

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки Приборостроение  
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Система контроля и управления теплосолнечной энергосистемой</b>

УДК 621.472:681.2-5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Бикбулатов Александр Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юрченко А.В.	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой	Чистякова Н.О.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Анищенко О.В.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Суржиков А.П.	доктор физ.- мат. наук		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием глубоких знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Институт неразрушающего контроля  
 Направление подготовки (специальность) Приборостроение  
 Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Бикбулатов Александр Сергеевич

Тема работы:

Система контроля и управления теплосолнечной энергосистемой	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	26.02.2015 №1286/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>На миникомпьютере Beaglebone Black разработать систему контроля и управления комбинированной фотоэлектрической и коллекторной системой.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Актуальность работы;</li> <li>2) Обзор существующих аналогов;</li> <li>3) Разработка структурной и принципиальной схемы;</li> <li>4) Анализ результатов работы;</li> <li>5) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>6) Социальная ответственность.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема электрическая принципиальная</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент,	Чистякова Н.О.

ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	Анищенко О.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Введение	
Обзор литературы	
Алгоритм программы	
Результаты проведенного исследования	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	26.02.2015
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юрченко А.В.	д.т.н.		26.02.2015

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Бикбулатов Александр Сергеевич		26.02.2015

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Бикбулатову Александру Сергеевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

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

- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Потенциальные потребители результатов исследования</li> <li>2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</li> <li>3 FAST – анализ</li> <li>4 Оценка готовности проекта к коммерциализации</li> <li>5 Инициация проекта</li> <li>6 Планирование управления научно-техническим проектом</li> <li>7 Бюджет научного исследования</li> <li>8 Оценка сравнительной эффективности исследования</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Устав проекта</li> <li>2 План проекта</li> <li>3 Календарный план</li> <li>4 Группировка затрат по статьям</li> <li>5 Расчет затрат и зарплат</li> <li>6 Сравнительная эффективность разработки</li> </ol> |
|--|---|

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

- 1 Иерархическая структура работ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	30.04.2016
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Чистякова Н.О.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Бикбулатов А.С.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1БМ4Б	Бикбулатову Александру Сергеевичу

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ФМПК</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	1) Разработка системы контроля и управления теплосолнечными установками
---	---

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

<b>1. Производственная безопасность</b>	
1.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке прибора	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Отклонение параметров микроклимата</li> <li>2) Вредные вещества повышенной концентрации</li> <li>3) Недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>4) Электрический ток</li> <li>5) Термическая опасность</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Анализ воздействия объекта на литосферу</li> <li>2) Анализ воздействия объекта на атмосферу</li> </ul>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возникновение ЧС техногенного и социального характера
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Правовые вопросы безопасности</li> <li>2) Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>

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

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1БМ4Б	Бикбулатов Александр Сергеевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 36 рис., 26 табл., 18 источников, 3 прил.

Ключевые слова: комбинированная солнечная установка, солнечная энергетика, система управления, фотоэлектрические преобразователи.

Объектом исследования является комбинированная солнечная установка, система управления комбинированной установкой

Цель работы – разработать систему контроля и управления комбинированной фотоэлектрической и коллекторной системой.

В процессе исследования проводились анализ существующих аналогов комбинированных систем, разработка структурной и принципиальной схем, экспериментальные исследования, а также подбор компонентной базы и расчет номиналов используемых компонентов.

В результате исследования собран макет комбинированной солнечной установки, проведены испытания.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: в качестве управляющего компонента использован миникомпьютер Beaglebone Black; фотоэлектрические модули размером 38,7 см × 34,3 см.

Область применения: целевым рынком выполненной работы являются физические лица, желающие перейти на электроснабжение от солнечных батарей, а также жители отдаленных районов, не имеющих централизованного энергоснабжения.

Экономическая эффективность/значимость работы: возможность организовать мелкосерийное производство прибора с конкурентоспособной стоимостью .

В будущем планируется провести усовершенствование конструкции комбинированной солнечной установки.

## Оглавление

1. Введение .....	10
2. Обзор литературы .....	12
3. Разработка структурной и принципиальной схемы .....	17
3.1. Разработка структурной схемы.....	17
3.1.1 Концентратор солнечной энергии.....	18
3.1.2 Система охлаждения фотоэлектрических модулей.....	23
3.1.3 Система слежения фотоэлектрической установки .....	27
3.2. Разработка принципиальной схемы .....	30
4. Алгоритм программы.....	35
5. Моделирование системы .....	39
5.1. Моделирование электрических характеристик комбинированной солнечной установки. ....	39
5.2. Исследование тепловых характеристик установки .....	43
6. Результаты проведенного исследования .....	47
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	48
7.1. Предпроектный анализ .....	48
7.2. Инициация проекта .....	56
7.3. Планирование управления научно-техническим проектом.....	58
7.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	64
8. Социальная ответственность .....	66
8.1 Производственная безопасность .....	66
8.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	70



8.3 Экологическая безопасность.....	72
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	72
9. Заключение .....	74
10. Список публикаций студента.....	75
11. Список использованных источников .....	77
Приложение А .....	79
Приложение Б Код программы.....	91
Приложение В Схема электрическая принципиальная.....	95

## 1. Введение

Солнечная энергетика, одно из перспективных направлений, по которому ведутся исследования, с целью достигнуть большей эффективности и снижения себестоимости систем преобразования. Основной проблемой современного этапа становления солнечной энергетике является достижение конкурентоспособности прямого преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) по сравнению с традиционными способами генерирования электроэнергии. В настоящее время получаемая от ФЭП энергия самая дорогая [1].

