintenance costs

Operational costs	Cost (RUB)
Maintenance of PV panels	80 000
Maintenance of diesel generator	176 000
Transportation of diesel fuel	870 000
Wages	798 240
Fuel for diesel generator	42 907 578
Total price:	44 831 818

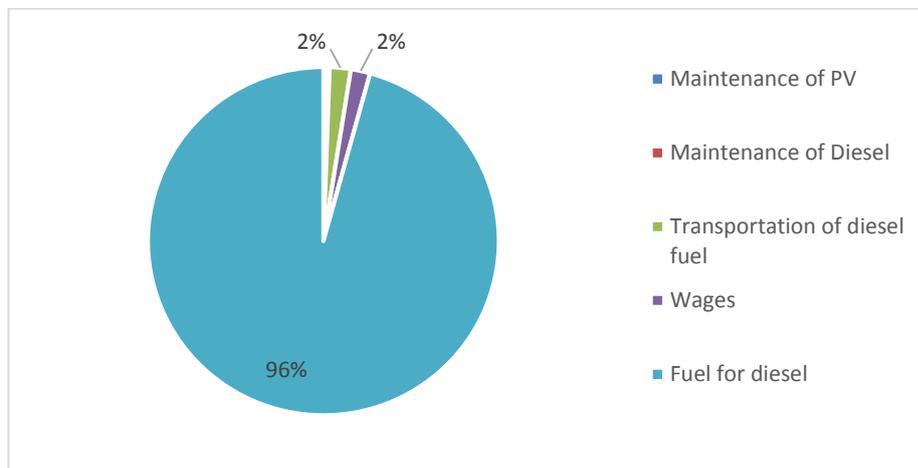


Figure 22 – Circular chart of operation and maintenance costs

As we see in the Figure 22 the proportion of the solar panels is very small, and will remain small over the lifetime of the equipment. The main part of this is fuel for diesel generator.

4.3 Subsidy

Money that is paid usually by a government to keep the price of a product or service low or to help a business or organization to continue to function.

Subsidy for diesel fuel:

In accordance with the law, the Tomsk region provides subsidies to local budgets for the compensation of costs to supply electricity from diesel powered stations. Subsidies are granted in the amount of 25 020 rubles. [35]

Subsidy for PV panels:

Ministry of energy of Russian Federation finalized the rules of granting money from the federal budget subsidies to compensate the cost of technological connection of generation facilities with total generated capacity no more than 25MW.

The subsidy is granted to the owner of the generating facility in an amount not exceeding 50% of the cost of technological connection of the generating facility, but not more than 30 million rubles on a single generating facility (the size limit for the grant).[36]

4.4 Escalation rates

The escalation rates this is a percentage at which an annual change in the price levels of the goods and services occurs or is expected to occur. For future calculation, we need to define the rates, which are subject to inflation every year. The figure 23 present the inflation rate in Russia by years in the last ten years. The current rate of which is 1,6%. The Central Bank of Russian Federation defined the target inflation equal to 8,1%.[28]

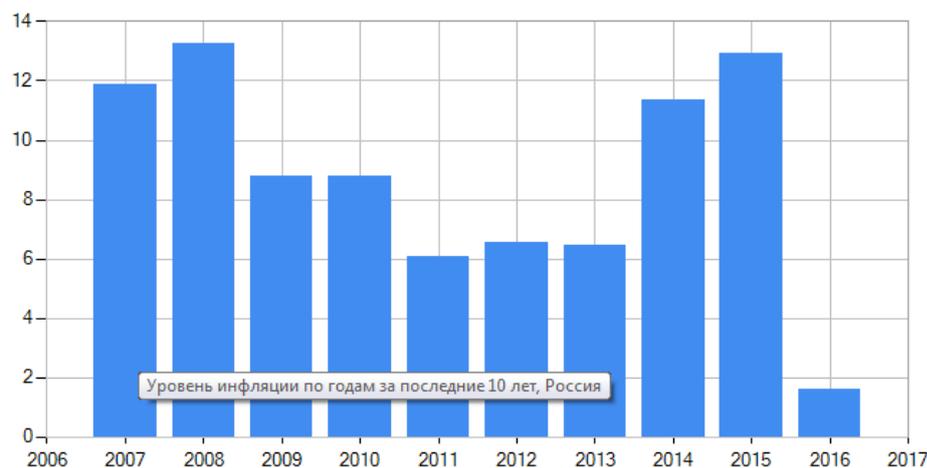


Figure 23 – Yearly inflation rate in Russia [28]

The rate for the growth of wages usually said to be slightly faster than the rate of inflation, after analyzing escalation rate we set it 8,5%.

Price of the fuel is a hardly predictable parameter. The growth rate of diesel fuel is dependent on many factors such as: the current price of oil, transportation to the region, etc. Due to the difficult economic situation in the world and falling oil price. Analyzing the data prices for diesel fuel [29], we sat the escalation rate for the fuel to 3%.

The income tax for organizations in Russian is equal to 20% according to the Tax Code of the Russia Federation [30].

The type of project’s investment can be done by the own founds or by the bank loan. The most influencing factor in the choice of the type of investment is the value of discount rate.

Discount rate refers to the investment rate used to determine the present value of future cash flow. It takes into account the time value of money and the risk or uncertainty of future cash flows.

To estimate the expected discount rate for our investment the Capital Asset Pricing Model (CAMP) has been selected to define the rate. We will use three inputs for the calculation: risk free rate, market risk premium and beta.

The discount rate is calculate on the basis of the following formula:

$$r_{CAPM} = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f) = 9,21 + 0,67 * (10,16) = 16,03\%$$

Where

r_f – is the risk free rate which is defined from the profitability of Russian governmental bond, which are currently equal to 9,21% for Russia-2018 bonds.[31]

r_m – is the expected market return is the return the investor would expect to receive from a broad stock market indicators. The market risk premium for Russia is around 10,16%. [32]

β – A stock beta is used to mathematically describe the relationship between the movements of an individual stock versus the entire market. Investors van then use a stock's beta to measure the risk of a security. The unlevered beta coefficient for power companies 0,5.[33]

The levered beta coefficient is calculate of the following formula:

$$\beta_L = \beta_U * \left(1 + \frac{D}{E} * (1 - t) \right) = 0,5 * \left(1 + \frac{30\%}{70\%} * (1 - 0,2) \right) = 0,67$$

With all of the given data, we create Excel economic model of the project, which we will use to calculate the efficiency of the investments.

To calculate the effects of financing we use the weighted average cost of capital (WACC).

The Weighted average cost of capital is used to calculate a particular company's cost of capital, the combination of the cost of equity and the cost of debt. A company's assets are financed by either debt or equity, and the WACC is the average of the costs of these sources of financing, each of which is weighted by its respective use in the given situation. By taking a weighted average, we can see how much interest the company has to pay for every euro it finances. [34]

To calculate WACC, multiply the cost of each capital component by its proportional weight and take the sum of the results. The method for calculating WACC can be expressed in the following formula:

$$WACC = r_{equity} \cdot \frac{E}{E + D} + r_{debt} \cdot \frac{D}{E + D} \cdot (1 - t)$$

Where:

r_{equity} – rate of return by CAPM;

r_{debt} – cost of debt;

D – market value of debt;

E – market value of equity;

t – tax rate.

This project is profitable not only for business, but also for a municipality, so administration of area can assist in receiving the less expensive loan. We assume that the share of equity in capital structure is 70% and bank minimum interest rate is 11% [28]. We will calculate the WACC with different shares and bank interest rates. The analysis is present in the Table – 10

Table 10 – WACC with different bank interest rate and shares of equity

	Share of equity						
		95%	90%	85%	80%	75%	70%
Bank interest rate	11%	15,67%	15,31%	14,95%	14,59%	14,22%	13,86%
	11,2%	15,68%	15,32%	14,97%	14,62%	14,26%	13,91%
	11,4%	15,69%	15,34%	14,99%	14,65%	14,30%	13,96%
	11,6%	15,69%	15,36%	15,02%	14,68%	14,34%	14,01%
	11,8%	15,70%	15,37%	15,04%	14,71%	14,38%	14,05%
	12%	15,71%	15,39%	15,07%	14,75%	14,42%	14,10%

The lowest rate of return we can get is when the share of equity is 70% and bank interest rate is 11%. For further calculations we will use the WACC equal 13,86%.

4.5 Investment criteria

4.5.1 Revenues

The project is done as for the business investments and for municipality investment. The calculation of revenue shows the potential price for selling the electricity or the price on saved electricity, which can be compared to the existing current price. Revenues are calculated for the minimum projects price and its predicted growth.

The revenue is calculate of the following formula:

$$Revenue = C_{min} \cdot W \cdot \sum_{n=1}^T (1 + r_i)^n, RUB$$

Where

C_{min} – minimum price of electricity;

W, kWh – generated electricity

r_i , % – escalation rate

4.5.2 NPV

NPV stands for the Net Present Value of cash flows generated by the project. It has been used to analyze the profitability of the investment. For the calculation of the NPV the net cash flows and discount cash flows generated during the project's lifetime of 20 years were required.[38] The lifetime of projects is taken equal to 20 year, since this is the average lifetime of the main equipment in system (PV panels, invertor and diesel generator). NPV of the project set to be equal zero.

The NPV is calculate of the following formula:

$$NPV = \sum_{n=1}^T \frac{CF}{(1 + r)^t} - C_0$$

Where

C_0 – total initial investment costs

Cash flow is the net amount of cash and cash-equivalents moving into and out of a business.

The CF is calculate of the following formula:

$$CF = EAT - Depr - Inv$$

Discounted cash flow

$$DCF = \frac{CF_t}{(1 + r)^t}$$

The Tax is calculate of the following formula:

$$Tax = t \cdot EBT$$

The EBT is calculate of the following formula:

$$EBT = Revenues - Total costs$$

The EAT is calculate of the following formula

$$EAT = EBT - Taxes$$

4.5.3 Minimum price of electricity

The minimum price of the sold electricity was calculated with the use of the “Solver” function in the excel model, under the condition that NPV equal zero. The minimum price for the project is 16,5 RUB/kWh. This price is higher than the price for the customers, connected to grid. However, this price a slightly lower then the price from diesel generator 16,6 RUB/kWh. This will allows us to save money from dotation by the region administration, which pays the difference between the official tariff for electricity and the tariff, which comes from the

operation of the complex. As well to decrease cost of fuel and the transportation costs.

We will use the same economic model for calculation of each scenario, changing only capital input data of these calculations.