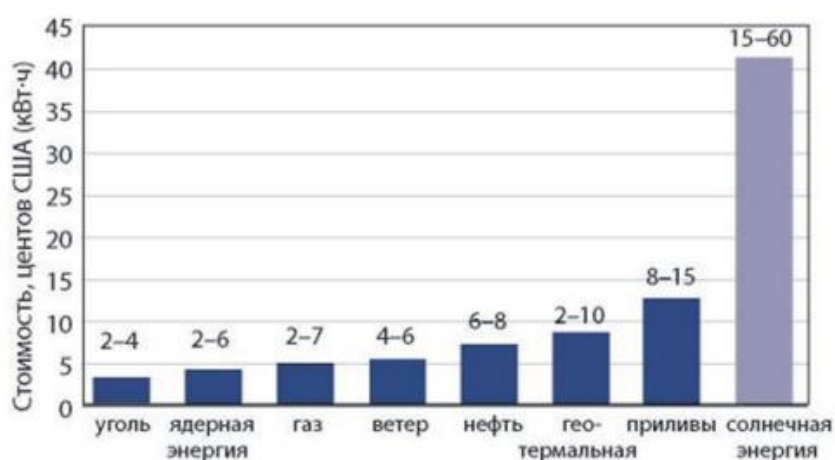


Рисунок 1.1 – Типичные значения стоимости выработки 1 кВт·ч электроэнергии различными методами (2013 г.)

Повысить эффективность и рентабельность использования солнечной энергии для получения электроэнергии этого можно разными способами. С одной стороны, возможны изменения в процессе создания фотоэлектрических элементов. Так, например, автоматизация производства, замена кремния другими материалами [2]. С другой стороны, можно улучшить саму систему преобразования энергии, внося новые элементы конструкции и внедрив систему управления, что позволит производить преобразование энергии более эффективно, соответственно снизив время, необходимое для окупаемости энергосистемы.

Комбинирование солнечной и тепловой установок в одну систему направлено на повышение извлечения полезной энергии от солнечной энергии,

попадающей на систему. Проточный солнечный коллектор (солнечный коллектор, в котором нагрев теплоносителя осуществляется при движении его через коллектор) находится в контакте с обратной поверхностью фотоэлектрического модуля. Поток солнечного излучения попадает на фотоэлектрический модуль, в результате чего вырабатывается электрическая энергия. Та часть энергии, которая не была преобразована в электрическую, идет на нагрев теплоносителя в коллекторе.

При этом общая полезная энергия описывается формулой:

$$E_{\text{полез}} = E_{\text{эл}} + E_{\text{тепл}}, \quad (1.1)$$

где  $E_{\text{эл}}$  – энергия, преобразованная в электричество;

$E_{\text{тепл}}$  – полезная тепловая энергия, пошедшая на нагрев теплоносителя.

Таким образом, КПД установки определяется как:

$$\eta_{\text{общ}} = \frac{E_{\text{полез}}}{E} \quad (1.2)$$

где  $E$  – солнечная энергия, попадающая на солнечную установку.

На рисунке 1.2 представлено сравнение КПД обычного фотоэлектрического модуля с КПД комбинированного фотоэлектрического модуля.

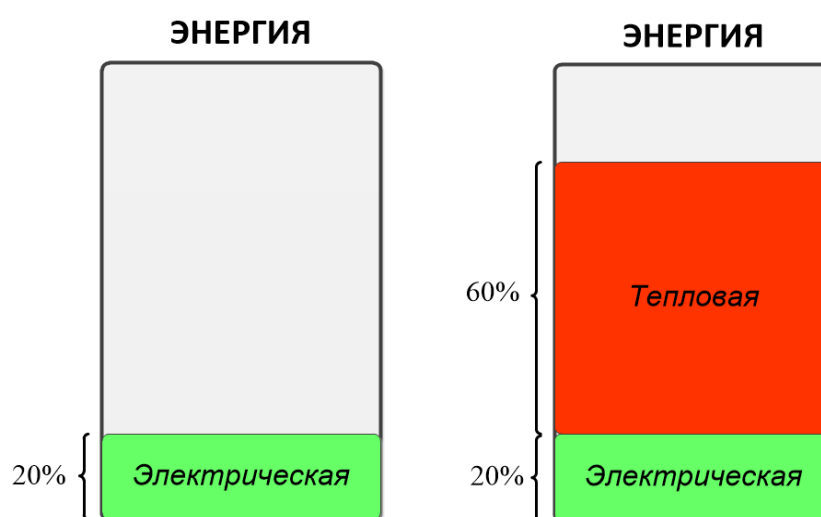


Рисунок 1.2 – Сравнение эффективности обычного фотоэлектрического модуля и комбинированного фотоэлектрического модуля.

Видно, что комбинированная система позволяет более эффективно преобразовывать проходящую солнечную энергию.

## 2. Обзор литературы

Комбинированная солнечная установка включает в себя как фотоэлектрический модуль, так и систему охлаждения. Циркулирующий теплоноситель (вода или воздух) охлаждает фотоэлектрическую панель [3]. Такая установка, благодаря фотоэлектрическим элементам, преобразовывает солнечную энергию, достигающую их поверхности, в электрическую энергию. Солнечный коллектор забирает тепло с фотоэлектрического модуля и преобразует его в полезную тепловую энергию, которая может быть использована в домашних целях, например для обогрева.

Для того чтобы использовать больше солнечной энергии могут быть применены концентраторы разных типов. Концентрирующие системы используют зеркала или линзы для того, чтобы сконцентрировать солнечную энергию с большей площади на меньшую.

На сегодняшний день спроектированы различные формы солнечных концентраторов. Так, например, в патентах № 2252372, № 2554674, № 2466490, №2338129 описаны солнечные концентраторы криволинейной формы. Концентраторы параболоцилиндрической формы фокусируют солнечную энергию в линию, а параболические концентраторы производят концентрацию в точку [4]. Такие типы концентраторов характеризуются высоким уровнем концентрации (от 10 до 80). В патенте № 2406043 описан линейный тип отражателя.

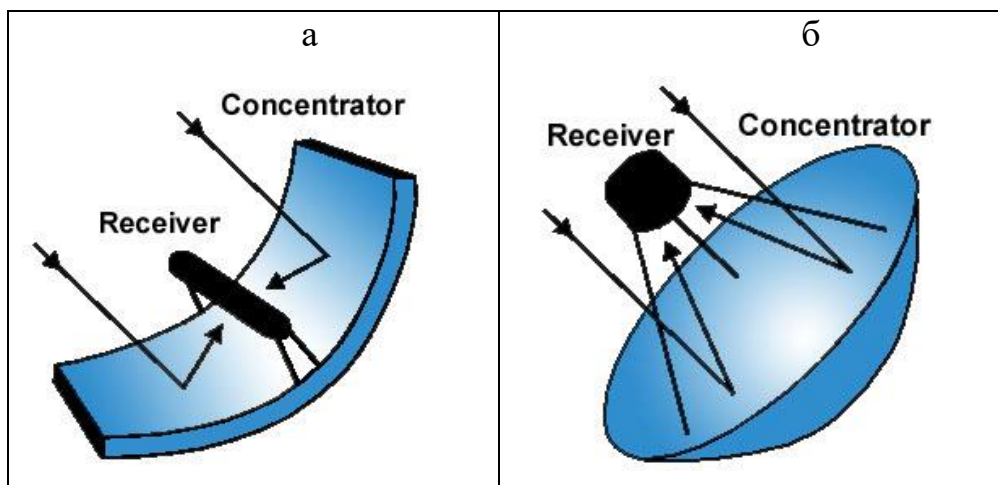


Рисунок 2.1 – Внешний вид параболоцилиндрического (а) и параболического (б) концентраторов

В ходе работы был спроектирован линейный солнечный концентратор. Он позволяет равномерно сконцентрировать солнечную радиацию на всей поверхности солнечной панели и имеет коэффициент концентрации  $CR=2,1$ .

Для того чтобы сконцентрировать солнечные лучи непосредственно на солнечной панели, концентратор должен быть ориентирован на Солнце в течение всего дня. Это требует введения системы ориентации. Существуют различные датчики, позволяющие отслеживать положение Солнца.