6. Sensitivity analysis

A sensitivity analysis is a technique used to determine how different values of an independent variable will impact a particular dependent variable under a given set of assumptions. This technique is used within specific boundaries that will depend on one or more input variables. Sensitivity analysis is a way to predict the outcome of a decision if a situation turns out to be different compared to the key prediction(s). [37]

Sensitivity analysis is particularly important for planning of a project with a long lifetime project. Some of the parameters may change considerably during the lifetime of the project and we should be able to evaluate these changes and how appraise important they will be for the profitability of the project. The most important parameters, which bring the most considerable changes, are regarded to:

6.1 NPV dependence on the discount rate

Discount rate is one of the most important factor. If the project will be treated as to provide the minimum possible price of electricity, discount rate is the only way of satisfying the needs of investor. The dependence of NPV on the discount rate is presented in the Figure 24.

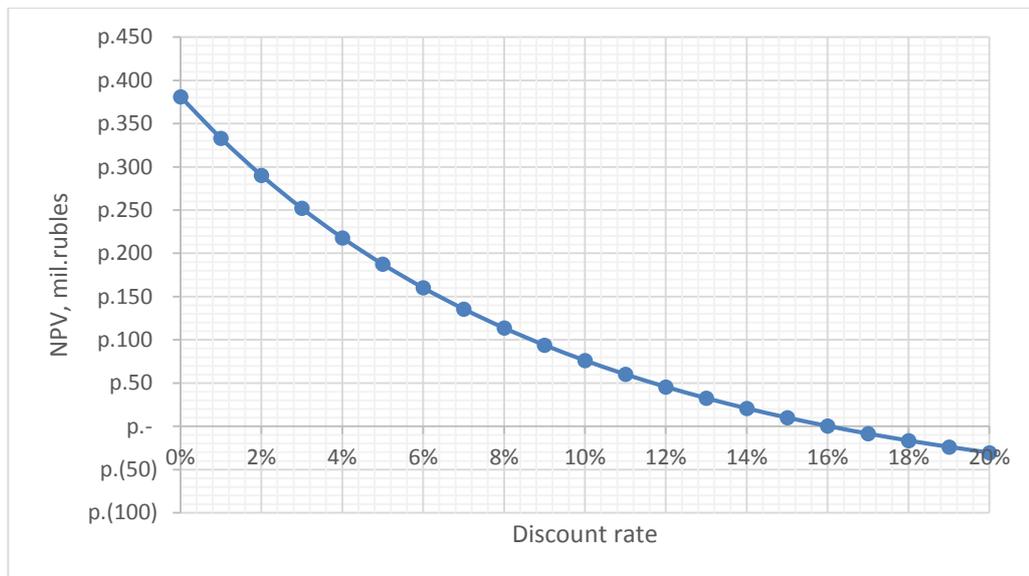


Figure 24 – NPV dependence on the discount rate

This graph shows us a strong dependence of NPV to the discount rate, which can be explain by the long lifetime of the project, and the minimum price of electricity depends on NPV. As long as the discount rate increases the NPV value decreases. In the point of the graph where NPV is zero, the value of the internal rate of return is found. The discount rate of the project is 16,03%. If NPV of the project increases the minimum price of electricity will be decrease, and if NPV decreases and the price of electricity will be growth.

6.2 NPV dependence on the price of electricity

The price of electricity is the most important parameter for the profitability of the project, because largely, the price of electricity makes our project profitable or not and it is the only one parameter, bringing the positive cash flows. Price of electricity in the region is not a subject of competition, as there are no competitors for the off-grid systems, but the subject of dotation by the region administration, because this settlement is located in the decentralized area and the main energy source is diesel power plant. The regional budget pays the difference between the official tariff for electricity and the tariff, which comes from the operation of the complex.

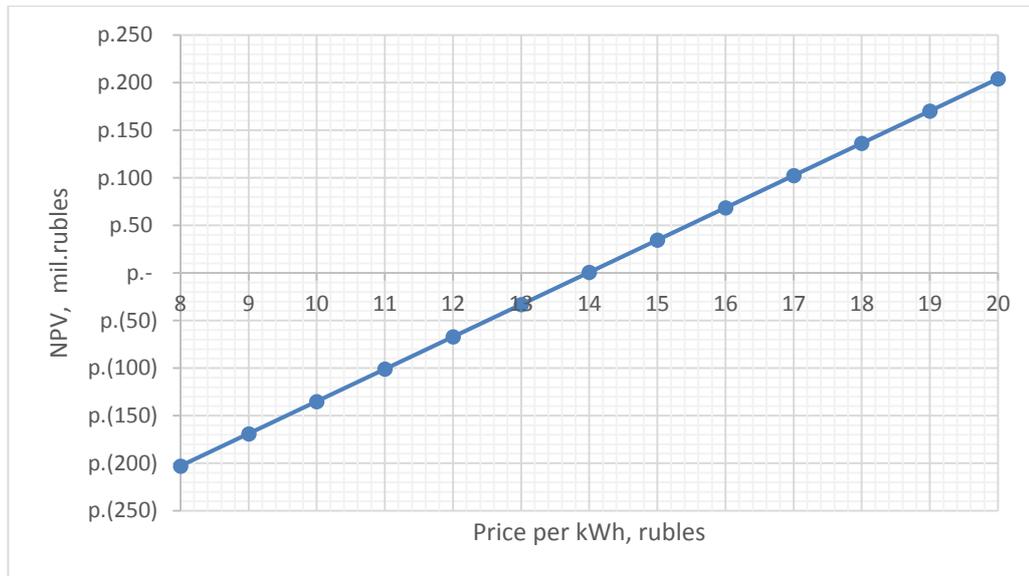


Figure 25 – NPV dependence on the price of electricity

As we can see in Figure 25, the NPV is highly dependent on the price of electricity. This graph shows the break-even point on, in which the profitability of the project will be zero, will be only to provide covering all operating expenses and capital expenditures. On crossing of line with horizontal axis you can the value of price on electricity is 13,98 RUB/kWh.