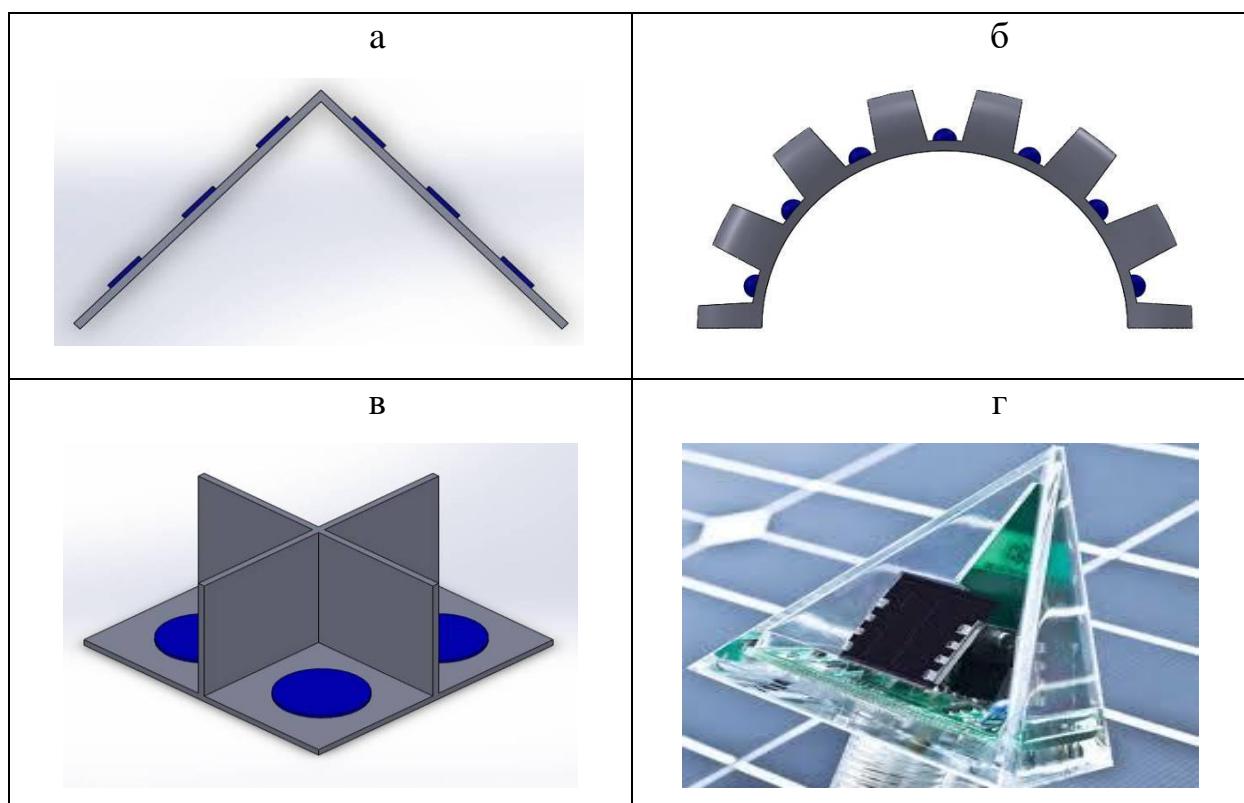


Рисунок 2.2 – Оптические датчики

Датчики позволяют производить отслеживание в одной (а,б,г) или двух (в) плоскостях. Недостатком представленных датчиков является то, что они производят отслеживание Солнца постоянно, не переставая работать в ночное время. Такая проблема решена с помощью другого датчика, представленного на рисунке 2.3. Его описание произведено в патенте № 2459156.

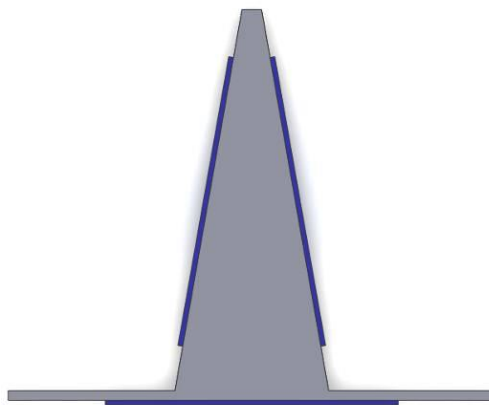


Рисунок 2.3 – Оптический датчик

Данный сенсор может быть использован в системах с отслеживанием в одной плоскости. Однако, благодаря дополнительному фотоэлектрическому элементу, расположенному на обратной поверхности датчика, такой сенсор позволяет приостанавливать отслеживание в ночное или облачное время [5].

В настоящее время уже существуют прототипы комбинированных солнечных систем. Например, в патенте US 20120024283 A1 описана комбинированная система с солнечным фотоэлектрическим коллектором, состоящая из двух систем: фотоэлектрической и тепловой. Фотоэлектрическая система генерирует электрическую энергию. Тепловая система обеспечивает нагрев теплоносителя (воздух или жидкость).

В другом патенте (US 20090084430 A1) описана конструкция дополнительного коллектора солнечной энергии. Однако представленные патенты рассматривают комбинированные солнечные системы без применения систем концентрации и позиционирования.

Для преобразования солнечной энергии в тепловую используются солнечные коллекторы. В солнечных водонагревательных установках

коллектор поглощает солнечную радиацию, в результате чего нагревается. Полученное тепло без потерь направляется на нагрев воды в аккумулирующем баке [6].

Схема такой системы представлена на рисунке 2.4.

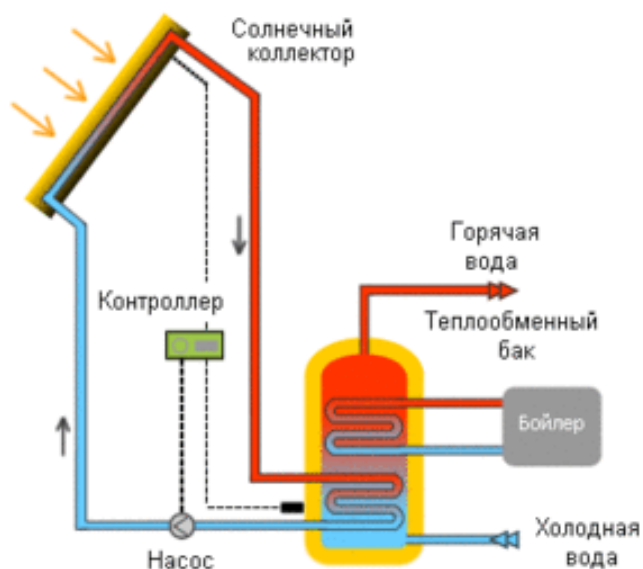


Рисунок 2.4 – Солнечная водонагревательная установка

Коллекторная система состоит из солнечного коллектора, контура для теплообмена и теплового аккумулятора (обычного водяного бака). Через солнечный коллектор циркулирует теплоноситель(антифриз). Теплоноситель нагревается в солнечном коллекторе энергией солнца и затем отдает тепловую энергию воде через теплообменник, вмонтированный в бак-аккумулятор. В баке-аккумуляторе хранится горячая вода до момента ее использования, поэтому он должен иметь хорошую теплоизоляцию.

Также, в настоящее время, находят применение концентрирующие гелиоприемники. Они представляют собой сферические или параболические зеркала, выполненные из полированного металла, в фокус которых помещен тепловоспринимающий элемент (тепловая трубка), через который производится циркуляция теплоносителя. Пройдя весь путь, теплоноситель разогревается и в теплообменных аппаратах отдаёт теплоту воде, которая превращается в пар и поступает на турбогенератор [7]. Для обеспечения высокой эффективности процесса улавливания и преобразования солнечной радиации

концентрирующий гелиоприемник должен быть постоянно направлен строго на Солнце. С этой целью гелиоприемник снабжают системой слежения, включающей датчик направления на Солнце, электронный блок преобразования сигналов, электродвигатель с редуктором для поворота конструкции гелиоприемника. Схема такой системы представлена на рисунке 2.5.

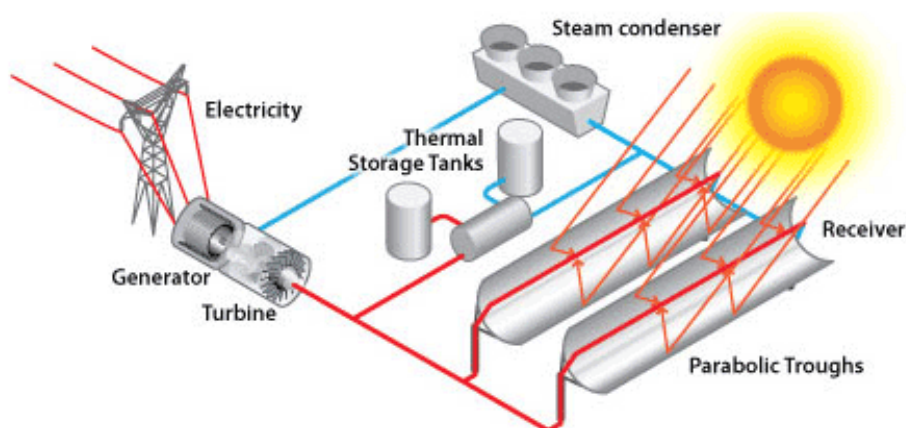


Рисунок 2.5 – Солнечная станция с параболоцилиндрическими концентраторами

В отличие от существующих систем для преобразования солнечной энергии в электрическую, в рассматриваемой работе фотоэлектрические панели располагаются параллельно прямым падающим солнечным лучам. Это позволяет избежать ситуации, когда осадки (снег, дождь) закрывают поверхность фотоэлектрической панели, тем самым значительно снижая ее эффективность. Для направления солнечных лучей на фотоэлектрические панели используются концентраторы, которые также увеличивают эффективную площадь сбора солнечной энергии. Система оснащена двигателем, позволяющим ориентировать установку на протяжении всего дня. Более того используется система охлаждения, которая позволяет, охлаждая поверхность фотоэлектрических панелей, нагревать воду и хранить ее в бойлере.



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

### **7.1. Предпроектный анализ**

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

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

Целевым рынком выполненной работы являются физические лица, владеющие жилым участком и желающие перейти на электроснабжение от солнечных батарей, а также жители отдаленных районов, не имеющих централизованного энергоснабжения.

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

Солнечная энергетика является одним из перспективных направлений с точки зрения возобновляемой энергетике. Она основана на непосредственном использовании солнечного излучения с целью получения энергии для отопления, электроснабжения и горячего водоснабжения.

В настоящее время ведутся исследования, с целью достигнуть большей эффективности и снижения себестоимости систем преобразования. И на данный момент уже существует несколько технических решений:

Использование подвижных опор (трекеров) для установки солнечных батарей (K1);

Солнечные панели со стационарным отражателем (K2).

С помощью оценочной карты проведем анализ технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 7.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>д</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>д</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение эффективности преобразования энергии	0.25	5	3	1	1.25	0.75	0.25
2. Удобство в эксплуатации	0.03	4	4	5	0.12	0.12	0.15
3. Надежность конструкции	0.17	4	4	5	0.68	0.68	0.85
4. Простота установки конструкции	0.1	3	3	5	0.3	0.3	0.5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Спрос на рынке	0.15	5	4	3	0.75	0.6	0.45
2. Стоимость установки	0.11	3	2	4	0.33	0.22	0.44
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0.12	3	3	5	0.26	0.26	0.6
4. Стоимость эксплуатации	0.07	4	2	5	0.28	0.14	0.3
Итого	1				3.97	3.07	3.54

Анализ технических решений определяется по формуле:

$$K_i = \sum B_i \cdot B_i \quad (7.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Из всех критериев, характеризующих данные разработки, наибольший вес имеют: повышение эффективности преобразования энергии и надежность системы. По данным показателям разрабатываемая установка набрала хорошие баллы.