6.3 NPV dependence on the price of fuel

Currently, the price of electricity in the settlement is very high, because the diesel generator provides the energy supply in the Stepanovka settlement. One of the reasons, why it is so expensive is a high cost of fuel and especially the transportation costs.

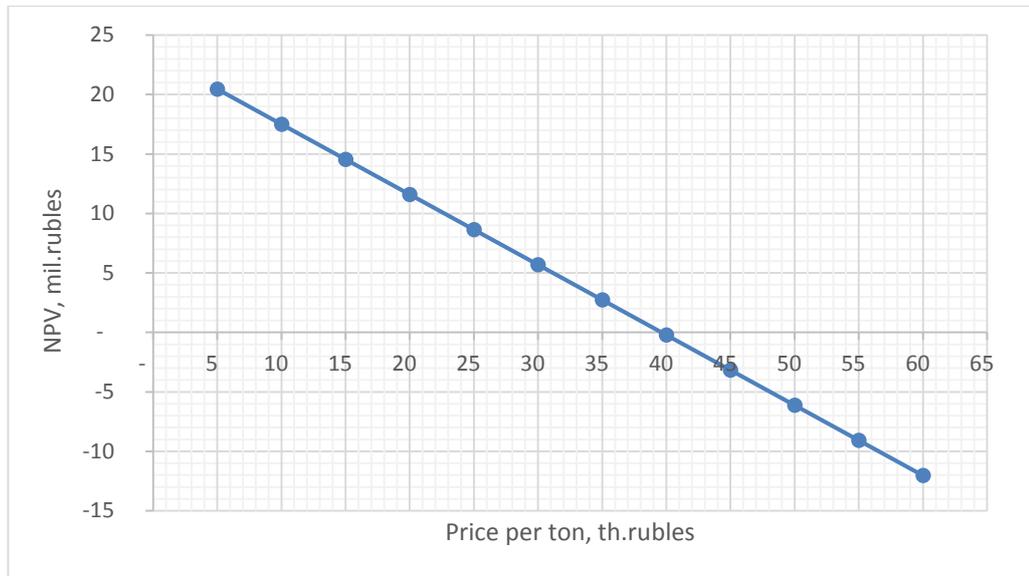


Figure 26 – NPV dependence on the price of fuel

As we can see, there is a certain influence of fuel price on the NPV of the project. The cost of diesel fuel is one of the most important parameters in the operating costs. On this chart, we can see that the significant increase in diesel fuel prices will effect on EBIT and on the Cash Flow and accordingly the project will not be profitable. It means, the investor will have to increase the price of 1 kWh. However, the set of generating equipment (PV panels) is designed to reduce the dependency on the fuel.

6.4 WACC dependence on discount rate and percentage of own money

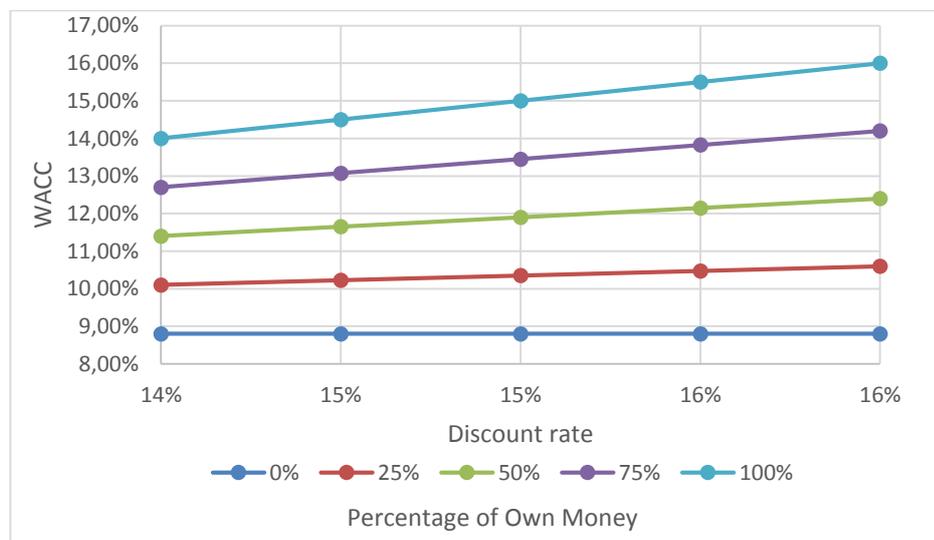


Figure 27 – WACC dependence on discount rate and percentage of own money

As we can see in Figure 27, the WACC depends on discount rate, percentage of own money and bank interest rate. The WACC is a highly depends on the percentage of own money. It can be seen from Tables 10. In this table, we can see that the increase in share of equity will increase WACC

CONCLUSION

The PV systems technology is a form of renewable energy production that is rapidly developing globally. The source for the PV energy production is the solar energy, therefore the impacts to the environment are considerably little. Countries around the world adopt PV systems as a reliable alternative form of energy production.