Анализ технических решений показал, что данная разработка имеет более высокую конкурентоспособность, по сравнению с уже существующими техническими решениями.

### **FAST-анализ**

Проведение FAST-анализа предполагает шесть стадий.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В качестве объекта FAST-анализа выступает объект исследования – комбинированная теплосолнечная установка.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

- Главная функция: преобразование солнечной энергии в электрическую.
- Основная функция: преобразование солнечной энергии в тепловую.
- Вспомогательная функция: отслеживание положения источника максимального излучения на протяжении всего дня.

Таблица 7.2 - Классификация функций, выполняемых объектом исследования.

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1. Солнечная панель	2	Преобразует солнечную энергию в электрическую	X		
2. Аккумулятор	1	Хранение электрической энергии	X		
3. Трубка медная	1	Система водяного охлаждения солнечной панели		X	
4. Бак накопительный	1	Хранение нагретой воды		X	
5. Насос	1	Обеспечивает циркуляцию воды		X	

		в системе охлаждения			
6. Мотоподвес	1	Позиционирование системы			X
7. Отражатели	6	Сбор энергии с большей площади и их концентрация на солнечной панели			X
8. Схема управления	1	Обработка информации с датчиков и подача управляющих сигналов			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Таблица 7.3 - Матрица количественных соотношений функций

	1	2	3	4	5	6	7	8	Итого
1	1	1.5	1	1.5	1	1.5	1.5	1.5	10.5
2	0.5	1	1.5	1	0.5	1.5	1.5	1.5	9
3	1	0.5	1	1.5	1	1.5	1	1.5	9
4	0.5	1	0.5	1	1.5	1.5	1	1	8
5	1	1.5	1	0.5	1	1.5	1	1	8.5
6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1.5	0.5	5.5
7	0.5	0.5	1	1	1	0.5	1	1	6.5
8	0.5	0.5	0.5	1	1	1.5	1	1	7
									64

Определим значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям:

Функция	Значимость
1	0.164
2	0.14
3	0.14
4	0.125
5	0.133
6	0.086
7	0.102
8	0.11
	1

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 7.4 - Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Норма расхода, кг (метр)	Стоимость материала, руб. /кг (шт.)	Себестоимость, руб.
1. Солнечная панель	2	-	4000	8000
2. Аккумулятор	1	-	3000	3000
3. Трубка медная	1	2 метра	120	240
4. Бак накопительный	1	-		500
5. Насос	1	-	-	1500
6. Мотоподвес	1	-	-	3500
7. Отражатели	6	3 метра	200	600
8. Схема управления	1	-	-	400
				17740

Рассчитаем относительные затраты на функции:

Функция	Относительные затраты
1	0.45
2	0.17
3	0.013
4	0.028
5	0.084
6	0.2
7	0.033
8	0.022
	1

Видно, что наибольшие затраты ложатся на солнечные панели, мотоподвес и аккумулятор.