In our days, the purchase and installation of PV systems is still very expensive. The purchase of the appropriate equipment, especially the PV modules, could arise up to 50% of the total initial costs of the PV system. This fact could be balanced out by the relatively high state subsidies for such projects, which could add up to 50% of the total initial costs of the project.

In this paper, methods for the economic evaluation of PV plants are presented. This method takes into account all the installation phases of every PV plant type. The economic evaluation is based on the individual technical parameters of every PV plant. In the evaluation process, the initial costs of the PV plant and the annual cash flows resulted by the operation of the PV plant, play a significant role. The economic evaluation is implemented with the use of financial criteria.

The proposed method is applied for the economic evaluation of an off-grid photovoltaic station located in decentralized area of the settlement Stepanovka at the prefecture of Russia and the main conclusions from this application are the following:

- The results of the investment evaluation prove the general profitability of the project with the specified parameters. The project could be profitable for business investor but not much. The project could be even more profitable for municipality investors, if it is possible to find a good possibility to take a low interest loan. This is a possible scenario, as the project is interesting not

only for the business investors, but also to municipality. The project has also the nonmonetary value, as it creates 2 new working places.

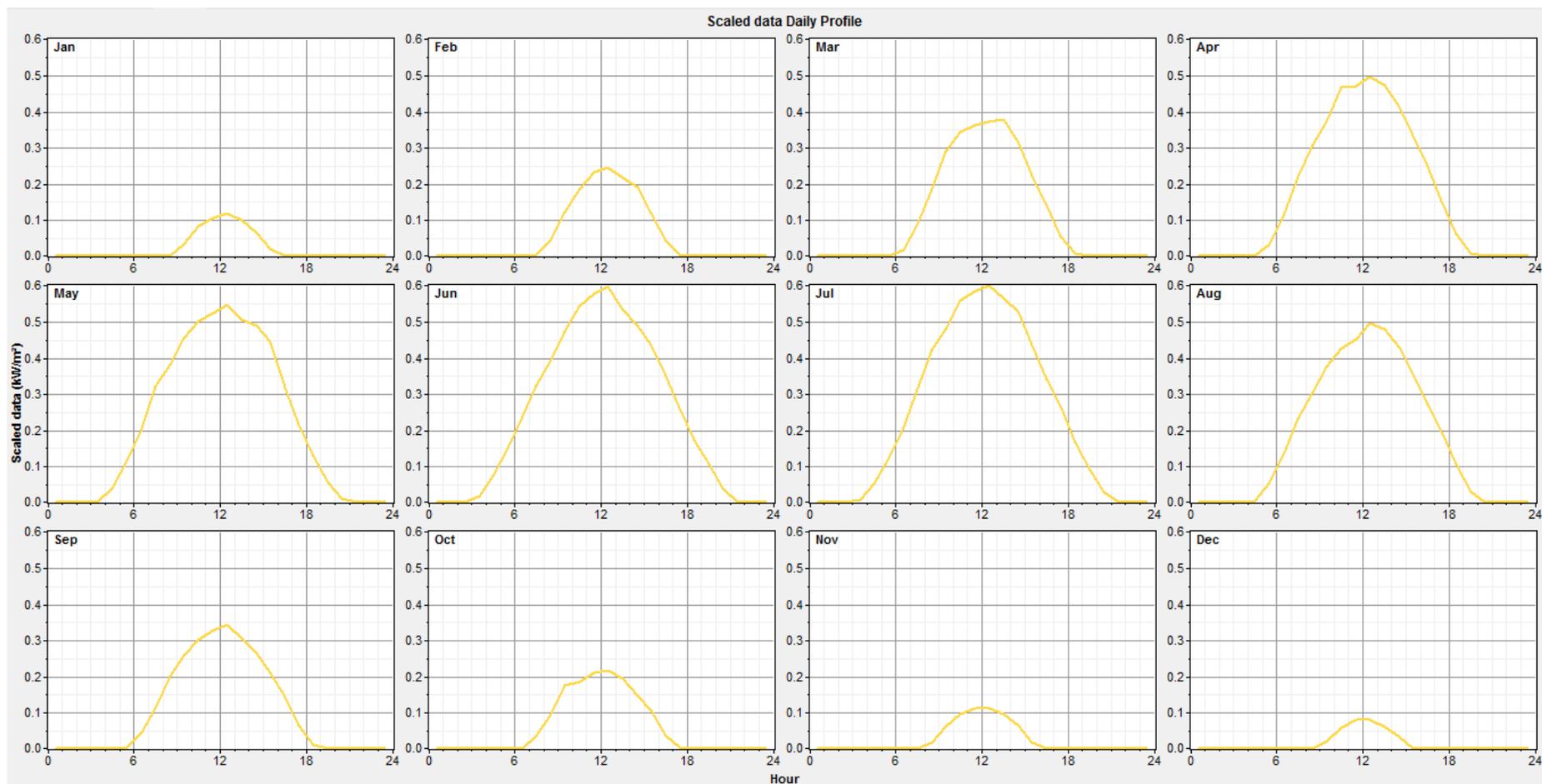
- The project allows decreasing of the governmental subsidies: from 46 451 282 rubles to 39 427 829 rubles. This proves that the project would be particularly interesting for government that may support it by different means: cheaper loans, tax remissions and other.
- PV plant can help reduce the use of diesel generators, leading to less maintenance and decreasing of the emissions and noise of the diesel generator, it will help with preservation of nature and increase quality of life in the area.