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

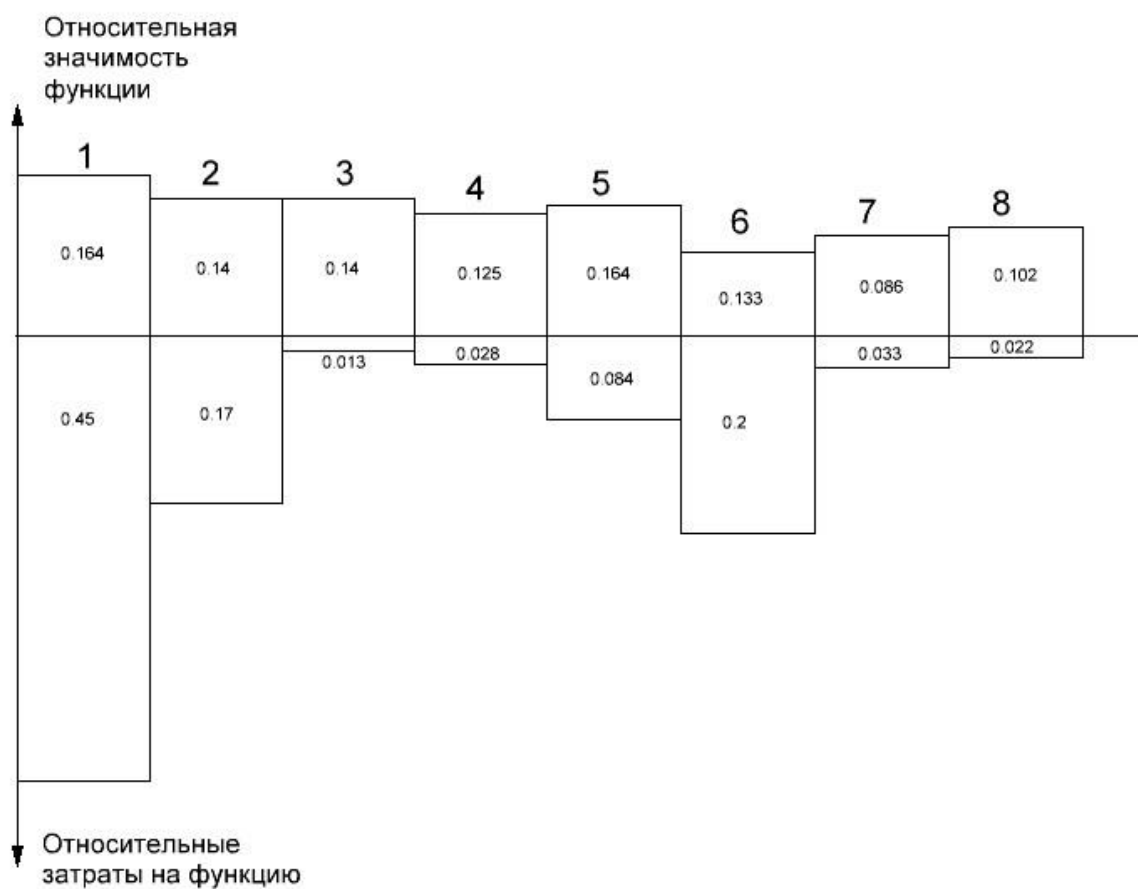


Рисунок 7.1 - Функционально-стоимостная диаграмма

Стадия 6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

В качестве шагов, направленных на снижение стоимости устройства могут выступать:

- Поиск нового производителя солнечных панелей;
- Использование мотоподвеса другой марки.

### **Оценка готовности проекта к коммерциализации**

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 7.5 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	3	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	2
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	2
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	1
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	1
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	1

8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>35</b>	<b>30</b>

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (7.2)$$

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

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Получили, что для степени проработанности научного проекта и для уровня имеющихся знаний у разработчика  $B_{\text{сум}}$  лежит в диапазоне от 44 до 30, что означает среднюю перспективность проекта.

На основе заполненной формы видно, что для повышения перспективности проекта необходимо в первую очередь определить товарную форму научно-технического задела для представления на рынок, осуществить



охрану прав авторов, а также провести маркетинговые исследования рынков сбыта. Именно эти пункты на данный момент являются наименее проработанными.

## 7.2. Инициация проекта

### Цели и результат проекта

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта.

Таблица 7.6 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ, Кафедра физических методов и приборов контроля качества (ФМПК)	Магистерская диссертация, отражающая теоретические и практические результаты работы по теме диплома
Общественность	Реализация нового технического продукта

Таблица 7.7 - Иерархия целей проекта и критерии достижения целей

Цели проекта:	Спроектировать систему управления теплосолнечной установкой.
Ожидаемые результаты проекта:	Разработать макет устройства; Провести оценку эффективности системы.
Критерии приемки результата проекта:	Функционирующий макет устройства; Наличие проведенных экспериментов, показывающих работоспособность системы, а также экспериментальные данные, доказывающие или опровергающие эффективность использования разработанной установки.

## Организационная структура проекта

Таблица 7.8 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Бикбулатов Александр Сергеевич	Магистрант	Разработка системы управления теплосолнечной установкой; Сбор макета устройства; Проведение экспериментов; Проведение измерений.	480
2	Юрченко Алексей Васильевич, НИ ТПУ Кафедра физических методов и приборов контроля качества, Профессор	Научный руководитель	Постановка задачи; консультирование; Промежуточная проверка достигнутых результатов.	30

## Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 7.9 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	5000 руб.
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ ФМПК
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.11.2015
3.2.2. Дата завершения проекта	30.05.2016
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограничение по времени использования научной лаборатории и оборудования

### 7.3. Планирование управления научно-техническим проектом

#### План проекта

Таблица 7.10 - Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление технического задания	3	29.02.2016	2.03.2016	НР, М
2	Изучение литературы	12	3.03.2016	14.03.2016	М
3	Патентный поиск	5	15.03.2016	19.03.2016	М
4	Разработка структурной схемы устройства	11	20.03.2016	30.03.2016	НР, М
5	Разработка принципиальной схемы устройства	13	31.03.2016	12.04.2016	М
6	Расчет принципиальной схемы устройства	10	13.04.2016	22.04.2016	М
7	Разработка макета устройства	14	23.04.2016	7.05.2016	НР, М
8	Проведение экспериментальных исследований	7	8.05.2016	15.05.2016	НР, М
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	8	16.05.2016	23.05.2016	М
10	Подведение итогов	2	24.05.2016	25.05.2016	НР, М
Итого		85			

НР – научный руководитель, М – магистрант.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта.