Приложение Б

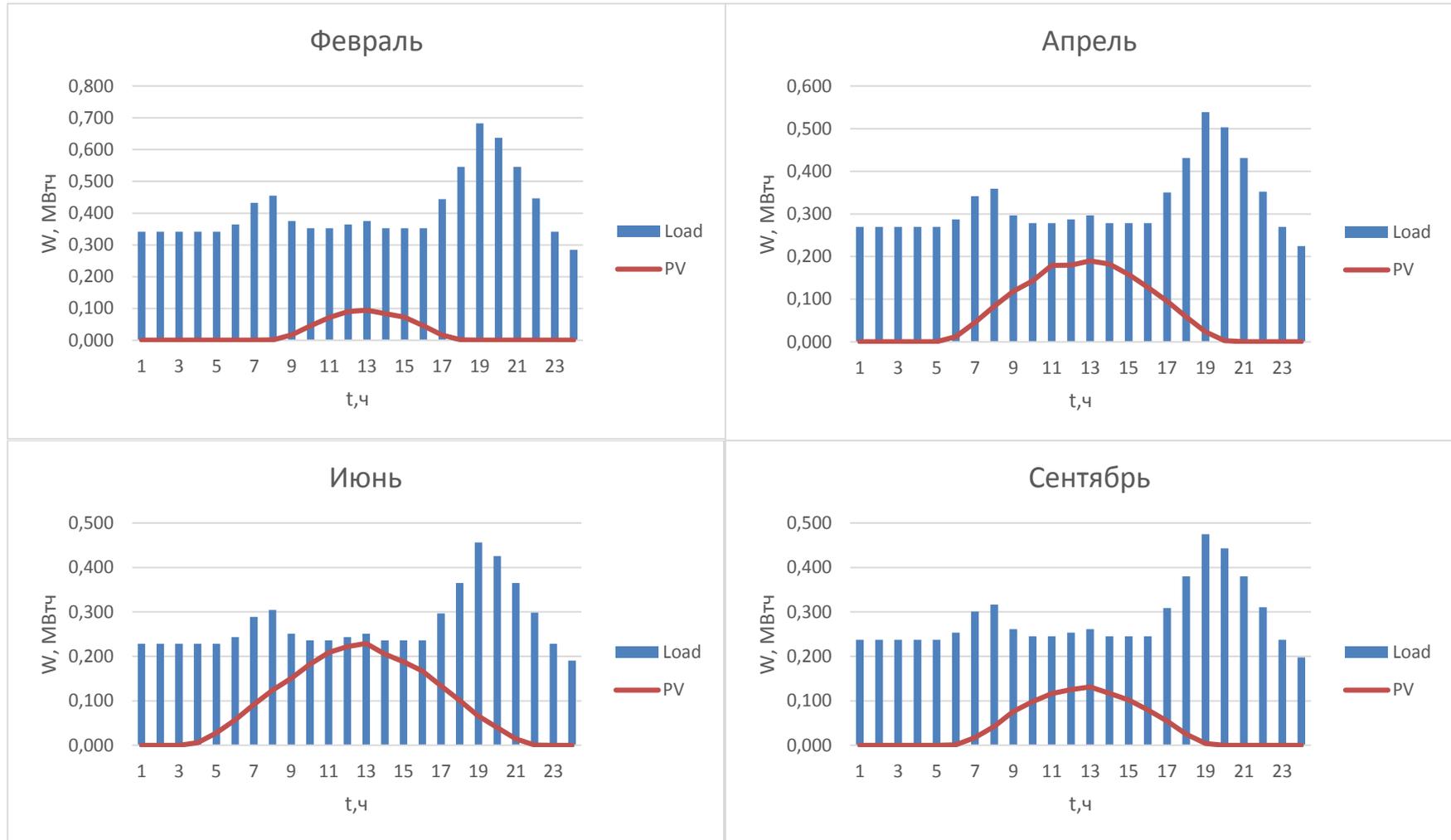
(Справочное)

К разделу «Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и Ресурсосбережение»

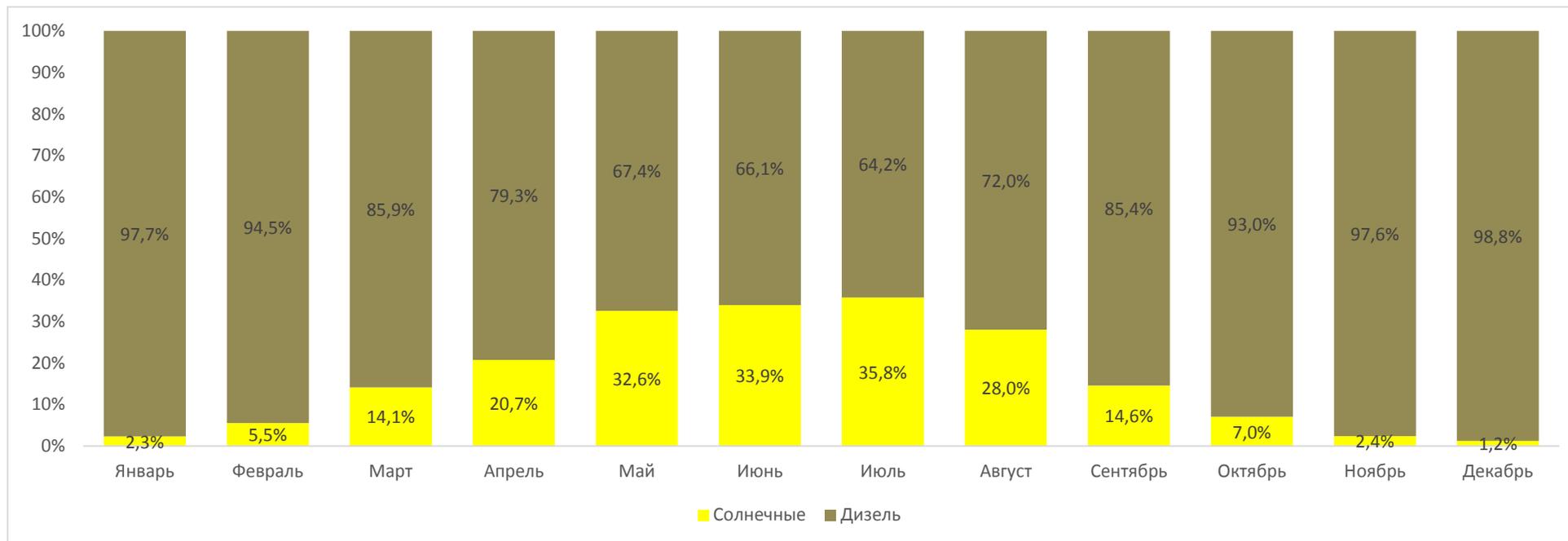
Приложение 1 – Солнечная радиация в поселке Слепановка