Таблица 7.11 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы	Вид работ	Исполнители	Тк, кал, дн.	Продолжительность выполнения работ															
				фев			март			апрель			май						
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
1	Составление технического задания	НР, М	3		■	■													
2	Изучение литературы	М	12			■	■	■											
3	Патентный поиск	М	5				■	■											
4	Разработка структурной схемы устройства	НР, М	11				■	■	■										
5	Разработка принципиальной схемы устройства	М	13						■	■	■								
6	Расчет принципиальной схемы устройства	М	10							■	■	■							
7	Разработка макета устройства	НР, М	14									■	■	■					
8	Проведение экспериментальных исследований	НР, М	7											■	■	■			
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	М	8														■	■	■
10	Подведение итогов	НР, М	2																■

### Бюджет научного исследования

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 7.12 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Миникомпьютер Beaglebone Black		1	5000	5000
Микросхема TA7291		1	70	70
Провод	4м		12	48
Мотоподвес hh-120		1	2500	2500
Алюминиевая клейкая лента	2м <sup>2</sup>		100	200
Температурный датчик TMP36GZ		3	80	240
Солнечная батарея		2	3500	7000
Фанера	1525x1525x6 мм	1	300	300
Всего за материалы				15358
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				462
Итого по статье См				15820

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

Для проведения научной работы специальное оборудование не приобреталось.

Основная заработная плата.

Таблица 7.13 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>б</sub> , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Научный руководитель	28942	1	1	1.3	37624	1898	27	51246
Магистрант	3900	1	1	1.3	5070	354	85	30090

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р}$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

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

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

- при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 7.14 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	90
Действительный годовой фонд рабочего времени	222	156

Основная заработная плата (Зосн) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

где Зосн – основная заработная плата одного работника;

Тр – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.

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

Зарплата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	51246	30090
Дополнительная зарплата	6149	3610
Зарплата исполнителя	57395	33700
Итого по статье С <sub>зп</sub>	91095	

Отчисления на социальные нужды.

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Научные и производственные командировки.

В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Накладные расходы.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

Таблица 7.15 - Группировка затрат по статьям

Статьи										
Ви д ра бот от	Сырье, матери алы	Спе циа ль ное обо ру дов ани е	Основ ная за работ ная плата	Допол нитель ная за работ ная плата	Отчисл ения на со циаль ные ну жды	Науч. и произв .коман ди ровки	Оплата работ, вы полняе -мых сторон ними органи зациям и и предпр .	Прочие прямые расходы	Накладн ые расходы	Итого плановая себестоим ость
1	-	-	6756	811	2270	757	-	-	6054	16648
2	-	-	4248	510	1427	476	-	-	3806	10468
3	-	-	1770	212	595	198	-	-	1939	4714
4	-	-	17180	2061	5772	1924	-	-	15393	42330
5	-	-	4602	552	1546	515	-	-	4120	11335
6	-	-	3540	425	1189	396	-	-	3172	8722



7	15820	-	20140	2417	6767	2256	-	-	18045	65445
8	-	-	16118	1934	5416	1805	-	-	14442	39731
9	-	-	2832	340	952	317	-	-	2537	6978
10	-	-	4504	540	1513	504			4036	11097
Итого										217468

#### **7.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

##### **Оценка сравнительной эффективности исследования**

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Таблица 7.16 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение эффективности преобразования энергии		0.35	5	3	1
2. Удобство в эксплуатации		0.15	4	4	5
3. Надежность конструкции		0.2	4	4	5
4. Простота установки конструкции		0.1	3	3	5
6. Материалоемкость		0.2	3	2	4
<b>ИТОГО</b>		<b>1</b>			

Аналог 1 – Использование подвижных опор (трекеров) для установки солнечных батарей (К1);

Аналог 2 - Солнечные панели со стационарным отражателем (К2).

$$I_m^p = 0.35 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.2 \cdot 3 = 4.05$$

$$I_m^{a1} = 3.15$$

$$I_m^{a2} = 3.4$$

## 10. Список публикаций студента

1. VII Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии» с международным участием - Томск, НИ ТГУ, 25-28 мая 2016. Тема доклада: «Разработка системы контроля и управления комбинированными солнечными установками».

2. VI Всероссийская научно-практической конференция студентов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность» - Томск, НИ ТПУ, 23–27 мая 2016 г. Тема доклада: «Система контроля и управления гибридной солнечной энергосистемой».

3. Международная научно-техническая конференция "Измерение, контроль, информатизация". АлтГТУ, 2016. Тема доклада: «Управление автономной гибридной солнечной энергетической установкой».

4. XIX Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых и студентов с международным участием «Современные проблемы радиоэлектроники», посвященной 121-й годовщине Дня радио. 5–6 мая 2016 г. Тема доклада: «Теплосолнечная установка с концентратором».

5. Бикбулатов А. С. Микропроцессорный характериограф [Электронный ресурс] // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность". В 2 т., Томск, 26-30 Мая 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 225-227.

6. Бикбулатов А. С. Микропроцессорный измеритель ВАХ полупроводниковых компонентов [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 14-18 Апреля 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 71-72.

7. Бикбулатов А.С. Modern technologies in studying english language // Иностранный язык в контексте проблем профессионального образования: сборник научных трудов международной научно-методической конференции, Томск, 1 июня 2012. – Томск: КИТ, 2012 – С. 216-218.