Приложение 2 – Энергетический баланс для первого сценария

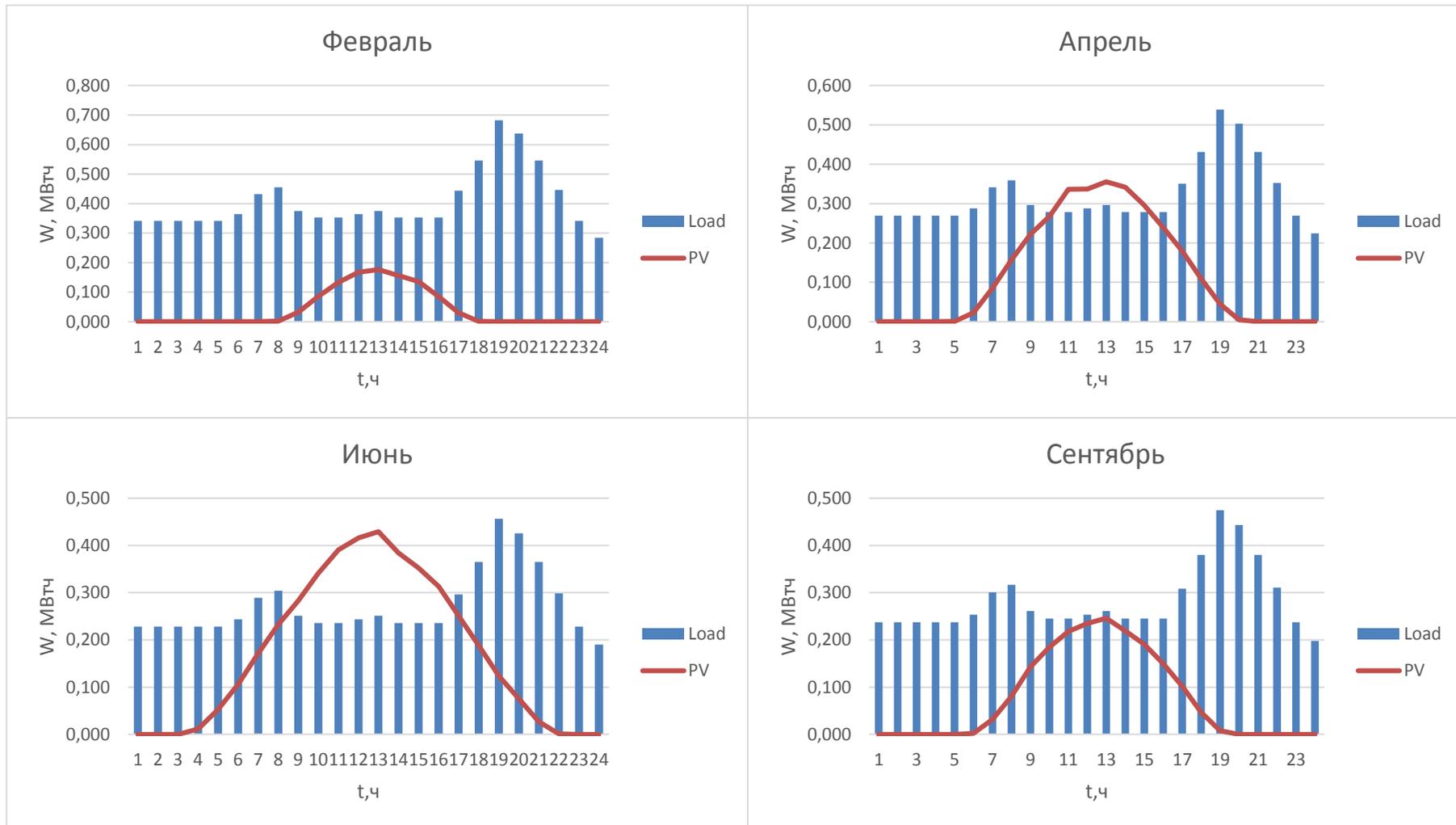


Приложение 3 – Энергетический баланс для первого сценария и экономия денег

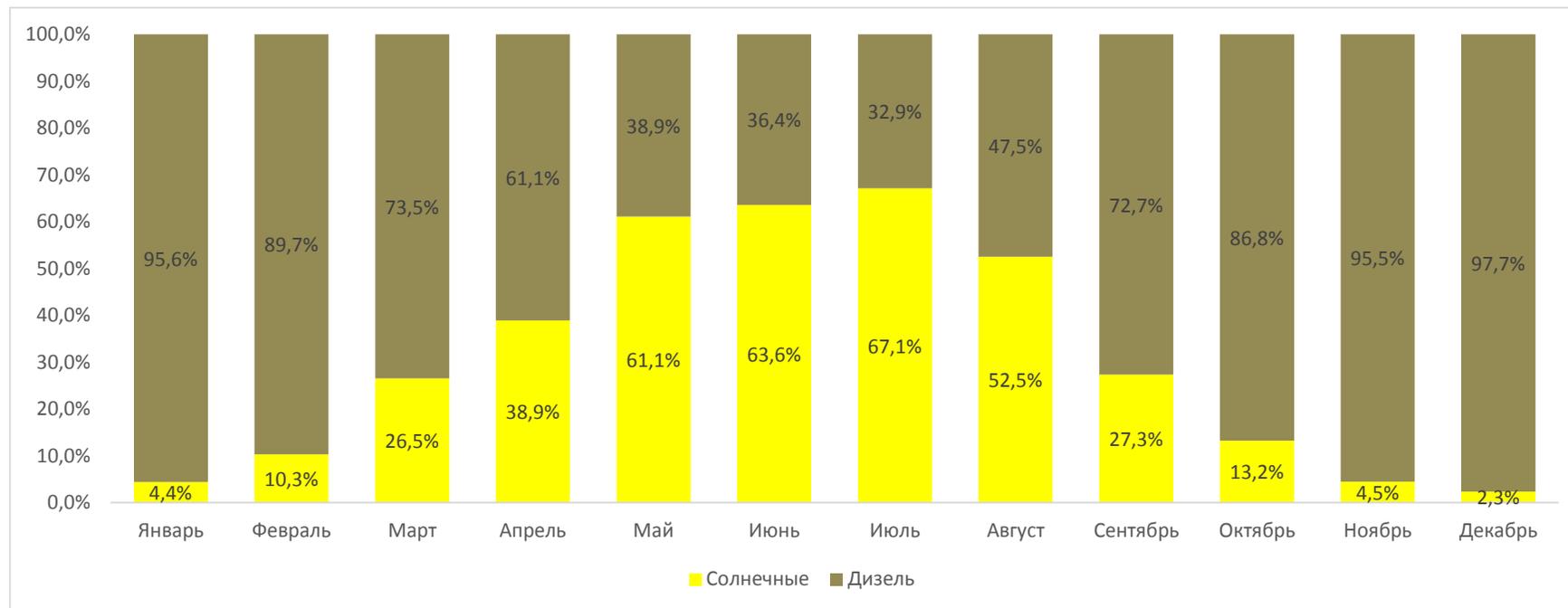


Экономия денег (Руб)											
Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
111 025	269 965	589 276	861 624	1 120 859	1 192 188	1 229 791	926 606	533 025	298 911	117 432	70 470

Приложение 4 – Энергетический баланс для второго сценария



Приложение 5 – Энергетический баланс для второго сценария и экономия денег



Экономия денег (Руб)											
Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
208 173	506 185	1 104 892	1 615 545	2 101 610	2 235 352	2 305 857	1 737 386	999 422	560 459	220 185	132 132

Приложение 6 – Скриншот экономической модели

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Year	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Capital investment	134 611 024								
Maintenance of PV panels	0	80 000	80 000	80 000	80 000	80 000	80 000	80 000	80 000
Maintenance of diesel genera	0	176 000	176 000	176 000	176 000	176 000	176 000	176 000	176 000
Transportation of diesel fuel	0	870 000	870 000	870 000	870 000	870 000	870 000	870 000	870 000
Wages	0	866 090	939 708	1 019 583	1 106 248	1 200 279	1 302 303	1 412 998	1 533 103
Fuel for diesel generator	0	44 194 805	45 520 649	46 886 269	48 292 857	49 741 643	51 233 892	52 770 909	54 354 036
Depreciation	0	6 730 551	6 730 551	6 730 551	6 730 551	6 730 551	6 730 551	6 730 551	6 730 551
Total		52 917 447	54 316 909	55 762 403	57 255 656	58 798 473	60 392 746	62 040 458	63 743 690
Revenues		50 405 852	54 488 726	58 902 313	63 673 400	68 830 945	74 406 252	80 433 158	86 948 244
EBT		-2 511 595	171 817	3 139 909	6 417 744	10 032 472	14 013 506	18 392 700	23 204 554
Taxes		-502 319	34 363	627 982	1 283 549	2 006 494	2 802 701	3 678 540	4 640 911
EAT		-2 009 276	137 454	2 511 927	5 134 195	8 025 978	11 210 805	14 714 160	18 563 643
CF		4 721 275	6 868 005	9 242 479	11 864 746	14 756 529	17 941 356	21 444 711	25 294 194
DCF	-134 611 024	4 068 952	5 101 257	5 916 411	6 545 633	7 016 179	7 351 822	7 573 267	7 698 519
NPV	2								
Minimum price		16,66							
		19,66							